

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Curso de Engenharia Civil

Ângela Tamara Nunes Doebber

**ESTUDO PARA REDUÇÃO DO IMPACTO TÉRMICO EM
PAREDES DE ALVENARIA: INFLUÊNCIA DAS CORES E DO
USO DO *BRISE SOLEIL***

Ijuí/RS

2010

Ângela Tamara Nunes Doebber

**ESTUDO PARA REDUÇÃO DO IMPACTO TÉRMICO EM
PAREDES DE ALVENARIA: INFLUÊNCIA DAS CORES E DO
USO DO *BRISE SOLEIL***

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil da
Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio
Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Pivoto Specht

Ijuí/RS

2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.

Prof. Luciano Pivoto Specht, Dr. Orientador
UNIJUÍ/DeTec

Banca Examinadora

Prof. Gustavo Cantarelli, Msc
UNIJUÍ/DeTec

*Ao meu pai João Egmar Doebber e
aos meus avós Thirso e Angela
Doebber.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer profundamente a todas as pessoas que me incentivaram em todos os anos de estudo da faculdade e me apoiaram durante o período que me dediquei a este trabalho, entretanto sou especialmente grata:

- Ao meu professor e orientador Luciano Specht, por ser a pessoa mais dedicada no trabalho que já conheci, por passar seus conhecimentos com tanto entusiasmo, que acaba por contagiar a todos, pelo incentivo e pela força para que eu não desistisse dos meus objetivos, por acreditar em mim e no meu potencial.
- Aos demais professores que passaram seu conhecimento durante o curso.
- Ao mestrando Leandro Blass, por me ajudar na parte prática e matemática da calibração dos sensores de temperatura.
- Aos funcionários da UNIJUI, Tiago, Luis e Cassiana, por me auxiliarem nas questões voltadas a pesquisa laboratorial.
- Ao meu companheiro de seis anos Jonas, por ter me encontrado quando eu mesma não me encontrava mais.
- A minha irmã Laura pelo companheirismo e carinho, por ser minha melhor amiga.
- Aos colegas do curso, por ajudarem a superar minhas dificuldades e por dividirem comigo longas horas de estudo.
- Ao meu pai João, por ter ficado comigo quando minha mãe foi embora, ter priorizado minha educação e principalmente, por ter me incentivado a cursar Engenharia Civil.

➤ A meu avó Thirso, que é um exemplo para mim, por ser um homem honesto e de caráter.

➤ Principalmente, a minha avó Angela, que me criou, por me amar, cuidar de mim, ter sido sempre a mãe que eu não tive e por me conhecer melhor que qualquer pessoa. Amo muito você

RESUMO

Devido à preocupação com o meio ambiente, com a crise de energia gerada pelo consumo excessivo de sistemas de climatização e buscando aumentar satisfação dos seres humanos com o conforto do ambiente construído, vem se buscado a cada dia novas soluções para amenizar as consequências do aumento da temperatura média no planeta. Com interesse especial, em amenizar estes problemas nas construções das pessoas com baixo poder aquisitivo, que não possuem capital disponível para grandes investimentos iniciais em paredes com adequado isolamento térmico, nem mesmo para investimentos à longo prazo em climatização e/ou refrigeração dos ambientes, foi sugerido o estudo de algumas alternativas, de baixo custo inicial estando mais próximas da realidade destas pessoas. Foram desenvolvidas 12 configurações de paredes de tijolos maciços e de 6 furos, assentadas na menor dimensão dos tijolo, como são habitualmente executadas nas edificações mais populares. Para melhorar o desempenho térmico destas paredes foram acrescentadas a face externas das mesmas pintura (de duas cores diferentes) e *brise soleil* (com 3 espaçamentos diferentes em relação a face da parede). Através da análise termo-econômica, foi possível verificar que nem sempre o maior investimento inicial resulta no aumento do desempenho térmico, como no caso da utilização do *brise soleil* que apesar de obter um custo inicial de instalação menor do que a pintura das paredes, obteve um ótimo resultado na comparação com outras configurações de paredes utilizadas nos experimentos, sendo uma excelente opção para a diminuição do calor no interior das edificações.

Palavra-chave: transferência de calor; eficiência energética; construção civil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modos de transferência de calor atuantes em uma parede.....	24
Figura 2: Transferência de calor por condução, movimento das partículas.....	27
Figura 3: Valores de resistência térmica para alguns elementos construtivos.....	32
Figura 4: Transmitância térmica em uma parede.....	33
Figura 5: Ministério da Educação e da Saúde Pública (Rio de Janeiro, RJ).....	49
Figura 6: Associação Brasileira de Imprensa (Rio de Janeiro, RJ).....	49
Figura 7: Igreja da Pampulha. Belo Horizonte, MG.....	50
Figura 8: Edifício sede da FIESP, CIESP, SESI e SENAI(São Paulo, SP).....	50
Figura 9: Prédio Copam. São Paulo, SP.....	51
Figura 10: Hospital Sarah Kubitschek (Rio de Janeiro,RJ).....	51
Figura 11: Placa produzida com embalagens Tetra Pak	65
Figura 12: Câmara térmica.....	66
Figura 13: Termômetro utilizado 1.....	67
Figura 14: Termômetro utilizado 2.....	68
Figura 15: Termômetro utilizado 3.....	68
Figura 16: Parede 1: Esquema de inserção de sensores e foto.....	72
Figura 17: Parede 2: Esquema de inserção de sensores e foto.....	72
Figura 18: Parede 3: Esquema de inserção de sensores e foto.....	73
Figura 19: Parede 4: Esquema de inserção de sensores e foto.....	73
Figura 20: Parede 5: Esquema de inserção de sensores e foto.....	74
Figura 21: Parede 6: Esquema de inserção de sensores e foto.....	74
Figura 22: Parede 7: Esquema de inserção de sensores e foto.....	75
Figura 23: Parede 8: Esquema de inserção de sensores e foto.....	75
Figura 24: Parede 9: Esquema de inserção de sensores e foto.....	76
Figura 25 Parede 10: Esquema de inserção de sensores e foto.....	76
Figura 26: Parede 11: Esquema de inserção de sensores e foto.....	77
Figura 27: Parede 12: Esquema de inserção de sensores e foto.....	77
Figura 28: Acoplamento da parede estudada e câmara térmica.....	78
Figura 29: Gradiente de temperatura da parede 1.....	82
Figura 30: Gradiente de temperatura da parede 2.....	83

Figura 31: Gradiente de temperatura da parede 3.....	83
Figura 32: Gradiente de temperatura da parede 4.....	84
Figura 33: Gradiente de temperatura da parede 5.....	84
Figura 34: Gradiente de temperatura da parede 6.....	85
Figura 35: Gradiente de temperatura da parede 7.....	85
Figura 36: Gradiente de temperatura da parede 8.....	86
Figura 37: Gradiente de temperatura da parede 9.....	86
Figura 38: Gradiente de temperatura da parede 10.....	87
Figura 39: Gradiente de temperatura da parede 11.....	87
Figura 40: Gradiente de temperatura da parede 12.....	88
Figura 41: Fluxo de calor na parede 1.....	89
Figura 42: Fluxo de calor na parede 2.....	89
Figura 43: Fluxo de calor na parede 3.....	90
Figura 44: Fluxo de calor na parede 4.....	90
Figura 45: Fluxo de calor na parede 5.....	91
Figura 46: Fluxo de calor na parede 6.....	91
Figura 47: Fluxo de calor na parede 7.....	92
Figura 48: Fluxo de calor na parede 8.....	92
Figura 49: Fluxo de calor na parede 9.....	93
Figura 50: Fluxo de calor na parede 10.....	93
Figura 51: Fluxo de calor na parede 11.....	94
Figura 52: Fluxo de calor na parede 12.....	94
Figura 53: Custo total por metro quadrado das paredes de tijolo maciços estudadas.....	97
Figura 54: Custo total por metro quadrado das paredes de tijolo furados estudadas.....	98
Figura 55: Relação termo-econômica das paredes de tijolos maciços estudadas.....	100
Figura 56: Relação termo-econômica das paredes de tijolos maciços estudadas.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Apresenta os valores de k para alguns materiais usados na construção.....	30
Tabela 2: Exigências do cimento Portland CP-II-F-32.....	59
Tabela 3: Resultado do ensaio de granulometria da areia.....	60
Tabela 4: Resultado do ensaio de massa específica aparente da areia.....	60
Tabela 5: Resultado do ensaio de massa unitária solta da areia.....	60
Tabela 6: Exigências da cal hidratada CH-II.....	61
Tabela 7: Resultado do ensaio de absorção de água do bloco 6 furos.....	62
Tabela 8: Resultado do ensaio de formas e dimensões do bloco de 6 furos.....	62
Tabela 9: Resultado do ensaio de resistência a compressão do bloco de 6 furos.....	63
Tabela 10: Resultado do ensaio de absorção de água do tijolo maciço	63
Tabela 11: Resultado do ensaio de formas e dimensões do tijolo maciço.....	64
Tabela 12: Resultado do ensaio de resistência a compressão do tijolo maciço.....	64
Tabela 13: Equação de correlação dos sensores de temperatura.....	69
Tabela 14: Dados utilizados na calibração dos sensores de temperatura.....	70
Tabela 15: Estágio de temperatura do ensaio.....	79
Tabela 16: Valores de k	81
Tabela 17: Fluxo e quantidade de calor para 10 horas.....	95
Tabela 18: Classificação das paredes quanto ao desempenho térmico.....	96
Tabela 19: Classificação das paredes quanto ao custo total.....	99
Tabela 20: Classificação das paredes quanto ao desempenho termo-econômico.....	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Configuração das paredes 1 e 2.....	53
Quadro 2: Configuração das paredes 3 e 4.....	54
Quadro 3: Configuração das paredes 5 e 6.....	55
Quadro 4: Configuração das paredes 7 e 8.....	56
Quadro 5: Configuração das paredes 9 e 10.....	57
Quadro 6: Configuração das paredes 11 e 12.....	58
Quadro 7: Especificações do termômetro utilizado 1.....	67
Quadro 8: Especificações do termômetro utilizado 2.....	68
Quadro 9: Especificações do termômetro utilizado 3.....	69

LISTA DE SIGLAS

CIESP: Centro das Indústrias do Estado de São Paulo

FIESP Federação das Industrias do Estado de São Paulo

LEC: Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI

SENAI: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SESI: Serviço Social da Indústria

UNIJUI: Universidade Regional do Estado do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

α : difusividade térmica

C : custo total

$^{\circ}C$: grau *Celsius*

C_p : calor específico

cm : centímetro

dT : variação de temperatura na direção x

dt : variação de tempo

dx : distância entre dois pontos na direção x

E : relação termo-econômica (índice)

e_i : espessura

g : grama

h : hora

J : *Joule*

k : condutividade térmica

K : *Kelvin*

kg : quilograma

λ : condutividade térmica

ℓ : espessura total da parede

MPa: megapascal

m : metro

min : minuto

N : fator de reação termo-econômica

L : espessura total da parede

$P1$: parede 1

$P2$: parede 2

$P3$: parede 3

$P4$: parede 4

$P5$: parede 5

$P6$: parede 6

$P7$: parede 7

$P8$: parede 8

$P9$: parede 9

$P10$: parede 10

$P11$: parede 11

$P12$: parede 12

Q : quantidade de calor

QT : quantidade total de calor

q : fluxo de calor

RC : resistência a compressão

S : superfície

s : segundo

$S1$: sensor de temperatura 1

$S2$: sensor de temperatura 2

$S3$: sensor de temperatura 3

$S4$: sensor de temperatura 4

$S5$: sensor de temperatura 5

$S6$: sensor de temperatura 6

$S7$: sensor de temperatura 7

t : tempo

T : temperatura

Te : temperatura externa

Ti : temperatura interna

U : transmitância térmico

W : Watt

x : distância

ρ : densidade ou massa específica

ρC_p : capacidade calorífica volumétrica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1 TEMA DA PESQUISA.....	19
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	19
1.3 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO.....	19
1.4 OBJETIVOS.....	19
1.4.1 Objetivo geral.....	19
1.4.2 Objetivos específicos.....	20
1.5 JUSTIFICATIVA.....	20
1.6 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA.....	23
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	25
2.1 PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	25
2.1.1 Transferência de calor por condução.....	26
2.1.2 Transferência de calor por convecção.....	27
2.1.3 Transferência de calor por radiação.....	28
2.2 PROPRIEDADES TÉRMICAS DOS MATERIAIS.....	28
2.2.1 Condutividade térmica.....	28
2.2.2 Resistência térmica e transmitância térmica	30
2.2.3 Difusividade térmica.....	33
2.3 EFICIÊNCIA TÉRMICA EM EDIFICAÇÕES.....	34
2.3.1 Variáveis climáticas.....	34
2.3.1.1 Radiação solar.....	35
2.3.1.2 Temperatura.....	36
2.3.1.3 Vento.....	37
2.3.1.4 Umidade.....	38
2.3.2 Variáveis humanas.....	38
2.3.2.1 Conforto térmico.....	38
2.3.2.2 Conforto visual.....	39
2.3.3 Variáveis arquitetônicas.....	39
2.3.3.1 A forma.....	40
2.3.3.2 Fechamentos opacos.....	40
2.3.3.3 Fechamentos transparentes.....	42
2.3.3.4 Influência das Tintas.....	42

2.3.3.5	Influência do <i>brise soleil</i>	44
3.	METODOLOGIA.....	52
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	52
3.2	PLANEJAMENTO DA PESQUISA.....	52
3.2.1	Realização dos ensaios laboratoriais.....	52
3.2.2	Implementação da modelagem matemática.....	52
3.3	MATERIAIS UTILIZADOS NA PESQUISA.....	59
3.3.1	Cimento.....	59
3.3.2	Areia.....	59
3.3.3	Cal.....	61
3.3.4	Argamassa de revestimento.....	61
3.3.5	Argamassa de assentamento.....	61
3.3.6	Bloco de 6 furos.....	62
3.3.7	Tijolo maciço.....	63
3.3.8	<i>Brise soleil</i>	65
3.3.9	Câmara térmica.....	66
3.4	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	66
3.4.1	Calibração dos sensores de temperatura.....	66
3.4.2	Procedimento de instrumentação das paredes.....	70
3.4.3	Procedimento de ensaio.....	78
3.5	MODELAGEM MATEMÁTICA.....	79
3.5.1	Fluxo de calor.....	79
3.5.2	Relação termo-econômica.....	81
4.	RESULTADOS.....	82
4.1	COMPORTAMENTO TÉRMICO DAS PAREDES NO DECORRER DO ENSAIO..	82
4.2	FLUXO DE CALOR.....	88
4.2.1	Fluxo máximo de calor e quantidade de calor.....	95
4.3	ANÁLISE TERMO-ECONÔMICA.....	96
4.3.1	Custo de cada parede.....	97
4.3.2	Relação termo-econômica.....	99
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
5.1	CONCLUSÕES.....	103
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	104
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
	ANEXO A.....	108

ANEXO B	115
----------------------	-----

1. INTRODUÇÃO

1.1 Tema da Pesquisa

O tema da pesquisa é: Térmica em Edificações

1.2 Delimitação do Tema

O trabalho em questão analisa a influência das cores e do uso do *brise soleil* na redução do impacto térmico em paredes de tijolos maciços e furados.

1.3 Formulação da questão de estudo

As questões que norteiam a pesquisa são:

- Qual das cores analisadas minimiza a transferência de calor em paredes de alvenaria de tijolos maciços e furados?
- Qual o espaçamento ideal do *brise soleil* em relação à parede que gere o menor fluxo de calor nas paredes estudadas?
- Qual das configurações dentre as paredes estudadas, que apresenta o melhor desempenho térmico e econômico?

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo geral

Avaliar a importância das cores e do espaçamento do *brise soleil* na redução do impacto térmico em paredes de alvenaria compostas por tijolos maciços e furados.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar em laboratório o fluxo de calor nas diferentes configurações de paredes de alvenaria pintadas com diferentes tipos de cores de tintas;
- Determinar em laboratório o espaçamento ideal de instalação do *brise soleil*, que resulte na menor transferência de calor do meio externo para o interno;
- Determinar a relação termo-econômica de cada configuração de parede para avaliar o desempenho térmico e econômico das mesmas.

1.5 Justificativas

Desde a antiguidade existe uma preocupação muito grande do homem em relação ao conforto do ambiente em que ele vive. A literatura descreve que ao longo dos anos o homem buscou encontrar formas inteligentes de utilizar as características do meio em que ele se encontrava para criar habitações mais confortáveis do ponto de vista do conforto térmico. As edificações eram construídas aproveitando-se a intensidade dos ventos, a incidência da luz solar, a brisa do mar, a sombra das árvores e dos relevos.

A partir da Revolução Industrial, foram surgindo novos materiais, como o aço e o concreto armado que passaram a ser intensamente utilizados na construção civil, devido as suas características que permitiram a construção de edificações mais robustas e resistentes, com um reduzido tempo de execução das mesmas passou-se a ignorar as características do meio no projeto das edificações.

Para resolver os problemas de adequação dos edifícios ao clima, os sistemas de iluminação e ventilação artificial passaram a ser usadas largamente. A partir dos anos 70 o crescimento da população das cidades e do uso intenso dos sistemas de iluminação e ventilação artificial contribuiu para a crise de energia. Quando a crise de energia se instaurou de vez, o mundo tomou consciência da necessidade de reduzir o consumo de energia, já que aumentar a produção de eletricidade traria grande impacto ambiental causado pela construção de novas usinas, além disso, a necessidade de grandes investimentos nesta área implicaria na redução de investimentos em outras áreas como saúde, educação e habitação.

Foi então que o conceito de isolamento térmico passou a ter importância nas regiões quentes, onde os gastos com climatização eram altos. Apesar de nos países frios o aquecimento e isolamento térmico são questões de sobrevivência no inverno, nos países ricos este conceito está mais ligado ao conforto térmico ambiental.

Para melhorar o conforto térmico e ocasionar a satisfação das pessoas em relação a este parâmetro, várias soluções passaram a ser utilizadas no momento da concepção do projeto arquitetônico. Algumas, retomadas do passado e outras como o uso de novos materiais de isolamento surgiram a partir do estudo da tecnologia dos materiais.

Devido à preocupação com o meio ambiente, com a crise de energia gerada pelo consumo excessivo de sistemas de climatização e a satisfação dos seres humanos com o conforto térmico e, interessado em determinar valores de difusividade térmica de certos materiais usados na construção civil, Rupp (2009) realizou um estudo de análise de transferência de calor em paredes compostas por tijolos maciços.

Rupp (2009) desenvolveu uma câmara térmica com o objetivo de simular o comportamento térmico real de uma edificação construída ao longo do dia, além de observar como acontece a transferência de calor ao longo da espessura da estrutura (parede) e realizar uma comparação termo-econômica entre as paredes.

Foram escolhidas 8 configurações de paredes, que foram construídas em laboratório, de acordo com os procedimentos mais divulgados na literatura. As paredes foram construídas com as seguintes configurações (RUPP, 2009):

- Parede 1: parede de tijolos maciços aparentes, assentados na dimensão de 10 cm, com dimensão total de 12,5cm, com revestimento interno de 2,5 cm;

- Parede 2: parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10 cm, com dimensão total de 15 cm, com revestimento interno e externo de 2,5 cm cada;

- Parede 3: parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 22 cm, com dimensão total de 27 cm, com revestimento interno e externo de 2,5 cm cada;

- Parede 4: parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 22 cm, com dimensão total de 32 cm, com isolamento externo e com revestimento interno e externo de 2,5cm cada;

- Parede 5: parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 22 cm, com dimensão total de 32 cm, com isolamento interno e com revestimento interno e externo de 2,5cm cada;

- Parede 6: parede dupla de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10 cm, com dimensão total de 30cm, com isolamento térmico e com revestimento interno e externo de 2,5cm cada;

- Parede 7: parede dupla de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10 cm, com dimensão total de 30cm, com espaço de ar e com revestimento interno e externo de 2,5cm cada;

- Parede 8: parede dupla de tijolos maciços, sendo a primeira fiada assentada na dimensão de 6cm e a segunda fiada na dimensão de 10 cm, com dimensão total de 22cm, com revestimento interno e externo de 2,5cm cada.

Analisando a transferência de calor nestas paredes Rupp (2009) concluiu que a parede como o melhor desempenho termo econômico foi à parede 4, tendo seu desempenho classificado como alto. Ainda nesta classificação seguem-se as paredes 7, 3, 5 e 6. A parede classificada como de desempenho médio foi a número 8. Ainda, aparecem as paredes nº 2 e 1, que foram classificadas, quanto ao seu desempenho termo-econômico como paredes de baixo desempenho.

Dando continuidade a pesquisa realizada por Rupp (2009), estar-se-a realizando o estudo da transferência de calor em paredes de alvenaria de tijolos maciços e de blocos de 6 furos, analisando a transferência de calor em paredes pintadas com diferentes cores de tintas e com o uso de *brise-soleil*.

A escolha das configurações das paredes nesta pesquisa foi realizada devido ao interesse de se conhecer os valores dos fluxos de calor em configurações de paredes amplamente utilizadas na construção de edificações de baixa renda. Com o objetivo de melhorar o desempenho térmico nestas edificações foram sugeridas a utilização de *brise soleil* e de pintura na face externa das paredes estudadas. As cores foram escolhidas por serem utilizadas frequentemente neste tipo de construção. A placa plana produzida com embalagem *Tetra Pak* reutilizada, utilizada como *brise* nesta pesquisa, foi escolhida por se tratar de um material reciclável, além de apresentar um baixo custo de venda.

Segundo Moraes (2008), a reciclagem e o reaproveitamento de resíduos é uma das muitas condições para aumentar a sustentabilidade da economia, já que a geração destes resíduos é inevitável. A atividade da construção civil causa um grande impacto para o meio ambiente, sendo uma das maiores consumidoras de matéria-primas naturais e ainda grande geradora de resíduos da sociedade.

Por este motivo, o estudo, a análise e o desenvolvimento de novos materiais e de sistemas construtivos de forma a evitar os impactos ambientais onde o homem desenvolve suas atividades é muito importante (HERERRA, 2008, p. 15). No caso desta pesquisa em especial, a utilização de *brise soleil* fabricados a partir da reciclagem de caixas acartonadas Tetra Pak®, que é uma tecnologia que existe a quase dez anos e é um elemento construtivo que corresponde as diferentes demandas da construção.

1.6. Organização da pesquisa

Capítulo 1: O capítulo 1 apresenta o tema da pesquisa, a delimitação do tema, a formulação da questão de estudo, o objetivo geral, os objetivos específicos e a justificativa.

Capítulo 2: No capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, abordando os seguintes temas: processos de transferência de calor, propriedade térmica dos materiais e eficiência energética em edificações.

Capítulo 3: No capítulo 3 está abordada a metodologia da pesquisa que engloba: a classificação da pesquisa, o planejamento do estudo, os materiais utilizados na pesquisa, os

procedimentos experimentais desenvolvidos, a modelagem matemática e a análise e interpretação dos dados.

Capítulo 4: O capítulo 4 apresenta a análise e interpretação dos dados obtidos.

Capítulo 5: No capítulo 5 estão apresentada as conclusões do trabalho e sugestões para novas pesquisas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Processos de transferência de calor

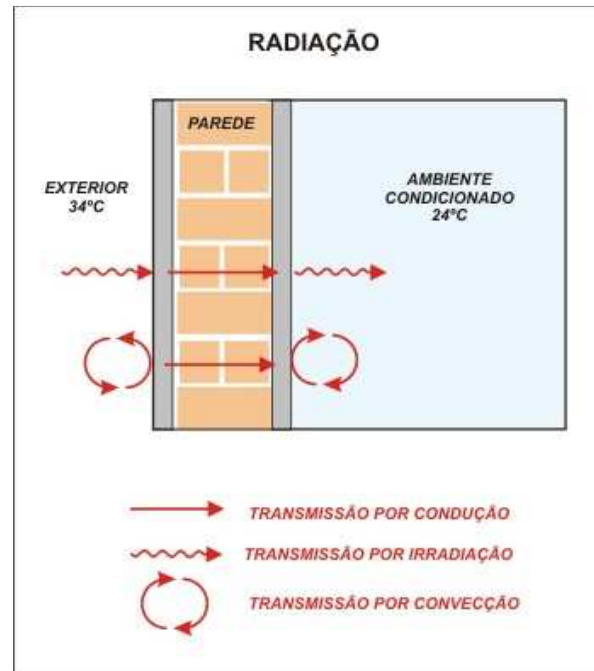
Segundo Kern (1999) a ciência da termodinâmica se refere às transições quantitativas e a acomodação de energia como calor nos corpos de matéria. A ciência da transferência de calor está relacionada com a razão de troca de calor entre corpos quentes e frios chamados de fonte e receptor.

Conforme Dewitt; Incropera (2003, p. 1) “Transferência de calor (ou calor) é a energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperatura”.

Assim, quando houver uma diferença de temperatura entre duas regiões do espaço, a mesma desaparecerá, espontaneamente, pela passagem de calor de uma região para a outra (COSTA, 1974).

Ou seja, “Corpos que estejam a temperaturas diferentes trocam calor, os mais “quentes” perdendo e os mais “frios” ganhando, sendo que o calor envolvido é denominado calor sensível” (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 31).

A transmissão de calor pode efetuar-se de três maneiras diferentes designadas condução, convecção e radiação. A Figura 1 mostra tais maneiras atuando em uma parede. Embora cada uma delas obedeça leis próprias, admite-se em comum as seguintes características: necessidade de uma diferença de temperatura entre duas regiões e, o fluxo térmico sempre se verifica no sentido das temperaturas decrescentes (COSTA, 1974).



Fonte: MICHELENA 2010.

Fig. 1: Modos de transferência de calor atuantes em uma parede

Em qualquer um dos processos de transmissão citados, a quantidade de calor trocada na unidade de tempo (Q kcal/h), é denominada fluxo térmico. O fluxo térmico é chamado permanente quando não varia com o tempo, ou seja, o calor que penetra no corpo é igual ao que abandona o mesmo. Neste regime, também denominado estacionário, a distribuição das temperaturas no interior do corpo no qual se verifica a passagem de calor também não varia com o tempo (COSTA, 1982).

Quando o fluxo térmico varia com o tempo, é denominado não-permanente ou transitório. Isto acontece no aquecimento ou resfriamento dos corpos no qual o fluxo térmico entrante é diferente do fluxo térmico nascente, de modo que as temperaturas no interior do corpo dependem não só do ponto considerado como do tempo. (COSTA, 1982).

2.1.1 Transferência de calor por condução

Segundo Dewitt; Incropera (2003, p. 2) “A condução pode ser vista como a transferência de energia das partículas mais energéticas para as partículas de menor energia, em um meio, devido às interações entre elas”.

A passagem de calor de uma zona para outra de um mesmo corpo ou de corpos diversos em íntimo contato, chamada de condução, ocorre devido ao movimento molecular dos mesmos, sem que se verifiquem deslocamentos materiais no corpo ou no sistema considerados (COSTA, 1982).

A teoria mecânica do calor considera que as moléculas dos corpos se acham animadas de movimento vibratório e, quanto mais elevada for a sua temperatura, maior será a velocidade de vibração das moléculas (COSTA, 1974).

“Este movimento de vibração permite um intercâmbio de energia cinética entre as moléculas, das quais as de maior temperatura cedem, por choque, energia às de menor temperatura, originando-se, assim, a transmissão de calor por meio de condução” (COSTA, 1982, p. 89). O movimento de vibração das moléculas durante a transmissão de calor por condução está apresentado na Figura 2.

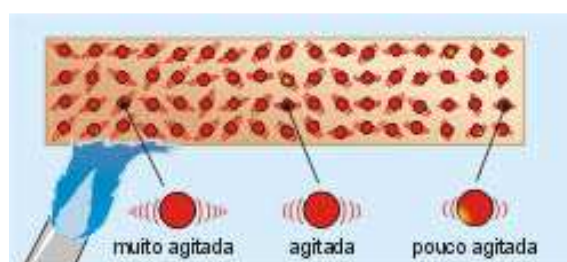


Fig. 2: Transferência de calor por condução, movimento das partículas.

Fonte: http://www.portalobjetivo.com.br/colegio/temas_estudos/img/tema_Conducao_calor.jpg Acesso 13 maio 2010

2.1.2 Transferência de calor por convecção

Segundo Dewitt; Incropera (2003), o modo de transferência de calor por convecção é composto por dois mecanismos: movimento aleatório molecular (difusão) e movimento global do fluido.

A transferência de calor por convecção ocorre quando um fluido, como o ar ou a água, está em contato com um objeto em que a temperatura é maior do que a de sua vizinhança. O fluido que está em contato com o objeto quente tem a sua temperatura aumentada e, na maioria dos casos, o fluido se expande. Por ser menos denso que o fluido mais frio que o envolve, ele sobe devido ao empuxo. O fluido que o circunda, mais frio, cai para tomar o lugar do mais quente que se elevou, assim estabelece-se uma circulação convectiva (RESNICK; HALLIDAY; KRANE, 1996).

2.1.3 Transferência de calor por radiação

De acordo com Resnick; Halliday; Krane (1996), a energia emitida pelo Sol que chega até a terra é transportada por ondas eletromagnéticas. Essas ondas se propagam livremente através do quase vácuo do espaço. Além disso, todos os demais objetos emitem radiação eletromagnética devido a sua temperatura e também absorvem parte da radiação que chega até eles vinda de outros objetos. Já que quanto maior a temperatura do objeto, mais ele irradia.

A radiação nada mais é do que transmissão de calor entre dois corpos de diferentes temperaturas, imersos em um mesmo meio mais ou menos transparente a essa espécie de radiação (COSTA, 1982).

2.2 Propriedades térmicas dos materiais

2.2.1 Condutividade térmica

A condutividade térmica é uma propriedade importante para o entendimento da transferência de calor nos materiais. Ela é classificada como uma propriedade de transporte, indicando a taxa pela qual a energia é transferida pelo processo de difusão. Ela depende da estrutura física, atômica e molecular da matéria (DEWITT; INCROPERA, 2003).

Conforme Lamberts; Dutra; Pereira (1997) quanto maior for o valor da condutividade térmica, maior será a quantidade de calor transferida entre as superfícies dos materiais.

Segundo Costa (1982) a condutividade térmica obedece a denominada lei de Fourier, conforma a qual o fluxo térmico é diretamente proporcional à superfície através da qual se verifica a passagem de calor e ao gradiente de temperatura. Portanto, analisando a propagação de calor unidirecional e permanente, através de uma parede de faces planas (caso mais comum na prática), teríamos (Equação 1):

$$Q \frac{kcal}{h} = kS \frac{\Delta t}{\ell} \quad (1)$$

onde:

S = superfície através da qual se dá a passagem de calor, dada em m²;

Δt = diferença de temperatura entre as faces extremas da parede dada em °C;

ℓ = espessura da parede, dada em m;

k = coeficiente de proporcionalidade, denominado coeficiente de condutividade interna.

O valor de k varia conforme a natureza do corpo, composição, temperatura, pureza, densidade aparente, conteúdo de umidade, homogeneidade, entre outros fatores. Ele representa a quantidade de calor que flui na unidade de tempo, por unidade de superfície, quando o gradiente de temperatura no material considerado é de uma unidade de tempo por unidade de comprimento (COSTA, 1982). Os valores de k para os principais materiais de construção e isolantes, em função de sua temperatura de utilização são dados pela Tabela 1.

Tabela 1 – Apresenta os valores de k para alguns materiais usados na construção.

MATERIAL	t(°C)	k (W/m.K)
Areia seca	20	0,28
Cimento em pó (Portland)	90	0,25
Concreto armado	20	0,7-1,21
Gesso	20	0,40
Madeira (Pinho)	20	0,14
Vidro	0-100	0,65
Parede de tijolos (nova)	10	1,2
Parede de tijolos (velha)	10	0,84
Tijolo de argila (seco à máquina)	0-100	0,42
Papelão laminado	20	0,07
Poliestireno expandido	25	0,027

Fonte: Costa (1982)

2.2.2 Resistência térmica e transmitância térmica

Para Lamberts; Dutra; Pereira (1997) a resistência térmica é a propriedade dos materiais de resistir à passagem de calor.

Conforme Costa (1982) em qualquer tipo de transmissão de calor em regime permanente, o fluxo de calor (Q) é diretamente proporcional à diferença de temperatura (Δt), sendo assim, por analogia a lei de Ohm, temos (Equação 2):

$$R = \frac{U}{I}; \quad (2)$$

da eletricidade, podemos chamar o quociente da diferença de potencial térmico e a intensidade do fluxo térmico de resistência térmica, ou seja (Equação 3):

$$R_t = \frac{\Delta t}{Q} \quad (3)$$

onde:

Q = fluxo térmico, em kcal/h;

Δt = diferença de temperatura, em °C.

Assim, como na eletricidade, a resistência resultante de um conjunto de resistências em série é a soma das resistências parciais, e o inverso da resistência resultante de conjunto de resistências em paralelo é a soma dos inversos das resistências parciais. Analisando a transmissão de calor entre dois fluidos separados por uma parede, conclui-se que a resistência é igual à diferença de potencial térmico aplicado a mesma, sobre a intensidade de fluxo térmico que passa por ela (COSTA, 1982).

Em relação a uma parede composta por n camadas de materiais a relação entre a resistência térmica e a transmitância térmica pode ser expressa pela Equação 4:

$$R_t = \frac{1}{U} = R_{se} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{k_i} + R_{si} \quad (4)$$

onde:

R_t = resistência térmica total ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/W$);

U = transmitância térmica ($W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$);

R_{se} = resistência superficial interna ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/W$);

R_{si} = resistência superficial externa ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/W$);



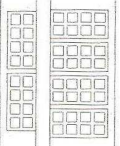
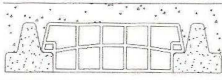

e = espessura de camada do material (m);

k = condutividade térmica de cada camada de material ($W/m \text{ } ^\circ\text{C}$).

Segundo Costa (1982), em casos complexos, o conceito de resistência térmica facilita o entendimento da transmissão de calor e o cálculo das temperaturas superficiais e intermediárias quando a transmissão de calor é verificada entre dois fluidos separados por paredes compostas.

A resistência térmica em alguns elementos construtivos é apresentada por Rodrigues (2002) na Figura 3.

Figura 3: Valores de resistência térmica para alguns elementos construtivos.

Elemento construtivo	Espessura (m)	Resistência térmica ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)
	0,15 (*) 0,25 (*)	0,02+0,20+0,02=0,24 0,02+0,40+0,02=0,44
	0,10 (**) 0,15 (**) 0,20 (**) 0,15 (*) 0,20 (*) 0,25 (*)	0,15 0,18 0,21 0,02+0,15+0,02=0,19 0,02+0,18+0,02=0,22 0,02+0,21+0,02=0,25
	(***)	0,02+0,20+0,17+0,40+0,02=0,79
	0,12 0,15 0,20	0,15 0,17 0,20
	(****)	0,01+0,20+0,05=0,26

Observações:
 (*) – bloco cerâmico furado com emboço (2,5 cm) de argamassa de cimento e saibro
 (**) – bloco de cimento sem emboço
 (***) – câmara de ar não ventilada (5,0 cm)
 (****) – telha de cimento-amianto / câmara de ar / laje de concreto armado maciça

Conforme Lamberts; Dutra; Pereira (1997) a transmitância térmica (U) é o inverso da resistência térmica, ou seja, quanto maior a resistência térmica de uma parede menor será a quantidade de energia transferida pela mesma.

O cálculo da transmitância térmica é de fundamental importância para a avaliação do comportamento de um fechamento opaco frente à transmissão de calor. Esse cálculo ainda fornece subsídios para comparação de diversos tipos de fechamentos opacos. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). A Figura 4 representa uma parede de tijolos com reboco em ambas as faces, demonstrando o procedimento de cálculo para a mesma.

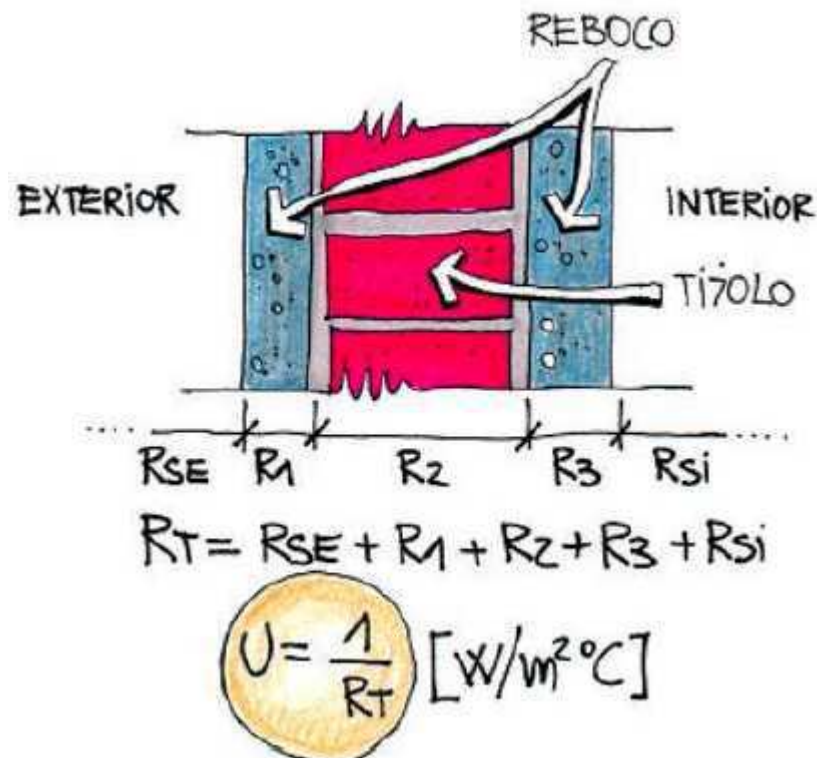


Fig. 4: Transmitância térmica em uma parede.
Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira, 1997, p. 60.

2.2.3 Difusividade térmica

Conforme Dewitt; Incropera (2003) a difusividade térmica depende de três propriedades. Essas propriedades são conhecidas como termofísicas e incluem duas categorias distintas, propriedades de transporte: que incluem os coeficientes de taxa de difusão, como a condutividade térmica k (para transferência de calor) e a viscosidade cinemática ν (para transferência de momento). Já as propriedades termodinâmicas se referem ao estado de equilíbrio do sistema. Massa específica (ρ) e calor específico (c_p) são duas propriedades muito utilizadas em análise termodinâmica. O produto ρc_p ($J/m^3 \cdot K$), denominado capacidade calorífica volumétrica, representa a capacidade de um material de armazenar energia térmica.

A maneira como o calor se difunde através de determinado material é denominada difusividade térmica. Ela depende da condutividade e da velocidade de condução da energia térmica no interior do material. A difusividade térmica é uma variável mais importante do que

a condutividade, pois expressa a rapidez com que um corpo se ajusta por inteiro à temperatura que o cerca.

A difusividade térmica α é a razão entre a condutividade térmica e a capacidade calorífica volumétrica e é expressa pela seguinte equação (5):

$$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c_p} \quad (5)$$

onde:

α = difusividade térmica (m^2/s);

k = condutividade térmica ($W/m \cdot ^\circ C$);

ρ = densidade ou massa específica (kg/m^3);

C_p =calor específico ($J/kg \cdot ^\circ C$).

A difusividade térmica mede a capacidade do material de conduzir energia térmica em relação à sua capacidade de armazená-la. Quanto maiores os valores da difusividade térmica de um material, maior será a velocidade de com que ele se adaptara as mudanças nas condições térmicas (DEWITT; INCROPERA, 2003).

2.3 Eficiência energética em edificações

2.3.1 Variáveis climáticas

Como parâmetro de projeto, o clima, que é um dos elementos fundamentais para o consumo de energia da edificação, vem sendo muito discutido mais é pouco valorizado durante a concepção do mesmo (MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L., 1992).

2.3.1.1 Radiação solar

A radiação solar é a principal forma de energia para o planeta terra. O sol é um elemento de extrema importância para o estudo da eficiência energética, tanto como fonte de calor quanto como fonte de luz (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

A energia eletromagnética, de onda curta, proveniente da radiação solar, atinge o planeta depois de ser parcialmente absorvida pela atmosfera. A radiação solar influencia na distribuição da temperatura do globo (FROTA; SCHIFFER, 2001).

A trajetória elíptica da Terra ao redor do sol, conjuntamente com o movimento de rotação da terra determinam as variações na intensidade da radiação ao longo do ano e durante o dia, respectivamente (LAMBERTS et al, 2005).

As estações do ano são definidas pelo movimento de translação da Terra ao redor do Sol. A trajetória elíptica diferencia o outono e a primavera do inverno e verão. Já a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano do Equador ($23^{\circ}27''$) diferencia o verão do inverno. A radiação solar é mais intensa na região situada sobre os trópicos de Câncer, no hemisfério norte e de Capricórnio, no hemisfério (LAMBERTS et al, 2005). A Figura 4 mostra o movimento de translação e localização dos trópicos.

Segundo Lamberts, Dutra; Pereira (1997) a radiação solar poder ser dividida em direta e difusa. Isto ocorre porque, depois de penetrar na atmosfera, a radiação começa a sofrer interferências no seu trajeto em direção à superfície terrestre.

A parcela de radiação que atinge a Terra diretamente é chamada de direta, sua intensidade depende da altitude solar e do ângulo de incidência dos raios solares em relação a superfície que a recebe. A radiação direta é a fonte de luz mais intensa e a principal responsável pelos ganhos térmicos de uma edificação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

A parcela da radiação que sofre espelhamento pelas nuvens e pelas partículas da atmosfera, sendo refletida na abóboda celeste e nas nuvens e re-irradiada para a Terra é

chamada de difusa. Um céu muito nublado pode apresentar uma parcela de radiação difusa maior que a parcela direta, enquanto o céu claro, sem nuvens, apresenta uma parcela maior de radiação direta (LAMBERTS et al, 2005).

A luz solar direta ilumina uma superfície normal com 60.000 a 100.000 lux, valor considerado muito intenso para ser usado diretamente sobre o plano de trabalho. Já a luz difusa é consideravelmente baixa, entre 5.000 e 20.000 lux para o céu encoberto (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

2.3.1.2 Temperatura

Segundo Laberts et al (2005), como o ar é transparente a todos os comprimentos de ondas eletromagnéticas, a temperatura do mesmo não é consequência direta dos raios do sol. O processo de aquecimento do ar acontece indiretamente. No momento em que a radiação solar atinge o solo ela é absorvida em parte e transformada em calor. O aumento da temperatura do sol aquece o ar por convecção. Assim pode ser dito que a temperatura do ar é consequência de um balanço energético onde intervém:

- a radiação solar incidente e o coeficiente de absorção da superfície receptora;
- a condutividade e a capacidade térmica do solo que determinam a transmissão de calor por condução;
- as perdas por evaporação, convecção e radiação.

Como consequência destes fatores simultâneos, temos a elevação da temperatura, que inicia com a saída do sol, chegando a um máximo cerca de duas horas após a passagem do sol pelo meridiano devido ao calor armazenado na Terra. A partir daí o balanço começa a ser negativo. A energia perdida, por radiação, em direção as altas camadas da atmosfera, é maior que a recebida, fazendo com que a temperatura da superfície da Terra comece a descer até alcançar um mínimo antes do nascer do sol (LAMBERTS et al, 2005).

Segundo Lamberts; Dutra; Pereira, (1997) pode-se conhecer o comportamento da temperatura do ar em um determinado local ao longo do ano, analisando os dados climáticos

obtidos através das normas climatológicas ou em anos climáticos. Tendo acesso a valores como temperaturas mínima, máxima e média prováveis para cada período do ano, o projetista de determinada edificação consegue identificar os períodos de maior desconforto e intervir favoravelmente neste aspecto.

2.3.1.3 Vento

Conforme Frota; Schiffer (2001) a nível de globo, distribuição sazonal das pressões atmosféricas é a determinante nas características e direções dos ventos. O aquecimento e resfriamento das terras e mares, o gradiente de temperatura do globo e o movimento de rotação da Terra podem explicar as variações das pressões atmosféricas, que nada mais é do que a ação exercida pela massa de ar que existe sobre a superfície.

Segundo Lamberts et al (2005) a distribuição dos ventos ocorre principalmente devido a desequilíbrio da radiação entre as latitudes baixas e altas. O aquecimento desigual da Terra gera energia potencial, parte dela se transforma em energia cinética pela elevação do ar quente na região próxima ao Equador, abrindo caminho para a entrada do ar frio que vem do norte e do sul. Além disso, o vento também é influenciado pelas correntes marítimas, altitude, pela topografia e pela rugosidade do solo (tipo de solo, vegetação ou cobertura urbana).

Em locais de clima quente e úmido a ação do vento é importante para promover o conforto térmico. Ainda, é favorável para agir contra a Ilha de Calor e dispersar a poluição do ar (LAMBERTS et al, 2005).

Para cada direção, predomina uma velocidade, que pode variar de acordo com a época do ano. As maiores velocidades ocorrem em todo ano, na direção nordeste, e durante a primavera, para o norte (6m/s). As demais direções apresentam velocidades altas, sendo as mais baixas, de 1m/s, durante o inverno, nas direções leste e oeste (LAMBERTS et al, 2005).

2.3.1.4 Umidade

O ciclo hídrico e a vegetação são responsáveis pela regulamentação da umidade do ar. O regime de chuvas, bem com as fontes de lagos, rios e mares influenciam na evaporação enquanto a vegetação atua na umidade do ar através da evapotranspiração. Outros fatores como a topografia e a ocupação urbana também exercem um papel de influência na variação da umidade do ar (LAMBERTS et al, 2005).

O ar contém sempre uma certa quantidade de vapor de água, quanto maior a temperatura do mesmo, menor a sua densidade e conseqüentemente maior a quantidade de água ele poderá conter. Quando a quantidade de vapor de água no ar for maior possível para determinada temperatura, o mesmo se condensará formando a névoa, o orvalho e a chuva. A proporção, em percentual, da quantidade de vapor de água no ar é dita umidade relativa do ar. O importante conhecimento deste conceito se faz necessário, porque a umidade relativa do ar influencia no conforto térmico das pessoas, já que em altas umidades relativas à dificuldade de evaporar o suor aumenta ocasionando um desconforto térmico (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

2.3.2 Variáveis humanas

2.3.2.1 Conforto térmico

O conforto térmico é definido como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o cerca. A insatisfação pode ser causada pela sensação de desconforto gerada pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando existem diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente (LAMBERTS et al, 2005).

Segundo Frota; Schiffer (2001) as condições de conforto térmico são função de uma série de variáveis.

Conforme Lamberts; Dutra; Pereira (1997) essas variáveis são:

- Variáveis ambientais: estas englobam a temperatura do ar, a temperatura radiante além da umidade relativa e velocidade do ar;
- Atividade física: quanto maior for à atividade física exercida maior será o calor gerado pelo metabolismo;
- Vestimenta: a resistência térmica da roupa é de grande importância para a sensação de conforto térmico. Quanto maior a resistência térmica a roupa menor serão as trocas térmicas do corpo com o meio.

2.3.2.2 Conforto visual

O principal determinante da necessidade de iluminação em um edifício é o conforto visual. “O conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes” (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 44).

Segundo Lamberts; Dutra; Pereira (1997) as condições necessárias para a ocorrência tranquila do processo visual dependem dos seguintes fatores:

- iluminância suficiente;
- boa distribuição de iluminâncias;
- ausência de ofuscamento;
- contrastes adequados (proporção de iluminâncias);
- bom padrão e direção de sombras.

2.3.3 Variáveis arquitetônicas

Dentre as variáveis arquitetônicas existentes, Rocha (2004), destaca as seguintes:

- Fechamentos opacos – os fechamentos opacos como, paredes, pisos e teto, são fontes de ganho ou perdas térmicas entre os meios exterior e interior;

- Fechamentos transparentes – os fechamentos transparentes (janelas, clarabóias) ganham calor por insolação e podem ser fontes de trocas entre o meio externo e interno;

- Iluminação artificial – a iluminação artificial realizada através de lâmpadas, luminárias e reatores, geram calor e este deve ser considerado como integrante da carga térmica;

- Outras fontes de calor – eletrodomésticos e demais equipamentos elétricos também geram calor no ambiente das edificações

2.3.3.1 A forma

A forma arquitetônica de uma edificação interfere diretamente sobre os fluxos de ar e sobre a quantidade de calor recebida no edifício. A relação entre a forma arquitetônica e o conforto térmico do ambiente construído é utilizada em vários locais como ponto de partida na decisão do tipo de edificação a ser construída. Em alguns lugares as edificações são construídas de forma a canalizar a brisa (refrescante e úmida) que vem do mar. Da mesma maneira o vento quente continental é desviado pela forma das edificações, possibilitando conforto na escala urbana (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Conforme Lamberts; Dutra; Pereira (1997) a forma da edificação também influencia na radiação solar que irá incidir na superfície da mesma. Além da forma, da orientação e do volume, os materiais também têm extrema importância na definição da estrutura de uma habitação.

2.3.3.2 Fechamentos opacos

Nos fechamentos opacos, quando existe uma diferença de temperatura entre as superfícies interna e externa se dá à transmissão de calor. O sentido do fluxo de calor se dará sempre da superfície mais quente para a mais fria (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Segundo Lamberts; Dutra; Pereira (1997) o fenômeno de troca de calor se dá em três fases distintas:

- Troca de calor com o meio exterior: a superfície externa do fechamento recebe calor por convecção e radiação, aumentando a temperatura desta superfície. A radiação incidente no fechamento opaco tem uma parcela refletida e outra absorvida. A absorvidade tem como determinante principal cor da superfície;

- Condução através do fechamento: elevando-se a temperatura externa ao fechamento, haverá uma diferença de temperatura entre as superfícies externa e interna, esta diferença ocasionará a troca de calor entre as duas. Nesta fase a troca de calor se dará por condução e a intensidade do fluxo de calor pelo material dependerá da condutividade térmica dos materiais que constituem o fechamento. A condução de calor através do fechamento também depende da espessura do fechamento;

- Troca de calor com o meio externo: nesta fase, assim como na primeira, as trocas térmicas voltam a ser por convecção e por radiação. Com a chegada do calor, a temperatura da superfície interna do fechamento irá aumentar em relação à temperatura do ar.

Granja (2002) estudou a transmissão de calor em regime periódico, analisando o efeito da inércia térmica sobre os fechamentos opacos. Através de seu estudo ele verificou que muitos benefícios podem ser obtidos através do uso da inércia térmica em fechamentos opacos externos a edificações, sendo que estes benefícios se dão no amortecimento dos picos de carga térmica.

Segundo Melo; Lamberts (2008) ao se utilizar isolantes térmicos nas paredes de edificações localizadas em climas de invernos rigorosos, a edificação se torna mais confortável internamente, pois mantém a temperatura interna constante por mais tempo. Entretanto, em regiões muito quentes, uma envoltória muito isolada dificulta a dissipação dos ganhos internos e solares para o exterior, contribuindo para o aumento da temperatura interna. A orientação da fachada principal da edificação é muito importante na construção. Pois de acordo com a época do ano, algumas paredes recebem maior ou menor incidência solar. Este

fator influência no valor da carga térmica total que é transferida para o interior da instalação. Assim a carga térmica pode ser reduzida, utilizando uma orientação solar adequada.

2.3.3.3 Fechamentos transparentes

Conforme Lamberts; Dutra; Pereira (1997) em uma edificação, as principais trocas térmicas ocorrem geralmente nos fechamentos transparentes, que compreendem as janelas, clarabóias ou qualquer outro elemento transparente na arquitetura. Nestes fechamentos, podem ocorrer três tipos básicos de trocas térmicas: condução, convecção e radiação. Com relação às duas primeiras, o comportamento é semelhante ao dos fechamentos opacos, somente acrescentando as trocas de ar entre o interior e o exterior devidas a abertura ou fechamento das janelas. Nos fechamentos transparentes a radiação é o fator principal devido à sua parcela diretamente transferida para o interior, devido à transmissividade do vidro. As variáveis que podem influenciar na transmissão de calor através dos fechamentos transparentes são as seguintes: orientação e tipo de abertura, tipo de vidro e o uso de proteções solares internas ou externas.

2.3.3.4 Influência das Tintas

As tintas compreendem qualquer material de revestimento, de consistência líquida ou pastosa, apto a cobrir, proteger e colorir a superfície de um objeto. De acordo com o seu uso, podem ser brilhantes ou opacas, coloridas e até mesmo resistir a certos tipos de agentes agressivos (PETRUCCI, 1979).

As matérias-primas para a produção de quase todos os tipos de tintas são constituídas pelas resinas, pigmentos, solventes e aditivos.

Resinas: A resina é uma substância orgânica sólida, semi-sólida ou líquida, amorfas, termo-plástica ou termo-endurecível, má condutora de eletricidade, em geral insolúvel em água mas solúvel em certos solventes orgânicos (NP-41, 1982).

Pigmentos: Segundo a NP-41(1982), o pigmento é uma “substância sólida, em geral finamente dividida, praticamente insolúvel no veículo, usado na preparação de tintas com fim de lhes conferir cor e opacidade ou certas características especiais”.

Cargas: Segunda a NP-41(1982), carga é uma “substância inorgânica sob a forma de partícula mais ou menos finas, de fraco poder de cobertura, insolúvel nos veículos, empregada como constituinte de tintas com o fim de lhes modificar determinadas propriedades”.

Solventes: De acordo com a NP-41(1982) solvente é um líquido volátil nas condições normais de secagem, capaz de dissolver o veículo fixo de tintas. Os solventes têm como objetivo principal baixar a viscosidade do veículo facilitando a aplicação da tinta de acordo com a necessidade do uso (BAUER, 1994). Ele aumenta a fluidez das tintas facilitando a sua aplicação em camadas finas (PETRUCCI, 1979).

Os solventes mais usados para tintas a óleo são: essência de terebintina e aguarrás de origem mineral, obtido através da destilação do petróleo. O álcool, em geral etílico, também pode ser utilizado (PETRUCCI, 1979).

Aditivos: Segundo a NP-41 (1982), aditivo é uma substância que é incorporada, eventualmente, as tintas com o propósito de modificar-lhe algumas características determinadas.

Martins; Silva (2005) descreveu o processo de fabricação de tintas nas seguintes fases: fase de dispersão para serem transformados os pigmentos e cargas em pó são dispensados na solução de resina. O processo físico de dispersão dos pigmentos consiste na separação dos pigmentos, os quais se encontram agrupados em aglomerados e cuja superfície é revestida pela resina. A resina além de estabilizar a dispersão do pigmento, evita a re-agregação das partículas constituintes do pigmento e carga.

O processo de dispersão faz uso de energia mecânica através de equipamentos de dispersão. A função destes equipamentos é obter uma mistura muito concentrada de

pigmento, resina e solvente. O grau de moagem é obtido de acordo com a tinta que se deseja fabricar. (MARTINS; SILVA, 2005).

- Fase da diluição: nesta fase a moagem obtida é misturada com mais quantidades de resina, solventes e aditivos para dar origem à tinta.

- Fase de acerto da viscosidade: um diluente é adicionado a tinta, com a finalidade de lhe conferir a viscosidade adequada de aplicação com o objetivo de obter o produto acabado.

Dorneles; Roriz; estudaram a influência das tintas imobiliárias no desempenho térmico e energético de edificações e percebendo que as diferentes composições químicas das tintas utilizadas nos ensaios (látex ou látex PVA, fosca ou semi-brilho), apresentaram diferenças significativas em suas absorções espectrais, ou seja, o tipo de tinta influencia consideravelmente na absorção solar de uma superfície opaca, comprovando a importância da tinta utilizada no envelope sobre o desempenho térmico e energético das edificações, sendo que está é determinante na quantidade de calor absorvida pela superfície pintada.

2.3.3.5 Influencia do *brise soleil*

O *brise-soleil* tem diversas definições na literatura.

Lemos; Corona (1972 apud GUTIERREZ, 2004) assim o define:

“*Brise soleil* – Elemento arquitetônico de proteção, com a finalidade principal de interceptar os raios solares, quando estes forem inconvenientes”.

Ching (2000 apud GUTIERREZ, 2004)

“*Brise soleil* – Anteparo, normalmente de palhetas, colocado na parte externa de um edifício a fim de proteger as janelas da incidência direta da luz solar”.

“Quebra-sol – Qualquer um dentre uma série de dispositivos externos que constituem em lâminas horizontais ou verticais, inclinadas para proteger uma janela da incidência direta da luz solar”.

Holanda (1999 apud GUTIERREZ, 2004):

“*Brise soleil* – Conjunto de chapas de material fosco que se põe nas fachadas expostas ao sol para evitar o aquecimento excessivo dos ambientes sem prejudicar a ventilação e a iluminação”.

Houaiss; Villar (2001, apud GUTIERREZ, 2004):

“*Brise soleil* – (fr) sm. ARQ. Elemento arquitetônico em forma de placas horizontais ou verticais, fixas ou móveis, aplicada sobre a fachada do edifício, para barrar a incidência direta dos raios solares; quebra-luz, quebra-sol”.

Para Albernaz; Lima (2000 apud GUTIERREZ, 2004):

“*Brise* – Anteparo composto por uma série de peças, em geral placas estreitas e compridas, colocadas em fachadas, para reduzir a ação direta do sol. Suas peças podem ser móveis ou fixas, dispostas na horizontal ou vertical. Quando conveniente disposto, protege o interior do prédio da excessiva insolação preservando a visão para o exterior. É adequado seu uso em edifícios situados em locais de clima quente”.

Segundo Gutierrez (2004) o *brise-soleil* ou quebra sol é um dispositivo de proteção solar, formado por uma ou mais lâminas, em geral paralelas e externas a edificação. Ele tem como função minimizar o aporte do calor do Sol pela envoltória da edificação, principalmente nas aberturas e superfícies transparentes ou translúcidas.

Para Miana (2005) o *brise-soleil* é um dispositivo formado por uma ou mais lâminas, horizontais, verticais ou combinadas, externas a edificação, que tem por objetivo principal reduzir a incidência de radiação solar na edificação. Ao minimizar o ganho de carga térmica a utilização do *brise-soleil* otimiza o desempenho térmico das edificações. Além disso, este dispositivo de proteção solar favorece a boa distribuição de luz natural dentro do ambiente,

pois controla a penetração da radiação solar direta e o excesso da luz natural difusa, contribuindo assim para o conforto luminoso.

Os dispositivos externos de proteção solar têm a capacidade de interceptar a radiação solar antes que ela atinja as superfícies das edificações. O *brise-soleil* se destaca, entre estes dispositivos, pois possui o mais elevado percentual de redução de ganho de calor entre os sistemas de proteção em uso, variando de 75 a 90%, quando aplicado em vidro transparente de 5mm. Além disso, os *brises* têm a capacidade de atender outras finalidades simultâneas como captar a ventilação, dar privacidade visual, refletir e distribuir a luz natural, entretando, dependendo de suas características construtivas, podem comprometer as condições de iluminação dos espaços interno (MARAGNO, 2001)

Atem (2003) estudou o uso de *brises* na arquitetura de Artigas em Londrina analisando algumas edificações que utilizam o *brise* para maximizar o conforto térmico das mesmas. Verificou-se que algumas características são essenciais para verificar-se a eficiência do uso do *brise*, são elas:

- o posicionamento externo do *brise*;
- o distanciamento do *brise* em relação à parede;
- a cor do *brise*.

Gutierrez (2004) definiu o *brise-soleil* pelas seguintes características:

- São elementos externos à fachada;
- São compostos por uma ou mais lâminas, geralmente paralelas.

Pode ser classificado por sua tipologia, mobilidade e composição arquitetônica:

Tipologia:

- Horizontais;
- Verticais;
- Combinados (horizontal e vertical).

Conforme Gutierrez (2004):

“Cada tipologia protege mais adequadamente a determinado ângulo de obstrução: a horizontal intercepta os raios solares quando o sol está mais alto; a vertical é mais eficaz quando os raios solares estão mais baixos, porém dependem fundamentalmente da variação do azimute em relação à orientação da fachada; e a combinada associa ambas as proteções da horizontal e vertical”.

Mobilidade:

- Fixos;
- Móveis.

Segundo Gutierrez (2004) o *brise-soleil* foi criado por volta de 1920 por Le Corbusier devido à preocupação com o excesso de radiação solar em seus projetos. Ele tem influência de elementos construtivos como dispositivos de proteção solar oriundos de culturas construtivas árabes e asiáticas em sua concepção.

Sua origem pode ser identificada com elementos de arquiteturas tradicionais utilizados para filtragem da radiação solar, da luz e do calor aplicados principalmente na arquitetura árabe. Não possuem necessariamente a mesma forma, material ou linguagem, mas o mesmo princípio de atuação: sua função principal é o controle da radiação solar em excesso nos países de clima quente (MARAGNO, 2000)

Conforme Fathy (1986 apud GUTIERREZ, 2004, p. 21) na verdade o *brise-soleil* é uma releitura da persiana, sendo que a maior diferença se refere à escala e dimensões, já que seu uso foi estendido a toda área das aberturas, para a proteção da fachada inteira.

O *brise-soleil* se constitui de uma ótima solução para viabilizar o uso de grandes fachadas em vidro contínuo e transparente, permitindo a iluminação natural, a integração visual do interior com o exterior e para evitar a incidência direta dos raios solares e o ganho térmico ocasionado por ela (MARAGNO, 2000).

Durante sua segunda visita ao Brasil em 1936, Le Corbusier reafirma sua identificação com a exuberância dos elementos naturais. Impressionado com a intensa luminosidade que

banha a cidade do Rio de Janeiro, enquanto ali trabalha, a convite do governo, no projeto do Ministério da Educação. Indagando quanto à maneira de proteger os ambientes de trabalho do futuro edifício, não hesita em sugerir o uso brise-soleil. Entretanto sua sugestão não pode ser concretizada.

Antes da chegada de Le Corbusier ao Brasil, em 1936, os irmãos Marcelo e Milton Roberto vencem o concurso para a nova sede da Associação Brasileira de Imprensa com um projeto que previa um brise-soleil constituído de lâminas verticais oblíquas em alumínio, recobrando as duas fachadas horizontais superpostas. O resultado foi uma solução estética revolucionária que escandalizaria a cidade. Por motivos de economia o alumínio acabou sendo substituído pelo concreto durante a execução do projeto. Assim mesmo, trata-se do primeiro projeto a propor faixas contínuas de lâminas paralelas, em lugar da trama ortogonal de placas de concreto.

A partir daí o brise-soleil tornou-se um dos elementos marcantes da arquitetura moderna no Brasil, tendo sido explorado nas suas formas mais diversas em projetos como: do Ministério da Educação e da Saúde Pública, no Rio de Janeiro, RJ (Figura 5); da Associação Brasileira de Imprensa, no Rio de Janeiro, RJ (Figura 6); na Igreja da Pampulha. Belo Horizonte, MG (Figura 7); no Edifício sede da FIESP, CIESP, SESI e SENAI. São Paulo, SP (Figura 8); no Prédio Copam. São Paulo, SP (Figura 9) e no Hospital Sarah Kubitschek . Rio de Janeiro,RJ (Figura 10).



Fig. 5: Ministério da Educação e da Saúde Pública (Rio de Janeiro, RJ).

Fonte.: Disponível em: <www.arq.ufsc.br/.../brises/historico.htm>

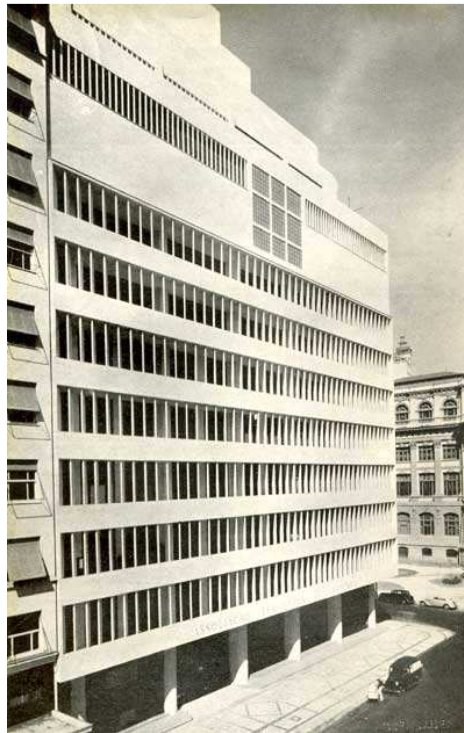


Fig. 6: Associação Brasileira de Imprensa (Rio de Janeiro, RJ).

Fonte: Disponível em: <www.marcillio.com/rio/enceesc1.html>



Fig. 7: Igreja da Pampulha. Belo Horizonte, MG.

Fonte: [flickr.com/photos/raul_lisboa/3350525648/](https://www.flickr.com/photos/raul_lisboa/3350525648/)



Fig. 8: Edifício sede da FIESP, CIESP, SESI e SENAI. São Paulo, SP.

Fonte: <www.panoramio.com/photo/8161930>



Fig. 9: Prédio Copam. São Paulo, SP.

Fonte: picasaweb.google.com/.../TfVYJkWCSB8KVtFXoaOqag



Fig. 10 Hospital Sarah Kubitschek . Rio de Janeiro,RJ

Fonte: [flickr.com/photos/blood-mari/1189519292/](https://www.flickr.com/photos/blood-mari/1189519292/)

3. METODOLOGIA

3.1 Classificação da Pesquisa

Está pesquisa é de ordem quantitativa, pois usará dados numéricos da simulação e da prática (experimento) para posterior análise.

3.2 Planejamento da pesquisa

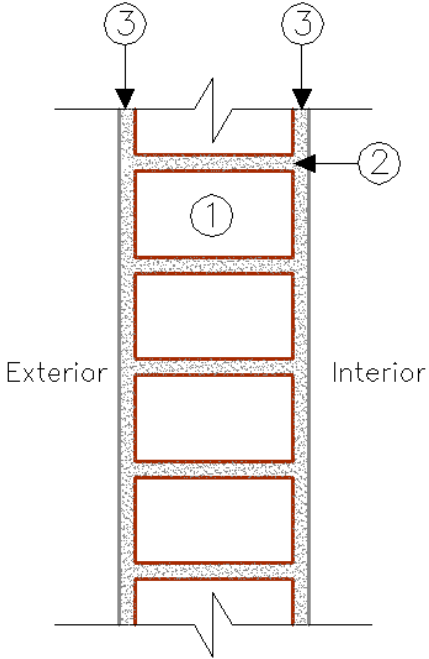
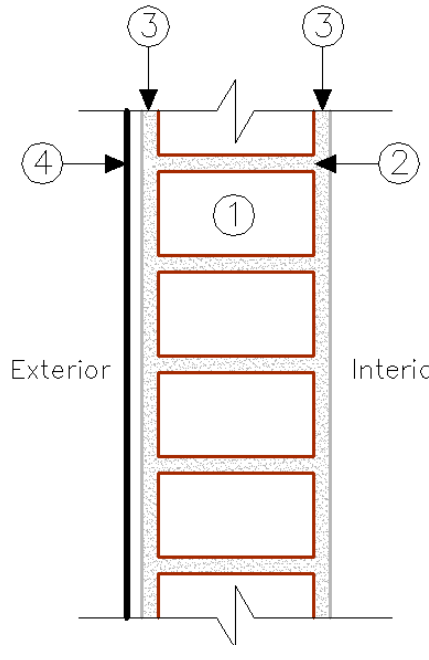
Para que os objetivos desta pesquisa fossem alcançados ela foi dividida em duas etapas distintas.

3.2.1 Realização de ensaios laboratoriais

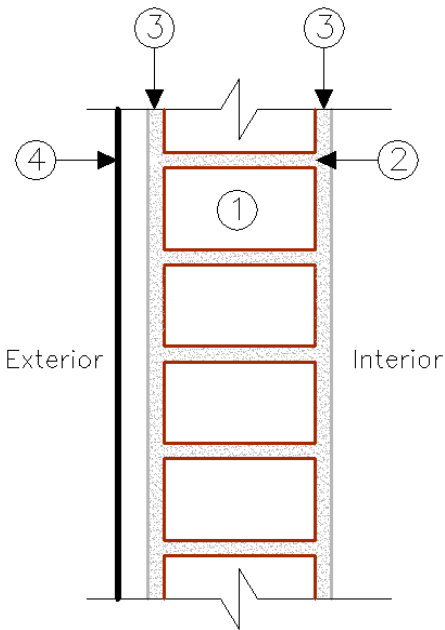
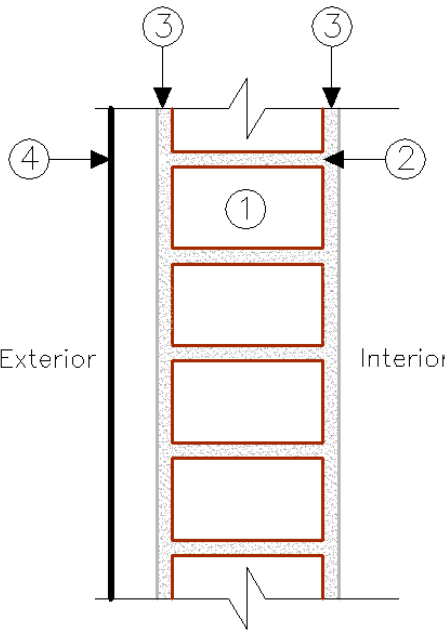
Com o objetivo de conhecer o comportamento térmico de algumas configurações de paredes de alvenaria, foram estabelecidas 12 configurações de paredes, conforme os Quadros explicativos 1, 2, 3, 4, 5 e 6

3.2.2 Implementação da modelagem matemática

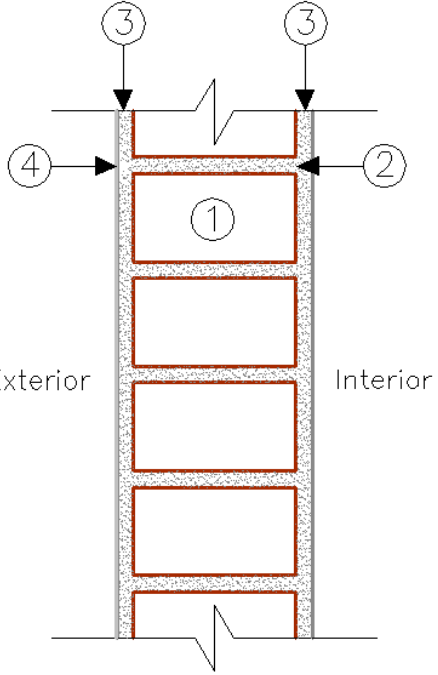
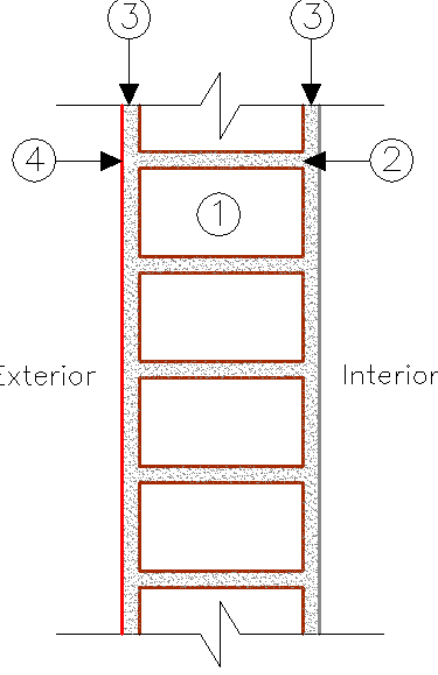
Através da obtenção dos dados experimentais de temperatura ao longo do tempo, foi possível calcular o fluxo de calor para analisar o comportamento térmico das diferentes configurações de paredes experimentadas, bem como a relação termo-econômica entre as mesmas.

Identificação/descrição	Ilustração
<p style="text-align: center;">PAREDE 1</p> <p>Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente.</p> <p>Dimensões (1): 10x5,0x21cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 12,00cm</p>	
<p style="text-align: center;">PAREDE 2</p> <p>Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa da parede com espaçamento de 1cm da mesma.</p> <p>Dimensões (1): 10x5,0x21cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 13,50cm</p> <p><i>Brise soleil</i> fabricado com embalagem Tetra Pak reciclada (4): 0,5cm</p>	

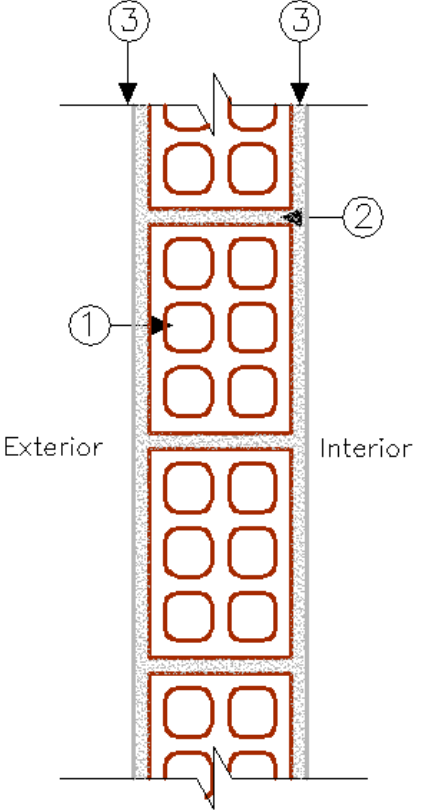
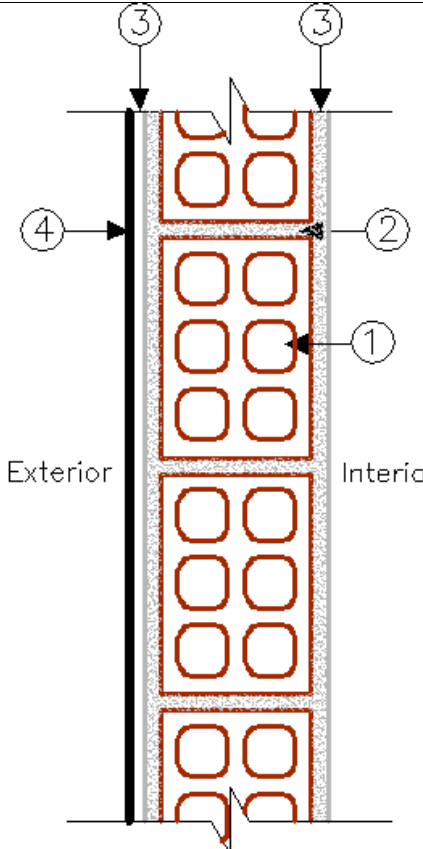
Quadro 1: Configuração das paredes 1 e 2.

Identificação/descrição	Ilustração
<p style="text-align: center;">PAREDE 3</p> <p>Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa da parede com espaçamento de 2cm da mesma</p> <p>Dimensões (1): 10x5,0x21cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 14,50cm</p> <p><i>Brise soleil</i> fabricado com embalagem Tetra Pak reciclada (4): 0,5cm</p>	
<p style="text-align: center;">PAREDE 4</p> <p>Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa da parede com espaçamento de 3cm da mesma</p> <p>Dimensões (1): 10x5,0x21cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 15,50cm</p> <p><i>Brise soleil</i> fabricado com embalagem Tetra Pak reciclada (4): 0,5cm</p>	

Quadro 2: Configuração das paredes 3 e 4.

Identificação/descrição	Ilustração
<p style="text-align: center;">PAREDE 5</p> <p>Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente.</p> <p>Dimensões (1): 10x5,0x21cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 12,00cm</p> <p>Pintura externa: 1 demão de selador acrílico, marca Suvinil e 2 demãos de tinta acrílica semi-brilho, cor branco neve, marca Suvinil.</p>	
<p style="text-align: center;">PAREDE 6</p> <p>Parede de tijolos maciços, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente.</p> <p>Dimensões (1): 10x5,0x21cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 13,00cm</p> <p>Pintura externa: 1 demão de selador acrílico, marca Suvinil e 2 demãos de tinta acrílica semi-brilho, cor código R105 (vermelho), marca Suvinil.</p>	

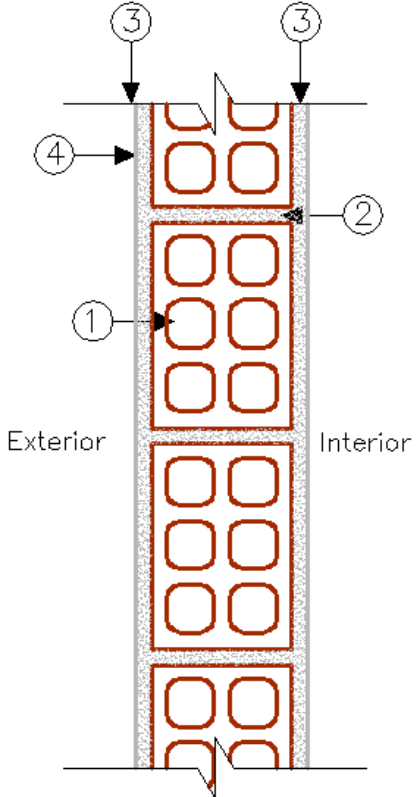
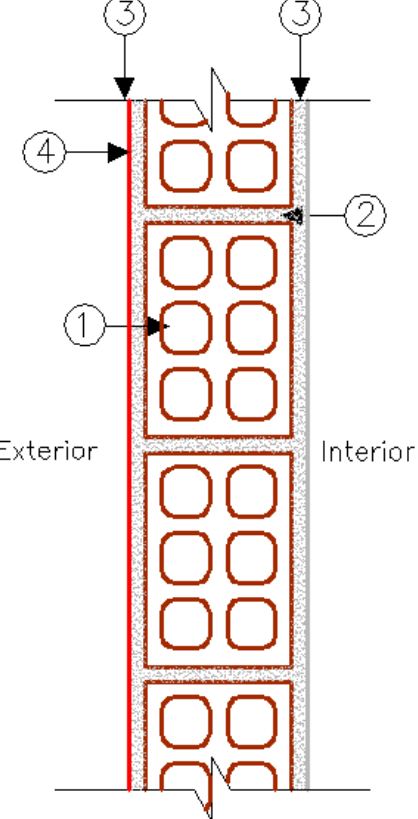
Quadro 3: Configuração das paredes 5 e 6.

Identificação/descrição	Ilustração
<p style="text-align: center;">PAREDE 7</p> <p>Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 9cm, revestida com argamassa externa e internamente.</p> <p>Dimensões (1): 9,0x14,0x18,0cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 11,00cm</p>	
<p style="text-align: center;">PAREDE 8</p> <p>Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 9cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa da parede com espaçamento de 1cm da mesma.</p> <p>Dimensões (1): 9,0x14,0x18,0cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 12,50cm</p> <p><i>Brise soleil</i> fabricado com embalagem Tetra Pak reciclada (4): 0,5cm</p>	

Quadro 4: Configuração das paredes 7 e 8.

Identificação/descrição	Ilustração
<p style="text-align: center;">PAREDE 9</p> <p>Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 9cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa da parede com espaçamento de 2cm da mesma.</p> <p>Dimensões (1): 9,0x14,0x18,0cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 13,50cm</p> <p><i>Brise soleil</i> fabricado com embalagem Tetra Pak reciclada (4): 0,5cm</p>	<p>Exterior Interior</p>
<p style="text-align: center;">PAREDE 10</p> <p>Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 9cm, revestida com argamassa externa e internamente e <i>brise soleil</i> na face externa da parede com espaçamento de 3cm da mesma.</p> <p>Dimensões (1): 9,0x14,0x18,0cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 14,50cm</p> <p><i>Brise soleil</i> fabricado com embalagem Tetra Pak reciclada (4): 0,5cm</p>	<p>Exterior Interior</p>

Quadro 5: Configuração das paredes 9 e 10.

Identificação/descrição	Ilustração
<p style="text-align: center;">PAREDE 11</p> <p>Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 10cm, revestida com argamassa externa e internamente.</p> <p>Dimensões (1): 9,0x14,0x18,0cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 11,00cm</p> <p>Pintura externa: 1 demão de selador acrílico, marca Suvinil e 2 demãos de tinta acrílica semi-brilho, cor branco neve, marca Suvinil.</p>	
<p style="text-align: center;">PAREDE 12</p> <p>Parede de tijolos furados, assentados na dimensão de 9cm, revestida com argamassa externa e internamente.</p> <p>Dimensões (1): 9,0x14,0x18,0cm</p> <p>Espessura da argamassa de assentamento (2): 1cm</p> <p>Espessura da argamassa de revestimento (3): 1cm</p> <p>Espessura total da parede: 13,00cm</p> <p>Pintura externa: 1 demão de selador acrílico, marca Suvinil e 2 demãos de tinta acrílica semi-brilho, cor código R105 (vermelho), marca Suvinil.</p>	

Quadro 6: Configuração das paredes 11 e 12.

3.3 Materiais utilizados na pesquisa

Os materiais utilizados na construção e na pintura das paredes, são materiais de uso comum nas construções no município de Ijuí/RS, disponíveis no comércio local, exceto as placas para o *brise*.

As placas utilizadas como *brise soleil*, nos ensaios laboratoriais, foram adquiridas da empresa Engeplas Engenharia da Reciclagem e Meio Ambiente e, produzidas na cidade de Curitiba/PR.

3.3.1 Cimento

O cimento utilizado na construção das paredes foi o CP-II- F-32, Cimento Portland composto com fíler, suas características são preconizadas pela norma NBR 11578/1991 (Tabela 2).

Tabela 2 - Exigências do cimento Portland CP-II-F-32.

Características e propriedades		Unidade	Cimento CP-II-F-32
Finura	Resíduo na peneira 75 μ m	%	$\leq 12,00$
	Área específica	m ² /kg	≥ 260
Tempo de início de pega		h	≥ 1
Expansibilidade a quente		mm	≤ 5
Resistência À compressão	3 dias de idade	MPa	≥ 10
	7 dias de idade	MPa	≥ 20
	28 dias de idade	MPa	≥ 32

Fonte: Adaptado da Tabela 3 da NBR 11578/1991.

3.3.2 Areia

Os ensaios para caracterização da areia foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil. O ensaio de composição granulométrica foi realizado de acordo com a norma NBR 7217. Os resultados obtidos mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultado do ensaio de granulometria da areia.

Peneiras		% Retida Média	% Retida Acumulada
nº	mm		
3/8"	9,5	0	-
1/4"	6,3	0	-
4	4,8	0,1595	0,1595
8	2,4	0,345	0,5045
16	1,2	1,3545	1,859
30	0,6	8,8145	10,6735
50	0,3	35,1885	45,862
100	0,15	44,3725	90,2345
Fundo	<0,15	9,7655	0
Total		100	149,293
Módulo de finura			1,49293
Diâmetro máximo			1,2mm

O ensaio de massa específica aparente mostrado foi realizado segundo a NBR 9776 (Tabela 4).

Tabela 4 – Resultado do ensaio de massa específica aparente da areia.

Massa Específica Aparente - Chapman - NBR 9776		
Leitura Final (cm ³)	Leitura Média (cm ³)	M.E.A. (g/cm ³)
393	392,5	2,597
392		

Também fez-se o ensaio, conforme a NBR 7251, de massa unitária solta (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultado do ensaio de massa unitária solta da areia.

Massa Unitária Solta - NBR 7251		
Peso Líquido (kg)	Peso Médio (kg)	M.U Média (kg/dm ³)
29,14	29,58	1,479
29,59		
30,01		
Volume 20m ³		

3.3.3 Cal

A cal utilizada na argamassa de revestimento das paredes foi a cal hidratada CH- II, suas características são regidas pela NBR 7175/1992 e estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Exigências da cal hidratada CH-II.

Determinações		Limites da cal CH-II
Finura (% retida acumulada)	Peneira 0,600 mm (nº 30)	≤ 0,50%
	Peneira 0,075 mm (nº 200)	≥ 15%
Estabilidade		Ausência de cavidades ou protuberâncias
Retenção de água		≥ 80%
Plasticidade		≥ 110
Incorporação de areia		≥ 2,5

Fonte: Adaptado da Tabela 2 da NBR 7175/1992.

3.3.4 Argamassa de assentamento

O traço utilizado para ao assentamento foi de 1:6 (1 de cimento e 6 de areia). A espessura da argamassa de assentamento foi de 1cm.

3.3.5 Chapisco

O traço utilizado para ao chapisco foi de 1:3 (1 de cimento e 3 de areia).

3.2.8. Argamassa de revestimento

O traço utilizado para o revestimento foi 1:1:5 (1 de cimento, 1 de cal e 5 de areia). A espessura da argamassa de revestimento foi de 1cm.

3.3.6 Bloco de 6 furos

Os blocos de 6 furos utilizados na pesquisa são da cidade de Independência. Sua caracterização foi realizada no LEC da UNIJUI.

Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização: absorção de água segundo a NBR 8492 (Tabela. 7) , formas e dimensões conforme a NBR 8041 (Tabela 8), de resistência à compressão (Tabela 9) de acordo com a NBR 6064 e de massa específica aparente.

Tabela 7 – Resultado do ensaio de absorção de água do bloco 6 furos.

Nº CP	Peso Unitário (g)	%AA
1	1770	23,16
2	1820	22,53
3	1790	24,02
4	1770	26,55
5	1790	25,70
6	1760	23,86
7	1770	23,16
8	1740	23,56
9	1760	24,43
10	1710	22,81
11	1750	23,43
12	1770	23,73
13	1750	25,14
Média	1765	24,00

Tabela 8 – Resultado do ensaio de formas e dimensões do bloco de 6 furos.

Dimensão	24 Tijolos	Média (Unidade)
Comprimento (mm)	4357	181,54
Largura (mm)	2200	91,66
Altura (mm)	3328	138,66

Tabela 9– Resultado do ensaio de resistência a compressão do bloco de 6 furos.

Nº CP	Resistência à compressão (MPa)
1	2,91
2	1,82
3	1,79
4	2,57
5	2,45
6	1,87
7	1,73
8	2,37
9	2,52
10	1,43
11	2,23
12	2,96
13	2,82
RC médio (MPa)	2,10

3.3.7 Tijolo maciço

Os tijolos maciços utilizados na pesquisa são da cidade de Pelotas. Sua caracterização foi realizada no LEC da UNIJUI.

Foram realizados os ensaios de: absorção de água segundo a NBR 8492 (Tabela 10) e formas e dimensões conforme a NBR 8041 (Tabela 11), ensaio de resistência a compressão (Tabela 12) de acordo com a NBR 6064 e de massa específica aparentes.

Tabela 10– Resultado do ensaio de absorção de água do tijolo maciço.

Nº CP	Peso unitário (g)	%AA
1	1480	22,97
2	1490	20,81
3	1440	21,53
4	1520	21,05
5	1530	22,22
6	1560	20,51
7	1540	20,78
8	1520	20,39

9	1550	20,65
10	1550	21,29
11	1540	20,78
12	1540	20,78
13	1440	21,53
Média	1515	21,17

Tabela 11 – Resultado do ensaio de formas e dimensões do tijolo maciço.

Dimensão	24 Tijolos	Média (Unidade)
Comprimento (mm)	5078	211,58
Largura (mm)	2369	98,71
Altura (mm)	1209	50,373

Tabela 12– Resultado do ensaio de resistência a compressão do tijolo maciço

Nº CP	Resistência à compressão (MPa)
1	6,55
2	7,56
3	9,01
4	9,09
5	6,45
6	9,31
7	6,10
8	8,24
9	6,96
10	9,09
11	9,65
12	7,72
13	7,01
RC médio (MPa)	7,90

3.3.8 Brise soleil

A placa plana fabricada com embalagens Tetra Pak utilizada como *brise soleil* (tem suas propriedades especificadas pela empresa que forneceu o material – Engeplas), A Figura 11 mostra a placa que foi utilizada como *brise* nos ensaios.



Fig. 11: Placa produzida com embalagens Tetra Pak
Fonte: Engeplas, 2010.

Propriedades principais (Engeplas, 2010):

- Bom isolante térmico: menos transferência de calor;
- Impermeável, não absorve umidade;
- Elevada resistência mecânica;
- Excelente resistência a granizo;
- Grande durabilidade;
- Resiste à maresia;
- Dispensa maiores cuidados no transporte e manuseio;
- Não é afetada por agentes químicos em geral;
- Não propaga chama;
- Fácil instalação, sem quebrar ou trincar sob a penetração de pregos ou parafusos auto brocante;
- Podem ser cortadas manualmente com serrotes, arcos de serra, serras elétricas ou serra circular.

3.3.9 Câmara térmica

A câmara térmica desenvolvida por Rupp (2009) utilizada nos ensaios tem como dimensões internas 60x40x40 cm, sendo que uma das faces de 40x40 cm é vazada. Para sua confecção foram utilizados os seguintes materiais: madeira compensada, poliestireno expandido de 50 mm, papel laminado, uma lâmpada incandescente, com potência 250 W, modelo SICCATHERM, um *dimmer* e ferragens. A madeira compensada é a casca da câmara, sendo toda parafusada; o interior é revestido pelo poliestireno expandido e forrado com papel laminado. A Figura 12 apresenta a câmara térmica construída.

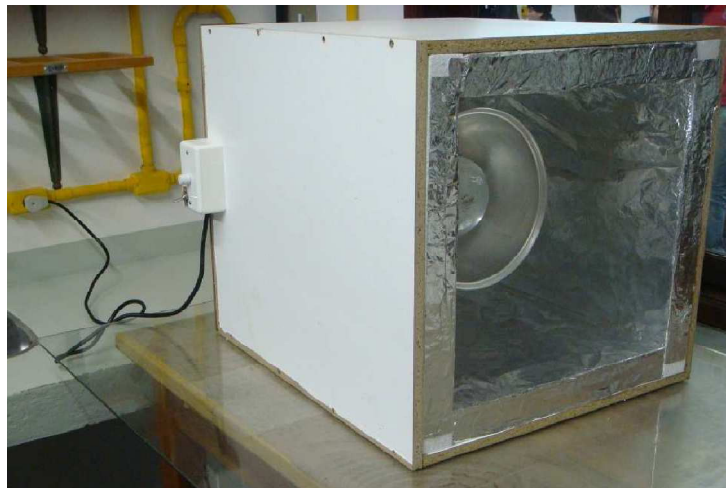


Fig. 12: Câmara térmica
Fonte: Rupp 2009, p. 42.

3.4 Procedimentos experimentais

3.4.1 Calibração dos sensores de temperatura

Os sensores de temperatura, como qualquer outro instrumento de medida sofrem alterações de suas características ao longo do tempo, tanto por agentes externos como pelo próprio envelhecimento do sensor, por esse motivo os sensores de temperatura foram

calibrados antes dos ensaios laboratoriais para se conseguir uma maior precisão nos resultados obtidos.

Na calibração dos sensores, a escala do sensor de temperatura utilizado nos ensaios, deve coincidir como uma escala conhecida. Para a calibração realizada em laboratório, foi usado como referência um termômetro de vidro calibrado pelo Laboratório da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Os sensores utilizados nos ensaios estão apresentados nas Figuras 13, 14 e 15 suas especificações estão contidas nos quadros 7, 8 e 9.



Fig. 13: Termômetro utilizado 1

Entrada – Sonda/NTC	Incorporada c/ cabo de 1,5m
Caixa	ABS V0 (UI94)
Dimensões	28,5 x 48 x 13mm
Grau de proteção	IP 54
Temperatura de funcionamento	0 a 55 °C
Indicação	3 ½ dígitos
Unidade	°C e °F
Faixa de medida	-50,0 °C a +50,0 °C

Tempo de amostragem	10 segundos
Alimentação (bateria)	1,5 V (modelo LR44)
Marca	Coelmatic Ltda.

Quadro 7- Especificação do termômetro utilizado 1



Fig. 14: Termômetro utilizado 2

Escala de temperatura	-50 a +70°C
Precisão	0.1°C
Resolução	±1°C
Dimensões	46 x 26,6 x 15mm
Comprimento do cabo	1,5m
Alimentação	02 pilhas AG 13
Marca	Incoterm

Quadro 8- Especificação do termômetro utilizado 2



Fig. 15: Termômetro utilizado 3

Escala de temperatura	-50 a +300°C
Precisão	0.1°C
Resolução	±1°C
Dimensões do corpo	9cm
Dimensões da haste	15 cm
Alimentação	Pilha 1,5V – LR44
Marca	Incoterm

Quadro 9- Especificação do termômetro utilizado 3

O ensaio para calibração dos sensores foi realizado no Laboratório de Ensaaios Especiais, do Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI. O termômetro calibrado usado como referência e os sensores digitais utilizados nos ensaios foram colocados em recipientes com água e temperaturas diferentes, até que entrassem em equilíbrio térmico. Na Tabela 13 são mostrados os dados obtidos com os sensores de temperatura (S) e com o termômetro de referência calibrado (TC).

Tabela 13- Dados utilizados na calibração dos sensores de temperatura

Sensor	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	T ₅ (°C)
TC	11,1	23,2	33,0	46,0	49,8
S ₁	9,0	22,0	31,8	44,8	48,6
S ₂	9,0	21,8	31,8	44,6	48,2
S ₃	10,5	22,5	32,5	45,5	49,5
S ₄	9,0	21,8	32,8	44,8	48,4
S ₅	10,1	22,6	32,2	44,5	48,5
S ₆	8,7	21,4	30,4	43,3	47,3
S ₇	9,4	22,9	32,3	44,7	48,8
S ₈	9,8	22,0	31,6	43,4	47,2
S ₉	9,6	22,6	31,3	44,6	48,2
S ₁₀	9,6	22,1	31,6	44,5	48,4

A calibração foi realizada ajustando retas na comparação entre as medidas do termômetro padrão e as medidas dos sensores de temperatura. As equações de calibração para cada um dos sensores de temperatura são apresentadas na Tabela 14, juntamente com o coeficiente de correlação R^2 (Equação 6) de cada ajuste.

Tabela 14- Equação de correlação dos sensores de temperatura.

Sensor	Equação de correlação	R ²
S ₁	S₁ = 0,9812 · T_{S1} + 1,9668	0,99
S ₂	S₂ = 0,9884 · T_{S2} + 1,9004	0,99
S ₃	S₃ = 0,9927 · T_{S3} + 0,7531	1,00
S ₄	S₄ = 0,9811 · T_{S4} + 1,8512	0,99
S ₅	S₅ = 1,0151 · T_{S5} + 0,5641	0,99
S ₆	S₆ = 1,0109 · T_{S6} + 2,0700	0,99
S ₇	S₇ = 0,9945 · T_{S7} + 1,1748	0,99
S ₈	S₈ = 1,0408 · T_{S8} + 0,5624	0,99
S ₉	S₉ = 1,0081 · T_{S9} + 1,1071	0,99
S ₁₀	S₁₀ = 1,0019 · T_{S10} + 1,3218	0,99

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_{l=1}^L (T_{cl} - T_{el})^2}{\sum_{l=1}^L T_{el}^2 - (\sum_{l=1}^L T_{el})^2 / L} \right] \quad (6)$$

Onde: T_e e T_c são as temperaturas experimentais e calculadas, respectivamente; l é a iteração dos dados de temperatura, sendo $l=1,2,3...L$.

3.4.2 Procedimento de instrumentação das paredes

Antes de dar-se início aos ensaios as paredes passaram pelos seguintes procedimentos de preparação:

- Depois de construídas, as paredes foram ensacadas com saco plástico, ficando assim pelo período de 28 dias com a finalidade de obter-se a cura adequada dos materiais cimentícios;
- Ao se passarem os 28 dias, o plástico foi retirado sendo que as paredes ficaram ao ar livre por mais 28 dias para que o excesso de umidade fosse retirado das mesmas;

- 28 dias depois, as paredes foram submetidas a um período de 24 horas de incidência de calor, acopladas a câmara térmica em que os ensaios seriam posteriormente realizados, para que o restante de umidade indesejada e que poderia influenciar no resultado dos ensaios, fosse retirado;

- Assim como Rupp (2009), foram realizados 3 furos, em cada parede estuda, alinhados na posição vertical “y”, distantes uns dos outros 3cm na direção “z”, com suas respectivas profundidades na direção “x”. Os furos foram feitos com uma furadeira utilizando-se de uma broca de 10mm de diâmetro. Foram realizados na direção paralela ao fluxo de calor (eixo “x”) e no sentido da face da parede em contato com a fonte de calor. A notação dos eixos, foi a seguinte: x= espessura/largura da parede; y; altura da parede; z= comprimento da parede;

- Foram inseridos 3 sensores de temperatura ao longo da espessura L (eixo x), de cada parede. Inserção de dois sensores de temperatura em ambos os lados da parede, sendo um sensor em $x = 0$ cm e o outro em $x = L$, para medição da temperatura interior e exterior, respectivamente. Assim, totalizando cinco sensores de temperatura por parede. Nas paredes em que foram utilizados os *brises*, foram inseridos mais dois sensores, um na face interna e outro na face externa ao *brise soleil*. Os esquemas de inserção dos sensores e as imagens das paredes já construídas encontram-se nas Figuras 14 a 21. É importante assegurar que os sensores de temperatura nas extremidades das paredes estejam encostados nas faces destas, a fim de evitar que a medição da temperatura seja a do ar próximo a face das paredes, ao invés da temperatura das fronteiras $x = 0$ e $x = L$.

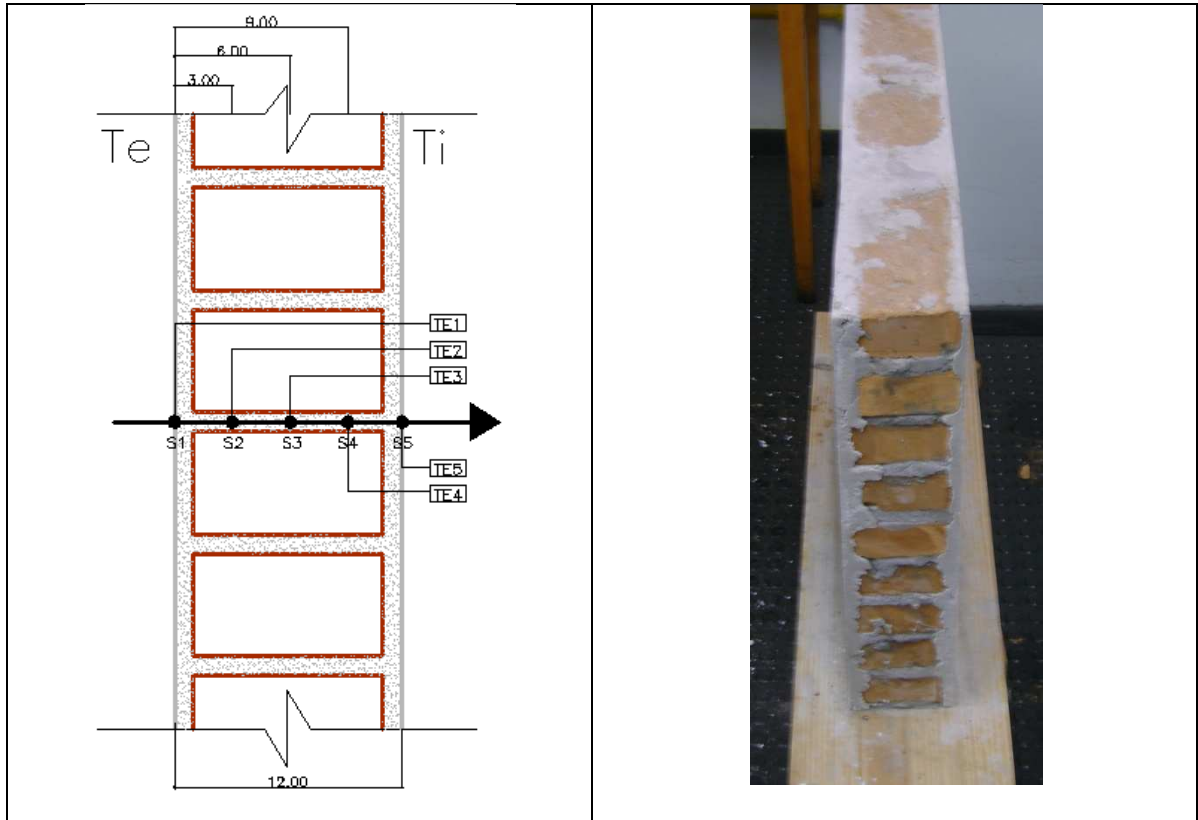


Fig. 16: Parede 1 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

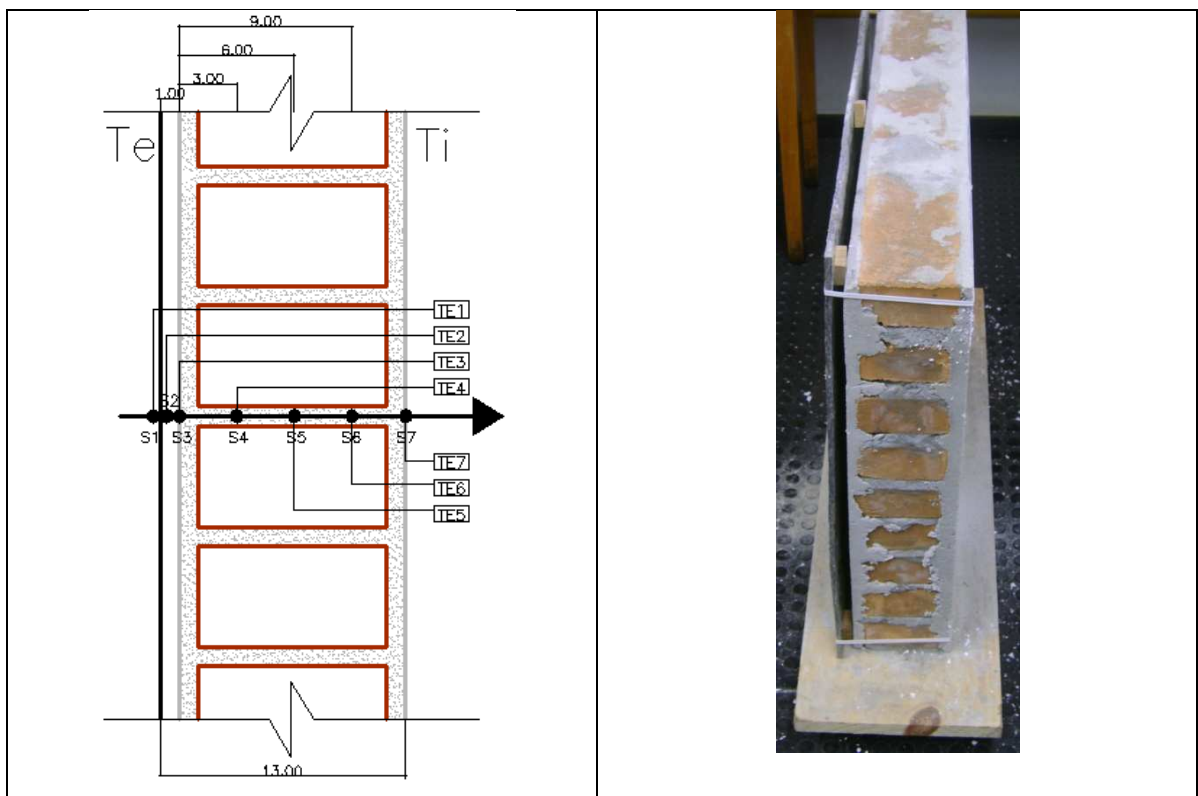


Fig. 17: Parede 2 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

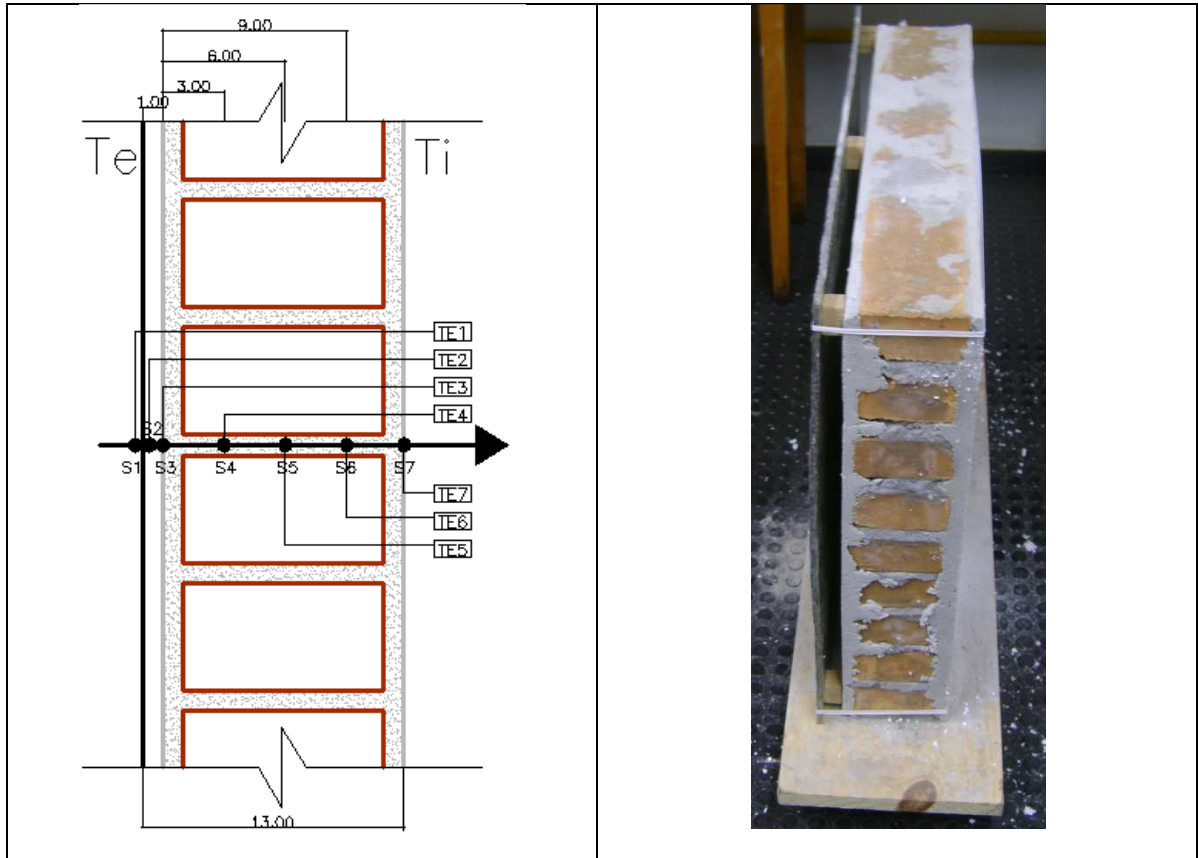


Fig. 18: Parede 3 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

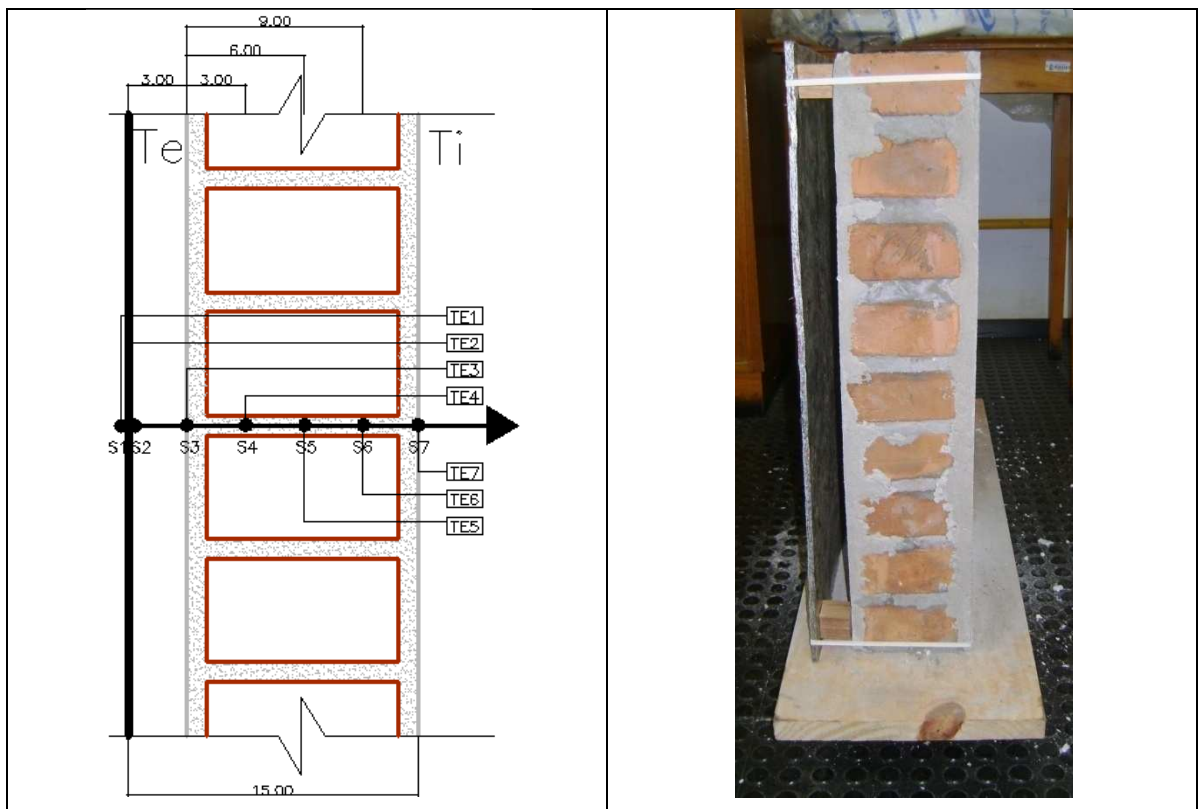


Fig. 19: Parede 4 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

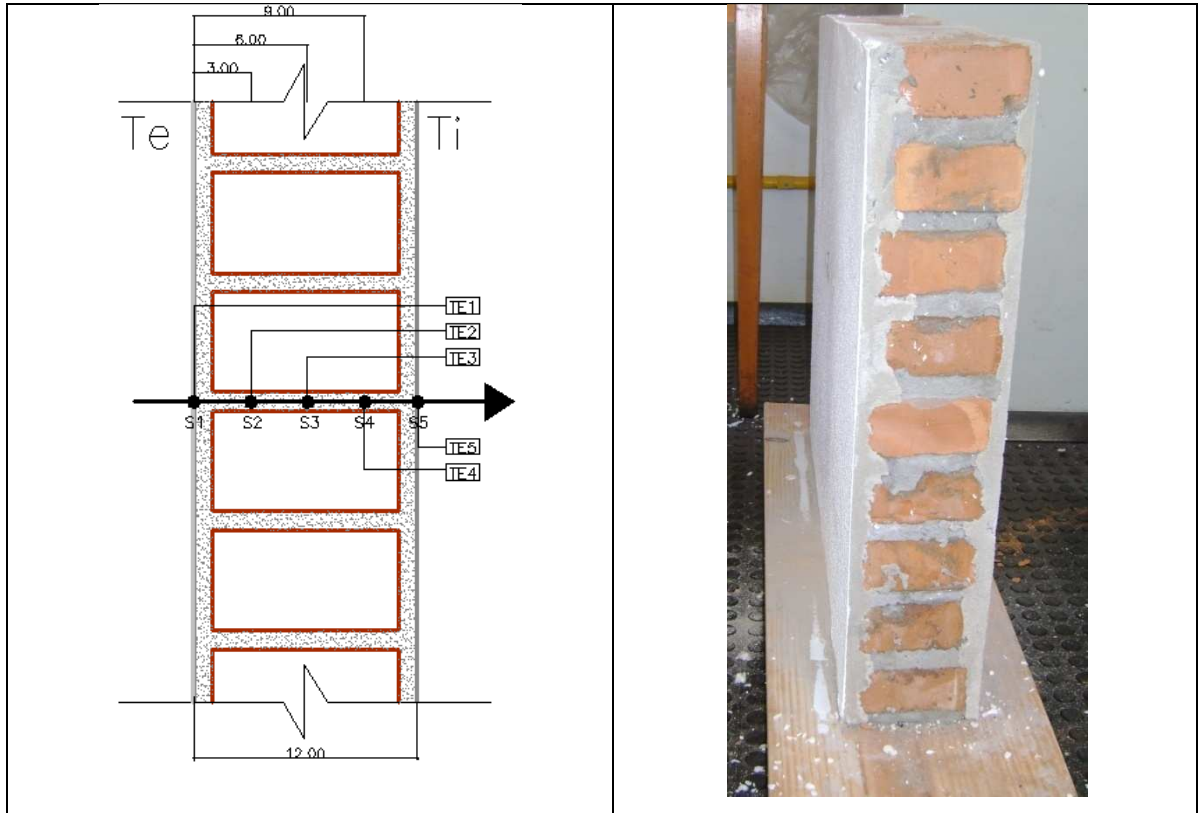


Fig. 20: Parede 5 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

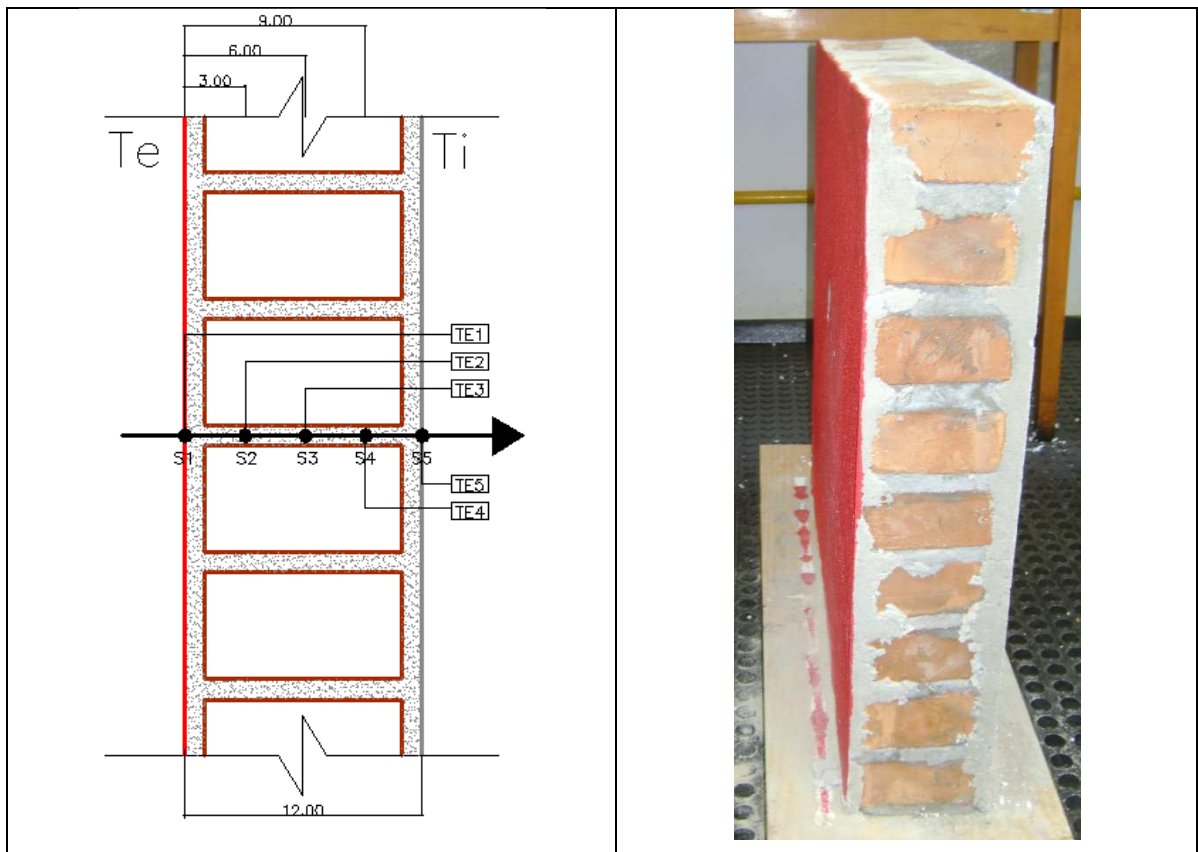


Fig. 21: Parede 6 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

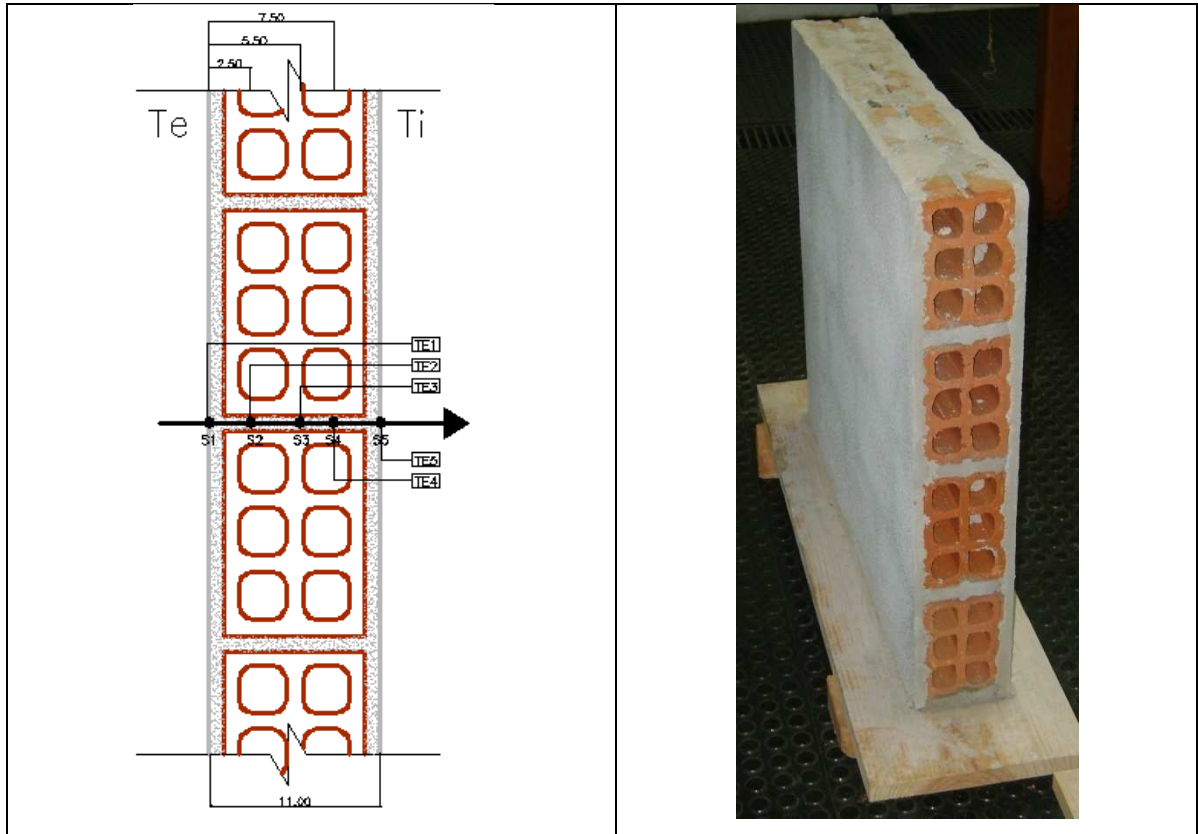


Fig. 22: Parede 7 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

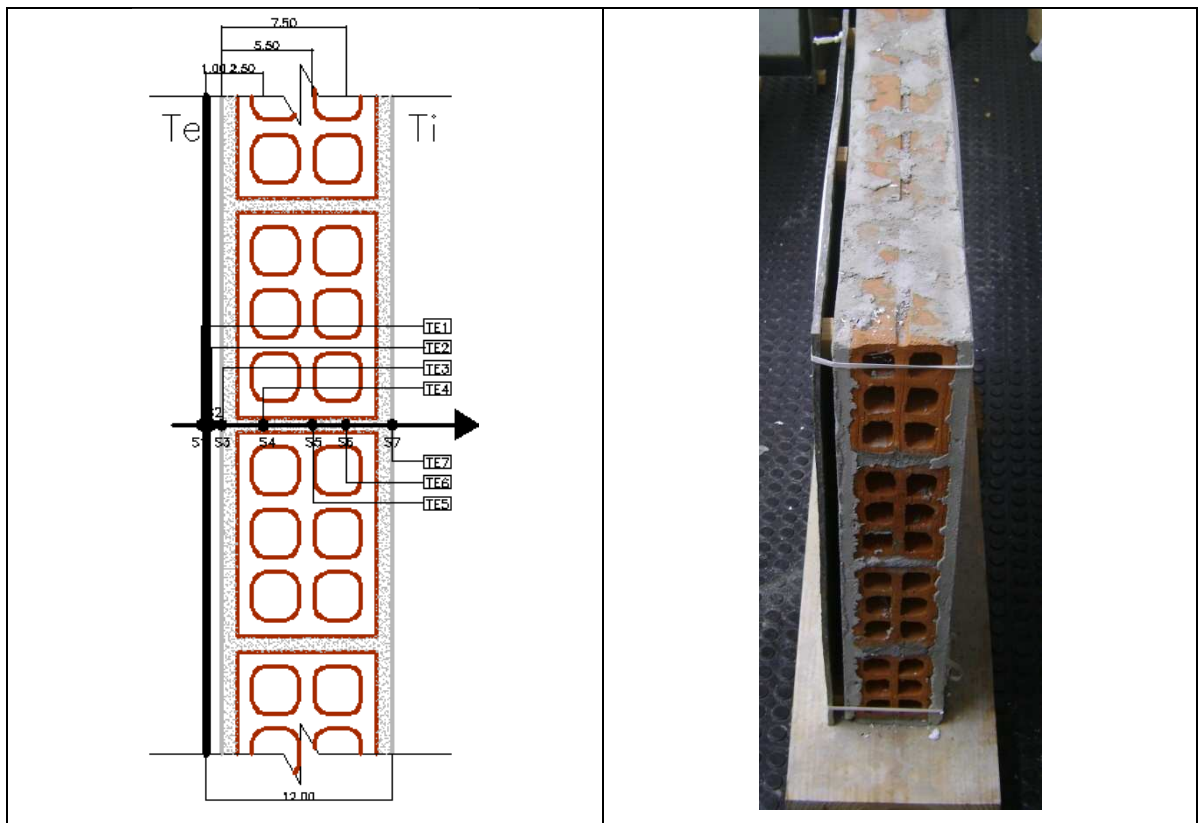


Fig. 23: Parede 8 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

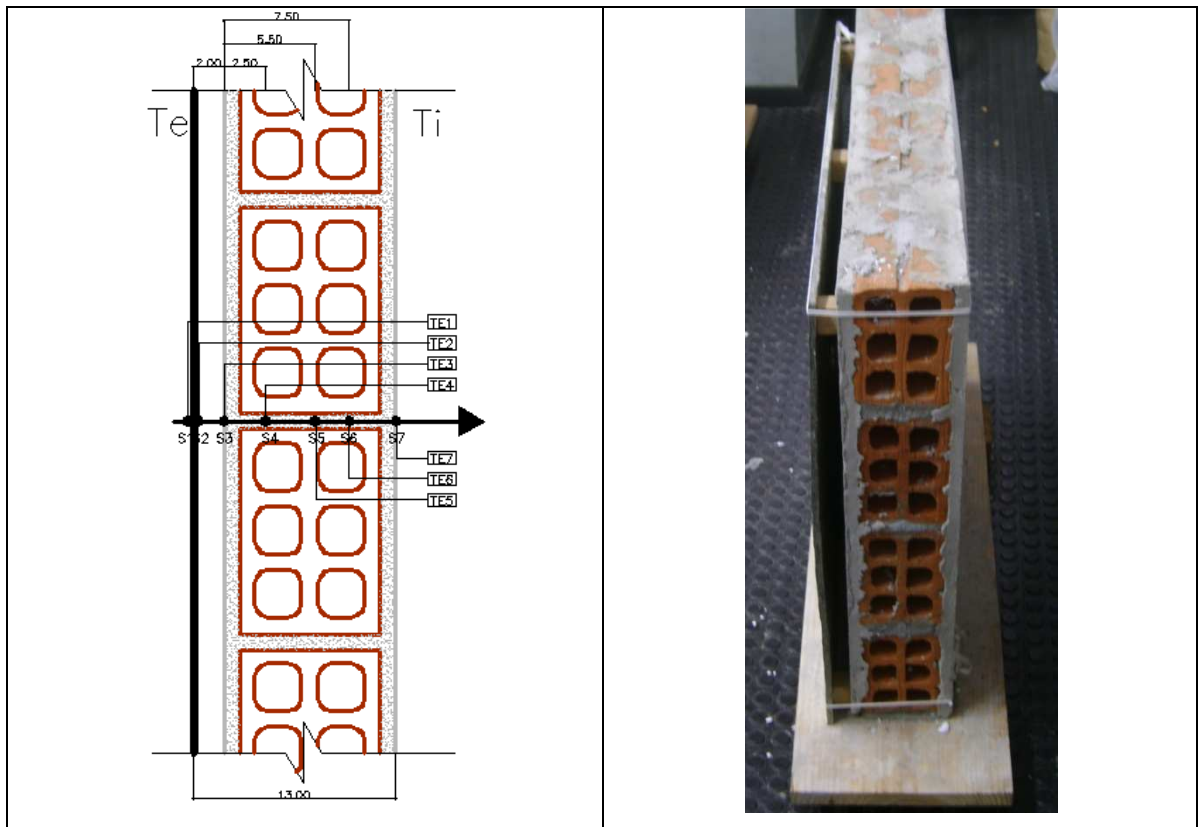


Fig. 24: Parede 9 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

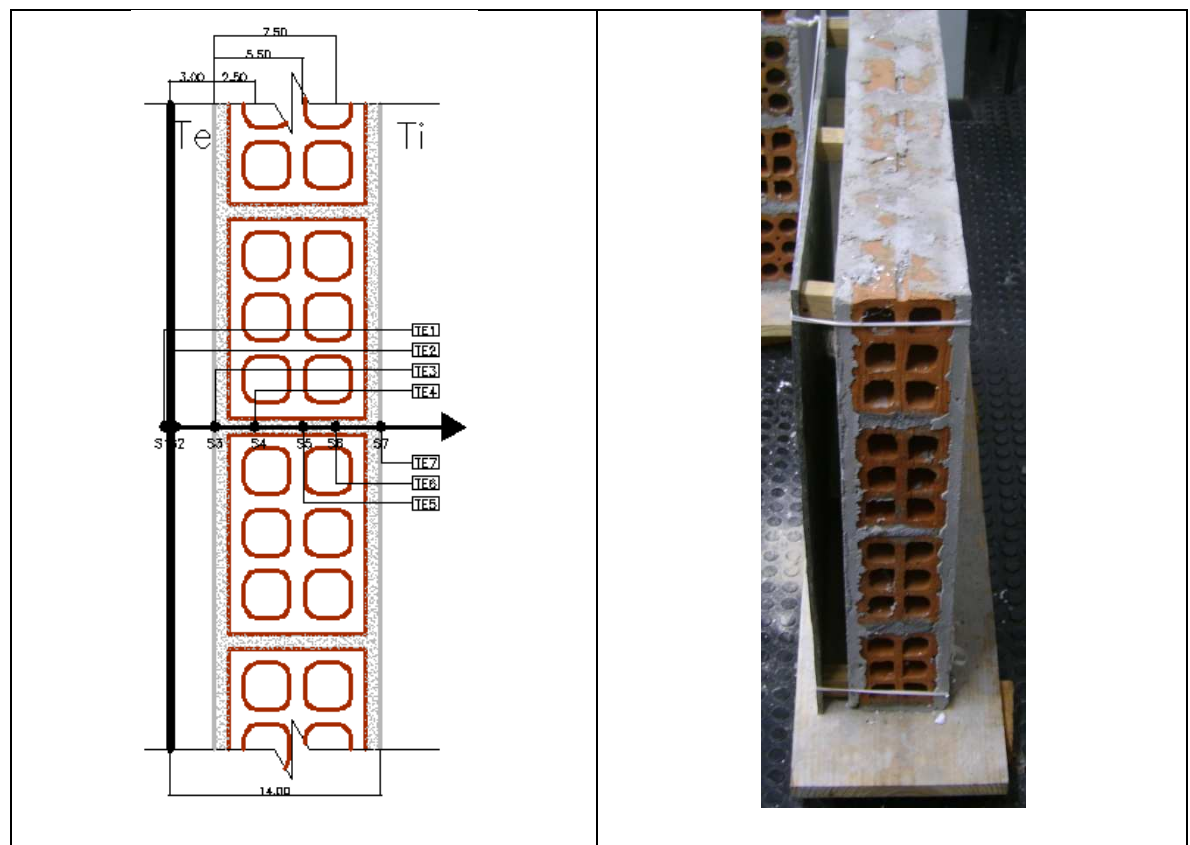


Fig. 25: Parede 10 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

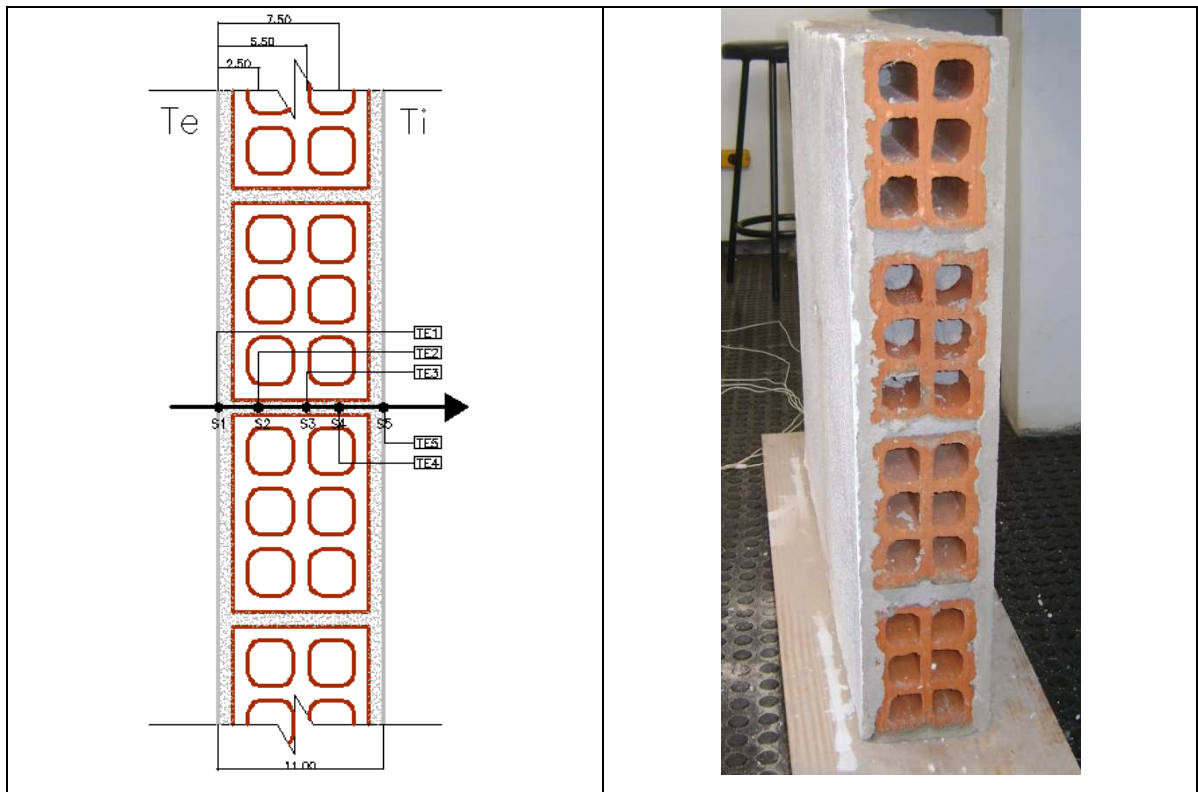


Fig. 26: Parede 11 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

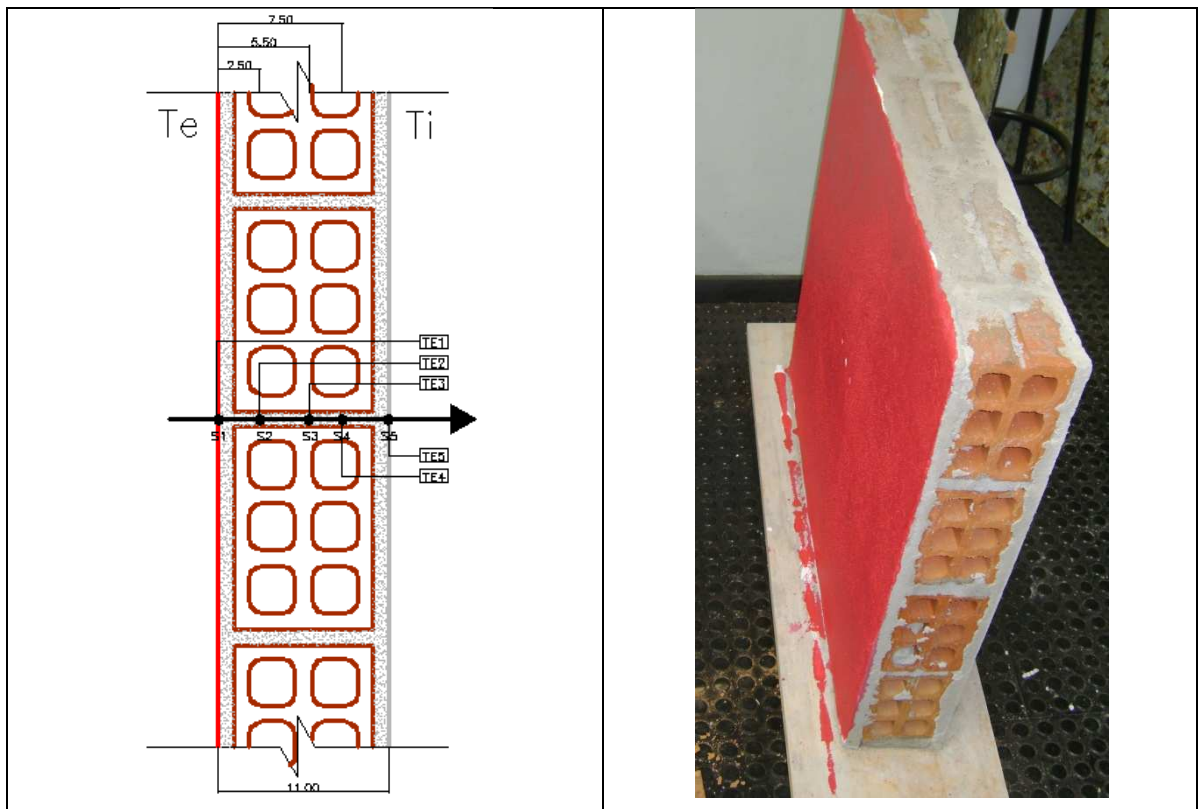


Fig. 27: Parede 12 - Esquema de inserção de sensores e foto real.

3.4.3 Procedimento de ensaio

O ensaio na câmara térmica, que foi descrito por Rupp (2009), tem os seguintes procedimentos para cada uma das configurações de paredes:

- Acoplamento da parede a ser estudada, devidamente instrumentada com os sensores de temperatura inseridos nela (Figura 28), na extremidade aberta da câmara – nesse acoplamento o centro da parede deve coincidir com o centro da lâmpada;



Fig. 28: Acoplamento da parede em estudo a câmara térmica.

- Leitura da temperatura inicial de cada sensor ($t = 0$);
- Acionamento e regulagem da fonte de calor em função do tempo, de acordo com a escala de temperatura definida (4 estágios de temperatura- Tabela 15), sendo realizadas leituras da temperatura de cada sensor de 30 em 30 minutos, desde o instante inicial ($t = 0$) até o instante final ($t = 10$ horas). Nos momentos de mudança do estágio de temperatura, a leitura da temperatura de cada sensor ocorre imediatamente antes da mudança.

Tabela 15 – Estágios de temperatura do ensaio

Estágio de temperatura	Tempo (h)	Regulagem	Intensidade de calor
1	2	Acionamento I	Baixa
2	4	Acionamento II	Média
3	2	Acionamento I	Baixa
4	2	Desativação	Sem intensidade de calor

3.5 Modelagem matemática

Para que fosse possível a implementação da modelagem matemática, se faz necessário distinguir-se superfície externa de superfície interna:

- Rupp (2009) definiu a superfície externa da parede como sendo aquela na qual incide o calor produzido pela lâmpada, simulando as condições ambientais da face da face da parede em contato com o ambiente externo;
- A superfície interna foi definida, como sendo a superfície exposta às condições ambientais do laboratório, simulando as condições internas de temperatura da parede (interior).

3.5.1 Fluxo de calor

Segundo Dewitt; Incropera (2003) o fluxo de calor S é definido pela Lei de Fourier - (Equação 7)

$$q = k \frac{dT}{dx} \quad (7)$$

onde:

q : é o fluxo de calor ($W \cdot m^{-2}$);

k : é a condutividade térmica ($W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$);

dT : é a variação de temperatura na direção x ;

dx : é a distância de dois pontos na direção x .

Para transferência de calor em uma parede, pode-se considerar dois pontos: um x_1 , externo à parede, mas aderido à superfície e outro x_2 , externo à parede e aderido a superfície. Então – Equação 8.

$$dx = x_2 - x_1 \quad dT = T_2 - T_1 \quad (8)$$

Desta forma a Lei de Fourier pode ser escrita como – Equação 9.

$$q = k \cdot \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} \quad (W \cdot m^{-2}) \quad (9)$$

onde: k é a condutividade térmica do material constituinte da superfície da parede em que o fluxo está sendo considerado.

Os valores de k utilizados neste trabalho foram retirados da literatura (DEWITT; INCROPERA, 2003).

Tabela 16 – Valores de K

Material/ Propriedade	Material/ Propriedade Massa específica (kg/m ³)	Condutividade térmica (W/m ^{°C})	Condutividade térmica (W/m ^{°C}) Calor específico (J/kg ^{°C})	Difusividade térmica (m ² /s)
Reboco	1860	0,72	780	4,96E-07
Tijolo	1920	0,72	835	4,49E-07

A quantidade de calor que passa pela superfície S , por metro quadrado é obtida multiplicando o fluxo de calor pelo intervalo de tempo – Equações 10 e 11:

$$Q = q \cdot dt \quad (10)$$

Ou

$$Q = k \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} dt \quad (11)$$

onde:

Q : é a quantidade de calor ($J \cdot m^{-2}$)

dt : é o intervalo de tempo (s)

3.5.2 Relação termo-econômica

Visando avaliar o desempenho térmico e econômica das configurações de parede estudadas, foi usado o índice E - Equação (12)-, desenvolvido por Rupp (2009), que é a relação termo-econômica por unidade de área construída de parede. Este índice varia de 0 a 1, sendo que quanto maior ele for, pior o desempenho termo-econômico da parede.

$$E = \left(\frac{QT}{C} \right) \div N \quad (12)$$

Onde

E = é a reação termo-econômica por metro quadrado de parede ($J / R\$$);

QT : é a quantidade de calor que passa pela parede por metro quadrado (J / m^2);

C : é o custo total de cada parede por metro quadrado ($R\$ / m^2$);

N : é igual a $-1,7 \times 10^5$; através desse fator a relação termo-econômica assume valores positivos entre 0 e 1.

O valor de N foi definido com base no maior valor observado, para os casos estudados da razão QT/C .

4. RESULTADOS

Depois da realização da caracterização dos materiais utilizados na construção das paredes, tiveram início os ensaios laboratoriais para medição da distribuição da temperatura ao longo da espessura das paredes estudadas.

4.1 Comportamento térmico das paredes no decorrer do ensaio

Com os resultados dos ensaios experimentais, foi possível a graficação dos gradientes de temperatura de cada parede (Figuras 29 a 40). É importante salientar, que estes valores se referem à simulação da distribuição de temperatura em uma parede no verão, período em que a temperatura do ambiente externo é maior do que a do ambiente interno, ou seja, o desempenho térmico se refere a esta estação do ano, o que significa que o comportamento no inverno poderá ser diferente.

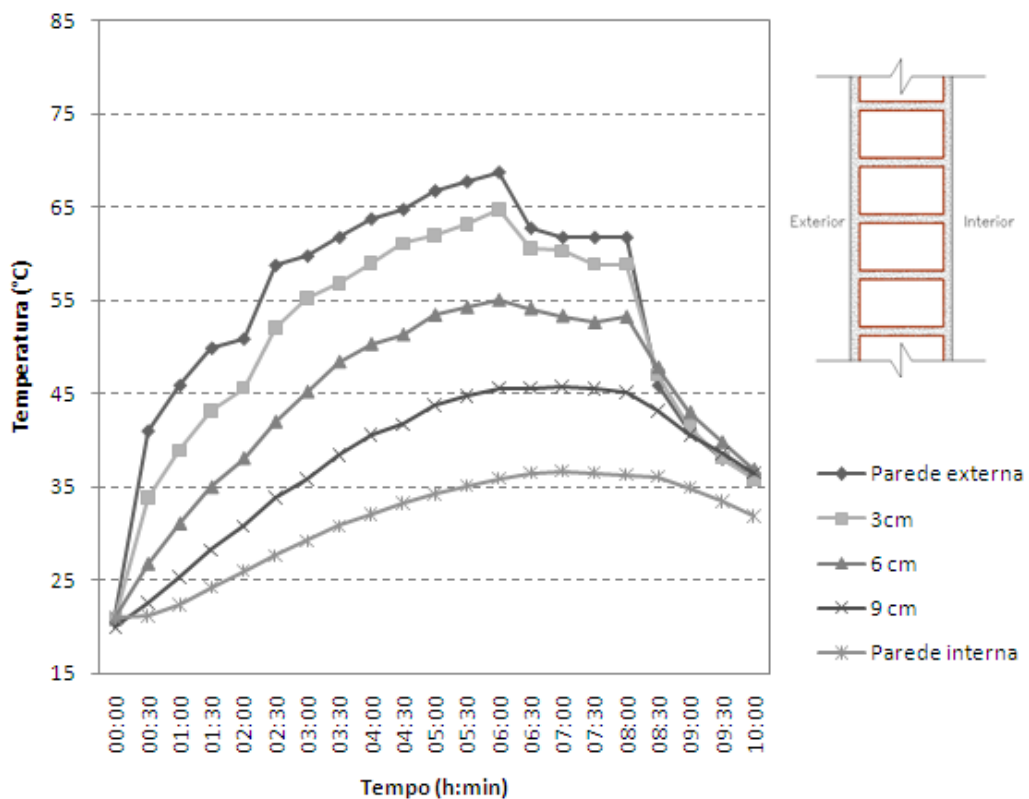


Fig. 29: Gradientes de temperatura da parede 1

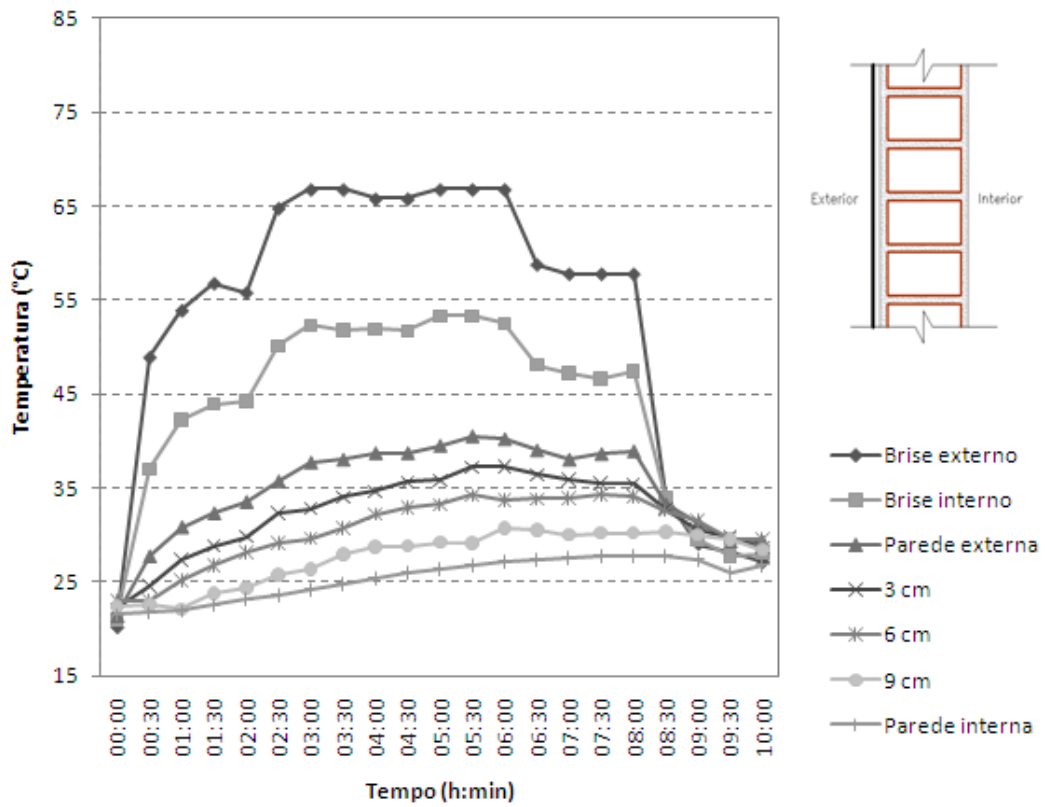


Fig. 30: Gradients de temperatura da parede 2

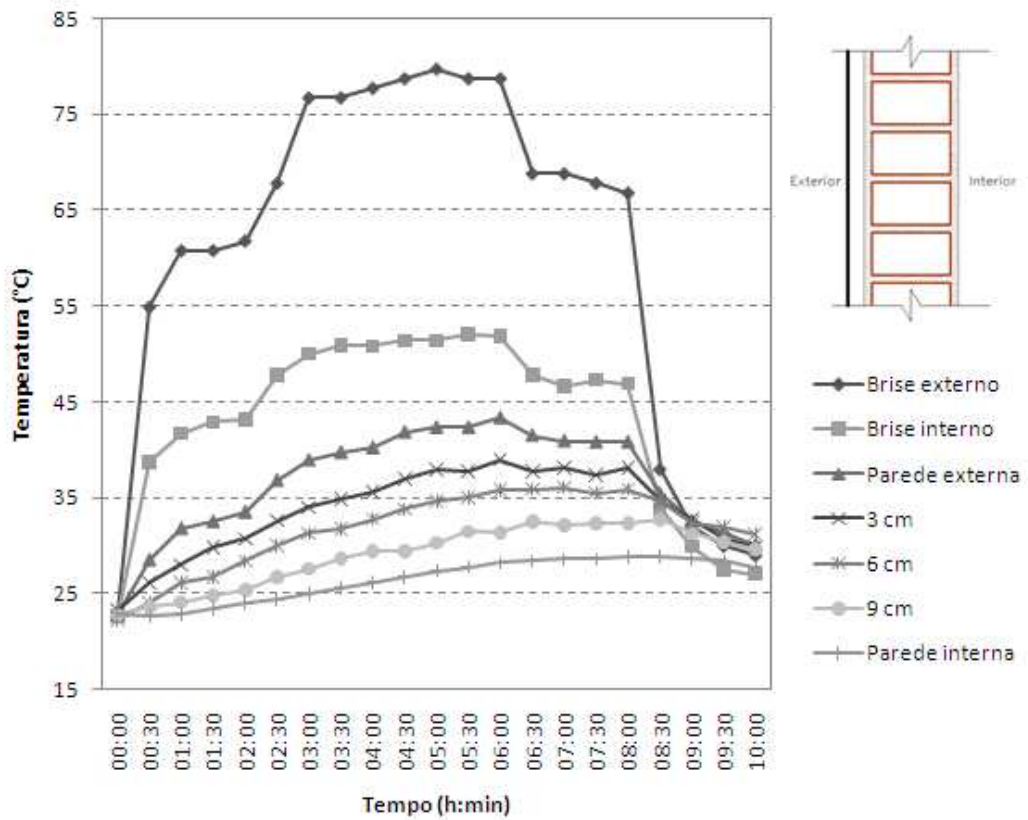


Fig. 31: Gradients de temperatura da parede 3

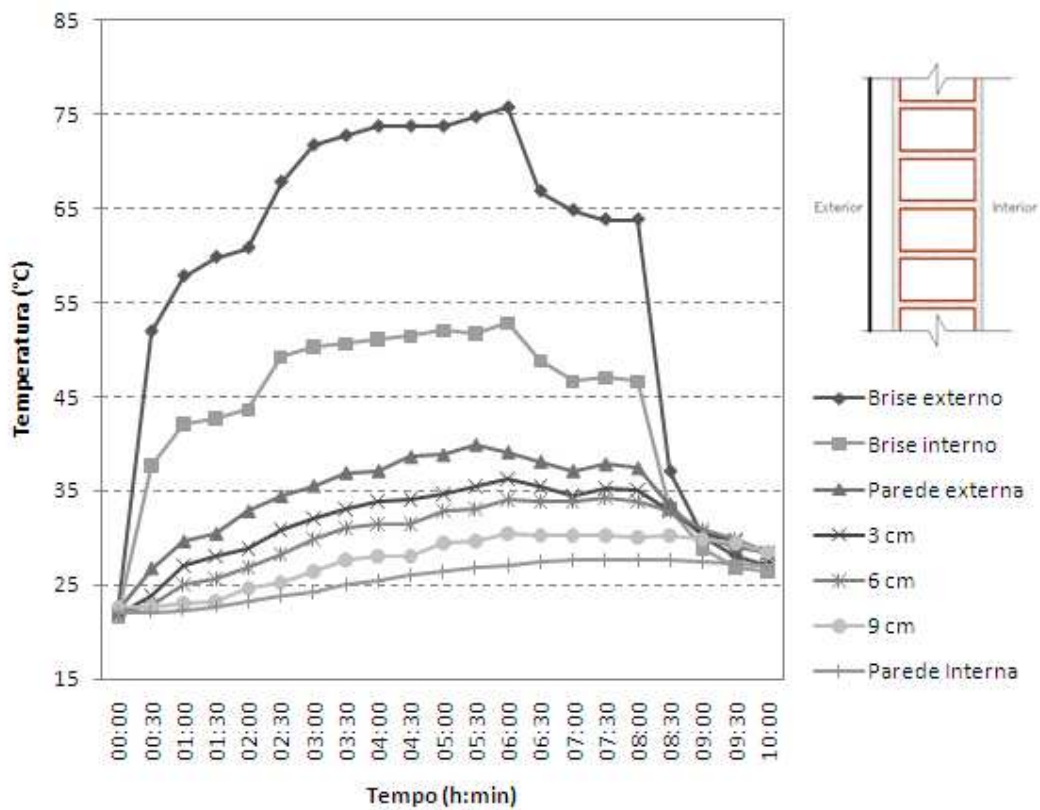


Fig. 32: Gradients de temperatura da parede 4

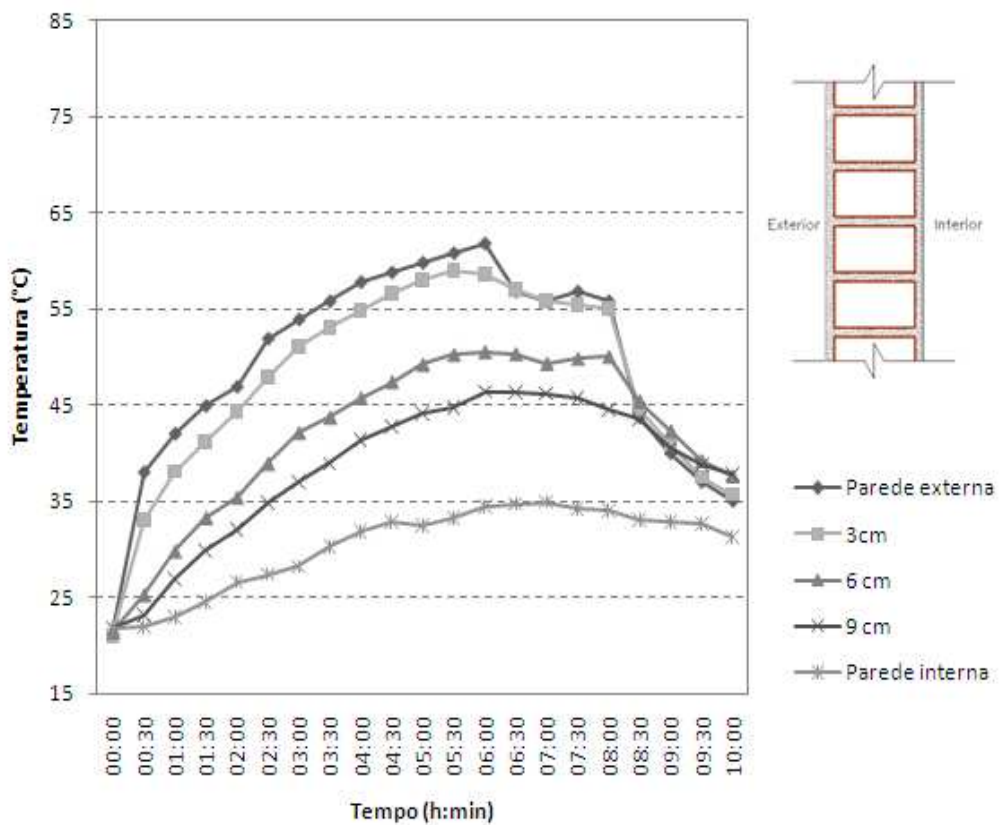


Fig. 33: Gradients de temperatura da parede 5

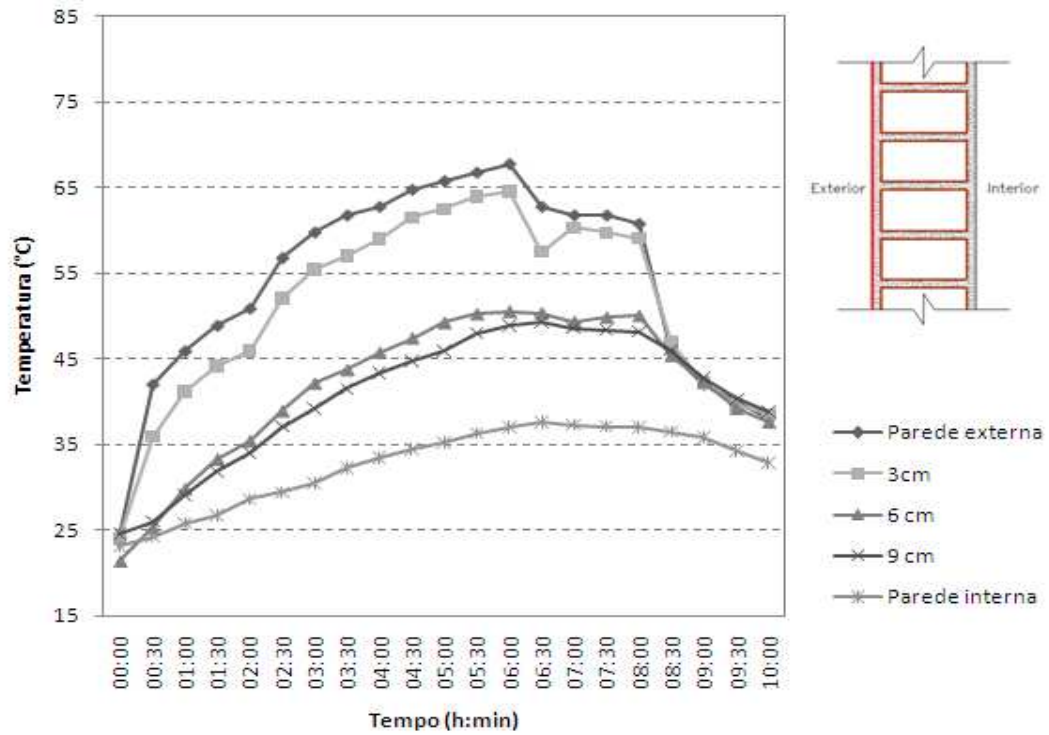


Fig. 34: Gradientes de temperatura da parede 6

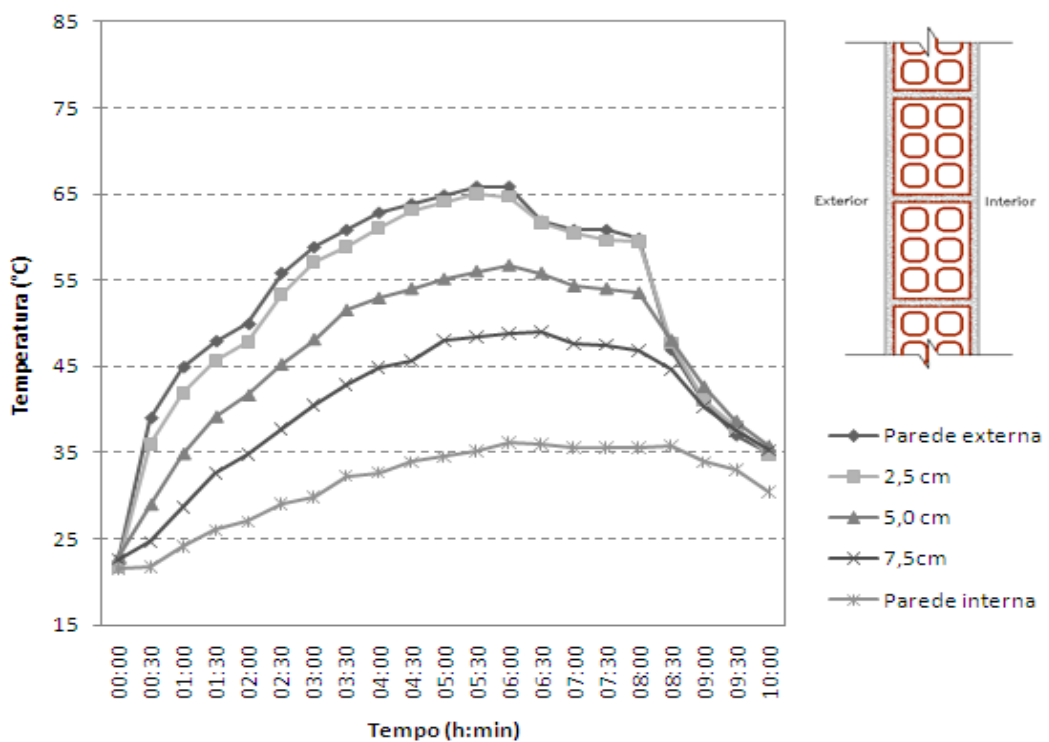


Fig. 35: Gradientes de temperatura da parede 7

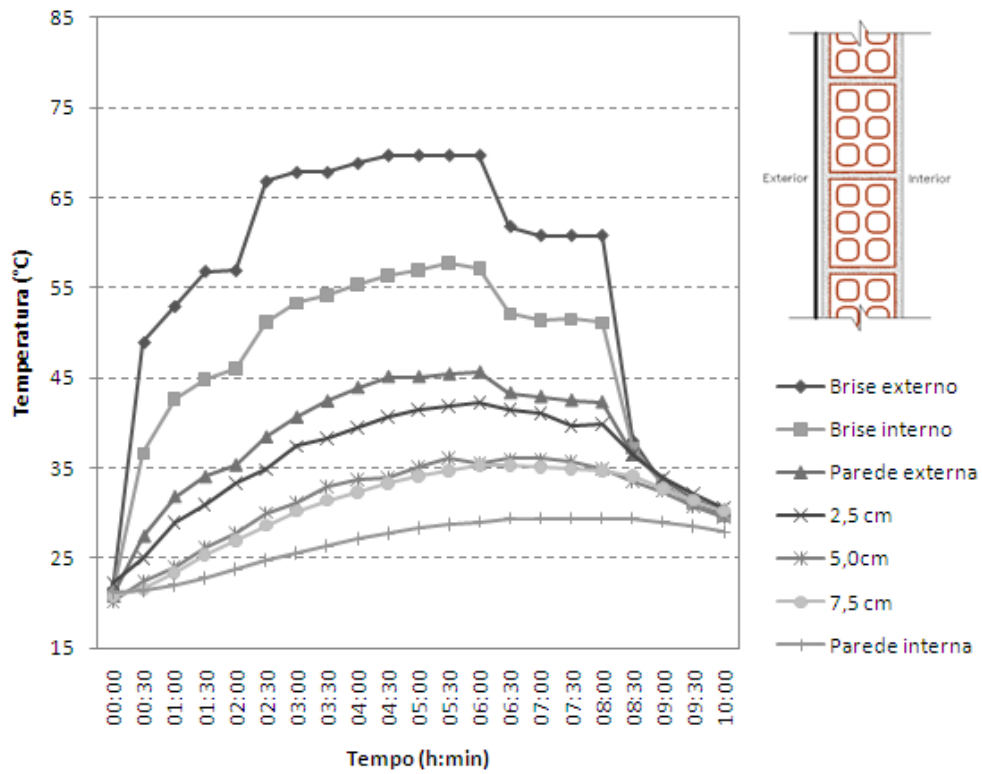


Fig. 36: Gradients de temperatura da parede 8

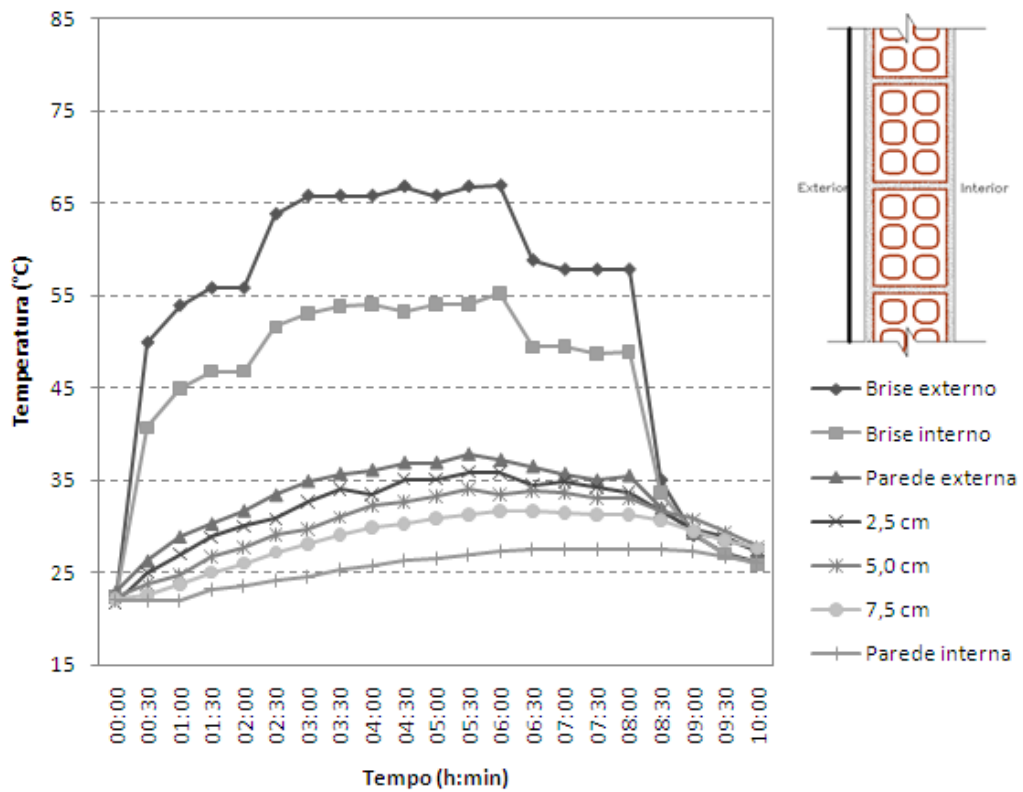


Fig. 37: Gradients de temperatura da parede 9

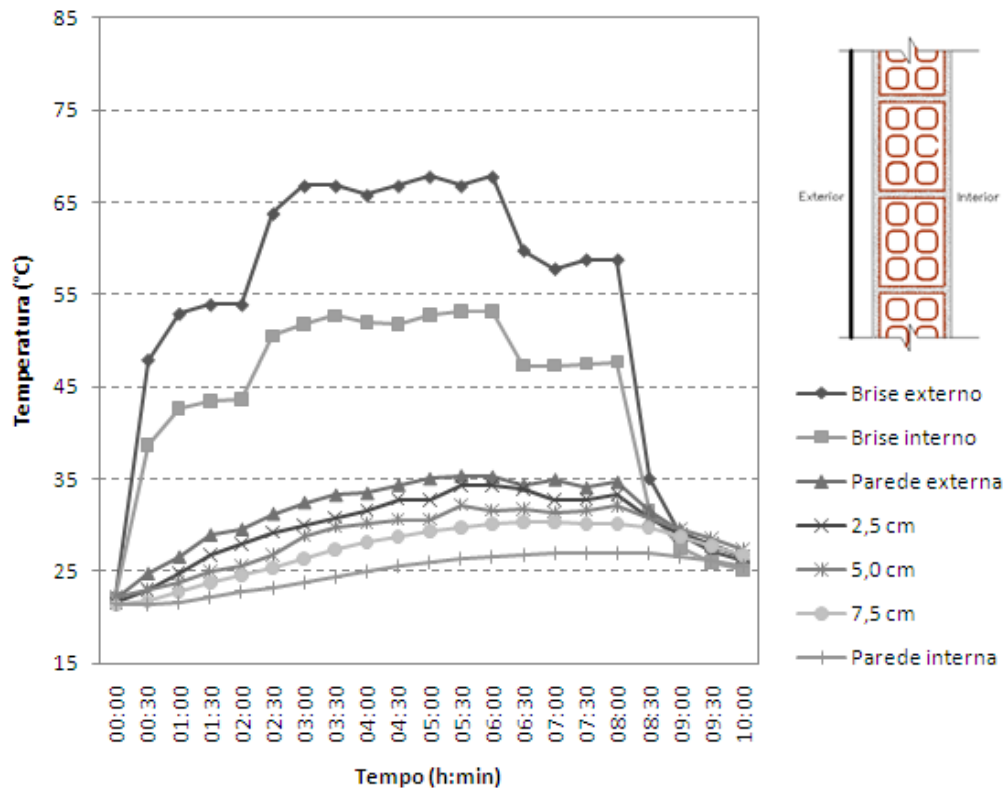


Fig. 38: Gradientes de temperatura da parede 10

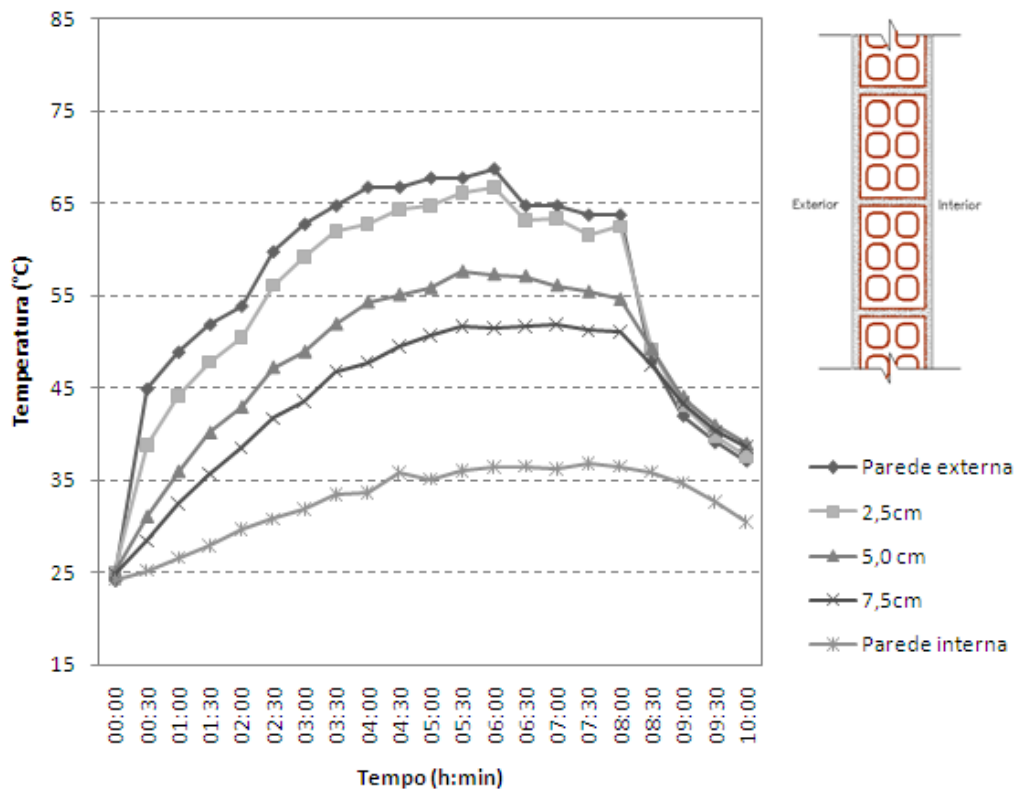


Fig. 39: Gradientes de temperatura da parede 11

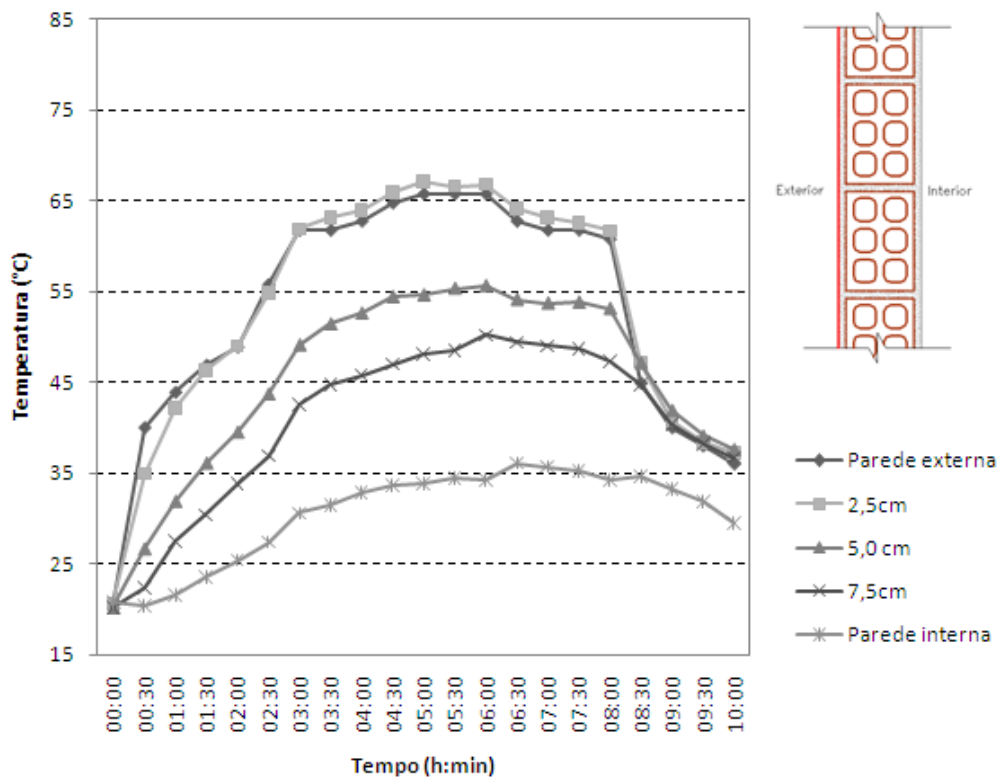


Fig. 40: Gradientes de temperatura da parede 12

A elaboração dos gráficos de gradientes de temperatura (Figuras 29 à 40), que mostram como cada parede se comportou durante as dez horas do ensaio, é de extrema importância pois a partir destes gráficos já podemos perceber claramente que nas paredes em que foi instalado o *brise soleil* na face externa da mesma, a temperatura que chegou até o sensor fixado nesta face externa é de 20°C à 30°C menor do que nas paredes sem *brise*.

4.2 Fluxo de calor

A partir dos valores obtidos de temperatura em função do tempo, foi possível o desenvolvimento do cálculo do fluxo de calor, tanto na superfície interna ($x=0$), como na superfície externa ($x=L$) de cada configuração de parede estudada. A obtenção destes valores é fundamental para a determinação do desempenho térmico das paredes. Os valores de fluxo de calor encontram-se nas Figuras 41 à 51.

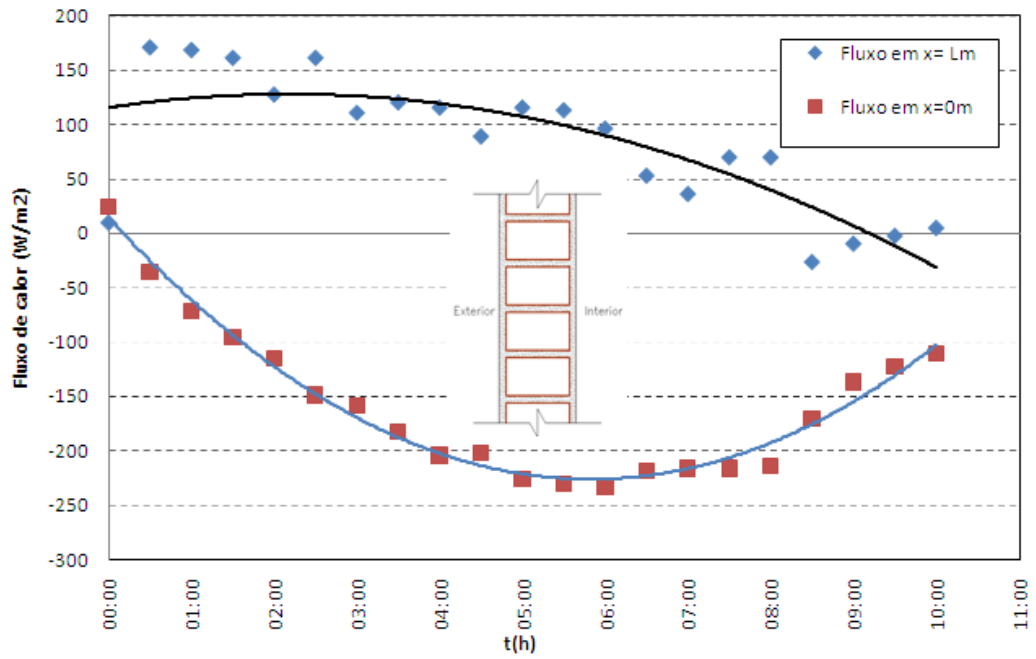


Fig. 41: Fluxo de calor na parede 1

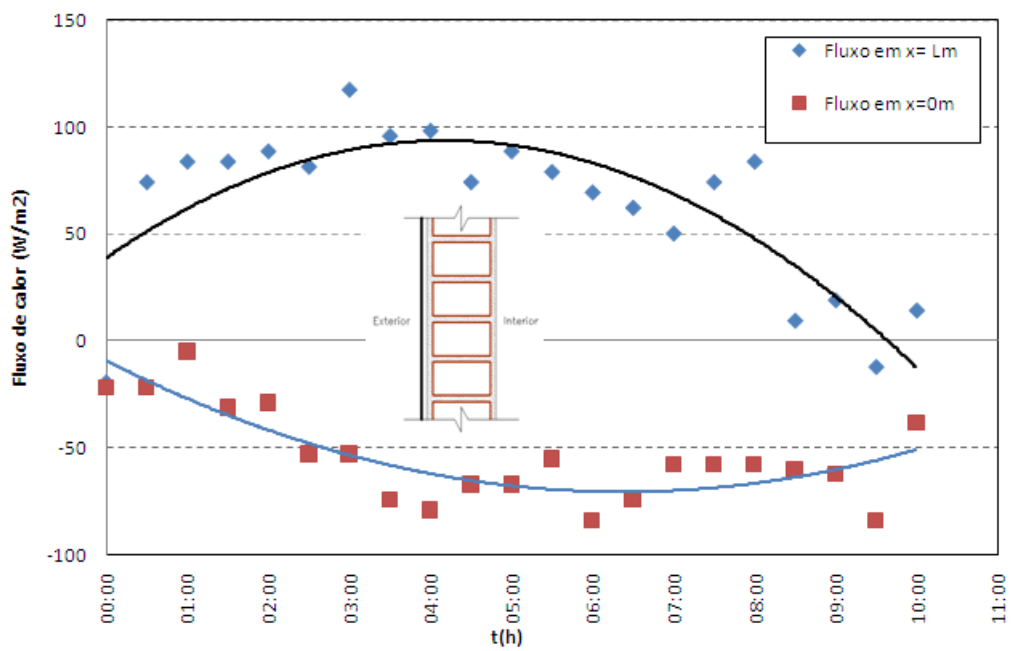


Fig. 42: Fluxo de calor na parede 2

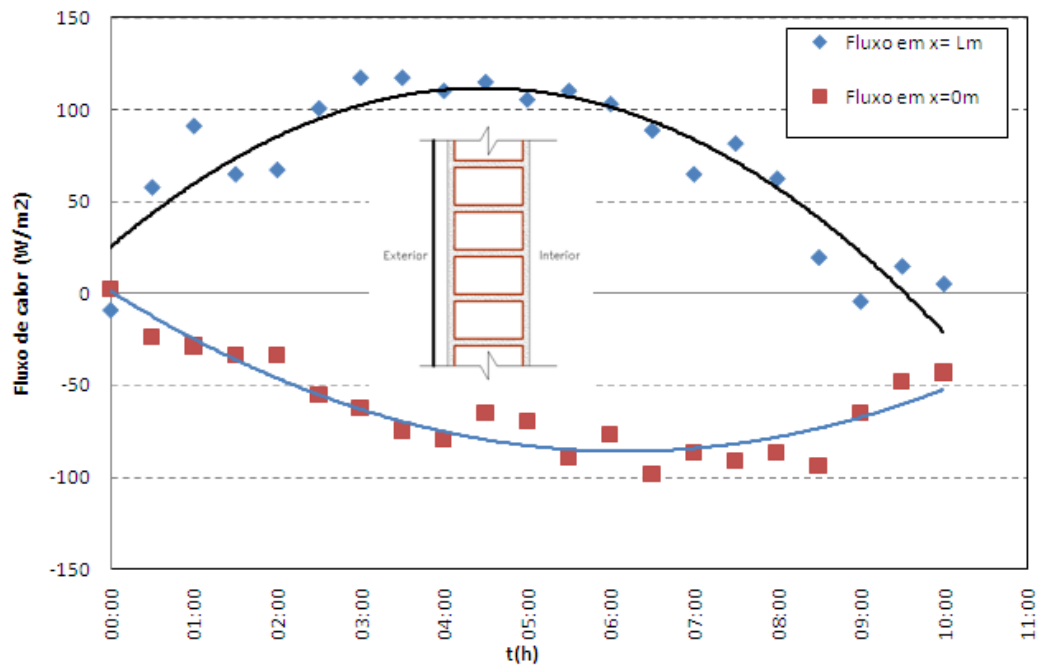


Fig. 43: Fluxo de calor na parede 3

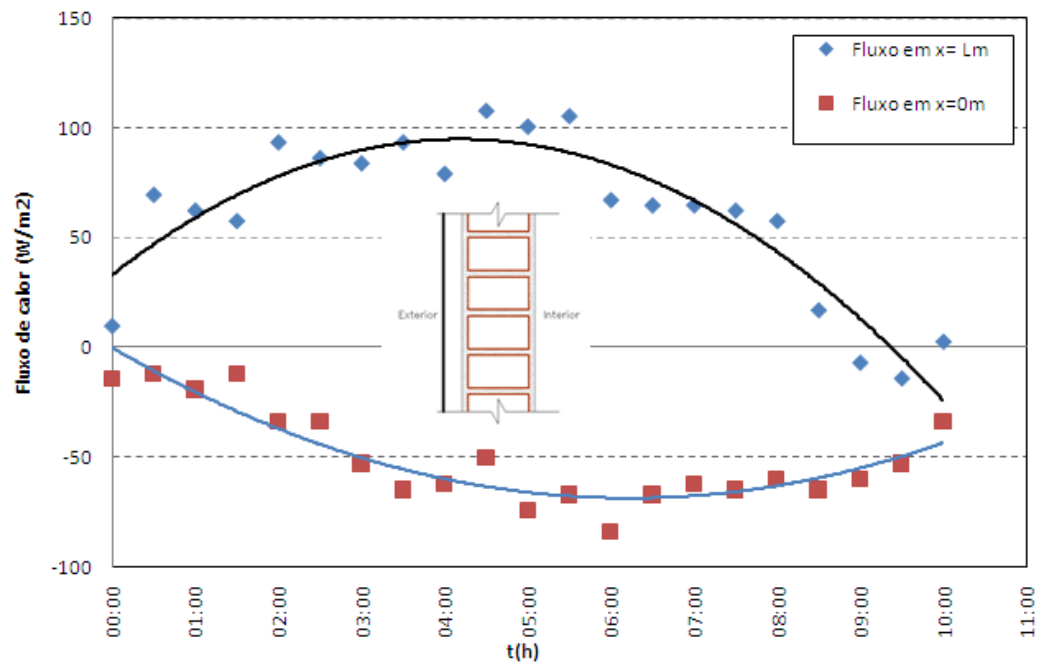


Fig. 44: Fluxo de calor na parede 4

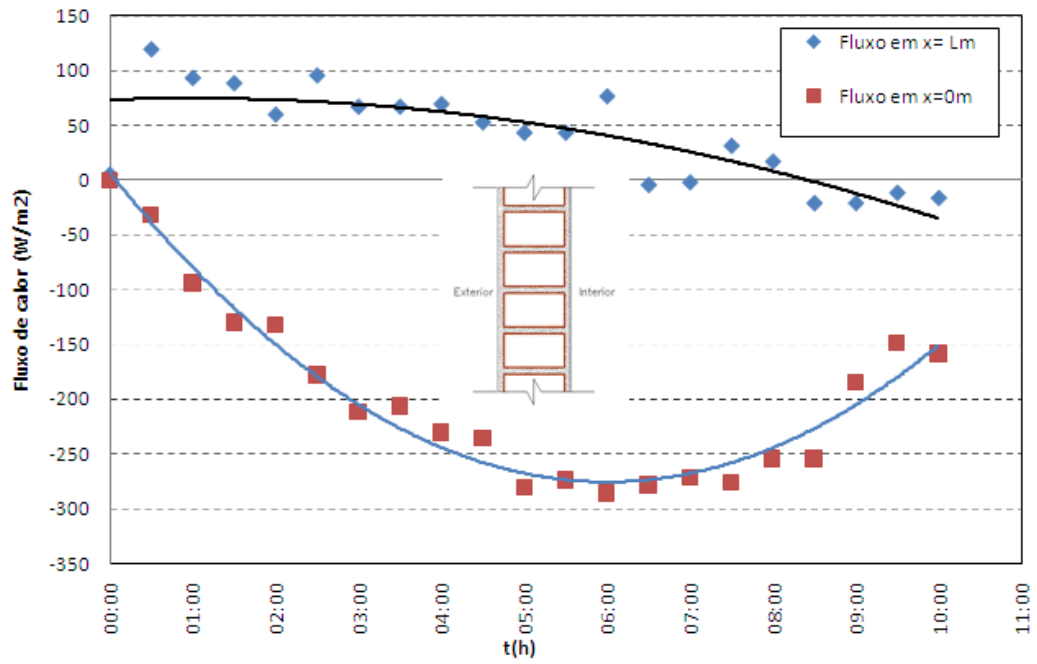


Fig. 45: Fluxo de calor na parede 5

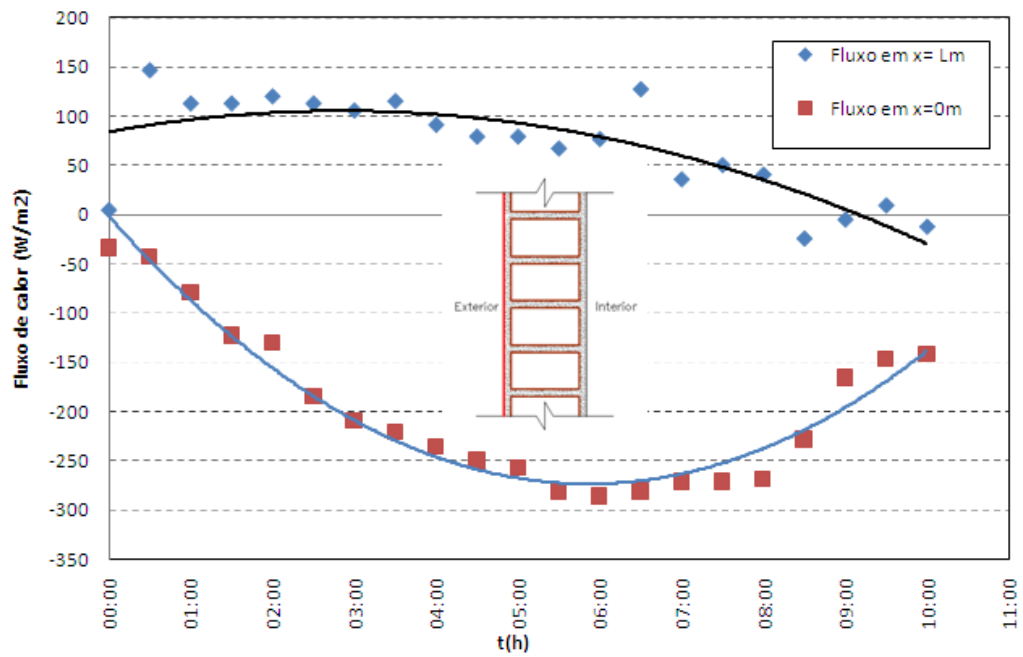


Fig. 46: Fluxo de calor na parede 6

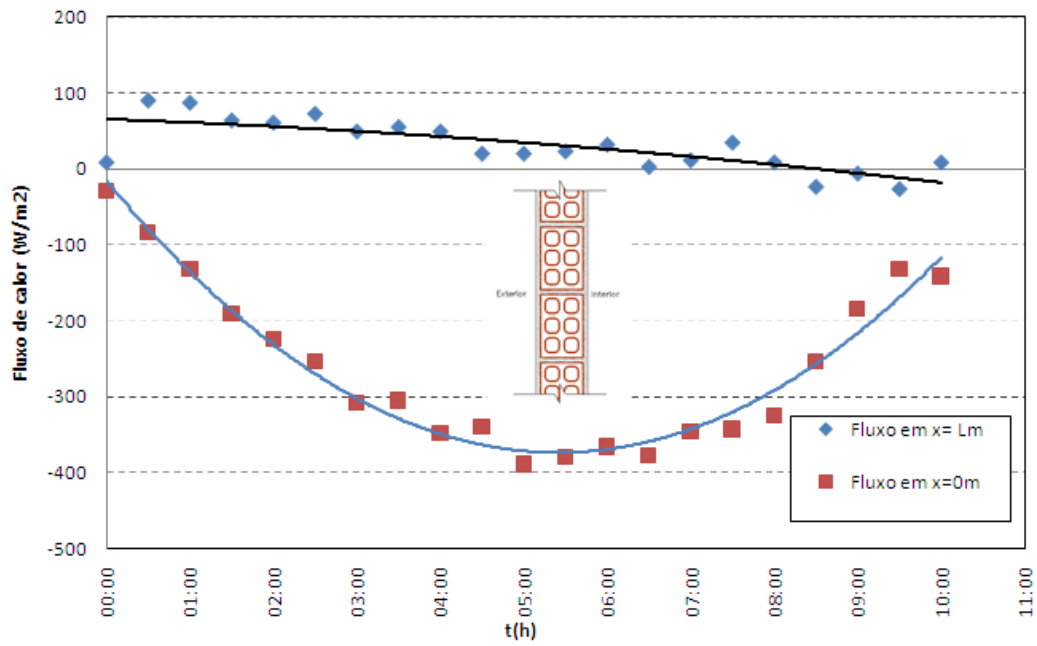


Fig. 47: Fluxo de calor na parede 7

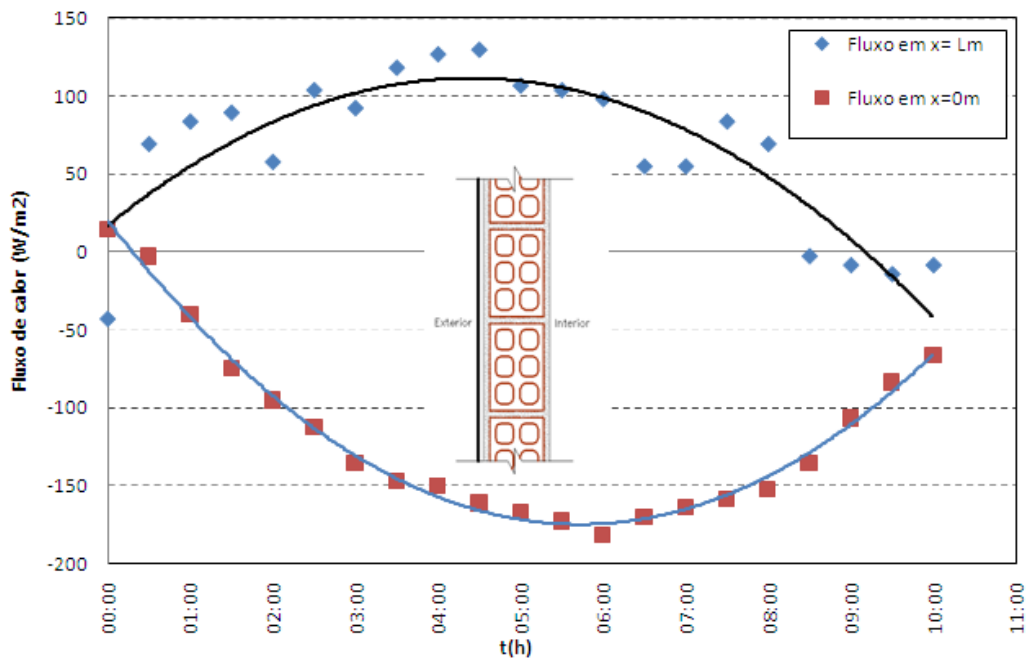


Fig. 48: Fluxo de calor na parede 8

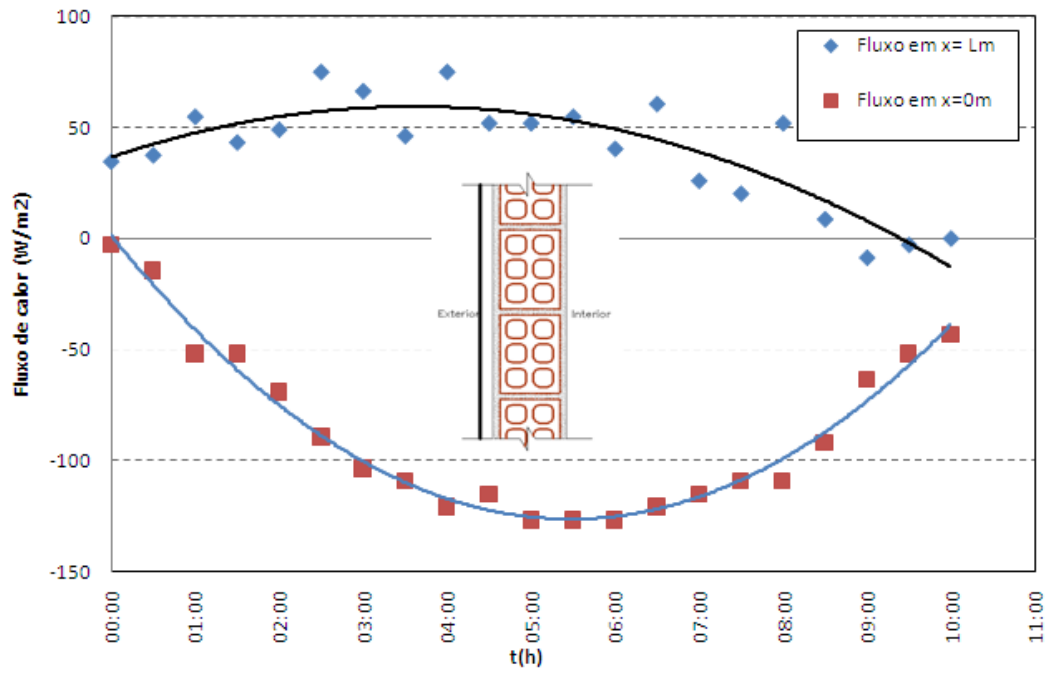


Fig. 49: Fluxo de calor na parede 9

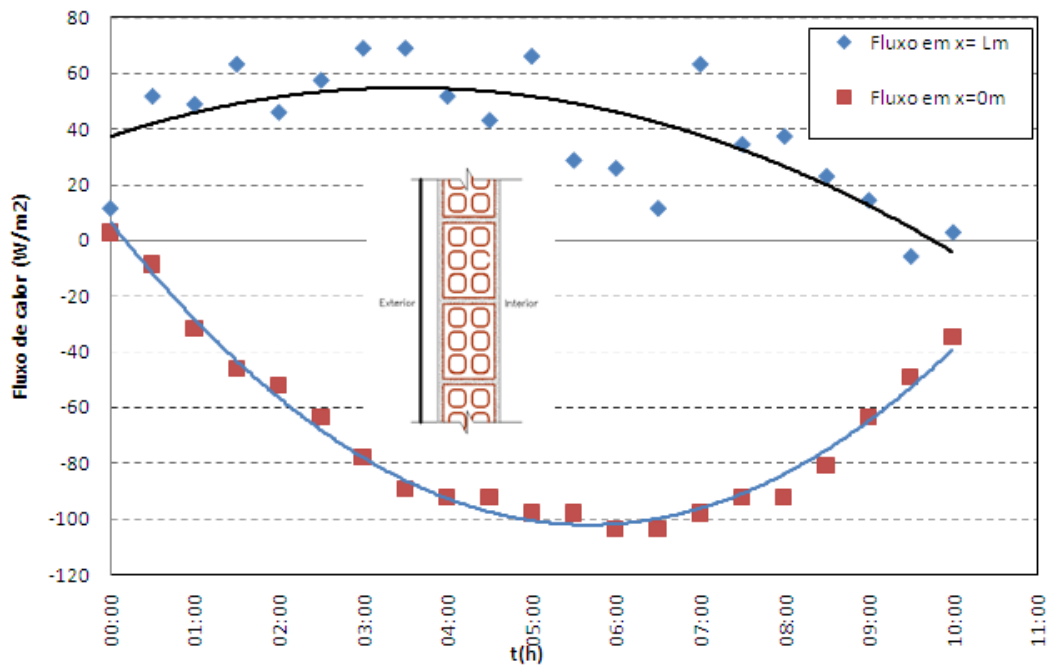


Fig. 50: Fluxo de calor na parede 10

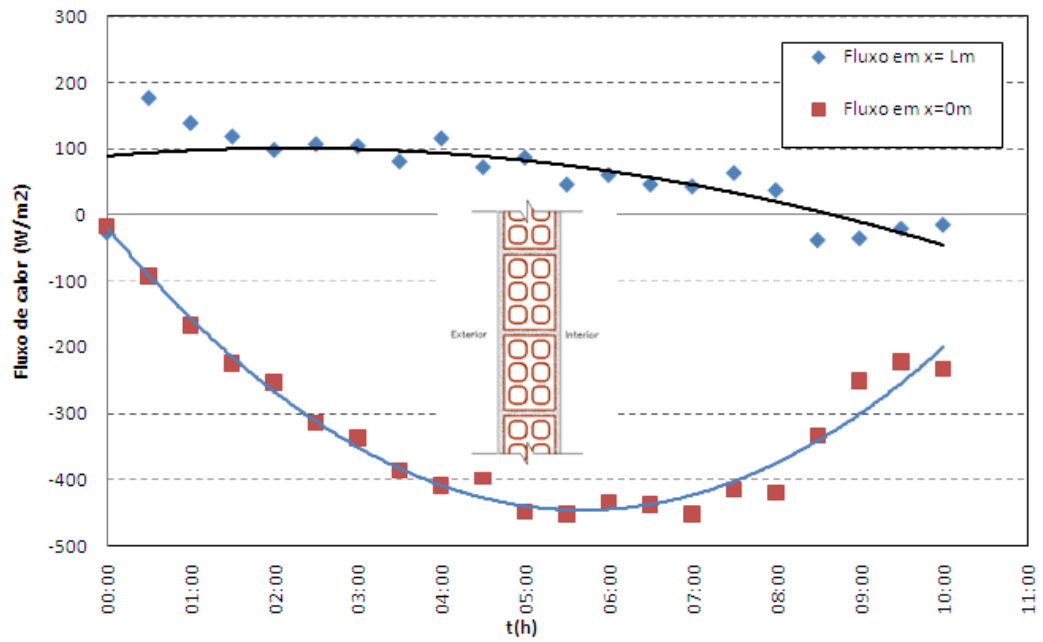


Fig. 51: Fluxo de calor na parede 11

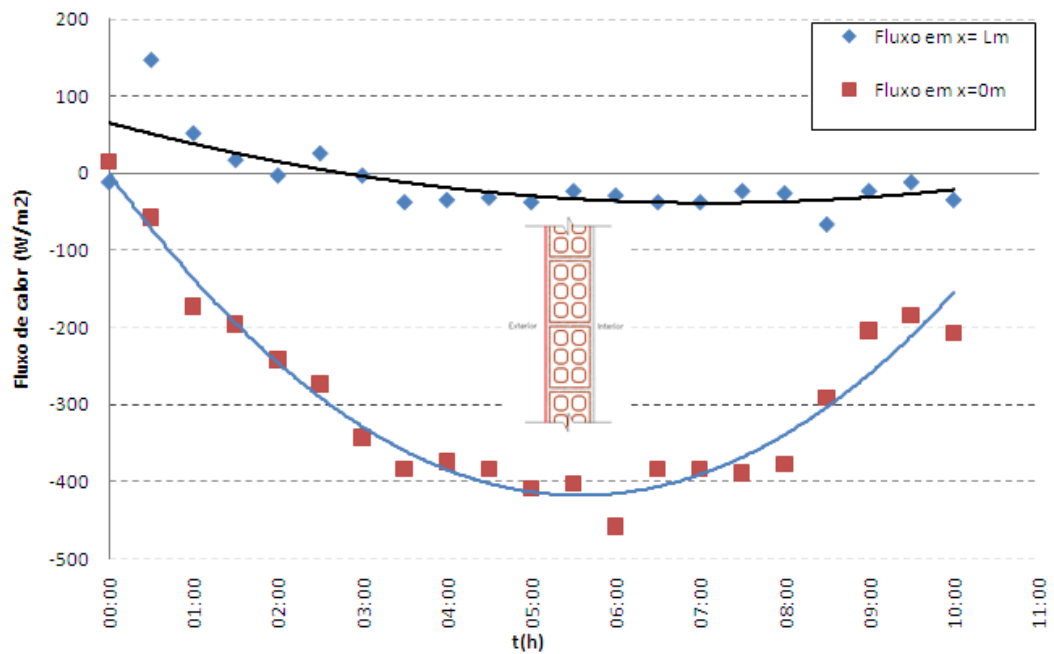


Fig. 52: Fluxo de calor na parede 12

4.2.1 Fluxo máximo de calor e quantidade de calor

A partir do cálculo do fluxo de calor em cada parede, foi possível determinar o fluxo máximo de calor (F_{max}), bem como a quantidade total de calor (QT) de cada parede após as 10 horas de duração do ensaio (Tabela 16).

Tabela 17- Fluxo e quantidade de calor para 10 horas.

Parede	x=0			x=L		
	Fmax (W/m ²)	Tempo Fmax (h)	QT (J/ m ²)	Fmax (W/m ²)	Tempo Fmax (h)	QT (J/ m ²)
1	170,4	0:30	3149280	-232,8	6:00	-5909760
2	117,6	3:00	2376000	-79,2	4:00	-2039040
3	117,6	3:00	2669760	-93,6	8:30	-2341440
4	105,6	5:30	2276640	-74,4	5:00	-1883520
5	93,6	1:00	1533600	-285,6	6:00	-7404480
6	146,4	0:30	2604960	-285,6	6:00	-7387200
7	89,28	0:30	1150848	-380,16	5;30	-9813312
8	126,72	4:00	2452032	-181,44	6:00	-4432320
9	74,88	2:30	1503360	-126,72	6:00	-3265920
10	69,12	3:30	1467072	-103,68	6:00	-2633472
11	175,68	0:30	2265408	-452,16	7:00	-12052800
12	146,88	0:30	-409536	-457,92	6:00	-10979712

Para estudar o conforto térmico e a capacidade de isolamento de cada parede, o estudo do fluxo térmico é de extrema importância. Paredes com baixo fluxo térmico tendem a manter as condições do ambiente menos variáveis do ponto de vista térmico.

A quantidade total de calor pode ser descrita como o balanço geral do calor que entra e que sai da superfície durante o dia e é obtido multiplicando-se o fluxo de calor pelo intervalo de tempo considerado no experimento. Quanto menor forem os valores de QT, menor será a carga térmica dos ambientes internos. No estudo em questão é de extrema importância a comparação dos valores da temperatura interna e externa das paredes, uma vez

que quanto menos calor for transferido da face externa para a face interna da parede, melhor será seu desempenho térmico e menor custo com refrigeração.

Assim, comparando os valores de QT das diferentes configurações de paredes estudadas teremos os seguintes resultados, mostrados na Tabela 17.

Tabela 18- Classificação das paredes quanto ao desempenho térmico.

Classificação das paredes quanto ao desempenho térmico.	Parede	QT (J/m ²)
1º	P4	-1883520
2º	P2	-2039040
3º	P3	-2341440
4º	P10	-2633472
5º	P9	-3265920
6º	P8	-4432320
7º	P1	-5909760
8º	P6	-7387200
9º	P5	-7404480
10	P7	-9813312
11º	P12	-10979712
12º	P11	-12052800

4.3 Análise termo-econômica

A partir dos valores de QT e do custo de cada parede por m², foi possível estabelecer uma relação termo-econômica entre as paredes através do cálculo do índice E .

4.3.1 Custo de cada parede

Para a composição do custo total por metro quadrado de parede construída, foram utilizados os dados dos preços de insumos e serviços das tabelas do SINAPI (2010). A composição do custo do *brise soleil* se deu pela soma do valor do custo do metro quadrado da placa utilizada como *brise soleil* e somado a este valor dez por cento, referente à mão-de-obra para instalação do mesmo. A composição do custo de cada parede pronta por metro quadrado (Anexo B) está especificado nas Figuras 52 e 53.

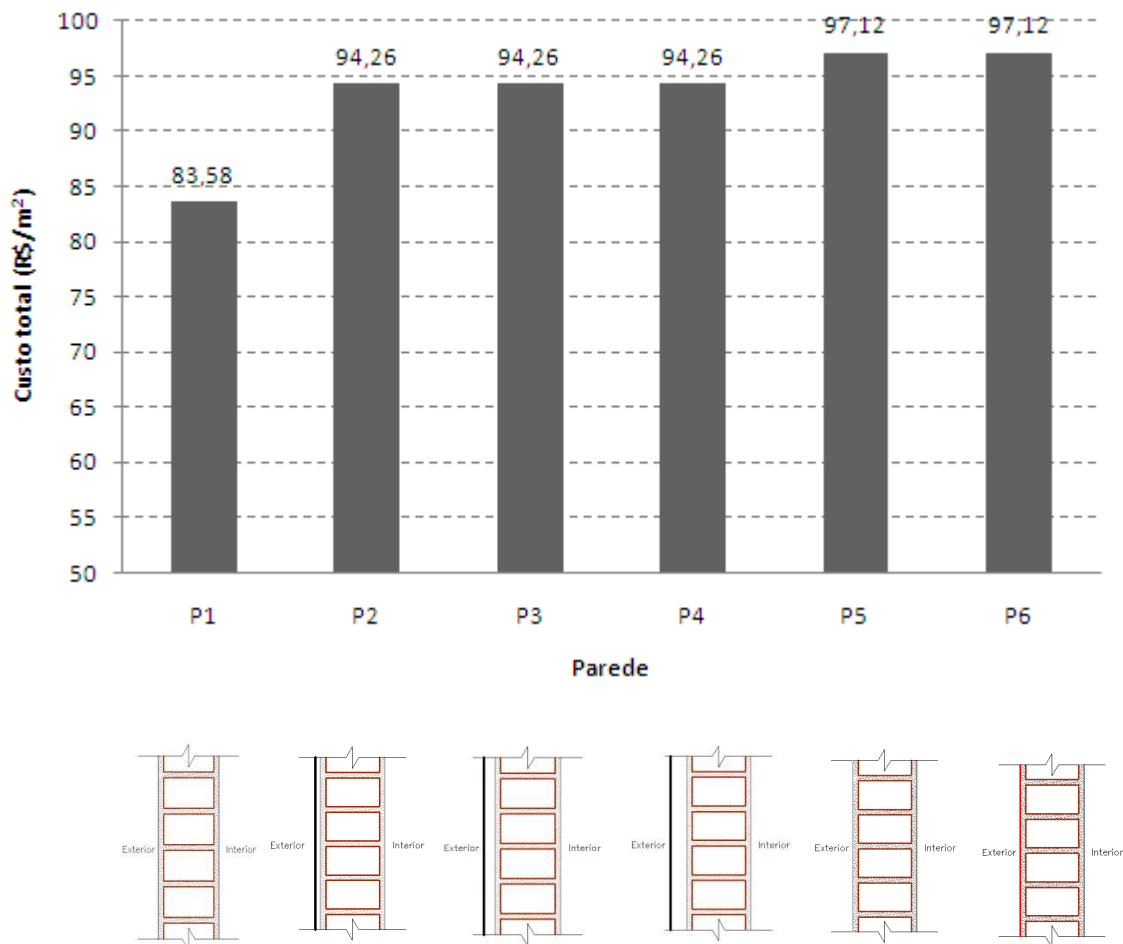


Fig. 53: Custo total por metro quadrado das paredes de tijolo maciço estudadas.

A parede que possui o menor custo é a parede P7, que foi construída com tijolos de 6 furos, rebocadas em ambas as faces, sem pintura e sem *brise soleil*. As paredes P5 e P6, são as

que tiveram o maior custo total, são paredes de tijolos furados, rebocadas em ambas as faces e pintadas na face externa, com uma demão de selador acrílico e com 2 demãos de tinta acrílica semi-brilho. As paredes de tijolos maciços P2, P3 e P4, nas quais foram utilizados os *brises* e de tijolos furados como brise ou pintadas P8, P9, P10, P11 e P12 Obtiveram um custo mediano.

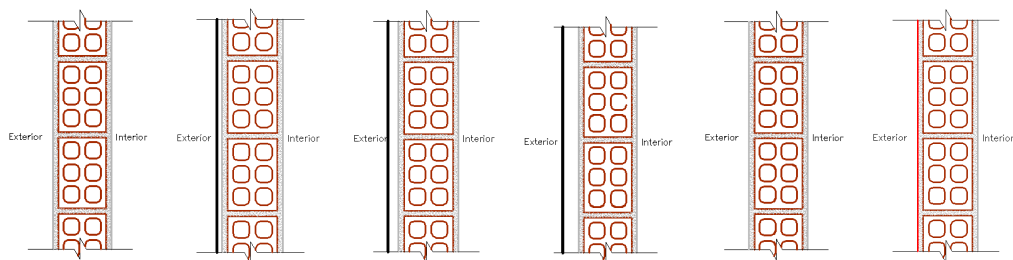
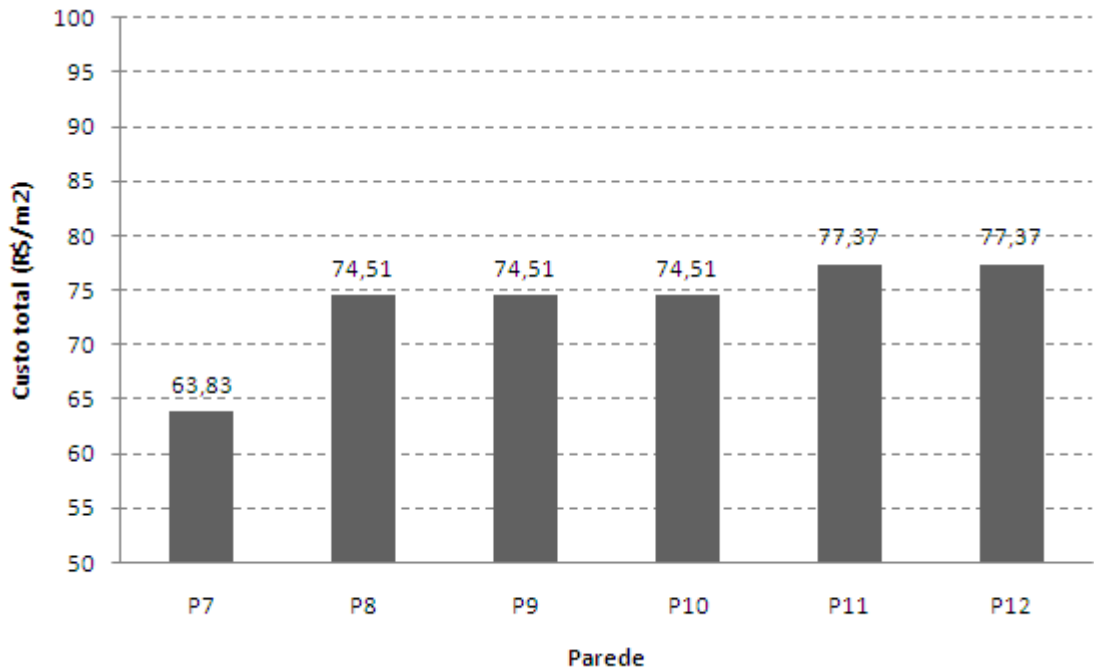


Fig. 54: Custo total por metro quadrado das paredes de tijolo furados estudadas.

Os valores apresentados na Tabela 17 se referem a classificação das paredes quanto ao custo total, a classificação se dá em ordem da parede mais econômica para a que necessita de um maior investimento inicial.

Tabela 19- Classificação das paredes quanto ao custo total.

Classificação das paredes quanto ao custo total	Parede	Custo total (R\$/m ²)
1º	P7	63,83
2º	P8, P9, P10	74,51
3º	P11 e P12	77,37
4º	P1	83,58
5º	P2, P3, P4	94,26
6º	P5 e P6	97,12

4.3.2 Relação termo-econômica

O índice E foi calculado utilizando-se a Equação (12), a partir da relação entre o custo total e a quantidade total de calor foi possível a obtenção da relação termo-econômica de cada parede estudada (Figuras 54 e 55).

Tabela 20- Classificação das paredes quanto ao desempenho termo-econômico.

Classificação das paredes quanto desempenho termo-econômico	Parede	E (J/m ²)
1º	P4	0,117
2º	P2	0,127
3º	P3	0,163
4º	P10	0,207
5º	P9	0,258
6º	P8	0,35
7º	P1	0,416
8º	P6	0,447
9º	P5	0,462
10º	P12	0,834
11º	P7	0,904
12º	P11	0,916

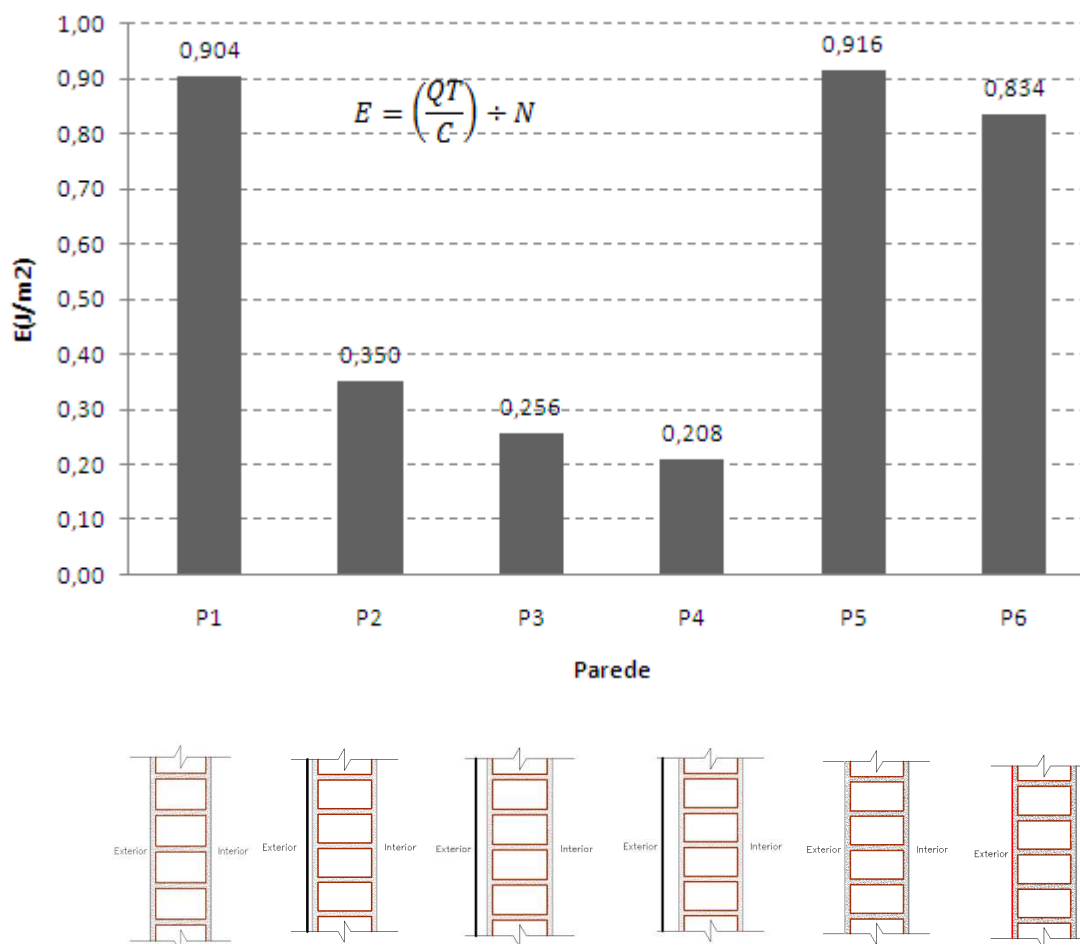


Fig. 55: Relação termo-econômica das paredes de tijolo maciço estudadas.

As paredes P8, P9 e P10, construídas com tijolos de 6 furos e utilizando *brise soleil* na face externa, foram outras 3 configurações de paredes que obtiveram um desempenho termo-econômico considerado alto, pelo mesmo motivo das paredes P4, P3 e P2, só não superando as mesmas por serem construídas com tijolos furados e não maciços, o que por si só, já diminui o desempenho térmico da parede.

As paredes P2, P3, P4, P8, P9 e P10, são altamente recomendadas em construções em que exista o interesse de reduzir os gastos com refrigeração do ambiente, aumentando o conforto térmico dos usuários de melhorando a eficiência energética da edificação.

As paredes P1, P5 e P6, obtiveram um desempenho mediano, estando entre as paredes de alto desempenho térmico e as paredes de baixo desempenho, podendo ser utilizada

com satisfação em locais em que não exista fluxo permanente de pessoas, como em depósitos e garagens.

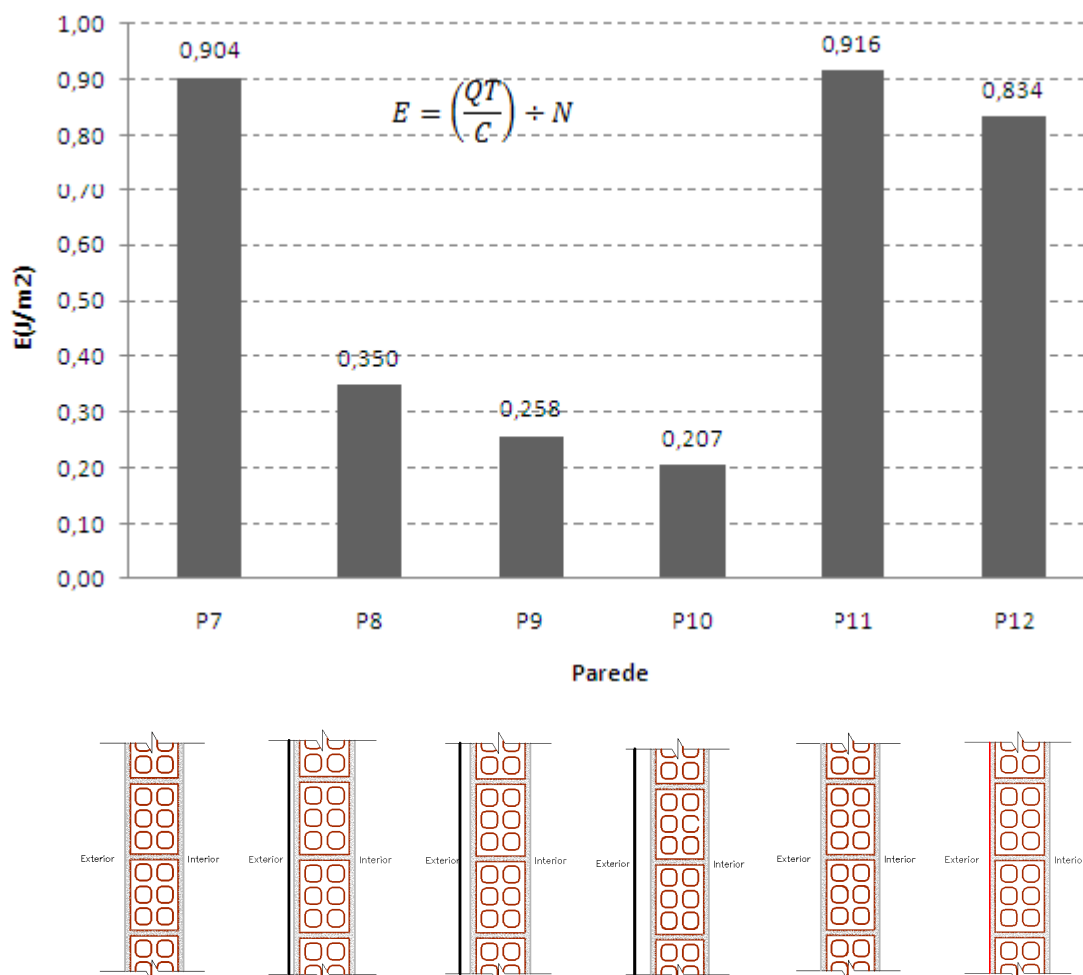


Fig. 56: Relação termo-econômica das paredes de tijolo furados estudadas.

As paredes P7, P11 e P12, foram as que obtiveram o pior desempenho termo-econômico, sendo que seu uso não é recomendado, além disso, quase não existem diferenças entre o fluxo de calor no interior e no exterior das paredes, o que significa que estas configurações de paredes praticamente não isolam o calor.

Mesmo com as análises realizadas a partir do desempenho térmico de cada configuração de parede, não é possível afirmar com certeza qual a melhor das opções estudadas, pois cada

uma delas pode ser utilizada em locais diferentes dependendo da solicitação que se faça necessária e em função das demais variáveis humanas e arquitetônicas e do próprio micro clima regional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O capítulo a seguir apresenta as conclusões desta pesquisa. Além disso, deixa algumas sugestões para trabalhos futuros, como o objetivo de dar continuidade ao estudo.

5.1 Conclusões

Considera-se que o objetivo desta pesquisa foi alcançado, uma vez que através dos ensaios experimentais utilizando a câmara térmica e da modelagem dos dados obtidos, usando as fórmulas matemáticas, foi possível determinar-se o fluxo de calor das diferentes configurações de paredes estudadas, bem como o fluxo máximo de calor e a quantidade total de calor em cada parede. Além disso, através da relação da quantidade de calor com o custo total de cada parede determinou-se a relação termo-econômica entre as paredes estudadas, que pode ser utilizada como parâmetro no momento de decidir qual a melhor solução construtiva a ser usada para minimizar os efeitos térmicos em uma edificação.

Pode-se observar que o melhor desempenho térmico das paredes ficou por conta das paredes maciças isoladas externamente com *brise soleil*, sendo que o maior afastamento do *brise* em relação à face externa da parede foi a configuração que propiciou o melhor resultado. Ainda, analisando os gráficos de gradientes de temperatura, fica evidente que o a utilização do *brise* diminui consideravelmente a transferência de calor para o interior da parede e que este isolamento ocorre já nas primeiras camadas da mesma.

Ao contrario do que se pensava e do que havia sido observado na literatura disponível, sobre a influência das cores na transferência de calor, a pintura nas paredes não reduziu o fluxo de calor, por isso outras experimentos poderiam ser realizados utilizando novas cores e tipos de tinta, com o objetivo de esclarecer as dúvidas que surgiram a partir dos resultados desta pesquisa.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

- Determinar numericamente a condutividade térmica, bem como a difusividade e a capacidade calorífica da placa fabricada com embalagem reciclada de *Tetra Pak*, utilizada como *brise soleil* nesta pesquisa;
- Estudar a influência de outras cores e tipos de tintas no desempenho térmico das paredes;
- Estudar novas utilizações para as placas fabricada com embalagem reciclada de *Tetra Pak*, utilizada como *brise soleil*, como por exemplo formas para estruturas de concreto armado, forro ou paredes para edificações;
- Estimar o tempo de retorno do investimento inicial, relacionando com a redução do consumo de energia elétrica na edificação;
- Desenvolver novas concepções arquitetônicas utilizando o *brise soleil*;

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregado em estado solto: Determinação da massa unitária solta.** NBR 7251. Rio de Janeiro, 1982. 3 p.

_____. **Agregados: Determinação da composição granulométrica.** NBR 7217. Rio de Janeiro, 1987. 3 p.

_____. **Agregados: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.** NBR 9776. Rio de Janeiro, 1987. 3 p.

_____. **Bloco cerâmico para alvenaria.** NBR 7171. Rio de Janeiro, 1992. 8 p.

_____. **Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades.** NBR 15220-1. Rio de Janeiro, 2003. 8 p.

_____. **Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações.** NBR 15220-2. Rio de Janeiro, 2003. 34 p.

_____. **Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** NBR 15220-3. Rio de Janeiro, 2003. 30 p.

_____. **Cal hidratada para argamassas.** NBR 7175. Rio de Janeiro, 1992. 3 p.

_____. **Cimento Portland composto.** NBR 11578. Rio de Janeiro, 1991. 5 p.

_____. **Telha cerâmica – Determinação da massa e da absorção de água: Método de ensaio.** NBR 8947. Rio de Janeiro, 1985. 1 p.

_____. **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria: Forma e dimensões.** NBR 8041. Rio de Janeiro, 1983. 2 p.

_____. **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria: Verificação da resistência à compressão.** NBR 6460. Rio de Janeiro, 1983. 3 p.

COSTA, Enio da Cruz. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural.** 2. ed. São Paulo: Blücher, 1982. 264 p.

COSTA, Enio da Cruz. **Física aplicada à construção: conforto térmico.** São Paulo: Blücher,

1974. 259 p.

DEWITT, David P.; INCROPERA, Frank P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2003. 698 p. Tradução Carlos Alberto Biolchini da Silva. Departamento de Engenharia Mecânica, UERJ. Tradução de: Fundamentals of heat and mass transfer.

DORNELLES, Kelen Almeida. **Absortância solar de superfícies opacas: método de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, na área de concentração em Arquitetura e Construção) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ENGEPLAS – Engenharia de reciclagem e meio ambiente Disponível em: < <http://www.engeplas.com.br> >. Acesso em 29 abr 2010 e 2, 5, 13 maio 2010.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. 5ª Edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243 p.

GUTIERREZ, Grace Cristina Roel. **Avaliação do desempenho térmico de três tipologias de birse-soleil fixo**. 2004. 190 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S.; RESNICK, Robert. **Física 2**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996. p. 233-234.

HERERRA, Jaime Andrés Quiora. **Aplicação ao estudo do comportamento térmico das edificações, caso específico: telhas produzidas a partir da reciclagem de caixas acartonadas**. 2008. 140 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental – Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008

KERN, Donald Q. **Procesos de transferencia de calor**. 1ª Edición. Colonia San Juan Tlihuaca: Compañía Editorial Continental, S.A de C.V., 1965. p.13

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997. 188 p.

MARAGNO, Gogliardo Vieira. **Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande – MS**. 2000. 205 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Universidade de Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2000.

MARAGNO, Gogliardo Vieira. Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande – MS. **IV Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto**

no Ambiente Construído, 2001, São Paulo, SP. Disponível em: < <http://www.infohab.org.br>>. Acesso em 11 maio 2010.

MARTINS, João Gerra; SILVA, Adelma. **Tintas, vernizes e ceras**. 2ª edição. [S.l]: [s.n], 2005. 126p.

MIANA, Anna Christina. **Avaliação do desempenho térmico de brises transparentes: ensaio em célula-teste**. 2005. 191 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Área de concentração Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MICHELENA - Climatização. Disponível em: < <http://www.michelena.com.br/> >. Acesso em: 05 maio 2010.

MASCARÓ, Juan Luis; MASCARÓ, Lúcia. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. 2ª edição. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto Editores, 1992. 134 p.

MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. Análise da influência do desempenho térmico dos fechamentos opacos através do balanço térmico. XII **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2008, Fortaleza, CE. Disponível em: < <http://www.infohab.org.br>>. Acesso em 16 maio 2010.

MORAES, Leidiana Dias. **Aspectos relevantes da potencialidade e da aplicabilidade da reciclagem de resíduos sólidos na construção civil**. 2008. 112 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.

DIREÇÃO GERAL DA QUALIDADE. **Tintas e vernizes: Terminologia. Definições**. Norma Portuguesa NP 41. Lisboa, 1982. 12 p.

RODRIGUES, Edmundo. **Conforto térmico das edificações**. Disponível em:< http://wiki.sj.cefetsc.edu.br/wiki/images/c/c6/Transmissao_de_Calor_em_Edificacoes.pdf>. Acesso em 25 de maio 2010.

RUPP, Ricardo Forgiarini. **Análise da transferência de calor em paredes compostas por tijolos maciços**. 2009. 119 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

ANEXO A

Temperaturas corrigidas dos ensaios experimentais

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 1 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS				
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5
00:00	21,1	20,7	21,0	19,9	20,9
00:30	41,0	33,9	26,8	22,6	21,1
01:00	45,9	38,9	31,1	25,3	22,3
01:30	49,9	43,2	35,0	28,2	24,2
02:00	50,9	45,6	38,1	30,8	26,0
02:30	58,8	52,1	42,0	33,8	27,6
03:00	59,8	55,2	45,2	35,8	29,2
03:30	61,8	56,8	48,4	38,4	30,8
04:00	63,8	59,0	50,3	40,6	32,1
04:30	64,8	61,1	51,3	41,7	33,3
05:00	66,8	62,0	53,4	43,7	34,3
05:30	67,8	63,1	54,2	44,7	35,1
06:00	68,8	64,8	55,0	45,6	35,9
06:30	62,8	60,6	54,1	45,6	36,5
07:00	61,8	60,3	53,3	45,7	36,7
07:30	61,8	58,9	52,6	45,5	36,5
08:00	61,8	58,9	53,2	45,2	36,3
08:30	45,9	47,0	47,8	43,2	36,1
09:00	41,0	41,4	43,0	40,6	34,9
09:30	38,0	38,1	39,8	38,6	33,5
10:00	36,0	35,8	36,9	36,5	31,9

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 2 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS						
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7
00:00	20,1	21,0	21,3	22,1	22,9	22,4	21,5
00:30	48,9	37,0	27,7	24,6	23,0	22,6	21,7
01:00	53,9	42,3	30,8	27,3	25,1	22,1	21,9
01:30	56,8	43,9	32,3	28,8	26,8	23,8	22,5
02:00	55,8	44,2	33,5	29,8	28,1	24,3	23,1
02:30	64,8	50,1	35,7	32,3	29,1	25,8	23,6
03:00	66,8	52,3	37,7	32,8	29,6	26,4	24,2
03:30	66,8	51,8	38,0	34,0	30,7	27,9	24,8
04:00	65,8	51,9	38,7	34,6	32,2	28,7	25,4
04:30	65,8	51,7	38,7	35,6	32,9	28,8	26,0
05:00	66,8	53,3	39,5	35,8	33,2	29,2	26,4
05:30	66,8	53,3	40,5	37,2	34,2	29,1	26,8
06:00	66,8	52,5	40,2	37,3	33,7	30,7	27,2
06:30	58,8	48,1	39,0	36,4	33,8	30,5	27,4
07:00	57,8	47,2	38,0	35,9	33,9	30,0	27,6
07:30	57,8	46,6	38,6	35,5	34,3	30,2	27,8
08:00	57,8	47,4	38,9	35,4	34,1	30,2	27,8
08:30	34,0	33,9	33,2	32,8	32,6	30,3	27,8
09:00	29,0	29,5	31,3	30,5	31,5	30,0	27,4
09:30	28,1	27,8	29,3	29,8	29,6	29,5	26,0
10:00	27,1	28,0	29,2	28,6	29,5	28,4	26,8

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 3 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS						
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7
00:00	23,1	22,7	22,8	23,2	22,3	22,8	22,9
00:30	54,9	38,7	28,5	26,1	24,0	23,7	22,7
01:00	60,8	41,7	31,8	28,0	26,2	24,1	22,9
01:30	60,8	42,9	32,5	29,8	26,8	24,8	23,4
02:00	61,8	43,1	33,5	30,7	28,4	25,4	24,0
02:30	67,8	47,8	36,8	32,6	30,0	26,7	24,4
03:00	76,7	50,0	38,9	34,0	31,3	27,6	25,0
03:30	76,7	50,9	39,7	34,8	31,8	28,7	25,6
04:00	77,7	50,8	40,2	35,6	32,8	29,5	26,2
04:30	78,7	51,4	41,8	37,0	33,8	29,5	26,8
05:00	79,7	51,4	42,3	37,9	34,7	30,3	27,4
05:30	78,7	52,0	42,3	37,7	35,1	31,5	27,8
06:00	78,7	51,8	43,3	39,0	35,8	31,4	28,2
06:30	68,8	47,8	41,5	37,8	35,9	32,5	28,4
07:00	68,8	46,7	40,9	38,2	36,1	32,2	28,6
07:30	67,8	47,3	40,8	37,4	35,5	32,4	28,6
08:00	66,8	46,9	40,8	38,2	35,9	32,4	28,8
08:30	38,0	33,9	35,4	34,6	34,6	32,7	28,8
09:00	32,0	29,9	32,6	32,8	32,4	31,3	28,6
09:30	30,0	27,5	31,3	30,7	32,0	30,4	28,4
10:00	29,0	27,0	30,1	29,9	31,2	29,6	27,8

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 4 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS						
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7
00:00	22,1	21,6	22,3	21,9	22,0	22,7	22,1
00:30	51,9	37,7	26,7	23,8	22,9	22,6	22,1
01:00	57,8	42,1	29,6	27,0	25,0	23,1	22,3
01:30	59,8	42,7	30,4	28,0	25,7	23,2	22,7
02:00	60,8	43,6	32,8	28,9	26,8	24,6	23,2
02:30	67,8	49,2	34,4	30,8	28,2	25,2	23,8
03:00	71,7	50,3	35,5	32,0	29,8	26,4	24,2
03:30	72,7	50,6	36,9	33,0	31,1	27,7	25,0
04:00	73,7	51,1	37,1	33,8	31,5	28,0	25,4
04:30	73,7	51,4	38,6	34,1	31,4	28,1	26,0
05:00	73,7	52,0	38,8	34,6	32,9	29,5	26,4
05:30	74,7	51,7	39,9	35,5	33,1	29,6	26,8
06:00	75,7	52,8	39,1	36,3	34,1	30,5	27,0
06:30	66,8	48,8	38,1	35,4	33,8	30,2	27,4
07:00	64,8	46,6	37,1	34,4	33,9	30,2	27,6
07:30	63,8	47,0	37,8	35,2	34,3	30,3	27,6
08:00	63,8	46,6	37,4	35,0	33,9	30,1	27,6
08:30	37,0	33,0	33,5	32,8	32,8	30,3	27,6
09:00	30,0	28,9	30,1	30,4	30,8	29,9	27,4
09:30	28,1	26,9	29,1	29,7	29,8	29,4	27,2
10:00	27,1	26,4	28,4	28,3	28,5	28,4	27,0

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 5 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS				
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5
00:00	21,1	20,9	21,4	21,8	21,8
00:30	38,0	33,0	25,3	23,2	21,9
01:00	42,0	38,1	29,8	26,9	23,0
01:30	44,9	41,2	33,3	29,9	24,5
02:00	46,9	44,4	35,4	32,1	26,6
02:30	51,9	47,9	38,9	34,8	27,4
03:00	53,9	51,1	42,1	37,0	28,2
03:30	55,8	53,0	43,7	38,9	30,3
04:00	57,8	54,9	45,7	41,4	31,8
04:30	58,8	56,6	47,4	42,7	32,9
05:00	59,8	58,0	49,2	44,1	32,4
05:30	60,8	59,0	50,2	44,7	33,3
06:00	61,8	58,6	50,5	46,4	34,5
06:30	56,8	57,0	50,3	46,3	34,7
07:00	55,8	55,9	49,3	46,2	34,9
07:30	56,8	55,5	49,8	45,7	34,2
08:00	55,8	55,1	50,0	44,6	34,0
08:30	43,7	44,6	45,4	43,6	33,0
09:00	40,0	40,9	42,3	40,5	32,8
09:30	37,0	37,5	39,2	38,8	32,6
10:00	35,0	35,7	37,6	37,8	31,2

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 6 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS				
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5
00:00	24,1	23,9	21,4	24,5	23,1
00:30	42,0	35,9	25,3	26,0	24,2
01:00	45,9	41,2	29,8	29,1	25,8
01:30	48,9	44,2	33,3	31,8	26,7
02:00	50,9	45,9	35,4	34,0	28,6
02:30	56,8	52,1	38,9	37,1	29,4
03:00	59,8	55,4	42,1	39,2	30,5
03:30	61,8	57,0	43,7	41,5	32,3
04:00	62,8	59,0	45,7	43,3	33,5
04:30	64,8	61,5	47,4	44,8	34,4
05:00	65,8	62,5	49,2	45,9	35,2
05:30	66,8	64,0	50,2	48,0	36,3
06:00	67,8	64,6	50,5	48,9	37,0
06:30	62,8	57,5	50,3	49,3	37,6
07:00	61,8	60,3	49,3	48,6	37,3
07:30	61,8	59,7	49,8	48,4	37,1
08:00	60,8	59,1	50,0	48,2	37,0
08:30	45,9	46,9	45,4	46,0	36,5
09:00	42,0	42,2	42,3	42,7	35,8
09:30	40,0	39,6	39,2	40,3	34,2
10:00	38,0	38,5	37,6	38,8	32,9

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 7 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS				
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5
00:00	22,1	21,8	22,8	22,6	21,6
00:30	39,0	35,9	28,9	24,6	21,7
01:00	44,9	41,9	34,8	28,7	24,1
01:30	47,9	45,7	39,1	32,6	26,0
02:00	49,9	47,8	41,6	34,8	27,0
02:30	55,8	53,3	45,2	37,8	29,0
03:00	58,8	57,1	48,1	40,5	29,8
03:30	60,8	58,9	51,5	42,9	32,3
04:00	62,8	61,1	52,9	44,8	32,7
04:30	63,8	63,1	54,0	45,7	33,9
05:00	64,8	64,1	55,1	48,0	34,5
05:30	65,8	65,0	56,0	48,4	35,2
06:00	65,8	64,7	56,7	48,8	36,1
06:30	61,8	61,7	55,8	49,0	35,9
07:00	60,8	60,4	54,3	47,6	35,6
07:30	60,8	59,6	54,0	47,5	35,6
08:00	59,8	59,5	53,5	46,8	35,5
08:30	46,9	47,7	48,0	44,6	35,8
09:00	40,9	41,1	42,6	40,3	33,9
09:30	37,0	37,9	38,6	37,6	33,0
10:00	35,0	34,7	35,7	35,3	30,4

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 8 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS						
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7
00:00	21,1	21,0	20,7	22,2	20,1	20,7	21,2
00:30	48,9	36,6	27,4	25,0	22,4	21,5	21,4
01:00	52,9	42,6	31,8	28,9	23,9	23,4	22,0
01:30	56,8	44,8	34,0	30,9	26,2	25,4	22,8
02:00	56,9	46,0	35,3	33,3	27,8	27,0	23,7
02:30	66,8	51,2	38,4	34,8	30,0	28,6	24,7
03:00	67,8	53,3	40,6	37,4	31,1	30,2	25,5
03:30	67,8	54,1	42,4	38,3	32,9	31,4	26,3
04:00	68,8	55,4	43,9	39,5	33,7	32,3	27,1
04:30	69,7	56,3	45,1	40,6	33,9	33,3	27,7
05:00	69,7	57,0	45,1	41,4	35,1	34,1	28,3
05:30	69,7	57,7	45,4	41,8	36,1	34,7	28,7
06:00	69,7	57,1	45,6	42,2	35,5	35,3	29,0
06:30	61,8	52,1	43,3	41,4	36,0	35,3	29,4
07:00	60,8	51,4	42,9	41,0	36,0	35,1	29,4
07:30	60,8	51,5	42,5	39,6	35,7	34,9	29,4
08:00	60,8	51,1	42,3	39,9	34,9	34,7	29,4
08:30	38,0	37,2	36,4	36,5	33,5	34,1	29,4
09:00	33,0	33,0	33,6	33,9	32,4	32,7	29,0
09:30	31,0	31,0	31,6	32,1	30,7	31,4	28,5
10:00	30,0	29,6	30,3	30,6	29,5	30,2	27,9

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 9 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS						
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7
00:00	22,1	22,4	23,0	21,8	22,3	22,1	22,0
00:30	49,9	40,7	26,3	25,0	23,8	22,5	22,0
01:00	53,9	44,9	28,9	27,0	24,7	23,8	22,0
01:30	55,8	46,8	30,3	28,8	26,7	25,0	23,2
02:00	55,8	46,8	31,7	30,0	27,7	26,0	23,6
02:30	63,8	51,6	33,4	30,8	29,1	27,2	24,1
03:00	65,8	53,1	34,9	32,6	29,7	28,1	24,5
03:30	65,8	53,8	35,7	34,1	31,0	29,1	25,3
04:00	65,8	54,1	36,1	33,5	32,3	29,9	25,7
04:30	66,8	53,3	36,9	35,1	32,7	30,3	26,3
05:00	65,8	54,1	36,9	35,1	33,3	30,9	26,5
05:30	66,8	54,0	37,8	35,9	34,0	31,3	26,9
06:00	66,9	55,3	37,2	35,8	33,4	31,7	27,3
06:30	58,8	49,4	36,5	34,4	33,9	31,7	27,5
07:00	57,8	49,5	35,7	34,8	33,6	31,5	27,5
07:30	57,8	48,7	35,0	34,3	33,0	31,3	27,5
08:00	57,8	48,9	35,5	33,7	33,0	31,3	27,5
08:30	35,0	33,6	32,0	31,7	31,6	30,7	27,5
09:00	29,0	29,2	29,3	29,6	30,8	29,5	27,3
09:30	27,1	27,0	28,7	28,8	29,4	28,5	26,7
10:00	26,1	25,9	27,4	27,4	27,8	27,6	26,1

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 10 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS						
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5	TP 6	TP 7
00:00	22,1	22,1	21,9	21,5	22,2	21,3	21,4
00:30	47,9	38,7	24,7	22,9	23,0	21,7	21,4
01:00	52,9	42,6	26,5	24,8	23,7	22,7	21,6
01:30	53,9	43,4	28,9	26,7	24,9	23,8	22,2
02:00	53,9	43,6	29,5	27,9	25,5	24,6	22,8
02:30	63,8	50,5	31,2	29,2	26,8	25,4	23,2
03:00	66,8	51,8	32,4	30,0	28,8	26,4	23,7
03:30	66,8	52,7	33,2	30,8	29,8	27,4	24,3
04:00	65,8	52,0	33,4	31,6	30,2	28,1	24,9
04:30	66,8	51,8	34,3	32,8	30,6	28,7	25,5
05:00	67,8	52,8	35,0	32,7	30,6	29,3	25,9
05:30	66,8	53,2	35,3	34,3	32,2	29,7	26,3
06:00	67,8	53,2	35,2	34,3	31,6	30,1	26,5
06:30	59,8	47,3	34,3	33,9	31,7	30,3	26,7
07:00	57,8	47,3	34,9	32,7	31,4	30,3	26,9
07:30	58,8	47,5	34,0	32,8	31,6	30,1	26,9
08:00	58,8	47,7	34,6	33,3	32,1	30,1	26,9
08:30	35,0	31,6	31,5	30,7	30,7	29,7	26,9
09:00	29,0	27,5	29,4	28,9	29,6	28,7	26,5
09:30	27,1	25,9	27,7	27,9	28,5	27,8	26,1
10:00	26,1	25,2	26,6	26,5	27,3	26,7	25,5

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 11 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS				
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5
00:00	24,1	25,0	25,0	24,8	24,2
00:30	44,9	38,8	31,0	28,4	25,2
01:00	48,9	44,1	35,9	32,4	26,6
01:30	51,9	47,8	40,1	35,7	27,9
02:00	53,9	50,5	42,9	38,5	29,7
02:30	59,8	56,1	47,2	41,7	30,8
03:00	62,8	59,2	48,9	43,6	31,9
03:30	64,8	62,0	51,9	46,8	33,4
04:00	66,8	62,8	54,3	47,8	33,6
04:30	66,8	64,3	55,1	49,5	35,8
05:00	67,8	64,8	55,8	50,7	35,1
05:30	67,8	66,2	57,6	51,7	36,0
06:00	68,8	66,7	57,3	51,5	36,4
06:30	64,8	63,2	57,1	51,7	36,5
07:00	64,8	63,3	56,1	51,9	36,2
07:30	63,8	61,6	55,4	51,2	36,8
08:00	63,8	62,5	54,6	51,1	36,5
08:30	47,9	49,2	49,2	47,5	35,9
09:00	42,0	43,2	44,0	43,4	34,7
09:30	39,1	39,8	40,9	40,3	32,6
10:00	37,1	37,6	38,9	38,6	30,5

Tempo (h:min)/ Sensor	PAREDE 12 – TEMPERATURAS CORRIGIDAS				
	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	TP 5
00:00	20,1	20,5	20,2	20,2	20,7
00:30	40,0	34,9	26,7	22,4	20,4
01:00	43,9	42,1	31,9	27,5	21,5
01:30	46,9	46,3	36,1	30,4	23,6
02:00	48,9	49,0	39,5	33,8	25,4
02:30	55,8	54,9	43,7	36,9	27,4
03:00	61,8	61,9	49,1	42,5	30,6
03:30	61,8	63,1	51,4	44,8	31,5
04:00	62,8	64,0	52,6	45,8	32,8
04:30	64,8	65,9	54,4	47,0	33,7
05:00	65,8	67,1	54,6	48,1	33,9
05:30	65,8	66,6	55,3	48,5	34,5
06:00	65,8	66,8	55,6	50,2	34,3
06:30	62,8	64,1	54,1	49,4	36,1
07:00	61,8	63,1	53,7	49,0	35,7
07:30	61,8	62,6	53,8	48,7	35,2
08:00	60,8	61,7	53,1	47,3	34,2
08:30	44,9	47,2	47,1	44,7	34,6
09:00	40,0	40,8	41,9	40,4	33,3
09:30	38,0	38,4	39,1	38,2	31,8
10:00	36,0	37,2	37,6	36,7	29,5

ANEXO B

Composição dos custos de cada parede

A composição dos custos de cada parede foi realizada, a partir dos dados obtidos do SINAPI de setembro de 2010. Os valores dos encargos sociais já estão contabilizados na composição dos custos

Para o valor das paredes P2, P3, P4, P8, P9 e P10 estão contabilizados 10% a mais do valor como estimativa de mão-de-obra para a colocação do brise soleil.

As composições dos custos totais por metro quadrado de cada parede encontram-se na Tabela1.

SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL 151 de 227

PCI.817.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO EMISSÃO: 08/10/2010 AS 10:02:14

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 157,50%(HORA) 108,80%(MÊS)

ABRANGÊNCIA : NACIONAL LOCALIDADE : PORTO ALEGRE

REF. COLETA : MEDIANO DATA DE PREÇO : 09/2010

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REFERENCIAL			
SO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE			
74249	LASTRO DE PEDRA BRITADA APILADO		
74249/001	LASTRO DE BRITA 25MM, ESPESSURA 3CM, INCLUSIVE COMPACTAÇÃO MANUAL	M2	2,11
0308	RODAPE VINILICO/BOBRACHA		
72189	RODAPE VINILICO ALTURA 5CM, ESPESSURA 1MM, FIXADO COM COLA	M	10,33
72190	RODAPE BOBRACHA LISO, ALTURA 7CM, ESPESSURA 1MM, FIXADO COM COLA	M	14,30
ESVE REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES			
0106	CHAPISCO		
5974	CHAPISCO EM PAREDES TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREP	M2	2,71
ARO MECANICO			
5975	CHAPISCO EM TETOS TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPAR	M2	5,25
O MECANICO			
73928	CHAPISCO ARGAMASSA CIMENTO/AREIA 1:4 R=0,7CM		
73928/001	CHAPISCO EM PAREDES TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREP	M2	2,84
ARO MANUAL			
73928/002	CHAPISCO TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MANUAL	M2	3,04
73928/003	CHAPISCO ARGAMASSA CIMENTO/AREIA 1:4 R=0,7CM	M2	4,14
73928/004	CHAPISCO ARGAMASSA CIMENTO/AREIA 1:6 R=0,7CM	M2	3,82
73928/005	CHAPISCO TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MECANIC	M2	3,28
O, INCLUSIVE ADITIVO IMPERMEABILIZANTE			
73928/006	CHAPISCO TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MANUAL,	M2	3,32
INCLUSIVE ADITIVO IMPERMEABILIZANTE			
73928/007	CHAPISCO TRACO 1:4 (CIMENTO E PEDRISCO), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MANU	M2	4,34
AL			
74161	CHAPISCO EM PAREDES ARG CIM/AREIA 1:3 R=0,5CM		
74161/001	CHAPISCO EM PAREDES TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREP	M2	2,94
ARO MECANICO			
74199	CHAPISCO RUSTICO/PAREDES ARG CIM/AREIA 1:3 R=2,0CM		

Fig. 1: Detalhe do preço do chapisco.
Fote: SINAPI (set/2010).

SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

153 de 227

PCI.817.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO

EMISSÃO: 08/10/2010 AS 10:02:14

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 157,50%(HORA) 108,80%(MÊS)

ABRANGÊNCIA : NACIONAL

LOCALIDADE : PORTO ALEGRE

REF.COLETA : MEDIANO

DATA DE PREÇO : 09/2010

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	COSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REFERENCIAL			
73741	EMBOCO C/IMPERMEABILIZANTE		
73741/001	EMBOCO PAULISTA (MASSA ÚNICA) TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ESPESURA 2,0CM, PREPARO MANUAL, INCLUI ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	M2	16,49
73927	EMBOCO		
73927/001	EMBOCO TRACO 1:7 (CIMENTO E AREIA), ESPESURA 1,5CM, PREPARO MANUAL	M2	10,85
73927/002	EMBOCO TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), ESPESURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	M2	14,58
73927/003	EMBOCO TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESURA 1,5CM, PREPARO MANUAL	M2	11,85
73927/004	EMBOCO TRACO 1:2:6 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	M2	15,70
73927/005	EMBOCO PAULISTA (MASSA ÚNICA) TRACO 1:6 (CIMENTO E AREIA), ESPESURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	M2	16,27
73927/006	EMBOCO PAULISTA (MASSA ÚNICA) TRACO 1:1:6 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	M2	14,68
73927/007	EMBOCO PAULISTA (MASSA ÚNICA) TRACO 1:2:9 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	M2	14,41
73927/008	EMBOCO PAULISTA (MASSA ÚNICA) TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESURA 1,5CM, PREPARO MANUAL	M2	11,85
73927/009	EMBOCO PAULISTA (MASSA ÚNICA) TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	M2	14,73
73927/010	EMBOCO PAULISTA CIMENTO/CAL/AREIA 1:3:10 E=3,0CM	M2	26,63
73927/011	EMBOCO PAULISTA (MASSA ÚNICA) TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESURA 2,0CM, PREPARO MANUAL	M2	15,36
0108	REBOCO		
5994	REBOCO EM TETOS ARGAMASSA TRACO 1:2 (CAL E AREIA FINA PENHRADA), ESPESURA 0,5CM PREPARO MANUAL	M2	11,10
5995	REBOCO PARA PAREDES ARGAMASSA TRACO 1:4,5 (CAL E AREIA FINA PENHRADA), ESPESURA 0,5CM, PREPARO MECANICO	M2	9,15

Fig. 2: Detalhe do preço do emboço.
Fote: SINAPI (set/2010).

SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

128 de 227

PCI.817.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO

EMISSÃO: 08/10/2010 AS 10:02:14

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 157,50%(HORA) 108,80%(MÉS)

ABRANGÊNCIA : NACIONAL
REF. COLETA : MEDIANO

LOCALIDADE : PORTO ALEGRE

DATA DE PREÇO : 09/2010

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REPRESENTACIONAL			
6521	ALVENARIA EM TIJOLOS MACIÇOS, E = 20 CM, P/CONSTRUÇÃO DE SUMIDOURO P/EFLUENTE LÍQUIDO DA FOSSA SÉPTICA, D INT = 300 CM / H INT = 660 CM (P/COMP.11516/1)	M2	1.394,18
68049	CINTA E CONTRAVERGA EM TIJOLO CERÂMICO MACIÇO 5X10X20CM 1/2 VEZ	M2	66,73
72131	ALVENARIA EM TIJOLO CERÂMICO MACIÇO 5X10X20CM 1/2 VEZ (ESPRESSURA 10CM) . ASSENTADO COM ARGAMASSA TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), E=1CM	M2	54,20
72132	ALVENARIA EM TIJOLO CERÂMICO MACIÇO 5X10X20CM ESPELHO (ESPRESSURA 5CM), ASSENTADO COM ARGAMASSA TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA)	M2	28,36
72133	ALVENARIA EM TIJOLO CERÂMICO MACIÇO 5X10X20CM 1 1/2 VEZ (ESPRESSURA 30CM) M), ASSENTADO COM ARGAMASSA TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA)	M2	129,23
72177	TELA TIPO DEPLOYER PARA REFORÇO DE ALVENARIA	M2	2,12
73810	ALVENARIA DE TIJOLOS APARENTES DE 2 FUROS (1/2 VEZ), ASSENTADOS E RE- JUNTADOS COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA	M2	64,86
73810/001	ALVENARIA COM TIJOLOS APARENTES 6,5X10X20CM, ASSENTADOS COM ARGAMASSA TRACO 1:6 (CIMENTO E AREIA) PREPARO MANUAL	M2	64,86
73935	ALVENARIA TIJO CERÂMICO FURADO	M2	29,08
73935/001	ALVENARIA EM TIJOLO CERÂMICO FURADO 10X20X20CM, 1/2 VEZ, ASSENTADO EM ARGAMASSA TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA), E=1CM	M2	29,08
73935/002	ALVENARIA EM TIJOLO CERÂMICO FURADO 10X20X20CM, 1 VEZ, ASSENTADO EM AR GAMASSA TRACO 1:5 (CIMENTO E AREIA), E=1CM	M2	50,90
73935/003	ALVENARIA EM TIJOLO CERÂMICO FURADO 4 FUROS 10X10X20CM, 1/2 VEZ, ASSEN- TADO EM ARGAMASSA TRACO 1:8 (CIMENTO E AREIA), E= 1CM	M2	39,20
73935/004	ALVENARIA EM TIJOLO CERÂMICO FURADO 10X10X20CM, 1 VEZ, ASSENTADO EM AR GAMASSA TRACO 1:8 (CIMENTO E AREIA)	M2	69,96
73935/005	ALVENARIA EM TIJOLO CERÂMICO FURADO 10X15X20CM, 1/2 VEZ, ASSENTADO EM ARGAMASSA TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA)	M2	34,45
73943	ALVENARIA 1/2 VEZ TIJOLO CERÂMICO MACIÇO	M2	51,40
73943/001	ALVENARIA DE TIJOLOS MACIÇOS, E=10 CM , C/ ARGAMASSA CIM/	M2	51,40

Fig. 3: Detalhe do preço das alvenarias.
Fote: SINAPI (set/2010).

SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

140 de 227

PCI.817.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO

EMISSÃO: 08/10/2010 AS 10:02:14

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 157,50%(HORA) 108,80%(MBS)

LOCALIDADE : PORTO ALEGRE

ABRANGÊNCIA : NACIONAL

REF. COLETA : MEDIANO

DATA DE PERÍODO : 09/2010

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REFERENCIAL			
73791/001	PINTURA COM TINTA EM PO INDUSTRIALIZADA DE CAL, PIGMENTO E FIXADOR, DUAS DEMAO	M2	4,59
73793	PINTURAS A OLHO E ALQUIDICOS SOBRE PAREDES E TETOS		
73793/001	PINTURA COM TINTA ACRILICA EM TELHAS CERAMICAS, DUAS DEMAO, INCLUSO L	M2	5,46
	IMPEZA		
73793/002	PINTURA COM TINTA ACRILICA EM TELHAS CERAMICAS, TRES DEMAO, INCLUSO L	M2	7,02
	IMPEZA		
73954	PINTURA LATEX ACRILICA EXTERNA/INTERNA S/SELADOR		
73954/001	PINTURA LATEX ACRILICA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, TRES DEMAO	M2	12,97
73954/002	PINTURA LATEX ACRILICA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, DUAS DEMAO	M2	10,57
73954/003	PINTURA LATEX ACRILICA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, UMA DEMAO	M2	7,64
73955	EMASSAMENTO P/PINTURA LATEX PVA		
73955/001	EMASSAMENTO COM MASSA LATEX PVA PARA AMBIENTES INTERNOS, UMA DEMAO	M2	3,58
73955/002	EMASSAMENTO COM MASSA LATEX PVA PARA AMBIENTES INTERNOS, DUAS DEMAO	M2	7,17
73999	CAJACAO		
73999/001	PINTURA COM CAL, EM PAREDES INTERNAS, TRES DEMAO, INCLUSO OLHO DE LIN	M2	3,91
	MACA		
74133	EMASSAMENTO P/PINTURA OLHO/ESMALTE		
74133/001	EMASSAMENTO COM MASSA A BASE OLHO EM PAREDES, UMA DEMAO	M2	7,60
74133/002	EMASSAMENTO COM MASSA A BASE OLHO EM PAREDES, DUAS DEMAO	M2	9,52
74134	EMASSAMENTO P/PINTURA ACRILICA		
74134/001	EMASSAMENTO COM MASSA ACRILICA PARA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, UMA D	M2	4,66
	EMAO		
74134/002	EMASSAMENTO COM MASSA ACRILICA PARA AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, DUAS	M2	9,22
	DEMAOS		
74233	PINTURA C/FUNDO SELADOR ACRILICO		
74233/001	FUNDO SELADOR ACRILICO AMBIENTES INTERNOS/EXTERNOS, UMA DEMAO	M2	2,97
0157	PINTURA EM MADEIRA		

Fig. 3: Detalhe do preço do selador e da pintura
Fote: SINAPI (set/2010).

Tabela 1.- Composição do custo total por metro quadrado das paredes

Parede/ Custos	Chapisco		Emboço		Alvenaria		Fundo selador		Pintura		Brise soleil		CUSTO TOTAL/ M2 (R\$)
	m ²	Custo (R\$)	m ²	Custo (R\$)	m ²	Custo (R\$)	m ²	Custo (R\$)	m ²	Custo (R\$)	m ²	Custo (R\$)	
P1	2	2,84	2	11,85	1	54,20	-	-	-	-	-	-	83,58
P2	2	2,84	2	11,85	1	54,20	-	-	-	-	1	10,68*	94,26
P3	2	2,84	2	11,85	1	54,20	-	-	-	-	1	10,68*	94,26
P4	2	2,84	2	11,85	1	54,20	-	-	-	-	1	10,68*	94,26
P5	2	2,84	2	11,85	1	54,20	1	2,97	1	10,57	-	-	97,12
P6	2	2,84	2	11,85	1	54,20	1	2,97	1	10,57	-	-	97,12
P7	2	2,84	2	11,85	1	34,45	-	-	-	-	-	-	63,83
P8	2	2,84	2	11,85	1	34,45	-	-	-	-	1	10,68*	74,51
P9	2	2,82	2	11,85	1	34,45	-	-	-	-	1	10,68*	74,51
P10	2	2,84	2	11,85	1	34,45	-	-	-	-	1	10,68	74,51
P11	2	2,84	2	11,85	1	34,45	1	2,97	1	10,57	-	-	77,37
P12	2	2,84	2	11,85	1	34,45	1	2,97	1	10,57	-	-	77,37