



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS NO
INTERIOR DAS CAVIDADES DE BLOCOS CERÂMICOS
COMPONENTES DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO EXTERNA
PARA O CLIMA DE SÃO LEOPOLDO, RS**

BRUNA LILIANE BRENNER

São Leopoldo, maio de 2017.

Bruna Liliane Brenner

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS NO
INTERIOR DAS CAVIDADES DE BLOCOS CERÂMICOS
COMPONENTES DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO EXTERNA
PARA O CLIMA DE SÃO LEOPOLDO, RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf
Gonzalez

Banca examinadora:

Prof. Dra. Maria Manuela de Oliveira Guedes de
Almeida

Prof. Dr. Antônio Cesar Silveira Baptista da Silva

São Leopoldo, maio de 2017.

B838a

Brenner, Bruna Liliane.

Avaliação da utilização de isolantes térmicos no interior das cavidades de blocos cerâmicos componentes de alvenarias de vedação externa para o clima de São Leopoldo, RS / Bruna Liliane Brenner. – 2017.

165 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2017.

“Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf Gonzalez.”

1. Comportamento térmico. 2. Isolantes térmicos. 3. Alvenaria de blocos cerâmicos. 4. Protótipos. I. Título.

CDU 624

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

A dissertação de mestrado

“AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS NO INTERIOR DAS CAVIDADES DE BLOCOS CERÂMICOS COMPONENTES DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO EXTERNA PARA O CLIMA DE SÃO LEOPOLDO, RS”

apresentada por **Bruna Liliane Brenner**

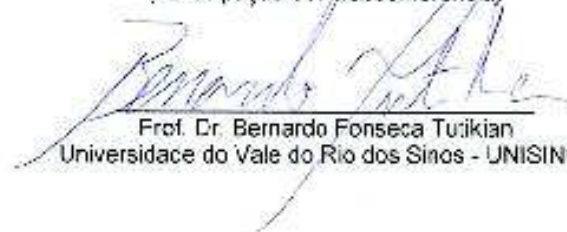
foi julgada e aprovada como atendimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Marco Aurélio Stumpf Gonzalez
Orientador e Presidente da banca Examinadora
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Prof. Dr. Antonio Cesar Silveira Baptista da Silva
Universidade Federal de Pelotas - UFPel
(Participação por webconferência)



Prof. Dr. Bernardo Fonseca Turikian
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Profa. Dra. Maria Manuela de Oliveira Guedes de Almeida
Universidade do Minho - Uminho
(Participação por webconferência)

O resultado da banca é de consenso entre os avaliadores. O documento é assinado pelos membros que participaram da sessão de tomada presencial.

São Leopoldo, 14 de março de 2017.

Dedico à minha família

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Marcia Brenner e Jorge M. Brenner e ao meu irmão Lucas M. Brenner pelo apoio, confiança e pelos ensinamentos desde muito antes desta etapa. Ao meu namorado André Zimmermann pela motivação, auxílio e compreensão nos momentos difíceis. A estes todos por ouvirem minhas dúvidas, meus longos discursos e aflições em relação ao mestrado e a dissertação e por me acompanharem na coleta dos dados das medições. A todos os amigos e familiares que também de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador Marco Aurélio Stumpf González pela imensa dedicação, competência e incentivo desde os tempos da iniciação científica, sem as quais a realização do mestrado não teria acontecido. À colega Josiane R. Pires pela motivação e auxílio também desde a iniciação científica.

Aos funcionários do Itt Performance e aos amigos do Laboratório de Materias da Construção da Unisinos pelo imenso apoio e amizade, sendo sempre receptivos, vibrantes, dispostos a ajudar, ouvir e transmitir palavras motivadoras ao longo da construção dos protótipos e realização das medições.

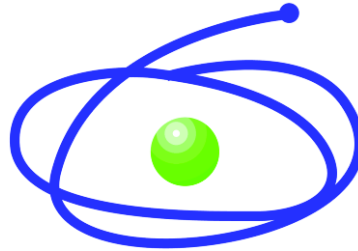
Aos professores e colegas do Mestrado pelos ensinamentos, apoio, amizade e compartilhamento das aflições e alegrias ao longo destes dois anos. Ao colega Matheus Baldo pelo auxílio na montagem dos ensaios e coleta de resultados.

A Deus por tudo que me trouxe ao longo destes dois anos, e antes, dentro e fora da academia. Pelo caminho por Ele traçado a mim, pelas oportunidades de fazer tudo que fiz, aprender o que aprendi e conhecer tudo e todos que conheci ao longo desta caminhada.

Aos órgãos de fomento à pesquisa, CAPES/ PROSUP, pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa.

FONTES DE FINANCIAMENTO DA PESQUISA

Este trabalho foi realizado na Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, com apoio da CAPES – bolsa Prosup.



C A P E S

PROSUP – Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

“whether you think you can or think you can’t you are right”
Henry Ford

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	JUSTIFICATIVA	26
1.2	OBJETIVOS	28
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	28
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	28
1.3	ESTRUTURA DA PESQUISA	28
1.4	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO	29
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	30
2.1	DESEMPENHO TÉRMICO	30
2.1.1	<i>Conforto Térmico</i>	31
2.1.2	<i>Eficiência Energética</i>	33
2.1.3	<i>Arquitetura Bioclimática</i>	34
2.1.4	<i>Normas técnicas, selos e certificações</i>	38
2.2	ENVOLTÓRIA	42
2.2.1	<i>Materiais e técnicas construtivas</i>	43
2.2.2	<i>Transferência de calor em superfícies opacas</i>	46
2.2.3	<i>Isolantes térmicos</i>	53
2.3	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.3.1	<i>Protótipos</i>	56
2.3.2	<i>Ensaio laboratoriais</i>	63
2.3.3	<i>Simulação</i>	65
2.3.4	<i>Métodos de classificação de desempenho térmico</i>	68
3	MATERIAIS E MÉTODOS	74
3.1	CÁLCULOS	75
3.2	DESCRIÇÃO DOS PROTÓTIPOS	75
3.2.1	<i>Dimensões</i>	75
3.2.2	<i>Materiais</i>	77
3.2.3	<i>Localização</i>	80
3.2.4	<i>Construção dos protótipos</i>	81
3.3	MEDIÇÕES	85
3.3.1	<i>Equipamentos utilizados</i>	87
3.3.2	<i>CUSTOS</i>	90
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	91
4.1	CÁLCULOS	91
4.2	MONITORAMENTO DOS PROTÓTIPOS	92
4.2.1	<i>Monitoramento dos protótipos experimentais no período de primavera</i>	92
4.2.2	<i>Monitoramento dos protótipos experimentais no período de verão</i>	104
4.3	CUSTOS	115
4.4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	117
5	CONCLUSÃO	119
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	121
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
	APÊNDICES	130
	APÊNDICE 1 – <i>Cálculos resistência e transmitância térmica</i>	131
	APÊNDICE 2 – <i>Variáveis do ar externo e interno e temperaturas superficiais no período de primavera</i>	134
	APÊNDICE 3 – <i>Variáveis do ar externo e interno e temperaturas superficiais no período de verão</i>	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades térmicas do EPS	54
Tabela 2 – Propriedades térmicas da lã de vidro	54
Tabela 3 – Propriedades térmicas da lã de rocha	55
Tabela 4 – Propriedades térmicas da perlita expandida.....	55
Tabela 5 – Softwares de simulação	67
Tabela 6 – Transmitância térmica de paredes externas (U) $W/m^2.K$	69
Tabela 7 – Capacidade térmica (C) $kJ/m^2.K$	69
Tabela 8 – Critérios para avaliação de desempenho térmico para condições de verão... 70	
Tabela 9 – Critérios para avaliação de desempenho térmico para condições de inverno 70	
Tabela 10 – Equivalente numérico da envoltória do ambiente para ZB2	72
Tabela 11 – Equivalente numérico e classificação do nível de eficiência energética	73
Tabela 12 – Dimensões protótipos em estudos anteriores	76
Tabela 13 – Propriedades térmicas dos materiais	78
Tabela 14 - Densidades dos isolantes	79
Tabela 15 - Período de medição em estudos anteriores	86
Tabela 16 – Resistência total e transmitância térmica das paredes analisadas	91
Tabela 17 - Variáveis externas no período de medição de primavera.....	93
Tabela 18 – Temperaturas do ar interno no período de primavera	95
Tabela 19 - Amplitude térmica diária máxima no interior dos protótipos no período de primavera.....	96
Tabela 20 - Fator Decremental para o período de primavera	96
Tabela 21 - Temperaturas superficiais nas faces voltadas ao Sul no período de primavera	102
Tabela 22 - Variáveis externas no período de medição de verão.....	105
Tabela 23 – Temperaturas do ar interno no período de verão	107
Tabela 24 - Tempo de desconforto no interior dos protótipos no período de verão	107
Tabela 25 - Amplitude térmica diária máxima no interior dos protótipos no período de verão	108
Tabela 26 - Fator Decremental para o período de verão	108
Tabela 27 - Temperaturas superficiais nas faces voltadas ao Sul no período de verão .	114
Tabela 28 - Custo dos isolantes utilizados	115
Tabela 29 - Custos por bloco dos isolantes utilizados.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismos instintivos e culturais contra o frio	31
Figura 2 - Mecanismos instintivos e culturais contra o calor.....	32
Figura 3 – Adaptação Carta Bioclimática proposta por Olgyay em 1963.....	34
Figura 4 – Carta Bioclimática de Givoni Para Países Quentes	35
Figura 5 - Imagens feitas com câmera termográfica.....	38
Figura 6 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro	39
Figura 7 – Alternativas para ampliar o desempenho térmico em alvenarias de blocos cerâmicos: (A) Preenchimento com EPS; (B) Bandas isolantes; (C) Análise de diferentes geometrias	45
Figura 8 - <i>alveolar brick</i> (bloco alveolar) desenvolvido para ampliar o desempenho térmico e acústico das alvenarias	45
Figura 9 – Inércia térmica (atraso térmico e amortecimento)	48
Figura 10 – Perlita.....	55
Figura 11 – <i>Test cells</i> com painéis de madeira e <i>test cell</i> referência.....	59
Figura 12 – Protótipos de Suzuki (2012)	60
Figura 13 – Test cells de Cheng et al. (2005)	61
Figura 14 – <i>Test cells</i> de Rojas et al. (2015)	63
Figura 15 - Esquema configuração simétrica de ensaio do método da placa quente protegida.....	64
Figura 16 - Configurações possíveis para ensaios pelo método fluximétrico.....	65
Figura 17 – Etiqueta unidade habitacional zoneamento bioclimático 1 a 4 (A), áreas de uso comum em edificações residenciais multifamiliares (B).....	73
Figura 18 – Detalhes construtivos dos protótipos	77
Figura 19 – Bloco cerâmico Pauluzzi.....	78
Figura 20 - Cavidades do bloco preenchidas com isolantes.....	78
Figura 21 – Identificação do local da pesquisa	80
Figura 22 – Localização dos protótipos em frente ao Campus São Leopoldo da UNISINOS	81
Figura 23 - Construção das lajes	82
Figura 24 – Construção do protótipo referência (P1)	83
Figura 25 – Construção protótipo com preenchimento de esferas de EPS (P2)	83
Figura 26 – Construção protótipo com preenchimento de perlita expandida (P3)	83
Figura 27 – Construção protótipo com preenchimento de EPS de baixa densidade (P4)	84
Figura 28 - Vista dos protótipos do estudo.....	85
Figura 29 – <i>Datalogger Tinytag Ultra 2</i>	88
Figura 30 - Termômetro Infravermelho ScanTemp.....	89
Figura 31 - Locais de medição da temperatura superficial	89
Figura 32 - Estação meteorológica Davis 6162 Wireless Vantage Pro2 Plus	90
Figura 33 - Temperaturas do ar interno, temperatura do ar externo e radiação solar global no período de primavera	94
Figura 34 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P1 no período de primavera.....	97
Figura 35 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P2 no período de primavera.....	97
Figura 36 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P3 no período de primavera.....	98
Figura 37 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P4 no período de primavera.....	99

Figura 38 - Variação temperatura superficial interna em relação à temperatura superficial externa na parede orientada ao lado Norte no período de primavera	100
Figura 39 - Alteração do sentido de fluxo de calor em P4 no período de primavera	101
Figura 40 - Temperaturas do ar interno, temperatura do ar externo e radiação solar global no período de verão	106
Figura 41 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P1 no período de verão	109
Figura 42 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P2 no período de verão	110
Figura 43 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P3 no período de verão	110
Figura 44 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P4 no período de verão	111
Figura 45 - Variação temperatura superficial interna em relação à temperatura superficial externa na parede orientada ao lado Norte no período de verão	113

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRAPEX – Associação Brasileira do Poliestireno Expandido
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- AQUA – Alta Qualidade Ambiental
- ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineering*
- ASTM – *American Society for Testing and Materials*
- BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*
- EERE – Escritório de Eficiência Energética e Energia Renovável
- EIFS – *External Insulation Finish System*
- EPS – *Expanded Polystyrene*
- ETICS – *External Thermal Insulation Composite Systems*
- FEE – Fundação de Economia e Estatística
- GHR – Graus Hora de Resfriamento
- HIS – Habitação de Interesse Social
- IBPSA – *International Building Performance Simulation Association*
- INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
- ISO – *International Standardization Organization*
- LMC – Laboratório de Materiais de Construção
- LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*
- MCMV – Minha Casa Minha Vida
- MME – Ministério de Minas e Energia
- NBR – Norma Brasileira Registrada
- PCM – *Phase Change Materials*
- PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- PVC – Policloreto de Polivinila
- RT – Resistência Total
- RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
- ZB – Zona Bioclimática

RESUMO

BRENNER, B. L. **Avaliação da utilização de isolantes térmicos no interior das cavidades de blocos cerâmicos componentes de alvenarias de vedação externa para o clima de São Leopoldo, RS.** São Leopoldo, 2017. 164 folhas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2017.

A necessidade da minimização dos impactos ambientais causados pelas mais diversas atividades humanas fica mais evidente a cada ano. Esta realidade leva pesquisadores a buscar alternativas para a otimização do uso de recursos naturais como a água e a energia. A energia proveniente de fontes hidrelétricas e termoeletricas é um recurso largamente consumido no Brasil, em grande parte pelas edificações. Diversas discussões a respeito da ampliação da eficiência energética nos edifícios levam, conseqüentemente, à questão do desempenho térmico. Em alternativa às soluções para ampliação do desempenho térmico com custo elevado, exigência de mão de obra especializada e acréscimo de tempo ao cronograma da obra em edificações, esta pesquisa teve como objetivo analisar o efeito do uso de isolantes térmicos no interior das cavidades dos blocos cerâmicos componentes da alvenaria. Esta apresenta-se como uma opção de isolamento facilitada em relação a outras técnicas conhecidas no mercado. O estudo foi realizado através de análises em protótipos de escala reduzida. Foram construídos quatro protótipos experimentais na cidade de São Leopoldo, RS sendo um deles utilizado como referência, representando a forma convencional de construção da alvenaria de blocos e os demais com as cavidades de seus blocos constituintes preenchidas com três diferentes tipos de isolantes térmicos: Esferas soltas de EPS, EPS de baixa densidade e perlita expandida. Nesta pesquisa foi utilizado EPS em forma de resíduo de uma empresa da região. Após a realização da pesquisa, coleta de dados e análise dos resultados verificou-se que os protótipos com isolamento apresentaram oscilações térmicas diárias minimamente menores em relação ao referência sendo as mais baixas obtidas pelo protótipo com preenchimento em EPS de baixa densidade, seguido pela perlita expandida e EPS em esferas. Apesar disto devido ao fato de estas terem sido muito pequenas não é possível afirmar que a utilização de isolantes térmicos no interior das cavidades de blocos cerâmicos constituintes da alvenaria pode trazer benefícios para o desempenho térmico em edificações em escala real. A utilização de isolantes em forma de resíduos apresentou-se como uma alternativa para reduzir custos com isolamento.

Palavras-chave: Comportamento Térmico, Isolantes Térmicos, Alvenaria de Blocos Cerâmicos, Protótipos.

ABSTRACT

BRENNER, B.L. **Evaluation of the use of thermal insulation into the cavities of ceramic blocks components of external fence masonry to the São Leopoldo, RS climate.** São Leopoldo, 2017. 164 pages. Qualification (Master Degree in Civil Engineering) – Postgraduate Civil Engineering Program, Unisinos, São Leopoldo, 2017.

The need to minimize the environmental impacts caused by the most diverse human activities is more evident each year. This reality leads researchers to seek alternatives for optimizing the natural resources use such as water and energy. Energy from hydroelectric and thermoelectric sources is a widely used resource in Brazil, largely by buildings. Several discussions about increase energy efficiency in buildings therefore lead to the issue of thermal performance. As an alternative to solutions to increase the thermal performance with high cost, demand of specialized labor and increase of time to the work schedule in buildings, this research had as objective to analyze the effect of the use of thermal insulation inside the cavities of the ceramic blocks components of masonry. This is presented as an easier insulation option in relation to other techniques known in the market. The study was carried out through small scale prototype analyzes. Four experimental prototypes were constructed in São Leopoldo, RS, one of them being used as reference, representing the conventional construction form of the blocks masonry and the others with the cavities of its constituent blocks filled with three different thermal insulation types: EPS spheres, low density EPS and expanded perlite. In this research EPS was used in waste form from a company in the region. After the research, data collection and the results analysis, it was verified that the prototypes with insulation presented daily thermal oscillations minimally smaller in relation to the reference, being the lowest ones obtained by the prototype with low density EPS filling, followed by the expanded perlite and EPS spheres. Despite the fact that these differences were very small, it is not possible to state that the use of thermal insulation inside the ceramic block cavities constituent of the masonry can bring benefits to the thermal performance in real buildings. The use of insulators in the form of residues was presented as an alternative to reduce costs with insulation.

Key-words: Thermal behavior, thermal insulation, ceramic block masonry, test cells.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a preservação do meio ambiente impulsiona pesquisadores a buscar alternativas para a otimização do uso de recursos naturais como a água e a energia. Segundo Zhang e Haapala (2014) os consumidores vêm buscando produtos com viés para a sustentabilidade, instigando os mais diversos mercados, entre eles o da construção civil.

A energia é fundamental para o desenvolvimento social e econômico, pois fornece apoio elétrico, térmico e mecânico às ações humanas e seu consumo é um dos principais indicadores do desenvolvimento de uma sociedade. Segundo dados divulgados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2013), o Brasil conta com mais de 61,5 milhões de unidades consumidoras em 99% de seus municípios, destas cerca de 85% são residenciais. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) o setor industrial é o maior consumidor de energia elétrica no Brasil seguido pelo setor residencial. Diferentemente das indústrias, onde a maior parte da energia é consumida por máquinas e equipamentos e independe do projeto arquitetônico, as residências representam grande potencial para redução do consumo, pois cerca de 32% deste tem origem na busca por maior conforto térmico através do condicionamento artificial (BRASIL, 2005; LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Diversas discussões a respeito da redução do consumo de energia e ampliação da eficiência energética em edificações levam, conseqüentemente, à questão do desempenho térmico da envoltória. Diversos países possuem normas para conservação de energia que abrangem diretrizes para melhoria do desempenho térmico em edificações, sendo apenas algumas destas obrigatórias (PEREIRA, 2009). No Brasil passou a vigorar em 2013 a norma de desempenho para edificações NBR 15575 (ABNT, 2013) que indica, além de outros parâmetros, requisitos mínimos de desempenho térmico para cada Zona Bioclimática estabelecida pelo Zoneamento Bioclimático Brasileiro da NBR 15220 (ABNT, 2005).

A NBR 15220 (ABNT, 2005) divide o território do país em 8 zonas de acordo com suas características climáticas. Na Região Sul do Brasil encontram-se cidades classificadas nas zonas 1, 2 e 3. O clima desta região é caracterizado por grande amplitude térmica diária tanto no período de inverno quanto no período de verão (ROTTA, 2009). Esta amplitude pode ser amenizada através do aumento da capacidade

térmica (ROTTA, 2009), aumento da inércia térmica (Akutsu, Brito e Chieppe, 2012) ou da resistência térmica. Segundo Rotta (2009) o desempenho térmico pode ser ainda mais eficiente caso sejam utilizadas, em conjunto com estas, estratégias como ventilação cruzada controlada.

Sugestões para ampliação do desempenho térmico em edificações são apontadas por diversos estudos, porém estas muitas vezes não são aplicadas devido ao acréscimo de custo que geram na fase de projeto e execução o que dificulta a implantação destas estratégias principalmente nas habitações de interesse social (HIS), porém os custos são significativos também em projetos destinados à classe média. Segundo Pires (2013) há um acréscimo de cerca de 6% no custo do projeto de uma edificação com menor consumo operacional. Este aumento deve-se a necessidade de maior tempo de trabalho para que sejam analisadas as estratégias e técnicas propostas. Pires (2013) apresenta dados sobre a relação “custo x desempenho térmico” em sistemas de coberturas, paredes de vedação externa, entre outros elementos. A partir destes dados é possível observar o acréscimo de custo gerado pela aplicação de determinadas estratégias e, muitas vezes, o longo período de retorno deste investimento extra.

Buscando avaliar alternativas para ampliação da eficiência energética de edificações com paredes de vedação externa em alvenaria de blocos cerâmicos, técnica largamente utilizada no Rio Grande do Sul, foi analisado o efeito do uso de isolantes térmicos no interior das cavidades dos blocos. Esta solução apresenta-se como alternativa a técnicas de isolamento térmico em paredes geralmente com custo elevado, exigência de mão de obra especializada e acréscimo de tempo ao cronograma da obra como o EIFS (*External Insulation Finish System*). Buscou-se então uma alternativa com fácil especificação e execução que possa ser mais facilmente aplicada em qualquer edifício que faça uso de paredes de blocos cerâmicos.

1.1 JUSTIFICATIVA

O surgimento da NBR 15575 (ABNT, 2013) e a atual necessidade de racionalização do consumo de recursos naturais impulsionam pesquisas sobre desempenho térmico nas edificações a fim de reduzir o consumo energético das mesmas. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) o setor industrial é o

maior consumidor de energia elétrica no Brasil, seguido pelo setor residencial. Grande parte do consumo energético nas indústrias provém de máquinas e equipamentos, ou seja, independe do projeto arquitetônico. Nas residências e edifícios comerciais grande parte do consumo tem origem na busca por maior conforto térmico através do condicionamento artificial, sendo assim estes setores apresentam potencial de redução do consumo energético através da ampliação do desempenho térmico (BRASIL, 2005; LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Morrisey e Horne (2011) consideram a eficiência da envoltória de uma edificação um fator de grande influência no desempenho térmico. As características de elementos da envolvente externa, tais como paredes, esquadrias e coberturas, vêm sendo estudados nos últimos anos, pois conhecê-las é fundamental para a concepção de edifícios com maior eficiência energética. Segundo Yilmaz (2007), as características termo-físicas dos elementos de vedação externa são os fatores que mais afetam o conforto térmico no interior das edificações.

No Rio Grande do Sul a utilização de blocos de cerâmica vermelha como vedação vertical externa de edificações comerciais, residenciais e industriais é largamente difundida devido à boa qualidade da argila encontrada no estado (ROMAN, MUTTI E ARAÚJO, 1999 *apud* KAPAUN, 2012). Outro aspecto relevante em relação a este material é a abundância da matéria prima utilizada para sua fabricação. A cerâmica vermelha é obtida através da queima da argila, que se encontra depositada em grande quantidade na crosta terrestre (ABCERAM, 2015). Alguns autores, como Lopes (2010) e Kapaun (2012), avaliam as propriedades térmicas de diferentes tipos de alvenarias com características diversas, porém poucos estudos buscando alternativas para ampliar o desempenho térmico desta técnica construtiva são encontrados.

Alguns estudos como o de Mandilaras et al. (2014) analisam e descrevem sistemas de isolamento térmico de paredes pelo seu exterior, também conhecidos como EIFS (*External Insulation Finish System*) ou ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*), porém segundo Freitas (2002) e Freitas et al. (2011), estes, apesar de apresentarem bom desempenho térmico, possuem baixa resistência ao impacto e muitas vezes sofrem degradação externa devido ao surgimento de microorganismos. Além disso, o sistema possui custos elevados e acrescenta tempo significativo ao

cronograma da obra, o que dificulta sua aplicação principalmente em HIS (Simões et al, 2015).

Buscando uma alternativa de simples especificação e execução a fim de melhorar o comportamento térmico de paredes em alvenaria de blocos cerâmicos esta pesquisa analisou a viabilidade de utilização de isolante térmico no interior das cavidades das unidades que a compõe. Os isolantes explorados serão o EPS que, além de ser um excelente isolante, pode ser utilizado até mesmo na forma de resíduo, apresentando-se como uma alternativa econômica frente ao custo dos isolantes convencionais existentes no mercado e a perlita expandida, comercialmente utilizada para preenchimento de blocos visando ampliação do desempenho térmico na região.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial da utilização de isolantes térmicos no interior das cavidades de blocos cerâmicos em alvenarias de vedação externa.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Monitorar as temperaturas internas e superficiais em protótipos de alvenaria de blocos cerâmicos com as cavidades dos blocos preenchidas com EPS de baixa densidade, perlita expandida e esferas de EPS comparados a um protótipo referência com as cavidades dos blocos vazias;
- b) Analisar o comportamento térmico das quatro composições de parede;
- c) Avaliar os custos de cada alternativa.

1.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

O trabalho é desenvolvido em cinco capítulos. No primeiro é apresentada uma introdução ao assunto abordado, bem como com a justificativa, os objetivos gerais, específicos e as delimitações da pesquisa.

No segundo capítulo há uma revisão bibliográfica dos temas abordados contendo informações sobre: Desempenho térmico, envoltória, avaliação do desempenho térmico em protótipos, simulação computacional e análises laboratoriais.

O método é descrito no terceiro capítulo. O comportamento térmico dos sistemas analisados e do sistema referência foram avaliados através de medições de temperatura ambiente e temperatura superficial de paredes em protótipos de escala reduzida.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos através das medições realizadas e suas respectivas análises. O quinto e último capítulo trata das conclusões extraídas da realização da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros. Ao final são apresentadas as revisões bibliográficas e apêndices.

1.4 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho busca analisar a viabilidade e possíveis benefícios do uso de isolantes térmicos no interior de blocos cerâmicos visando a melhoria do comportamento térmico das paredes de vedação externa construídas com esta técnica. Através de um melhor comportamento térmico dos elementos construtivos é possível ampliar o desempenho térmico da edificação. Este pode ser influenciado por diversos fatores, tais como as características da envoltória, ventilação natural, ocupação, atividades realizadas no interior da mesma, sombreamento, entre outros. Além disto, para a aplicação adequada destas estratégias devem ser observadas as características do clima do local onde a edificação está inserida, ou seja, as estratégias poderão ser diferentes para cada região.

Este trabalho delimita-se a estudar as características das paredes de vedação vertical externa para o clima da cidade de São Leopoldo sem considerar aspectos como ventilação, ocupação ou atividades realizadas no interior da edificação. Também não foram analisados outros elementos de vedação tais como coberturas ou esquadrias. Ademais, devido ao período no qual a pesquisa foi desenvolvida, as medições abrangeram os períodos de primavera e verão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DESEMPENHO TÉRMICO

A NBR 15575 (ABNT, 2013) descreve desempenho térmico de uma edificação como o conjunto de aspectos que atendem às exigências de conforto térmico dos usuários. Para Lamberts e Triana (2007) desempenho térmico é a capacidade desta de proporcionar conforto térmico ao usuário de forma passiva e é determinado pelas características da envoltória tais como cor e material empregados, orientação solar, uso ou não de isolantes térmicos e/ou estratégias bioclimáticas. Um bom desempenho térmico pode representar significativa diminuição do consumo energético em uma edificação, pois reduz a necessidade de utilização de sistemas artificiais de climatização. Para garantir esta redução devem ser adotadas estratégias de acordo com o zoneamento bioclimático brasileiro desde a concepção do projeto.

O desempenho térmico de uma edificação é avaliado através do comportamento desta em relação aos requisitos de conforto térmico dos usuários nas condições do clima onde está situada (PEREIRA E NETO, 1988, *apud* LAMBERTS et al., 2010). O Brasil, por seu vasto território, possui diferentes condições climáticas às quais devem ser consideradas no momento do projeto. Para Frota e Schiffer (2001) o conhecimento do microclima local e das necessidades específicas de cada usuário possibilitam a adoção de um partido arquitetônico apropriado. Entretanto, segundo Maciel (2006) o que geralmente ocorre é o desenvolvimento de edificações que não levam em consideração seu entorno imediato.

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas nos últimos anos a fim de avaliar o desempenho térmico em edificações, elementos arquitetônicos e materiais construtivos. São encontradas avaliações realizadas através de simulação computacional como os estudos de Pires (2013), Sach et al. (2014) e Linczuk (2015), medições *in loco* como Lopes (2010) e Kappaun (2012) ou através de protótipos de dimensões reduzidas como os estudos de Adriazolla (2008), Krüger, Suzuki e Matoski (2013) e Rojas et al. (2015).

2.1.1 Conforto Térmico

Conforto térmico segundo a ASHRAE (*apud* Lamberts, 2016) é “o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda”. Givoni (1998) define conforto térmico como ausência de qualquer desconforto com o clima, seja por calor ou frio, e ressalta que a análise das condições climáticas do lugar é o ponto de partida para a elaboração de um projeto que visa a eficiência energética.

Os estudos relacionados ao conforto térmico são de grande importância principalmente por três fatores: a satisfação do homem que lhe permite sentir-se termicamente confortável, a ampliação de seu rendimento na realização de tarefas intelectuais e manuais quando em conforto e a conservação de energia evitando consumo desnecessário com aquecimento ou refrigeração (LAMBERTS, 2016).

O organismo do homem reage à temperatura ambiente de maneira a manter em equilíbrio a temperatura do seu corpo. Para isto podem ser utilizados mecanismos instintivos como encolher-se, reduzindo a área do corpo exposta, ou através do atrito das mãos, por exemplo, para gerar calor. Entre os mecanismos culturais a primeira proteção do homem é a vestimenta, que é utilizada como uma barreira para proteção contra o frio ou a incidência direta do sol sobre a pele (Figura 1) (RIVERO, 1986 *apud* ADRIAZOLA, 2008; LAMBERTS, 2016). Para a proteção contra o calor podem ser citados o contato com a água e a busca de locais com sombra como mecanismos instintivos e o uso de ventilação, natural ou mecânica, como mecanismos culturais (Figura 2) (LAMBERTS, 2016)



Figura 1 - Mecanismos instintivos e culturais contra o frio

Fonte: Lamberts, 2016



Figura 2 - Mecanismos instintivos e culturais contra o calor

Fonte: Lamberts, 2016

Para estabelecer parâmetros de conforto de acordo com a temperatura do ambiente externo somada a outras condições como velocidade e umidade do ar, Givoni desenvolveu a carta bioclimática do edifício (1976 atualizada em 1992) apresentada através de uma carta psicrométrica com limites de conforto para determinados locais e condições. Esta carta foi elaborada baseada em pesquisas realizadas nos Estados Unidos, Europa e Israel (GIVONI, 1992).

Segundo Olgay (1998) zona de conforto térmico pode ser definida como um estado em que o corpo mantém equilíbrio biológico com o menor gasto de energia possível para que esta possa ser aproveitada para a produtividade do indivíduo. Diversos fatores podem influenciar os níveis de conforto térmico do ser humano como variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar), além da vestimenta e atividade física (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

O conforto térmico possui diversas variáveis que podem ser divididas em ambientais e humanas. As variáveis ambientais são: temperatura, velocidade e umidade relativa do ar e temperatura radiante média. As humanas são o metabolismo gerado pela atividade física e a resistência térmica oferecida pela vestimenta. As variáveis humanas podem também ser influenciadas por outros fatores como gênero, idade, peso, altura, hábitos alimentares, entre outros (LAMBERTS, 2007).

Para Cunha et al. (2006), o conforto térmico pode ser alcançado em uma edificação de forma passiva ou artificial, porém o uso indiscriminado de sistemas mecânicos de refrigeração e aquecimento gera alto consumo energético que pode ser reduzido adequando a edificação ao clima onde está inserida. Com a evolução e

popularização de tecnologias para condicionamento artificial de ar e melhoria das condições de vida da população mundial, esta têm buscado maior conforto térmico em suas residências e no trabalho, muitas vezes através do uso de equipamentos de condicionamento artificial. Estes fatos trouxeram aumento significativo no consumo energético nas edificações nos últimos anos (SANTOS, 2013).

2.1.2 Eficiência Energética

Eficiência energética na arquitetura é a capacidade da edificação de proporcionar conforto térmico, acústico e lumínico ao usuário com o menor consumo de energia possível, assim um edifício que proporciona as mesmas condições de conforto que outro com menor consumo de energia é mais eficiente energeticamente (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) o setor residencial é o segundo maior consumidor de energia elétrica no Brasil, estando atrás apenas do setor industrial (BRASIL, 2005). Nas indústrias a maior parte da energia é consumida por máquinas e equipamentos, ou seja, independe do projeto arquitetônico. Já nas residências, onde grande parte do consumo tem origem na busca por maior conforto térmico através do condicionamento artificial, existe grande potencial para ampliação da eficiência energética através de iluminação e climatização natural (BRASIL, 2005; LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Segundo o PROCEL (2015) pode ser conseguida uma redução de até 50% no total do consumo de energia elétrica em novas edificações residenciais caso haja um melhor aproveitamento da ventilação e iluminação naturais e o uso de materiais e sistemas construtivos adequados para cada região.

Os conceitos de eficiência energética deveriam estar incorporados naturalmente ao processo de projeto, porém estes são, na maioria das vezes, negligenciados pelos profissionais. O uso de sistemas artificiais de climatização coloca os projetistas em uma situação bastante cômoda perante a necessidade de adequação do edifício ao clima, o que desencadeou o surgimento de edifícios com alto consumo energético. Com o crescente número de edificações energeticamente ineficientes e a diminuição dos preços dos aparelhos de ar condicionado o consumo tende a aumentar (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). O uso de condicionadores de ar tem sido observado nos últimos anos inclusive em HIS de famílias com faixa de renda de até cinco

salários mínimos, o que não era comum no passado. Este fato indica a não observância das características climáticas locais na concepção destas edificações (PIRES, 2013). Dada esta situação resta ao usuário resolver por conta própria à ausência de conforto térmico nas residências através da utilização de equipamentos mecânicos, ampliando de forma significativa o consumo energético, o que gera, no caso de famílias de baixa renda, um grande impacto econômico (MATTEIS e ALMEIDA, 2009).

2.1.3 Arquitetura Bioclimática

A bioclimatologia estuda as relações entre o homem e o ambiente, já a arquitetura bioclimática é aquela que visa otimizar o desempenho térmico de uma edificação através do uso de estratégias que levam em consideração lugar, clima e orientação solar (ROMERO, 2000). O conceito de bioclimatologia foi aplicado à arquitetura pela primeira vez nos anos sessenta pelos irmãos Olgay surgindo assim a expressão 'projeto bioclimático' que busca através de seus próprios elementos proporcionar o conforto ambiental (OLGYAY, 1973). Olgay também acreditava que os efeitos do clima poderiam ser expressos em um único gráfico e propôs a primeira carta bioclimática para desenvolvimento de projetos de edificações integrados com o clima (Figura 3).

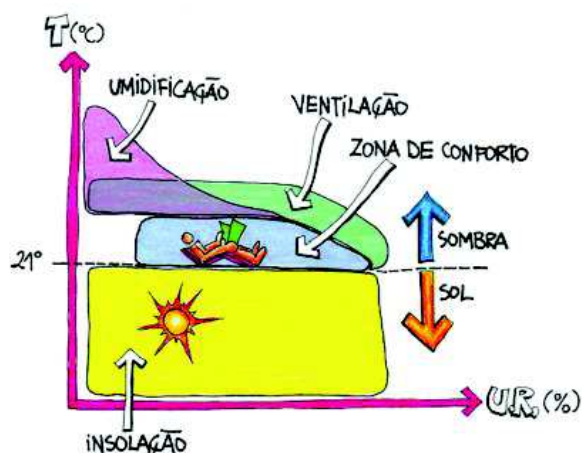


Figura 3 - Adaptação Carta Bioclimática proposta por Olgay em 1963

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira, 2014

Anos mais tarde Givoni (1976) propôs uma nova carta bioclimática buscando sanar limitações apresentadas na carta de Olgay. Mais recentemente Givoni (1992)

concebeu uma carta bioclimática adequada para países em desenvolvimento (Figura 4) que, de acordo com Bogo (1994 *apud* LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014) é o modelo mais adequado para o Brasil. Givoni (1992) apresenta como zona de conforto o intervalo de temperatura entre 18°C e 29°C. Para as temperaturas fora deste intervalo o autor sugere a adoção de estratégias apresentadas na carta da Figura 4.

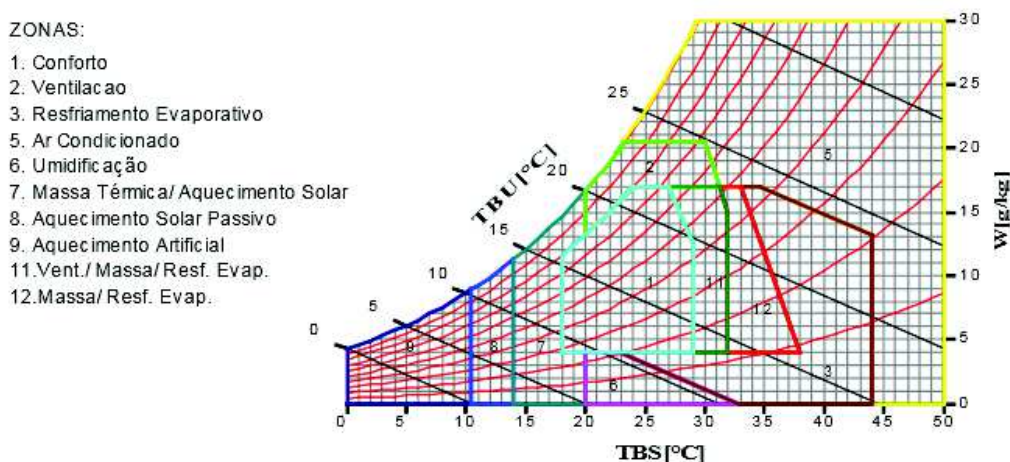


Figura 4 – Carta Bioclimática de Givoni Para Países Quentes

Fonte: Adaptado de Givoni, 1992

Para Cunha et al. (2006) diversas características da edificação como, técnicas construtivas, orientação solar e características da envoltória influenciam seu desempenho térmico, porém cada um destes elementos atua de forma diferente de acordo com o clima da região onde a edificação está situada. O uso isolado destas estratégias não significa bom desempenho térmico da edificação; é necessário adequá-la ao clima onde esta está inserida. No Brasil a NBR 15220 (ABNT, 2005) auxilia nesta adequação apresentando o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, descrito no item 2.1.4.1.

A adoção de estratégias bioclimáticas na concepção do projeto de uma edificação pode proporcionar melhorias em seu desempenho térmico e conseqüentemente ampliar sua eficiência energética. Em sua aplicação é necessário avaliá-las de forma integrada para que o maior número de necessidades possa ser atendido, pois as estratégias, muitas vezes, podem ser contraditórias, por exemplo, um ambiente ventilado pode ser agradável nos períodos quentes, mas pode tornar-se um problema no inverno (LAMBERTS, 2005; LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Algumas estratégias bioclimáticas são apresentadas nos itens que seguem.

2.1.3.1 Aquecimento solar passivo

O aquecimento solar passivo pode ser definido como a absorção do calor solar pelos elementos que compõe a envoltória da edificação (BRASIL, 2005). Existem diversas formas para sua obtenção em uma edificação. Estas podem ser divididas em formas de ganho direto, tais como a entrada de calor através de esquadrias, planos transparentes ou claraboias e ganho indireto como ingresso de radiação solar através de jardins internos ou de paredes com elevada inércia térmica que armazenam o calor solar ao longo do dia e o liberam para o interior da edificação a noite (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

2.1.3.2 Massa térmica

O princípio da massa térmica baseia-se no acúmulo de calor pela superfície (paredes ou coberturas) retardando a transferência de calor, reduzindo assim os efeitos da amplitude térmica. Esta estratégia pode beneficiar a edificação em períodos frios e quentes. No inverno é possível usufruir deste efeito construindo elementos de vedação externa com maiores espessuras e orientando-as para o sol, desta forma a radiação solar aquece a parede durante o dia e transfere o calor adquirido para a edificação à noite (período mais frio). Em climas quentes devem ser construídas paredes espessas e as aberturas devem ser sombreadas. A ventilação durante o dia deve ser evitada, priorizando a ventilação noturna (BRASIL, 2005; LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

2.1.3.3 Tratamento de áreas externas

A vegetação nos arredores da edificação contribui para sombreamento e controle dos fluxos de ar. Em locais como o Rio Grande do Sul, com verões quentes e invernos frios, é recomendado o uso de vegetação caducifólia, capaz de bloquear a insolação direta no verão e permitir sua entrada no inverno (BRASIL, 2005).

Uma superfície externa gramada também pode contribuir com o desempenho da edificação, pois quando exposto ao sol o gramado utilizada parte do calor recebido para executar a fotossíntese e outra para evaporar a água, criando assim efeitos de resfriamento evaporativo. Este tipo de resfriamento pode ser obtido também através do uso de piscinas, espelhos d'água, gotejamento ou spray de água no ambiente externo (BRASIL, 2005; LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

2.1.3.4 Ventilação natural

O correto posicionamento da edificação, bem como sua forma, influenciam na passagem de ar por esta. Através da orientação é possível maximizar a ventilação dos ambientes. Em climas com verões quentes e invernos frios, como é o caso da região Sul do Brasil, é importante observar a possibilidade de fechamento evitando entradas indesejáveis de ar (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Para Cunha et al. (2006) existem dois tipos de ventilação: a de conforto e a higiênica. Esta segunda contribui para a renovação do ar e diluição de impurezas (BRASIL, 2005).

2.1.3.5 Análise das cores dos elementos de vedação externa

As propriedades termo-físicas dos materiais são fatores fundamentais quando falamos de ganho de calor em superfícies, porém a absorvância também possui efeito significativo nestes ganhos. A absorvância, geralmente relacionada à cor da superfície, define-se como a razão entre a energia solar absorvida por uma superfície e a energia total incidente sobre a mesma (DORNELES, 2008).

Lamberts, Dutra e Pereira (2014) afirmam que cores escuras incrementam o ganho de calor, sendo adequadas a climas frios, enquanto cores claras aumentam a reflexão reduzindo estes ganhos e sendo adequadas a climas quentes. Em climas compostos, porém, o uso de diferentes cores não possui relação clara com ganhos ou perdas de calor. Segundo Dorneles (2008) certos materiais refletem ou absorvem certos intervalos de frequência, portanto há necessidade de estudos mais aprofundados para afirmação de valores de absorvância relacionados às cores de acordo com cada tipo de material e suas características específicas.

Estudos apresentados por Lamberts (2016) mostram imagens feitas com uma câmera termográfica Flir que representam as diferentes temperaturas superficiais de coberturas com cores claras e escuras sujeitas à mesma radiação solar e temperatura ambiente. A cobertura de cor escura apresenta temperatura de 9,2°C superior quando comparada à cobertura de cor clara (Figura 5).

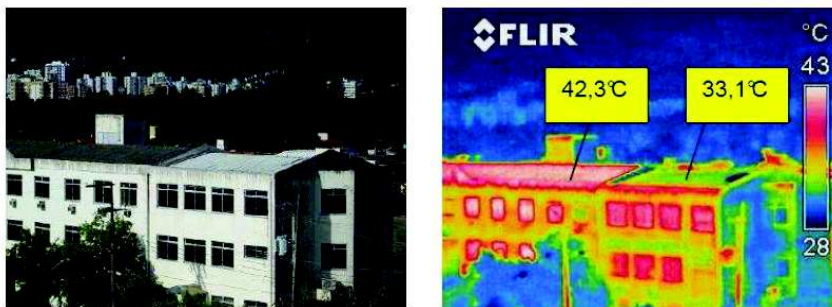


Figura 5 - Imagens feitas com câmera termográfica

Fonte: Lamberts, 2016

2.1.4 Normas técnicas, selos e certificações

Diversos países do mundo possuem normas para conservação de energia que abrangem diretrizes para melhoria do desempenho térmico em edificações, pois este influencia diretamente no consumo energético da mesma em sua fase operacional. Em apenas alguns países as medidas são obrigatórias (PEREIRA, 2009). As normas mais difundidas mundialmente e que serviram de base para desenvolvimento de várias outras são as normas da ASHRAE – Sociedade Americana de Aquecimento, Refrigeração e Engenharia de Condicionamento de Ar.

No Brasil a normatização da avaliação do desempenho térmico em edificações teve início em 2005 com a consolidação da NBR 15220 (ABNT, 2005). Os critérios mínimos de desempenho térmico em edificações foram estabelecidos em 2013, ano em que entrou em vigor a NBR 15575 (ABNT, 2013). Além das referências normativas, selos e certificações foram criados por instituições a fim de promover o uso eficiente da energia elétrica e identificar as edificações que o fazem. Algumas certificações internacionais são: LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), entre outros. No Brasil existem certificações como Selo AQUA (Alta Qualidade Ambiental), Selo Procel Edifica e Selo Casa Azul.

Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão, praticamente todos os países europeus, entre outros, possuem sistemas próprios de avaliação e classificação do desempenho ambiental de edificações adequados ao seu clima e necessidades específicas. Entretanto a maioria destes sistemas avalia edifícios ainda em fase de projeto e não seu desempenho real que ocorre em sua fase operacional (SILVA, 2003).

2.1.4.1 NBR 15220

A consolidação da NBR 15220 (ABNT, 2005) em 2005 deu início à normatização da avaliação do desempenho térmico em edificações no Brasil. A norma é dividida em cinco partes. A primeira trata das definições símbolos e unidades, a segunda dos métodos de cálculo dos valores de transmitância, capacidade e atraso térmico, bem como fator solar de componentes da edificação. A terceira parte apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro, que classifica as cidades brasileiras em oito zonas distintas de acordo com suas características climáticas. A quarta e a quinta partes apresentam métodos para medição da resistência e condutividade térmica de materiais.

O Brasil, por seu vasto território, possui diversos climas distintos, por este motivo a norma apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Este zoneamento leva em conta as características do clima de cada local agrupando em cada zona regiões com homogeneidade quanto às médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar. Para obtenção deste zoneamento o território nacional foi dividido em 6500 células classificadas com a utilização de uma adaptação do Diagrama Bioclimático de Givoni (GIVONI, 1992). O agrupamento destas células resultou em oito zonas bioclimáticas distintas (Figura 6).

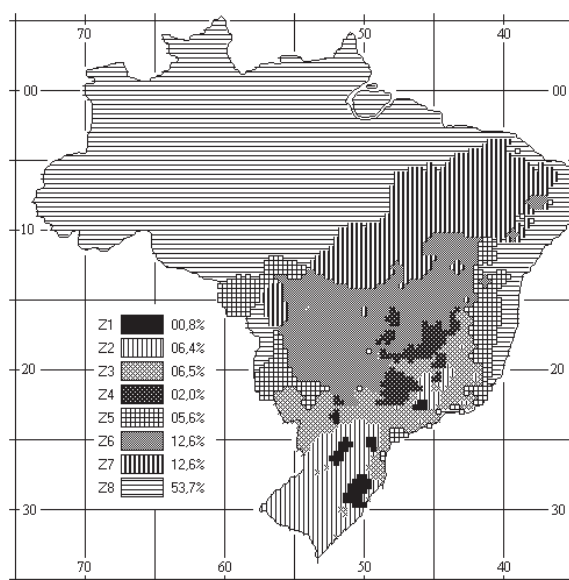


Figura 6 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Fonte: ABNT NBR 15220

O território do Rio Grande do Sul encontra-se dividido em três zonas climáticas, sendo São Leopoldo, cidade onde serão realizados os estudos para este trabalho, encontrada na zona denominada Zona Bioclimática 2.

A NBR 15220 (ABNT, 2005) recomenda o uso de sistemas construtivos específicos para habitações de interesse social em cada zona bioclimática visando, através destes, a construção de edificações com maior desempenho térmico. Para Sakamoto et al. (2001 *apud* PIRES, 2013) somente as propriedades da edificação não são capazes de definir o desempenho térmico em uma edificação. Em seus estudos simulou e realizou medições *in loco* em edificações e verificou que as que obtiveram melhor desempenho térmico, nem sempre se classificam com o melhor desempenho por critérios como os estabelecidos pela NBR 15220 (ABNT, 2005) que avaliam somente as propriedades dos materiais constituintes.

2.1.4.2 NBR 15575

No ano 2000 um projeto financiado pela Caixa Econômica Federal para a criação de um método de avaliação de sistemas construtivos inovadores baseado no conceito de desempenho foi o primeiro passo concreto para a publicação da NBR 15.575/2010 (KERN, SILVA et al., 2015). Devido ao grande impacto causado pelas alterações propostas pela Norma a data de sua entrada em vigor foi duas vezes prorrogada e sua vigência oficial iniciou-se em julho de 2013. A NBR 15575 (ABNT, 2013), também conhecida como norma de desempenho, passou a estabelecer critérios para a construção de unidades habitacionais no território brasileiro e teve sua abrangência ampliada em relação à sua versão anterior, a NBR 15575 (ABNT, 2010) que estabelecia parâmetros apenas para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.

O conceito de desempenho está presente na construção civil há muito tempo. No meio acadêmico sua definição mais aceita é a elaborada por Gibson em 1982. Gibson afirma que desempenho é a prática de se pensar em termos de fins e não de meios, ou seja, com os requisitos que a edificação deve atender, e não com a forma como esta deve ser construída (BORGES et al., 2008). A NBR 15575 (ABNT, 2013) segue exatamente este conceito, pois não é uma norma prescritiva, não indica como a edificação deve ser construída, mas sim o desempenho que deve atingir independente de seu sistema construtivo.

A NBR 15575 (2013) está dividida em seis partes com requisitos específicos para cada elemento da edificação: Requisitos gerais, para sistemas estruturais, de piso, de vedações verticais internas e externas, de coberturas e hidrossanitários. A norma também faz uma classificação dos níveis de desempenho que podem ser atingidos de acordo com a adequação aos critérios por ela estabelecidos; os níveis são: M (mínimo), I (intermediário) e S (superior), sendo o nível mínimo considerado obrigatório.

Os sistemas de vedação vertical externa e de cobertura devem atingir, entre outros requisitos, o desempenho térmico mínimo estabelecido por esta norma. São indicados parâmetros e requisitos mínimos para cada Zona Bioclimática estabelecida pelo Zoneamento Bioclimático Brasileiro da NBR 15220 (ABNT, 2005). Para verificação do desempenho mínimo pode ser utilizado o método prescritivo. Para classificação dos elementos nos níveis I e S é necessária uma análise mais aprofundada através de simulação computacional ou medições *in loco*.

2.1.4.3 Selo Procel

Com o objetivo de promover o uso eficiente da energia elétrica no Brasil surgiu o Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica – PROCEL. Implantado em 1985 vem, desde então, incentivando o desenvolvimento tecnológico de equipamentos consumidores de energia elétrica através da promoção do Selo Procel de Economia de Energia, instituído em 1993, coordenado pelo MME, executado pela Eletrobras, e apoio ao Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO. Até 2013 o Selo Procel Eletrobras foi responsável pela economia de 9.578GW/h no país (ELETROBRAS, 2015).

A partir desta estrutura foi criado o Selo Procel de Economia de Energia para Edificações, instituído em 2003 e estabelecido em 2014, que tem como objetivo principal identificar as edificações que apresentam a maior eficiência energética em determinada categoria a fim de motivar projetistas e consumidores à concepção e uso mais conscientes do imóvel. Para obtenção do Selo, em edificações residenciais, são avaliados: a envoltória e o sistema de aquecimento de água (ELETROBRAS, 2015; PROCEL, 2015). As edificações, assim como os eletrodomésticos, podem receber classificação de “A” a “E”, sendo “A” a mais eficiente e “E” a menos eficiente (ELETROBRAS, 2015).

2.2 ENVOLTÓRIA

Para Ylmaz (2007) de todos os fatores que afetam o conforto térmico e conservação de energia no interior das edificações o mais importante são as características termo-físicas da envoltória. Segundo o INMETRO (2010) a envoltória é composta por todos os planos externos do edifício, como fachada, esquadrias, cobertura, entre outros elementos e é responsável pela divisão entre os ambientes externos e internos e, por este motivo, suas características influenciam diretamente no desempenho térmico das edificações. Segundo Morrisey e Horne (2011) a eficiência da envoltória de uma edificação é uma estratégia chave para a concepção de edifícios que visam a redução do uso de sistemas de condicionamento artificial dos ambientes internos.

Para Givoni (1998) a escolha adequada dos materiais da envoltória contribuirá para a ampliação do conforto ambiental no interior da edificação e ainda, no caso de ambientes climatizados artificialmente, para a redução do consumo dos equipamentos. Para uma maior eficiência as características da envoltória devem ser analisadas juntamente com outros fatores determinantes para o conforto térmico. A ventilação natural, por exemplo, é uma das estratégias bioclimáticas mais importantes para o Brasil. Para locais como o Rio Grande do Sul, onde há períodos frios e quentes, é recomendada a utilização de sistemas de ventilação controlada que permitam ao usuário a dosagem de ventilação conforme sua demanda de conforto (BRASIL, 2005). Segundo Cunha et al. (2006) a ventilação da edificação contribui não somente para o conforto térmico, mas também para sua higiene através da entrada de ar fresco e diluição de impurezas. Segundo Lamberts et al. (2007) a ventilação da cobertura é também muito importante principalmente nas edificações horizontais.

A fim de avaliar o desempenho térmico da envoltória alguns autores analisam edificações considerando todos os seus elementos juntamente com as influências de seu uso e ocupação como Sattler et al. (2003) e Ochoa (2012). Outros pesquisadores avaliam o desempenho de sua envoltória isoladamente através de protótipos não ocupados ou ventilados como Krüger (2003) e Cabeza et al. (2010).

2.2.1 Materiais e técnicas construtivas

Os materiais ou técnicas construtivas a serem utilizadas em uma determinada edificação são especificados pelo arquiteto ou projetista na fase de projeto. Para isto o profissional deve observar diversas características do material, além dos aspectos formais e plásticos. As propriedades térmicas dos elementos construtivos determinam seu comportamento térmico e conseqüentemente influenciam no desempenho térmico da edificação (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Um componente da envoltória cujo comportamento é avaliado com frequência são as paredes de vedação externa. Grande variedade de materiais de vedação está disponível no mercado e estes devem ser escolhidos de acordo com a necessidade de cada projeto. Uma técnica largamente utilizada para a execução de paredes no Rio Grande do Sul é a alvenaria de blocos cerâmicos, que pode ser estrutural ou apenas de vedação e divisórias. Pela sua popularidade esta será a técnica analisada neste trabalho e encontra-se descrita mais detalhadamente no item 2.2.1.1.

2.2.1.1 Alvenaria de blocos cerâmicos

A alvenaria é um sistema construtivo milenar. Diversas construções históricas que marcaram a humanidade por seus aspectos estruturais e arquitetônicos são compostas e estruturadas de maneira empírica por blocos de pedra ou cerâmica. As Pirâmides do Egito, o Coliseu Romano e a Catedral de Notre Dame são exemplos clássicos da utilização desta técnica que existem até os dias de hoje comprovando o potencial do método construtivo e a existência milenar do sistema (RAMALHO e CORREA, 2003).

A unidade básica e componente mais importante da alvenaria de blocos é, logicamente, o próprio bloco, por isto, suas propriedades devem ser observadas, pois influenciarão diretamente no desempenho da edificação com estes construída. Além disto, suas dimensões definem também a coordenação modular nos projetos (CAMACHO, 2001). Segundo Ramalho e Correa (2003) as unidades mais utilizadas para alvenaria no Brasil são as de concreto, cerâmicas e sílico-calcáreas. No Rio Grande do Sul as unidades cerâmicas são muito utilizadas devido às excelentes propriedades da argila encontrada no Estado, que permite a fabricação de blocos de boa qualidade (ROMAN, MUTTI E ARAÚJO, 1999 *apud* KAPAUN, 2012).

A alvenaria estrutural de blocos tem sido largamente utilizada nos últimos anos no Rio Grande do Sul para a construção de edifícios residenciais do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), sendo o método construtivo mais usual para este tipo de empreendimento. A popularidade deste método na região atribui-se ao seu custo-benefício, boa aceitação do mercado e maior facilidade de montagem de equipe de mão de obra em relação a outros métodos de execução menos populares.

Com o aumento das exigências normativas e do mercado surge a necessidade de avaliar e aperfeiçoar seu desempenho térmico e acústico, resistência ao fogo, estanqueidade, entre outros aspectos da alvenaria e dos elementos que a compõe devido a sua larga utilização no mercado da construção civil no estado do Rio Grande do Sul. Tratando-se de desempenho térmico diversos estudos, a fim de adequar a técnica às novas exigências, avaliam o desempenho térmico de edificações em alvenaria com diferentes tipos de blocos sem isolamento térmico adicional.

No Chile foram realizados estudos a fim de investigar alternativas para ampliação do desempenho térmico em alvenarias de blocos cerâmicos. O Relatório Final do Projeto FONDEF (FUNDACIÓN CHILE, 2004) apresenta uma série de alternativas avaliadas para estas alvenarias para o clima da cidade de Santiago. Foram realizados ensaios de preenchimento de cavidades de blocos com EPS (Figura 4A), utilização de bandas isolantes na argamassa de assentamento (Figura 4B) e análise de diferentes geometrias de blocos (Figura 4C) para redução das pontes térmicas (transferência de calor). Diversos destes estudos obtiveram resultados positivos quanto à ampliação do desempenho térmico entre outras melhorias.

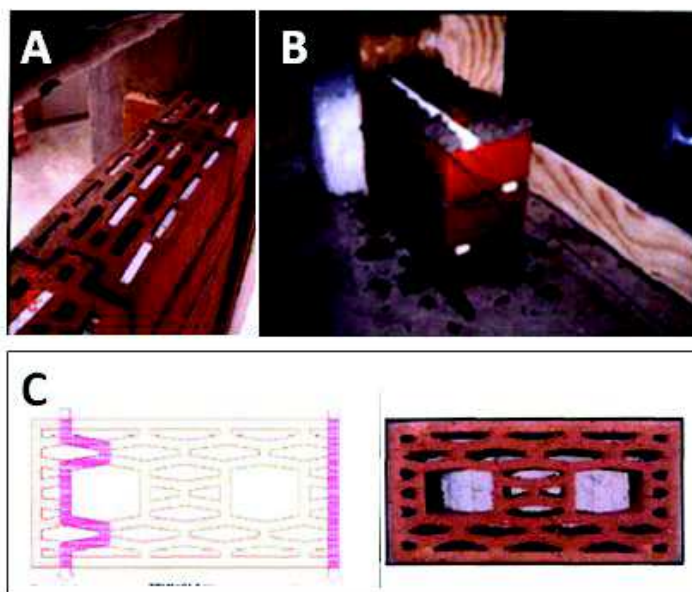


Figura 7 - Alternativas para ampliar o desempenho térmico em alvenarias de blocos cerâmicos: (A) Preenchimento com EPS; (B) Bandas isolantes; (C) Análise de diferentes geometrias

Fonte: Adaptado de Fundación Chile (2004).

Ainda sobre os estudos de diferentes geometrias para blocos cerâmicos com finalidade de melhorar seu desempenho, Castell et al. (2010) apresentam em seus estudos o *alveolar brick* (bloco alveolar) com geometria desenvolvida a fim de fornecer maior capacidade de isolamento térmico e acústico em relação à geometria convencional sem o uso de isolantes (Figura 8).



Figura 8 - *alveolar brick* (bloco alveolar) desenvolvido para ampliar o desempenho térmico e acústico das alvenarias

Fonte: Castell et al., 2010

Sacht e Rossignolo (2009) simularam em um software computacional o desempenho de uma tipologia térrea e outra multipavimentos. Para ambas foi simulado o desempenho utilizando blocos de concreto e cerâmicos, em dez cidades

representativas das oito Zonas Bioclimáticas brasileiras. Foram simuladas situações de dias típicos de verão e inverno para todas as cidades e tipologias analisadas. Nas tipologias térreas os resultados foram muito semelhantes, porém nas edificações multipavimentos houve melhor desempenho do bloco cerâmico, principalmente nos pavimentos intermediários.

Kappaun (2012) avaliou o desempenho térmico de duas edificações construídas no mesmo condomínio residencial na cidade de São Leopoldo, ambas com a mesma planta baixa e orientação solar construídas em alvenaria estrutural, porém uma com blocos cerâmicos e outra com blocos de concreto. Foram realizadas medições *in loco* durante 15 dias no período de inverno e 15 dias no período de verão. As medições foram realizadas antes da ocupação das residências. A edificação construída em blocos cerâmicos obteve resultados de desempenho sensivelmente superiores, porém como as temperaturas das medições foram muito próximas, os resultados podem enquadrar-se na imprecisão do equipamento utilizado (+ ou - 0,7°C) e não apresentar diferenças reais.

2.2.2 Transferência de calor em superfícies opacas

As paredes de vedação externa em geral são elementos opacos. As trocas de calor acontecem quando há diferença de temperatura entre o ambiente interno e o externo. O fluxo de calor ocorre da superfície mais quente para a mais fria até que os sistemas atinjam o equilíbrio térmico (Lei de Fourier). Materiais com baixas densidades tem a capacidade de reduzir a transferência de calor devido ao ar contido em seus poros (ÇENGEL e GHAJAR, 2012; LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Estes materiais são conhecidos como isolantes térmicos e podem ser utilizados a fim de alterar o comportamento térmico da envoltória. Alguns isolantes térmicos e suas propriedades são apresentados no item 2.2.3.

2.2.2.1 Mecanismos de transferência de calor

A transferência de calor pode ocorrer de duas formas: Troca térmica seca é a denominação do processo que envolve a mudança de temperatura do sistema. O calor envolvido neste mecanismo é chamado calor sensível. Troca térmica úmida é a denominação do processo que envolve a mudança no estado de agregação da matéria. O calor envolvido neste mecanismo é chamado calor latente (FROTA e SCHIFFER, 2001).

O processo de troca seca pode ocorrer através de mecanismos de condução, convecção e radiação. Cada um destes é regido por leis próprias, porém concordantes com o fato de que a transferência de calor ocorre de forma natural quando há gradiente de temperatura e esta ocorre sempre, como já citado anteriormente, da superfície de maior para a de menor temperatura (COSTA, 1991).

A condução térmica entre duas regiões exige contato físico entre elas e ocorre através de vibrações ou colisões entre partículas, que assim transferem energia das zonas mais quentes (maior energia) para as zonas mais frias (menor energia) (RODRIGUES, 2016).

Para Çengel e Ghajar (2012), o processo de transmissão de calor por convecção ocorre entre uma superfície sólida e um fluido a partir de uma combinação entre os efeitos de condução e movimentação do fluido. Segundo Rodrigues (2016) em edificações a transferência de calor por convecção ocorre principalmente em duas situações típicas: convecção ar-sólido – trocas de calor entre o ambiente e a superfície da envolvente; e convecção ar-ar – trocas de calor entre massas de ar através de aberturas.

A troca de calor por radiação entre duas superfícies ocorre mesmo que não haja meio físico separando-as. É um processo que ocorre no vácuo. A radiação térmica é a radiação electromagnética emitida por um corpo causada pela temperatura a que se encontra. A radiação pode provir do sol ou de um objecto comum. Quando a radiação incide sobre uma superfície é em parte reflectida, transmitida e absorvida. A parcela da radiação que altera a temperatura da superfície é a radiação absorvida (RODRIGUES, 2016).

2.2.2.2 Condutividade térmica

Outro fator relacionado com a densidade do material é a condutividade térmica (λ) que representa a capacidade de conduzir calor por unidade de tempo. Quanto menos denso é o material, menor sua condutividade térmica (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). A NBR 15220 (ABNT, 2005) informa a condutividade térmica de diversos materiais de construção.

2.2.2.3 Inércia térmica

Característica importante a ser observada nos elementos de vedação externa é a inércia térmica. A envoltória pode absorver calor tanto do ambiente externo como do interior da edificação, dependendo de onde estiver a temperatura mais elevada. Ao conduzir o calor de uma face para a outra o material retém parte deste calor em seu interior devido a sua inércia térmica. Quanto maior a inércia térmica, mais calor será retido (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

O uso da inércia térmica visa reduzir os picos de variação da temperatura interna da edificação através do acúmulo de calor nos elementos construtivos. Este acúmulo retarda tanto a entrada como a saída de calor da edificação (BRASIL, 2005). O tempo transcorrido entre a variação de temperatura em um meio e sua manifestação no meio oposto é definida pela NBR 15220 (ABNT, 2005) como atraso térmico (φ) em horas. A Figura 9 ilustra a inércia, o amortecimento e o atraso térmico. Akutsu, Brito e Chieppe (2012) recomendam o uso de maior inércia térmica em climas com grande amplitude térmica diária, a fim de amortecer a variação no interior da edificação. Sombreadas, as paredes com alta inércia proporcionam resfriamento no ambiente e recebendo radiação solar promovem o aquecimento do interior (LAMBERTS et al., 2007).

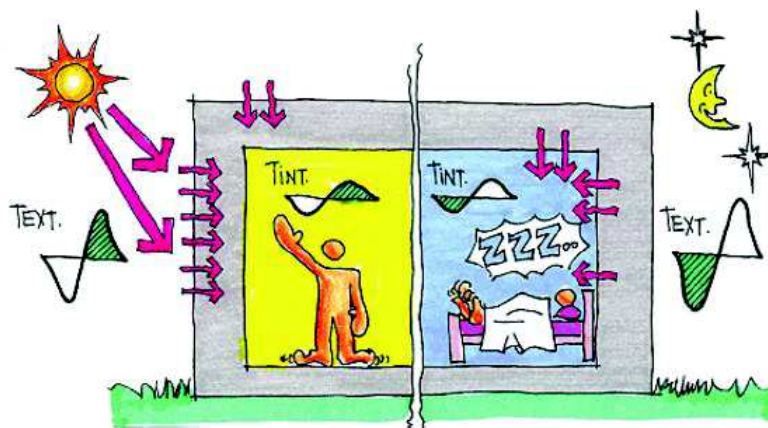


Figura 9 – Inércia térmica (atraso térmico e amortecimento)

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014)

2.2.2.4 Resistência térmica

Resistência térmica (R) é a capacidade de um material de resistir à passagem de calor e pode ser calculada através da Equação 1. Quanto mais espesso o material maior sua resistência térmica.

$$R = \frac{L}{\lambda}$$

Equação 1

Onde R é a resistência térmica ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$), L é a espessura do material (m) e λ é a condutividade térmica do material ($\text{W}/\text{m K}$).

A resistência de um elemento composto por um único material homogêneo é calculada pela Equação 1. No caso de um elemento composto por dois ou mais materiais distintos sua resistência consiste na soma das resistências de seus componentes, esta soma pode ser feita em série ou em paralelo, de acordo com a estruturação das camadas que compõe o elemento (Equação 2). Como exemplo de associação em série pode ser citada uma laje de concreto coberta por contrapiso e carpete onde a resistência térmica total é dada pela simples soma das resistências dos elementos que a compõe. Já para uma parede de tijolos maciços assentados com argamassa é necessária a realização de uma soma em paralelo, por tratar-se de um material heterogêneo. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

$$RT = \frac{A1 + A2 + \dots + An}{\frac{A1}{R1} + \frac{A2}{R2} + \dots + \frac{An}{Rn}}$$

Equação 2

Onde A1, A2, An são as áreas dos elementos (transversal ao sentido do fluxo de calor) (m^2) e R1, R2, Rn são as resistência térmicas dos elementos ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$).

Segundo Cunha et al. (2006) o isolamento térmico de uma edificação pode ocorrer de duas formas: isolamento por inércia ou por resistência. Por inércia o isolamento ocorre através do uso de paredes pesadas, espessas e de considerável massa para atenuar a amplitude diária da temperatura. Já no isolamento por resistência, paredes leves com isolamento térmico oferecem resistência às variações térmicas.

2.2.2.5 Transmitância térmica

Segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005) a transmitância térmica (U) é inversamente proporcional à resistência térmica (R) de um elemento. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014) a transmitância térmica é a variável mais importante para a análise do desempenho térmico de elementos opacos, pois através desta é possível avaliar seu comportamento frente a transmissão de calor. A transmitância é expressa pela Equação 3.

$$U = \frac{1}{R}$$

Equação 3

Onde U é a transmitância térmica (W/m^2K) e R é a resistência térmica (m^2K/W).

2.2.2.6 Densidade de fluxo de calor

A densidade do fluxo de calor total através de um fechamento pode ser determinada pela Equação 4. Os objetivos principais na especificação de elementos construtivos visando o conforto térmico e a eficiência energética são evitar perdas excessivas de calor no inverno e ganhos excessivos de calor no verão. Componentes com menores densidades de fluxo de calor atenderão melhor a este requisito (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

$$q = U \cdot \Delta t$$

Equação 4

Onde q é a densidade do fluxo de calor (W/m^2), U é a transmitância térmica (W/m^2K) e Δt é a diferença entre as temperaturas interna e externa (K).

2.2.2.7 Temperatura SOL-AR

Caso na superfície em questão haja incidência direta do sol a temperatura da superfície externa pode crescer a valores superiores aos da temperatura do ar. Para compensar este fato, ao calcular a densidade do fluxo de calor, acrescenta-se na equação a temperatura SOL-AR (t_{sol-ar}), que consiste na quantidade de radiação solar incidente na superfície e da cor da mesma (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Para o cálculo da temperatura SOL-AR pode ser utilizada a Equação 5 de Szokolay (1987).

$$t_{sol-ar} = \alpha \cdot I \cdot R_{se}$$

Equação 5

Onde α é a absorvidade, I é a radiação solar (W/m^2) e R_{se} é a resistência superficial externa (m^2K/W).

Após o cálculo da temperatura SOL-AR a densidade do fluxo de calor pode ser obtida através da Equação 6.

$$q = U \cdot (t_{sol-ar} + t_{ext} - t_{int})$$

Equação 6

Onde q é a densidade do fluxo de calor (W/m^2), U é a transmitância térmica (W/m^2K), t_{ext} é a temperatura externa (K) t_{int} é a temperatura interna (K).

2.2.2.8 Fluxo de calor

Fluxo de calor (watts) é a quantidade de energia térmica que atravessa um devido material e pode ser determinado pela Equação 7 (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

$$Q = q.A$$

Equação 7

Onde q é a densidade do fluxo de calor (W/m^2) e A a área do elemento em questão (m^2).

2.2.2.9 Absortância à radiação solar

A NBR 15220 (ABNT, 2005) define absortância à radiação solar (α) como o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta. Segundo Givoni (1998) o impacto da radiação solar na edificação depende da absortância de seu envelope, pois esta indica a fração da energia solar que será absorvida e qual fração será refletida. Este fator afetará e as temperaturas internas da edificação. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) afirmam que a cor superficial dos elementos construtivos é o principal determinante de sua absortividade. Cores escuras proporcionam maior ganho de calor solar, pois absorvem maior quantidade de radiação e as superfícies de cor clara aumentam a reflexão à radiação solar, reduzindo os ganhos de calor. Em climas compostos a utilização de superfícies com cores claras ou escuras não possui uma relação clara.

2.2.2.10 Capacidade térmica

Capacidade térmica é uma propriedade dos materiais. A NBR 15220 (ABNT, 2005) define-a como quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um elemento. Para variar a temperatura de um material com grande capacidade térmica é necessária uma grande quantidade de calor. Segundo Lamberts et al. (2010) quanto maior a capacidade térmica de um material, maior sua inércia térmica, o que resulta também em maior amortecimento.

2.2.2.11 Pontes térmicas

São chamadas de pontes térmicas quaisquer zonas da envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é significativamente alterada em relação ao restante (FREITAS et al., 2016). A heterogeneidade e descontinuidade dos elementos

que compõe uma parede fazem com que os fluxos de calor não sejam lineares. Uma parede de alvenaria estrutural, por exemplo, é composta por blocos (geralmente vazados), argamassa de assentamento, argamassa de revestimento, entre outros elementos. A transmissão de calor é desviada pelos vazios existentes na composição e conduzida através dos materiais. As transmissões de calor que ocorrem através da continuidade destes materiais são denominadas pontes térmicas. Esta composição de cheios, vazados e materiais com diferentes propriedades térmicas faz com que sua transmitância térmica não possa ser obtida através de cálculos simples (SIMÕES et al.,2010).

A ocorrência de pontes térmicas no edifício pode promover o aumento das trocas de calor no conjunto da envoltória, por serem consideradas como pontos fracos, onde o fluxo de calor passa mais facilmente. Este fato influencia diretamente no comportamento térmico (AGUILAR et al., 2014; FREITAS et al., 2016). Segundo a norma EN ISO 10.211-1 (1995 *apud* FREITAS et al.,2016), as pontes térmicas ocorrem em uma edificação quando a resistência térmica da face é modificada por situações como penetração total ou parcial da envolvente do edifício por materiais de condutividade térmica diferente ou mudança na espessura da estrutura. Para Aguilar et al. (2014) a análise adequada das pontes térmicas é de primordial importância para a avaliação do desempenho térmico e consumo energético de uma edificação.

Em alvenarias, estruturais ou de vedação, é fundamental considerar as pontes térmicas causadas pela argamassa de assentamento ao realizar a caracterização térmica da envolvente opaca. As argamassas convencionais geralmente apresentam desempenho térmico inferior ao dos blocos, ou seja, frequentemente prejudicam o desempenho térmico do conjunto (SIMÕES et al., 2010). Abdou e Murali (1994), Fundación Chile (2004) e Simões et al. (2010) avaliaram a interrupção das juntas de argamassa de assentamento através de câmaras de ar ou elementos isolantes, como o EPS e verificaram melhorias no desempenho térmico global das paredes analisadas.

2.2.2.12 Fator decremental

Outra maneira de comparar temperaturas e analisar o desempenho térmico de sistemas construtivos é através do Fator Decremental (μ). Segundo Cruz et al. (2007) este é um importante parâmetro para análise do desempenho térmico de ambientes

internos. O Fator Decremental (μ), utilizado em pesquisas como as de Adriazolla (2008) e Suzuki (2012), é o coeficiente entre a amplitude térmica interna do ambiente analisado e a amplitude térmica externa. Quando a amplitude térmica externa é igual à amplitude térmica interna o fator decremental é igual a 1. Sendo assim quanto maior a diferença entre as amplitudes menor o valor do fator decremental.

2.2.3 Isolantes térmicos

Segundo Silva (2013) existem indícios de uso de isolantes térmicos desde a Grécia Antiga, porém estes passaram a ser utilizados com mais frequência no século XX. Sua aplicação permite reduzir o consumo energético em edificações, contribuindo para a redução da geração de gases do efeito estufa.

O isolamento térmico pode ser utilizado tanto no interior de uma parede (entre placas drywall ou no interior de blocos que compõe uma alvenaria) quanto em suas faces. O isolamento pelo exterior é conhecido como EIFS (*External Insulation Finish System*) ou ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*). O sistema ETICS consiste na aplicação de uma camada de isolante revestida com argamassa armada com tela de fibra de vidro sobre a parede. Entre as vantagens dos sistemas de isolamento pelo exterior estão a facilidade de aplicação em edificações existentes e a redução dos efeitos das pontes térmicas devido à continuidade do isolamento. São citadas como desvantagens a baixa resistência ao impacto e degradação externa devido ao surgimento de microorganismos (FREITAS, 2002; FREITAS et al., 2011).

Um desafio em relação aos isolantes térmicos é sua durabilidade em relação à vida útil do edifício. Muitos sistemas de isolamento possuem durabilidade muito inferior ao tempo previsto para vida útil de uma edificação (SILVA, 2013).

Silva (2013) apresenta em seus estudos grande variedade de isolantes térmicos para a construção civil e classifica-os como isolantes de natureza mineral, sintética, vegetal e animal. Alguns exemplos de isolantes térmicos são apresentados nos itens a seguir.

2.2.3.1 Poliestireno Expandido - EPS

EPS é a sigla utilizada internacionalmente para designar o poliestireno expandido. No Brasil o material é popularmente conhecido como Isopor®, marca

registrada pela empresa Knauf Isopor Ltda. O poliestireno é um plástico celular rígido resultante da polimerização do estireno em água e é fabricado em forma de pérolas com até 3mm de diâmetro. Estas pequenas partículas são submetidas à expansão e, neste processo, ampliam-se em até 50 vezes, surgindo assim o poliestireno expandido. O agente expensor utilizado neste processo é o pentano (ABRAPEX, 2015)

O poliestireno expandido é um material, resistente, leve, inodoro e é comprovadamente um bom isolante térmico. Esta última característica deve-se ao fato de que após expandido consiste em até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. A Tabela 1 apresenta as propriedades térmicas do EPS.

Tabela 1 – Propriedades térmicas do EPS

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Poliestireno expandido	10-40	0,030

Fonte: Silva (2013)

2.2.3.2 Lã de vidro

A lã de vidro é um bom isolante térmico composto basicamente por areia e cacos de vidro e pode ser encontrada em forma de rolos, para utilização em coberturas, ou de placas, para utilização em paredes. A durabilidade do material com desempenho térmico estável é de cerca de dez anos, após este tempo a lã tende a comprimir-se reduzindo seu desempenho. Quando o material é submetido à umidade seu desempenho térmico é drasticamente reduzido (SILVA, 2013). A Tabela 2 apresenta as propriedades térmicas da lã de vidro.

Tabela 2 – Propriedades térmicas da lã de vidro

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Lã de vidro	10-100	0,045

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

2.2.3.3 Lã de rocha

A lã de rocha é um material incombustível produzido a partir de uma rocha vulcânica através de um processo químico de fusão. São necessários alguns cuidados na instalação, pois o contato direto com o material não é recomendado e pode representar riscos à saúde do instalador. Após instalado recomenda-se também evitar o contato do isolante com o ambiente interno da edificação (SILVA, 2013). Apesar de apresentar

algumas desvantagens este material é considerado um bom isolante térmico. Suas propriedades estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 - Propriedades térmicas da lã de rocha

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Lã de rocha	20-200	0,045

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

2.2.3.4 Perlita expandida

A perlita é uma rocha vulcânica que, ao ser submetida a um processo de aquecimento, se expande. O resultado deste aquecimento é a perlita expandida, material em forma de grão, com baixo peso específico e, por isto, um bom isolante térmico. É utilizada também como agregado leve em argamassas ou para ampliação do desempenho térmico de produtos a base de argila, entre outros (Maaloufa et al., 2015). A perlita não perde suas propriedades de isolamento térmico com o passar do tempo, diferente da maioria dos isolantes, porém estas ficam prejudicadas na presença de umidade (SILVA, 2013). A Tabela 4 apresenta as propriedades do material e na Figura 10 pode ser observado o aspecto do material em forma de rocha e após sua expansão.

Tabela 4 - Propriedades térmicas da perlita expandida

	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Perlita expandida	90	0,045 a 0,05

Fonte: Silva (2013)

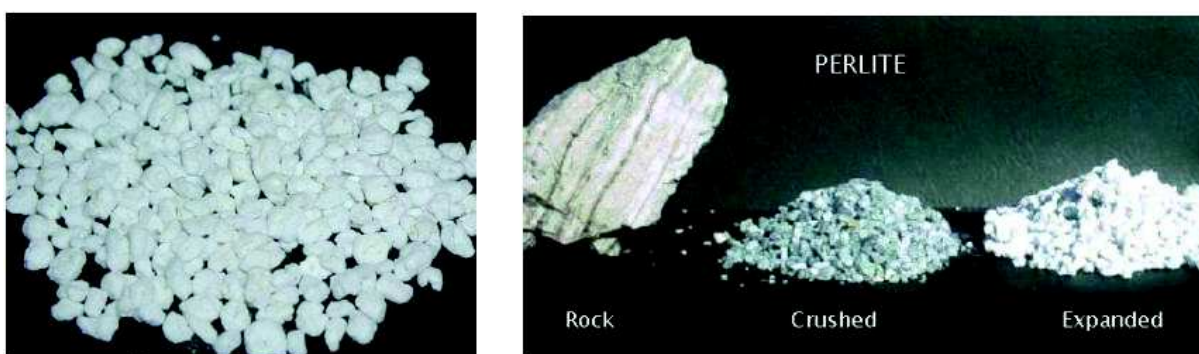


Figura 10 - Perlita

Fonte: Silva (2013)

2.2.3.5 Materiais com mudança de fase (*Phase change materials*)

Os PCM (*Phase Change Materials*) são materiais com capacidade de alternar-se entre o estado líquido e sólido de acordo com as variações de temperatura associadas

com uma mudança energética buscando assim anular as oscilações térmicas de um determinado elemento construtivo, no caso da construção civil. No interior de um edifício é desejável atenuar as mudanças de temperatura do meio externo a fim de manter a temperatura constante e confortável, o que pode ser conseguido tirando proveito das mudanças de fase do PCM (SILVA, 2013). Durante o dia o PCM pode absorver parte do calor através do processo de fusão, e durante a noite o calor é liberado pela solidificação do PCM, resultando em uma redução do fluxo de calor (CASTELL et al., 2010).

Existem diversos materiais no mercado com a capacidade de mudar de fase, como por exemplo a parafina, e estes podem ser incorporados em materiais e sistemas construtivos por diversos métodos como o encapsulamento, a impregnação e a imerção (SILVA, 2013). Estudos como os de Silva e Almeida (2013) apontam o PCM como uma tecnologia de alto custo e, em certos casos, com tempo de retorno maior que a vida útil do edifício.

2.3 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

2.3.1 Protótipos

A análise das propriedades térmicas de diversos métodos construtivos e materiais pode ser avaliado com o auxílio de protótipos em escala reduzida. Na maioria dos casos os protótipos, também conhecidos como *test cells*, não possuem aberturas, sendo assim, não consideram a ventilação ou ocupação, apenas determinam a influência do material no desempenho térmico. As temperaturas internas das unidades, bem como a temperatura do ambiente externo, devem ser monitoradas simultaneamente para posterior análise (HERNÁNDEZ-PÉREZ et al., 2014). Segundo Yu (2008) a temperatura do ar no interior da edificação é a mais direta representação das condições de conforto e é esta a variável analisada em testes com protótipos.

Não são encontradas referências normativas para a realização de ensaios em protótipos. Estudos como os de Seixas (2015) analisam a distribuição espacial das temperaturas superficiais e internas de protótipos experimentais a fim de fornecer alguns parâmetros para a coleta de dados experimentais de temperatura, tais como posicionamento de sensores.

Diversos materiais, sistemas construtivos e isolantes térmicos inovadores são avaliados através de ensaios realizados em protótipos, alguns estudos utilizando este método estão descritos a seguir.

2.3.1.1 Estudos no Brasil

Gutierrez (2004) avaliou o comportamento térmico de ambientes com aberturas de orientação Norte e Oeste com fechamento em vidro protegidas por *brises-soleil* em madeira e concreto em temperaturas de verão e inverno para o clima de Campinas/SP. A avaliação foi realizada por meio de medições das temperaturas internas de seis protótipos idênticos com dimensões internas de 200x250x240cm construídos em tijolos cerâmicos sem revestimento, com pintura branca e cobertura em telha fibrovegetal com isolamento térmico. Os protótipos possuíam duas aberturas, uma voltada para Norte, outra para Oeste. Enquanto a abertura Norte era ensaiada a Oeste era vedada e vice e versa. Para facilitar estas trocas, as vedações e os brises eram removíveis com travamento através de fechos metálicos.

Os protótipos foram construídos para um grupo de pesquisa que cedeu um período de medições de uma semana de testes para cada orientação solar em três estações do ano (verão, outono e inverno). As medições foram realizadas com registradores automáticos de temperatura (dataloggers) CR10x e um multiplexador. As variáveis monitoradas foram temperatura do ar, temperatura superficial, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, radiação solar incidente e pluviosidade.

Os resultados obtidos apontaram redução de até 4,14°C nos protótipos com brises em relação ao referencial. Foram observadas também diferenças de temperaturas internas entre protótipos de tipologias idênticas e máscara de sombra com mesma configuração, apenas com variação no material construtivo da máscara. O brise de concreto obteve melhor desempenho em relação ao de madeira, resultado que contrariou as expectativas iniciais da pesquisa.

Peralta (2006) analisou o comportamento térmico de quatro tipos distintos de telhas: Aço, fibrocimento, material reciclado e cerâmica. A pesquisadora fez ainda uma avaliação comparativa com o uso de telhas do mesmo material com e sem pintura branca com as telhas de aço e fibrocimento. O estudo foi realizado através do

monitoramento das temperaturas externa e interna do ar e superficial em seis células teste construídas na Universidade de São Carlos, SP.

A temperatura interna do ar e superficial dos protótipos foi medida através de sensores termopar tipo T e a temperatura externa bem como as condições climáticas, como umidade e velocidades dos ventos, foram coletadas através de uma estação meteorológica instaladas nas proximidades.

Peralta (2006) encontrou entre as telhas cerâmicas e as de aço a maior diferença entre as temperaturas internas máximas, sendo o protótipos com telhas cerâmicas a apresentar temperatura interna até 2,28°C inferior à de aço. Foram verificadas também diferenças significativas nas células onde as telhas foram pintadas de branco, reduzindo sua absorvância, sendo as temperaturas máximas destas mais baixas quando comparadas às máximas dos protótipos com mesmo material de telha, porém sem pintura.

Krüger e Andriazolla (2010) analisaram o fluxo de calor de cinco diferentes tipos de paredes de vedação externa em *test cells* de 1m³ de volume interno. As análises foram realizadas em painéis de madeira com liga de cimento, painel *wall*, madeira compensada, madeira aglomerada e OSB e comparadas a uma *test cell* referência, com as mesmas dimensões internas, construída com tijolos cerâmicos furados e rebocados interna e externamente. Todos os *test cells* foram pintados na cor branca para que não houvesse influência da cor nos comparativos. A cobertura foi executada em telhas de fibrocimento onduladas de 6mm de espessura. Foi utilizado na cobertura isolamento térmico feito com embalagens de leite tipo Tetra Pak recicladas, reduzindo assim a influência da cobertura nos resultados obtidos. As *test cells* (Figura 11) foram construídas na cidade de Curitiba/PR.



Figura 11 – Test cells com painéis de madeira e test cell referência

Fonte: Krüger e Andriazolla (2010)

O equipamento utilizado para determinação do fluxo de calor consistiu em duas placas de cobre medidoras de fluxo de calor fixadas uma na superfície externa e outra na interna da *test cell* e conectadas a um computador. As placas que permaneceram na parte externa da *test cel* receberam pintura branca. Foram realizadas medições da temperatura das superfícies externa e interna com termopares também conectados a um computador e um HOB0 H08 datalogger. A partir destas medições a resistência térmica resultante pôde ser obtida através de cálculos que relacionaram as diferenças entre as temperaturas externas e internas de um dado painel e o fluxo de calor através do mesmo. A condutividade térmica foi calculada pela divisão da espessura do material pela resistência térmica obtida.

Para validação dos valores de fluxo de calor obtidos através das medições foi realizado também um ensaio em laboratório de acordo com as especificações da ISO 8301 e comparados os resultados. O coeficiente de variação obtido para 4 dos 5 materiais analisados foi mínimo, a exceção foi o painel *wall* que não teve fluxo de calor estável em condições de exposição ao ambiente natural.

Todos os painéis ensaiados obtiveram resultados de desempenho térmico inferiores em relação ao material referência (tijolo cerâmico furado). O autor concluiu também que os resultados obtidos nos *test cells* de volume interno de 1m^3 são coerentes em relação aos ensaios realizados em laboratório para o caso dos painéis avaliados.

Suzuki (2012) analisou o potencial de um sistema de climatização passiva, denominado Parede Trombe. Este sistema utiliza os ganhos solares associados à maior inércia térmica das paredes de vedação externa para absorver calor em períodos frios, porém sem bloquear as perdas de calor no período quente. Neste trabalho foram avaliados protótipos em escala reduzida para o clima da cidade de Curitiba, PR.

Suzuki (2012) utilizou dois protótipos em alvenaria de blocos de concreto com dimensões internas de 162x162x225cm (Figura 12), sendo um utilizando o Sistema Trombe, e outro, o referência. As medições das temperaturas internas e externas de inverno e verão foram realizadas com equipamento HOBO H08 datalogger. Para medição das temperaturas externas de verão foi ainda utilizada uma estação meteorológica HOBO H21-001. Apesar de a utilização do sistema trombe ser recomendada para climas frios, foram verificados resultados de desempenho térmico superior em relação ao protótipo referência tanto para o inverno quanto para o verão de Curitiba.



Figura 12 - Protótipos de Suzuki (2012)

Fonte: Suzuki (2012)

2.3.1.2 Estudo na China

Cheng et al. (2005) avaliou o efeito da cor, orientação solar e massa térmica do envelope no desempenho térmico da edificação. Para o estudo foi construído um *test cell* medindo 150x150x150cm dividido em 4 câmaras a fim de analisar o efeito da orientação solar e outros dois medindo 100x100x100cm. Ambos foram construídos em madeira compensada (*plywood*). Suas paredes e a coberturas receberam isolamento térmico com uma camada de 25mm de poliestireno extrudido com densidade de

30kg/m³. Um dos *test cells* de menor dimensão foi pintado na cor branca e outro na cor preta com objetivo de verificar a influência da cor. O estudo foi conduzido em quatro etapas.



Figura 13 – Test cells de Cheng et al. (2005)

Fonte: Cheng et al. (2005)

A primeira consistiu em medir as temperaturas internas e externas de inverno e verão nos dois *test cells* de 100x100x100cm. Os resultados apontaram temperaturas significativamente mais elevadas no *test cell* de cor escura durante o período do dia, porém durante a noite a diferença foi negligenciável. Os resultados revelaram que a influência da cor depende da radiação solar. O segundo ensaio consistiu em adicionar massa térmica aos *test cells*, isto é, foram colocados blocos de concreto com 9cm de espessura em seu interior. Foram realizadas as mesmas medições de temperatura. Foi percebida redução da diferença de temperatura entre os dois protótipos.

A terceira etapa visou verificar a influência da orientação solar, utilizando o protótipo de 150x150x150cm. Realizaram-se medições das temperaturas internas e externas, de inverno e verão. A câmara com orientação Sul (equivalente à insolação Norte no Brasil) apresentou temperaturas mais elevadas em relação às outras três câmaras, comprovando a influência da orientação solar. A última etapa foi novamente adicionar massa térmica ao *test cell*. Foram inseridos blocos de concreto de 9cm e mais uma vez realizadas as medições. A inserção dos blocos outra vez amenizou as diferenças de temperatura entre as câmaras.

2.3.1.3 Estudo na Espanha

Com objetivo de comparar o comportamento térmico de quatro sistemas construtivos Gracia et al. (2011) utiliza quatro protótipos de 240x240x240cm localizados em Puigverd de Lleida, Espanha. Três dos protótipos possuem paredes duplas com uma camada de blocos cerâmicos perfurados e outra com blocos maciços. Um destes três possui câmara de ar (*test cell* referência) e outros dois câmaras preenchidas com isolantes térmicos (lã de vidro e poliuretano). O quarto protótipo possui paredes simples de blocos alveolares sem isolamento. O bloco alveolar utilizado possui geometria que visa proporcionar isolamento térmico e acústico. As coberturas dos *test cells* construídos com blocos alveolares são lajes de concreto impermeabilizadas com manta asfáltica e isolamento térmico em uma camada de 5cm de poliuretano. Já as dos *test cells* em blocos perfurados convencionais possui outra geometria e foram executadas através de laje de concreto mais fina e isolante térmico igual ao utilizado no preenchimento das câmaras (lã de vidro e poliuretano).

A temperatura externa, interna e a umidade foram medidas durante seis dias em julho (período de verão para a Espanha) de 2008 e seis dias durante fevereiro (período de inverno para a Espanha) de 2009. Além das medições *in loco*, para fins de comparação, a transmitância térmica também foi obtida pelo método de cálculo. O autor apresenta tabela comparativa entre os resultados dos estudos teóricos e práticos.

Foram simulados para os dois intervalos de tempo os consumos médios de energia utilizada em cada um dos protótipos para que a temperatura se mantivesse em 24°C. O consumo no protótipo com parede de blocos alveolares foi inferior ao do protótipo referência e superior aos com isolamento térmico tanto para o inverno como para o verão nos ensaios práticos e teóricos. Para o método de cálculo as paredes apresentaram valores de transmitância térmica cerca de 15% menores em relação ao ensaio prático, mas mantiveram a mesma classificação dos materiais ensaiados.

2.3.1.4 Estudo no México

Rojas et al. (2015) monitoraram por um ano dois *test cells* na cidade de Torreón, México onde o clima é classificado como quente e úmido. Os *test cells* analisados possuíam paredes de vedação externa e cobertura em concreto maciço, uma com 10cm em concreto convencional apenas (TC1) e outra com 8cm em concreto de alta

densidade e 2cm de isolamete térmico (na parte externa) (TC2) ambos com dimensões internas de 280x280x270cm. Cada protótipo possuía uma porta e uma janela circular que foram mantidas abertas no período da noite para ventilação noturna. Todas as vedações externas receberam pintura branca. Os *test cells* utilizados podem ser visualizados na Figura 14.



Figura 14 - Test cells de Rojas et al. (2015)

Fonte: Rojas et al. (2015)

Para medição das temperaturas internas e externas dos protótipos foram utilizados termopares posicionados no centro de todas as paredes e da cobertura de ambos. Para medição da temperatura e humidade externas foi utilizada uma estação climática. Velocidade dos ventos e radiação solar também foram medidas por outra estação. As variáveis eram registradas pelos equipamentos a cada 10 minutos ao longo de 12 meses.

Nas análises experimentais TC2 obteve resistência e capacidade térmica 50% e 10% maior, respectivamente. Os resultados experimentais foram comparados com simulações computacionais realizadas com o software *EnergyPlus*. Os resultados, de forma geral, concordaram entre si.

2.3.2 Ensaio laboratoriais

O conhecimento de características dos materiais de construção é fundamental para o projeto de edificações adaptadas a clima local. Estas características

relacionadas ao desempenho térmico de materiais podem ser determinadas através de ensaios laboratoriais e cálculos.

A resistência e a condutividade térmicas de materiais homogêneos podem ser determinadas através de seis diferentes métodos: Método da Placa Quente Protegida, Método Fluximétrico, Método da Linha Fonte ou Fio Quente, Método do Calorímetro à Água, Método do Disco Quente e Método do Tubo Quente (SIMIONI, 2005), sendo que no Brasil são normatizados apenas os dois primeiros citados. O método da placa quente protegida e o método fluximétrico são descritos na NBR 15220 (ABNT, 2005) partes 4 e 5, respectivamente. São apresentados nesta norma os critérios tais como dimensões, tolerâncias para o conjunto de equipamentos e exigências mínimas em termos de instrumentação para a realização dos ensaios.

O método da placa quente protegida é regulamentado por normas como a ISO 8302 (1991), ASTM C177 (1997), NBR 15220 (ABNT, 2005), entre outras (GUTHS, 2014 *apud* PINTO, 2015). Este método é considerado absoluto para determinação da resistência térmica (R) e condutividade térmica (k) de materiais sólidos ou granulares, compactados ou não, para $R > 0,02 \text{ m}^2\text{K/W}$ e $k < 2 \text{ W/(m.K)}$ (NBR 15220, 2005).

O princípio desse método pela configuração simétrica (configuração mais utilizada) é a submissão de duas amostras idênticas paralelas a um fluxo de calor conhecido perpendicular permanente, produzido por uma placa quente posicionada horizontalmente entre as amostras. A placa quente é composta de seção central de medição e anel de guarda, utilizado para minimizar as perdas de calor pelas laterais. Do outro lado de cada corpo de prova estará uma placa fria com fluido de refrigeração. A diferença de temperatura é medida através de termopares posicionados na superfície das amostras (Figura 15) (PINTO, 2015; NBR 15220-Parte 4, 2005).

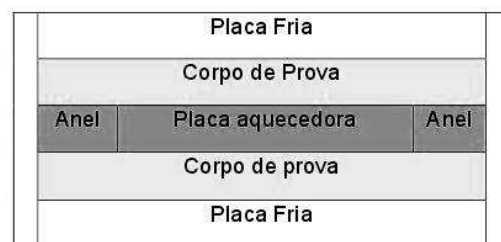


Figura 15 - Esquema configuração simétrica de ensaio do método da placa quente protegida

Fonte: ABNT 15220 (ABNT, 2005)

O Método Fluximétrico é considerado um método secundário. Este foi desenvolvido devido à necessidade da realização de medições de condutividade térmica na indústria a partir dos anos 1960, de forma mais simples e rápida, se comparada ao método da placa quente protegida (GUTHS, 1990 *apud* SIMIONI, 2005). Este método tem como principal desvantagem a necessidade de calibração periódica dos fluxímetros utilizados no ensaio. Este procedimento é normatizado no Brasil pela NBR 15220-Parte 5 (ABNT, 2005). O equipamento básico necessário para a realização de medições pelo método fluximétrico é composto sempre por uma placa quente e uma fria, um ou dois fluxímetros e uma ou duas amostras e pode ser desenvolvido de três formas (Figura 16).

A medição da resistência térmica pelo método fluximétrico é realizada a partir da aplicação e determinação de um fluxo de calor constante que atravessa a amostra. Os dados registrados pelos fluxímetros e a diferença de temperatura medida entre as faces permite o cálculo da resistência e da condutividade térmica do material (NBR 15220-Parte 5, 2005).



Figura 16 - Configurações possíveis para ensaios pelo método fluximétrico

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2205)

2.3.3 Simulação

O uso de *softwares* para simulação do desempenho térmico em edificações não é uma novidade. Nos Estados Unidos, a simulação computacional é uma prática antiga. Em 1965, a ASHRAE estabeleceu um Comitê para Consumo Energético o qual, no final dos anos 60, percebeu que uma maneira confiável de prever o consumo energético era uma oportunidade de reduzir os custos de operação de edifícios fato que impulsionou o desenvolvimento da primeira geração de programas de simulação computacional de desempenho térmico em edificações (AYRES e STAMPER, 1992). Já em

1986 foi criada a IBPSA (*International Building Performance Simulation Association*), instituição sem fins lucrativos dedicada a aperfeiçoar o ambiente construído que reúne construtores e pesquisadores de simulação de desempenho de edifícios (DELBIN, 2006). Apesar disto, ainda segundo autores como Delbin (2006) e Freire e Amorim (2011) o uso da simulação computacional no Brasil está concentrado quase que exclusivamente no meio acadêmico com pouca aplicação prática.

Pedrini e Szokolay (2003) salientam que as ferramentas computacionais para simulação do desempenho térmico e energético de edificações, apesar de orientadas para arquitetos, são pouco utilizadas na maioria dos escritórios de arquitetura e, quando utilizadas, geralmente são operadas por consultores como engenheiros ou físicos. Em consequência disto raramente observa-se a simulação térmica nas primeiras fases do projeto, tornando assim o benefício do estudo limitado, pois os conceitos para a maior eficiência energética do edifício deveriam estar incorporados na proposta desde as primeiras etapas (FREIRE e AMORIM, 2011; BARISON, 2016).

Para a realização de simulação térmica é necessário conhecer as propriedades dos materiais dos quais é composta a edificação em questão, ou seja, o método não serve para primeiros testes de um novo material ou técnica construtiva. Devem ser realizados previamente outros ensaios para determinar as variáveis que serão posteriormente inseridas no software para realização da simulação de desempenho térmico da edificação em questão.

Delbin (2006) apresenta em seus estudos *softwares* considerados de maior relevância por serem utilizados com frequência em instituições de ensino no Brasil e no mundo. A Tabela 5 apresenta alguns *softwares* de simulação existentes no mercado.

Tabela 5 - Softwares de simulação

Software	Status	Foco da análise
BLAST – <i>Building Loads Analysis and System Thermodynamics</i>	Freeware	Consumo energia, desempenho de sistemas e custo
DOE-2	Comercial	Conservação de energia e eficiência energética
<i>EnergyPlus</i>	Freeware	Simulação térmica e energética
BDA – <i>Building Design Advisor</i>	Freeware	Análise bioclimática
ESP-r	Freeware	Análise bioclimática para projetistas
HEED – <i>Home Energy Efficient Design</i>	Freeware	Eficiência energética
IES< <i>Virtual Environment</i> >	Comercial	Análise Bioclimática
Ecotect	Comercial	Desempenho
Analysys BIO	Freeware	Adequação bioclimática
Arquitrop	Freeware	Eficiência energética
Power Domus	Comercial	Desempenho térmico

Fonte: Adaptado de Delbin (2006) e Pires (2013)

Adriazolla (2008) avaliou o comportamento térmico de cinco tipos de painéis de madeira, das quais não eram conhecidas a fundo as propriedades, em protótipos construídos em Curitiba/PR. Foram determinadas, através das medições *in loco* e em laboratório, as características termofísicas dos materiais, até o momento desconhecidas. Para fins comparativos foram utilizadas as características definidas através dos ensaios para simular, em modelo computacional, o desempenho dos mesmos protótipos já avaliados anteriormente *in loco*.

Para a realização de simulações computacionais são necessárias diversas informações prévias relacionadas às características dos materiais e do clima para onde se deseja simular a edificação. Visto isto para uso da simulação computacional na análise do desempenho térmico de um edifício utilizando uma determinada tecnologia, é necessária a realização prévia de outros ensaios laboratoriais ou medições *in loco* para que se obtenha informações que alimentarão o *software* a ser utilizado. São necessárias, da mesma forma, diversas informações que caracterizarão o clima.

Um *software* de simulação computacional muito utilizado na academia é o *EnergyPlus*, *software* de simulação térmica e energética gratuito que possui grau de precisão validado pela ASHRAE Standard 140, norma para testes e avaliações de programas computacionais (EERE, 2012b *apud* PIRES, 2013). Pires (2013) utiliza o *EnergyPlus* para simulações em seu trabalho e o descreve como uma ferramenta de uso

científico que não possui interface amigável e não realiza análises críticas dos resultados obtidos, isto caberá ao especialista.

A utilização do *EnergyPlus* para simulações de desempenho térmico, energético e lumínico de edifícios é observada em diversos estudos nos últimos anos como, por exemplo, Pires (2013), Marques (2013), Sadeghifam (2015), Dalbem et al. (2017) entre outros.

Pires (2013) investigou a viabilidade técnica e econômica da aplicação de estratégias para ampliação do desempenho térmico em edificações residenciais. Foram simuladas em *EnergyPlus* edificações em dois climas distintos (zonas bioclimáticas 1 e 3) com soluções de conforto ambiental passivo e ativo verificando sua influência no consumo energético total das mesmas. Para análise do desempenho térmico foram adotados os parâmetros da NBR 15575 (2010), pois a versão atual desta norma na ocasião estava sendo formulada, e o método graus-hora. O ciclo de vida das edificações também foi analisado. Foram comparados os custos e a energia incorporada para cada uma das soluções propostas. Os resultados de Pires (2013) apontaram melhoria do conforto térmico em até 54% e também economia de energia em ambos os climas.

Marques (2013) avaliou a influência de parâmetros que interferem no desempenho térmico de HIS para o clima de São Carlos/SP. Para o estudo foi selecionado um modelo unifamiliar térreo representativo da tipologia. Foram realizadas três séries de simulações computacionais através do *software EnergyPlus* variando-se transmitância térmica de paredes e coberturas, inércia e cores de paredes externas e aproveitamento da ventilação natural. Para análise do desempenho térmico foi adotado o método graus hora. Os resultados apontaram melhor desempenho térmico para os menores valores de transmitância da envoltória da edificação.

2.3.4 Métodos de classificação de desempenho térmico

2.3.4.1 NBR 15575

Para verificação do desempenho mínimo quanto aos critérios de desempenho térmico por esta norma pode ser utilizado o método prescritivo. As Tabelas 6 e 7 apresentam as exigências mínimas da norma para transmitância (U) e capacidade térmica (C) para as paredes de vedação externa para cada zona bioclimática

(Zoneamento Bioclimático da NBR 15220, ABNT, 2005). A transmitância e a capacidade térmica podem ser obtidas pelo método de cálculo utilizando informações dos materiais de construção contidas na NBR 15220 (ABNT, 2005). Atendendo a estes requisitos a edificação é classificada em nível M.

Tabela 6 – Transmitância térmica de paredes externas (U) W/m².K

Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 8	
U ≤ 2,5	a ≤ 0,6 U ≤ 3,7	a > 0,6 U ≤ 2,5

Fonte: adaptado de NBR 15575 (ABNT, 2013)

Tabela 7 – Capacidade térmica (C) kJ/m².K

Zona 8	Zonas 1 a 7
Sem requisito	≥ 130

Fonte: adaptado de NBR 15575 (ABNT, 2013)

Marques (2013) conclui em seus estudos que há grande dificuldade em estabelecer limites de valores de transmitância de um elemento sem considerar diversos outros fatores que influenciam no desempenho térmico de uma edificação. Para real avaliação Marques (2013) considera fundamental uma análise conjunta dos materiais construtivos juntamente com fatores como ventilação.

Para classificação em nível I ou S há necessidade de avaliação do desempenho da edificação por simulação computacional ou medições *in loco*. As exigências estabelecidas pela norma para esta avaliação são qualitativas tendo como critérios a temperatura máxima no verão e mínima no inverno no interior da edificação. Para condições de verão as exigências são apresentadas na Tabela 8. A temperatura interna deve ser menor ou igual à externa em ambientes de permanência onde não existam fontes internas de calor. Já para as condições de inverno a temperatura nestes ambientes deve ser igual ou maior que a temperatura externa acrescida de 3°C (Tabela 9). O desempenho deve ser atendido pelos sistemas de vedação vertical e cobertura de acordo com a zona bioclimática onde a edificação estiver inserida. A classificação das zonas é feita através do Zoneamento Bioclimático apresentado na NBR 15220 (ANBT, 2005).

Tabela 8 – Critérios para avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,Max} \leq T_{e,Max}$	$T_{i,Max} \leq T_{e,Max}$
I	$T_{i,Max} \leq (T_{e,Max} - 2^{\circ}C)$	$T_{i,Max} \leq (T_{e,Max} - 1^{\circ}C)$
S	$T_{i,Max} \leq (T_{e,Max} - 4^{\circ}C)$	$T_{i,Max} \leq (T_{e,Max} - 2^{\circ}C)$ e $T_{i,Min} \leq (T_{e,Min} + 1^{\circ}C)$

$T_{i,Max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;

$T_{e,Max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados;

$T_{e,Min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;

$T_{i,Min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados;

Zonas bioclimáticas de acordo com a NBR 15220 (2005)

Fonte: Adaptado de NBR 15575 (ABNT, 2013)

Tabela 9 – Critérios para avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 5	Zonas 6 a 8
M	$T_{i,Min} \geq T_{e,Min} + 3^{\circ}C)$	Nestas zonas não há
I	$T_{i,Min} \leq (T_{e,Min} + 5^{\circ}C)$	necessidade de verificação
S	$T_{i,Min} \leq (T_{e,Min} + 7^{\circ}C)$	deste critério

$T_{e,Min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;

$T_{i,Min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior da edificação, em graus centígrados;

Zonas bioclimáticas de acordo com NBR 15220 (2005)

Fonte: Adaptado de NBR 15575 (ABNT, 2013)

2.3.4.2 Graus hora

O método graus-hora é definido como a soma da diferença entre a temperatura do ambiente e os limites de conforto previamente estabelecidos. Esta soma define o total de horas de desconforto. A temperatura acima do limite superior indica desconforto por calor e a necessidade de retirar calor do ambiente e abaixo do limite inferior indica desconforto por frio e a necessidade de aquecê-lo. Os limites de conforto mais utilizados em pesquisas nacionais são os estabelecidos pela Zona de Conforto de Givoni (1992) para países em desenvolvimento (MARQUES, 2013). Pires (2013) e Marques (2013) utilizam o método graus horas (em conjunto com outras avaliações) e a Zona de Conforto de Givoni (1992) para suas análises.

2.3.4.3 Procel Edifica

O Selo Procel Edifica tem como objetivo propor medidas para melhorias que vão além das exigências das normas vigentes visando ampliar ainda mais a eficiência energética nas edificações. Podem receber a certificação edificações novas ou pré-existentes após reformas. A etiquetagem do edifício é voluntária e pode ser fornecida para o edifício completo ou apenas para parte deste. É compreendida como parcial quando referente à avaliação da envoltória ou o combinado desta com o sistema de iluminação ou condicionamento de ar e total quando são avaliados estes três elementos. A avaliação da envoltória é exigida para qualquer tipo de etiquetagem (BRASIL, 2010a).

A avaliação de edificações para certificação com Selo Procel pode ser realizada através do método prescritivo ou de simulação computacional. O primeiro é realizado através de equações e tabelas limitantes de parâmetros da envoltória e sistemas de iluminação e condicionamento de ar contidas no RTQ-R (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais), para o caso das edificações residenciais. Já o segundo é realizado através da simulação de dois modelos computacionais, um representando a edificação que pretende-se certificar e outra de um modelo referência. O consumo anual obtido na simulação deve ser menor na edificação real de acordo com o nível de eficiência pretendido. A avaliação pelo método de simulação não descarta a avaliação segundo o método prescritivo (BRASIL, 2010a).

A simulação deve ser realizada pelo método proposto pelo RTQ-R que consiste em simular a edificação na condição natural e artificialmente ventilada, este segundo apenas para caráter informativo. Devem ser atendidos requisitos de ventilação e iluminação natural e avaliados os indicadores de graus-hora de resfriamento (GHR) dos ambientes de permanência prolongada através da Equação 8 (BRASIL, 2010b).

$$\text{GHR} = \sum (T_o - 26^\circ\text{C})$$

**Equação 8 –
Graus Hora
de
Resfriamento**

Onde: T_o é a temperatura operativa horária ($^\circ\text{C}$).

Na simulação da edificação artificialmente condicionada, são comparados os consumos relativos à refrigeração e aquecimento de ambientes de permanência prolongada no período das 21h às 8h. Para os demais horários a simulação é feita para a edificação naturalmente ventilada. Os valores obtidos determinarão o equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento (EqNumEnvAmbResfr) e aquecimento (EqNumEnvAmbA) de cada ambiente, devendo estes ser iguais ou menores que os valores contidos na Tabela 10 (BRASIL, 2010b). O equivalente numérico para resfriamento é considerado apenas para as Zonas Bioclimáticas de 1 a 4. A classificação final da edificação é o resultado da distribuição dos pesos através da Equação 9 utilizando os valores da Tabela 10, de acordo com a Zona Bioclimática.

$$PTUH = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + \text{Bonificações}$$

**Equação 9 –
Nível de
eficiência
selo Procel
Edifica**

Onde: PTUH é pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma, 'a' é coeficiente adotado de acordo com a Zona Bioclimática na qual a edificação está localizada, EqNumEnv é o equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade quando ventilada naturalmente, EqNumAA é o equivalente numérico do sistema de aquecimento de água e Bonificações são a pontuação atribuída às iniciativas visando a ampliação da eficiência energética da edificação.

Tabela 10 - Equivalente numérico da envoltória do ambiente para ZB2

ZB	Nível efic.	Resfriamento		Aquecimento	
		EqNumEnvAmb	Condição	EqNumEnvAmb	Condição (kWh/m ² .ano)
2	A	5	$GH_R \leq 2310$	5	$C_A \leq 15,591$
	B	4	$2310 < GH_R \leq 4396$	4	$15,591 < C_A \leq 31,182$
	C	3	$4396 < GH_R \leq 6481$	3	$31,182 < C_A \leq 46,772$
	D	2	$6481 < GH_R \leq 8567$	2	$46,772 < C_A \leq 62,363$
	E	1	$GH_R > 8567$	1	$C_A > 62,363$

Fonte: Adaptado de Brasil, 2010b.

O equivalente numérico da envoltória é obtido também de acordo com a Zona Bioclimática onde a edificação está inserida. No caso da ZB2 pode ser obtido através da Equação 10.

Equação 10
 -
Equivalente numérico da envoltória para ZB2

$$EqNumEnv = 0,44 \times EqNumEnvResfr + 0,56 \times EqNumEnvA$$

Tabela 11 – Equivalente numérico e classificação do nível de eficiência energética

Nível de eficiência	EqNum	Pontuação (PT)
A	5	$PT \leq 4,5$
B	4	$3,5 \leq PT < 4,5$
C	3	$2,5 \leq PT < 3,5$
D	2	$1,5 \leq PT < 2,5$
E	1	$PT < 1,5$

Fonte: Adaptado de Brasil, 2010b.

Após avaliada a edificação recebe uma placa com a certificação que pode ser exposta (Figura 17) . Os níveis de desempenho variam do A (mais eficiente) até o E (menos eficiente).



(A)

(B)

Figura 17 – Etiqueta unidade habitacional zoneamento bioclimático 1 a 4 (A), áreas de uso comum em edificações residenciais multifamiliares (B)

Fonte: <http://eletrobras.gov.br>

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo descreve o método empregado para avaliação do potencial da utilização de isolantes térmicos inseridos no interior das cavidades de blocos cerâmicos. O método adotado é baseado na literatura referente ao presente tema. As principais etapas são: cálculos iniciais para identificação das propriedades básicas das paredes analisadas, descrição e construção de protótipos, medições da temperatura ambiente interna e externa e medições das temperaturas superficiais internas e externas.

Através dos protótipos foi possível analisar o comportamento térmico do conjunto que compõe as paredes analisadas para as condições climáticas da cidade de São Leopoldo. Segundo Yu (2008) a temperatura do ar no interior da edificação é a mais direta representação das condições de conforto e é esta a variável analisada em testes com protótipos.

Resumidamente a avaliação experimental foi desenvolvida de acordo com as seguintes etapas:

- (1) Cálculo da resistência e transmitância térmica das paredes analisadas seguindo os parâmetros da NBR 15220 (ABNT, 2005);
- (2) Construção de quatro protótipos em alvenaria de blocos cerâmicos, três deles com as cavidades preenchidas com diferentes isolantes, EPS de baixa densidade, esferas de EPS soltas, perlita expandida e um, utilizado como referência, representando a utilização convencional do método construtivo;
- (3) Medições de temperatura do ar interno dos protótipos e do ambiente externo, bem como da temperatura superficial interna e externa das paredes dos mesmos;
- (4) Análise de custos dos isolantes térmicos utilizados;
- (5) Análise comparativa entre os resultados das envoltórias analisadas.

3.1 CÁLCULOS

A resistência térmica total e a transmitância térmica de cada parede analisada foram calculadas utilizando as equações 2 e 3 apresentadas respectivamente nos itens 2.2.2.4 e 2.2.25 do capítulo 2. As resistências de cada seção das paredes foram determinadas a partir de valores de condutividade térmica de materiais de construção contidos na NBR 15220 (ABNT, 2005), Silva (2013) e informações fornecidas pelos fabricantes dos materiais utilizados.

Após a obtenção das resistências totais (RT) foram calculadas as transmitâncias térmicas (U) de cada parede de acordo com parâmetros e fórmulas contidas na NBR 15220 (ABNT, 2005) e em Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

3.2 DESCRIÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Os protótipos foram construídos de forma a possuírem condições idênticas entre si em relação à orientação solar, incidência de ventos, dimensões, materiais e métodos construtivos a fim de possibilitar o estudo comparativo. Estes diferenciam-se apenas quanto ao preenchimento dos blocos, objeto do presente estudo. As especificações da construção dos protótipos para a pesquisa e justificativas das tomadas de decisão em relação a estas estão descritas nos itens a seguir.

3.2.1 Dimensões

As dimensões dos protótipos foram definidas a partir da revisão bibliográfica, pois não foram encontradas referências normativas para seu dimensionamento. Foram observados estudos de diversos países e autores os quais tiveram o objetivo de avaliar as propriedades térmicas de materiais ou técnicas construtivas através de protótipos, também conhecidos como *test cells* ou células teste. A Tabela 12 apresenta alguns estudos analisados com as respectivas dimensões dos protótipos utilizados.

Tabela 12 – Dimensões protótipos em estudos anteriores

Ano	Autor	Dimensões internas (cm)	Técnica avaliada
2004	Gutierrez	200 x 250 x 240	<i>Brise-soleil</i>
2005	Cheng et al.	150 x 150 x 150	Influência da cor e da massa térmica
2007	Sposto, Komeno e Krüger.	100 x 100 x 100	Paredes em blocos de concreto com isolamento térmico com RCD
2008	Pearlmutter e Rosenfeld.	230 x 170 x 200	Lajes de cobertura
2010	Krüger e Adriazola.	100 x 100 x 100	Painéis de madeira
2011	Gracia et al.	240 x 240 x 240	Blocos alveolares
2012	Suzuki.	162 x 162 x 225	Sistema trombe
2014	Abbassi et al.	152 x 152 x 186	Sistema trombe
2014	Cardoso e Vecchia	200 x 250 x 240	Cobertura verde
2015	Rojas et al.	280 x 280 x 280	Paredes de concreto com isolante inovador
2015	Abbassi e Dehmani.	90 x 90 x 80	Sistema trombe

Pode-se observar a variedade dimensional entre os protótipos nos diferentes estudos avaliando as mais diversas técnicas como sistemas de vedação vertical e horizontal, protetores solares e influência da cor. A partir disto infere-se que não há padrão rígido para dimensionamento dos mesmos. Para execução dos protótipos do presente estudo foram definidas as dimensões apresentadas na Figura 18. As medidas dos protótipos do estudo foram adaptadas à modulação dos blocos cerâmicos utilizados apresentados mais detalhadamente no item 3.1.2. As medidas internas dos protótipos foram de 91x91x100cm. A Figura 18 ilustra os protótipos construídos.

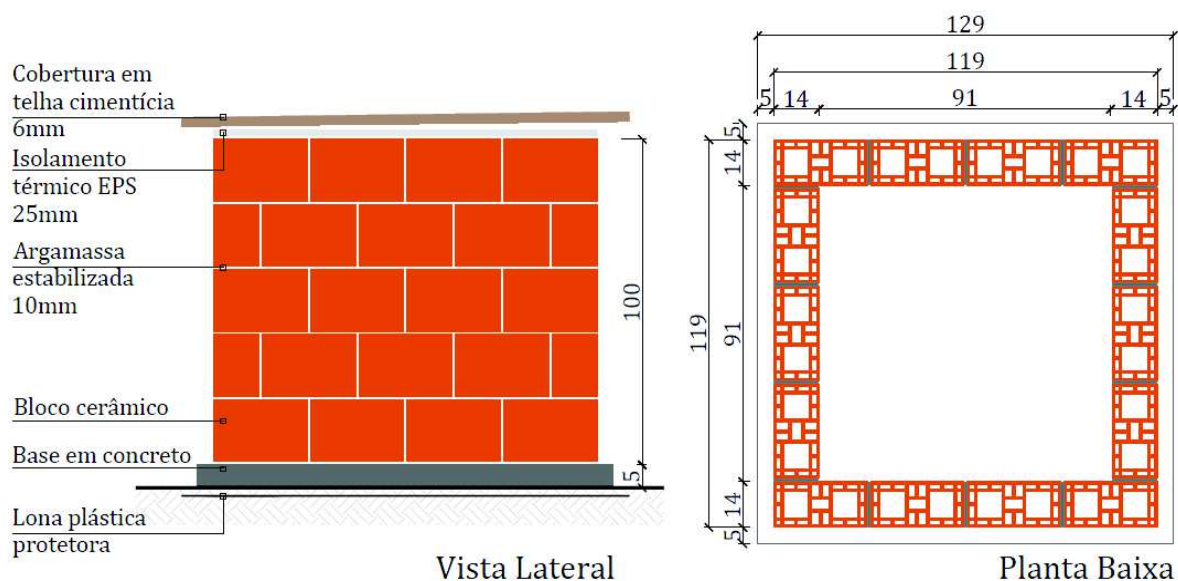


Figura 18 – Detalhes construtivos dos protótipos

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.2 Materiais

Para construção dos protótipos foram utilizados blocos cerâmicos extrudados cedidos para a pesquisa pela empresa Cerâmica Pauluzzi com dimensões de 29x19x14cm e resistência mecânica de 7MPa (Figura 19). Os protótipos não receberam revestimento de argamassa, pois o objetivo do trabalho foi comparar o comportamento de vedações com e sem isolamento, estes, porém, foram pintados na cor branca, a fim de reduzir a influência da cor nos ensaios. Na cobertura foram utilizadas telhas de fibrocimento com 6mm de espessura e isolamento térmico com 25mm em EPS de densidade 10kg/m³. O isolamento da cobertura foi definido também a partir da revisão bibliográfica. Não foi observado um padrão em relação a materiais e espessuras de isolamento utilizadas em estudos anteriores, porém muitos dos analisados utilizam isolamento a fim de reduzir a influência da cobertura no desempenho térmico dos protótipos quando a intenção é avaliar o comportamento de elementos que não sejam a cobertura. Gutierrez utiliza como isolamento da cobertura um filme de alumínio polido; Cheng et al. (2005) utilizam 25mm de poliestireno extrudado com densidade de 30kg/m³; Krüger e Adriazolla (2010) utilizam isolamento da cobertura com uma manta feita de embalagens tipo Tetra Pak. Neste caso optou-se pela utilização de 25mm de EPS como isolante.

As propriedades térmicas dos materiais utilizados para a construção dos protótipos estão descritas na Tabela 13.



Figura 19 – Bloco cerâmico Pauluzzi

Fonte: <http://pauluzzi.com.br>

Tabela 13 – Propriedades térmicas dos materiais

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)
Cerâmica	1800-2000	1,05
Argamassa Comum	1800-2100	1,15
Fibrocimento	1400-1800	0,65
EPS	10-40	0,04
Perlita Expandida	90	0,05

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005); SILVA (2013)

O protótipo denominado P1 foi utilizado como referência e permaneceu sem preenchimento dos blocos, ou seja, como em uma construção convencional. Já os protótipos denominados P2, P3 e P4 tiveram as cavidades de seus blocos preenchidas com esferas de EPS soltas e perlita expandida, EPS de baixa densidade, respectivamente. A Figura 20 representa as cavidades dos blocos preenchidas para a realização do estudo. Os protótipos permaneceram fechados, sem ventilação e sem geração de calor em seu interior durante o período de monitoramento da temperatura.

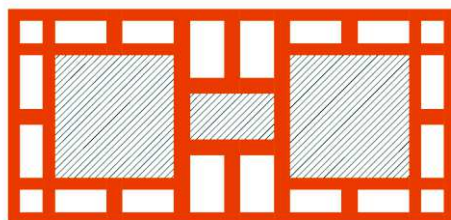


Figura 20 - Cavidades do bloco preenchidas com isolantes

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.2.1 Preenchimentos das cavidades dos blocos

As cavidades dos blocos foram preenchidas com três diferentes isolantes térmicos, como citado anteriormente. O EPS de baixa densidade, primeiramente, foi escolhido por ser um excelente isolante térmico. Optou-se também por analisar o comportamento deste mesmo material, porém em forma de esferas, visando não necessitar preparação ou corte anterior do material, facilitando sua aplicação em obra. Por último definiu-se utilizar a perlita expandida, por ser um material já utilizado em construções da região como preenchimento de blocos com fins de isolamento térmico.

Na presente pesquisa todo o EPS utilizado para o preenchimento dos blocos é oriundo do processo de produção e corte de peças em uma empresa situada na região. O resíduo foi cedido à pesquisa pela companhia, que relatou que apesar da possibilidade de reciclagem do material dentro da própria empresa o setor responsável pelas vendas alega que o mercado para o EPS reciclado é limitado, devido à baixa densidade do produto e à aparência final após a reciclagem, já que não possui tingimento posterior. A utilização do isolante em forma de resíduo é uma possibilidade interessante para redução de custos e benefícios ambientais.

A Tabela 14 apresenta as densidades dos isolantes utilizados e a respectiva massa da quantidade de cada isolante necessária para o preenchimento de uma unidade de bloco cerâmico. Cada bloco utiliza aproximadamente $0,0026\text{m}^3$ de isolante para o preenchimento das cavidades propostas. Não foram acrescentados à parede quaisquer outros elementos que não sejam os próprios isolantes no interior das cavidades dos blocos.

Tabela 14 - Densidades dos isolantes

	Densidade (kg/m³)	Peso por bloco (kg)
EPS esfera	8	0,020kg
Perlita expandida	90	0,234kg
EPS tipo 1	10	0,026kg

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que a quantidade de isolante utilizada em cada unidade de bloco cerâmico é pequena. A perlita expandida representa o isolante com maior massa. A

quantidade de perlita utilizada para preencher uma unidade de bloco pesa aproximadamente 234g. O EPS em suas duas formas possui pesos ainda menores, 26g para o EPS e 20g para o EPS em esferas.

3.2.3 Localização

Os protótipos foram construídos em frente ao Campus da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, na cidade de São Leopoldo – RS (Figura 21). São Leopoldo está situada na Região Metropolitana de Porto Alegre a 34km da capital, possui 102,313 km² e 225.236 habitantes (FEE, 2015). A cidade encontra-se a uma altitude média de 15 metros acima do nível do mar e seu clima é classificado como subtropical úmido. As temperaturas médias no inverno são de 9,3°C e no verão de 30,5°C, com precipitação anual média de 1.324mm. De acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, descrito na NBR 15220 (ABNT, 2005), a cidade de São Leopoldo está situada na Zona Bioclimática 2. As zonas 1, 2 e 3 onde estão localizados Rio Grande do Sul, Santa Catarina e parte do Paraná e São Paulo possuem clima que pode também ser compreendido como subtropical.



Figura 21 - Identificação do local da pesquisa

Fonte: Adaptado de <http://maps.google.com>

O local selecionado não possui interferências como pisos, lajes, edificações ou vegetação de grande porte nas intermediações. Sendo assim os protótipos estiveram

expostos a todo o período de sol e a toda a ventilação, por não haver bloqueios (Figura 22). Os protótipos estão afastados 1,80 metros entre si, a fim de evitar o sombreamento mútuo entre eles. Foi observada também a predominância dos ventos na região, para que a posição dos protótipos não interferisse na incidência de ventos em cada um. Na região os ventos predominantes são os vindos da orientação sudeste, portanto o posicionamento adotado favorece à igual incidência dos ventos predominantes em cada protótipo. O local utilizado foi a única opção disponível na área pertencente ao Campus a proporcionar as condições adequadas para a realização das medições. O inconveniente enfrentado neste foi a ausência de rede elétrica, exigindo a utilização de equipamentos alimentados por baterias.



Figura 22 – Localização dos protótipos em frente ao Campus São Leopoldo da UNISINOS

Fonte: <http://maps.google.com>

3.2.4 Construção dos protótipos

Os protótipos foram construídos com auxílio da equipe do Laboratório ittPerformance em fevereiro de 2016. Primeiramente foram confeccionadas as lajes em concreto com 130cm de lado e 5cm de espessura com grelha metálica (Figura 23). Uma lona foi posicionada abaixo das lajes antes de sua montagem a fim de evitar a subida de umidade do solo.



Figura 23 - Construção das lajes

Fonte: Registrado pelo autor

As paredes em alvenaria foram erguidas após a cura das lajes. Foi utilizada argamassa estabilizada de assentamento em juntas horizontais e verticais de 1cm de espessura. As cavidades do protótipo referência (P1) foram mantidas vazias, como nas construções convencionais (Figura 24). Os blocos dos protótipos 2 e 4 foram preenchidos com esferas de EPS e EPS de baixa densidade após a finalização de cada fiada (Figura 25 e Figura 27). O EPS utilizado neste estudo, como já citado anteriormente, é proveniente de resíduos de uma indústria produtora de EPS da região. O preenchimento do protótipo 3 foi feito com perlita expandida. Todo o preenchimento foi executado de forma rápida e fácil, sem uso de equipamentos diferenciados ou mão de obra especializada. O EPS de baixa densidade utilizado no protótipo 4 foi previamente cortado (Figura 27). O corte foi realizado com serra circular, na maquetaria da UNISINOS. A Figura 26 mostra o preenchimento das cavidades dos blocos com a Perlita expandida.



Figura 24 - Construção do protótipo referência (P1)

Fonte: Registrado pelo autor



Figura 25 - Construção protótipo com preenchimento de esferas de EPS (P2)

Fonte: Registrado pelo autor



Figura 26 - Construção protótipo com preenchimento de perlita expandida (P3)

Fonte: Registrado pelo autor



Figura 27 – Construção protótipo com preenchimento de EPS de baixa densidade (P4)

Fonte: Registrado pelo autor

Como citado anteriormente os protótipos não receberam revestimento de argamassa nas faces internas ou externas. O acabamento foi feito apenas com pintura acrílica branca a fim de uniformizar a cor e evitar interferências relacionadas a esta.

A cobertura em telhas de fibrocimento de 6mm de espessura com 3% de inclinação foi fixada sobre estrutura de madeira maciça de 1". A estrutura foi posicionada acima de uma lâmina de EPS de 25mm que serviu como isolamento térmico da cobertura. A vedação final foi executada com espuma de poliuretano expansiva, a fim de evitar qualquer entrada de ar nos protótipos durante as medições.

Para a colocação e retirada de equipamentos do interior dos protótipos, foi mantida uma abertura de inspeção na última fiada de blocos ao lado Sul dos mesmos, com a dimensão de meio bloco, fechada por porta de MDF com pintura acrílica branca. Para evitar a entrada de ar e interferências durante o período das medições a porta se manteve fechada e vedada com fita adesiva.

Os protótipos deste estudo juntamente com seu entorno podem ser visualizados na Figura 28 destacados com retângulo vermelho, os demais pertencem ao estudo de Baldo (2016).



Figura 28 - Vista dos protótipos do estudo

Fonte: Registrado pelo autor

3.3 MEDIÇÕES

Os métodos e períodos de monitoramento foram também definidos a partir de revisão bibliográfica. Foram monitoradas simultaneamente temperatura do ar interno e temperatura superficial das faces internas e externas das paredes dos quatro protótipos, as condições climáticas do ambiente externo e a radiação solar local. A Tabela 15 mostra os períodos de medição de temperatura em diferentes estudos realizados em protótipos utilizados como referência devido à ausência de referencial normativo.

Tabela 15 - Período de medição em estudos anteriores

Ano	Autor	Período de medições
2004	Gutierrez	7 dias de verão 7 dias de outono 7 dias de inverno
2005	Cheng et al.	2 a 3 dias de inverno e verão para cada configuração
2007	Sposto, Komeno e Krüger	13 dias de verão
2010	Krüger, Adriaola	13 dias de verão 8 dias de inverno
2011	Gracia et al.	6 dias de inverno 6 dias de verão
2012	Suzuki	5 dias para cada configuração
2014	Abbassi et al.	5 dias de inverno
2014	Cardoso e Vecchia	1 dia de verão
2015	Rojas et al.	12 meses
2015	Abbassi e Dehmani	4 dias de inverno

Após a análise das referências bibliográficas infere-se que não há padrão de tempo de medição na literatura. Sendo assim optou por medir durante o período compreendido entre os dias 9 de dezembro de 2016 e 17 de janeiro de 2017 e após selecionar sequências de dias compreendidos como característicos de primavera e verão buscando avaliar o comportamento das paredes analisadas para cada uma destas estações. Não considerou-se necessário a realização de análises de dados de longos períodos de medição, pois o comportamento tende a repetir-se dia a dia em períodos com características climáticas similares.

A primavera no hemisfério Sul é chamada de primavera austral e inicia-se no equinócio de setembro e termina no solstício de verão em dezembro compreendendo o período de 22 ou 23 de setembro a 21 ou 22 de dezembro. A data de início e fim dos equinócios e solstícios varia a cada ano. No dia do equinócio o dia e a noite tem a mesma duração. A cada dia que passa em direção ao solstício de verão o dia fica mais longo e a noite mais curta, aumentando assim o número de horas de exposição à radiação solar (MAGNOLI e SCALZARETTO, 1998).

No Rio Grande do Sul a primavera marca a transição entre o inverno de clima frio e seco e o verão quente e úmido. A região metropolitana de Porto Alegre, onde se encontra a cidade de São Leopoldo, possui nesta estação temperatura média de 20°C e é marcada por amplitude térmica diária acentuada (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2016).

O verão no hemisfério Sul tem seu início no solstício de dezembro e seu fim no equinócio de março compreendendo o período de 21 ou 22 de dezembro a 20 ou 21 de março. No dia do solstício de verão ocorre a noite mais curta e o dia mais longo do ano, sendo assim o dia com maior número de horas de exposição à radiação solar. A cada dia que passa em direção ao equinócio de outono o dia diminui e a noite aumenta (MAGNOLI e SCALZARETTO, 1998).

No Rio Grande do Sul o verão apresenta dias de calor elevado. Na região metropolitana de Porto Alegre, onde se encontra a cidade de São Leopoldo, a temperatura média da estação é de cerca de 30°C (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2016).

O períodos selecionados foram 14 a 16 de dezembro de 2016, representando a primavera, e 13 a 16 de janeiro de 2017, representando o verão. As temperaturas foram comparadas entre si a fim de verificar as condições internas dos protótipos em relação ao clima externo.

3.3.1 Equipamentos utilizados

Para realização das medições no local dos protótipos neste trabalho foram utilizados apenas equipamentos com baterias independentes devido à limitação causada pela ausência de energia no local da construção dos mesmos em um raio de aproximadamente 70 metros.

Para medição das temperaturas internas e externas foram utilizados aparelhos registradores portáteis de temperatura e umidade relativa do ar (*dataloggers*). Estes aparelhos registraram a temperatura de bulbo seco e a umidade relativa do ar. O modelo utilizado no presente estudo foi o *Tinytag Ultra 2* (Figura 29) cedido pelo Laboratório de Materiais de Construção da UNISINOS (LMC). Os dataloggers foram fixados com barbante no centro geométrico dos protótipos a 50cm de altura. Todos os dataloggers foram configurados para a realização das medições e coleta dos dados automaticamente a cada 5 minutos. Os dataloggers foram previamente calibrados, ou seja, mantidos em ambiente climatizado, com temperatura controlada, sem incidência de radiação solar durante o período de 24 horas. As medições apresentaram

temperaturas uniformes e não houve necessidade de compensação de temperatura em nenhum dos equipamentos.

Para a leitura das temperaturas medidas pelos *dataloggers*, estes equipamentos foram conectados ao computador com cabo USB e através do *software Tinytag Explorer* as leituras foram transformadas em planilhas posteriormente transferidas para *Microsoft Excel* para interpretação, análise e apresentação.



Figura 29 – Datalogger Tinytag Ultra 2

Fonte: <http://www.geminidataloggers.com>

As temperaturas superficiais internas e externas foram medidas com termômetro infravermelho ScanTemp também cedido pelo LMC-UNISINOS (Figura 30). As leituras foram realizadas ao longo de um dia com características climáticas típicas da estação de primavera (15 de dezembro de 2016) e um dia com características climáticas típicas da estação de verão (13 de janeiro de 2017) a cada trinta minutos. Foram coletadas as temperaturas das superfícies externas das quatro paredes (Norte, Sul, Leste e Oeste) e da superfície interna da parede Norte de cada protótipo em pontos centrais previamente demarcados. As medições da temperatura interna foram realizadas através de uma perfuração de 20mm de diâmetro na porta de inspeção mantida fechada por todo o tempo e aberta apenas no momento das medições. O posicionamento das portas de inspeção e perfurações pode ser observado na Figura 31.



Figura 30 - Termômetro Infravermelho ScanTemp

Fonte: O Autor

O posicionamento dos pontos para as medições também foram definidos a partir de revisão bibliográfica. De acordo com Seixas (2015) a temperatura superficial pode ser coletada de qualquer ponto desde que a superfície seja uniforme e esteja na mesma altura. Foram determinados cinco pontos em cada protótipo a uma altura de 85cm do piso distribuídos de acordo com a Figura 31. Os pontos foram demarcados em locais onde internamente estavam posicionados os isolantes e em posições correspondentes no P1.

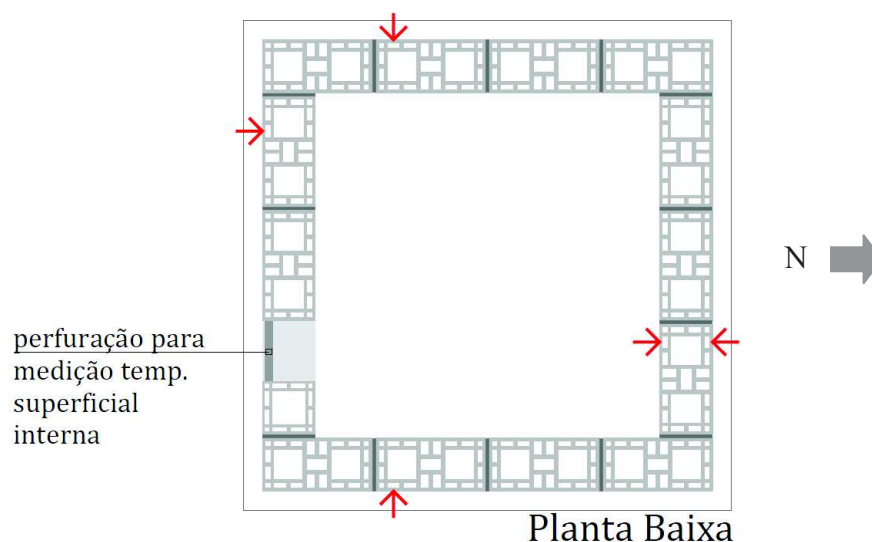


Figura 31 - Locais de medição da temperatura superficial

Fonte: Elaborado pelo autor

Pouey (1998) sugere a análise de coletas simultâneas de variáveis de temperaturas internas e externas, radiação solar e temperaturas superficiais para

verificação do desempenho térmico de elementos contrutivos. Os registros das variáveis climáticas externas do local (radiação solar, velocidade do ar, umidade relativa do ar e temperatura) foram coletados pela estação meteorológica do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Unisinos, localizada no campus da Universidade a aproximadamente 265 m de distância do local de implantação dos protótipos em estudo. O modelo da estação meteorológica utilizado é Davis 6162 Wireless Vantage Pro2 Plus (Figura 32). A estação tem capacidade de coleta de dados até um raio de 1000 metros.



Figura 32 - Estação meteorológica Davis 6162 Wireless Vantage Pro2 Plus

Fonte: <http://www.solostocks.com.br>

3.3.2 CUSTOS

Em relação aos custos foi realizada uma pesquisa no mercado da construção nas proximidades da cidade de São Leopoldo, RS. O custo do bloco foi verificado apenas com a empresa fornecedora do bloco para a pesquisa. Já os preços dos isolantes utilizados como preenchimento foram solicitados a duas diferentes empresas para cada um. Ao final foi utilizada a média entre estes dois valores. Nos valores citados já estão considerados impostos incidentes sobre a venda dos materiais e não estão incluídos valores de transporte do material à obra.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 CÁLCULOS

Os resultados obtidos através dos cálculos de resistência (R) e transmitância térmica (U) são uma prévia para a coleta de dados nos protótipos. Com os resultados dos cálculos foi também possível verificar a coerência das informações coletadas nos protótipos.

Foram calculados os valores de resistência e transmitância térmica no bloco vazio e com os três isolantes utilizados. Os valores obtidos encontram-se na Tabela 16. Os cálculos foram realizados de acordo com os parâmetros contidos na NBR15220 – Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações (ABNT, 2005) e outros elementos apresentados por Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

É possível observar que as diferenças entre as transmitâncias das paredes analisadas apresentadas na Tabela 16 são pequenas. Os segmentos dos blocos que contêm isolantes têm sua resistência térmica significativamente ampliada pelos isolantes, porém isto afeta menos o conjunto final da parede devido à influência das pontes térmicas que ocorre neste tipo de parede, como citam Simões et al. (2010). Em alvenarias as pontes térmicas ocorrem principalmente nas juntas de argamassa de assentamento e nas paredes dos próprios blocos.

Tabela 16 – Resistência total e transmitância térmica das paredes analisadas

Parede	Resistência térmica total (RT)	Transmitância (U)
P1 (Referência)	0,3898	2,565
P2 (EPS Esfera)	0,4014	2,490
P3 (Perlita)	0,4032	2,480
P4 (EPS)	0,4051	2,468

Fonte: Cálculos do autor

Os resultados do monitoramento dos protótipos permitiu verificar como estas diferenças entre resistência e transmitâncias térmicas influenciam na temperatura interna dos protótipos.

Destaca-se que o valor da transmitância térmica de P1 encontra-se fora dos parâmetros da NBR 15575 (ABNT, 2013) para o desempenho mínimo (M) no método simplificado para a ZB2, onde encontram-se os protótipos. As demais envoltórias apresentam-se dentro dos valores mínimos para a aprovação por este critério nesta ZB.

4.2 MONITORAMENTO DOS PROTÓTIPOS

As variáveis climáticas locais e temperaturas do ar interno e das superfícies das paredes dos protótipos foram monitoradas durante o período compreendido entre os meses de abril de 2016 e janeiro de 2017. Os primeiros meses foram utilizados para fins de calibragem do equipamento, correções na montagem dos protótipos e coleta de dados piloto. Já que este foi o primeiro estudo de desempenho térmico de materiais realizado com coleta de dados em protótipos na Universidade algumas adaptações nos equipamentos se fizeram necessárias. Nos últimos meses foram coletadas informações consideradas válidas para análise. As medições realizadas nos períodos de outono e inverno não foram consideradas devido a ajustes técnicos no equipamento e protótipos que se apresentaram necessários. Nos meses de dezembro de 2016 a janeiro de 2017 foram coletadas informações que foram consideradas válidas para análise.

Foram selecionados intervalos de medições realizadas em períodos com temperaturas e características climáticas das estações de primavera e verão na cidade de São Leopoldo, RS, localizada na ZB2 de acordo com o zoneamento contido na NBR15220 (ABNT, 2005). As informações coletadas neste período são apresentadas nos itens a seguir.

4.2.1 Monitoramento dos protótipos experimentais no período de primavera

A primavera no hemisfério Sul, chamada de primavera austral, em 2016 teve início no dia 22 de setembro e fim em 21 de dezembro. No Rio Grande do Sul a primavera marca a transição entre o inverno de clima frio e seco e o verão quente e úmido. A região onde está situada a cidade de São Leopoldo possui nesta estação temperatura média de 20°C e é marcada por amplitude térmica diária acentuada.

Os protótipos do estudo foram monitorados durante o mês de dezembro e a seguir são apresentados os dados deste monitoramento e das variáveis do ar externo

coletados entre os dias 14 e 16 de dezembro de 2016. Os horários apresentados correspondem ao horário brasileiro de verão, que ocorre na região neste período.

A Tabela 17 apresenta algumas variáveis do clima externo ao longo dos dias de monitoramento. As temperaturas máxima e mínima foram de 34,82°C e 13,14°C, respectivamente. Ambas ocorreram no dia 16 de dezembro, dia que, conseqüentemente, apresentou também maior amplitude térmica diária no período totalizando uma variação de 21,68°C em um mesmo dia. A temperatura média do ar externo no período foi de 23,09°C. A radiação solar máxima foi verificada às 13h37min do mesmo dia atingindo 1157W/m² neste momento.

Tabela 17 - Variáveis externas no período de medição de primavera

Variável	14/12/2016 a 16/12/2016
Temperatura máxima do ar externo (°C)	34,82°C
Temperatura mínima do ar externo (°C)	13,14°C
Média das temperaturas máximas do ar externo (°C)	31,94°C
Média das temperaturas mínimas do ar externo (°C)	14,62°C
Temperatura média do ar externo (°C)	23,09°C
Amplitude térmica diária máxima do ar externo (°C)	21,68°C
Radiação solar global máxima (W/m ²)	1157

Fonte: Elaborado pelo autor.

Objetivando comparar as variáveis do clima externo com o comportamento das amostras em estudo o gráfico da Figura 33 apresenta as variações da temperatura externa e a radiação solar juntamente com as temperaturas do interior dos protótipos no período. Os dados apresentados foram coletados com intervalos de cinco minutos entre medições. Na Figura 33 é possível observar a diferença entre as temperaturas internas das quatro amostras analisadas. O protótipo referência (P1) apresenta as maiores temperaturas entre os quatro algumas horas após os picos mais quentes do ar externo e as menores temperaturas após os instantes mais frios do ar externo, sendo assim o protótipo com maior variação térmica. O oposto pode ser observado nos resultados obtidos no protótipo com as cavidades dos blocos preenchidas com EPS (P4) que apresenta a menor variação térmica interna entre os avaliados. Os protótipos com preenchimento com esferas de EPS (P2) e com perlita (P3) ficaram entre estes, ficando P2 mais próximo a P1 e P3 mais próximo a P4 nos resultados. P2 foi o protótipo com isolamento térmico a obter a maior variação térmica, maiores temperaturas algumas horas após os picos mais quentes e menores temperaturas após os instantes mais frios.

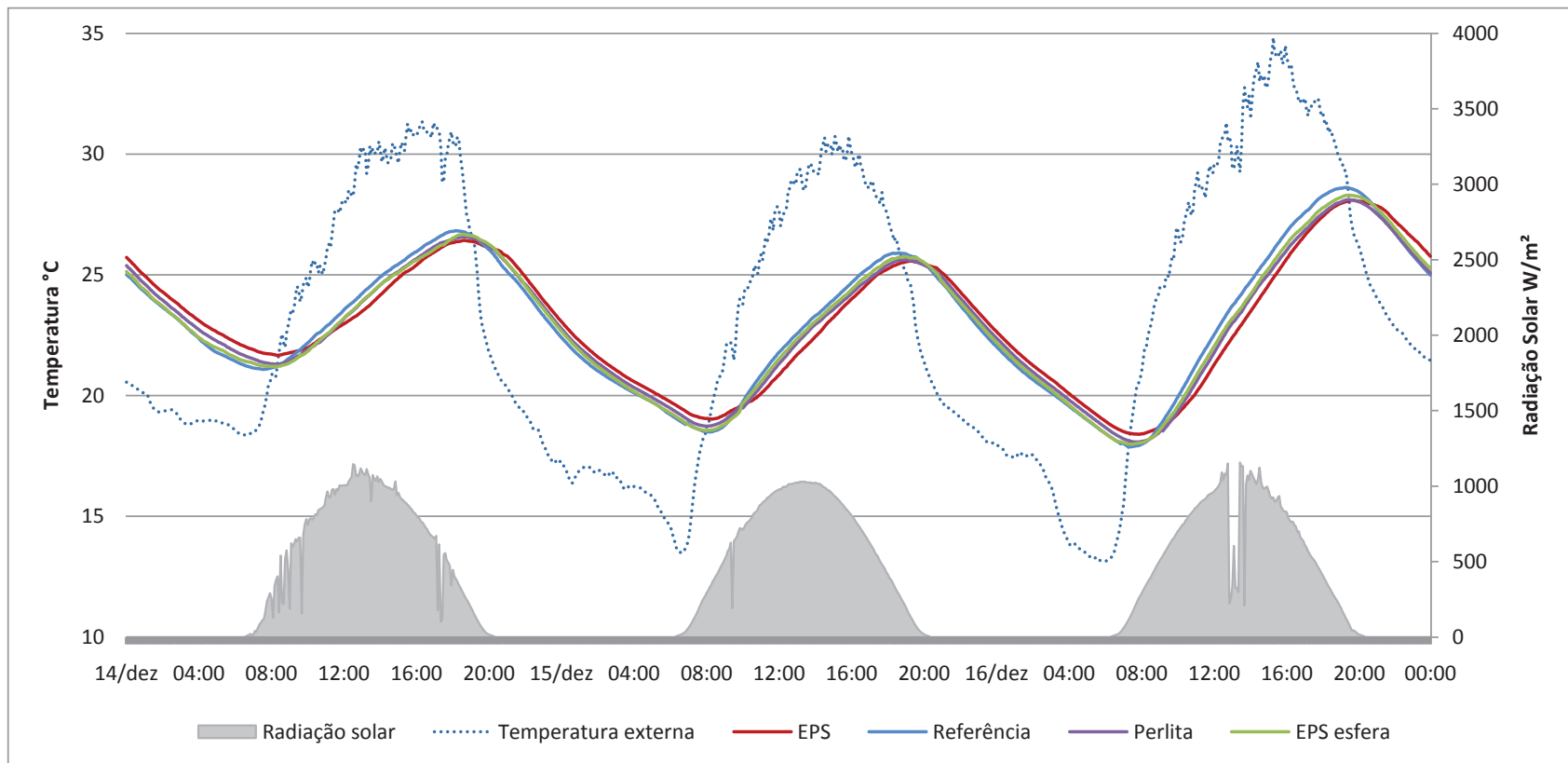


Figura 33 - Temperaturas do ar interno, temperatura do ar externo e radiação solar global no período de primavera

Fonte: Elaborado pelo autor

As temperaturas mínimas e máximas em cada protótipo são apresentadas na Tabela 18. A temperatura interna mais elevada durante o período analisado foi de 28,61°C e ocorreu em P1 as 19h17min do dia 16 de dezembro. A mais baixa foi de 17,87°C e ocorreu também em P1 as 7h22min do dia 16 de dezembro. A menor temperatura máxima ocorreu em P4, assim como a maior temperatura mínima.

Tabela 18 - Temperaturas do ar interno no período de primavera

	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
P1 (Referência)	28,61°C	17,87°C
P2 (EPS esfera)	28,30°C	17,98°C
P3 (Perlita)	28,11°C	18,07°C
P4 (EPS)	28,09°C	18,39°C

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os resultados em relação à zona de conforto proposta por Givoni (1992), onde a temperatura de conforto no interior das edificações para o período quente nos países em desenvolvimento está entre 18°C e 29°C, P1 e P2 apresentam temperaturas minimamente abaixo dos 18°C em alguns instantes do dia 16 de dezembro de 2016. P1 está abaixo desta zona por 60min entre as 7h e 8h e P2 por 20 minutos entre 7h15min e 7h35min. Vale ressaltar que ambos estiveram a menos de 0,5°C abaixo da linha de conforto. P3 e P4 mantiveram-se dentro da faixa de conforto durante todo o período de medições. Em relação ao desconforto no interior dos protótipos é importante frisar que em caso de utilização deste material em uma edificação em tamanho real este elemento será influenciado por uma série de outros fatores como a transmitância térmica (U) de outros elementos construtivos, ventilação, uso, entre outros.

A Tabela 19 apresenta a amplitude térmica diária máxima e média em cada protótipo durante os dias de medição. P1 apresentou a maior amplitude, 10,73°C, sendo 1,04°C maior que P4, que apresentou a menor. As maiores amplitudes térmicas internas ocorreram ao longo do dia 16 de dezembro. Já em relação às amplitudes médias P1 possui também a maior e P4 a menor.

Tabela 19 - Amplitude térmica diária máxima no interior dos protótipos no período de primavera

	Amplitude térmica máxima (°C)	Amplitude térmica média (°C)
P1 (Referência)	10,73°C	7,96°C
P2 (EPS esfera)	10,31°C	7,66°C
P3 (Perlita)	10,03°C	7,40°C
P4 (EPS)	9,69°C	6,99°C

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram calculados os fatores decrementais para os quatro protótipos com as médias das amplitudes externas e internas no período de análise e os resultados são apresentados na Tabela 20. Neste caso P1 apresentou o maior fator decremental e P4, o menor.

Tabela 20 - Fator Decremental para o período de primavera

	Fator Decremental (μ)
P1 (Referência)	0,46
P2 (EPS esfera)	0,44
P3 (Perlita)	0,42
P4 (EPS)	0,40

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram monitoradas também as temperaturas superficiais de todas as paredes externas dos protótipos e do interior da parede Norte destes ao longo de oito horas do dia 15 de dezembro. O dia do monitoramento foi ensolarado com poucas nuvens, radiação solar máxima de 1030W/m^2 , velocidade máxima do ar registrada de $4,9\text{m/s}$ e média de $0,65\text{m/s}$. O monitoramento foi realizado com termômetro laser e intervalo de trinta minutos entre medições, entre às 8h30min e às 16h30min. Os gráficos das figuras 34, 35, 36 e 37 apresentam as temperaturas superficiais internas e externas das paredes orientadas ao Norte. A Figura 38 apresenta as diferenças entre as temperaturas internas e externas dos protótipos analisados.

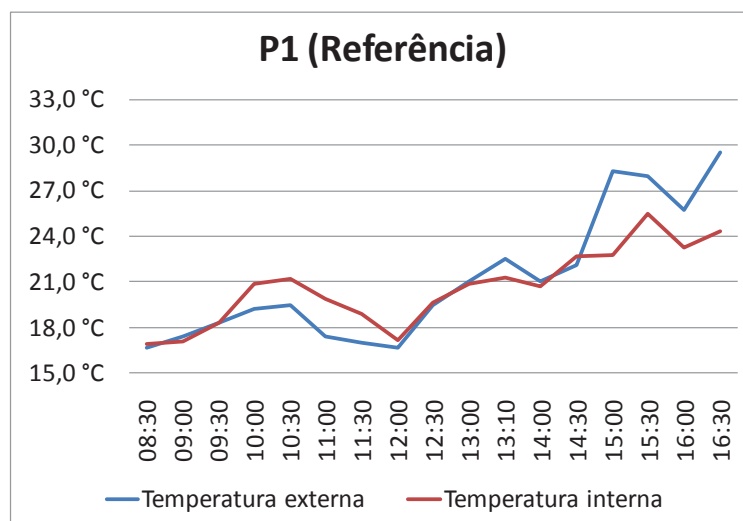


Figura 34 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P1 no período de primavera

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 34 apresenta o comparativo entre as variações de temperatura superficial das faces interna e externa da parede Norte de P1. Das 8h30min às 9h30min as temperaturas internas e externas encontram-se muito próximas, a partir deste horário, com o aumento da temperatura do ar externo e da radiação solar, estas começam a se afastar. Das 12h às 14h30min as temperaturas voltam a aproximar-se e afastam-se novamente a partir das 15h.

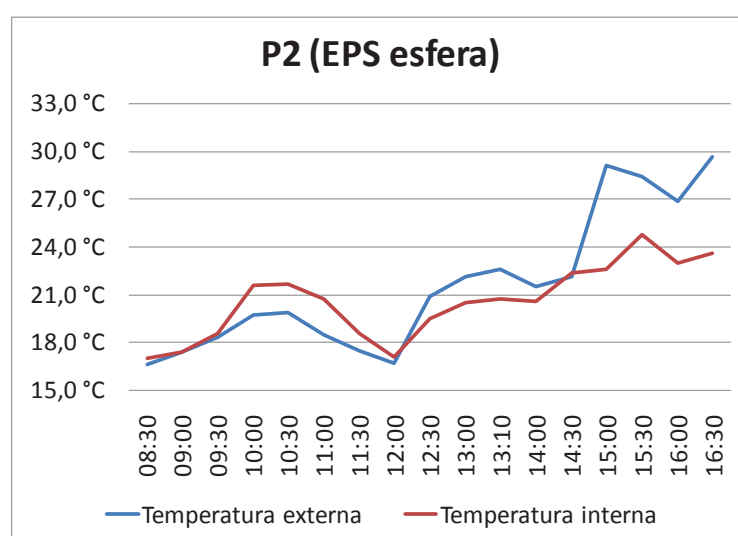


Figura 35 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P2 no período de primavera

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 35 apresenta o comparativo entre as variações de temperatura superficial das faces interna e externa da parede Norte de P2. Em P2 é possível observar variações maiores entre temperatura externa e interna em relação a P1. Apesar das maiores variações o comportamento geral é o mesmo, sendo as temperaturas mais próximas entre si das 8h30min até às 9h30min e afastamento destas após este horário. Às 12h as temperaturas voltam a se aproximar quando a temperatura externa passa a ser mais alta que a interna. Das 12h30min às 16h30min a tendência é o afastamento entre as temperaturas, com excessão do trecho entre 14h e 14h30min.

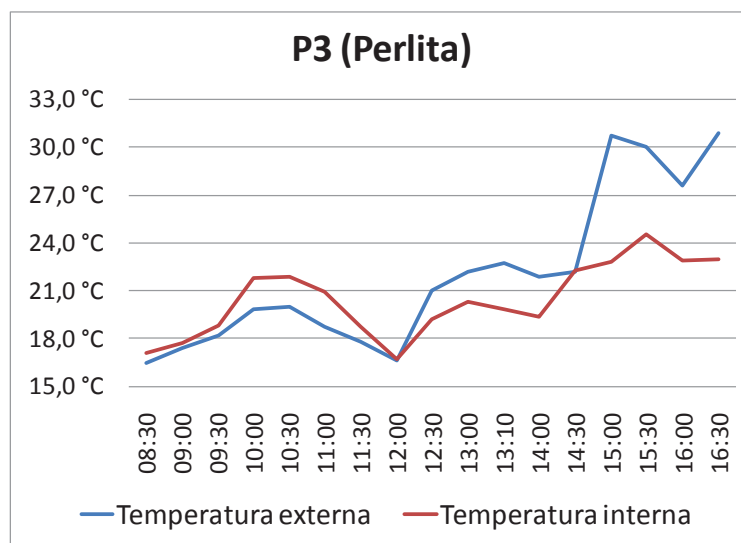


Figura 36 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P3 no período de primavera

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 36 apresenta o comparativo entre as variações de temperatura superficial das faces interna e externa da parede Norte de P3. P3 apresenta uma distância ainda maior entre a temperatura externa e a interna quando comparado a P1 e P2. Mais uma vez apesar do aumento das variações observa-se um comportamento geral bastante similar a P1 e P2 apresentados anteriormente.

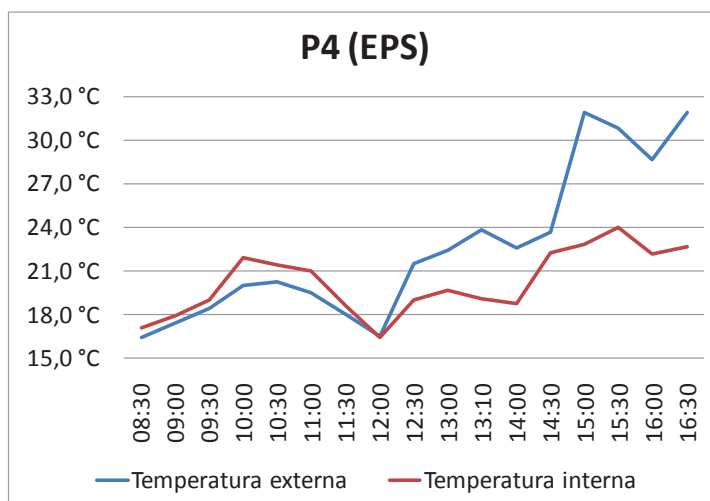


Figura 37 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P4 no período de primavera

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 37 apresenta as temperaturas superficiais das faces interna e externa de P4, que possui as maiores variações entre as amostras analisadas. Apenas às 12h as temperaturas das faces interna e externa encontram-se realmente próximas, sendo este o momento de inversão entre temperaturas mais elevadas na face interior em relação à exterior para o oposto, temperaturas mais elevadas na face exterior.

Até as 8h da manhã do dia 15 de dezembro, como pode ser observado no gráfico da Figura 33, as temperaturas internas dos quatro protótipos são superiores à temperatura do ar externo. A partir deste horário, pouco a pouco a temperatura externa passa a ser maior que as temperaturas internas. P1 perde calor mais rapidamente sendo o primeiro a inverter o fluxo de calor, seguido por P2, P3 e P4.

P1, sem isolamento térmico, apresenta temperaturas superficiais externas mais elevadas o que se modifica lentamente no período da tarde. As temperaturas superficiais externas mais elevadas durante o período onde o fluxo de calor ocorre de dentro para fora demonstram a maior perda de calor pela parede de P1.

Também entre 8h30min da manhã e 12h é possível observar nos gráficos das Figuras 33, 34, 35 e 36 as temperaturas superficiais internas mais elevadas em relação às externas da parede orientada ao lado Norte, o que neste horário se inverte. Com o passar das horas é possível notar a diferença entre temperatura superficial interna e externa aumentar. As maiores temperaturas superficiais externas da parede Norte são

observadas em P4. Quanto mais isolada termicamente a parede, mais quente sua temperatura superficial externa se apresenta quando o fluxo de calor tem seu sentido do exterior para o interior do protótipo, ou seja, o calor é acumulado na parte externa e sua entrada é desacelerada. Já quando o fluxo de calor tem seu sentido do interior para o exterior a parede mais isolada termicamente possui a temperatura superficial interna mais elevada em relação à externa, dificultando assim a saída do calor.

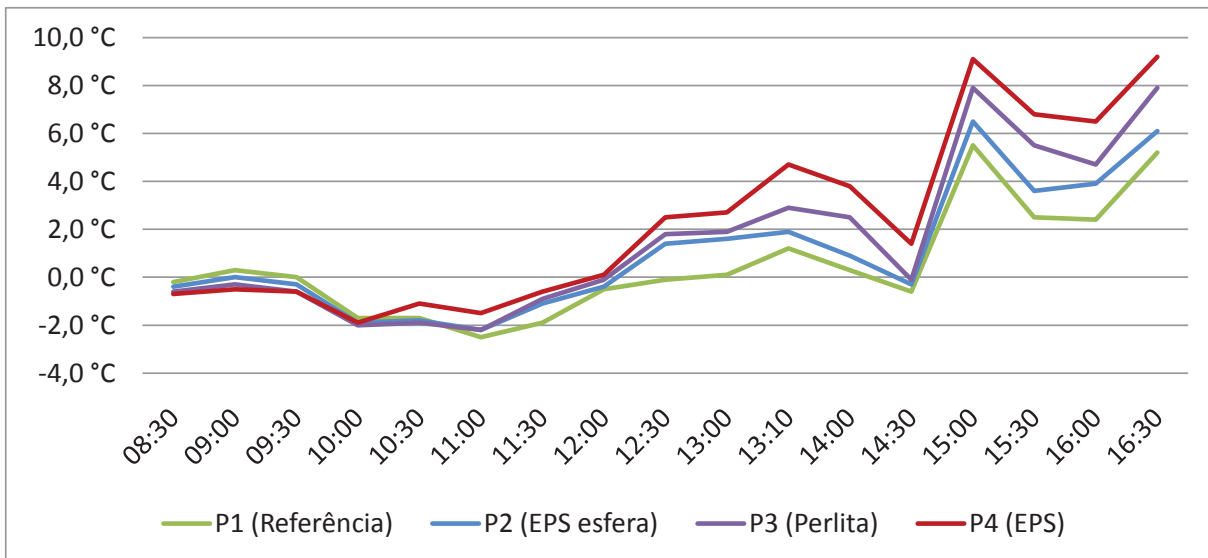


Figura 38 - Variação temperatura superficial interna em relação à temperatura superficial externa na parede orientada ao lado Norte no período de primavera

Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico da Figura 38 apresenta as diferenças entre a temperatura superficial interna e externa das paredes orientadas ao Norte. Das 8h30min às 12h as variações negativas indicam temperaturas mais elevadas na face interna em relação à face externa. A partir deste horário as variações positivas indicam a inversão desta lógica.

A menor variação entre faces é observada em P1 que encontra-se ao longo de todo o período mais próxima de zero, ou seja, com menor variação negativa e positiva o indicando que a temperatura interna está sempre mais próxima da interna nesta amostra em relação às demais. A proximidade destas temperaturas indica que esta parede é influenciada mais rapidamente pelos fatores climáticos externos (frio ou calor).

A segunda menor variação é observada em P2, sendo este o protótipo com isolamento a apresentar temperaturas internas e externas mais próximas entre si entre os isolamentos analisados. P3 tem a terceira menor variação e P4 apresenta a maior, sendo este último influenciado mais lentamente pela temperatura do ar externo.

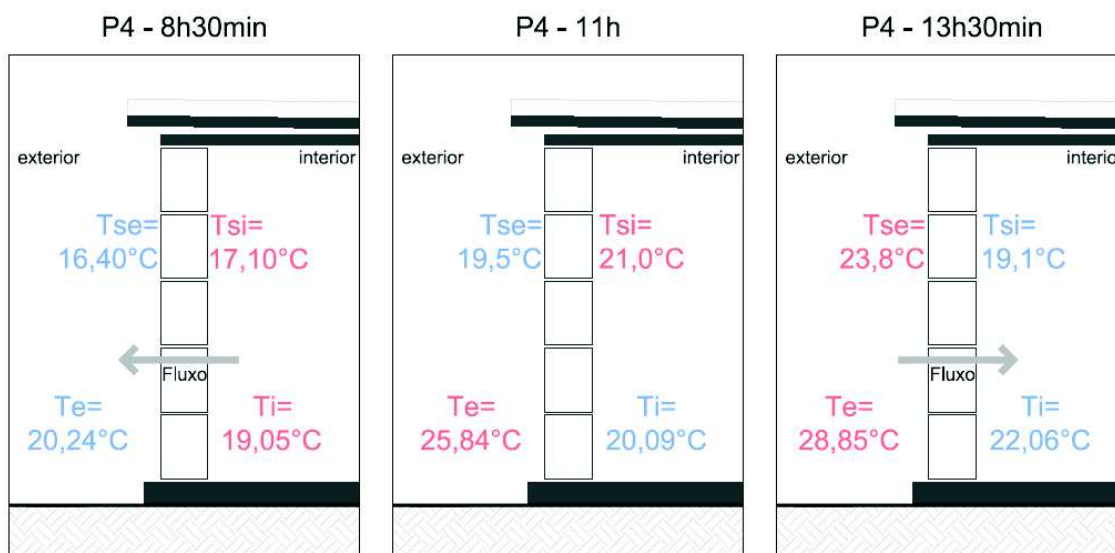


Figura 39 - Alteração do sentido de fluxo de calor em P4 no período de primavera

Sendo: Te=Temperatura externa; Ti=Temperatura interna; Tse=Temperatura superficial externa; Tsi= Temperatura superficial interna.

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 39 está ilustrada a alteração do sentido de fluxo de calor que ocorre em P4. Em vermelho são observadas as temperaturas do ar e superficiais mais elevadas e em azul as mais baixas. As setas indicam a direção do fluxo de calor do ar. As 8h30min a temperatura do ar externo (Te) e a temperatura superficial externa (Tse) são menores que as temperaturas internas, sendo assim o fluxo de calor flui do interior para o exterior e o protótipo está perdendo calor para o ambiente externo. A temperatura externa eleva-se e às 11h já é maior que a interna, porém ainda não se observa o efeito sobre as temperaturas superficiais; isso ocorre pois o sentido do fluxo está aos poucos sendo alterado e parede neste momento sofre diferentes tipos de trocas de calor: entre o ambiente interno e externo e entre o interior da parede e suas superfícies. Segundo Rodrigues (2016) os elementos do edifício estão geralmente sob efeito de mais de um tipo de troca de calor com mais de uma direção de fluxo, pois estão sob influência de

diversos fatores externos variáveis. A temperatura externa (T_e) segue elevando-se e as 13h30min o fluxo já foi totalmente alterado, as temperaturas externas são mais altas que as internas e o fluxo se dá do exterior para o interior.

A sequência de alteração de fluxo descrita utiliza como exemplo P4, porém ocorre de forma bastante similar nos demais protótipos analisados tendo como diferenças as temperaturas medidas e os horários em que as trocas ocorrem.

As temperaturas superficiais externas das faces orientadas ao Sul também foram medidas. Os resultados podem ser observados na Tabela 21. Nas paredes Sul não há incidência direta do sol, portanto estas são menos afetadas pela radiação solar e mantêm suas temperaturas mais estáveis ao longo do dia quando comparadas às demais orientações solares.

Tabela 21 - Temperaturas superficiais nas faces voltadas ao Sul no período de primavera

Face Sul				
Horário	P1	P2	P3	P4
08:30	19,0 °C	19,8 °C	19,9 °C	19,2 °C
09:00	19,3 °C	19,7 °C	20,0 °C	19,3 °C
09:30	19,4 °C	19,9 °C	19,9 °C	19,3 °C
10:00	18,6 °C	19,1 °C	19,1 °C	19,1 °C
10:30	19,2 °C	19,4 °C	19,8 °C	20,0 °C
11:00	18,9 °C	19,9 °C	20,0 °C	20,3 °C
11:30	18,0 °C	19,0 °C	19,3 °C	19,9 °C
12:00	16,9 °C	16,9 °C	17,1 °C	17,1 °C
12:30	19,5 °C	20,4 °C	20,7 °C	20,9 °C
13:00	18,4 °C	19,0 °C	18,6 °C	19,1 °C
13:30	20,0 °C	20,9 °C	20,9 °C	23,5 °C
14:00	20,0 °C	20,5 °C	20,6 °C	20,6 °C
14:30	19,6 °C	20,8 °C	20,9 °C	21,6 °C
15:00	24,4 °C	25,0 °C	25,0 °C	24,4 °C
15:30	24,3 °C	24,4 °C	24,4 °C	24,4 °C
16:00	23,4 °C	23,4 °C	23,4 °C	23,1 °C
16:30	22,8 °C	22,8 °C	22,9 °C	22,8 °C
Máx.	24,4 °C	25,0 °C	25,0 °C	24,4 °C
Min.	16,9 °C	16,9 °C	17,1 °C	17,1 °C

Fonte: Elaborado pelo autor

Nas primeiras horas da manhã as temperaturas não seguem um padrão rígido em relação a quais são as maiores e quais são as menores. Baseado nas análises anteriores, pode-se concluir que as diferenças se devem ao fato de que os protótipos encontram-se no período de transição do sentido dos fluxos de calor entre exterior e interior dos protótipos, conforme verifica-se na Figura 39. A partir das 10h30min até as 14h30min na maior parte dos momentos P1 apresenta a menor temperatura superficial, seguido por P2, P3 e por fim P4, com a maior P4 apresenta a maior temperatura superficial por estar atrasando a entrada de calor no interior do protótipo e mantendo-o em sua superfície externa. A partir das 15h as faces dos quatro protótipos passam a assumir temperaturas muito semelhantes nesta orientação solar.

Segundo autores como Gracia et al. (2011) a interpretação dos resultados das temperaturas superficiais em protótipos, medições *in loco* ou quaisquer outras análises realizadas ao ar livre é muitas vezes de grande complexidade. Esta complexidade se dá pelo fato de que a temperatura superficial é sensível a fatores como a velocidade dos ventos e radiação solar. Para uma análise mais precisa da temperatura superficial todos estes fatores devem ser considerados de forma conjunta. Além disto os ventos e a radiação solar podem oscilar certas vezes abruptamente tornando a análise conjunta ainda mais complexa. Durante a realização das medições este fatores e sua influência foram observados e no momento da interpretação dos resultados coletados alguns valores apresentaram-se fora da sequência geral sem que, com as análises realizadas, pudessem ser explicados. Quando há ocorrência destes fatores Gracia et al. (2011) sugere apenas a apresentação dos dados.

O sol incide na parede Leste no período da manhã até aproximadamente às 14h (horário de verão – 13h no horário solar). Neste período observa-se a subida da temperatura influenciada não somente pela temperatura do ar externo, mas também pela radiação solar direta incidente. A partir do momento do sombreamento a parede passa a sofrer menor influência da radiação direta e segue sendo influenciada pela temperatura do ar externo e dos ventos. No lado oposto a partir de aproximadamente 14h30min (horário de verão – 13h30min no horário solar) o sol passa a incidir nas paredes orientadas ao Oeste, que até o momento sofriam menor influência da radiação solar, e agora passam a aquecer mais, influenciadas por esta. As diferentes formas de exposição ao sol ocorridas nas faces Leste e Oeste acrescentam mais variáveis à análise

de suas temperaturas superficiais, sendo assim, como sugere Gracia et al. (2011) a análise das temperaturas destas duas faces não foi realizada. As temperaturas coletadas encontram-se no Apêndice 2.

O monitoramento das temperaturas superficiais e ambiente concordam entre si. As superfícies que apresentaram-se mais sensíveis às alterações da temperatura do ar externo foram as dos protótipos que apresentam maiores variações de temperatura do ar em seu interior. Sendo P1 o protótipo com as superfícies internas mais sensíveis a estas alterações e o que apresentou maior variação diária de temperatura interna. Por outro lado o comportamento que mais se opôs a este foi o de P4, que apresentou superfícies internas menos sensíveis às alterações da temperatura do ar externo e obteve a menor amplitude térmica interna.

Os comportamentos ocorreram de acordo com o esperado após a realização dos cálculos de resistência térmica total (RT) e transmitância térmica das paredes analisadas.

4.2.2 Monitoramento dos protótipos experimentais no período de verão

O verão no hemisfério Sul teve seu início em 2017 no dia 21 de dezembro. No Rio Grande do Sul o verão apresenta dias de calor elevado. Na região onde se encontra a cidade de São Leopoldo a temperatura média da estação é de cerca de 30°C.

Os protótipos do estudo foram monitorados durante o mês de janeiro e a seguir são apresentados os dados deste monitoramento e das variáveis do ar externo coletados entre os dias 13 e 16 de janeiro de 2017. Os horários apresentados correspondem ao horário brasileiro de verão, que ocorre na região neste período.

A Tabela 22 apresenta algumas variáveis do clima externo ao longo dos dias de monitoramento. As temperaturas máxima e mínima foram de 38,56°C e 20,63°C, respectivamente, e ocorreram no dia 13 de janeiro, dia que, conseqüentemente, apresentou também maior amplitude térmica diária no período. A temperatura média do ar externo no período foi de 28,21°C. A radiação solar máxima ocorreu às 13h12min do dia 15 de janeiro atingindo 1232W/m² neste momento.

Tabela 22 - Variáveis externas no período de medição de verão

Variável	13/01/2017 a 16/01/2017
Temperatura máxima do ar externo (°C)	38,56°C
Temperatura mínima do ar externo (°C)	20,63°C
Média das temperaturas máximas do ar externo (°C)	37,10°C
Média das temperaturas mínimas do ar externo (°C)	21,50°C
Temperatura média do ar externo (°C)	28,21°C
Amplitude térmica diária máxima do ar externo (°C)	17,92°C
Radiação solar global máxima (W/m ²)	1232

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com objetivo de comparar as variáveis do clima externo com o comportamento das amostras em estudo, como feito nas análises de primavera, o gráfico da Figura 40 apresenta as variações da temperatura externa e a radiação solar, juntamente com as temperaturas do interior dos protótipos no período. Os dados apresentados foram coletados da mesma forma que os do período anteriormente descrito, com os mesmos equipamentos e o mesmo intervalo de cinco minutos entre medições. No gráfico é possível observar novamente a diferença entre as temperaturas internas das quatro amostras analisadas, P1, P2, P3 e P4. P1 apresenta mais uma vez as maiores temperaturas entre os quatro protótipos algumas horas após os picos mais quentes do ar externo e as menores temperaturas após os instantes mais frios do ar externo, sendo assim o protótipo com maior variação térmica também no período de verão. Novamente os resultados de P4 apresentam a menor variação térmica interna entre os avaliados. P2 e P3 ficaram entre estes, ficando P2 mais próximo a P1 e P3 mais próximo a P4 nos resultados, como na primavera.

A parede mais isolada termicamente (P4) mais uma vez atrasou a entrada e a saída de calor, como ocorreu no período de primavera e como era esperado.

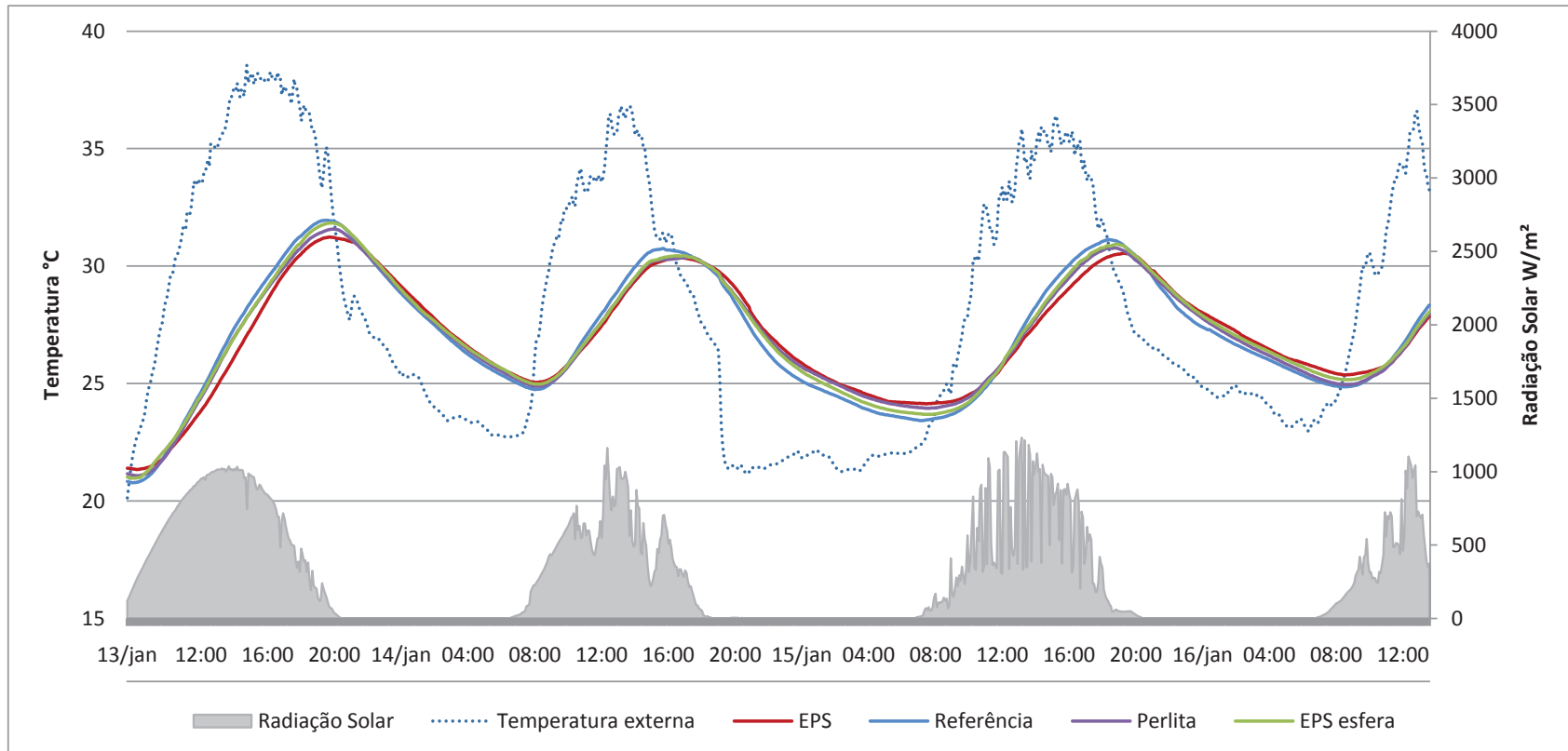


Figura 40 - Temperaturas do ar interno, temperatura do ar externo e radiação solar global no período de verão

Fonte: Elaborado pelo autor

As temperaturas mínimas e máximas em cada protótipo são apresentadas na Tabela 23. A temperatura interna mais elevada durante o período analisado foi de 31,95°C e ocorreu em P1 às 19h27min do dia 13 de janeiro. A mais baixa foi de 20,78°C e ocorreu também no dia 13 de janeiro em P1 às 7h57min. P4 é o protótipo a apresentar menor temperatura máxima, 31,23°C, e maior temperatura mínima, 21,34°C.

Tabela 23 - Temperaturas do ar interno no período de verão

	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
P1 (Referência)	31,95°C	20,78°C
P2 (EPS esfera)	31,83°C	20,97°C
P3 (Perlita)	31,57°C	21,08°C
P4 (EPS)	31,23°C	21,34°C

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nenhum dos protótipos permaneceu ao longo de toda a medição de verão dentro da zona de conforto proposta por Givoni (1992), que está entre 18°C e 29°C para o período quente nos países em desenvolvimento como o Brasil. Uma avaliação simplificada do tempo considerado de desconforto por este critério em cada protótipo encontra-se na Tabela 24.

Tabela 24 - Tempo de desconforto no interior dos protótipos no período de verão

Tempo de desconforto (min)	
P1 (Referência)	1700 min.
P2 (EPS esfera)	1695 min.
P3 (Perlita)	1675 min.
P4 (EPS)	1665 min.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que P1 apresenta maior número de minutos em desconforto entre as amostras e P4 o menor. P2 e P3 possuem resultados intermediários. Em relação ao desconforto no interior dos protótipos é importante frisar que em caso de utilização deste material em uma edificação em tamanho real este elemento será influenciado por uma série de outros fatores como a transmitância térmica (U) de outros elementos construtivos, ventilação, uso, entre outros.

Na Tabela 25 estão listadas as amplitudes térmicas diárias máximas e médias de cada protótipo. A sequência das menores e maiores amplitudes entre as amostras se manteve da mesma forma que se apresentou nas análises de primavera. P4 apresentou a menor amplitude, seguido por P3, P2 e por último P1, que apresentou a maior. As maiores amplitudes térmicas internas ocorreram ao longo do dia 13 de janeiro. Em relação às amplitudes médias P1 possui também a maior e P4 a menor.

Tabela 25 - Amplitude térmica diária máxima no interior dos protótipos no período de verão

	Amplitude térmica máxima (°C)	Amplitude térmica média (°C)
P1 (Referência)	11,17°C	7,09°C
P2 (EPS esfera)	10,86°C	6,56°C
P3 (Perlita)	10,49°C	6,46°C
P4 (EPS)	9,89°C	6,07°C

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Fator Decremental (μ) sugerido para análise de desempenho térmico por Cruz et al.(2007) foi calculado também para as condições de verão. Os fatores decrementais para as quatro amostras analisadas foram obtidos com as médias das amplitudes externas e internas no período de análise e os resultados são apresentados na Tabela 26. P1 apresentou o maior fator decremental entre as amostras e P4, o menor, como na primavera.

Tabela 26 - Fator Decremental para o período de verão

	Fator Decremental (μ)
P1 (Referência)	0,45
P2 (EPS esfera)	0,42
P3 (Perlita)	0,41
P4 (EPS)	0,39

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram monitoradas também as temperaturas superficiais de todas as paredes externas dos protótipos e do interior da parede Norte destes ao longo de oito horas do dia 13 de janeiro. Buscou-se para o monitoramento um dia com condições similares às do dia das medições de temperaturas superficial de primavera; ensolarado e com poucas nuvens. A radiação solar máxima foi de 1037W/m², a velocidade máxima do

vento registrada foi de 1,3m/s e média de 0,11m/s. O monitoramento foi realizado com termômetro laser e intervalo de trinta minutos entre medições. Os gráficos das Figuras 41, 42, 43 e 44 apresentam as temperaturas superficiais internas e externas das paredes orientadas ao Norte. O gráfico da Figura 45 apresenta as diferenças entre as temperaturas internas e externas dos protótipos analisados.

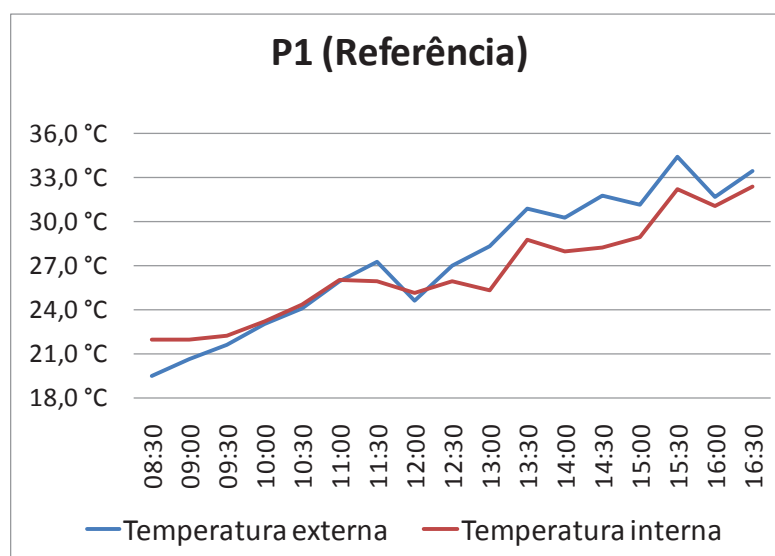


Figura 41 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P1 no período de verão

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 41 apresenta o comparativo entre as variações de temperatura superficial das faces interna e externa da parede Norte de P1. Este apresenta, como nas medições de primavera, as menores variações entre temperatura superficial interna e externa entre as amostras analisadas.

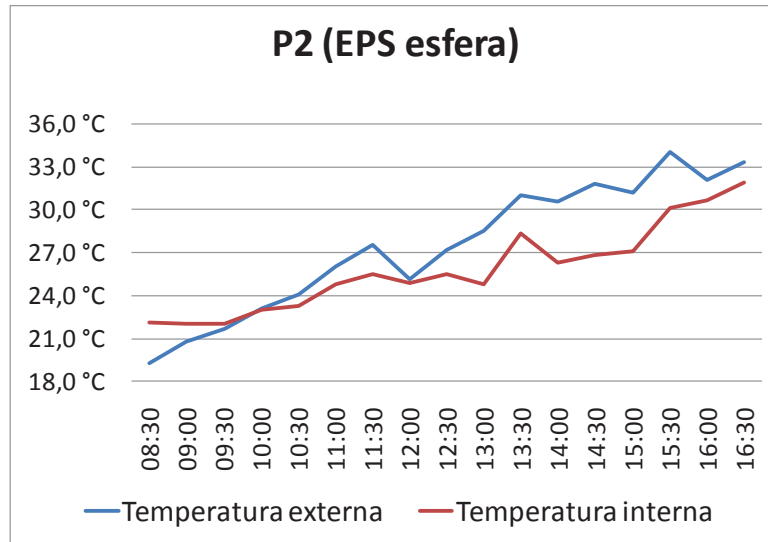


Figura 42 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P2 no período de verão

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 42 apresenta o comparativo entre as variações de temperatura superficial das faces interna e externa da parede Norte de P2. Também como nas medições de primavera, é possível observar diferenças maiores entre as temperaturas internas e externas em relação aos dados coletados em P1.

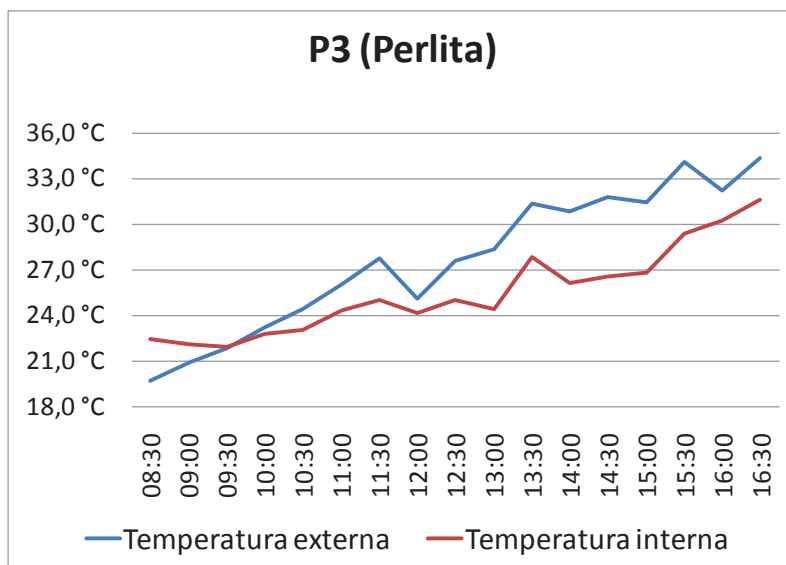


Figura 43 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P3 no período de verão

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 43 apresenta o comparativo entre as variações de temperatura superficial das faces interna e externa da parede Norte de P3. Esta amostra apresenta uma distância ainda maior entre a temperatura externa e a interna quando comparado a P1 e P2. A Figura 44 apresenta as temperaturas superficiais das faces interna e externa de P4, que apresentou as maiores variações entre as amostras analisadas, como ocorreu também no período de primavera.

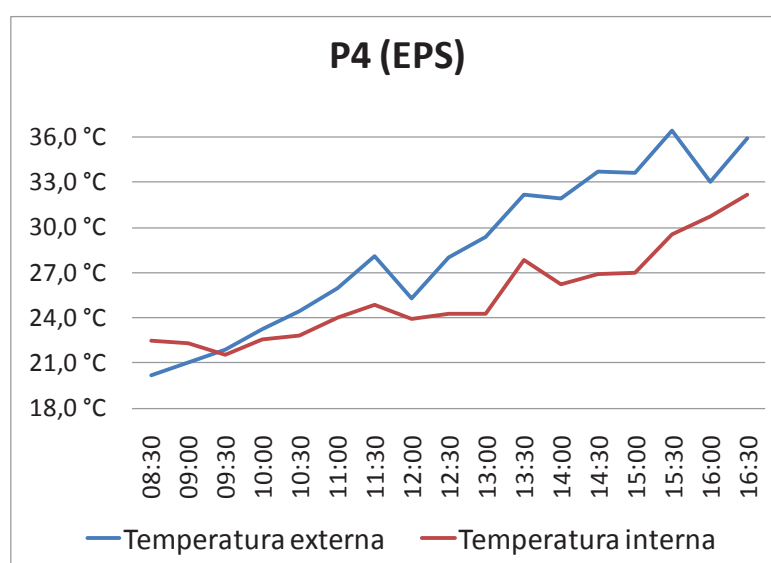


Figura 44 - Temperaturas superficiais externas e internas da parede orientada ao lado Norte de P4 no período de verão

Fonte: Elaborado pelo autor

Até às 7h42min do dia 13 de janeiro, quando a temperatura externa é de 20,63°C, o interior dos quatro protótipos em análise apresenta temperaturas superiores a esta, como pode ser observado no gráfico da Figura 40. Às 7h47min é possível verificar o início da mudança de sentido do fluxo de calor que até então fluía de dentro para fora e agora passa a fluir de fora para dentro. A partir deste horário, pouco a pouco a temperatura externa passa a ser maior que as temperaturas internas e o fluxo muda de direção. P1 perde calor mais rapidamente sendo o primeiro a inverter o fluxo, seguido por P2, P3 e P4, como foi observado também no período de medições da primavera.

Até às 9h30min é possível observar temperaturas superficiais externas mais baixas em relação às internas em P1, P2 e P3. P4 já apresenta neste horário temperatura

interna inferior à externa. Apesar de a inversão de temperaturas internas mais altas que as externas para o oposto disto ocorrer aproximadamente no mesmo horário tanto no período de primavera quanto no período de verão a inversão no caso das temperaturas superficiais ocorre mais cedo na estação mais quente. Na primavera ocorre apenas a partir das 12h e no verão já se inicia às 9h30min. A partir das 9h30min é possível observar as temperaturas superficiais externas subindo mais rapidamente que as internas. A maior temperatura superficial externa foi registrada em P4, às 15h30min.

O gráfico da Figura 45 ilustra as diferenças entre a temperatura superficial interna e a externa das paredes orientadas ao Norte no período de verão. As variações negativas ocorridas nas primeiras horas da manhã indicam temperaturas mais elevadas na face interna em relação à face externa. Variações positivas indicam a inversão desta lógica. A menor variação entre faces ocorre em P1, seguido por P2 e P3, por último, P4 com a maior variação. A maior variação é observada em P4 às 15h30min, horário do dia e que a temperatura do ar externo está mais alta. As temperaturas superficiais, bem como a variação entre as temperaturas superficiais internas e externas passam a cair às 16h quando a temperatura externa começa a diminuir.

Maiores variações entre temperaturas das superfícies internas e externas apontam maior retenção do calor na face exposta à temperatura mais elevada do ar, ou seja, ocorrem nas paredes mais isoladas através das quais o calor passa com maior dificuldade.

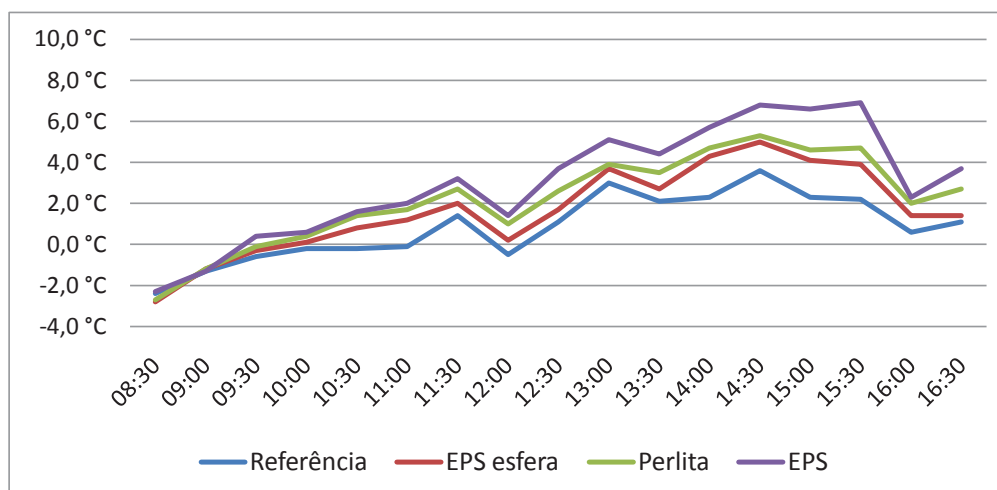


Figura 45 - Variação temperatura superficial interna em relação à temperatura superficial externa na parede orientada ao lado Norte no período de verão

Fonte: Elaborado pelo autor

Como observado durante as medições no período de primavera a menor variação entre faces é observada em P1 que encontra-se ao longo de todo o período mais próxima de zero, ou seja, com menor variação negativa e positiva o indicando que a temperatura interna está sempre mais próxima da interna nesta amostra em relação às demais, seguida por P2, P3 e por último, com maior variação, P4. A proximidade entre as temperaturas superficiais interna e externa indica que esta parede é influenciada mais rapidamente pelos fatores climáticos externos (frio ou calor).

A Figura 25 apresenta os dados coletados das temperaturas superficiais das paredes orientadas ao Sul. Nas paredes Sul, como já dito anteriormente, há pouca incidência direta do sol, portanto estas são menos afetadas pela radiação solar e mantêm sua temperatura mais estável e mais baixa ao longo do dia quando comparadas às demais orientações solares. A radiação solar afeta diretamente a temperatura superficial externa dos elementos expostos a ela.

Durante todo o monitoramento de verão observou-se um padrão em que a parede Sul de P1 permanecia mais fria que as demais, seguida por P2, P3 e por último P4, que permaneceu mais quente na maioria dos horários medidos atingindo a temperatura máxima de 35,1°C às 16h30min. Neste horário P3 também atingiu esta

mesma temperatura. Mesmo sem a incidência da radiação solar direta a face externa da parede mais isolada (P4) manteve-se mais quente que as demais.

Tabela 27 - Temperaturas superficiais nas faces voltadas ao Sul no período de verão

Face Sul				
Horário	P1	P2	P3	P4
08:30	22,5 °C	23,3 °C	25,3 °C	25,4 °C
09:00	23,5 °C	24,1 °C	26,3 °C	26,5 °C
09:30	24,3 °C	24,7 °C	26,3 °C	25,6 °C
10:00	25,6 °C	25,5 °C	25,3 °C	26,4 °C
10:30	24,9 °C	25,6 °C	26,6 °C	26,7 °C
11:00	27,6 °C	27,8 °C	28,1 °C	27,2 °C
11:30	27,6 °C	27,8 °C	29,1 °C	28,8 °C
12:00	25,6 °C	25,4 °C	27,1 °C	26,8 °C
12:30	27,2 °C	27,1 °C	27,3 °C	27,3 °C
13:00	28,6 °C	28,8 °C	29,3 °C	29,2 °C
13:30	30,7 °C	31,3 °C	31,8 °C	31,9 °C
14:00	30,4 °C	30,5 °C	31,5 °C	31,1 °C
14:30	31,6 °C	31,8 °C	32,7 °C	32,6 °C
15:00	31,9 °C	32,1 °C	32,5 °C	32,4 °C
15:30	34,0 °C	34,5 °C	35,1 °C	34,8 °C
16:00	31,0 °C	31,0 °C	32,3 °C	32,3 °C
16:30	34,4 °C	34,6 °C	35,1 °C	35,1 °C
Máx.	34,4 °C	34,6 °C	35,1 °C	35,1 °C
Min.	22,5 °C	23,3 °C	25,3 °C	25,4 °C

Fonte: Elaborado pelo autor

Como citado na apresentação dos resultados coletados no período de primavera e como sugere Gracia et al. (2011) a análise das temperaturas das faces Leste e Oeste não foram realizadas devido sua grande complexidade e necessidade de uma avaliação específica voltada para este fim. As temperaturas coletadas encontram-se no Apêndice 3.

O monitoramento das temperaturas superficiais e ambiente concordam entre si da mesma forma ocorrida nas medições de primavera. As superfícies que apresentaram-se mais sensíveis às alterações da temperatura do ar externo foram as dos protótipos que apresentam maiores variações de temperatura do ar em seu interior. P1 foi novamente o protótipo a apresentar superfície interna com maior sensibilidade às

alterações da temperatura externa e também o que apresentou maior variação diária na temperatura interna. Novamente o comportamento que mais se opôs a este foi o de P4, que apresentou superfícies internas menos sensíveis às alterações da temperatura do ar externo e obteve a menor amplitude térmica interna.

Os comportamentos ocorreram de acordo com o esperado após a realização dos cálculos de resistência térmica total (RT), transmitância térmica das paredes e ensaios de primavera.

4.3 CUSTOS

Em relação a custos foi realizada uma pesquisa no mercado local. O preço do m³ de cada isolante é apresentado na Tabela 28.

Para esta pesquisa todo o EPS foi utilizado em forma de resíduo de uma empresa produtora da região, portanto os custos destes resumiram-se ao transporte do material até o local dos protótipos. O resíduo coletado encontrava-se íntegro e em bom estado, porém algumas placas apresentavam manchas e riscos em sua superfície. O mesmo ocorreu com as esferas, que apresentavam-se em bom estado, porém manchadas e empoeiradas. Os riscos e a poeira para este caso de utilização não são problema, pois o material não estará aparente na edificação, porém para reciclagem, venda ou reúso em algumas funções estas imperfeições interferem, segundo o responsável pelas vendas da empresa. Ainda segundo este, estas imperfeições na maioria das vezes fazem reduzir o interesse da empresa em reciclar o material que acaba sendo descartado. Sendo assim o material pôde ser coletado na empresa sem custos, apenas arcou-se com o valor referente ao transporte do mesmo até o local desejado.

Tabela 28 - Custo dos isolantes utilizados

	Preço m³
EPS esfera	R\$ 83,33
Perlita expandida	R\$ 520,00
EPS tipo 1	R\$ 209,28

Fonte: Fornecedores da região

Observa-se na Tabela 28 que a Perlita Expandida apresenta-se como o isolante mais caro entre os analisados, sendo seu preço mais que o dobro do EPS tipo 1 e mais de seis vezes maior que o do EPS em esferas. Nos valores apresentados já estão considerados impostos incidentes sobre a venda dos materiais e não estão incluídos valores de frete. Por não estarem inclusos os valores de frete, em caso de inclusão dos resíduos de EPS nesta tabela os custos destes seriam igual a zero. Não foram considerados os valores de frete, pois estes são variáveis de acordo com a quantidade material transportada e as distâncias percorridas.

A Tabela 29 apresenta o custo do bloco vazio e preenchido com cada isolante avaliado, bem como o que representa em percentual o acréscimo de cada isolante no custo final da unidade de bloco cerâmico.

Tabela 29 - Custos por bloco dos isolantes utilizados

	Preço unidade (R\$)	Acréscimo por bloco (%)
Bloco sem preenchimento	R\$ 1,35	0
Bloco com preenchimento EPS esfera	R\$ 1,57	16,29%
Bloco com preenchimento perlita expandida	R\$ 2,70	100%
Bloco com preenchimento EPS tipo 1	R\$ 1,89	40%

Fonte: fornecedores da região e cálculos do autor

Na Tabela 29 observa-se os custos dos materiais por bloco preenchido. O preenchimento a Perlita Expandida, material de preço mais elevado, aumenta em 100% o preço do bloco utilizado na pesquisa que custa R\$1,35 por unidade. O isolante de menor preço é o EPS em esferas aumentando o preço em 16,29% e o intermediário, o EPS, acrescentando 40% ao custo total da unidade. Nesta pesquisa os preenchimentos de P2 e P4, como citado anteriormente, foram utilizados em forma de resíduos da indústria de EPS, sendo assim sem custo, por tratar-se de um rejeito. Para o uso deste tipo de material devem ser considerados então apenas os custos de transporte do mesmo até a obra, o que varia de acordo com o local da mesma e da fonte dos resíduos.

4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os protótipos contendo isolantes térmicos no interior das cavidades dos blocos apresentaram variações de temperatura interna sutilmente menores em relação ao protótipo referência nos períodos de primavera e verão, como era esperado. O protótipo referência apresentou maior amplitude térmica, temperaturas mais elevadas durante o período mais quente e temperaturas mais baixas ao longo do período mais frio, em relação aos demais. Este apresentou também maior tempo em desconforto em seu interior de acordo com os parâmetros de Givoni (1992).

Dentre os protótipos analisados P4 (EPS de baixa densidade) destaca-se tanto no período de primavera quanto no período de verão, apresentando menor amplitude térmica diária, menores temperaturas durante as horas mais quentes e maiores temperaturas durante o período mais frio. P4 apresenta também menor tempo em desconforto térmico em seu interior pelos parâmetros estabelecidos por Givoni (1992) para países em desenvolvimento. P4 teve as cavidades de seus blocos preenchidas com EPS de baixa densidade, material com custo inetermediário entre os três analisados. Nesta pesquisa é apresentada a possibilidade do uso deste em forma de resíduo proveniente da indústria de EPS, o que pode representar a redução de custos e benefícios ao ambiente pelo reúso de um material sem processamento adicional.

P2, com as cavidades preenchidas com EPS em esferas, apresentou-se como o protótipo menos isolado termicamente entre os três protótipos com isolante analisados, portanto este preenchimento é o de menor custo, além de também existir a possibilidade de seu uso em forma de resíduo proveniente da indústria de EPS. P3 (Perlita expandida) possui comportamento intermediário e é o isolante mais caro, ou seja, o isolante menos indicado e menos viável para utilização entre os analisados. Além disto não verificou-se possibilidade de uso deste em forma de resíduo como ocorreu com os isolantes utilizados em P2 e P4.

Em relação aos critérios estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013) todas as envoltórias analisadas apresentam desempenho superior (S), para o período quente (verão e primavera), em relação aos critérios de avaliação com medições *in loco*. As temperaturas máximas internas diárias verificadas nos dias de medição ficam durante todo o período mais de 4°C abaixo da temperatura máxima externa diária. Observa-se uma contradição entre os requisitos na norma neste sentido em relação aos protótipos

analisados e o método simplificado da mesma norma. A parede referência (P1) apresenta transmitância térmica (U) no valor de 2,565, superior ao máximo indicado pela norma para a zona bioclimática 2 ($U \leq 2,500$), porém apesar de não atender ao requisito para aprovação da mesma com desempenho mínimo (M) pelo método simplificado esta mesma envoltória é classificada nos critérios para desempenho superior (S). Esta contradição é relatada por outros pesquisadores em trabalhos com o de Chvatal (2014). Brito et al. (2012) avaliam o método simplificado da NBR 15575 (ABNT, 2013) e concluem que este deveria levar em consideração o conjunto da envoltória e não apenas um elemento isoladamente, como o faz. As características de apenas um elemento da envolvente não podem indicar o comportamento térmico do edifício e esta avaliação isolada pode levar a contradições como a apresentada nesta pesquisa.

Os isolantes térmicos utilizados nos protótipos apesar de apresentarem baixas condutividades térmicas permitem apenas diferenças suaves no comportamento térmico geral do conjunto da parede devido ao seu posicionamento no interior dos blocos cerâmicos. Posicionados desta forma os isolantes não barram o efeito das pontes térmicas ocorridas nas juntas de argamassa de assentamento e nas paredes dos próprios blocos cerâmicos o que impede maior ampliação da resistência térmica total do conjunto. Os isolantes desaceleram a entrada e saída de calor apenas através do bloco preenchido, mantendo a transferência na argamassa e nas paredes dos blocos. Os resultados apontam que as pequenas diferenças na resistência total ocasionaram melhorias sutis nas temperaturas internas em relação ao protótipo referência, ressaltando a influência das pontes térmicas na temperatura do ar interno em edificações.

Alguns autores citam a grande influência da cobertura no comportamento térmico de edificações térreas, consequentemente esta também possuirá grande influência em se tratando de análises feitas em protótipos experimentais que consistem em uma pequena edificação térrea. Infere-se que as paredes analisadas podem representar maiores ampliações do desempenho térmico quando utilizadas em pavimentos intermediários de edificações multipavimentos, pois o comportamento térmico destes é mais influenciado por seus elementos de vedação vertical.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho analisou-se a viabilidade e possíveis melhorias no comportamento térmico de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos com uso de isolamento térmico no interior das cavidades destes blocos. A análise foi realizada através de protótipos em escala reduzida. Os métodos propostos pela NBR 15220 para medição da resistência e condutividade térmica (princípio da placa quente protegida e método fluxímetro) permitem analisar somente as propriedades térmicas de um material isoladamente. Através dos protótipos foi possível analisar o comportamento térmico do conjunto que compõe as paredes analisadas para as condições climáticas da cidade de São Leopoldo, RS, situada na ZB2. Foram utilizados quatro protótipos, sendo um destes o referencial, representando a forma convencional de construção e os outros três com utilização de isolantes térmicos.

Das quatro amostras analisadas (referência sem preenchimento, preenchimento com EPS em esferas, Perlita expandida e EPS de baixa densidade) o protótipo referencial apresentou menor capacidade de isolamento térmico no que diz respeito ao comparativo entre temperaturas internas e externas, como era esperado. Sendo assim todos os isolantes térmicos analisados da forma utilizada reduziram sutilmente as variações térmicas no interior dos protótipos, sendo alguns reduzindo mais que outros.

O EPS de baixa densidade, material avaliado como preenchimento no protótipo denominado P4, apresentou o maior isolamento térmico entre as amostras analisadas. P4 apresentou menores amplitudes térmicas diárias e menor tempo em desconforto em seu interior, quando comparado aos demais. Este isolante apresenta também o segundo menor custo entre os isolantes analisados e o melhor comportamento. É válido frisar que o EPS, apesar de apresentar o melhor custo benefício, é o único material dentre os avaliados que necessita de preparação prévia (corte). Apesar desta necessidade ressalta-se também que este procedimento pode ser realizado com ferramentas comuns de utilização em obra como serra circular, ou seja, não apresenta maiores dificuldades ou necessidade de mão de obra especializada.

P2 apresentou o menor isolamento térmico entre os protótipos com preenchimento. Neste foram verificadas as maiores amplitudes térmicas diárias em

ambos os períodos e o maior número de minutos em desconforto de acordo com os parâmetros de Givoni (1992) entre os protótipos com preenchimento dos blocos. O EPS em esferas soltas, avaliado como preenchimento neste, embora seja constituído pela mesma matéria prima do preenchimento de P4 apresenta isolamento inferior pois as propriedades isolantes do material são perdidas quando este encontra-se de forma fragmentada, como ocorre neste caso. Os isolantes de EPS, tanto sólido de baixa densidade como em esferas soltas, apresentam viabilidade de uso em forma de resíduo, como foi feito nesta pesquisa, reduzindo ainda mais seu custo.

A Perlita Expandida, avaliada como preenchimento em P3, foi o isolante testado de preço mais elevado e obteve resultados intermediários de isolamento térmico em relação aos demais. A Perlita foi o único material isolante avaliado do qual não foi encontrada possibilidade de uso em forma de resíduo, ou seja, não encontrou-se alternativa ao seu alto custo.

Os isolantes avaliados, por se tratarem de materiais leves, não acarretam em carga extra ao edifício em caso de sua utilização, sendo assim não acrescentam custos à estrutura do mesmo. Para a realização do preenchimento não foi necessária mão de obra especializada ou materiais específicos. Não são acrescentados à parede quaisquer outros elementos que não sejam os próprios isolantes no interior das cavidades dos blocos. A execução do preenchimento nos protótipos foi realizada sem dificuldades e de forma bastante rápida, porém esta pesquisa não analisou como seria a execução deste preenchimento em um canteiro de obras real.

Os resultados obtidos nos protótipos são condizentes com o esperado, pois suas condutividades térmicas individuais já eram conhecidas anteriormente. O preenchimento com o material de menor condutividade térmica (EPS de baixa densidade $\lambda=0,04$) resultou na parede com maior resistência térmica total (RT) e menor transmitância (U) e esta obteve o menor variação térmica para o clima da cidade de São Leopoldo, RS, situada na ZB2. O material com a maior condutividade térmica (EPS em esferas $\lambda=0,06$) obteve a maior variação térmica no interior do protótipo entre os isolantes analisados e o material com condutividade térmica intermediária (Perlita expandida $\lambda=0,05$) resultou na parede com resultados intermediários.

Em relação à NBR 15575 (ABNT, 2013) os resultados apresentaram contradições devido ao fato de que a parede referência não obteve o desempenho

mínimo (M) através do método simplificado de cálculo, porém esta mesma foi classificada com desempenho superior (S) quando analisada pelo método de medições *in loco*. Esta contradição tem sido recorrente em pesquisas que utilizam a NBR 15575 (ABNT, 2013) como forma de avaliação de desempenho e esta ocorre devido ao fato de não ser possível avaliar o desempenho de uma edificação através das características de um elemento isolado da vedação externa da mesma.

Após a realização da pesquisa, coleta de dados e análise dos resultados é possível observar que existe uma sutil diferença entre os protótipos analisados. Através destas pequenas variações não é possível afirmar que a utilização de isolantes térmicos no interior das cavidades de blocos cerâmicos constituintes da alvenaria pode trazer benefícios para o desempenho térmico em edificações em escala real. A utilização de isolantes em forma de resíduos apresenta-se como uma alternativa que pode reduzir custos além de ampliar o benefício ambiental. Destaca-se que a parede é apenas um dos elementos de vedação do edifício e para uma verificação do desempenho térmico real deste é necessária a avaliação de outros elementos construtivos juntamente com o clima local, orientação solar, entre outros itens.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir deste estudo são realizadas as seguintes sugestões para trabalhos futuros:

- Monitoramento dos protótipos com as mesmas condições e composições de parede para as estações de outono e inverno;
- Utilização dos dados coletados para simulação de edificações com as composições de paredes analisadas e verificação da possível economia de energia com climatização nas mesmas *versus* o custo no ciclo de vida;
- Avaliar a situação da produção e reciclagem de resíduos de EPS no estado e verificar a possibilidade de seu uso em larga escala para isolamento térmico de edificações;
- Comparar o desempenho térmico e custos das composições de paredes analisadas com outros sistemas;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASSI, F.; DEHMANI, L. Experimental and numerical study on thermal performance of an unvented Trombe wall associated with internal thermal fins. **Energy and Buildings**, v. 105, p. 119-128, 2015.

ABBASSI, F.; DIMASSI, N.; DEHMANI, L. Energetic study of a Trombe wall system under different Tunisian building configurations. **Energy and Buildings**, v. 80, p. 302-308, 2014.

ABDOU, O. A.; MURALI, K. S. The effect of air cells and mortar joints on the thermal resistance of concrete masonry walls. **Energy and Buildings**. 21, 111- 119, 1994.

ABCERAM. Associação Brasileira de Cerâmica, 2015. Disponível em <http://www.abceram.org.br/site>. Acesso em 13 de julho de 2015.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220** - Desempenho térmico de edificações – Partes 1-4. Brasil, 2005.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575** - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Partes 1-6. Brasil, 2013.

ABRAPEX, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO. Disponível em <http://www.abrapex.com.br/010queeeEPS.html>. Acesso em 11 de outubro de 2015.

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ª edição. Brasília, 2013.

ADRIAZOLA, M. K. O. **Avaliação experimental por meio de protótipos e por simulação de painéis de madeira para habitação de interesse social**. 2008. 293 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Pós Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2008.

AGUILAR, F; SOLANO, J.; VICENTE, P. Transient modeling of high-inertial thermal bridges in buildings using the equivalent thermal wall method. **Applied Thermal Engineering**. v. 67, p. 370-377, 2014.

AKUTSU, M.; BRITO, A. C.; CHIEPPE, C. P. O efeito da capacidade térmica e da resistência térmica de paredes no desempenho térmico de habitação na cidade de São Paulo. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2012. Juiz de Fora, Brasil: **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

AYRES, J. M. P. E.; STAMPER, P. E. E. Historical development of building energy calculations. **ASHARE Transaction**, Atlanta, v. 98, n. 1, p. 841-849, 1992.

BALDO, M. S. **Estudo comparativo entre o comportamento térmico de uma cobertura verde extensiva e um telhado convencional de fibrocimento**. 2016. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2016.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. O papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 103-120, 2016.

BORGES, C. A. M.; SABBATINI, F. H. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. (Boletim Técnico, n. 515). São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, USP, 2008.

BRASIL. **Eficiência energética em habitações de interesse social**. Caderno 9. Brasília: Ministério das Cidades/ Ministério de Minas e Energia, 2005.

BRASIL. **Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**. Ministério de Minas e Energia/Eletronbras/Inmetro. 2010a.

BRASIL. **Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética edificações residenciais**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior/Inmetro. 2010b.

BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2013–Ano base 2012: Relatório Final**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética, 2013.

BRITO, A. C.; AKUTSU M.; VITTORINO, F.; AQUILINO, M. M. Contribuições Para o Aprimoramento da NBR 15575 Referente ao Método Simplificado de Avaliação de Desempenho Térmico de Edifícios. **Anais...** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 14, 2012.

CABEZA, L. F.; CASTEL, A.; MEDRANO, M.; MARTORELL, I.; PÉREZ, G.; FERNÁNDEZ, I. Experimental study on the performance of insulation materials in Mediterranean construction. **Energy and Buildings**. v. 42, p. 630-636, 2010.

CARDOSO, G. T., VECCHIA, F. Comparison of thermal performance between test cells with different coverage systems for experimental typical day of heat in Brazilian Southeastern. **Frontiers of Architectural Research**. v. 3, p. 271-282, 2014.

CASTELL, A.; MARTORELL, I; MEDRANO, M.; PÉREZ, G.; CABEZA, L.F. Experimental study of using PCM in brick constructive solutions for passive cooling. **Energy and Buildings**. V. 42, p. 534-540, 2010.

CHENG, V.; NG, E. GIVONI, B. Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate, 2005. **Solar Energy**. V. 78, p. 528-534, 2005.

CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, Vol. 14, n. 4, p. 119-134, ISSN 1678-8621, 2014.

COSTA, E. C. **Física aplicada à construção: conforto térmico**. 4ª ed. São Paulo: Editora Blücher, 1991.

CRUZ, E. G.; KOVACH, A. V. R.; MORALES, G. C.B.; GALLARDO, M.; GÓMEZ, R. G.; LAURENS, L. P.; BOHORQUEZ, E. T.; FLACÓN, R. **Desempeño térmico de La VBP-1: temperaturas características, factor decremental y retraso térmico**. Maracaibo - Venezuela: Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño (IFAD), Univerddidad del Zulia, Núcleo Técnico de LUZ., 2008.

CUNHA, E. G.; ZECHMEISTER, D.; MELO, E. Q.; MASCARÓ, J. J.; VASCONCELLOS, L. de; FRANDOLOSO, M. A. L. **Elementos de arquitetura de climatização natural: Método projetual buscando a eficiência nas edificações**. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006.

CUNHA, E. G. da, FREITAS, J. R., GIOIELLI, B. E., LEITZKE, R. K. BENINCÁ, L. Thermal Bridges Impact on Energy Consumption in Residential Buildings Considering the Brazilian Bioclimatic Zoning, 2016. **Journal of Civil Engineering and Architecture**. V. 10 p. 1114-1130, 2016.

DALBEM, R.; CUNHA, E. G. da; VICENTE, R.; FIGUEIREDO, A. J.; SILVA, A. C. S. B. da. Discussão do desempenho da envoltória de uma passive house adaptada à zona bioclimática 2 em acordo com o RTQ-R. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 201-222, janeiro/março, 2017.

DELBIN, S. **Inserção de simulação computacional de conforto ambiental de edifícios em ensino de projeto arquitetônico: proposta de metodologia**. 2006. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

DORNELES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: Método de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008, Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unicamp, Campinas, 2008.

ELETOBRAS, DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Resultados PROCEL 2015, ano base 2014**. 74 f. 2015.

FEE, FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <http://www.fee.rs.gov.br/indicadores/populacao/apresentacao/> Acesso em 11 de outubro de 2015.

FUNDACIÓN CHILE. Desarrollo experimental de especificaciones técnicas para el mejoramiento higrotérmico de muros de albañilería y hormigón. Proyecto **FONDEF D01I1161 Bienestar habitacional**. Santiago, 2004.

FREIRE, M. R.; AMORIM, A. L. A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído. TIC 2011. In: V Encontro de tecnologia de informação e comunicação na construção, 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2011.

FREITAS, V. P. Isolamento térmico de fachadas pelo exterior. Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido – ETICS. **Relatório HT 191A/02**, Porto, Portugal, 2002.

FREITAS, V. P.; BARREIRA, E.; GONÇALVES, P. F. Vantagens e inconvenientes dos sistemas de isolamento térmico pelo exterior constituídos por argamassas delgadas com polímeros sobre isolamento. In: IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Belo Horizonte, 2011.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico: Arquitetura, Urbanismo**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GIVONI, B. Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, v.18, n.1, p.11-23, 1992.

GIVONI, B. **Climate Considerations Buildings an Urban Design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, Atlas Socioeconômico e ambiental do Rio Grande do Sul. Disponível em <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/conteudo.asp>? Acesso em 20 de dezembro de 2016.

GRACIA, A.; CASTELL, A.; MEDRANO, M.; CABEZA, L. F. Dynamic thermal performance of alveolar brick construction system. **Energy Conversion and Management**, v. 52, n. 7, p. 2495-2500, 2011.

GUTIERREZ, G. C. R. **Avaliação do desempenho térmico de três tipologias de Brise-Soleil fixo**. 2004. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de Campinas – Unicamp, Campinas, 2004.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **RTQ-R** - Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética em edificações residenciais. Rio de Janeiro, 2010.

KAPPAUN, K. **Avaliação do desempenho térmico em edificações de blocos estruturais cerâmicos e de blocos estruturais de concreto para a zona bioclimática 2 brasileira**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. S. O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/2013). **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 89-101, 2014.

KRÜGER, E. L. O Uso de Equações Preditivas na Avaliação do Desempenho Térmico de um Protótipo Habitacional Constituído de Materiais Alternativos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.3, n.2, p. 77-86, abr./jun. 2003.

KRÜGER, E. L.; SUZUKI, E. V.; MATOSKI, A. Evaluation of a Trombe wall system in a subtropical location. **Energy and Buildings**, v. 66, p. 364-372, 2013.

KRÜGER, E. L.; ADRIAZOLA, M. Thermal analysis of wood-based test cells. **Construction and Building Materials**, v. 24, n. 6, p. 999-1007, 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. Ed., PW Editores, 2014.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A. L. P. de; CARLO, J. C.; BATISTA, J; O.; MARINOSKI, D. L. **Desempenho térmico em edificações**. Notas de Aula da disciplina: ECV 5161. LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa Eficiente: Climatologia e Desempenho Térmico**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de edificações**. Notas de Aula da disciplina: ECV 5161. LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-conforto%20termico.pdf> Acesso em 22 de novembro de 2016.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A. Levantamento do estado da arte: energia. Projeto: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. **Relatório Projeto Finep**. São Paulo, 2007.

LINCZUK, V. C. C. **Estratégias para melhorar o comportamento térmico de edificações residenciais em regiões de clima temperado no Sul do Brasil**. 2015. 270 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

LOPES, T. P. **Desempenho térmico de habitações de Interesse social com diferentes sistemas construtivos em Santa Catarina**. 2010. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MAALOUFA, Y.; Mounir, S.; Khabbazi, A.; Kettar, J. Thermal Characterization of Materials based on Clay and Granular: Cork or Expanded Perlite. **Energy Procedia**, v. 74, p. 1150-1161, 2015.

MACIEL, A. A. **A integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MAGNOLI, D. SCALZARETTO. R. **Geografia, espaço, cultura e cidadania**. São Paulo: Moderna, v. 1, 1998.

MANDILARAS, I.; ATSONIOS, I.; ZANNIS, G.; FOUNTI, M. Thermal performance of a building envelope incorporating ETICS with vacuum insulation panels and EPS. **Energy and Buildings**. v. 85, p. 654-665, 2014.

MARQUES, T. H. T. **Influência propriedades térmicas envolvente opaca desempenho habitações interesse social**. 2013. 143 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MATTEIS, F.; ALMEIDA, M. M. O. G. **Good, green, safe, affordable housing**. 1ª edição, Verona: Iperstesto Edizioni, 2009.

OCHOA, J. H.; ARAÚJO, D. L.; SATTLER, M. A. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**. vol.12, n.1, p. 91-114, 2012.

OLGYAY, V. W. **Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

PEARLMUTTER, D.; ROSENFELD, S. Performance analysis of a simple roof cooling system with irrigated soil and two shading alternatives. **Energy and Buildings**, v. 40, n. 5, p. 855-864, 2008.

PEDRINI, A.; SZOLKOLAY, S. Uma ferramenta de diagnóstico do consumo de energia orientada para as primeiras fases do projeto arquitetônico em clima quente. In: ENCAC, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, p. 881-888. 2003.

PEREIRA, C. D. **A Influência do Envelope no Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares Ocupadas e Ventiladas Naturalmente**. 2009. 123 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis, 2009.

PINTO, P. R. F. **Medição de Propriedades Térmicas pelo Método Fluximétrico: desenvolvimento de equipamento**. 2015. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PIRES, J. R. **Investigação da viabilidade da redução do consumo de energia elétrica em edificações residenciais através da aplicação de soluções de conforto ambiental passivo**. 2013. 228 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo, 2013.

POUEY, M. T. F. **Estudo experimental do desempenho térmico de coberturas planas**. 1998. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -- Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

PROCEL, PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. Disponível em <http://procelinfo.com.br>. Acesso em 26 de agosto de 2015.

RAMALHO, M.; CORREA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

RODRIGUES, A. M. **Térmica de edifícios – Transmissão de calor e necessidades energéticas**. Notas de Aula. Universidade Técnico Lisboa, Lisboa. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571251565/Termica.pdf>. Acesso em 22 de novembro de 2016.

ROJAS, J.; BARRIOS, G.; HUELSZ, G; TOVAR, R.; JALIFE-LOZANO S. Thermal performance of two envelope systems: Measurements in non air-conditioned outdoor test cells and simulations. **Journal of Building Physics**, 2015.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2. ed. São Paulo, Pro Editores, 2000.

ROTTA, R. **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria-RS**. 2009. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SACHT, H. M.; ROSSIGNOLO, J. A. Habitações térreas e multipavimentos de interesse Social: avaliação de desempenho térmico para tipologias com vedações em alvenaria de blocos cerâmicos e de concreto. **PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 1, n. 4, 2009.

SADEGHIFAM, A. N.; ZAHRAEEB, S. M.; MEYNAGHA, M. M.; KIANI, I. Combined use of design of experiment and dynamic building simulation in assessment of energy efficiency in tropical residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 86, p. 525-533, 2015.

SATTLER, M. A.; MORELLO, A.; GRIGOLETTI, G.; BARROSO, A.; MANFREDINI, C. Environment Comfort Perception in the Alvorada Low Cost House. **Anais...** In: The 20th Conference - PLEA 2003. Chile, 2003.

SEIXAS, G. T. C. **Climatologia aplicada à arquitetura: Investigação experimental sobre a distribuição de temperaturas internas em duas células de teste**. 2015. 126 f. Tese (Doutorado) Programa de Pós Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SIMIONI, W. I. **Análise de erros na medição de condutividade térmica de materiais através do Método Fluximétrico**. 102 f. 2005. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis, 2005.

SILVA, F. M. F. **Estudo de materiais de isolamento térmico inovadores**. 2013. 181 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto, Cidade do Porto, Portugal, 2013.

SILVA, S. M.; ALMEIDA, M. M. O. G. Using PCM to improve building's thermal performance. In: The 2nd International Energy Storage Conference-Sustainable Energy Storage in Buildings, p. 181-186, **Anais....** Dublin, 2013.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: Diretrizes e base metodológica**. 2003 Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SIMÕES, I.; SIMÕES, N.; TADEU, A. Comportamento de ETICS quando sujeitos à transferência de calor em regime dinâmico. **Anais...** In: Congresso de métodos numéricos em engenharia, Lisboa, Portugal, 2015.

SIMÕES, N.; COELHO, D.; MARTINS, S. Influência das juntas de argamassa no desempenho térmico de paredes de alvenaria. In: 3º Congresso Português de Argamassas de Construção, **Anais...** Lisboa, 2010.

SUZUKI, E. V. **Avaliação do potencial de aquecimento/resfriamento de um sistema de climatização passiva**. 2012. 91 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SPOSTO, R. M.; KOMENO, M. H.; KRÜGER, E. L. Viabilidade energético-econômica de habitações de interesse social em Brasília com uso de blocos de concreto e entulho. **Escola de Minas**, v. 60, n. 3, p. 519-524, 2007.

SZOKOLAY, S. V. Thermal Design of Buildings. **RAIA Education Division**. Red Hill, Australia, 1987.

YILMAZ, Z. Evaluation of Energy Efficient Design Strategies for Different Climatic Zones: Comparison of Thermal Performance of Buildings in Temperate-Humid and Hot-Dry Climate. **Energy and Buildings**, v.39, n.1, p. 306-316, 2007.

YU, B.; CHEN, Z.; SHANG, P.; Yang, J. Study on the influence of albedo on building heat environment in a year-round. **Energy and Buildings**, v.40, p. 945-951, 2008.








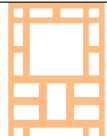

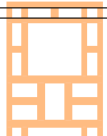
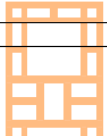
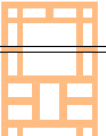
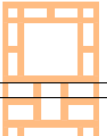
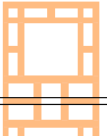
ZHANG, H.; HAAPALA, K. R. Integrating sustainable manufacturing assessment into decision making for a production work cell. **Journal of Cleaner Production**, v. 105, p. 52 – 63, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – CÁLCULOS RESISTÊNCIA E TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

A resistência térmica total e a transmitância térmica de cada parede analisada foram calculadas de acordo com os parâmetros da NBR 15220 (ABNT, 2005). Os valores de condutividade térmica de materiais de construção citados foram extraídos da NBR 15220 (ABNT, 2005), em Silva (2013) e informações cedidas pelos fornecedores dos materiais utilizados.

Primeiramente foi realizado o cálculo da resistência térmica do bloco vazio juntamente com a argamassa de assentamento. O conjunto do bloco com a argamassa foi seccionado em sete partes para realização do cálculo. A ilustração das sete seções com suas respectivas áreas segue abaixo.

A1=0,14x0,01 A1=0,00014	A2=0,14x0,007 A2=0,000098	A3=0,14x0,015 A3=0,00021	A4=0,14x0,034 A4=0,000476	A5=0,14x0,01 A5=0,00014	A6=0,14x0,0225 A6=0,000315	A7=0,14x0,01 A7=0,00014
						
						
1	2	3	4	5	6	7

Foi calculada então a resistência de cada seção utilizando-se a equação que segue. Os resultados encontram-se na tabela abaixo.

$$R = \frac{L}{\lambda}$$

**Equação
Resistência
térmica**

Onde R é a resistência térmica (m²K/W), L é a espessura do material (m) e λ é a condutividade térmica do material (W/m K).

Resistência térmica seção 1 (argamassa)	
Área = 0,00285 m ²	e= 0,1400m
R1= 0,121739 (m ² k)/W	e camada ar = 0,0000m
Resistência térmica seção 2 (cerâmica)	
Área = 0,000098 m ²	e= 0,1400m
R2= 0,155556 (m ² k)/W	e camada ar = 0,0000m
Resistência térmica seção 3 (cer+ar+cer+ar+cer+ar+cer+ar+cer)	
Área = 0,00021 m ²	e= 0,0100m
R3= 1,375556 (m ² k)/W	e camada ar 01= 0,0125m e camada ar 02= 0,0325m
Resistência térmica seção 4 (cer+ar+cer+ar+cer+ar+cer)	
Área = 0,000476 m ²	e= 0,0100m
R4= 2,499444 (m ² k)/W	e camada ar 01= 0,0125m e isolante= 0,0750m
Resistência térmica seção 5 (cerâmica+ar+cerâmica)	
Área = 0,00014 m ²	e= 0,0300m
R5= 2,066667 (m ² k)/W	e isolante= 0,0800m
Resistência térmica seção 6 (cer+ar+cer+ar+cer+ar+cer)	
Área = 0,000315 m ²	e= 0,0100m
R6= 1,534444 (m ² k)/W	e camada ar 01= 0,0350m e isolante= 0,0300m
Resistência térmica seção 7 (cerâmica+ar+cerâmica)	
Área = 0,00014 m ²	e= 0,0550m
R7= 0,872222 (m ² k)/W	e isolante = 0,0300m

Após a obtenção das resistências totais (RT) foram calculadas as transmitâncias térmicas (U) de cada parede de acordo com parâmetros e fórmulas contidas na NBR 15220 (ABNT, 2005) e em Lamberts, Dutra e Pereira (2014). A fórmula utilizada segue abaixo.

$$RT = \frac{A1 + A2 + \dots + An}{\frac{A1}{R1} + \frac{A2}{R2} + \dots + \frac{An}{Rn}}$$

**Resistência
térmica de um
elemento de
camadas
heterogêneas
- associação
em paralelo**

Onde A1, A2, An são as áreas dos elementos (transversal ao sentido do fluxo de calor) (m²) e R1, R2, Rn são as resistências térmicas dos elementos (m²K/W).

Referência		
Resistência parede		
Rt=	0,235185	(m ² k)/W
Resistência total		
RT=	0,405185	(m ² k)/W
Transmitância térmica		
U=	2,468006	W/(m ² .K)

Após os cálculos de resistência e transmitância térmica do bloco vazio algumas das cavidades vazias foram substituídas por cavidades preenchidas com os três isolantes e os cálculos foram refeitos afim de obter estes valores para os blocos preenchidos. Os resultados Encontram nas tabelas abaixo.

EPS esfera		
Resistência parede		
Rt=	0,231486	(m ² k)/W
Resistência total		
RT=	0,401486	(m ² k)/W
Transmitância térmica		
U=	2,490748	W/(m ² .K)

Perlita		
Resistência parede		
Rt=	0,233214	(m ² k)/W
Resistência total		
RT=	0,403214	(m ² k)/W
Transmitância térmica		
U=	2,480071	W/(m ² .K)

EPS		
Resistência parede		
Rt=	0,235185	(m ² k)/W
Resistência total		
RT=	0,405185	(m ² k)/W
Transmitância térmica		
U=	2,468006	W/(m ² .K)

APÊNDICE 2 – VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO E TEMPERATURAS SUPERFICIAIS NO PERÍODO DE PRIMAVERA

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
14/12/2016 00:02	25,01	25,73	25,38	25,73	20,56	0
14/12/2016 00:07	24,95	25,66	25,32	25,66	20,52	0
14/12/2016 00:12	24,90	25,60	25,25	25,60	20,47	0
14/12/2016 00:17	24,85	25,53	25,19	25,53	20,45	0
14/12/2016 00:22	24,78	25,47	25,13	25,47	20,40	0
14/12/2016 00:27	24,72	25,41	25,07	25,41	20,38	0
14/12/2016 00:32	24,66	25,34	25,00	25,34	20,32	0
14/12/2016 00:37	24,59	25,27	24,94	25,27	20,28	0
14/12/2016 00:42	24,52	25,20	24,87	25,20	20,25	0
14/12/2016 00:47	24,46	25,14	24,80	25,14	20,20	0
14/12/2016 00:52	24,40	25,08	24,74	25,08	20,17	0
14/12/2016 00:57	24,35	25,02	24,68	25,02	20,11	0
14/12/2016 01:02	24,30	24,96	24,63	24,96	20,10	0
14/12/2016 01:07	24,24	24,91	24,57	24,91	20,09	0
14/12/2016 01:12	24,19	24,85	24,51	24,85	20,02	0
14/12/2016 01:17	24,13	24,79	24,44	24,79	19,84	0
14/12/2016 01:22	24,06	24,73	24,38	24,73	19,68	0
14/12/2016 01:27	24,01	24,66	24,32	24,66	19,58	0
14/12/2016 01:32	23,95	24,61	24,26	24,61	19,48	0
14/12/2016 01:37	23,90	24,54	24,20	24,54	19,41	0
14/12/2016 01:42	23,86	24,49	24,15	24,49	19,36	0
14/12/2016 01:47	23,81	24,44	24,09	24,44	19,33	0
14/12/2016 01:52	23,76	24,38	24,04	24,38	19,32	0
14/12/2016 01:57	23,70	24,34	23,99	24,34	19,33	0
14/12/2016 02:02	23,66	24,29	23,95	24,29	19,35	0
14/12/2016 02:07	23,60	24,24	23,90	24,24	19,36	0
14/12/2016 02:12	23,56	24,19	23,84	24,19	19,38	0
14/12/2016 02:17	23,51	24,14	23,78	24,14	19,40	0
14/12/2016 02:22	23,45	24,09	23,73	24,09	19,42	0
14/12/2016 02:27	23,40	24,03	23,68	24,03	19,41	0
14/12/2016 02:32	23,36	23,99	23,63	23,99	19,41	0
14/12/2016 02:37	23,32	23,94	23,59	23,94	19,39	0
14/12/2016 02:42	23,26	23,89	23,54	23,89	19,33	0
14/12/2016 02:47	23,22	23,84	23,49	23,84	19,27	0
14/12/2016 02:52	23,16	23,80	23,44	23,80	19,21	0
14/12/2016 02:57	23,10	23,74	23,38	23,74	19,09	0
14/12/2016 03:02	23,06	23,68	23,32	23,68	18,99	0
14/12/2016 03:07	22,99	23,63	23,26	23,63	18,96	0
14/12/2016 03:12	22,94	23,58	23,22	23,58	18,90	0
14/12/2016 03:17	22,87	23,53	23,17	23,53	18,84	0
14/12/2016 03:22	22,81	23,47	23,11	23,47	18,80	0
14/12/2016 03:27	22,76	23,42	23,06	23,42	18,79	0
14/12/2016 03:32	22,69	23,37	23,01	23,37	18,82	0
14/12/2016 03:37	22,63	23,33	22,97	23,33	18,85	0
14/12/2016 03:42	22,58	23,29	22,92	23,29	18,88	0
14/12/2016 03:47	22,52	23,24	22,87	23,24	18,93	0
14/12/2016 03:52	22,48	23,19	22,82	23,19	18,94	0
14/12/2016 03:57	22,43	23,15	22,77	23,15	18,96	0
14/12/2016 04:02	22,36	23,10	22,72	23,10	18,94	0
14/12/2016 04:07	22,28	23,06	22,68	23,06	18,96	0
14/12/2016 04:12	22,23	23,01	22,64	23,01	18,94	0
14/12/2016 04:17	22,19	22,96	22,58	22,96	18,95	0
14/12/2016 04:22	22,14	22,92	22,55	22,92	18,96	0
14/12/2016 04:27	22,08	22,89	22,51	22,89	18,96	0
14/12/2016 04:32	22,04	22,85	22,48	22,85	18,97	0
14/12/2016 04:37	21,98	22,81	22,43	22,81	18,98	0
14/12/2016 04:42	21,93	22,77	22,39	22,77	18,99	0
14/12/2016 04:47	21,89	22,73	22,35	22,73	18,99	0
14/12/2016 04:52	21,84	22,02	22,32	22,70	19,00	0
14/12/2016 04:57	21,81	22,00	22,29	22,67	18,96	0
14/12/2016 05:02	21,78	21,97	22,25	22,63	18,92	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
14/12/2016 05:07	21,76	21,93	22,21	22,59	18,88	0
14/12/2016 05:12	21,72	21,91	22,18	22,56	18,87	0
14/12/2016 05:17	21,70	21,88	22,15	22,53	18,87	0
14/12/2016 05:22	21,66	21,86	22,11	22,50	18,86	0
14/12/2016 05:27	21,64	21,82	22,09	22,46	18,84	0
14/12/2016 05:32	21,61	21,78	22,03	22,42	18,83	0
14/12/2016 05:37	21,57	21,74	21,99	22,39	18,81	0
14/12/2016 05:42	21,54	21,70	21,98	22,35	18,75	0
14/12/2016 05:47	21,51	21,67	21,93	22,32	18,73	0
14/12/2016 05:52	21,48	21,65	21,90	22,28	18,68	0
14/12/2016 05:57	21,46	21,61	21,86	22,25	18,62	0
14/12/2016 06:02	21,42	21,59	21,83	22,22	18,59	0
14/12/2016 06:07	21,40	21,56	21,80	22,19	18,51	0
14/12/2016 06:12	21,36	21,53	21,77	22,16	18,45	0
14/12/2016 06:17	21,33	21,50	21,74	22,12	18,40	0
14/12/2016 06:22	21,31	21,48	21,71	22,09	18,40	0
14/12/2016 06:27	21,29	21,46	21,68	22,07	18,38	0
14/12/2016 06:32	21,26	21,44	21,66	22,04	18,37	0
14/12/2016 06:37	21,23	21,42	21,63	22,01	18,36	5
14/12/2016 06:42	21,22	21,41	21,61	21,99	18,35	11
14/12/2016 06:47	21,20	21,39	21,58	21,96	18,37	16
14/12/2016 06:52	21,17	21,38	21,56	21,94	18,43	22
14/12/2016 06:57	21,15	21,36	21,54	21,92	18,49	14
14/12/2016 07:02	21,14	21,34	21,52	21,90	18,53	16
14/12/2016 07:07	21,14	21,32	21,49	21,88	18,53	42
14/12/2016 07:12	21,13	21,29	21,47	21,85	18,58	37
14/12/2016 07:17	21,12	21,28	21,45	21,83	18,66	62
14/12/2016 07:22	21,11	21,25	21,42	21,80	18,77	84
14/12/2016 07:27	21,10	21,24	21,40	21,78	18,95	98
14/12/2016 07:32	21,09	21,23	21,38	21,77	19,23	113
14/12/2016 07:37	21,08	21,23	21,37	21,75	19,45	123
14/12/2016 07:42	21,10	21,22	21,36	21,75	19,68	176
14/12/2016 07:47	21,10	21,22	21,34	21,73	20,08	239
14/12/2016 07:52	21,12	21,22	21,34	21,73	20,44	264
14/12/2016 07:57	21,13	21,22	21,33	21,72	20,54	292
14/12/2016 08:02	21,14	21,21	21,32	21,72	20,86	256
14/12/2016 08:07	21,17	21,21	21,31	21,70	20,92	128
14/12/2016 08:12	21,18	21,21	21,31	21,70	20,79	339
14/12/2016 08:17	21,21	21,21	21,30	21,67	20,80	380
14/12/2016 08:22	21,23	21,21	21,30	21,67	21,34	403
14/12/2016 08:27	21,27	21,22	21,30	21,68	21,79	165
14/12/2016 08:32	21,29	21,23	21,32	21,69	22,31	541
14/12/2016 08:37	21,34	21,25	21,34	21,70	22,56	229
14/12/2016 08:42	21,38	21,27	21,36	21,72	22,17	220
14/12/2016 08:47	21,41	21,28	21,38	21,74	21,99	520
14/12/2016 08:52	21,47	21,30	21,39	21,75	22,62	575
14/12/2016 08:57	21,52	21,33	21,42	21,75	22,89	448
14/12/2016 09:02	21,56	21,36	21,45	21,77	23,25	190
14/12/2016 09:07	21,61	21,39	21,48	21,79	23,56	622
14/12/2016 09:12	21,66	21,43	21,51	21,80	23,46	599
14/12/2016 09:17	21,71	21,47	21,55	21,81	23,63	622
14/12/2016 09:22	21,77	21,51	21,59	21,83	24,23	649
14/12/2016 09:27	21,81	21,55	21,63	21,84	24,52	633
14/12/2016 09:32	21,88	21,59	21,67	21,86	24,35	659
14/12/2016 09:37	22,05	21,71	21,63	21,88	23,88	659
14/12/2016 09:42	21,98	21,66	21,75	21,91	24,13	158
14/12/2016 09:47	22,03	21,70	21,79	21,92	24,60	679
14/12/2016 09:52	22,07	21,74	21,82	21,95	24,65	747
14/12/2016 09:57	22,13	21,79	21,87	21,97	24,88	782
14/12/2016 10:02	22,19	21,84	21,91	21,98	24,48	745
14/12/2016 10:07	22,24	21,89	21,96	22,03	24,72	782
14/12/2016 10:12	22,30	21,95	22,01	22,06	25,29	788
14/12/2016 10:17	22,37	22,01	22,03	22,10	25,59	778
14/12/2016 10:22	22,43	22,07	22,05	22,15	25,38	793

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
14/12/2016 10:27	22,50	22,14	22,10	22,18	25,53	814
14/12/2016 10:32	22,56	22,19	22,16	22,24	25,44	809
14/12/2016 10:37	22,59	22,24	22,18	22,28	25,09	842
14/12/2016 10:42	22,62	22,29	22,21	22,33	25,38	847
14/12/2016 10:47	22,67	22,36	22,27	22,36	25,15	853
14/12/2016 10:52	22,73	22,41	22,32	22,41	25,02	862
14/12/2016 10:57	22,79	22,46	22,39	22,45	25,36	870
14/12/2016 11:02	22,85	22,51	22,44	22,49	25,66	926
14/12/2016 11:07	22,90	22,56	22,50	22,53	26,15	965
14/12/2016 11:12	22,94	22,61	22,55	22,57	26,26	926
14/12/2016 11:17	23,00	22,66	22,61	22,60	26,11	926
14/12/2016 11:22	23,07	22,73	22,68	22,65	26,62	977
14/12/2016 11:27	23,13	22,79	22,74	22,69	27,18	981
14/12/2016 11:32	23,19	22,86	22,81	22,74	27,68	944
14/12/2016 11:37	23,25	22,92	22,87	22,77	27,65	981
14/12/2016 11:42	23,31	22,97	22,93	22,82	27,69	970
14/12/2016 11:47	23,36	23,03	22,98	22,86	27,55	1005
14/12/2016 11:52	23,42	23,09	23,05	22,89	27,83	1004
14/12/2016 11:57	23,48	23,15	23,12	22,94	28,11	1004
14/12/2016 12:02	23,56	23,21	23,19	22,98	28,05	1006
14/12/2016 12:07	23,62	23,28	23,25	23,01	28,02	1007
14/12/2016 12:12	23,67	23,33	23,31	23,05	27,98	1004
14/12/2016 12:17	23,73	23,39	23,36	23,10	28,49	1030
14/12/2016 12:22	23,78	23,44	23,42	23,14	28,49	1046
14/12/2016 12:27	23,83	23,50	23,47	23,17	28,25	1060
14/12/2016 12:32	23,87	23,54	23,51	23,22	28,29	1146
14/12/2016 12:37	23,92	23,59	23,57	23,26	28,75	1139
14/12/2016 12:42	23,99	23,66	23,64	23,29	29,59	1072
14/12/2016 12:47	24,05	23,72	23,69	23,34	29,41	1065
14/12/2016 12:52	24,10	23,78	23,76	23,39	29,75	1081
14/12/2016 12:57	24,17	23,85	23,83	23,44	30,30	1118
14/12/2016 13:02	24,23	23,91	23,89	23,49	30,04	1097
14/12/2016 13:07	24,29	23,97	23,95	23,54	30,22	1078
14/12/2016 13:12	24,35	24,03	24,01	23,59	30,18	1074
14/12/2016 13:17	24,40	24,08	24,06	23,64	29,20	1113
14/12/2016 13:22	24,45	24,13	24,11	23,69	29,52	1078
14/12/2016 13:27	24,51	24,19	24,17	23,74	30,33	1056
14/12/2016 13:32	24,56	24,25	24,23	23,80	30,01	900
14/12/2016 13:37	24,63	24,30	24,29	23,86	30,23	1074
14/12/2016 13:42	24,68	24,36	24,35	23,92	30,07	1048
14/12/2016 13:47	24,74	24,42	24,41	23,98	30,01	1035
14/12/2016 13:52	24,80	24,48	24,47	24,05	30,06	1065
14/12/2016 13:57	24,86	24,53	24,53	24,11	30,53	1027
14/12/2016 14:02	24,91	24,59	24,58	24,16	30,18	1048
14/12/2016 14:07	24,96	24,63	24,64	24,22	29,67	1032
14/12/2016 14:12	25,01	24,69	24,69	24,28	29,88	1011
14/12/2016 14:17	25,07	24,74	24,75	24,35	30,27	999
14/12/2016 14:22	25,11	24,78	24,79	24,40	29,94	997
14/12/2016 14:27	25,15	24,81	24,83	24,47	29,64	990
14/12/2016 14:32	25,19	24,86	24,89	24,53	29,83	990
14/12/2016 14:37	25,23	24,91	24,94	24,58	29,83	981
14/12/2016 14:42	25,29	24,96	24,99	24,64	30,38	976
14/12/2016 14:47	25,33	25,00	25,02	24,71	30,45	983
14/12/2016 14:52	25,37	25,03	25,07	24,76	30,13	1032
14/12/2016 14:57	25,40	25,07	25,10	24,81	29,90	939
14/12/2016 15:02	25,44	25,10	25,14	24,87	29,61	956
14/12/2016 15:07	25,48	25,14	25,18	24,92	30,17	928
14/12/2016 15:12	25,53	25,19	25,23	24,98	30,48	914
14/12/2016 15:17	25,57	25,24	25,28	25,04	30,30	909
14/12/2016 15:22	25,61	25,29	25,32	25,08	30,15	895
14/12/2016 15:27	25,67	25,33	25,36	25,13	30,71	890
14/12/2016 15:32	25,72	25,37	25,41	25,14	31,25	877
14/12/2016 15:37	25,77	25,42	25,46	25,18	30,91	867
14/12/2016 15:42	25,81	25,47	25,50	25,22	31,01	854

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
14/12/2016 15:47	25,85	25,51	25,55	25,26	30,76	844
14/12/2016 15:52	25,89	25,56	25,60	25,31	30,81	826
14/12/2016 15:57	25,94	25,58	25,63	25,36	30,90	820
14/12/2016 16:02	25,96	25,61	25,67	25,41	30,82	805
14/12/2016 16:07	26,00	25,64	25,71	25,46	30,88	793
14/12/2016 16:12	26,05	25,68	25,75	25,51	31,13	784
14/12/2016 16:17	26,10	25,72	25,80	25,57	31,32	765
14/12/2016 16:22	26,15	25,75	25,84	25,62	31,33	759
14/12/2016 16:27	26,19	25,79	25,88	25,68	30,94	744
14/12/2016 16:32	26,24	25,83	25,92	25,71	30,91	725
14/12/2016 16:37	26,27	25,86	25,97	25,75	30,91	715
14/12/2016 16:42	26,32	25,90	26,01	25,80	30,93	694
14/12/2016 16:47	26,34	25,94	26,05	25,83	30,80	680
14/12/2016 16:52	26,38	25,98	26,09	25,88	30,67	670
14/12/2016 16:57	26,42	26,02	26,14	25,92	31,29	663
14/12/2016 17:02	26,45	26,06	26,18	25,95	31,17	652
14/12/2016 17:07	26,49	26,10	26,21	26,00	31,22	671
14/12/2016 17:12	26,53	26,14	26,25	26,03	30,96	179
14/12/2016 17:17	26,57	26,19	26,29	26,07	30,89	615
14/12/2016 17:22	26,62	26,22	26,32	26,11	30,36	102
14/12/2016 17:27	26,64	26,24	26,34	26,15	28,82	116
14/12/2016 17:32	26,67	26,25	26,35	26,18	28,88	547
14/12/2016 17:37	26,71	26,29	26,37	26,23	29,83	557
14/12/2016 17:42	26,74	26,34	26,39	26,26	29,92	509
14/12/2016 17:47	26,76	26,39	26,41	26,29	30,40	494
14/12/2016 17:52	26,79	26,44	26,44	26,31	30,66	473
14/12/2016 17:57	26,80	26,49	26,45	26,33	30,93	343
14/12/2016 18:02	26,80	26,52	26,48	26,33	30,53	446
14/12/2016 18:07	26,81	26,55	26,50	26,34	30,31	403
14/12/2016 18:12	26,83	26,58	26,52	26,36	30,37	387
14/12/2016 18:17	26,82	26,62	26,53	26,38	30,71	368
14/12/2016 18:22	26,81	26,65	26,54	26,38	30,53	346
14/12/2016 18:27	26,81	26,65	26,56	26,39	29,90	329
14/12/2016 18:32	26,79	26,67	26,57	26,41	29,41	308
14/12/2016 18:37	26,79	26,67	26,57	26,43	28,87	288
14/12/2016 18:42	26,76	26,66	26,57	26,43	28,17	269
14/12/2016 18:47	26,73	26,65	26,57	26,42	27,53	251
14/12/2016 18:52	26,69	26,63	26,56	26,41	27,31	236
14/12/2016 18:57	26,67	26,63	26,54	26,39	26,94	216
14/12/2016 19:02	26,64	26,62	26,53	26,39	26,69	197
14/12/2016 19:07	26,62	26,61	26,51	26,38	26,57	178
14/12/2016 19:12	26,58	26,60	26,51	26,37	26,40	155
14/12/2016 19:17	26,53	26,57	26,49	26,36	25,88	137
14/12/2016 19:22	26,48	26,55	26,46	26,33	25,19	118
14/12/2016 19:27	26,42	26,50	26,44	26,30	24,34	100
14/12/2016 19:32	26,36	26,46	26,42	26,27	23,54	83
14/12/2016 19:37	26,31	26,44	26,38	26,24	23,04	67
14/12/2016 19:42	26,26	26,41	26,35	26,21	22,77	53
14/12/2016 19:47	26,21	26,38	26,32	26,19	22,51	40
14/12/2016 19:52	26,15	26,35	26,28	26,17	22,27	30
14/12/2016 19:57	26,09	26,31	26,25	26,16	22,02	22
14/12/2016 20:02	26,03	26,26	26,20	26,14	21,77	18
14/12/2016 20:07	25,98	26,22	26,16	26,11	21,62	14
14/12/2016 20:12	25,92	26,17	26,11	26,09	21,45	11
14/12/2016 20:17	25,85	26,11	26,06	26,07	21,27	7
14/12/2016 20:22	25,76	26,04	26,00	26,06	21,13	0
14/12/2016 20:27	25,69	25,98	25,94	26,03	21,02	0
14/12/2016 20:32	25,59	25,90	25,87	26,01	20,87	0
14/12/2016 20:37	25,51	25,84	25,81	25,98	20,75	0
14/12/2016 20:42	25,42	25,77	25,74	25,95	20,64	0
14/12/2016 20:47	25,34	25,69	25,67	25,86	20,55	0
14/12/2016 20:52	25,27	25,63	25,60	25,83	20,51	0
14/12/2016 20:57	25,22	25,56	25,54	25,81	20,41	0
14/12/2016 21:02	25,13	25,49	25,47	25,78	20,30	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
14/12/2016 21:07	25,06	25,41	25,40	25,71	20,22	0
14/12/2016 21:12	25,00	25,34	25,33	25,65	20,12	0
14/12/2016 21:17	24,94	25,28	25,26	25,59	20,03	0
14/12/2016 21:22	24,88	25,21	25,18	25,52	19,86	0
14/12/2016 21:27	24,82	25,14	25,11	25,44	19,76	0
14/12/2016 21:32	24,75	25,06	25,03	25,37	19,64	0
14/12/2016 21:37	24,67	24,98	24,95	25,30	19,58	0
14/12/2016 21:42	24,59	24,91	24,87	25,22	19,50	0
14/12/2016 21:47	24,51	24,84	24,79	25,14	19,48	0
14/12/2016 21:52	24,44	24,76	24,70	25,06	19,43	0
14/12/2016 21:57	24,36	24,63	24,66	24,99	19,31	0
14/12/2016 22:02	24,28	24,54	24,60	24,90	19,25	0
14/12/2016 22:07	24,20	24,46	24,53	24,83	19,13	0
14/12/2016 22:12	24,12	24,37	24,46	24,75	19,00	0
14/12/2016 22:17	24,04	24,29	24,39	24,67	18,93	0
14/12/2016 22:22	23,96	24,21	24,32	24,59	18,85	0
14/12/2016 22:27	23,88	24,13	24,23	24,51	18,65	0
14/12/2016 22:32	23,79	24,06	24,16	24,43	18,62	0
14/12/2016 22:37	23,71	23,97	24,08	24,35	18,63	0
14/12/2016 22:42	23,62	23,89	24,00	24,27	18,63	0
14/12/2016 22:47	23,54	23,81	23,92	24,19	18,53	0
14/12/2016 22:52	23,46	23,74	23,84	24,10	18,31	0
14/12/2016 22:57	23,37	23,66	23,77	24,03	18,10	0
14/12/2016 23:02	23,31	23,58	23,69	23,95	17,97	0
14/12/2016 23:07	23,23	23,50	23,61	23,87	17,85	0
14/12/2016 23:12	23,15	23,42	23,52	23,80	17,70	0
14/12/2016 23:17	23,07	23,34	23,45	23,72	17,53	0
14/12/2016 23:22	22,99	23,25	23,36	23,65	17,41	0
14/12/2016 23:27	22,92	23,18	23,29	23,57	17,36	0
14/12/2016 23:32	22,84	23,11	23,21	23,50	17,24	0
14/12/2016 23:37	22,77	23,03	23,13	23,42	17,21	0
14/12/2016 23:42	22,69	22,95	23,06	23,35	17,28	0
14/12/2016 23:47	22,61	22,88	22,98	23,27	17,25	0
14/12/2016 23:52	22,54	22,80	22,90	23,19	17,17	0
14/12/2016 23:57	22,47	22,73	22,84	23,12	17,27	0
15/12/2016 00:02	22,40	22,65	22,76	23,05	17,28	0
15/12/2016 00:07	22,33	22,59	22,69	22,98	17,14	0
15/12/2016 00:12	22,27	22,52	22,62	22,91	17,01	0
15/12/2016 00:17	22,20	22,45	22,55	22,84	16,90	0
15/12/2016 00:22	22,13	22,38	22,48	22,77	16,75	0
15/12/2016 00:27	22,06	22,31	22,41	22,70	16,57	0
15/12/2016 00:32	21,99	22,24	22,34	22,64	16,43	0
15/12/2016 00:37	21,93	22,16	22,28	22,57	16,37	0
15/12/2016 00:42	21,86	22,11	22,21	22,50	16,48	0
15/12/2016 00:47	21,80	22,04	22,15	22,43	16,63	0
15/12/2016 00:52	21,74	21,98	22,09	22,37	16,77	0
15/12/2016 00:57	21,68	21,91	22,03	22,31	16,85	0
15/12/2016 01:02	21,62	21,85	21,97	22,25	16,88	0
15/12/2016 01:07	21,57	21,79	21,92	22,19	16,93	0
15/12/2016 01:12	21,51	21,73	21,87	22,14	16,98	0
15/12/2016 01:17	21,46	21,68	21,81	22,08	17,06	0
15/12/2016 01:22	21,40	21,62	21,76	22,02	17,06	0
15/12/2016 01:27	21,35	21,57	21,71	21,97	17,03	0
15/12/2016 01:32	21,31	21,51	21,65	21,91	17,03	0
15/12/2016 01:37	21,25	21,46	21,60	21,86	17,03	0
15/12/2016 01:42	21,20	21,40	21,54	21,81	16,94	0
15/12/2016 01:47	21,16	21,35	21,50	21,75	16,86	0
15/12/2016 01:52	21,11	21,29	21,44	21,70	16,82	0
15/12/2016 01:57	21,07	21,24	21,39	21,65	16,85	0
15/12/2016 02:02	21,02	21,20	21,34	21,60	16,92	0
15/12/2016 02:07	20,98	21,15	21,30	21,55	16,91	0
15/12/2016 02:12	20,94	21,11	21,26	21,50	16,85	0
15/12/2016 02:17	20,90	21,06	21,21	21,46	16,84	0
15/12/2016 02:22	20,86	21,01	21,17	21,41	16,76	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/12/2016 02:27	20,82	20,96	21,12	21,37	16,71	0
15/12/2016 02:32	20,77	20,92	21,07	21,32	16,64	0
15/12/2016 02:37	20,73	20,87	21,02	21,27	16,71	0
15/12/2016 02:42	20,69	20,83	20,98	21,23	16,82	0
15/12/2016 02:47	20,66	20,79	20,94	21,18	16,87	0
15/12/2016 02:52	20,62	20,74	20,90	21,14	16,80	0
15/12/2016 02:57	20,58	20,70	20,85	21,10	16,67	0
15/12/2016 03:02	20,55	20,66	20,81	21,06	16,59	0
15/12/2016 03:07	20,51	20,61	20,77	21,01	16,62	0
15/12/2016 03:12	20,47	20,58	20,73	20,97	16,56	0
15/12/2016 03:17	20,43	20,53	20,68	20,93	16,44	0
15/12/2016 03:22	20,39	20,49	20,64	20,89	16,34	0
15/12/2016 03:27	20,36	20,44	20,60	20,84	16,17	0
15/12/2016 03:32	20,32	20,40	20,56	20,80	16,11	0
15/12/2016 03:37	20,28	20,36	20,52	20,76	16,14	0
15/12/2016 03:42	20,25	20,32	20,48	20,72	16,20	0
15/12/2016 03:47	20,21	20,27	20,44	20,69	16,28	0
15/12/2016 03:52	20,18	20,24	20,40	20,65	16,29	0
15/12/2016 03:57	20,15	20,20	20,37	20,61	16,23	0
15/12/2016 04:02	20,12	20,16	20,33	20,58	16,24	0
15/12/2016 04:07	20,09	20,12	20,30	20,54	16,23	0
15/12/2016 04:12	20,05	20,09	20,26	20,51	16,23	0
15/12/2016 04:17	20,02	20,05	20,23	20,48	16,20	0
15/12/2016 04:22	19,99	20,02	20,19	20,44	16,18	0
15/12/2016 04:27	19,96	19,98	20,16	20,41	16,12	0
15/12/2016 04:32	19,92	19,94	20,12	20,37	16,06	0
15/12/2016 04:37	19,89	19,90	20,09	20,34	16,01	0
15/12/2016 04:42	19,86	19,87	20,06	20,30	16,00	0
15/12/2016 04:47	19,83	19,83	20,02	20,27	15,96	0
15/12/2016 04:52	19,79	19,80	19,99	20,23	15,92	0
15/12/2016 04:57	19,76	19,76	19,95	20,20	15,88	0
15/12/2016 05:02	19,73	19,72	19,92	20,17	15,81	0
15/12/2016 05:07	19,70	19,69	19,88	20,13	15,75	0
15/12/2016 05:12	19,66	19,65	19,84	20,10	15,64	0
15/12/2016 05:17	19,62	19,62	19,81	20,06	15,49	0
15/12/2016 05:22	19,59	19,58	19,77	20,03	15,35	0
15/12/2016 05:27	19,53	19,54	19,74	19,99	15,24	0
15/12/2016 05:32	19,48	19,50	19,70	19,96	15,18	0
15/12/2016 05:37	19,43	19,46	19,66	19,92	15,04	0
15/12/2016 05:42	19,39	19,43	19,63	19,89	14,93	0
15/12/2016 05:47	19,33	19,39	19,59	19,85	14,84	0
15/12/2016 05:52	19,29	19,35	19,55	19,82	14,77	0
15/12/2016 05:57	19,24	19,31	19,51	19,78	14,65	0
15/12/2016 06:02	19,21	19,28	19,48	19,74	14,58	0
15/12/2016 06:07	19,17	19,24	19,44	19,70	14,35	0
15/12/2016 06:12	19,12	19,20	19,40	19,67	14,11	0
15/12/2016 06:17	19,09	19,16	19,36	19,63	13,92	0
15/12/2016 06:22	19,04	19,12	19,32	19,59	13,69	7
15/12/2016 06:27	19,00	19,08	19,27	19,55	13,55	11
15/12/2016 06:32	18,96	19,04	19,24	19,51	13,52	14
15/12/2016 06:37	18,92	19,00	19,19	19,48	13,50	18
15/12/2016 06:42	18,89	18,96	19,15	19,44	13,48	23
15/12/2016 06:47	18,85	18,92	19,11	19,40	13,55	29
15/12/2016 06:52	18,80	18,88	19,07	19,36	13,69	37
15/12/2016 06:57	18,87	18,83	19,03	19,32	13,83	49
15/12/2016 07:02	18,82	18,79	18,99	19,28	14,05	62
15/12/2016 07:07	18,79	18,75	18,95	19,24	14,52	77
15/12/2016 07:12	18,74	18,72	18,91	19,21	15,10	93
15/12/2016 07:17	18,70	18,69	18,88	19,17	15,71	113
15/12/2016 07:22	18,67	18,66	18,85	19,16	16,26	130
15/12/2016 07:27	18,64	18,64	18,83	19,14	16,74	149
15/12/2016 07:32	18,61	18,62	18,81	19,13	17,16	171
15/12/2016 07:37	18,60	18,60	18,79	19,10	17,55	193
15/12/2016 07:42	18,56	18,59	18,77	19,09	17,83	216

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/12/2016 07:47	18,55	18,57	18,76	19,07	18,08	239
15/12/2016 07:52	18,52	18,57	18,75	19,07	18,31	257
15/12/2016 07:57	18,52	18,56	18,74	19,05	18,37	273
15/12/2016 08:02	18,51	18,56	18,74	19,05	18,74	294
15/12/2016 08:07	18,50	18,56	18,74	19,05	18,82	309
15/12/2016 08:12	18,50	18,57	18,74	19,03	19,02	330
15/12/2016 08:17	18,50	18,58	18,75	19,03	19,44	345
15/12/2016 08:22	18,51	18,59	18,76	19,03	19,72	369
15/12/2016 08:27	18,54	18,60	18,78	19,04	20,00	384
15/12/2016 08:32	18,55	18,62	18,80	19,05	20,24	404
15/12/2016 08:37	18,57	18,65	18,82	19,07	20,55	417
15/12/2016 08:42	18,60	18,68	18,85	19,09	20,71	438
15/12/2016 08:47	18,64	18,71	18,88	19,12	20,82	459
15/12/2016 08:52	18,67	18,74	18,91	19,15	20,86	478
15/12/2016 08:57	18,72	18,78	18,94	19,18	21,15	496
15/12/2016 09:02	18,77	18,82	18,98	19,20	21,63	517
15/12/2016 09:07	18,83	18,87	19,03	19,25	22,10	538
15/12/2016 09:12	18,90	18,92	19,09	19,29	22,05	570
15/12/2016 09:17	18,98	18,96	19,15	19,33	22,12	585
15/12/2016 09:22	19,06	19,02	19,20	19,36	22,18	626
15/12/2016 09:27	19,13	19,06	19,25	19,39	21,90	192
15/12/2016 09:32	19,22	19,11	19,30	19,42	21,46	636
15/12/2016 09:37	19,30	19,15	19,35	19,45	22,09	649
15/12/2016 09:42	19,40	19,21	19,41	19,48	23,05	664
15/12/2016 09:47	19,48	19,27	19,47	19,51	23,73	696
15/12/2016 09:52	19,58	19,34	19,54	19,54	24,01	722
15/12/2016 09:57	19,66	19,61	19,51	19,57	23,90	719
15/12/2016 10:02	19,75	19,68	19,49	19,61	23,79	712
15/12/2016 10:07	19,86	19,75	19,56	19,64	24,33	729
15/12/2016 10:12	19,96	19,82	19,63	19,67	24,28	749
15/12/2016 10:17	20,05	19,90	19,71	19,71	24,39	761
15/12/2016 10:22	20,14	19,98	19,78	19,74	24,65	768
15/12/2016 10:27	20,24	20,06	19,86	19,77	24,72	779
15/12/2016 10:32	20,32	20,13	19,94	19,79	24,76	796
15/12/2016 10:37	20,42	20,20	20,01	19,84	25,18	816
15/12/2016 10:42	20,50	20,27	20,09	19,87	25,39	826
15/12/2016 10:47	20,60	20,35	20,16	19,91	25,11	833
15/12/2016 10:52	20,68	20,43	20,23	19,98	25,05	849
15/12/2016 10:57	20,77	20,52	20,31	20,03	25,65	872
15/12/2016 11:02	20,86	20,60	20,39	20,09	25,84	879
15/12/2016 11:07	20,93	20,67	20,46	20,15	25,62	891
15/12/2016 11:12	21,01	20,75	20,54	20,20	26,11	900
15/12/2016 11:17	21,09	20,83	20,62	20,28	26,55	905
15/12/2016 11:22	21,18	20,92	20,70	20,34	26,41	923
15/12/2016 11:27	21,26	21,00	20,77	20,40	26,48	926
15/12/2016 11:32	21,35	21,07	20,86	20,48	27,20	937
15/12/2016 11:37	21,43	21,16	20,94	20,55	27,33	946
15/12/2016 11:42	21,50	21,22	21,02	20,62	26,83	954
15/12/2016 11:47	21,57	21,31	21,09	20,67	27,53	962
15/12/2016 11:52	21,64	21,38	21,17	20,74	27,79	968
15/12/2016 11:57	21,73	21,46	21,25	20,81	27,82	974
15/12/2016 12:02	21,80	21,53	21,33	20,86	27,63	979
15/12/2016 12:07	21,86	21,59	21,39	20,93	27,02	977
15/12/2016 12:12	21,92	21,67	21,46	21,01	27,34	990
15/12/2016 12:17	21,99	21,74	21,53	21,09	27,52	997
15/12/2016 12:22	22,06	21,81	21,60	21,15	27,64	993
15/12/2016 12:27	22,11	21,87	21,67	21,20	27,83	1000
15/12/2016 12:32	22,19	21,94	21,75	21,29	28,54	1011
15/12/2016 12:37	22,26	22,01	21,83	21,36	28,57	1014
15/12/2016 12:42	22,33	22,09	21,91	21,42	28,93	1014
15/12/2016 12:47	22,40	22,17	21,99	21,49	28,87	1016
15/12/2016 12:52	22,46	22,22	22,05	21,57	28,79	1020
15/12/2016 12:57	22,52	22,28	22,12	21,64	28,73	1023
15/12/2016 13:02	22,57	22,35	22,18	21,71	29,28	1023

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/12/2016 13:07	22,63	22,41	22,25	21,76	29,35	1025
15/12/2016 13:12	22,69	22,47	22,32	21,82	29,37	1030
15/12/2016 13:17	22,76	22,53	22,39	21,88	28,86	1028
15/12/2016 13:22	22,83	22,59	22,45	21,95	28,56	1030
15/12/2016 13:27	22,89	22,65	22,51	22,00	28,49	1030
15/12/2016 13:32	22,94	22,71	22,58	22,06	28,85	1025
15/12/2016 13:37	23,00	22,77	22,64	22,13	29,36	1025
15/12/2016 13:42	23,07	22,85	22,71	22,19	29,59	1023
15/12/2016 13:47	23,15	22,90	22,78	22,24	29,61	1025
15/12/2016 13:52	23,21	22,97	22,84	22,31	29,33	1018
15/12/2016 13:57	23,25	23,02	22,90	22,38	29,28	1021
15/12/2016 14:02	23,30	23,08	22,95	22,45	29,32	1023
15/12/2016 14:07	23,35	23,14	23,00	22,50	29,28	1018
15/12/2016 14:12	23,40	23,19	23,04	22,58	29,14	1017
15/12/2016 14:17	23,46	23,23	23,09	22,63	29,61	1014
15/12/2016 14:22	23,52	23,29	23,15	22,71	30,27	1007
15/12/2016 14:27	23,57	23,35	23,21	22,78	30,40	997
15/12/2016 14:32	23,63	23,41	23,27	22,86	30,69	991
15/12/2016 14:37	23,69	23,47	23,33	22,93	30,11	986
15/12/2016 14:42	23,75	23,53	23,38	23,00	30,36	974
15/12/2016 14:47	23,80	23,59	23,43	23,06	30,39	972
15/12/2016 14:52	23,87	23,65	23,48	23,12	30,42	962
15/12/2016 14:57	23,91	23,70	23,52	23,19	29,98	953
15/12/2016 15:02	23,96	23,74	23,58	23,24	30,31	940
15/12/2016 15:07	24,03	23,80	23,64	23,31	30,73	932
15/12/2016 15:12	24,08	23,85	23,69	23,37	30,38	923
15/12/2016 15:17	24,14	23,90	23,74	23,43	30,10	912
15/12/2016 15:22	24,20	23,95	23,79	23,50	30,39	902
15/12/2016 15:27	24,26	24,00	23,85	23,58	30,13	888
15/12/2016 15:32	24,32	24,06	23,91	23,64	30,19	879
15/12/2016 15:37	24,38	24,12	23,96	23,70	29,72	865
15/12/2016 15:42	24,44	24,16	24,00	23,76	29,75	853
15/12/2016 15:47	24,50	24,22	24,06	23,82	30,08	842
15/12/2016 15:52	24,56	24,28	24,12	23,89	30,75	829
15/12/2016 15:57	24,62	24,34	24,17	23,94	30,30	818
15/12/2016 16:02	24,68	24,40	24,23	24,00	30,04	805
15/12/2016 16:07	24,74	24,46	24,29	24,06	29,83	795
15/12/2016 16:12	24,80	24,52	24,35	24,11	29,55	777
15/12/2016 16:17	24,86	24,58	24,41	24,17	29,44	761
15/12/2016 16:22	24,92	24,65	24,47	24,23	29,81	745
15/12/2016 16:27	24,98	24,71	24,52	24,29	30,00	734
15/12/2016 16:32	25,04	24,77	24,58	24,36	29,50	717
15/12/2016 16:37	25,09	24,82	24,63	24,41	29,35	703
15/12/2016 16:42	25,14	24,86	24,67	24,47	29,05	687
15/12/2016 16:47	25,17	24,90	24,71	24,54	28,80	671
15/12/2016 16:52	25,22	24,94	24,75	24,60	28,82	657
15/12/2016 16:57	25,27	24,99	24,80	24,66	28,61	638
15/12/2016 17:02	25,31	25,04	24,85	24,72	28,59	623
15/12/2016 17:07	25,36	25,08	24,90	24,78	28,89	606
15/12/2016 17:12	25,41	25,15	24,95	24,84	28,87	591
15/12/2016 17:17	25,47	25,20	25,01	24,90	28,39	570
15/12/2016 17:22	25,53	25,25	25,05	24,97	28,26	550
15/12/2016 17:27	25,57	25,29	25,09	25,01	28,14	540
15/12/2016 17:32	25,60	25,32	25,14	25,04	28,05	519
15/12/2016 17:37	25,62	25,35	25,19	25,08	27,94	499
15/12/2016 17:42	25,67	25,40	25,24	25,11	28,41	483
15/12/2016 17:47	25,73	25,46	25,29	25,16	27,89	468
15/12/2016 17:52	25,78	25,50	25,34	25,18	27,77	452
15/12/2016 17:57	25,80	25,55	25,37	25,21	27,61	429
15/12/2016 18:02	25,83	25,58	25,41	25,25	27,36	415
15/12/2016 18:07	25,84	25,61	25,44	25,28	27,07	392
15/12/2016 18:12	25,87	25,64	25,48	25,31	26,87	381
15/12/2016 18:17	25,89	25,68	25,51	25,35	26,71	364
15/12/2016 18:22	25,89	25,67	25,53	25,38	26,40	343

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/12/2016 18:27	25,88	25,67	25,57	25,40	26,54	323
15/12/2016 18:32	25,90	25,71	25,57	25,43	26,36	304
15/12/2016 18:37	25,91	25,72	25,62	25,45	26,09	288
15/12/2016 18:42	25,90	25,73	25,60	25,48	25,94	271
15/12/2016 18:47	25,90	25,73	25,62	25,49	25,74	251
15/12/2016 18:52	25,88	25,74	25,62	25,51	25,45	234
15/12/2016 18:57	25,88	25,75	25,63	25,52	25,13	216
15/12/2016 19:02	25,87	25,76	25,63	25,55	25,10	197
15/12/2016 19:07	25,83	25,73	25,62	25,55	24,78	174
15/12/2016 19:12	25,80	25,71	25,61	25,57	24,69	153
15/12/2016 19:17	25,78	25,70	25,60	25,57	24,54	136
15/12/2016 19:22	25,75	25,70	25,59	25,56	24,20	119
15/12/2016 19:27	25,75	25,71	25,58	25,55	23,74	100
15/12/2016 19:32	25,74	25,71	25,57	25,53	23,02	83
15/12/2016 19:37	25,71	25,71	25,53	25,53	22,58	67
15/12/2016 19:42	25,65	25,66	25,51	25,51	22,27	54
15/12/2016 19:47	25,60	25,62	25,48	25,50	22,00	42
15/12/2016 19:52	25,55	25,58	25,45	25,48	21,72	33
15/12/2016 19:57	25,50	25,55	25,43	25,47	21,56	25
15/12/2016 20:02	25,44	25,50	25,39	25,45	21,40	19
15/12/2016 20:07	25,39	25,46	25,37	25,43	21,18	14
15/12/2016 20:12	25,35	25,41	25,34	25,41	21,01	11
15/12/2016 20:17	25,29	25,36	25,31	25,39	20,85	7
15/12/2016 20:22	25,23	25,32	25,28	25,36	20,70	0
15/12/2016 20:27	25,15	25,26	25,26	25,34	20,54	0
15/12/2016 20:32	25,07	25,20	25,22	25,33	20,42	0
15/12/2016 20:37	25,00	25,14	25,20	25,31	20,29	0
15/12/2016 20:42	24,94	25,06	25,15	25,29	20,12	0
15/12/2016 20:47	24,86	25,10	24,98	25,24	20,04	0
15/12/2016 20:52	24,77	24,82	25,02	25,19	19,90	0
15/12/2016 20:57	24,72	24,76	24,96	25,13	19,77	0
15/12/2016 21:02	24,65	24,69	24,90	25,07	19,75	0
15/12/2016 21:07	24,58	24,62	24,83	25,02	19,64	0
15/12/2016 21:12	24,52	24,56	24,76	24,96	19,57	0
15/12/2016 21:17	24,44	24,49	24,69	24,90	19,58	0
15/12/2016 21:22	24,36	24,41	24,61	24,84	19,49	0
15/12/2016 21:27	24,29	24,35	24,54	24,77	19,44	0
15/12/2016 21:32	24,21	24,28	24,46	24,70	19,39	0
15/12/2016 21:37	24,12	24,21	24,39	24,64	19,37	0
15/12/2016 21:42	24,05	24,13	24,31	24,57	19,29	0
15/12/2016 21:47	23,96	24,06	24,24	24,50	19,24	0
15/12/2016 21:52	23,88	23,99	24,17	24,43	19,21	0
15/12/2016 21:57	23,81	23,93	24,10	24,35	19,14	0
15/12/2016 22:02	23,73	23,85	24,02	24,28	19,05	0
15/12/2016 22:07	23,66	23,78	23,96	24,21	19,00	0
15/12/2016 22:12	23,58	23,72	23,89	24,14	18,99	0
15/12/2016 22:17	23,51	23,65	23,82	24,07	18,91	0
15/12/2016 22:22	23,44	23,57	23,74	24,00	18,83	0
15/12/2016 22:27	23,36	23,49	23,67	23,93	18,82	0
15/12/2016 22:32	23,27	23,43	23,60	23,85	18,81	0
15/12/2016 22:37	23,19	23,36	23,53	23,78	18,76	0
15/12/2016 22:42	23,12	23,29	23,45	23,71	18,71	0
15/12/2016 22:47	23,05	23,22	23,38	23,64	18,66	0
15/12/2016 22:52	22,97	23,15	23,32	23,58	18,56	0
15/12/2016 22:57	22,90	23,08	23,24	23,51	18,52	0
15/12/2016 23:02	22,83	23,01	23,17	23,44	18,49	0
15/12/2016 23:07	22,76	22,94	23,11	23,37	18,42	0
15/12/2016 23:12	22,69	22,87	23,04	23,30	18,35	0
15/12/2016 23:17	22,62	22,80	22,97	23,23	18,23	0
15/12/2016 23:22	22,55	22,73	22,90	23,17	18,16	0
15/12/2016 23:27	22,48	22,66	22,83	23,10	18,09	0
15/12/2016 23:32	22,41	22,59	22,76	23,03	18,12	0
15/12/2016 23:37	22,34	22,53	22,69	22,97	18,07	0
15/12/2016 23:42	22,27	22,46	22,63	22,90	18,06	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/12/2016 23:47	22,21	22,39	22,56	22,83	18,03	0
15/12/2016 23:52	22,14	22,32	22,50	22,77	18,05	0
15/12/2016 23:57	22,08	22,26	22,43	22,70	18,04	0
16/12/2016 00:02	22,02	22,19	22,37	22,64	17,99	0
16/12/2016 00:07	21,95	22,13	22,31	22,57	17,91	0
16/12/2016 00:12	21,89	22,07	22,25	22,51	17,85	0
16/12/2016 00:17	21,82	22,00	22,18	22,45	17,82	0
16/12/2016 00:22	21,76	21,94	22,12	22,39	17,78	0
16/12/2016 00:27	21,70	21,87	22,06	22,32	17,66	0
16/12/2016 00:32	21,64	21,82	21,99	22,26	17,56	0
16/12/2016 00:37	21,58	21,75	21,93	22,20	17,52	0
16/12/2016 00:42	21,51	21,69	21,87	22,14	17,47	0
16/12/2016 00:47	21,46	21,63	21,80	22,08	17,49	0
16/12/2016 00:52	21,40	21,57	21,74	22,01	17,47	0
16/12/2016 00:57	21,35	21,51	21,69	21,96	17,44	0
16/12/2016 01:02	21,28	21,45	21,62	21,90	17,42	0
16/12/2016 01:07	21,23	21,40	21,57	21,84	17,43	0
16/12/2016 01:12	21,17	21,34	21,51	21,78	17,58	0
16/12/2016 01:17	21,11	21,29	21,45	21,73	17,64	0
16/12/2016 01:22	21,07	21,23	21,39	21,67	17,65	0
16/12/2016 01:27	21,00	21,17	21,34	21,62	17,51	0
16/12/2016 01:32	20,95	21,12	21,29	21,56	17,53	0
16/12/2016 01:37	20,90	21,06	21,23	21,51	17,54	0
16/12/2016 01:42	20,85	21,01	21,18	21,45	17,50	0
16/12/2016 01:47	20,80	20,96	21,12	21,40	17,51	0
16/12/2016 01:52	20,75	20,91	21,07	21,35	17,58	0
16/12/2016 01:57	20,70	20,86	21,02	21,30	17,54	0
16/12/2016 02:02	20,65	20,81	20,97	21,25	17,55	0
16/12/2016 02:07	20,61	20,76	20,93	21,20	17,47	0
16/12/2016 02:12	20,56	20,71	20,87	21,15	17,38	0
16/12/2016 02:17	20,52	20,67	20,82	21,10	17,27	0
16/12/2016 02:22	20,47	20,62	20,78	21,06	17,18	0
16/12/2016 02:27	20,43	20,57	20,73	21,01	17,12	0
16/12/2016 02:32	20,38	20,51	20,68	20,96	17,04	0
16/12/2016 02:37	20,34	20,47	20,63	20,92	16,89	0
16/12/2016 02:42	20,29	20,42	20,59	20,87	16,69	0
16/12/2016 02:47	20,25	20,37	20,54	20,82	16,58	0
16/12/2016 02:52	20,20	20,32	20,49	20,77	16,47	0
16/12/2016 02:57	20,16	20,28	20,44	20,73	16,36	0
16/12/2016 03:02	20,12	20,23	20,40	20,68	16,26	0
16/12/2016 03:07	20,08	20,18	20,35	20,64	16,05	0
16/12/2016 03:12	20,03	20,13	20,30	20,59	15,77	0
16/12/2016 03:17	19,99	20,09	20,26	20,54	15,49	0
16/12/2016 03:22	19,94	20,03	20,21	20,49	15,24	0
16/12/2016 03:27	19,89	19,97	20,16	20,44	15,04	0
16/12/2016 03:32	19,84	19,93	20,11	20,38	14,81	0
16/12/2016 03:37	19,80	19,87	20,06	20,33	14,61	0
16/12/2016 03:42	19,75	19,82	20,01	20,28	14,42	0
16/12/2016 03:47	19,70	19,77	19,96	20,23	14,26	0
16/12/2016 03:52	19,65	19,72	19,91	20,17	14,14	0
16/12/2016 03:57	19,60	19,66	19,86	20,13	14,01	0
16/12/2016 04:02	19,56	19,61	19,81	20,08	13,87	0
16/12/2016 04:07	19,50	19,56	19,76	20,03	13,77	0
16/12/2016 04:12	19,45	19,51	19,71	19,97	13,82	0
16/12/2016 04:17	19,41	19,46	19,67	19,93	13,85	0
16/12/2016 04:22	19,37	19,40	19,62	19,87	13,86	0
16/12/2016 04:27	19,32	19,35	19,57	19,83	13,81	0
16/12/2016 04:32	19,27	19,31	19,53	19,78	13,72	0
16/12/2016 04:37	19,23	19,26	19,48	19,73	13,65	0
16/12/2016 04:42	19,18	19,21	19,43	19,68	13,58	0
16/12/2016 04:47	19,13	19,16	19,38	19,64	13,55	0
16/12/2016 04:52	19,08	19,11	19,33	19,59	13,53	0
16/12/2016 04:57	19,03	19,06	19,29	19,54	13,50	0
16/12/2016 05:02	18,98	19,01	19,24	19,49	13,44	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
16/12/2016 05:07	18,94	18,96	19,19	19,44	13,37	0
16/12/2016 05:12	18,89	18,91	19,14	19,40	13,31	0
16/12/2016 05:17	18,84	18,86	19,09	19,35	13,26	0
16/12/2016 05:22	18,79	18,81	19,05	19,30	13,24	0
16/12/2016 05:27	18,75	18,76	19,00	19,25	13,28	0
16/12/2016 05:32	18,70	18,71	18,95	19,21	13,32	0
16/12/2016 05:37	18,65	18,67	18,91	19,17	13,23	0
16/12/2016 05:42	18,61	18,61	18,86	19,12	13,18	0
16/12/2016 05:47	18,56	18,57	18,81	19,07	13,17	0
16/12/2016 05:52	18,52	18,52	18,77	19,03	13,14	0
16/12/2016 05:57	18,47	18,48	18,72	18,98	13,15	0
16/12/2016 06:02	18,43	18,43	18,68	18,94	13,14	0
16/12/2016 06:07	18,38	18,38	18,63	18,89	13,17	0
16/12/2016 06:12	18,34	18,34	18,59	18,85	13,21	0
16/12/2016 06:17	18,30	18,29	18,54	18,81	13,23	0
16/12/2016 06:22	18,26	18,25	18,49	18,76	13,31	5
16/12/2016 06:27	18,21	18,20	18,46	18,72	13,42	9
16/12/2016 06:32	18,17	18,16	18,42	18,69	13,59	12
16/12/2016 06:37	18,13	18,13	18,38	18,65	13,88	16
16/12/2016 06:42	18,09	18,11	18,34	18,62	14,12	19
16/12/2016 06:47	18,05	18,09	18,31	18,59	14,37	26
16/12/2016 06:52	18,01	18,09	18,27	18,57	14,74	35
16/12/2016 06:57	18,04	18,06	18,24	18,54	15,15	47
16/12/2016 07:02	18,01	18,05	18,21	18,51	15,53	62
16/12/2016 07:07	17,96	18,03	18,18	18,49	16,33	76
16/12/2016 07:12	17,93	18,02	18,16	18,47	17,08	93
16/12/2016 07:17	17,90	17,99	18,13	18,45	17,75	110
16/12/2016 07:22	17,89	17,99	18,11	18,44	18,32	128
16/12/2016 07:27	17,88	17,98	18,10	18,43	18,79	148
16/12/2016 07:32	17,89	17,99	18,09	18,42	19,24	169
16/12/2016 07:37	17,90	18,00	18,08	18,41	19,65	192
16/12/2016 07:42	17,92	18,02	18,08	18,40	20,10	214
16/12/2016 07:47	17,92	18,02	18,08	18,40	20,49	236
16/12/2016 07:52	17,94	18,04	18,08	18,40	20,53	257
16/12/2016 07:57	17,95	18,04	18,10	18,40	20,69	274
16/12/2016 08:02	17,99	18,06	18,10	18,41	21,04	292
16/12/2016 08:07	18,02	18,07	18,12	18,42	21,47	311
16/12/2016 08:12	18,05	18,09	18,12	18,45	22,03	330
16/12/2016 08:17	18,10	18,13	18,14	18,47	22,05	348
16/12/2016 08:22	18,15	18,16	18,16	18,49	22,46	366
16/12/2016 08:27	18,19	18,19	18,20	18,51	22,71	382
16/12/2016 08:32	18,26	18,25	18,23	18,53	22,92	397
16/12/2016 08:37	18,33	18,28	18,27	18,56	23,25	417
16/12/2016 08:42	18,41	18,33	18,30	18,58	23,64	436
16/12/2016 08:47	18,50	18,38	18,35	18,60	23,89	455
16/12/2016 08:52	18,60	18,43	18,39	18,63	24,12	475
16/12/2016 08:57	18,69	18,51	18,44	18,66	24,20	491
16/12/2016 09:02	18,77	18,59	18,51	18,69	24,47	508
16/12/2016 09:07	18,85	18,67	18,56	18,73	24,46	524
16/12/2016 09:12	18,94	18,76	18,53	18,77	24,43	540
16/12/2016 09:17	19,04	18,83	18,62	18,81	24,49	557
16/12/2016 09:22	19,14	18,90	18,70	18,84	24,88	575
16/12/2016 09:27	19,23	18,98	18,77	18,89	24,99	591
16/12/2016 09:32	19,33	19,06	18,85	18,93	24,89	609
16/12/2016 09:37	19,42	19,13	18,92	18,99	25,42	626
16/12/2016 09:42	19,52	19,21	19,00	19,03	25,68	643
16/12/2016 09:47	19,63	19,30	19,09	19,08	25,61	654
16/12/2016 09:52	19,74	19,39	19,18	19,13	26,37	668
16/12/2016 09:57	19,85	19,48	19,28	19,19	26,97	687
16/12/2016 10:02	19,96	19,57	19,38	19,26	26,80	703
16/12/2016 10:07	20,07	19,67	19,47	19,33	26,35	716
16/12/2016 10:12	20,18	19,76	19,57	19,40	26,36	731
16/12/2016 10:17	20,28	19,86	19,66	19,46	26,57	745
16/12/2016 10:22	20,39	19,97	19,76	19,52	27,17	751

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
16/12/2016 10:27	20,50	20,07	19,85	19,61	27,41	772
16/12/2016 10:32	20,61	20,17	19,95	19,67	27,66	782
16/12/2016 10:37	20,72	20,28	20,04	19,74	28,02	802
16/12/2016 10:42	20,83	20,38	20,15	19,82	27,65	811
16/12/2016 10:47	20,94	20,49	20,26	19,88	27,46	824
16/12/2016 10:52	21,05	20,60	20,36	19,96	27,69	835
16/12/2016 10:57	21,16	20,70	20,46	20,03	28,52	851
16/12/2016 11:02	21,28	20,81	20,56	20,13	28,84	860
16/12/2016 11:07	21,39	20,92	20,67	20,22	29,24	868
16/12/2016 11:12	21,50	21,03	20,78	20,30	28,65	882
16/12/2016 11:17	21,61	21,14	20,88	20,39	28,73	893
16/12/2016 11:22	21,71	21,24	20,98	20,48	28,58	902
16/12/2016 11:27	21,82	21,34	21,08	20,59	28,49	909
16/12/2016 11:32	21,92	21,44	21,18	20,68	28,18	914
16/12/2016 11:37	22,02	21,54	21,27	20,78	28,73	926
16/12/2016 11:42	22,12	21,64	21,37	20,88	29,21	942
16/12/2016 11:47	22,23	21,75	21,48	20,99	29,53	946
16/12/2016 11:52	22,33	21,85	21,58	21,09	29,30	953
16/12/2016 11:57	22,43	21,95	21,69	21,20	29,20	956
16/12/2016 12:02	22,54	22,05	21,79	21,30	29,62	967
16/12/2016 12:07	22,64	22,16	21,90	21,40	29,59	979
16/12/2016 12:12	22,74	22,25	22,00	21,48	29,58	988
16/12/2016 12:17	22,85	22,36	22,10	21,57	29,83	1004
16/12/2016 12:22	22,95	22,46	22,21	21,67	30,41	1023
16/12/2016 12:27	23,05	22,57	22,32	21,76	30,59	1092
16/12/2016 12:32	23,15	22,66	22,43	21,87	30,82	1039
16/12/2016 12:37	23,25	22,75	22,53	21,95	30,88	1083
16/12/2016 12:42	23,35	22,86	22,64	22,04	31,31	1076
16/12/2016 12:47	23,45	22,96	22,74	22,14	30,54	1150
16/12/2016 12:52	23,54	23,04	22,83	22,22	30,64	223
16/12/2016 12:57	23,64	23,12	22,92	22,32	30,54	255
16/12/2016 13:02	23,72	23,20	23,01	22,41	29,41	334
16/12/2016 13:07	23,79	23,26	23,07	22,50	29,38	605
16/12/2016 13:12	23,87	23,35	23,14	22,58	29,95	334
16/12/2016 13:17	23,97	23,43	23,24	22,68	30,34	323
16/12/2016 13:22	24,05	23,51	23,32	22,77	29,71	299
16/12/2016 13:27	24,13	23,58	23,39	22,86	29,25	1157
16/12/2016 13:32	24,21	23,65	23,47	22,94	30,41	1131
16/12/2016 13:37	24,30	23,75	23,57	23,03	32,07	1132
16/12/2016 13:42	24,40	23,85	23,68	23,12	32,75	209
16/12/2016 13:47	24,49	23,95	23,78	23,22	32,14	1009
16/12/2016 13:52	24,56	24,02	23,86	23,31	31,94	1071
16/12/2016 13:57	24,64	24,11	23,96	23,40	32,43	1042
16/12/2016 14:02	24,73	24,20	24,05	23,48	31,58	1102
16/12/2016 14:07	24,81	24,28	24,14	23,58	32,23	1080
16/12/2016 14:12	24,89	24,37	24,23	23,66	33,02	1056
16/12/2016 14:17	24,99	24,47	24,32	23,76	33,32	1034
16/12/2016 14:22	25,08	24,57	24,41	23,85	33,52	1014
16/12/2016 14:27	25,17	24,67	24,50	23,93	33,82	1049
16/12/2016 14:32	25,24	24,76	24,58	24,03	33,01	1123
16/12/2016 14:37	25,34	24,85	24,67	24,13	33,26	1030
16/12/2016 14:42	25,42	24,94	24,75	24,22	33,10	991
16/12/2016 14:47	25,50	25,03	24,82	24,31	33,27	983
16/12/2016 14:52	25,59	25,11	24,90	24,40	32,73	990
16/12/2016 14:57	25,67	25,19	24,97	24,49	32,85	997
16/12/2016 15:02	25,75	25,27	25,04	24,59	33,16	970
16/12/2016 15:07	25,83	25,35	25,12	24,68	33,91	935
16/12/2016 15:12	25,92	25,43	25,21	24,77	34,00	918
16/12/2016 15:17	26,02	25,53	25,29	24,87	34,83	926
16/12/2016 15:22	26,12	25,62	25,38	24,95	34,17	900
16/12/2016 15:27	26,21	25,70	25,46	25,03	34,09	900
16/12/2016 15:32	26,29	25,79	25,53	25,12	33,99	923
16/12/2016 15:37	26,37	25,87	25,62	25,22	34,16	935
16/12/2016 15:42	26,46	25,96	25,71	25,31	34,29	867

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
16/12/2016 15:47	26,54	26,04	25,79	25,39	33,73	850
16/12/2016 15:52	26,62	26,12	25,86	25,49	33,85	833
16/12/2016 15:57	26,70	26,20	25,94	25,57	34,49	833
16/12/2016 16:02	26,79	26,28	26,02	25,67	34,04	828
16/12/2016 16:07	26,88	26,36	26,10	25,75	33,69	789
16/12/2016 16:12	26,96	26,44	26,19	25,85	33,55	773
16/12/2016 16:17	27,04	26,52	26,26	25,94	33,67	763
16/12/2016 16:22	27,11	26,59	26,34	26,02	33,03	765
16/12/2016 16:27	27,17	26,65	26,40	26,10	32,75	744
16/12/2016 16:32	27,23	26,72	26,47	26,17	32,70	733
16/12/2016 16:37	27,30	26,77	26,53	26,25	32,47	698
16/12/2016 16:42	27,35	26,82	26,60	26,33	32,12	701
16/12/2016 16:47	27,40	26,87	26,66	26,41	32,18	661
16/12/2016 16:52	27,46	26,93	26,72	26,48	32,31	649
16/12/2016 16:57	27,53	26,99	26,79	26,56	32,18	637
16/12/2016 17:02	27,59	27,06	26,85	26,64	32,31	610
16/12/2016 17:07	27,64	27,12	26,91	26,71	31,88	596
16/12/2016 17:12	27,68	27,17	26,96	26,79	31,58	571
16/12/2016 17:17	27,73	27,22	27,03	26,86	31,99	555
16/12/2016 17:22	27,80	27,30	27,10	26,92	31,98	536
16/12/2016 17:27	27,88	27,37	27,16	26,99	31,97	524
16/12/2016 17:32	27,95	27,45	27,22	27,06	32,08	511
16/12/2016 17:37	28,02	27,52	27,29	27,13	32,29	497
16/12/2016 17:42	28,09	27,58	27,35	27,20	32,25	476
16/12/2016 17:47	28,14	27,63	27,41	27,25	32,25	461
16/12/2016 17:52	28,19	27,68	27,46	27,32	31,86	443
16/12/2016 17:57	28,24	27,74	27,50	27,37	31,56	424
16/12/2016 18:02	28,28	27,78	27,56	27,44	31,64	406
16/12/2016 18:07	28,32	27,82	27,61	27,49	31,27	388
16/12/2016 18:12	28,35	27,87	27,65	27,56	31,35	369
16/12/2016 18:17	28,38	27,91	27,71	27,60	31,03	348
16/12/2016 18:22	28,42	27,95	27,76	27,66	31,14	330
16/12/2016 18:27	28,45	27,99	27,80	27,71	30,78	315
16/12/2016 18:32	28,48	28,02	27,84	27,76	30,81	295
16/12/2016 18:37	28,51	28,06	27,89	27,80	30,61	278
16/12/2016 18:42	28,54	28,10	27,93	27,84	30,42	262
16/12/2016 18:47	28,56	28,13	27,96	27,87	30,18	246
16/12/2016 18:52	28,57	28,16	27,97	27,91	29,92	230
16/12/2016 18:57	28,58	28,19	28,00	27,94	29,84	211
16/12/2016 19:02	28,58	28,21	28,02	27,96	29,59	192
16/12/2016 19:07	28,60	28,24	28,05	27,99	29,55	167
16/12/2016 19:12	28,60	28,26	28,08	28,00	29,32	150
16/12/2016 19:17	28,62	28,30	28,10	28,03	29,32	128
16/12/2016 19:22	28,61	28,29	28,11	28,04	28,86	111
16/12/2016 19:27	28,61	28,30	28,12	28,06	28,25	91
16/12/2016 19:32	28,57	28,29	28,11	28,08	27,50	69
16/12/2016 19:37	28,56	28,29	28,10	28,09	27,07	44
16/12/2016 19:42	28,54	28,28	28,09	28,09	26,75	46
16/12/2016 19:47	28,51	28,27	28,08	28,07	26,52	40
16/12/2016 19:52	28,49	28,26	28,06	28,07	26,41	33
16/12/2016 19:57	28,46	28,24	28,04	28,06	26,28	21
16/12/2016 20:02	28,42	28,22	28,02	28,04	26,10	19
16/12/2016 20:07	28,38	28,21	28,00	28,04	25,92	14
16/12/2016 20:12	28,33	28,18	27,96	28,02	25,65	11
16/12/2016 20:17	28,28	28,15	27,93	28,01	25,44	7
16/12/2016 20:22	28,23	28,11	27,89	28,00	25,22	0
16/12/2016 20:27	28,17	28,08	27,86	27,98	24,97	0
16/12/2016 20:32	28,11	28,04	27,82	27,97	24,80	0
16/12/2016 20:37	28,04	28,00	27,77	27,96	24,61	0
16/12/2016 20:42	27,97	27,95	27,73	27,94	24,48	0
16/12/2016 20:47	27,90	27,90	27,67	27,91	24,39	0
16/12/2016 20:52	27,83	27,85	27,61	27,90	24,24	0
16/12/2016 20:57	27,76	27,79	27,56	27,87	24,12	0
16/12/2016 21:02	27,68	27,73	27,50	27,85	24,02	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE PRIMAVERA						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
16/12/2016 21:07	27,61	27,67	27,44	27,81	23,92	0
16/12/2016 21:12	27,53	27,61	27,37	27,79	23,80	0
16/12/2016 21:17	27,45	27,54	27,32	27,75	23,71	0
16/12/2016 21:22	27,37	27,48	27,26	27,71	23,58	0
16/12/2016 21:27	27,29	27,41	27,18	27,65	23,44	0
16/12/2016 21:32	27,21	27,34	27,12	27,60	23,33	0
16/12/2016 21:37	27,12	27,27	27,05	27,54	23,25	0
16/12/2016 21:42	27,04	27,19	26,98	27,47	23,15	0
16/12/2016 21:47	26,95	27,13	26,91	27,40	23,02	0
16/12/2016 21:52	26,87	27,05	26,84	27,33	22,96	0
16/12/2016 21:57	26,79	26,98	26,76	27,27	22,87	0
16/12/2016 22:02	26,71	26,90	26,69	27,20	22,79	0
16/12/2016 22:07	26,62	26,83	26,62	27,14	22,72	0
16/12/2016 22:12	26,54	26,75	26,54	27,08	22,67	0
16/12/2016 22:17	26,46	26,67	26,47	27,03	22,64	0
16/12/2016 22:22	26,38	26,60	26,39	26,98	22,61	0
16/12/2016 22:27	26,30	26,53	26,33	26,91	22,55	0
16/12/2016 22:32	26,22	26,46	26,25	26,85	22,43	0
16/12/2016 22:37	26,14	26,38	26,18	26,80	22,34	0
16/12/2016 22:42	26,06	26,30	26,10	26,72	22,25	0
16/12/2016 22:47	25,98	26,23	26,03	26,67	22,18	0
16/12/2016 22:52	25,91	26,15	25,96	26,61	22,11	0
16/12/2016 22:57	25,83	26,08	25,89	26,55	22,03	0
16/12/2016 23:02	25,76	26,01	25,81	26,48	21,99	0
16/12/2016 23:07	25,69	25,93	25,75	26,43	21,92	0
16/12/2016 23:12	25,61	25,87	25,67	26,38	21,82	0
16/12/2016 23:17	25,54	25,79	25,61	26,32	21,82	0
16/12/2016 23:22	25,48	25,73	25,54	26,25	21,78	0
16/12/2016 23:27	25,40	25,66	25,47	26,18	21,73	0
16/12/2016 23:32	25,33	25,59	25,40	26,10	21,65	0
16/12/2016 23:37	25,26	25,53	25,34	26,04	21,60	0
16/12/2016 23:42	25,19	25,46	25,27	25,98	21,57	0
16/12/2016 23:47	25,13	25,39	25,21	25,91	21,53	0
16/12/2016 23:52	25,06	25,33	25,14	25,84	21,48	0
16/12/2016 23:57	24,99	25,26	25,08	25,77	21,48	0

Temperaturas superficiais nas faces voltadas ao Oeste no período de primavera

Face Oeste				
Horário	P1	P2	P3	P4
08:30	14,5 °C	14,5 °C	14,2 °C	14,0 °C
09:00	14,8 °C	14,7 °C	14,4 °C	14,0 °C
09:30	17,6 °C	17,0 °C	18,0 °C	14,0 °C
10:00	16,4 °C	16,3 °C	16,2 °C	16,0 °C
10:30	17,5 °C	17,6 °C	17,4 °C	16,8 °C
11:00	18,0 °C	17,9 °C	17,7 °C	16,7 °C
11:30	16,2 °C	16,1 °C	15,9 °C	15,7 °C
12:00	14,7 °C	14,7 °C	14,2 °C	12,4 °C
12:30	18,6 °C	18,8 °C	18,8 °C	18,0 °C
13:00	18,4 °C	18,4 °C	18,6 °C	18,8 °C
13:30	21,0 °C	20,8 °C	20,7 °C	20,1 °C
14:00	22,9 °C	22,6 °C	22,8 °C	22,7 °C
14:30	22,9 °C	22,9 °C	22,9 °C	22,9 °C
15:00	27,6 °C	27,2 °C	26,3 °C	25,2 °C
15:30	30,6 °C	30,8 °C	30,8 °C	30,8 °C
16:00	30,2 °C	31,4 °C	31,4 °C	31,8 °C
16:30	32,8 °C	33,2 °C	34,1 °C	34,5 °C
Máx.	32,8 °C	33,2 °C	34,1 °C	34,5 °C
Min.	14,5 °C	14,5 °C	14,2 °C	12,4 °C

Fonte: Elaborado pelo autor

Temperaturas superficiais nas faces voltadas ao Sul no período de primavera

Face Sul				
Horário	P1	P2	P3	P4
08:30	19,0 °C	19,8 °C	19,9 °C	19,2 °C
09:00	19,3 °C	19,7 °C	20,0 °C	19,3 °C
09:30	19,4 °C	19,9 °C	19,9 °C	19,3 °C
10:00	18,6 °C	19,1 °C	19,1 °C	19,1 °C
10:30	19,2 °C	19,4 °C	19,8 °C	20,0 °C
11:00	18,9 °C	19,9 °C	20,0 °C	20,3 °C
11:30	18,0 °C	19,0 °C	19,3 °C	19,9 °C
12:00	16,9 °C	16,9 °C	17,1 °C	17,1 °C
12:30	19,5 °C	20,4 °C	20,7 °C	20,9 °C
13:00	18,4 °C	19,0 °C	18,6 °C	19,1 °C
13:30	20,0 °C	20,9 °C	20,8 °C	19,8 °C
14:00	20,0 °C	20,5 °C	20,6 °C	20,6 °C
14:30	19,6 °C	20,8 °C	20,9 °C	21,6 °C
15:00	24,4 °C	25,0 °C	25,0 °C	24,4 °C
15:30	24,3 °C	24,4 °C	24,4 °C	23,6 °C
16:00	23,4 °C	23,4 °C	23,4 °C	23,1 °C
16:30	22,8 °C	22,8 °C	22,9 °C	22,8 °C
Máx.	24,4 °C	25,0 °C	25,0 °C	24,4 °C
Min.	16,9 °C	16,9 °C	17,1 °C	17,1 °C

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE 3 – VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO E TEMPERATURAS SUPERFICIAIS NO PERÍODO DE VERÃO

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
13/01/2017 07:37	20,83	21,02	21,17	21,40	20,13	120
13/01/2017 07:42	20,81	21,01	21,15	21,40	20,63	141
13/01/2017 07:47	20,80	20,99	21,13	21,38	21,13	163
13/01/2017 07:52	20,79	20,98	21,11	21,38	21,58	185
13/01/2017 07:57	20,78	20,98	21,10	21,37	21,98	206
13/01/2017 08:02	20,78	20,97	21,09	21,36	22,25	230
13/01/2017 08:07	20,79	20,98	21,09	21,35	22,56	251
13/01/2017 08:12	20,80	20,98	21,08	21,34	22,73	272
13/01/2017 08:17	20,81	21,00	21,08	21,35	22,85	292
13/01/2017 08:22	20,83	21,00	21,09	21,36	23,05	309
13/01/2017 08:27	20,85	21,04	21,10	21,37	23,20	328
13/01/2017 08:32	20,88	21,09	21,11	21,38	23,39	345
13/01/2017 08:37	20,92	21,14	21,13	21,38	23,51	366
13/01/2017 08:42	20,96	21,19	21,15	21,40	23,86	385
13/01/2017 08:47	21,00	21,24	21,17	21,42	24,33	403
13/01/2017 08:52	21,04	21,31	21,20	21,44	24,74	420
13/01/2017 08:57	21,10	21,38	21,24	21,45	24,93	438
13/01/2017 09:02	21,16	21,44	21,28	21,48	25,14	455
13/01/2017 09:07	21,21	21,52	21,32	21,51	25,50	475
13/01/2017 09:12	21,28	21,60	21,36	21,55	25,67	492
13/01/2017 09:17	21,35	21,68	21,41	21,58	25,95	510
13/01/2017 09:22	21,42	21,74	21,47	21,61	26,41	527
13/01/2017 09:27	21,50	21,82	21,53	21,64	26,73	545
13/01/2017 09:32	21,58	21,89	21,59	21,68	27,10	563
13/01/2017 09:37	21,67	21,96	21,66	21,72	27,38	578
13/01/2017 09:42	21,75	22,03	21,72	21,78	27,53	596
13/01/2017 09:47	21,84	22,10	21,80	21,82	27,94	612
13/01/2017 09:52	21,94	22,16	21,87	21,88	28,36	629
13/01/2017 09:57	22,03	22,23	21,95	21,96	28,51	645
13/01/2017 10:02	22,13	22,30	22,04	22,03	28,77	661
13/01/2017 10:07	22,23	22,37	22,12	22,12	29,17	676
13/01/2017 10:12	22,34	22,45	22,21	22,21	29,54	691
13/01/2017 10:17	22,44	22,52	22,30	22,28	29,54	705
13/01/2017 10:22	22,54	22,60	22,39	22,34	29,79	721
13/01/2017 10:27	22,64	22,69	22,48	22,42	30,20	731
13/01/2017 10:32	22,75	22,78	22,58	22,49	30,47	745
13/01/2017 10:37	22,85	22,86	22,68	22,56	30,49	763
13/01/2017 10:42	22,95	22,95	22,77	22,62	30,65	776
13/01/2017 10:47	23,05	23,04	22,87	22,70	30,93	791
13/01/2017 10:52	23,16	23,13	22,97	22,76	31,19	803
13/01/2017 10:57	23,28	23,21	23,08	22,83	31,63	817
13/01/2017 11:02	23,38	23,30	23,17	22,91	31,54	828
13/01/2017 11:07	23,49	23,40	23,28	22,98	31,52	840
13/01/2017 11:12	23,59	23,50	23,39	23,04	32,28	851
13/01/2017 11:17	23,69	23,59	23,49	23,13	32,21	859
13/01/2017 11:22	23,80	23,69	23,59	23,21	32,20	874
13/01/2017 11:27	23,90	23,79	23,70	23,29	32,52	879
13/01/2017 11:32	24,00	23,90	23,80	23,37	33,06	891
13/01/2017 11:37	24,12	24,00	23,91	23,45	33,60	904
13/01/2017 11:42	24,22	24,10	24,01	23,53	33,43	905
13/01/2017 11:47	24,33	24,21	24,11	23,60	33,57	923
13/01/2017 11:52	24,43	24,31	24,21	23,68	33,45	931
13/01/2017 11:57	24,54	24,40	24,31	23,76	33,67	939
13/01/2017 12:02	24,65	24,50	24,41	23,84	33,71	953
13/01/2017 12:07	24,75	24,59	24,51	23,92	33,60	954
13/01/2017 12:12	24,86	24,69	24,61	24,01	33,96	963
13/01/2017 12:17	24,97	24,79	24,71	24,08	33,97	944
13/01/2017 12:22	25,08	24,90	24,81	24,18	34,28	975
13/01/2017 12:27	25,19	25,01	24,92	24,27	34,55	980
13/01/2017 12:32	25,31	25,12	25,02	24,35	34,24	983
13/01/2017 12:37	25,43	25,23	25,13	24,45	35,23	993

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
13/01/2017 12:42	25,55	25,34	25,24	24,53	35,17	998
13/01/2017 12:47	25,66	25,45	25,35	24,64	35,11	1000
13/01/2017 12:52	25,78	25,56	25,46	24,73	35,06	1005
13/01/2017 12:57	25,90	25,66	25,57	24,83	35,15	1011
13/01/2017 13:02	26,02	25,76	25,68	24,94	35,06	1016
13/01/2017 13:07	26,13	25,85	25,79	25,03	35,36	1014
13/01/2017 13:12	26,25	25,95	25,91	25,14	35,45	1016
13/01/2017 13:17	26,36	26,05	26,02	25,24	35,53	1023
13/01/2017 13:22	26,48	26,17	26,14	25,34	35,74	1013
13/01/2017 13:27	26,59	26,26	26,24	25,44	35,75	1018
13/01/2017 13:32	26,70	26,37	26,35	25,53	36,07	1001
13/01/2017 13:37	26,82	26,47	26,47	25,63	36,39	1018
13/01/2017 13:42	26,93	26,58	26,59	25,73	36,84	1037
13/01/2017 13:47	27,05	26,68	26,70	25,83	37,22	1013
13/01/2017 13:52	27,16	26,78	26,80	25,93	37,22	1018
13/01/2017 13:57	27,27	26,88	26,91	26,04	37,46	1007
13/01/2017 14:02	27,37	26,97	27,00	26,14	37,56	1020
13/01/2017 14:07	27,47	27,06	27,09	26,24	37,46	1010
13/01/2017 14:12	27,56	27,16	27,19	26,35	37,79	1034
13/01/2017 14:17	27,65	27,27	27,28	26,45	37,44	1009
13/01/2017 14:22	27,75	27,35	27,35	26,54	37,21	1011
13/01/2017 14:27	27,84	27,44	27,45	26,64	37,49	1013
13/01/2017 14:32	27,92	27,53	27,53	26,74	37,52	1009
13/01/2017 14:37	28,01	27,62	27,63	26,85	37,24	958
13/01/2017 14:42	28,11	27,71	27,72	26,96	37,94	962
13/01/2017 14:47	28,21	27,81	27,82	27,05	38,56	745
13/01/2017 14:52	28,30	27,91	27,90	27,15	37,79	988
13/01/2017 14:57	28,40	28,00	27,99	27,25	38,12	979
13/01/2017 15:02	28,49	28,09	28,08	27,35	38,06	974
13/01/2017 15:07	28,58	28,17	28,17	27,45	38,19	965
13/01/2017 15:12	28,67	28,26	28,25	27,55	37,73	963
13/01/2017 15:17	28,76	28,35	28,32	27,66	37,92	917
13/01/2017 15:22	28,84	28,44	28,41	27,76	38,14	881
13/01/2017 15:27	28,93	28,51	28,49	27,86	38,21	882
13/01/2017 15:32	29,01	28,60	28,57	27,97	38,10	912
13/01/2017 15:37	29,10	28,69	28,65	28,07	37,96	902
13/01/2017 15:42	29,18	28,77	28,73	28,18	37,93	879
13/01/2017 15:47	29,26	28,86	28,81	28,27	38,00	867
13/01/2017 15:52	29,34	28,95	28,89	28,38	37,86	851
13/01/2017 15:57	29,42	29,04	28,97	28,47	37,87	847
13/01/2017 16:02	29,50	29,13	29,05	28,57	37,83	840
13/01/2017 16:07	29,58	29,22	29,13	28,68	38,05	828
13/01/2017 16:12	29,66	29,30	29,21	28,78	38,28	816
13/01/2017 16:17	29,74	29,39	29,29	28,88	38,08	807
13/01/2017 16:22	29,82	29,45	29,37	28,98	37,93	794
13/01/2017 16:27	29,90	29,55	29,45	29,08	37,99	772
13/01/2017 16:32	29,98	29,64	29,53	29,17	37,90	740
13/01/2017 16:37	30,07	29,74	29,60	29,28	38,26	694
13/01/2017 16:42	30,15	29,83	29,68	29,38	37,98	693
13/01/2017 16:47	30,24	29,92	29,76	29,45	38,00	483
13/01/2017 16:52	30,32	29,99	29,83	29,54	37,26	663
13/01/2017 16:57	30,40	30,07	29,91	29,62	37,63	717
13/01/2017 17:02	30,49	30,15	29,98	29,70	37,41	680
13/01/2017 17:07	30,57	30,23	30,05	29,78	37,52	626
13/01/2017 17:12	30,64	30,31	30,12	29,86	37,37	582
13/01/2017 17:17	30,72	30,39	30,20	29,93	37,32	545
13/01/2017 17:22	30,79	30,46	30,27	30,01	37,27	531
13/01/2017 17:27	30,87	30,54	30,33	30,07	36,90	501
13/01/2017 17:32	30,94	30,62	30,41	30,15	37,40	500
13/01/2017 17:37	31,02	30,70	30,48	30,21	37,97	494
13/01/2017 17:42	31,09	30,77	30,55	30,29	37,59	397
13/01/2017 17:47	31,15	30,85	30,62	30,34	37,55	345
13/01/2017 17:52	31,20	30,91	30,68	30,41	37,14	388
13/01/2017 17:57	31,25	30,95	30,74	30,46	36,74	318
13/01/2017 18:02	31,30	31,01	30,80	30,52	36,18	476
13/01/2017 18:07	31,35	31,08	30,86	30,58	36,47	435

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
13/01/2017 18:17	31,46	31,23	30,98	30,71	396	0,40
13/01/2017 18:22	31,52	31,29	31,04	30,76	316	0,40
13/01/2017 18:27	31,56	31,35	31,10	30,80	381	0,00
13/01/2017 18:32	31,62	31,41	31,15	30,86	257	0,00
13/01/2017 18:37	31,67	31,46	31,19	30,89	193	0,00
13/01/2017 18:42	31,72	31,51	31,23	30,94	324	0,00
13/01/2017 18:47	31,76	31,55	31,27	30,98	223	0,00
13/01/2017 18:52	31,79	31,59	31,30	31,02	209	0,00
13/01/2017 18:57	31,82	31,62	31,34	31,04	204	0,00
13/01/2017 19:02	31,86	31,66	31,36	31,08	142	0,00
13/01/2017 19:07	31,89	31,69	31,39	31,11	120	0,00
13/01/2017 19:12	31,92	31,72	31,42	31,13	122	0,00
13/01/2017 19:17	31,93	31,74	31,44	31,17	240	0,00
13/01/2017 19:22	31,94	31,77	31,46	31,19	204	0,00
13/01/2017 19:27	31,95	31,78	31,49	31,20	174	0,00
13/01/2017 19:32	31,95	31,80	31,52	31,21	149	0,00
13/01/2017 19:37	31,95	31,82	31,53	31,23	116	0,00
13/01/2017 19:42	31,94	31,83	31,55	31,23	83	0,40
13/01/2017 19:47	31,93	31,83	31,56	31,24	72	0,00
13/01/2017 19:52	31,92	31,84	31,57	31,22	67	0,00
13/01/2017 19:57	31,91	31,83	31,58	31,22	49	0,00
13/01/2017 20:02	31,89	31,82	31,57	31,21	35	0,00
13/01/2017 20:07	31,86	31,81	31,56	31,19	30	0,00
13/01/2017 20:12	31,84	31,80	31,55	31,18	21	0,00
13/01/2017 20:17	31,81	31,78	31,54	31,18	12	0,00
13/01/2017 20:22	31,78	31,75	31,51	31,17	6	0,00
13/01/2017 20:27	31,73	31,72	31,47	31,16	0	0,00
13/01/2017 20:32	31,69	31,69	31,43	31,15	0	0,00
13/01/2017 20:37	31,64	31,64	31,39	31,14	0	0,40
13/01/2017 20:42	31,58	31,60	31,34	31,12	0	0,00
13/01/2017 20:47	31,52	31,54	31,29	31,10	0	0,40
13/01/2017 20:52	31,45	31,49	31,24	31,08	0	0,00
13/01/2017 20:57	31,39	31,43	31,19	31,06	0	0,00
13/01/2017 21:02	31,31	31,36	31,13	31,04	0	1,30
13/01/2017 21:07	31,23	31,30	31,08	31,03	0	0,00
13/01/2017 21:12	31,17	31,24	31,03	31,01	0	0,00
13/01/2017 21:17	31,11	31,19	30,97	31,00	0	0,00
13/01/2017 21:22	31,04	31,13	30,92	30,97	0	0,00
13/01/2017 21:27	30,97	31,06	30,87	30,94	0	0,00
13/01/2017 21:32	30,90	31,00	30,81	30,89	0	0,00
13/01/2017 21:37	30,83	30,93	30,75	30,85	0	0,00
13/01/2017 21:42	30,76	30,87	30,70	30,80	0	0,00
13/01/2017 21:47	30,68	30,81	30,64	30,74	0	0,00
13/01/2017 21:52	30,61	30,74	30,58	30,68	0	0,00
13/01/2017 21:57	30,54	30,67	30,51	30,64	0	0,00
13/01/2017 22:02	30,47	30,60	30,46	30,57	0	0,00
13/01/2017 22:07	30,39	30,52	30,40	30,51	0	0,00
13/01/2017 22:12	30,32	30,45	30,34	30,46	0	0,00
13/01/2017 22:17	30,24	30,38	30,27	30,39	0	0,00
13/01/2017 22:22	30,17	30,31	30,21	30,33	0	0,00
13/01/2017 22:27	30,10	30,25	30,14	30,28	0	0,00
13/01/2017 22:32	30,03	30,19	30,08	30,21	0	0,00
13/01/2017 22:37	29,96	30,12	30,02	30,17	0	0,00
13/01/2017 22:42	29,89	30,05	29,95	30,10	0	0,00
13/01/2017 22:47	29,82	29,99	29,89	30,04	0	0,00
13/01/2017 22:52	29,75	29,92	29,83	29,98	0	0,40
13/01/2017 22:57	29,69	29,85	29,76	29,92	0	0,40
13/01/2017 23:02	29,62	29,78	29,70	29,87	0	0,00
13/01/2017 23:07	29,55	29,72	29,64	29,81	0	0,00
13/01/2017 23:12	29,49	29,66	29,58	29,75	0	0,00
13/01/2017 23:17	29,42	29,60	29,52	29,68	0	0,40
13/01/2017 23:22	29,35	29,53	29,46	29,63	0	0,00
13/01/2017 23:27	29,29	29,46	29,39	29,56	0	0,00

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
13/01/2017 23:32	29,22	29,39	29,33	29,50	25,89	0
13/01/2017 23:37	29,15	29,32	29,26	29,44	25,77	0
13/01/2017 23:42	29,09	29,25	29,20	29,37	25,70	0
13/01/2017 23:47	29,02	29,18	29,14	29,31	25,67	0
13/01/2017 23:52	28,96	29,12	29,08	29,25	25,57	0
13/01/2017 23:57	28,90	29,05	29,01	29,19	25,45	0
14/01/2017 00:02	28,83	28,98	28,95	29,13	25,31	0
14/01/2017 00:07	28,77	28,91	28,89	29,07	25,36	0
14/01/2017 00:12	28,70	28,85	28,83	29,01	25,42	0
14/01/2017 00:17	28,65	28,79	28,77	28,95	25,37	0
14/01/2017 00:22	28,58	28,72	28,71	28,90	25,31	0
14/01/2017 00:27	28,53	28,67	28,65	28,83	25,27	0
14/01/2017 00:32	28,47	28,61	28,58	28,77	25,28	0
14/01/2017 00:37	28,41	28,55	28,53	28,72	25,34	0
14/01/2017 00:42	28,35	28,49	28,47	28,67	25,38	0
14/01/2017 00:47	28,30	28,43	28,41	28,61	25,38	0
14/01/2017 00:52	28,24	28,38	28,36	28,55	25,36	0
14/01/2017 00:57	28,19	28,31	28,30	28,50	25,36	0
14/01/2017 01:02	28,13	28,25	28,24	28,44	25,30	0
14/01/2017 01:07	28,08	28,19	28,18	28,38	25,22	0
14/01/2017 01:12	28,02	28,13	28,13	28,33	25,10	0
14/01/2017 01:17	27,97	28,09	28,07	28,26	24,92	0
14/01/2017 01:22	27,91	28,03	28,01	28,21	24,79	0
14/01/2017 01:27	27,86	27,98	27,95	28,15	24,64	0
14/01/2017 01:32	27,80	27,93	27,90	28,09	24,51	0
14/01/2017 01:37	27,75	27,88	27,84	28,04	24,37	0
14/01/2017 01:42	27,70	27,83	27,80	27,98	24,26	0
14/01/2017 01:47	27,64	27,79	27,75	27,93	24,16	0
14/01/2017 01:52	27,59	27,74	27,70	27,87	24,09	0
14/01/2017 01:57	27,53	27,70	27,65	27,81	24,04	0
14/01/2017 02:02	27,48	27,65	27,60	27,76	23,97	0
14/01/2017 02:07	27,43	27,60	27,56	27,70	23,90	0
14/01/2017 02:12	27,38	27,55	27,51	27,64	23,85	0
14/01/2017 02:17	27,32	27,50	27,45	27,58	23,83	0
14/01/2017 02:22	27,26	27,44	27,40	27,53	23,81	0
14/01/2017 02:27	27,21	27,40	27,35	27,48	23,74	0
14/01/2017 02:32	27,15	27,35	27,30	27,42	23,65	0
14/01/2017 02:37	27,10	27,29	27,24	27,37	23,58	0
14/01/2017 02:42	27,04	27,24	27,19	27,32	23,51	0
14/01/2017 02:47	26,99	27,20	27,14	27,27	23,42	0
14/01/2017 02:52	26,93	27,14	27,09	27,22	23,42	0
14/01/2017 02:57	26,88	27,10	27,04	27,16	23,46	0
14/01/2017 03:02	26,82	27,05	26,99	27,11	23,50	0
14/01/2017 03:07	26,77	27,00	26,94	27,06	23,54	0
14/01/2017 03:12	26,72	26,95	26,89	27,02	23,54	0
14/01/2017 03:17	26,67	26,91	26,84	26,98	23,58	0
14/01/2017 03:22	26,62	26,86	26,79	26,93	23,59	0
14/01/2017 03:27	26,57	26,81	26,75	26,89	23,60	0
14/01/2017 03:32	26,52	26,77	26,70	26,84	23,60	0
14/01/2017 03:37	26,47	26,73	26,65	26,79	23,58	0
14/01/2017 03:42	26,43	26,68	26,61	26,75	23,54	0
14/01/2017 03:47	26,38	26,63	26,56	26,71	23,49	0
14/01/2017 03:52	26,33	26,59	26,51	26,66	23,48	0
14/01/2017 03:57	26,29	26,55	26,47	26,61	23,45	0
14/01/2017 04:02	26,24	26,51	26,42	26,57	23,40	0
14/01/2017 04:07	26,20	26,47	26,38	26,52	23,37	0
14/01/2017 04:12	26,16	26,42	26,33	26,48	23,35	0
14/01/2017 04:17	26,12	26,38	26,29	26,44	23,33	0
14/01/2017 04:22	26,08	26,34	26,25	26,39	23,34	0
14/01/2017 04:27	26,04	26,30	26,21	26,35	23,36	0
14/01/2017 04:32	26,00	26,26	26,17	26,31	23,38	0
14/01/2017 04:37	25,96	26,23	26,13	26,27	23,38	0
14/01/2017 04:42	25,92	26,19	26,09	26,23	23,33	0
14/01/2017 04:47	25,88	26,15	26,05	26,19	23,27	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
14/01/2017 04:52	25,84	26,12	26,01	26,15	23,22	0
14/01/2017 04:57	25,80	26,08	25,98	26,10	23,18	0
14/01/2017 05:02	25,77	26,04	25,94	26,07	23,16	0
14/01/2017 05:07	25,73	26,01	25,91	26,03	23,08	0
14/01/2017 05:12	25,70	25,97	25,87	25,99	23,01	0
14/01/2017 05:17	25,66	25,94	25,83	25,95	22,92	0
14/01/2017 05:22	25,63	25,90	25,79	25,91	22,83	0
14/01/2017 05:27	25,60	25,87	25,76	25,88	22,81	0
14/01/2017 05:32	25,56	25,84	25,72	25,84	22,81	0
14/01/2017 05:37	25,53	25,80	25,69	25,80	22,80	0
14/01/2017 05:42	25,49	25,77	25,66	25,77	22,81	0
14/01/2017 05:47	25,46	25,74	25,62	25,73	22,79	0
14/01/2017 05:52	25,43	25,70	25,59	25,70	22,81	0
14/01/2017 05:57	25,40	25,67	25,56	25,67	22,81	0
14/01/2017 06:02	25,36	25,65	25,53	25,63	22,79	0
14/01/2017 06:07	25,33	25,62	25,49	25,61	22,77	0
14/01/2017 06:12	25,30	25,58	25,46	25,57	22,74	0
14/01/2017 06:17	25,27	25,55	25,43	25,53	22,73	0
14/01/2017 06:22	25,24	25,52	25,40	25,50	22,72	0
14/01/2017 06:27	25,21	25,49	25,37	25,47	22,71	0
14/01/2017 06:32	25,18	25,45	25,34	25,46	22,71	0
14/01/2017 06:37	25,15	25,40	25,30	25,43	22,74	6
14/01/2017 06:42	25,12	25,37	25,27	25,41	22,76	11
14/01/2017 06:47	25,09	25,33	25,24	25,38	22,79	12
14/01/2017 06:52	25,06	25,31	25,22	25,35	22,79	18
14/01/2017 06:57	25,03	25,27	25,19	25,32	22,79	19
14/01/2017 07:02	25,00	25,24	25,16	25,29	22,78	23
14/01/2017 07:07	24,97	25,21	25,13	25,26	22,82	26
14/01/2017 07:12	24,95	25,19	25,10	25,24	22,88	32
14/01/2017 07:17	24,92	25,16	25,07	25,21	22,90	42
14/01/2017 07:22	24,89	25,14	25,04	25,18	22,91	42
14/01/2017 07:27	24,87	25,11	25,01	25,16	23,12	54
14/01/2017 07:32	24,84	25,08	24,99	25,14	23,35	84
14/01/2017 07:37	24,82	25,06	24,96	25,12	23,61	88
14/01/2017 07:42	24,80	25,04	24,94	25,10	23,82	97
14/01/2017 07:47	24,78	25,01	24,92	25,08	24,00	184
14/01/2017 07:52	24,77	25,00	24,91	25,06	24,47	206
14/01/2017 07:57	24,76	24,99	24,89	25,05	25,35	225
14/01/2017 08:02	24,75	24,98	24,89	25,05	26,22	227
14/01/2017 08:07	24,75	24,98	24,89	25,05	26,83	243
14/01/2017 08:12	24,76	24,99	24,89	25,05	26,95	257
14/01/2017 08:17	24,76	24,98	24,89	25,06	27,05	271
14/01/2017 08:22	24,77	24,98	24,89	25,07	27,57	290
14/01/2017 08:27	24,79	24,99	24,90	25,08	28,17	308
14/01/2017 08:32	24,80	25,01	24,91	25,09	28,58	325
14/01/2017 08:37	24,83	25,03	24,93	25,10	28,90	343
14/01/2017 08:42	24,86	25,04	24,96	25,12	29,24	366
14/01/2017 08:47	24,90	25,07	24,98	25,14	29,53	390
14/01/2017 08:52	24,93	25,10	25,01	25,16	29,77	422
14/01/2017 08:57	24,97	25,13	25,04	25,19	30,23	438
14/01/2017 09:02	25,03	25,16	25,07	25,22	30,39	429
14/01/2017 09:07	25,08	25,20	25,11	25,26	30,79	446
14/01/2017 09:12	25,13	25,24	25,15	25,30	30,97	464
14/01/2017 09:17	25,19	25,29	25,20	25,34	31,14	480
14/01/2017 09:22	25,25	25,33	25,24	25,38	31,26	501
14/01/2017 09:27	25,31	25,38	25,29	25,43	31,18	517
14/01/2017 09:32	25,38	25,42	25,35	25,48	31,60	533
14/01/2017 09:37	25,46	25,48	25,41	25,54	31,96	548
14/01/2017 09:42	25,53	25,53	25,46	25,60	31,90	561
14/01/2017 09:47	25,60	25,60	25,53	25,66	32,34	582
14/01/2017 09:52	25,69	25,66	25,59	25,71	32,34	599
14/01/2017 09:57	25,77	25,73	25,66	25,78	32,49	615
14/01/2017 10:02	25,85	25,84	25,73	25,79	32,49	631
14/01/2017 10:07	25,95	25,90	25,81	25,85	32,71	656

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
14/01/2017 10:12	26,04	25,97	25,88	25,92	32,82	682
14/01/2017 10:17	26,13	26,04	25,96	25,98	32,95	696
14/01/2017 10:22	26,21	26,12	26,04	26,06	32,55	717
14/01/2017 10:27	26,30	26,19	26,11	26,12	32,55	540
14/01/2017 10:32	26,40	26,27	26,20	26,19	33,39	768
14/01/2017 10:37	26,51	26,35	26,29	26,27	33,70	602
14/01/2017 10:42	26,61	26,44	26,38	26,35	33,99	631
14/01/2017 10:47	26,71	26,51	26,46	26,43	34,16	547
14/01/2017 10:52	26,80	26,59	26,54	26,48	33,54	554
14/01/2017 10:57	26,89	26,66	26,62	26,55	33,48	647
14/01/2017 11:02	26,97	26,73	26,70	26,61	33,13	647
14/01/2017 11:07	27,05	26,80	26,77	26,67	33,16	566
14/01/2017 11:12	27,13	26,87	26,85	26,74	33,22	599
14/01/2017 11:17	27,22	26,95	26,93	26,80	33,49	598
14/01/2017 11:22	27,31	27,03	27,01	26,87	33,86	529
14/01/2017 11:27	27,40	27,10	27,09	26,95	33,84	471
14/01/2017 11:32	27,48	27,18	27,17	27,03	33,78	439
14/01/2017 11:37	27,56	27,25	27,25	27,09	33,59	431
14/01/2017 11:42	27,64	27,32	27,32	27,15	33,59	486
14/01/2017 11:47	27,72	27,39	27,40	27,23	33,87	545
14/01/2017 11:52	27,80	27,46	27,47	27,30	33,79	554
14/01/2017 11:57	27,88	27,54	27,55	27,37	33,86	664
14/01/2017 12:02	27,96	27,61	27,63	27,45	33,56	550
14/01/2017 12:07	28,04	27,69	27,71	27,53	33,76	710
14/01/2017 12:12	28,12	27,76	27,78	27,61	34,16	1042
14/01/2017 12:17	28,21	27,85	27,87	27,69	34,93	947
14/01/2017 12:22	28,30	27,93	27,97	27,79	35,50	1162
14/01/2017 12:27	28,40	28,03	28,06	27,88	36,40	1004
14/01/2017 12:32	28,49	28,12	28,15	27,97	36,48	830
14/01/2017 12:37	28,58	28,21	28,23	28,07	36,12	737
14/01/2017 12:42	28,66	28,29	28,29	28,14	35,73	831
14/01/2017 12:47	28,73	28,37	28,36	28,21	35,60	765
14/01/2017 12:52	28,81	28,44	28,42	28,28	35,69	779
14/01/2017 12:57	28,88	28,52	28,49	28,35	35,67	1018
14/01/2017 13:02	28,97	28,61	28,57	28,44	36,30	1023
14/01/2017 13:07	29,06	28,69	28,65	28,52	36,54	1032
14/01/2017 13:12	29,15	28,78	28,74	28,62	36,81	953
14/01/2017 13:17	29,24	28,87	28,82	28,70	36,54	951
14/01/2017 13:22	29,32	28,94	28,89	28,79	36,44	956
14/01/2017 13:27	29,41	29,02	28,97	28,86	36,28	1000
14/01/2017 13:32	29,50	29,09	29,04	28,94	36,60	953
14/01/2017 13:37	29,58	29,16	29,12	29,02	36,81	895
14/01/2017 13:42	29,67	29,23	29,20	29,10	36,77	563
14/01/2017 13:47	29,74	29,31	29,28	29,17	36,77	737
14/01/2017 13:52	29,83	29,39	29,36	29,24	36,50	529
14/01/2017 13:57	29,91	29,46	29,43	29,32	36,07	490
14/01/2017 14:02	29,98	29,53	29,50	29,38	35,58	504
14/01/2017 14:07	30,03	29,60	29,56	29,44	35,69	875
14/01/2017 14:12	30,11	29,67	29,63	29,51	35,80	765
14/01/2017 14:17	30,18	29,75	29,70	29,57	35,51	751
14/01/2017 14:22	30,25	29,82	29,77	29,64	35,56	450
14/01/2017 14:27	30,31	29,88	29,83	29,70	35,45	436
14/01/2017 14:32	30,37	29,94	29,89	29,76	35,05	650
14/01/2017 14:37	30,43	30,00	29,96	29,82	35,06	541
14/01/2017 14:42	30,49	30,07	30,02	29,88	34,43	497
14/01/2017 14:47	30,54	30,13	30,06	29,92	33,97	360
14/01/2017 14:52	30,58	30,17	30,11	29,97	33,70	272
14/01/2017 14:57	30,60	30,20	30,15	30,01	33,23	221
14/01/2017 15:02	30,64	30,23	30,19	30,04	32,58	230
14/01/2017 15:07	30,67	30,24	30,21	30,08	32,09	271
14/01/2017 15:12	30,69	30,25	30,22	30,10	31,58	320
14/01/2017 15:17	30,69	30,27	30,23	30,13	31,31	334
14/01/2017 15:22	30,71	30,27	30,24	30,14	31,25	473
14/01/2017 15:27	30,71	30,30	30,25	30,17	31,27	448

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
14/01/2017 15:32	30,71	30,33	30,25	30,19	31,14	534
14/01/2017 15:37	30,73	30,34	30,26	30,20	31,29	568
14/01/2017 15:42	30,75	30,35	30,26	30,22	31,43	701
14/01/2017 15:47	30,73	30,38	30,27	30,24	31,23	705
14/01/2017 15:52	30,69	30,37	30,27	30,27	30,99	635
14/01/2017 15:57	30,69	30,39	30,28	30,29	31,18	599
14/01/2017 16:02	30,68	30,41	30,29	30,30	31,34	508
14/01/2017 16:07	30,68	30,41	30,29	30,32	31,41	536
14/01/2017 16:12	30,67	30,41	30,30	30,33	31,34	487
14/01/2017 16:17	30,66	30,42	30,30	30,34	31,13	407
14/01/2017 16:22	30,65	30,43	30,31	30,36	30,73	376
14/01/2017 16:27	30,64	30,43	30,31	30,36	30,41	353
14/01/2017 16:32	30,64	30,43	30,32	30,37	30,01	350
14/01/2017 16:37	30,63	30,45	30,32	30,37	29,98	288
14/01/2017 16:42	30,62	30,43	30,33	30,37	29,71	336
14/01/2017 16:47	30,59	30,43	30,34	30,36	29,56	334
14/01/2017 16:52	30,58	30,44	30,35	30,36	29,54	298
14/01/2017 16:57	30,56	30,43	30,35	30,35	29,43	283
14/01/2017 17:02	30,53	30,44	30,36	30,34	29,28	327
14/01/2017 17:07	30,52	30,43	30,37	30,33	29,23	311
14/01/2017 17:12	30,48	30,40	30,38	30,31	29,14	253
14/01/2017 17:17	30,45	30,38	30,37	30,31	29,00	214
14/01/2017 17:22	30,44	30,39	30,37	30,29	28,86	221
14/01/2017 17:27	30,39	30,37	30,36	30,29	28,76	186
14/01/2017 17:32	30,37	30,35	30,36	30,27	28,75	155
14/01/2017 17:37	30,34	30,33	30,35	30,25	28,52	118
14/01/2017 17:42	30,30	30,30	30,32	30,24	28,24	91
14/01/2017 17:47	30,26	30,27	30,30	30,22	28,06	88
14/01/2017 17:52	30,23	30,25	30,27	30,19	27,88	69
14/01/2017 17:57	30,20	30,22	30,23	30,17	27,70	60
14/01/2017 18:02	30,15	30,18	30,19	30,16	27,54	55
14/01/2017 18:07	30,12	30,16	30,16	30,14	27,48	28
14/01/2017 18:12	30,08	30,13	30,13	30,11	27,40	12
14/01/2017 18:17	30,02	30,06	30,09	30,09	27,24	12
14/01/2017 18:22	29,98	30,04	30,04	30,05	27,12	16
14/01/2017 18:27	29,93	29,98	30,00	30,03	27,05	9
14/01/2017 18:32	29,89	29,96	29,96	30,00	26,95	7
14/01/2017 18:37	29,84	29,94	29,92	29,96	26,85	5
14/01/2017 18:42	29,79	29,89	29,88	29,94	26,76	0
14/01/2017 18:47	29,73	29,83	29,83	29,90	26,69	0
14/01/2017 18:52	29,67	29,79	29,79	29,86	26,64	0
14/01/2017 18:57	29,62	29,75	29,74	29,82	26,55	0
14/01/2017 19:02	29,56	29,70	29,69	29,79	26,38	0
14/01/2017 19:07	29,46	29,58	29,61	29,74	25,16	0
14/01/2017 19:12	29,33	29,45	29,50	29,68	23,27	0
14/01/2017 19:17	29,22	29,35	29,40	29,64	22,38	0
14/01/2017 19:22	29,13	29,29	29,32	29,59	21,88	0
14/01/2017 19:27	29,06	29,22	29,25	29,53	21,58	0
14/01/2017 19:32	28,98	29,16	29,17	29,47	21,43	0
14/01/2017 19:37	28,90	29,10	29,11	29,42	21,40	0
14/01/2017 19:42	28,84	29,03	29,06	29,35	21,51	0
14/01/2017 19:47	28,75	28,95	28,99	29,28	21,53	5
14/01/2017 19:52	28,64	28,86	28,89	29,22	21,50	5
14/01/2017 19:57	28,53	28,77	28,81	29,15	21,50	5
14/01/2017 20:02	28,43	28,71	28,74	29,08	21,51	5
14/01/2017 20:07	28,34	28,63	28,67	29,01	21,38	5
14/01/2017 20:12	28,25	28,55	28,60	28,93	21,41	5
14/01/2017 20:17	28,16	28,47	28,53	28,85	21,51	0
14/01/2017 20:22	28,06	28,38	28,46	28,76	21,55	0
14/01/2017 20:27	27,95	28,29	28,37	28,66	21,45	5
14/01/2017 20:32	27,85	28,20	28,30	28,56	21,33	0
14/01/2017 20:37	27,75	28,12	28,21	28,46	21,24	0
14/01/2017 20:42	27,65	28,04	28,12	28,36	21,19	0
14/01/2017 20:47	27,55	27,96	28,04	28,27	21,13	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
14/01/2017 20:52	27,45	27,88	27,97	28,27	21,22	0
14/01/2017 20:57	27,35	27,79	27,88	28,07	21,35	0
14/01/2017 21:02	27,26	27,71	27,80	27,97	21,45	0
14/01/2017 21:07	27,16	27,63	27,71	27,88	21,41	0
14/01/2017 21:12	27,06	27,55	27,63	27,80	21,41	0
14/01/2017 21:17	26,98	27,46	27,56	27,71	21,43	0
14/01/2017 21:22	26,89	27,38	27,47	27,62	21,47	0
14/01/2017 21:27	26,81	27,30	27,40	27,54	21,43	0
14/01/2017 21:32	26,73	27,22	27,32	27,46	21,39	0
14/01/2017 21:37	26,64	27,14	27,25	27,38	21,36	0
14/01/2017 21:42	26,57	27,06	27,18	27,32	21,36	0
14/01/2017 21:47	26,49	26,99	27,11	27,27	21,38	0
14/01/2017 21:52	26,42	26,93	27,03	27,21	21,42	0
14/01/2017 21:57	26,35	26,84	26,97	27,14	21,46	0
14/01/2017 22:02	26,27	26,78	26,91	27,08	21,50	0
14/01/2017 22:07	26,20	26,71	26,84	27,02	21,52	0
14/01/2017 22:12	26,14	26,65	26,77	26,96	21,56	0
14/01/2017 22:17	26,07	26,58	26,72	26,92	21,58	0
14/01/2017 22:22	26,00	26,52	26,65	26,86	21,57	0
14/01/2017 22:27	25,94	26,45	26,59	26,81	21,56	0
14/01/2017 22:32	25,88	26,39	26,53	26,74	21,59	0
14/01/2017 22:37	25,83	26,33	26,47	26,68	21,61	0
14/01/2017 22:42	25,77	26,27	26,42	26,62	21,66	0
14/01/2017 22:47	25,72	26,22	26,36	26,57	21,70	0
14/01/2017 22:52	25,67	26,16	26,31	26,50	21,72	0
14/01/2017 22:57	25,62	26,11	26,26	26,45	21,73	0
14/01/2017 23:02	25,58	26,05	26,21	26,41	21,78	0
14/01/2017 23:07	25,53	26,00	26,16	26,35	21,84	0
14/01/2017 23:12	25,49	25,95	26,12	26,30	21,88	0
14/01/2017 23:17	25,44	25,91	26,07	26,26	21,91	0
14/01/2017 23:22	25,40	25,86	26,03	26,21	21,95	0
14/01/2017 23:27	25,36	25,81	25,98	26,15	21,96	0
14/01/2017 23:32	25,33	25,76	25,94	26,11	21,98	0
14/01/2017 23:37	25,29	25,72	25,90	26,06	22,07	0
14/01/2017 23:42	25,25	25,68	25,86	26,02	22,14	0
14/01/2017 23:47	25,22	25,64	25,82	25,99	22,12	0
14/01/2017 23:52	25,18	25,59	25,78	25,94	22,02	0
14/01/2017 23:57	25,14	25,56	25,74	25,90	21,90	0
15/01/2017 00:02	25,11	25,51	25,70	25,87	21,84	0
15/01/2017 00:07	25,08	25,47	25,66	25,82	21,83	0
15/01/2017 00:12	25,04	25,43	25,63	25,78	21,85	0
15/01/2017 00:17	25,01	25,39	25,59	25,75	21,91	0
15/01/2017 00:22	24,98	25,36	25,57	25,70	21,95	0
15/01/2017 00:27	24,95	25,33	25,54	25,67	21,99	0
15/01/2017 00:32	24,92	25,30	25,51	25,63	22,01	0
15/01/2017 00:37	24,90	25,26	25,48	25,58	22,04	0
15/01/2017 00:42	24,87	25,23	25,45	25,54	22,09	0
15/01/2017 00:47	24,85	25,21	25,42	25,52	22,17	0
15/01/2017 00:52	24,83	25,17	25,39	25,49	22,18	0
15/01/2017 00:57	24,80	25,14	25,36	25,46	22,16	0
15/01/2017 01:02	24,78	25,11	25,33	25,43	22,09	0
15/01/2017 01:07	24,76	25,08	25,30	25,40	22,01	0
15/01/2017 01:12	24,73	25,05	25,27	25,35	21,97	0
15/01/2017 01:17	24,71	25,02	25,24	25,33	21,96	0
15/01/2017 01:22	24,68	24,99	25,21	25,30	21,95	0
15/01/2017 01:27	24,66	24,96	25,19	25,26	21,95	0
15/01/2017 01:32	24,64	24,94	25,15	25,23	21,95	0
15/01/2017 01:37	24,61	24,91	25,13	25,20	21,91	0
15/01/2017 01:42	24,59	24,88	25,11	25,18	21,84	0
15/01/2017 01:47	24,56	24,85	25,08	25,15	21,74	0
15/01/2017 01:52	24,54	24,82	25,06	25,12	21,63	0
15/01/2017 01:57	24,51	24,79	25,02	25,09	21,54	0
15/01/2017 02:02	24,48	24,76	25,00	25,06	21,45	0
15/01/2017 02:07	24,46	24,73	24,96	25,02	21,37	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/01/2017 02:12	24,44	24,70	24,94	24,99	21,31	0
15/01/2017 02:17	24,41	24,67	24,91	24,97	21,27	0
15/01/2017 02:22	24,39	24,64	24,89	24,94	21,25	0
15/01/2017 02:27	24,36	24,62	24,86	24,92	21,26	0
15/01/2017 02:32	24,33	24,59	24,84	24,90	21,27	0
15/01/2017 02:37	24,31	24,56	24,80	24,89	21,30	0
15/01/2017 02:42	24,28	24,54	24,78	24,87	21,33	0
15/01/2017 02:47	24,26	24,51	24,75	24,84	21,34	0
15/01/2017 02:52	24,23	24,48	24,72	24,82	21,35	0
15/01/2017 02:57	24,21	24,46	24,70	24,81	21,35	0
15/01/2017 03:02	24,18	24,43	24,68	24,78	21,36	0
15/01/2017 03:07	24,15	24,40	24,64	24,77	21,37	0
15/01/2017 03:12	24,12	24,37	24,62	24,75	21,35	0
15/01/2017 03:17	24,10	24,34	24,59	24,73	21,30	0
15/01/2017 03:22	24,06	24,31	24,56	24,70	21,27	0
15/01/2017 03:27	24,04	24,29	24,54	24,68	21,26	0
15/01/2017 03:32	24,01	24,26	24,51	24,66	21,31	0
15/01/2017 03:37	23,98	24,23	24,49	24,62	21,39	0
15/01/2017 03:42	23,96	24,21	24,47	24,59	21,48	0
15/01/2017 03:47	23,94	24,19	24,45	24,58	21,57	0
15/01/2017 03:52	23,92	24,17	24,43	24,55	21,62	0
15/01/2017 03:57	23,90	24,15	24,40	24,54	21,71	0
15/01/2017 04:02	23,88	24,13	24,39	24,51	21,83	0
15/01/2017 04:07	23,85	24,11	24,37	24,49	21,89	0
15/01/2017 04:12	23,83	24,09	24,35	24,47	21,94	0
15/01/2017 04:17	23,81	24,07	24,34	24,45	21,95	0
15/01/2017 04:22	23,80	24,05	24,32	24,44	21,97	0
15/01/2017 04:27	23,77	24,03	24,30	24,41	21,95	0
15/01/2017 04:32	23,75	24,01	24,28	24,40	21,91	0
15/01/2017 04:37	23,74	23,99	24,26	24,37	21,91	0
15/01/2017 04:42	23,72	23,97	24,25	24,36	21,91	0
15/01/2017 04:47	23,70	23,96	24,23	24,33	21,92	0
15/01/2017 04:52	23,70	23,95	24,22	24,31	21,95	0
15/01/2017 04:57	23,68	23,93	24,21	24,29	21,98	0
15/01/2017 05:02	23,67	23,92	24,19	24,28	21,99	0
15/01/2017 05:07	23,66	23,91	24,18	24,26	22,01	0
15/01/2017 05:12	23,65	23,89	24,16	24,23	22,02	0
15/01/2017 05:17	23,65	23,88	24,15	24,23	22,03	0
15/01/2017 05:22	23,64	23,87	24,14	24,23	22,04	0
15/01/2017 05:27	23,63	23,85	24,13	24,22	22,05	0
15/01/2017 05:32	23,62	23,84	24,12	24,22	22,07	0
15/01/2017 05:37	23,60	23,83	24,11	24,21	22,05	0
15/01/2017 05:42	23,59	23,82	24,10	24,21	22,03	0
15/01/2017 05:47	23,58	23,82	24,09	24,21	22,03	0
15/01/2017 05:52	23,57	23,80	24,08	24,20	22,02	0
15/01/2017 05:57	23,56	23,79	24,07	24,20	22,01	0
15/01/2017 06:02	23,56	23,79	24,06	24,20	22,00	0
15/01/2017 06:07	23,55	23,78	24,05	24,19	22,02	0
15/01/2017 06:12	23,54	23,78	24,05	24,19	22,03	0
15/01/2017 06:17	23,52	23,77	24,04	24,19	22,07	0
15/01/2017 06:22	23,51	23,76	24,03	24,18	22,06	0
15/01/2017 06:27	23,51	23,76	24,02	24,18	22,07	0
15/01/2017 06:32	23,49	23,75	24,01	24,18	22,10	0
15/01/2017 06:37	23,48	23,75	24,01	24,17	22,12	0
15/01/2017 06:42	23,47	23,74	24,00	24,17	22,17	0
15/01/2017 06:47	23,46	23,73	23,99	24,16	22,22	0
15/01/2017 06:52	23,45	23,73	23,99	24,16	22,27	7
15/01/2017 06:57	23,44	23,72	23,98	24,15	22,32	9
15/01/2017 07:02	23,44	23,71	23,98	24,16	22,37	11
15/01/2017 07:07	23,43	23,71	23,97	24,16	22,39	13
15/01/2017 07:12	23,42	23,70	23,97	24,15	22,43	16
15/01/2017 07:17	23,43	23,70	23,96	24,15	22,49	23
15/01/2017 07:22	23,44	23,70	23,96	24,14	22,56	54
15/01/2017 07:27	23,45	23,69	23,95	24,14	22,70	70

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/01/2017 07:32	23,46	23,69	23,95	24,14	22,92	58
15/01/2017 07:37	23,46	23,69	23,95	24,15	23,13	77
15/01/2017 07:42	23,47	23,69	23,95	24,15	23,27	53
15/01/2017 07:47	23,48	23,69	23,96	24,15	23,37	56
15/01/2017 07:52	23,49	23,70	23,96	24,16	23,43	77
15/01/2017 07:57	23,51	23,70	23,96	24,16	23,58	144
15/01/2017 08:02	23,52	23,71	23,97	24,17	23,85	169
15/01/2017 08:07	23,52	23,71	23,98	24,17	24,24	76
15/01/2017 08:12	23,54	23,73	23,99	24,18	24,37	104
15/01/2017 08:17	23,54	23,73	23,99	24,18	24,45	111
15/01/2017 08:22	23,55	23,75	24,01	24,19	24,60	107
15/01/2017 08:27	23,56	23,76	24,02	24,19	24,64	118
15/01/2017 08:32	23,58	23,77	24,03	24,19	24,71	142
15/01/2017 08:37	23,60	23,78	24,04	24,20	24,85	121
15/01/2017 08:42	23,61	23,80	24,05	24,20	24,97	135
15/01/2017 08:47	23,63	23,82	24,07	24,22	24,83	69
15/01/2017 08:52	23,65	23,83	24,08	24,22	24,65	93
15/01/2017 08:57	23,68	23,84	24,09	24,23	24,56	410
15/01/2017 09:02	23,70	23,86	24,10	24,25	25,30	158
15/01/2017 09:07	23,71	23,88	24,12	24,25	25,81	148
15/01/2017 09:12	23,74	23,90	24,13	24,27	25,73	202
15/01/2017 09:17	23,77	23,93	24,15	24,29	25,68	279
15/01/2017 09:22	23,81	23,95	24,18	24,30	26,17	220
15/01/2017 09:27	23,85	23,98	24,20	24,33	26,47	294
15/01/2017 09:32	23,88	24,01	24,23	24,35	26,78	258
15/01/2017 09:37	23,93	24,03	24,26	24,38	27,05	353
15/01/2017 09:42	23,96	24,07	24,29	24,40	27,52	290
15/01/2017 09:47	24,00	24,10	24,32	24,43	27,75	234
15/01/2017 09:52	24,05	24,14	24,35	24,47	27,85	334
15/01/2017 09:57	24,09	24,18	24,38	24,49	27,84	566
15/01/2017 10:02	24,13	24,21	24,42	24,53	28,42	316
15/01/2017 10:07	24,18	24,27	24,46	24,55	28,47	388
15/01/2017 10:12	24,23	24,31	24,50	24,58	29,15	605
15/01/2017 10:17	24,28	24,37	24,56	24,61	30,17	831
15/01/2017 10:22	24,33	24,43	24,61	24,64	30,36	345
15/01/2017 10:27	24,40	24,49	24,66	24,67	30,22	330
15/01/2017 10:32	24,46	24,55	24,72	24,71	30,36	617
15/01/2017 10:37	24,51	24,61	24,77	24,75	30,21	527
15/01/2017 10:42	24,57	24,67	24,83	24,78	30,86	881
15/01/2017 10:47	24,63	24,74	24,89	24,81	31,47	912
15/01/2017 10:52	24,71	24,81	24,96	24,86	32,17	318
15/01/2017 10:57	24,78	24,88	25,03	24,90	32,65	359
15/01/2017 11:02	24,84	24,96	25,10	24,95	32,60	889
15/01/2017 11:07	24,91	25,03	25,16	25,01	32,33	371
15/01/2017 11:12	24,99	25,10	25,22	25,08	32,06	1093
15/01/2017 11:17	25,06	25,16	25,28	25,14	31,64	1034
15/01/2017 11:22	25,15	25,22	25,34	25,19	31,68	512
15/01/2017 11:27	25,23	25,28	25,39	25,24	31,30	364
15/01/2017 11:32	25,31	25,34	25,45	25,30	30,91	381
15/01/2017 11:37	25,40	25,40	25,51	25,35	30,99	361
15/01/2017 11:42	25,50	25,46	25,57	25,41	31,29	341
15/01/2017 11:47	25,59	25,54	25,64	25,48	32,42	1004
15/01/2017 11:52	25,67	25,63	25,72	25,56	33,05	1014
15/01/2017 11:57	25,77	25,70	25,78	25,65	33,03	311
15/01/2017 12:02	25,86	25,81	25,85	25,73	33,36	304
15/01/2017 12:07	25,95	25,91	25,92	25,81	32,84	1134
15/01/2017 12:12	26,03	26,08	25,98	25,87	33,24	1134
15/01/2017 12:17	26,14	26,16	26,06	25,95	32,83	1116
15/01/2017 12:22	26,24	26,24	26,13	26,02	32,87	1100
15/01/2017 12:27	26,33	26,33	26,22	26,10	33,62	336
15/01/2017 12:32	26,45	26,42	26,30	26,18	33,17	759
15/01/2017 12:37	26,55	26,49	26,37	26,25	32,71	461
15/01/2017 12:42	26,66	26,56	26,44	26,31	32,88	427
15/01/2017 12:47	26,77	26,65	26,52	26,37	33,24	485

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/01/2017 12:52	26,89	26,74	26,61	26,45	34,20	1208
15/01/2017 12:57	26,99	26,83	26,70	26,53	34,65	371
15/01/2017 13:02	27,10	26,93	26,80	26,62	35,25	1086
15/01/2017 13:07	27,20	27,02	26,90	26,71	35,32	1169
15/01/2017 13:12	27,31	27,12	27,00	26,81	35,85	1232
15/01/2017 13:17	27,41	27,20	27,09	26,89	35,37	334
15/01/2017 13:22	27,51	27,27	27,17	26,97	34,46	1215
15/01/2017 13:27	27,61	27,34	27,24	27,03	34,56	350
15/01/2017 13:32	27,71	27,41	27,31	27,09	34,35	350
15/01/2017 13:37	27,81	27,48	27,38	27,15	33,76	1183
15/01/2017 13:42	27,91	27,54	27,45	27,21	33,71	1111
15/01/2017 13:47	28,01	27,63	27,53	27,27	34,91	387
15/01/2017 13:52	28,09	27,72	27,61	27,35	34,48	1071
15/01/2017 13:57	28,19	27,79	27,69	27,41	34,50	985
15/01/2017 14:02	28,27	27,86	27,77	27,48	34,80	1042
15/01/2017 14:07	28,36	27,96	27,86	27,57	35,55	1125
15/01/2017 14:12	28,46	28,04	27,94	27,65	35,63	1000
15/01/2017 14:17	28,55	28,13	28,02	27,72	35,33	1018
15/01/2017 14:22	28,63	28,22	28,11	27,79	35,90	378
15/01/2017 14:27	28,73	28,30	28,19	27,87	35,92	1048
15/01/2017 14:32	28,82	28,39	28,27	27,93	35,71	997
15/01/2017 14:37	28,91	28,48	28,35	28,01	35,75	981
15/01/2017 14:42	28,99	28,56	28,43	28,08	35,54	976
15/01/2017 14:47	29,06	28,62	28,50	28,13	35,10	969
15/01/2017 14:52	29,13	28,69	28,56	28,19	35,14	499
15/01/2017 14:57	29,20	28,76	28,62	28,25	34,87	986
15/01/2017 15:02	29,26	28,84	28,69	28,30	35,26	963
15/01/2017 15:07	29,33	28,92	28,76	28,37	36,20	773
15/01/2017 15:12	29,40	28,99	28,84	28,44	36,28	842
15/01/2017 15:17	29,48	29,06	28,92	28,51	36,41	863
15/01/2017 15:22	29,54	29,12	28,99	28,58	35,91	919
15/01/2017 15:27	29,61	29,20	29,06	28,64	35,72	534
15/01/2017 15:32	29,69	29,27	29,12	28,70	35,20	875
15/01/2017 15:37	29,75	29,35	29,18	28,76	35,36	374
15/01/2017 15:42	29,82	29,42	29,25	28,82	35,28	875
15/01/2017 15:47	29,87	29,48	29,31	28,87	35,55	882
15/01/2017 15:52	29,93	29,55	29,38	28,93	35,72	842
15/01/2017 15:57	29,99	29,61	29,44	29,00	35,59	918
15/01/2017 16:02	30,06	29,68	29,51	29,05	35,31	854
15/01/2017 16:07	30,11	29,74	29,57	29,11	35,31	809
15/01/2017 16:12	30,18	29,81	29,63	29,17	35,75	312
15/01/2017 16:17	30,24	29,88	29,70	29,24	35,51	359
15/01/2017 16:22	30,30	29,94	29,76	29,30	34,71	805
15/01/2017 16:27	30,34	30,00	29,83	29,35	35,08	844
15/01/2017 16:32	30,39	30,06	29,89	29,40	34,93	879
15/01/2017 16:37	30,44	30,13	29,95	29,46	35,34	786
15/01/2017 16:42	30,49	30,19	30,01	29,52	35,30	202
15/01/2017 16:47	30,54	30,24	30,07	29,59	34,34	728
15/01/2017 16:52	30,59	30,25	30,11	29,64	34,17	689
15/01/2017 16:57	30,64	30,29	30,16	29,69	34,49	373
15/01/2017 17:02	30,68	30,33	30,21	29,75	33,97	431
15/01/2017 17:07	30,71	30,37	30,25	29,80	33,63	624
15/01/2017 17:12	30,76	30,44	30,31	29,85	33,88	529
15/01/2017 17:17	30,79	30,51	30,35	29,91	33,74	573
15/01/2017 17:22	30,81	30,57	30,40	29,96	33,69	535
15/01/2017 17:27	30,84	30,59	30,45	30,01	33,54	237
15/01/2017 17:32	30,87	30,61	30,48	30,05	32,96	236
15/01/2017 17:37	30,90	30,64	30,52	30,09	32,34	179
15/01/2017 17:42	30,93	30,67	30,55	30,13	31,93	181
15/01/2017 17:47	30,96	30,71	30,59	30,17	31,57	246
15/01/2017 17:52	30,98	30,74	30,62	30,21	31,71	420
15/01/2017 17:57	31,02	30,78	30,64	30,24	31,96	373
15/01/2017 18:02	31,05	30,78	30,66	30,28	32,01	345
15/01/2017 18:07	31,07	30,79	30,69	30,31	31,69	197

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/01/2017 18:12	31,10	30,81	30,71	30,34	31,46	160
15/01/2017 18:17	31,11	30,85	30,75	30,36	31,35	134
15/01/2017 18:22	31,11	30,87	30,76	30,39	31,08	120
15/01/2017 18:27	31,13	30,85	30,75	30,41	30,70	97
15/01/2017 18:32	31,11	30,86	30,76	30,43	30,35	85
15/01/2017 18:37	31,10	30,88	30,75	30,45	30,06	46
15/01/2017 18:42	31,10	30,91	30,77	30,47	29,81	46
15/01/2017 18:47	31,09	30,91	30,77	30,49	29,71	58
15/01/2017 18:52	31,07	30,93	30,77	30,49	29,58	60
15/01/2017 18:57	31,04	30,94	30,75	30,51	29,46	51
15/01/2017 19:02	31,02	30,91	30,73	30,51	29,30	50
15/01/2017 19:07	30,98	30,90	30,71	30,52	29,17	48
15/01/2017 19:12	30,94	30,88	30,69	30,54	29,06	46
15/01/2017 19:17	30,89	30,87	30,66	30,55	28,87	46
15/01/2017 19:22	30,84	30,84	30,63	30,54	28,63	47
15/01/2017 19:27	30,79	30,79	30,60	30,54	28,28	46
15/01/2017 19:32	30,75	30,72	30,56	30,53	28,02	49
15/01/2017 19:37	30,70	30,65	30,50	30,52	27,84	49
15/01/2017 19:42	30,64	30,61	30,46	30,51	27,69	49
15/01/2017 19:47	30,59	30,57	30,42	30,49	27,49	46
15/01/2017 19:52	30,55	30,52	30,37	30,48	27,32	37
15/01/2017 19:57	30,49	30,47	30,30	30,46	27,17	32
15/01/2017 20:02	30,43	30,43	30,25	30,42	27,08	25
15/01/2017 20:07	30,37	30,38	30,21	30,39	27,08	19
15/01/2017 20:12	30,31	30,32	30,16	30,34	27,03	14
15/01/2017 20:17	30,24	30,27	30,11	30,30	27,01	11
15/01/2017 20:22	30,18	30,21	30,06	30,24	26,93	7
15/01/2017 20:27	30,10	30,15	30,00	30,20	26,86	0
15/01/2017 20:32	30,03	30,09	29,95	30,14	26,86	0
15/01/2017 20:37	29,96	30,04	29,89	30,07	26,75	0
15/01/2017 20:42	29,88	29,98	29,83	30,01	26,68	0
15/01/2017 20:47	29,80	29,92	29,77	29,95	26,67	0
15/01/2017 20:52	29,74	29,85	29,72	29,89	26,67	0
15/01/2017 20:57	29,66	29,80	29,66	29,83	26,63	0
15/01/2017 21:02	29,57	29,74	29,60	29,78	26,53	0
15/01/2017 21:07	29,48	29,69	29,55	29,79	26,47	0
15/01/2017 21:12	29,39	29,63	29,49	29,73	26,50	0
15/01/2017 21:17	29,30	29,58	29,44	29,66	26,49	0
15/01/2017 21:22	29,22	29,52	29,38	29,59	26,45	0
15/01/2017 21:27	29,14	29,46	29,32	29,54	26,39	0
15/01/2017 21:32	29,07	29,41	29,26	29,48	26,32	0
15/01/2017 21:37	28,99	29,35	29,21	29,41	26,23	0
15/01/2017 21:42	28,93	29,30	29,15	29,35	26,20	0
15/01/2017 21:47	28,87	29,24	29,10	29,29	26,15	0
15/01/2017 21:52	28,80	29,17	29,05	29,22	26,08	0
15/01/2017 21:57	28,72	29,12	28,99	29,16	26,07	0
15/01/2017 22:02	28,66	29,06	28,93	29,10	26,00	0
15/01/2017 22:07	28,58	29,01	28,88	29,05	25,93	0
15/01/2017 22:12	28,50	28,95	28,82	28,99	25,90	0
15/01/2017 22:17	28,42	28,89	28,76	28,92	25,86	0
15/01/2017 22:22	28,34	28,83	28,71	28,86	25,84	0
15/01/2017 22:27	28,28	28,77	28,66	28,80	25,79	0
15/01/2017 22:32	28,20	28,72	28,60	28,76	25,75	0
15/01/2017 22:37	28,16	28,67	28,56	28,71	25,74	0
15/01/2017 22:42	28,11	28,63	28,51	28,65	25,68	0
15/01/2017 22:47	28,05	28,58	28,46	28,60	25,64	0
15/01/2017 22:52	28,02	28,53	28,41	28,56	25,61	0
15/01/2017 22:57	28,05	28,48	28,36	28,50	25,58	0
15/01/2017 23:02	27,90	28,43	28,31	28,46	25,52	0
15/01/2017 23:07	27,85	28,38	28,26	28,42	25,45	0
15/01/2017 23:12	27,80	28,33	28,21	28,39	25,34	0
15/01/2017 23:17	27,75	28,27	28,17	28,34	25,26	0
15/01/2017 23:22	27,71	28,23	28,12	28,31	25,27	0
15/01/2017 23:27	27,66	28,18	28,08	28,26	25,26	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
15/01/2017 23:32	27,61	28,14	28,03	28,22	25,29	0
15/01/2017 23:37	27,57	28,09	27,99	28,19	25,22	0
15/01/2017 23:42	27,54	28,05	27,95	28,13	25,11	0
15/01/2017 23:47	27,49	28,01	27,90	28,11	25,00	0
15/01/2017 23:52	27,47	27,97	27,86	28,08	24,92	0
15/01/2017 23:57	27,43	27,93	27,82	28,04	24,90	0
16/01/2017 00:02	27,40	27,88	27,77	28,01	24,83	0
16/01/2017 00:07	27,37	27,85	27,73	27,98	24,80	0
16/01/2017 00:12	27,34	27,81	27,69	27,95	24,78	0
16/01/2017 00:17	27,31	27,77	27,65	27,92	24,75	0
16/01/2017 00:22	27,29	27,73	27,61	27,89	24,75	0
16/01/2017 00:27	27,30	27,69	27,57	27,85	24,69	0
16/01/2017 00:32	27,26	27,66	27,53	27,82	24,64	0
16/01/2017 00:37	27,22	27,62	27,49	27,79	24,58	0
16/01/2017 00:42	27,19	27,58	27,46	27,75	24,53	0
16/01/2017 00:47	27,15	27,55	27,42	27,71	24,49	0
16/01/2017 00:52	27,11	27,50	27,38	27,68	24,41	0
16/01/2017 00:57	27,08	27,47	27,34	27,65	24,42	0
16/01/2017 01:02	27,04	27,44	27,31	27,61	24,43	0
16/01/2017 01:07	27,01	27,40	27,27	27,59	24,43	0
16/01/2017 01:12	26,97	27,37	27,23	27,55	24,44	0
16/01/2017 01:17	26,94	27,33	27,20	27,53	24,46	0
16/01/2017 01:22	26,90	27,30	27,17	27,49	24,59	0
16/01/2017 01:27	26,87	27,27	27,13	27,47	24,64	0
16/01/2017 01:32	26,84	27,24	27,10	27,43	24,63	0
16/01/2017 01:37	26,81	27,21	27,07	27,40	24,61	0
16/01/2017 01:42	26,78	27,17	27,03	27,37	24,71	0
16/01/2017 01:47	26,74	27,14	27,00	27,34	24,83	0
16/01/2017 01:52	26,71	27,10	26,96	27,31	24,90	0
16/01/2017 01:57	26,67	27,07	26,93	27,27	24,94	0
16/01/2017 02:02	26,65	27,04	26,90	27,23	24,91	0
16/01/2017 02:07	26,63	27,01	26,87	27,20	24,81	0
16/01/2017 02:12	26,60	26,98	26,84	27,16	24,72	0
16/01/2017 02:17	26,57	26,95	26,80	27,10	24,63	0
16/01/2017 02:22	26,54	26,92	26,77	27,06	24,61	0
16/01/2017 02:27	26,51	26,88	26,74	27,03	24,56	0
16/01/2017 02:32	26,48	26,85	26,70	26,99	24,53	0
16/01/2017 02:37	26,45	26,82	26,67	26,96	24,60	0
16/01/2017 02:42	26,43	26,79	26,65	26,93	24,57	0
16/01/2017 02:47	26,39	26,76	26,61	26,91	24,57	0
16/01/2017 02:52	26,37	26,73	26,58	26,87	24,57	0
16/01/2017 02:57	26,34	26,71	26,55	26,85	24,57	0
16/01/2017 03:02	26,32	26,68	26,52	26,81	24,50	0
16/01/2017 03:07	26,29	26,66	26,49	26,78	24,47	0
16/01/2017 03:12	26,26	26,63	26,47	26,76	24,47	0
16/01/2017 03:17	26,24	26,60	26,44	26,73	24,50	0
16/01/2017 03:22	26,22	26,57	26,41	26,70	24,54	0
16/01/2017 03:27	26,19	26,54	26,38	26,66	24,51	0
16/01/2017 03:32	26,16	26,51	26,35	26,64	24,45	0
16/01/2017 03:37	26,13	26,49	26,33	26,61	24,37	0
16/01/2017 03:42	26,11	26,46	26,30	26,57	24,30	0
16/01/2017 03:47	26,08	26,44	26,27	26,54	24,21	0
16/01/2017 03:52	26,06	26,40	26,24	26,51	24,15	0
16/01/2017 03:57	26,03	26,38	26,21	26,48	24,11	0
16/01/2017 04:02	26,00	26,35	26,18	26,46	24,05	0
16/01/2017 04:07	25,98	26,32	26,16	26,42	24,01	0
16/01/2017 04:12	25,95	26,30	26,13	26,39	23,90	0
16/01/2017 04:17	25,92	26,27	26,10	26,37	23,78	0
16/01/2017 04:22	25,89	26,24	26,07	26,34	23,68	0
16/01/2017 04:27	25,87	26,21	26,04	26,31	23,65	0
16/01/2017 04:32	25,84	26,18	26,01	26,28	23,68	0
16/01/2017 04:37	25,81	26,15	25,98	26,24	23,68	0
16/01/2017 04:42	25,78	26,13	25,95	26,22	23,52	0
16/01/2017 04:47	25,75	26,10	25,93	26,19	23,44	0

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
16/01/2017 04:52	25,72	26,07	25,89	26,16	23,35	0
16/01/2017 04:57	25,69	26,04	25,86	26,13	23,26	0
16/01/2017 05:02	25,67	26,01	25,84	26,11	23,21	0
16/01/2017 05:07	25,64	25,98	25,81	26,09	23,18	0
16/01/2017 05:12	25,62	25,96	25,78	26,05	23,12	0
16/01/2017 05:17	25,59	25,93	25,75	26,04	23,13	0
16/01/2017 05:22	25,56	25,91	25,73	26,02	23,15	0
16/01/2017 05:27	25,53	25,88	25,70	26,00	23,24	0
16/01/2017 05:32	25,51	25,86	25,67	25,97	23,31	0
16/01/2017 05:37	25,49	25,83	25,65	25,98	23,36	0
16/01/2017 05:42	25,46	25,80	25,62	25,97	23,38	0
16/01/2017 05:47	25,43	25,78	25,59	25,94	23,43	0
16/01/2017 05:52	25,41	25,75	25,57	25,92	23,51	0
16/01/2017 05:57	25,38	25,73	25,54	25,91	23,47	0
16/01/2017 06:02	25,36	25,70	25,51	25,88	23,36	0
16/01/2017 06:07	25,33	25,68	25,48	25,86	23,25	0
16/01/2017 06:12	25,30	25,65	25,45	25,85	23,14	0
16/01/2017 06:17	25,28	25,63	25,43	25,82	23,06	0
16/01/2017 06:22	25,25	25,60	25,40	25,81	22,97	0
16/01/2017 06:27	25,22	25,57	25,37	25,78	22,99	0
16/01/2017 06:32	25,20	25,55	25,35	25,76	23,19	0
16/01/2017 06:37	25,17	25,52	25,33	25,74	23,38	0
16/01/2017 06:42	25,15	25,50	25,30	25,73	23,44	0
16/01/2017 06:47	25,14	25,48	25,28	25,70	23,36	0
16/01/2017 06:52	25,11	25,45	25,25	25,69	23,28	5
16/01/2017 06:57	25,09	25,43	25,23	25,66	23,34	9
16/01/2017 07:02	25,08	25,41	25,20	25,64	23,45	11
16/01/2017 07:07	25,05	25,39	25,19	25,62	23,59	14
16/01/2017 07:12	25,04	25,37	25,16	25,60	23,78	19
16/01/2017 07:17	25,02	25,35	25,14	25,58	23,93	25
16/01/2017 07:22	25,00	25,33	25,12	25,56	24,02	28
16/01/2017 07:27	24,99	25,31	25,11	25,54	24,08	35
16/01/2017 07:32	24,97	25,29	25,09	25,53	24,18	41
16/01/2017 07:37	24,95	25,28	25,07	25,50	24,19	50
16/01/2017 07:42	24,94	25,27	25,06	25,49	24,12	62
16/01/2017 07:47	24,92	25,25	25,04	25,47	24,07	70
16/01/2017 07:52	24,91	25,23	25,02	25,45	24,12	81
16/01/2017 07:57	24,90	25,22	25,01	25,44	24,21	91
16/01/2017 08:02	24,89	25,21	25,00	25,42	24,32	102
16/01/2017 08:07	24,89	25,20	25,00	25,42	24,45	106
16/01/2017 08:12	24,88	25,20	24,98	25,41	24,63	113
16/01/2017 08:17	24,87	25,19	24,98	25,40	24,79	118
16/01/2017 08:22	24,87	25,18	24,97	25,38	24,97	127
16/01/2017 08:27	24,86	25,17	24,96	25,37	25,17	139
16/01/2017 08:32	24,86	25,17	24,96	25,36	25,37	151
16/01/2017 08:37	24,86	25,16	24,95	25,37	25,59	165
16/01/2017 08:42	24,86	25,16	24,95	25,37	25,87	175
16/01/2017 08:47	24,87	25,17	24,95	25,38	26,15	186
16/01/2017 08:52	24,88	25,17	24,96	25,38	26,44	193
16/01/2017 08:57	24,89	25,17	24,97	25,39	26,68	206
16/01/2017 09:02	24,90	25,18	24,97	25,39	26,95	221
16/01/2017 09:07	24,91	25,19	24,98	25,41	27,21	243
16/01/2017 09:12	24,92	25,19	24,99	25,41	27,61	290
16/01/2017 09:17	24,93	25,20	25,00	25,43	28,10	314
16/01/2017 09:22	24,96	25,22	25,02	25,44	28,54	329
16/01/2017 09:27	24,98	25,23	25,04	25,44	28,97	420
16/01/2017 09:32	25,00	25,25	25,07	25,45	29,52	359
16/01/2017 09:37	25,04	25,28	25,09	25,47	29,99	299
16/01/2017 09:42	25,07	25,30	25,12	25,48	29,94	417
16/01/2017 09:47	25,11	25,32	25,14	25,49	29,95	434
16/01/2017 09:52	25,14	25,34	25,18	25,49	30,36	542
16/01/2017 09:57	25,18	25,37	25,21	25,51	30,57	380
16/01/2017 10:02	25,22	25,40	25,25	25,53	30,58	313
16/01/2017 10:07	25,26	25,43	25,28	25,54	30,31	316

Continuação

VARIÁVEIS DO AR EXTERNO E INTERNO NO PERÍODO DE VERÃO						
Data/ hora	Temp. P1 (°C)	Temp. P2 (°C)	Temp. P3 (°C)	Temp. P4 (°C)	Temp. ar externo (°C)	Radiação solar (W/m ²)
16/01/2017 10:12	25,30	25,46	25,30	25,56	30,12	272
16/01/2017 10:17	25,35	25,49	25,33	25,56	29,89	278
16/01/2017 10:22	25,39	25,51	25,36	25,59	29,61	274
16/01/2017 10:27	25,43	25,54	25,38	25,61	29,60	248
16/01/2017 10:32	25,48	25,58	25,42	25,62	29,68	243
16/01/2017 10:37	25,52	25,61	25,45	25,64	29,75	318
16/01/2017 10:42	25,57	25,64	25,48	25,67	29,85	308
16/01/2017 10:47	25,61	25,68	25,51	25,68	29,97	369
16/01/2017 10:52	25,66	25,72	25,55	25,70	30,34	434
16/01/2017 10:57	25,72	25,76	25,60	25,73	30,82	724
16/01/2017 11:02	25,78	25,81	25,66	25,77	31,50	559
16/01/2017 11:07	25,84	25,86	25,72	25,80	31,74	698
16/01/2017 11:12	25,91	25,92	25,77	25,83	32,01	675
16/01/2017 11:17	25,98	25,97	25,84	25,86	32,62	724
16/01/2017 11:22	26,05	26,03	25,91	25,89	33,07	696
16/01/2017 11:27	26,12	26,09	25,97	25,96	33,41	487
16/01/2017 11:32	26,20	26,15	26,04	26,05	33,65	487
16/01/2017 11:37	26,28	26,22	26,10	26,11	33,64	513
16/01/2017 11:42	26,35	26,28	26,16	26,17	33,93	512
16/01/2017 11:47	26,42	26,34	26,23	26,22	34,26	496
16/01/2017 11:52	26,50	26,41	26,30	26,28	34,38	436
16/01/2017 11:57	26,58	26,47	26,37	26,36	34,33	814
16/01/2017 12:02	26,66	26,53	26,44	26,44	34,26	462
16/01/2017 12:07	26,75	26,60	26,51	26,51	34,04	549
16/01/2017 12:12	26,84	26,67	26,58	26,56	33,95	1007
16/01/2017 12:17	26,92	26,75	26,66	26,63	34,55	888
16/01/2017 12:22	27,01	26,83	26,75	26,70	34,92	1104
16/01/2017 12:27	27,11	26,91	26,84	26,80	35,63	1072
16/01/2017 12:32	27,21	27,01	26,93	26,88	35,66	1039
16/01/2017 12:37	27,31	27,10	27,02	26,96	35,67	956
16/01/2017 12:42	27,40	27,20	27,11	27,04	35,92	1015
16/01/2017 12:47	27,50	27,29	27,20	27,13	36,55	1044
16/01/2017 12:52	27,61	27,38	27,30	27,22	36,61	696
16/01/2017 12:57	27,70	27,47	27,39	27,31	36,04	729
16/01/2017 13:02	27,79	27,55	27,47	27,38	35,69	700
16/01/2017 13:07	27,87	27,62	27,54	27,45	35,42	684
16/01/2017 13:12	27,95	27,69	27,61	27,51	35,22	708
16/01/2017 13:17	28,03	27,77	27,68	27,59	34,40	573
16/01/2017 13:22	28,11	27,84	27,75	27,65	34,02	480
16/01/2017 13:27	28,19	27,91	27,83	27,72	33,90	390
16/01/2017 13:32	28,27	27,98	27,90	27,79	33,41	350
16/01/2017 13:37	28,34	28,06	27,96	27,85	33,23	373

Temperaturas superficiais nas faces voltadas ao Leste no período de verão

Face Leste				
Horário	P1	P2	P3	P4
08:30	26,0 °C	26,5 °C	27,0 °C	28,3 °C
09:00	30,0 °C	30,4 °C	30,3 °C	30,4 °C
09:30	31,4 °C	31,6 °C	30,3 °C	32,2 °C
10:00	33,0 °C	33,4 °C	34,0 °C	34,2 °C
10:30	34,7 °C	34,8 °C	35,3 °C	35,7 °C
11:00	35,5 °C	35,1 °C	35,9 °C	36,1 °C
11:30	35,9 °C	36,0 °C	36,6 °C	36,9 °C
12:00	22,3 °C	22,8 °C	22,9 °C	23,0 °C
12:30	31,0 °C	31,2 °C	33,0 °C	31,1 °C
13:00	30,1 °C	30,9 °C	31,1 °C	31,1 °C
13:30	31,2 °C	31,6 °C	31,9 °C	32,0 °C
14:00	31,1 °C	31,7 °C	31,9 °C	32,5 °C
14:30	31,9 °C	31,9 °C	31,9 °C	32,1 °C
15:00	32,5 °C	32,6 °C	32,5 °C	33,3 °C
15:30	34,4 °C	34,6 °C	34,9 °C	35,4 °C
16:00	30,9 °C	31,6 °C	31,7 °C	32,1 °C
16:30	34,0 °C	34,7 °C	34,6 °C	35,3 °C
Máx.	35,9 °C	36,0 °C	36,6 °C	36,9 °C
Min.	26,0 °C	26,5 °C	27,0 °C	28,3 °C

Fonte: Elaborado pelo autor

Temperaturas superficiais nas faces voltadas ao Oeste no período de verão

Face Oeste				
Horário	P1	P2	P3	P4
08:30	19,4 °C	19,4 °C	19,4 °C	19,4 °C
09:00	20,6 °C	20,2 °C	21,0 °C	21,2 °C
09:30	21,0 °C	21,1 °C	21,0 °C	21,2 °C
10:00	22,4 °C	22,5 °C	22,6 °C	22,7 °C
10:30	23,3 °C	23,4 °C	24,0 °C	24,1 °C
11:00	25,5 °C	25,4 °C	24,9 °C	24,8 °C
11:30	26,2 °C	26,0 °C	26,0 °C	26,8 °C
12:00	32,4 °C	32,6 °C	33,0 °C	33,2 °C
12:30	23,0 °C	23,7 °C	23,9 °C	24,4 °C
13:00	25,1 °C	25,6 °C	26,7 °C	26,8 °C
13:30	28,5 °C	28,7 °C	28,8 °C	28,9 °C
14:00	28,8 °C	29,0 °C	29,2 °C	29,4 °C
14:30	31,4 °C	30,5 °C	31,7 °C	30,6 °C
15:00	34,4 °C	34,0 °C	33,7 °C	33,8 °C
15:30	37,6 °C	36,4 °C	37,5 °C	37,3 °C
16:00	36,3 °C	36,3 °C	36,3 °C	36,4 °C
16:30	40,9 °C	41,4 °C	41,4 °C	41,5 °C
Máx.	40,9 °C	41,4 °C	41,4 °C	41,5 °C
Min.	19,4 °C	19,4 °C	19,4 °C	19,4 °C

Fonte: Elaborado pelo autor