

**Campus de São Carlos**

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO  
TÉRMICO DE HABITAÇÕES EM SAN-  
ANTONIO DE LOS BAÑOS, CUBA**

**ADEILDO CABRAL DA SILVA**

Orientador: Prof. Dr. Francisco Arthur da Silva Vecchia

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**



**ESCOLA DE ENGENHARIA  
DE SÃO CARLOS**

Adeildo Cabral da Silva

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE  
HABITAÇÕES EM SAN ANTONIO DE LOS BAÑOS,  
CUBA**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

**EXEMPLAR REVISADO**

Data de entrada no Serviço.....01/08/2005.....

Ass.: *[assinatura]*.....

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental.

**Orientador: Prof. Dr. Francisco Arthur da Silva Vecchia**

DEDALUS - Acervo - EESC



31100052219

São Carlos  
2005



Class.	TESE-EESC
Cult.	5318
Tombo	T191/05
Sysno	1455091

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S586a Silva, Adeildo Cabral da  
Avaliação do comportamento térmico de habitações em  
San Antonio de Los Baños, Cuba / Adeildo Cabral da Silva.  
-- São Carlos, 2005.

Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia de São  
Carlos-Universidade de São Paulo, 2005.

Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Arthur da Silva  
Vecchia.

1. Habitação. 2. Comportamento térmico. 3. Clima. 4.  
Cuba. I. Título.

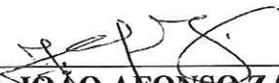
**FOLHA DE JULGAMENTO**

Candidata: Bacharel **ADEILDO CABRAL DA SILVA**

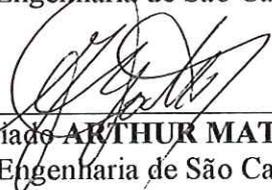
Tese defendida e julgada em 07-06-2005 perante a Comissão Julgadora:

  
Prof. Dr. **FRANCISCO ARTHUR DA SILVA VECCHIA** (Orientador)  
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC) *aprovado*

  
Prof. Dr. **NORIVAL AGNELLI**  
(UNESP/Bauru) *aprovado*

  
Prof. Dr. **JOÃO ARONSO ZAVATINI**  
(UNESP/Rio Claro) *Aprovado.*

  
Prof. Dr. **OSNY PELLEGRINO FERREIRA**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC) *APROVADO*

  
Prof. Associado **ARTHUR MATTOS**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC) *APROVADO*

  
Prof. Associado **IVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da  
Engenharia Ambiental

  
Profa. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

CLIMA E DESEMPENHO TÉRMICO  
DE  
HABITAÇÕES EM SANANTÔNIO DOS  
BANHOS ~~SAINTOS~~  
05 DE 2004

\*GABRIEL HANO 2

Ao meu filho Gabriel, uma prova  
concreta de sua preciosa colaboração.

## RESUMO

SILVA, A. C. (2005). Avaliação do Comportamento Térmico de Habitações em San Antonio de Los Baños, Cuba. 153 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

A presente investigação teve por objetivo a avaliação de comportamento térmico de 14 habitações econômicas na comunidade de Las Mercedes, município de San Antonio de Los Baños, província de Havana, Cuba. As moradias foram construídas pelos próprios usuários dentro do *Programa Iberoamericano de Ciencia Y Tecnologia Para El Desarrollo – (CYTED) – SubPrograma XIV Tecnología Para Viviendas de Interés Social - (HABYTEC) Proyecto XIV.5 “Con Techo” – Programa (10X10)*. Considerando-se a gênese do clima de Cuba, foram definidos: o episódio representativo do fato climático (período de 27/04 a 13/05/2002), devido ao registro das mais elevadas temperaturas em Las Mercedes, San Antonio de Los Baños, e, também, o dia representativo experimental (extraído do episódio representativo citado), a saber, dia 03/05/2002, com registro de mais elevado valor para temperatura externa (36,2°C). Como procedimento para avaliação, as 14 casas foram divididas em três blocos: Bloco nº 1 (casas de dois pisos), Bloco nº 2 (mistas, dois pisos e térreas), Bloco nº3 (térreas), em função da orientação da trajetória do sol e da direção do vento. O monitoramento e aquisição automática dos dados de superfície foram obtidos por meio de estação meteorológica Campbell Scientific CR10, durante o período de janeiro a dezembro de 2002, associados às condições sinóticas do clima local. Foram monitoradas duas variáveis internas das habitações, por meio de 14 sensores para monitorar a temperatura de bulbo seco (tbs) e 9 sensores para temperatura superficial (tsi). Os resultados indicam que as moradias do piso superior, com cobertura expostas a radiação solar global direta encontravam-se em desconforto térmico, (casas 2, 4 e 6, do bloco 1), com temperaturas internas superiores à externa; 11 casas puderem ser consideradas adequadas, em virtude dos registros de valores das temperaturas internas se apresentaram abaixo dos 36,2°C (bloco 1: casas 1, 3 e 5; bloco: 2 casas 7, 8, 10 e 11 e bloco 3: casas 12, 13 e 14). Portanto, depreende-se que existe adequação da maioria dos sistemas construtivos utilizados em Las Mercedes, em relação ao comportamento térmico em situação de calor.

Palavras-chave: habitação, comportamento térmico, Cuba.

### ABSTRACT

SILVA, A. C. (2005). Evaluating Thermal Behavior of Houses in San Antonio de Los Baños, Cuba. 153 p. Ph.D. Thesis - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

The present research have purpose of thermal behavior evaluation of 14 economic houses at Las Mercedes community, San Antonio de Los Baños city, province of Havana, Cuba. The houses had been constructed by their users inside of Program Iberoamerican of Science and Technology for Development - (CYTED) - Subprogram XIV Technology for Social Interest Houses- (HABYTED) Project XIV.5 "Con Techo" - Program (10X10). Considering Cuba climate genesis, had been defined: the representative episode of climatic fact (from 27/04 to 13/05/2002), due register of the most raised temperatures at Las Mercedes, San Antonio de Los Baños, and, also, the experimental representative day (from mentioned representative episode), it means, day 03/05/2002, registering of higher value for outdoor temperature (36,2°C). As procedure for evaluation, the 14 housings had been divided in three blocks: Building block n° 1 (houses of two floors), Building block n° 2 (mixing, two floors and grounds), Building block n°3 (grounds), in function of sun trajectory orientation and winds direction. Monitoring and automatic acquisition of surface data, they had been gotten by means of meteorological station Campbell Scientific CR10, during period from January to December , year of 2002, associates to synoptic conditions of local climate. Two indoor variables of those houses had been ensured, by means of 14 sensors for monitoring dry bulb temperature (tbs) and 9 sensors for monitoring superficial temperature (tsi). The results indicate that housings with two floors, with coverage receiving direct global solar radiation, were in thermal discomfort, (houses 2, 4 and 6, of building block 1), with indoor temperatures higher to outdoor one; 11 houses could be considered adjusted, due their values of indoor temperatures were below of 36,2° C (building block 1: houses 1, 3 and 5; building block: 2 houses 7, 8, 10 and 11, and building block 3: houses 12, 13 and 14). Therefore, it is inferred that there is satisfactoriness of the majority constructive systems used in 14 houses at Las Mercedes, in relation to thermal behavior about warm condition.

Key words: housing, thermal behavior, Cuba.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xiii
<b>ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>HABITAÇÃO EM CUBA E O PROGRAMA CYTED</b> .....	10
1. Considerações iniciais .....	10
2. Habitação em Cuba .....	11
3. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo (CYTED) .....	17
4. Considerações finais .....	22
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	24
1. Considerações iniciais .....	24
2. Área de estudo .....	25
3. Materiais e método .....	30
3.1 Determinação do episódio representativo de 27 de abril a 13 de maio de 2002 em San Antonio de Los Baños, Cuba .....	40
3.2 Escolha do dia representativo experimental .....	46
4. Características dos sistemas construtivos empregados em Las Mercedes, San Antonio de Los Baños, Cuba .....	48
5. Considerações finais .....	65

**CAPÍTULO III**

<b>DESCRIÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES NA COMUNIDADE DE LAS MERCEDES</b> .....	66
1. Considerações iniciais .....	66
2. Descrição das características do tempo de Transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002, Cuba (Hemisfério Norte) .....	67
2.1. Descrição dos dados (tempo) monitorados pela estação meteorológica em San Antonio de Los Baños. ....	76
3. Análise dos resultados .....	86
3.1. Descrição da curva (tempo/temperatura) das temperaturas internas do ar (temperatura de bulbo seco - tbs) das casas por Bloco (1, 2, e 3) .....	86
3.2. Descrição entre casas com monitoramento de Temperaturas Superficiais (tsi) em relação à Radiação solar global .....	105
4. Análise e Discussão .....	116
5. Considerações finais. ....	126
5.1. Limites de conforto térmico - Cenário I .....	128
5.2. Limites de conforto térmico - Cenário II. ....	131
<b>CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES</b> .....	133
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	138
Bibliografia Consultada. ....	142
Bibliografia consultada na rede mundial de computadores (Internet) .....	147
<b>ANEXO</b> .....	151

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização do arquipélago cubano	25
Figura 2	Localização do município de San Antonio de Los Baños	26
Figura 3	Localização geográfica da Capital cubana e do Município de San Antonio de los Baños	27
Figura 4	Localização das 14 habitações na comunidade de las Mercedes	28
Figura 5	Estação meteorológica automática, CR10 Campbell Scientific Inc, instalada na (varanda) da casa 6, bloco 1	30
Figura 6	Imagem do satélite GOES 8 para o dia 04/01/2002	31
Figura 7	Sala da casa 6 produzida com sistema construtivo Mexicano (abóbada de argamassa armada) que compõe o Bloco 1. Verifica-se sensor (termopar) para temperatura superficial (teto)	33
Figura 8	Instalação dos termopares entre as casa 6 (bloco 1), onde foi instalada a estação meteorológica CR 10, e a casa 9 (bloco 2).	37
Figura 9	Fachada principal da casa 6 Bloco 1 (sistema construtivo: abóbada de argamassa armada - México). Local onde se encontra instalada a estação automática climatológica CR10	39
Figura 10	Mapa da América do Norte e Central, em detalhe o arquipélago cubano e os centros de ação e massas de ar que atuam no hemisfério Norte	41
Figura 11	Descrição dos elementos do tempo (meteorológico) para o episódio compreendido entre o período de 27 de abril a 13 de maio de 2002	43
Figura 12	Localização dos sistemas construtivos utilizados em Cuba	48
Figura 13	Moradias 1 e 2, dois pisos – sistema construtivo de viga e <i>bovedilla</i> origem do sistema: Cuba.	49
Figura 14	Moradias 3 e 4, dois pisos bloco 1. detalhe da fachada principal	50
Figura 15	Detalhes das seções da cobertura laje canal – Cuba	51
Figura 16	Moradias 5 e 6, dois pisos, fachada principal, lateral de acesso para o 2º piso	52
Figura 17	Sistema de cobertura da abóbada para superior externa , em detalhe o impermeabilizante na cor escura (vermelha)	53
Figura 18	Moradia 7, térrea. Detalhe da fachada principal com grades de proteção e sistema de cobertura - batea	54
Figura 19	Detalhes do modulo de cobertura batea – Argentina	55
Figura 20	Foto - Batea.	55
Figura 21	Moradias 8 e 9, dois pisos, em detalhe a fachada principal	56
Figura 22	Detalhes do modulo de cobertura e entrepiso lam – Cuba	57
Figura 23	Moradia 10, térrea em detalhe a fachada principal e sistema de cobertura	58
Figura 24	Detalhes da abóbada e barreira térmica contra radiação solar	58
Figura 25	Detalhes do sistema de cobertura abóbada de tijolo (solo estabilizado) cimento e areia Cuba	59
Figura 26	Moradia 11, térrea. Mostrando a fachada principal, em detalhe, o sistema de cobertura Telhas TEVI	60
Figura 27	Casa 11 bloco 2, em detalhe o momento de colocação das telhas sobre a estrutura (TEVI)	60
Figura 28	Moradia 12, térrea - sancocho	61

Figura 29	Detalhes do modulo de cobertura sancocho – Venezuela	62
Figura 30	Moradia 13, térrea , fachada principal, em detalhe as plaquetas e laje que compõe o sistema de cobertura	63
Figura 31	Detalhes da cobertura e entepiso, viga mais placa de concreto	63
Figura 32	Moradia 14, térrea, fachada principal e em detalhe e sistema de cobertura com telhas de metal (aço galvanizado)	64
Figura 33	Divisão do território cubano em macroregiões geográficas	72
Figura 34	Temperatura máxima do ar para o mês de abril de 2002	73
Figura 35	Temperatura máxima do ar para o mês de maio de 2002	74
Figura 36	Distribuição dos valores das temperaturas e da umidade relativa do ar de 27 de abril a 13 de maio de 2002	79
Figura 37	Valores da radiação solar global, para episódio de transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002, Cuba	82
Figura 38	Valores da direção e da velocidade do vento para o episódio de transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002	84
Figura 39	Descrição do comportamento térmico Casa 1 - Viga e <i>Bovedilla</i> (Cuba), para o dia 03/05/2002	87
Figura 40	Sistema construtivo: Viga e <i>Bovedilla</i> - Cuba	87
Figura 41	Descrição do comportamento térmico Casa 2 - Viga e <i>Bovedilla</i> (Cuba), para o dia 03/05/2002	88
Figura 42	Sistema construtivo: Viga e <i>Bovedilla</i> - Cuba	88
Figura 43	Descrição do comportamento térmico Casa 3 - Laje Canal (Cuba), para o dia 03/05/2002	90
Figura 44	Sistema construtivo Laje Canal Cuba	90
Figura 45	Descrição do comportamento térmico Casa 4 - Laje Canal (Cuba), para o dia 03/05/2002.	91
Figura 46	Sistema construtivo Laje Canal Cuba	91
Figura 47	Descrição do comportamento térmico Casa 5 - Abóbada de argamassa armada (México), para o dia 03/05/2002	92
Figura 48	Sistema construtivo Abóbada de argamassa armada	92
Figura 49	Descrição do comportamento térmico Casa 6 - Abóbada de argamassa armada - ( piso superior) México, 03/05/2002.	93
Figura 50	Sistema construtivo Abóbada de argamassa armada - México	93
Figura 51	Descrição do comportamento térmico Casa 8 - sistema construtivo Lam, (Cuba), para o dia 03/05/2002.	94
Figura 52	Sistema construtivo Lam -Cuba	94
Figura 53	Descrição do comportamento térmico Casa 7 - sistema construtivo <i>Batea</i> (Argentina) , para o dia 03/05/2002.	96
Figura 54	Sistema construtivo <i>Batea</i> Argentina	96
Figura 55	Descrição do comportamento térmico Casa 10 - sistema construtivo Abóbada de tijolo -(Cuba) , para o dia 03/05/2002.	97
Figura 56	Sistema construtivo Abóbada de tijolo - Cuba	97
Figura 57	Descrição do comportamento térmico Casa 11 - sistema construtivo tevi – (Cuba) , para o dia 03/05/2002	98
Figura 58	Sistema construtivo tevi - Cuba	98
Figura 59	Descrição do comportamento térmico Casa 12 - sistema construtivo <i>sancocho</i> - (Venezuela) , para o dia 03/05/2002.	100
Figura 60	Sistema construtivo <i>Sancocho</i> Venezuela	100
Figura 61	Descrição do comportamento térmico Casa 13 - sistema construtivo Viga e placa de concreto (Cuba) 03/05/2002	101

Figura 62	Sistema construtivo Viga e placa de concreto - Cuba	101
Figura 63	Descrição do comportamento térmico Casa 14 - sistema construtivo Viga mais placa de concreto –(Cuba) , 03/05/2002	102
Figura 64	Sistema construtivo Viga mais placa de concreto - Cuba	102
Figura 65	Comportamento da tsi da Casa 2 - Viga e <i>Bovedilla</i> Cuba em relação à radiação solar global para o dia 03/05/2002	106
Figura 66	Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 4- Laje Canal, Cuba para o dia 03/05/2002	107
Figura 67	Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 6 - Abóbada de argamassa armada - México para o dia 03/05/2002	108
Figura 68	Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 7 - <i>Batea</i> - Argentina	110
Figura 69	Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 9- Lam - Cuba para o dia 03/05/2002	111
Figura 70	Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 1 Abóbada de tijolo - Cuba para o dia 03/05/2002.	112
Figura 71	A tsi em relação à radiação solar global da Casa 11- <i>Tevi</i> - Cuba.	113
Figura 72	Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 12- <i>sancocho</i> –Venezuela para o dia 03/05/2002	114
Figura 73	Comportamento da tsi e relação à radiação solar global da Casa 13-Viga mais placa de concreto - Cuba para o dia 03/05/2002	116

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Variação diária dos registros das médias máximas e mínimas, da temperatura do ar do episódio de Transição, mostrado também os valores da amplitude térmica para cada dia em San Antonio Los Baños, Cuba.	77
Tabela 2	Valores das máximas e mínimas da temperatura interna do ar (tbs) e da amplitude térmica das casas monitoradas, para o dia 03/05/2002, Lãs Mercedes, Cuba.	103

### LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Países signatários do programa CYTED e seus respectivos organismos responsáveis	18
Quadro 2	Situação atual do Programa 10X10 em distintos países latino-americano.	21
Quadro 3	Abordagem Climatológica na Matriz Espaço –Tempo para San Antonio de Los Baños, Cuba	36
Quadro 4	Valores da temperatura máxima do ar para o mês de maio dos anos de 2002, 2003 e 2004, para a província de Havana	44
Quadro 5	Valores da temperatura máxima do ar para o mês de maio dos anos de 2002, 2003 e 2004, para a província de Granma	45
Quadro 6	Valores de temperaturas máximas e mínimas registradas para o mês de abril de 2002	68
Quadro 7	Valores máximos acumulados de chuva diária para o mês de maio de 2002, total acumulado a cada 24h.	69
Quadro 8	Valores de temperaturas máximas e mínimas registradas para o mês de maio de 2002	71
Quadro 9	Valores médios mensais da velocidade do vento para a Estação meteorológica de Casablanca (Cuba)	85
Quadro 10	Escala BEAUFORT	85
Quadro 11	Valores médios máximos e mínimos da temperatura superficial interna (°C) das casas para o dia 03 de maio de 2002 na Comunidade de Las Mercedes - San Antonio de Los Baños, Cuba	105
Quadro 12	Limites de conforto térmico proposto por Leon et al. (2003) para Cuba	128
Quadro 13	Valores das temperaturas máximas e mínimas em relação à sensação de conforto humano, segundo os índices propostos por Leon et al. (2003), para o dia 03/05/2002, Lãs Mercedes, Cuba.	129
Quadro 14	Valores das temperaturas máximas e mínimas, para o dia 03/05/2002, Lãs Mercedes, Cuba, em relação a sensação de conforto humano, segundo os índices propostos Olgyay (1963), adotado 30°C como limite superior	132

## ANTECEDENTES

A concentração humana nas áreas metropolitanas provoca intensa pressão sobre os recursos ambientais, notadamente para satisfazer as necessidades de morar, se locomover e trabalhar. A demanda energética para atender as diversas necessidades é cada vez maior, uma vez que o fenômeno da urbanização é uma realidade para a maioria dos grandes centros urbanos de países Latinos americanos. Como exemplo tem-se: Cidade do México, Santiago do Chile, São Paulo, Rio de Janeiro, Lima, Buenos Aires, entre outras.

O incremento na demanda por energia é verificado nos grandes centros urbanos, sendo que, o presente estudo concentra sua atenção no comportamento térmico de habitações de interesse social, uma vez que para alcançar uma sensação de bem-estar, se utilizam de meios artificiais de resfriamento ou aquecimento, provocando aumento do consumo de energia.

Uma das funções da moradia é proteger os indivíduos das intempéries a que estão sujeitos, mantendo em seu interior proteção contra os rigores do clima. Uma vez que a moradia não atenda a esse princípio de conforto, os indivíduos ficam expostos ao surgimento de patologias físicas ou psíquicas (Olgay, 1963). O interior das habitações apresenta condições ambientais particulares como, proteção da chuva, dos ventos e segurança para os moradores, diferentes das do ambiente externo e, teoricamente, mais adequadas à ocupação humana.

A investigação desenvolvida em Cuba apresenta um caráter voltado para área experimental no campo do comportamento térmico de edificações. O foco central da pesquisa foi a avaliação de comportamento térmico de sistemas construtivos desenvolvidos em outros países latinos americanos aliados à construção de baixo custo (*viviendas* econômicas) em sistema de *microbrigadas*, com a perspectiva de transferência de tecnologias desenvolvidas por países latinos americanos participantes do *PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO – (CYTED) – SubPrograma XIV Tecnología Para Viviendas de Interés Social - (HABYTEC) Proyecto XIV.5 “Con Techo” – Programa (10X10)*, como propostas de Políticas Públicas Habitacionais alternativas, aos modelos existentes que não conseguem dar resposta positiva ao crescente déficit de moradias na América

Latina, e que, raramente, atendem às necessidades básicas de infra-estrutura e de habitabilidade para seus moradores.

O CYTED é um programa internacional e multilateral de cooperação científica e tecnológico criado em 1984, pelo Acordo Interinstitucional entre governos dos 21 países Ibero-americanos; incluído formalmente desde 1995 entre os programas de cooperação nos encontros de cúpula dos chefes de Estado e de Governos Ibero-americanos. Este Programa constitui-se em um caminho para promover a modernização produtiva e a melhoria da qualidade de vida de todos os países participantes, por meio do fomento da cooperação na investigação (pesquisa) e desenvolvimento (I + D). Seus objetivos são: o fomento, a cooperação no campo da investigação aplicada, bem como o desenvolvimento tecnológico para obtenção de resultados científico-tecnológicos transferíveis aos sistemas produtivos, para viabilizar políticas públicas nos países Ibero-americanos (CYTED, 2002).

Partindo-se da premissa de que a moradia é um direito de todos, e que deveria ser uma prioridade de qualquer governo como uma necessidade premente em qualquer sistema político adotado, quer seja Socialista<sup>1</sup> (exemplo de Cuba) ou Capitalista<sup>2</sup> (Brasil), a concepção de moradia deveria ser pensada para atender a toda população do país sem discriminação econômica e social.

Assim, o cenário que se apresenta diante da opção ideológica com base no sistema político vigente em Cuba, o Socialismo, bem como, as políticas da habitação apontam para uma tipologia construtiva que extrapola os limites da concepção do projeto arquitetônico convencional e contempla uma necessidade humana de abrigo, de proteção e de conforto. Um espaço construído onde os elementos sócio-econômicos funcionem como pilares de sustentação do sistema construtivo desejado, desde o momento da concepção até a estrutura final e, não apenas, como mero instrumento especulativo e de geração de riqueza.

---

<sup>1</sup> Socialismo: Denominação de várias doutrinas econômicas, sociais e políticas, que têm como denominador comum a condenação da propriedade privada dos meios de produção e do intercâmbio comercial. À base do socialismo, encontra-se a denúncia das desigualdades sociais, denúncia que, de Platão a Gracchus Babeuf, tem apenas fundamento moral. Com Marx e Engels aparece o socialismo científico ou marxismo, que não se limita mais a imaginar uma transformação de estruturas, mas declara que essa transformação é inelutável, que é a consequência lógica das contradições internas do regime capitalista. (KOOGAN, A. ;HOUAISS, A.,1997. p.1503).

<sup>2</sup> Capitalismo: Estatuto jurídico e regime econômico de uma sociedade humana caracterizada pelo grande desenvolvimento dos meios de produção e sua operação por trabalhadores que não são proprietários dos mesmos. Sistema de produção cujos fundamentos são a empresa privada e a liberdade de mercado.(KOOGAN, A. ; HOUAISS, A.,1997. p. 319 ).

Os ideais do sistema Socialista, ora vigente em Cuba, permeiam as relações de trabalho, educação, cultura e lazer no dia-a-dia da ilha, introduzindo os valores e regras que norteiam a vida dos cidadãos, criando uma estrutura sócio-econômica diferente para todos os seguimentos da sociedade cubana. Dessa maneira, a moradia faz parte desse núcleo estrutural e é concebida pelos organismos do governo como, por exemplo o Centro Técnico para o Desenvolvimento de Materiais para Construção – CTDMC, (um dos institutos responsáveis pela implantação do Programa 10x10 – CYTED em Cuba) como um elemento fundamental na formação do tecido sócio-político-econômico do país, disponibilizando os resultados das investigações científicas - tecnológicas na solução de problemas de falta de moradias, bem como, na melhoria e recuperação das habitações.

Segundo o Comitê Estatal da Construção (Rebellón et al., 1979), a habitação em Cuba é considerada como um bem social e sua construção é controlada pelo Estado mediante a destinação de recursos. Seu objetivo é possibilitar a cada núcleo familiar um alojamento confortável e de acordo com o desenvolvimento econômico do país.

O primeiro contato com a ilha de Cuba ocorreu na metade da década de 90, por ocasião do V Encontro de Geógrafos da América Latina, realizado na cidade de Havana, cujo tema central foi “Desafios e Caminhos para o Desenvolvimento”. Nesta oportunidade, outro evento científico paralelo a “Conferência Regional para Países da América Latina e Caribe”, aconteceu no Centro de Convenções de Havana organizado pela União Internacional de Geógrafos -1995 (IGU).

Durante o evento ocorreram visitas técnicas a região Oriental da ilha, com destaque para a cidade de Santiago de Cuba com 1.017.040 habitantes segundo Domech e Glean (1997), a segunda mais importante do país na hierarquia urbana e, principalmente, na História Política da Revolução Cubana de 1959. Foi nessa província que teve início à marcha de Fidel Castro e seus Companheiros para ascensão ao poder.

A segunda viagem à América Central com destino a Cuba, ocorreu em agosto de 2001 na formação da equipe Brasileira, componente do *PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO – (CYTED) – SubPrograma XIV Tecnologia Para Viviendas de Interés Social - (HABYTED) Proyecto XIV.5 “Con Techo” – Programa (10X10)*, que apresentava como proposta inicial a construção de 10 casas experimentais em 10 países da América Latina, com a possibilidade de transferência tecnológica dos sistemas construtivos adequados à realidade econômica, tecnológica e social de cada país. As casas

mencionadas foram construídas em regime de *microbrigadas* sob supervisão com orientação técnica - científica do Centro Técnico para o Desenvolvimento dos Materiais de Construção – CTDMC e de Pesquisadores do Proyecto XIV.5 “Con Techo” – Programa (10X10) - CYTED.

O objetivo da viagem foi execução da pesquisa para avaliação do comportamento térmico de 14 casas na comunidade de Las Mercedes, município de San Antonio de Los Baños. Nessa etapa foram realizadas várias atividades de campo, entre estas a instalação dos cabos (termopares) em todas as habitações. Na ocasião, não foi possível a instalação da estação Meteorológica automática durante a permanência da equipe em Cuba.

A terceira viagem foi realizada em dezembro de 2001, portanto, apenas quatro meses da última, e teve como ação prioritária a instalação da estação meteorológica automática CR10 da Campbell Scientific, em Las Mercedes, bem como, dos sensores externos de temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar global, direção e velocidade do vento e dos sensores internos de temperatura do ar (tbs) e temperatura superficial (tsi) a efetivação do sistema de monitoramento automático.

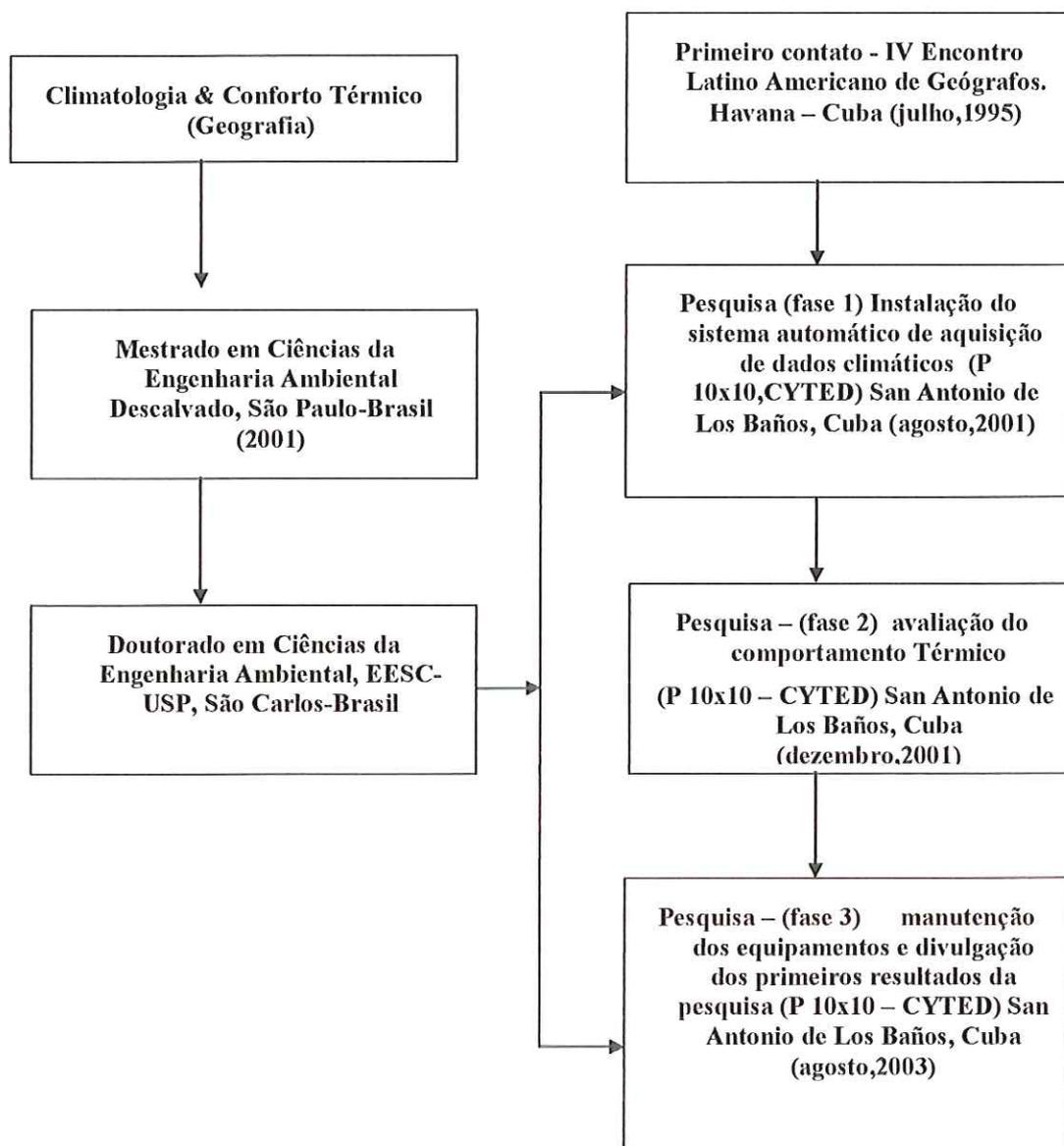
Durante a permanência em Havana foram realizados encontros e reuniões, com o envolvimento dos participantes do projeto, com objetivo de instruir e informar o engenheiro do CDTMC responsável pela manutenção do sistema CR10, cabos (termopares) e sensores em funcionamento, da atividade final de coleta de dados (módulo de armazenamento e transporte) em Las Mercedes e sua transmissão via rede de comunicação (Internet) para o Brasil para posterior tratamento.

A última visita técnica a San Antonio de Los Baños ocorreu em agosto de 2003, e apresentou como um dos objetivos propostos executar ajustes técnicos dos equipamentos, sensores externos e termopares. O regime climático tropical a qual se encontra exposto a arquipélago cubano, que é afetado por perturbações como ciclones tropicais e furacões que possam causar avaria aos equipamentos que compõem sistema de monitoramento, como por exemplo, os cabos (termopares) rompidos na passagem de um furacão.

Durante a permanência em Cuba foram desenvolvidas atividades relacionadas diretamente com a evolução da investigação apresentadas de maneira sucinta: entrevistas informais com alguns dos moradores (gravação) sobre o sistema construtivo adotado para sua moradia, participação de palestra e discussão sobre clima e conforto térmico, promovido pelo Centro Técnico para o Desenvolvimento dos Materiais de

Construção – CTDMC, aquisição de material bibliográfico na Universidade de Havana, Centro de Informação, Gestão e Educação Ambiental – CIGEA, INSMET e na Biblioteca do CTDMC e finalmente visita técnica ao Instituto de Meteorologia de Cuba – INSMET, onde está localizada a estação meteorológica de Casablanca (Província de Havana), estação meteorológica utilizada com referência para os dados climáticos monitorados na estação meteorológica automática em Las Mercedes, San Antonio de Los Baños.

O procedimento cronológico da inserção e do envolvimento com a área de estudo (Cuba), bem como, o seu desdobramento para o desenvolvimento da investigação são representados no fluxograma 1.



Fluxograma I: Antecedentes

Organização: Adeildo Cabral da Silva (2004)

Assim como as atividades acadêmicas desenvolvidas no programa de doutorado na Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Brasil, as viagens de pesquisa (investigação) para Cuba descritas anteriormente, as atividades realizadas apresentaram um caráter experimental, promovendo a troca de experiências e de intercâmbio entre pesquisadores, técnicos, sobretudo, a integração com a comunidade de Las Mercedes, contribuindo na instalação do sistema de monitoramento e auxiliando

de forma positiva no processo de investigação de comportamento térmico de suas moradias.

O objetivo principal dessa investigação foi a avaliação do comportamento térmico de 14 (quatorze) habitações do *PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO – (CYTED) – SubPrograma XIV Tecnología Para Viviendas de Interés Social - (HABYTED), Proyecto XIV. 5 “Con Techo” – Programa (10X10)*, em San Antonio de Los Baños, Cuba, por meio da formulação e análise do dia representativo experimental para situação climática de excepcional calor.

E como objetivos específicos da pesquisa: identificar o clima local de San Antonio de Los Baños; disponibilizar instrumento metodológico de avaliação de comportamento térmico, para situação excepcional de calor, por meio da escolha do dia representativo experimental e, dessa maneira, propor o dia representativo experimental como instrumento metodológico na avaliação do comportamento térmico para habitações em situações de frio e de calor, verificar a adequação ambiental e climática dos 14 sistemas construtivos para a região de clima quente – úmido.

## INTRODUÇÃO

A presente investigação indica hipóteses relacionadas ao comportamento térmico de 14 (quatorze) habitações construídas dentro do *PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO – (CYTED) – SubPrograma XIV Tecnología Para Viviendas de Interés Social - (HABYTEC) Proyecto XIV. 5 “Con Techo” – Programa (10X10)*, em San Antonio de Los Baños, Cuba, por meio da análise e da formulação da preposta para o dia representativo experimental para situação climática (de calor).

Para melhor demonstrar os objetivos formulados anteriormente nos antecedentes e os resultados obtidos pela investigação, a estruturação do trabalho apresenta a seguinte estrutura. O primeiro capítulo apresenta referencial teórico sucinto sobre o sistema de habitação em Cuba, de modo a se traduzir o primeiro contato com o sistema político “socialista” de tratar os problemas das moradias que, em Cuba, como nos demais países latino americanos, também é crítica, notadamente, no setor antigo da cidade de Havana. Nessa área, é comum famílias dividirem espaços nos antigos casarões abandonados (região de Malecom), assim como na zona rural, onde ainda existem habitações insalubres, como é o exemplo do bairro de Macondo na comunidade de Las Mercedes, que no ano de 2001 cederam lugar às habitações construídas pelo Programa 10X10 *Con Techo* - CYTED. Ainda nesse capítulo, é apresentado o *PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO – (CYTED)*, que apresenta como objetivo principal o fomento à cooperação no campo da investigação aplicada, bem como o desenvolvimento tecnológico para obtenção de resultados científico-tecnológicos transferíveis aos sistemas produtivos, para viabilização de políticas públicas nos países Latino-Americanos.

O segundo capítulo da presente pesquisa traz o procedimento metodológico e os materiais utilizados para atingir os objetivos a que se propõe esta investigação. No primeiro momento, abordam-se características da área de estudo, descrevendo-se os aspectos geográficos do arquipélago cubano, em seguida, o município de San Antonio de los Baños e, finalmente, a Comunidade de Las Mercedes. Ainda sobre a metodologia, com conhecimento do clima de Cuba, foi definido o episódio representativo de fato climático e o dia representativo experimental para uma situação de calor. Ao final do segundo capítulo são apresentadas características dos sistemas construtivos empregados na construção das moradias em Las Mercedes, mostrando-se a

integração dos sistemas adotados em outros países da América Latina, bem como a perspectiva de transferência de tecnologias de qualidade e baixo custo.

O terceiro capítulo descreve o comportamento térmico de habitações na Comunidade de Las Mercedes no município de San Antonio de Los Baños. Trata-se de descrição detalhada do comportamento da temperatura do ar, no interior das casas em relação à temperatura externa, cujos resultados são apresentados na seguinte disposição: (a) descrição do episódio representativo do tempo (meteorológico) de transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002, Cuba; (b) descrição dos dados (tempo) monitorados pela estação meteorológica à superfície em San Antonio de Los Baños; (c) descrição da curva (tempo/temperatura) das temperaturas internas do ar (temperatura de bulbo seco - tbs) das casas por Bloco (1, 2, e 3) e (d) descrição entre casas com monitoramento de temperatura superficiais (tsi) em relação à radiação solar global. Finalmente, como resultado da avaliação do comportamento térmico se apresentam dois cenários de possíveis condições de estresse térmico de calor em duas situações, para as 14 casas, em relação aos índices de conforto humano. A primeira proposta por Leon et al. (2003) e a segunda por Olgyay (1963).

Por fim, têm-se a conclusão geral e as sugestões para futuros trabalhos de investigação na área de comportamento térmico de habitações ocupadas, reforçando a necessidade de uma melhor integração dos sistemas construtivos empregados na América Latina com a situação socioeconômica de cada país, uma adequada concepção dos projetos, a utilização de materiais alternativos (de baixo custo) que melhor se ajuste às condições climáticas locais.

## CAPÍTULO I

### HABITAÇÃO EM CUBA E O PROGRAMA 10X10 (CYTED)

#### 1. Considerações iniciais

Este capítulo não tem a pretensão de esgotar os temas aqui tratados, o *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo – CYTED* e a Política Habitacional em Cuba, mesmo porque esse não é o objeto principal da investigação. Essa sucinta revisão bibliográfica deve servir como fio condutor para que a pesquisa alcance o resultado proposto pelo objetivo principal, que é a avaliação do comportamento térmico de moradias do Programa 10X10 (CYTED), em Las Mercedes, Cuba.

Na unidade 2 deste capítulo, se encontra a descrição da situação da habitação em Cuba, sendo considerado, no entanto, basicamente o desdobramento da Política Habitacional em Cuba a partir da segunda metade do século XX, período Pós – Revolução, pela importância das transformações políticas, sociais e econômicas que ocorreram no país, bem como em virtude da repercussão das medidas adotadas pelo novo sistema político, principalmente ações voltadas para área social, o caso em discussão: o direito a moradia.

Em virtude das medidas sócio-econômicas adotadas, novos instrumentos para combater o déficit habitacional do país foram postos em prática, configurando-se a transformação das moradias em serviço primário gratuito, que é outorgado pelo estado à população, na medida de maior impacto na política de habitações.

Outros elementos são apresentados como solução para o problema da moradia em Cuba, com visível necessidade de integração das novas tecnologias construtivas com a participação efetiva da população, na busca de caminhos para resolver o impasse que marca a política habitacional do país. Entre estes se pode citar como primeiro problema o econômico gerado pelo bloqueio e, o segundo, a carência de matéria-prima necessária para o incremento da produção de componentes construtivos básicos.

A unidade 3, sobre o Programa CYTED, visa introduzir informações do Programa Ibero-americano, mostrando os seus objetivos, metas e parcerias, na tentativa de resolução de problemas da habitação popular na América Latina. Nessa unidade se incluem: os países signatários do programa CYTED, informações sobre o Subprograma

HABYTED, dados do Projeto XIV. 5 (*Con Techo*), e finalmente, o Programa 10x10, com os resultados obtidos do Programa em cada país onde foram aplicadas as ações.

A elaboração dessa revisão a respeito do CYTED e, principalmente, do Programa 10X10 (*con techo*), possibilita a compreensão da escolha das moradias em San Antonio de Los Baños, bem como, da importância de Programas Internacional e Multilateral de Cooperação Científica e Tecnológica. Estes programas podem representar uma probabilidade viável de se promover a modernização produtiva e a melhoria da qualidade de vida de todos os países participantes, viabilizando políticas públicas habitacionais nos países Latino-americanos.

## 2. Habitação em Cuba

Para o entendimento do problema de habitação cubana, faz-se necessária uma sucinta apresentação da política de habitação adotada que, resumidamente, pode ser definida por Rebellón et al. (1979), no seu livro *Arquitetura e desenvolvimento nacional – Cuba (1978)*:

(a) o planejamento da construção das habitações e dos serviços depende do desenvolvimento geral do país e somente pode ser solucionado considerando-o integrado aos planos de desenvolvimento socioeconômico;

(b) a modernização tecnológica da indústria das habitações se constitui no caminho correto para resolver o déficit habitacional, sendo que devem ser utilizadas todas as técnicas disponíveis e melhorá-las continuamente.

O texto, a seguir, tem embasamento em Rebellón et al. (1979), salvo referências explícitas em contrário.

Cuba, antes da Revolução, apresentava grande déficit habitacional. Os primeiros anos de poder revolucionário se voltaram para tomada de decisão que aliviasse a situação das habitações, notadamente as insalubres, de maneira a equacionar problemas como a especulação imobiliária, os aluguéis e o parcelamento do solo urbano.

Uma das soluções adotadas para minimizar os problemas anteriormente citados foi a construção de habitações pelo esforço próprio e ajuda mútua, por meio das *microbrigadas*. Inicialmente de unidades familiares individuais isoladas e, posteriormente, com a adoção do sistema em edifício de andares. Em paralelo a essas medidas, efetuaram-se esforços significativos no desenvolvimento de sistemas construtivos de alta tecnologia.

Em âmbito rural, houve empenho em possibilitar planos agropecuários de propriedade estatal, de maneira a conduzir o camponês a se integrar em cooperativas de produção e possibilitar a transformação das suas relações sociais, econômicas e de desenvolvimento cultural.

Quanto à habitação em si, à época da Revolução, caracterizava-se pelo fato de sua maioria não alcançar padrões mínimos de habitabilidade. A maior parte das construções habitáveis concentrava-se nas cidades, notadamente na capital Havana. Em direção a estes centros emigrava a população rural em busca de oportunidades de trabalho, com conseqüentes assentamentos precários e insalubres, muitas vezes em cabanas (*bohíos*) similares às usadas pelos povos indígenas.

Antes da Revolução, a participação estatal na construção das habitações era praticamente nula, os investimentos estavam nas mãos da iniciativa privada com fins determinados de especulação e lucro.

A partir de 1959, com a intervenção estatal, foram construídas habitações com características de bons níveis de habitabilidade, reduzindo o percentual do salário familiar gasto com aluguéis em áreas urbanas, que antes de 1959 era de cerca de 25%, para menos de 10%, segundo Rebellón et al. (1979).

Desde a etapa inicial do processo revolucionário, o impulso dado à materialização de soluções das múltiplas dificuldades existentes permitiu adquirir as experiências necessárias e um conhecimento cada vez maior do tema da habitação.

O desenvolvimento tecnológico da construção habitacional em Cuba culminou em sua normatização, tipificação e coordenação modular. Assim, foram desenvolvidas normas gerais para habitações e para soluções urbanísticas.

Para se entender a arquitetura e os sistemas construtivos cubanos, faz-se necessário uma divisão cronológica, cujo marco referencial, é o período da colonização espanhola na América Latina, com a herança arquitetônica da época. Em um outro momento recente da História do país, um movimento popular rompe com estrutura vigente, e a partir de 1959, se instaura no país a Revolução Socialista, liderada por Fidel Castro.

Para o enriquecer da revisão bibliográfica, bem como, do arcabouço metodológico dessa investigação, é a partir do movimento Revolucionário da segunda metade do século XX, que se esboça uma sucinta revisão da trajetória das transformações políticas e sócio-econômicas que se difundiram no país. O resultado da

intervenção e das transformações no campo da política habitacional, em Cuba, pelo movimento Revolucionário é cerne dessa descrição.

Em seu livro, que trata da arquitetura cubana do século XIX, Weiss (1960) transcreve um trecho escrito por Samuel Hazard, viajante e escritor norte-americano que passou vários meses em Cuba, pouco antes de explodir o movimento revolucionário de 1886. O autor anteriormente citado descreve sobre as habitações em *El Cerro*, bairro de Havana, e durante a narrativa apresenta o tipo de construção do século XIX, em destaque, a preocupação dos moradores da época com os dias de temperaturas elevadas e com a proteção da radiação solar indesejada, que é objeto de estudo central desta investigação.

*“Toda la casa esta desprovista de cortinajes y expuesta a la curiosidad de los transeúntes. Los techos son excepcionalmente altos y las casas, sin excepción tienen en su interior un patio que aun en los días más calurosos proporciona alguna brisa. Este patio rinde en las ciudades los mismos beneficios que nuestros jardines. Todas las habitaciones dan a ese patio y en las casas que tienen un segundo piso una galería dotada de persianas o de toldos de colores para la protección de los rayos solares, rodea al patio. Esto asegura una libre circulación del aire, ... ..”*

Weiss (1960, p. xviii)

Dentro do contexto da Revolução cubana posto em marcha em 1959, por Fidel Castro, todo processo de transformação da sociedade cubana é colocado em prática, e no bojo dessas medidas, a moradia passa a ter um papel social em Cuba, e não mais, especulativo e de fonte de renda.

Nesse momento de ruptura, para Segre (1970), era necessário que o processo educativo e a evolução da vida social levasse paulatinamente a superação do conceito tradicional de moradia, que segundo o autor, foi concebida como um bem familiar, realizada com o próprio esforço e herdada de geração a geração, que, no entanto, seria substituída por moradias concebidas como serviço primário gratuito outorgado pelo Estado à população, tal como, eletricidade, a água, a educação e a saúde pública.

Esse foi o primeiro momento da reforma urbana para a Revolução, que tinha em um dos seus objetivos principais de construção na cidade, eliminar as moradias

precárias que, segundo Segre (1970), era cerca de 80.000, situadas principalmente nos bairros de periferia de Havana e em algumas capitais das províncias.

Como resultado de todas as ações desencadeadas na área de habitação, se revela um impulso no setor construtivo para o período 1959-1963, com um alcance de 85.447 unidades habitacionais construídas (Segre,1970). O processo de eliminação das moradias precárias começou com a efetiva participação dos próprios habitantes.

Com o triunfo da Revolução determinou-se uma rápida transformação funcional da cidade, para o autor, ocorreu uma destruição da estrutura segregativa e, uma apropriação da forma urbana. Nesse sentido, afirma Segre (1970), que a planificação rural e urbana em Cuba, se integra coerentemente dentro da concepção globalizadora do território, marco produtivo e da vida social, cuja nova forma e dimensão, correspondeu a novos conteúdos.

Nos primeiros anos da Revolução cubana foram realizadas ações para solucionar o crucial problema de moradia, com base no rompimento com padrões da época anterior. Para Fidel Castro, líder da Revolução, citado por Segre (1970), o problema da habitação em Cuba, poderia ser resolvido da seguinte forma: o sistema construtivo no futuro não seria o de casas isoladas, mais sim, ocupando os espaços superiores (edifícios de vários pisos), com economia e o aproveitamento do uso do solo. Isto revela que a moradia sempre foi um dos maiores problemas da população cubana, de escassos recursos econômicos e naturais (matéria-prima em sistemas construtivos).

A partir da Revolução, e legitimada pela Constituição cubana, promulgada em fevereiro de 1976, para os cubanos, a moradia é um serviço social, que é, assegurado pela Constituição do país.

*“Artigo 8º.: - O estado Socialista.....c) Trabalha para conseguir que não haja família que não tenha uma moradia confortável”*

*Constitución de La Republica de Cuba, citado por Segre (1987, p.22)*

Quando se trata, do tipo de sistema construtivo camponês em Cuba, como exemplo, a comunidade agrícola de Las Mercedes, área de execução da presente investigação, o tipo de moradia corresponde ao esquema comum do modelo realizado com recursos limitados pela pequena burguesia nos subúrbios urbanos. É uma construção simples, afirma Segre (1987), se trata de um modelo típico não só em Cuba, mas em toda a América Latina, são financiadas pelos programas de organizações

internacionais das áreas dedicadas aos problemas da habitação popular. Entre os sistemas mistos o *Sandino* (que foi utilizado em San Antonio de Los Baños em conjunto com o sistema de cobertura *sancocho* da Venezuela, na construção da casa 12 do bloco 3) foi o de maior difusão das áreas rurais, pela simplicidade dos componentes técnicos da instalação móvel de pré-fabricados. Estas características fizeram com que o sistema *sandino* perdurasse na construção de habitações rurais de um ou dois pavimentos.

Finalmente, como resultado da primeira década da Revolução, Segre (1987) assinala a existência de três tendências principais nas propostas de novas soluções habitacionais para Cuba:

- a) a vinculação das soluções arquitetônicas e construtivas com os recursos materiais e humanos disponíveis;
- b) a busca de soluções inovadoras no plano técnico e da tipologia da célula habitacional;
- c) a relação dialética entre os recursos locais e a alta tecnologia, a partir das transformações impostas pelo desenvolvimento social e econômico.

Para o mencionado autor, os parâmetros que podem definir a política habitacional nos primeiros anos da Revolução, em 1959 são, entre outros, a disponibilidade de mão-de-obra, a participação dos usuários na construção e escassez de materiais motivados pelo bloqueio econômico imposto a Cuba pelos Estados Unidos. E como grande desafio, reduzir de forma drástica o déficit de aproximadamente 750 mil moradias herdado da gestão anterior à Revolução (Segre, 1987).

Como saída, a necessidade de moradias, é resguardada pela premissa básica: construir a maior quantidade de edifícios com os recursos disponíveis e com dificuldades técnicas impostas pelo bloqueio.

Na análise dos avanços no setor da habitação a partir da década de 70 e crescimento das unidades construídas, para Segre (1987), uma diversidade de orientações na busca de soluções ao problema habitacional caracterizava a etapa que se iniciava na década de 70. O mencionado autor afirma que foram estes os aspectos mais significativos:

- a) consolidação da base técnica-material;
- b) o desenvolvimento da mecanização da industrialização da construção e da pré-fabricação;

- c) a definição das tipologias dos blocos e das unidades habitacionais;
- d) a experimentação de novos sistemas construtivos que permite a pré-fabricação aberta;
- e) a integração entre sistemas de alta tecnologia e sistemas artesanais;
- f) a presença da participação popular na solução ao tema da moradia;
- g) o impulso à autoconstrução nas novas comunidades rurais;
- h) o questionamento às soluções urbanísticas de blocos isolados e o estudo de conjunto integrado ao tecido urbano.

Para o autor anteriormente citado, não é tarefa fácil resumir um balanço da política para habitação em Cuba e suas perspectivas futuras. Pode-se afirmar que ocorre uma busca de novos caminhos para solucionar as grandes necessidades da população na área da habitação. Na segunda metade do século XX, no decorrer da década de 80, foi intensificado uso de técnicas cada vez mais avançadas aliadas a maior participação da população na construção de moradias e dos serviços complementares, um exemplo objetivo, segundo Segre (1987), foi a construção de 40 mil moradias pela população em 1985. Outro exemplo de novos movimentos (voluntários), na busca de soluções coletivas para o problema da moradia em Cuba, no final do século XX, foi à criação do movimento denominado Arquitetos da Comunidade, segundo Livingston (2000), uma experiência cubana na área de moradias populares inédita, e que, contou com reconhecimento internacional (*Cumbre Del Hábitat, Estambul, 1996*), que incluiu entre as 40 melhores práticas em nível mundial. A organização contava com 128 grupos formados e solucionava aproximadamente 38.000 casos por ano. Entre os objetivos do movimento Arquitetos da Comunidade se pode citar: projetos de construção, ampliação ou subdivisão de moradias novas, assessoramento para compra, e soluções de problemas construtivos entre outros.

Na tentativa de demarcar os impedimentos, e suscitar possíveis soluções para o problema da moradia em Cuba, Montoro (2001) assinala algumas das limitações que obstrui o desenvolvimento de novos componentes construtivos, e conseqüentemente, gera dependência externa e restringe o poder de ação.

Essas limitações passam, necessariamente, pela não disponibilidade de matéria-prima em abundância no território cubano, como exemplo o ferro para produção de aço. Isso imprime uma marca particular, não só nas construções atuais, mas também, nas tendências e linhas de desenvolvimento para novas soluções de coberturas,

especificamente, que se investiga e desenvolve, bem como, para todos sistemas construtivos.

Para Montoro (2001), paralelamente se têm trabalhado em Cuba em tecnologias alternativas de menor consumo energético (aço, cimento, entre outros), na perspectiva de substituição dos materiais básicos, e com isso, a possível redução do custo por metro quadrado (m<sup>2</sup>) da construção.

### ***3. PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO – (CYTED) – SubPrograma XIV Tecnología Para Viviendas de Interés Social - (HABYTED), Proyecto XIV.5 “Con Techo” – Programa (10X10)***

O texto apresentado é baseado em CYTED (2002), salvo referências da investigação.

O *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo* – CYTED constitui-se em um programa internacional e multilateral de cooperação científica e tecnológica. Este programa representa uma probabilidade viável de se promover a modernização produtiva e a melhoria da qualidade de vida de todos os países participantes, por meio do fomento da cooperação na investigação (pesquisa) e desenvolvimento (I + D).

### a) Organismos Signatários do Programa CYTED

No Quadro 1 estão relacionados, em ordem alfabética, os países signatários do programa CYTED e seus respectivos organismos responsáveis pela efetiva implementação em seus países.

Quadro 1: Países signatários do programa CYTED e seus respectivos organismos responsáveis

<b>País signatário</b>	<b>Órgão responsável pela implementação</b>
Argentina	Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.
Bolívia	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONACYT
Brasil	Conselho Nacional de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
Chile	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica. CONICYT
Colômbia	Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología . COLCIENCIAS
Costa Rica	Ministerio de Ciencia y Tecnología
Cuba	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
Equador	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
El Salvador	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONACYT
Espanha	Ministerio de Ciencia y Tecnología. Agencia Española de Cooperación Internacional. AECI
Guatemala	Consejo Nacional Ciencia y Tecnología. CONCYT
Honduras	Consejo Hondureño de Ciencia y Tecnología. COHCIT
México	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONACYT
Nicarágua	Consejo Nicaragüense de Ciencia y Tecnología. CONICYT
Panamá	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. SENACYT
Paraguai	Instituto Nacional de tecnología y Normalización. INTN
Peru	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONCYTEC
Portugal	Ministério da Ciência e do Ensino Superior
República Dominicana	Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología
Uruguai	Ministerio de Educación y Cultura
Venezuela	Ministerio de Ciencia y Tecnología

Fonte: (CYTED, 2002).

Organização: Adeildo Cabral da Silva

Entre as áreas temáticas de ação do CYTED estão: (1) as políticas de aplicação em ciência e tecnologia, (2) Agricultura, Pecuária e Pesca; (3) Saúde; (4) Habitação; (5) Energia; (6) Promoção do desenvolvimento industrial; (7) Sociedade da Informação; (8) Meio Ambiente e (9) Biotecnologia. Os subprogramas específicos destas áreas temáticas são: (I) Metodologia em Ciência e Tecnologia; (II) Aquicultura, (III) Biotecnologia; (IV) Biomassa como fonte de produtos químicos e energia, (V) Catálise

e absorventes para o meio ambiente e qualidade de vida; (VI) Novas fontes e conservação de energia; (VII) Eletrônica e informática aplicadas; (VIII) Tecnologia dos materiais; (IX) Microeletrônica; (XI) Tratamento e conservação de alimentos; (XII) Diversidade biológica; (XIII) Tecnologia mineral; (XIV) Tecnologia de moradias de interesse social; (XV) Corrosão / Impacto ambiental sobre materiais; (XVI) Gestão da Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico; (XVII) Aproveitamento e gestão dos recursos hídricos; (XVIII) Tecnologias de previsão e avaliação de desastres naturais e (XIX) Tecnologias Agropecuárias.

#### **b) SubPrograma HABYTED**

A palavra HABYTED resume a premissa da “habitação no CYTED”. HABYTED é um lema do SubPrograma XIV, cujas atividades se iniciaram em 1987. Atualmente, são 111 delegados de 90 instituições especializadas em temas concernentes a moradias de interesse social de 21 países da Região Ibero-americana. O objetivo principal diz respeito à criação, consolidação e reforço das capacidades do desenvolvimento científico e tecnológico multidisciplinar, bem como atividades de serviço, priorizando-se o apoio aos setores com baixos recursos e marginalizados.

São três as modalidades de atuação do mencionado SubPrograma. A primeira, redes temáticas, tem intenção de facilitar a interação, a cooperação e a transferência entre grupos que trabalham com temas semelhantes. Um de seus objetivos é a geração de Projetos de Investigação Pré - Competitiva. Citam-se, como exemplos, os seguintes Projetos: HABITERRA, no período de 1987-1991, com intuito de sistematização dos usos do solo; Vivendo e Construindo, no período de 1992 a 1999, para autoconstrução progressiva e participativa; Transferência e Capacitação, no período de 1998 a 2001, com a incorporação de tecnologias de moradias de interesse social; entre outros.

A segunda modalidade, Projetos de Investigação Pré - Competitiva, facilita a execução e aplicação dos projetos de pesquisa por meio da colaboração e cooperação entre os grupos dos diferentes países e empresas que constituem a equipe internacional. Um dos principais propósitos é permitir a transferência dos seus resultados aos sistemas produtivos dos países participantes. Entre os projetos desenvolvidos, pode-se citar: Autoconstrução, no período de 1987 a 1991, para construção progressiva e participativa; Tetos, no período de 1994 a 1998; MELHORHAB, no período de 1996 a 1998; Com Teto (*con techo*), no período de 1998 a 2001 (no qual as 14 moradias de San Antonio de Los Baños foram inseridas), entre outros.

A terceira modalidade, Projetos de Inovação - IBEROEKA, facilita a cooperação entre empresas dos diferentes países por meio dos projetos de inovação conjuntos. Seu objetivo é o crescimento da produtividade e competitividade da indústria e economia.

### **c) Projeto XIV.5 – “*Con Techo*”**

Como antecedente, tem o Projeto XIV.3 *Techos*, que propunha estudar, experimentalmente, avaliar e difundir soluções de cobertas leves com tecnologias apropriadas para a América Latina. As áreas de trabalho foram: racionalização de técnicas e materiais tradicionais; aplicação do ferrocimento e utilização de vegetais, fibras e resíduos agrícolas.

Os objetivos do mencionado projeto incorporam a busca por soluções concretas e alternativas para os tetos das moradias que possuam baixo custo e que possam ser autogeridas ou autoconstruídas e, ainda, que sejam progressivas. Portanto, devem dar soluções para os materiais, componentes, elementos e sistemas para os tetos; para a produção e distribuição dos mesmos; para os sistemas de construção ou aplicação (quando for o caso) e para a organização, formação e capacitação para possibilitar a construção.

O objetivo final do Projeto XIV.5 – *Con Techo* é a obtenção dos conhecimentos, soluções e experiências, facilmente assimiláveis e aplicáveis pelas populações para a construção da cobertura de sua moradia, melhorando-se as condições anteriores.

Para dar suporte a implementação do programa, foram feitos manuais de aplicação divididos em manuais específicos para técnicos e manuais gerais para os usuários, além dos cursos de formação e capacitação promovidos pelo programa (CYTED, 2002).

### **d) Programa 10x10**

Este programa apresenta como proposta a construção de 10 casas experimentais em 10 países da América Latina, ou seja, 100 moradias, com a possibilidade de transferência tecnológica dos sistemas construtivos adequados à realidade econômica, tecnológica e social de cada país, consoante as seguintes premissas de ordem tecnológica:

(1) as mais utilizadas pelo setor informal de cada país, as tradicionais ou aperfeiçoadas para superar os problemas peculiares do tipo de construção (ausência de

resistência e estabilidade, problemas de estanqueidade e de isolamento térmico, entre outros).

(2) as mais inovadoras do próprio país, adaptadas às soluções de moradias de baixo custo.

(3) as externas, de outros países, que suportam um aporte para resolver as moradias do país onde se está construindo sem gerar dependência tecnológica.

Em paralelo com as tecnologias são ensaiadas, ainda: (1) tecnologias de paredes exteriores e de divisão interna, (2) tecnologias de instalações e (3) tipologias arquitetônicas de referência, entendidas como aquelas facilmente assimiláveis pelo usuário para realizar sua própria moradia.

Após a experiência, é feito seguimento comparativo do conjunto dos países, inferem-se as conclusões das tecnologias mais idôneas e são preparados os materiais de divulgação para técnicos e usuários, bem como elaborados os cursos de formação e capacitação. Posteriormente, são obtidos os materiais, componentes, elementos e sistemas necessários à transferência da tecnologia.

#### e) Resultados do Programa 10x10

Os resultados são as próprias moradias realizadas nos distintos países (quadro 2), bem como a informação e a formação transmitida aos diversos participantes que colaboram na realização da moradia de baixo custo, por meio dos “*Talleres de Transferência Tecnológica*”.

Quadro 2: Situação atual do Programa 10X10 em distintos países latino-americano.

Programa 10x10 ARGENTINA. Rio Cuarto. En proceso. 5 viviendas.
Programa 10x10 BRASIL. Descalvado. 2 viviendas.
Programa 10x10 CHILE. Santiago. 1 techo.
Programa 10x10 CUBA. San Antonio de los Baños. Cuba. 17 viviendas.
Programa 10x10 ECUADOR. Quero. 6 viviendas.
Programa 10x10 ECUADOR. Quito. 10 viviendas.
Programa 10x10 EL SALVADOR. Zacatecoluca. 24 viviendas.
Programa 10x10 HONDURAS. Comayagua. 10 viviendas.
Programa 10x10 MÉXICO. Chiapas. 6 viviendas.
Programa 10x10 NICARAGUA. Chinandega. 12 viviendas.
Programa 10x10 PARAGUAY. Yaguarón. 9 viviendas.
Programa 10x10 PERÚ. Moquegua. 10 viviendas.
Programa 10x10 PERÚ. Qotowuincho. (1) Centro virtual de salud.
Programa 10x10 REPÚBLICA DOMINICANA. San Cristóbal. 36 viviendas.
Programa 10x10 URUGUAY. Montevideo. 1 vivienda.

Fonte: PROYECTO XIV.5 “*con techo*”. Programa 10x10 – (CYTED, 2002).  
Organização: Adeildo Cabral da Silva

Na realidade, as ações de construção de moradias estão vivas, são visitadas e suas tecnologias e elementos construtivos são aplicados em novos projetos, cumprindo seu objetivo de transferência tecnológica e sua vocação de possibilitar réplicas. Os *Talleres de Transferencia Tecnológica y Cursos Especializados* têm formado centenas de técnicos e usuários em âmbitos distintos, tais como: comunidades de autogestão de moradias, gestão municipal, gestão central, indústria da construção, organizações não-governamentais, organismos de cooperação internacional, universidades, centros profissionalizantes, entre outros.

Isto supõe o início de um processo de informação e formação que, na maioria das vezes, não se encerra no usuário, sem que este converta para outro novo núcleo de formação e informação.

Para finalizar, o Programa e não é seu menor resultado, este processo permitiu a consolidação de certas tecnologias, o aperfeiçoamento e adaptação de distintas condições locais, a adequação aos requerimentos para aqueles que originalmente determinadas tecnologias não haviam sido concebidas, como por exemplo, sua resposta aos movimentos sísmicos ou furacões freqüentes em países e zonas distintos daquele que produziu a tecnologia.

Assim, o processo tem sido muito rico. Os centros de Pesquisa e Desenvolvimento, as organizações de produção de moradias, assim como os técnicos que participaram do Projeto XIV.3 e XIV.5 seguem seu trabalho investigativo, de aplicação e de produção de moradias, com importante presença na América Latina, constituindo-se em centros de irradiação de formação e informação em seus respectivos países.

#### **4. Considerações finais**

No processo de redução do déficit habitacional na América Latina, se podem observar dois problemas: um de origem Histórica, relativo ao processo de colonização, com ausência total ou descaso na execução de políticas públicas para habitação e, numa fase mais recente, que teve início no século passado, a busca para superação dos problemas crônicos de moradia por meio de ações de organismos internacionais, que se constitui na prática em ajuda financeira. Por outro, uma proposta mais próxima da aspiração da população Latino-Americana, via Programa Internacional e Multilateral de cooperação científica e tecnológica, que visa introduzir metas e parcerias na tentativa de resolução de problemas da habitação popular na América Latina.

O primeiro processo destaca a busca de integração institucional para promover mudanças em direção a redução do déficit de moradias e a questão da participação efetiva da população na gestão da política habitacional. Como apresentado anteriormente, existe um grande afastamento dos governos no trato da problemática habitacional na América Latina. Dessa maneira, os problemas além de numerosos, apresentam soluções frágeis, como por exemplo, habitações emergenciais em situação de catástrofes naturais que ocorrem em toda América Latina, que necessitam serem consideradas, trabalhadas e devidamente identificadas. O envolvimento de toda população, no caso de Cuba, os tornaram comprometidos com o processo de mudança e transformação da política habitacional. O estabelecimento das *Microbrigadas* e trabalhos em conjunto com especialistas do governo reforçam o compromisso e contribuem para aumentar a coerência da política pública no setor da habitação e promove ações positivas que resultam na construção coletiva da moradia.

Outro procedimento, como a cooperação técnica - científica, corrobora com a necessidade do desenvolvimento e de difusão das novas tecnologias construtivas, que pressupõe uma qualificação da população para autoconstrução, com essencial supervisão de especialistas (projetistas, arquitetos, engenheiros e outros), exemplo do PROYECTO XIV.5 “con techo”. Programa 10x10 – (CYTED) em San Antonio de Los Baños, que possa ampliar a capacidade de construção de novas unidades, e reforçando a importância da cooperação Internacional e Multilateral, simultaneamente com a participação popular, como instrumentos integrados aos planos de desenvolvimento socioeconômico do país e capaz de promover mudanças profundas na política de moradias na América Latina.

A revisão apresentada nesse capítulo fundamentou a preposição de alguns critérios para a priorização das áreas a serem conservadas na forma de reservas legais a fim de alterar o arranjo estrutural da paisagem de modo a compatibilizar a conservação da biodiversidade com a proteção dos recursos naturais. As unidades aqui apresentadas procuram mostrar que o enfrentamento da questão da habitação popular em Cuba e a integralização com o Programa CYTED, com objetivos comuns na área de habitação, é um bom exemplo de situação onde o tipo de solução coletiva proposta pode ser uma saída interessante para resolver o problema da moradia.

## CAPÍTULO II

### PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 1. Considerações iniciais

O presente capítulo versa sobre os elementos que se constituíram como subsídios à investigação, no intuito de se alcançar o objetivo principal, a saber: a avaliação do comportamento térmico das 14 habitações, do Programa 10X10, em San Antonio de Los Baños, Cuba.

Assim, este capítulo trata dos materiais e da metodologia científica para promover o atendimento adequado ao objetivo proposto pela investigação, bem como trata da formação do arcabouço metodológico para viabilizar o conhecimento do comportamento térmico.

Um dos elementos constantes neste capítulo trata da apresentação da área de estudo, por meio do conhecimento do território do arquipélago cubano e, assim, da sua divisão espacial até a província de Havana. Posteriormente, faz-se o recorte geográfico para o município de San Antonio de Los Baños e, dentro deste contexto, em escala local, a comunidade de Las Mercedes, área específica do estudo.

Posterior a apresentação da área de estudo, outros elementos foram incorporados ao capítulo. Entre os elementos mencionados estão os materiais necessários utilizados na efetiva realização da presente investigação, a saber: equipamento de monitoramento (exemplo da estação meteorológica automática), informações geradas por satélites (imagens) e dados produzidos à superfície.

Além dos materiais, o presente capítulo trata da metodologia utilizada na integração entre o objetivo proposto (avaliação do comportamento térmico) e os métodos adotados para atingir este objetivo. Assim, comenta-se sobre a seleção do episódio representativo do fato climático, bem como sobre a escolha do dia representativo experimental (no caso da investigação de calor).

Para finalizar o presente capítulo, apresentam-se as características construtivas dos sistemas empregados em San Antonio de los Baños, que envolvem tipos de materiais utilizados e das transferências de tecnologias que podem estar, ou não, adequadas ao clima local. Essa característica construtiva constitui-se em um instrumento necessário como ferramenta auxiliar no capítulo IV, que trata da descrição do comportamento térmico das habitações do Programa 10X10, em Cuba.

## 2. Área de estudo

O arquipélago cubano está localizado na porção ocidental do Mar do Caribe, entre a América do Norte e América Central, como mostra o mapa da figura 1.



Figura 1: Mapa de localização do arquipélago cubano na porção ocidental do Mar do Caribe entre a América do Norte e América Central (em detalhe a localização de Cuba no continente americano).

Fonte: [http://www.oquinto poder.com.br/soberania/images/jpg/mapa\\_cuba](http://www.oquinto poder.com.br/soberania/images/jpg/mapa_cuba).

Apresenta uma área total de 110.860 km<sup>2</sup>. A população de Cuba, em 1999, segundo dados da Oficina Nacional de Estatística, foi de 11.180.000 de habitantes, com densidade demográfica de 100,9 hab/km<sup>2</sup>. A Província de Havana conta com 2.192.300 habitantes (CUBA, 2001).

Quanto aos aspectos físicos, aproximadamente uma quarta parte da superfície de Cuba é formada por montanhas e colinas, e o resto por terras planas. As áreas montanhosas estão distribuídas pela Ilha.

Com uma área de 126 km<sup>2</sup>, San Antonio de Los Baños, território da zona central habanera é considerado um dos municípios mais desenvolvidos da província, segundo Domech e Glean (1997), e apresenta uma população de 40. 863 habitantes.

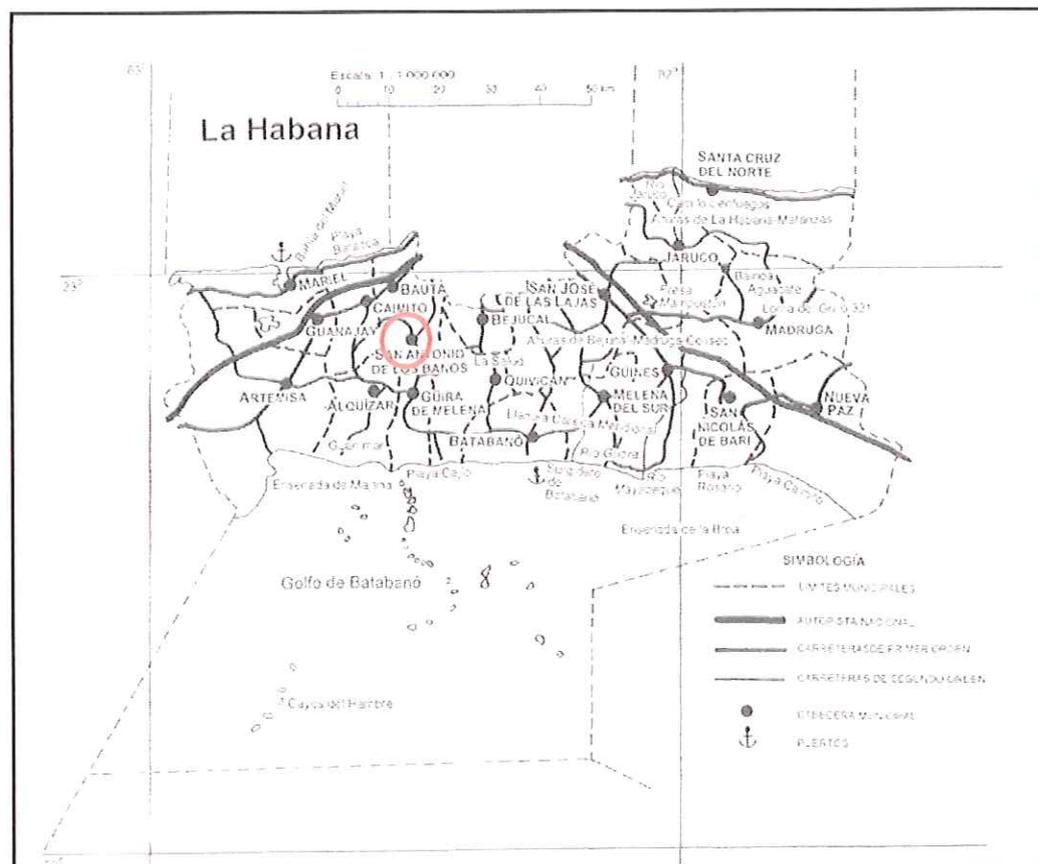


Figura 2: Localização do município de San Antonio de Los Baños  
Fonte: Mini Geografía de Cuba, Domech, R. G.; Glean, M. R (1997)

O cultivo do tabaco e seu posterior processamento são as principais atividades econômicas desse território, onde também é importante a produção de verduras, frutas em geral e principalmente cítricos.

Quanto ao relevo da região apresenta-se, predominantemente, plano com a presença de inúmeras cavernas em seu território, como Sandoval e Paredones que são jazidas importantes para a paleontologia, e onde se cultivam cogumelos comestíveis, segundo Domech e Glean (1997).

O município de San Antonio de Los Baños representa um relevante centro cultural do País, conhecida como a capital do humor com vários comediantes, caricaturistas e outras pessoas vinculadas à arte do riso. Como também, abriga a sede da importante Escola Internacional de Cinema e Televisão.

A comunidade agrícola de Las Mercedes, Município de San Antonio de Los Baños, na província de Havana (figura 3), onde as habitações do Programa 10X10 (CYTED) foram construídas, está situada na porção ocidental do arquipélago, entre as coordenadas: 22° 50' 49" N (latitude) e 82° 33' 47" W (longitude), com altitude em torno de 46 metros, distante da capital cubana cerca de 30 km.

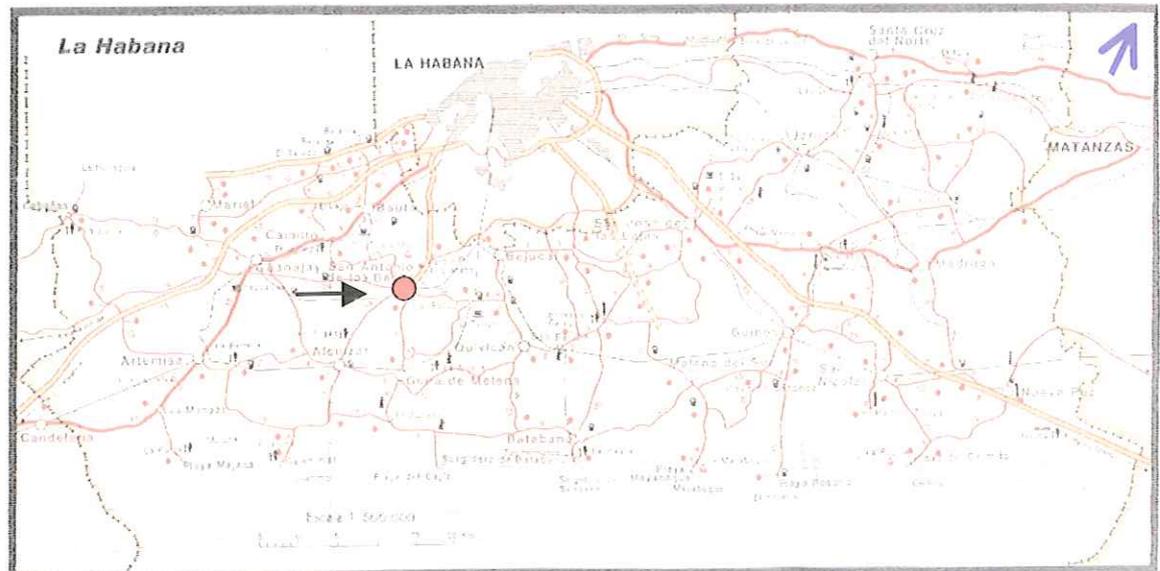


Figura 3: Localização geográfica da Capital cubana e do Município de San Antonio de los Baños

Fonte: Cuba, *mapas de carreteras*. Instituto Cubano de Geodésica e Cartografía (1988)

A comunidade agrícola de Las Mercedes conta atualmente com 139 habitações com aproximadamente 646 habitantes, com serviços sociais instalados (consultório médico, correios, salão para eventos e local destinado à aquisição de alimentos). O abastecimento de água é feito por meio de captação de água subterrânea (poços). A destinação final para o esgoto residencial é realizada mediante tanques sépticos (CTDMC, 2001).

As 14 habitações do Programa 10X10 foram construídas no sistema de *microbrigadas*, o dia 25 de junho de 2001 foi a data oficial de inauguração que envolveu pessoas da comunidade no processo, não só as famílias beneficiadas com as novas habitações, com assessoria técnica permanente (arquitetos, engenheiros e outros especialistas do CYTED e do CTDMC). Mediante reuniões com os vizinhos foram selecionadas as pessoas que integraram a brigada para a construção das casas. De acordo com a legislação vigente no País, essas pessoas recebem o título de propriedade das casas, a partir da obtenção de um empréstimo do Banco Popular Econômico, o valor

total se paga com mensalidades, cujo valor depende da área construída e da receita da família (CTDMC, 2001).

A área disponibilizada para implantação das 14 moradias do Programa 10X10 (figura 4), ocupa o núcleo central da comunidade de Las Mercedes CTDMC (2001). Os projetos das moradias foram desenvolvidos com aproximadamente 60 m<sup>2</sup> de área útil. (Interessante perceber que, se comparada à área mínima de uma residência de interesse familiar no Brasil, possui 50% a mais da área mínima estipulada para este tipo de edificação brasileira, que é de 40 m<sup>2</sup>). São 8 áreas (lotes) com as seguintes dimensões: 3 áreas de 9,50 m de frente e 18,00 m de fundo e 5 áreas (lotes ou terrenos) de 9,00m x 18,00m, sendo o taxa de ocupação do solo em média de 45% (índice permitido, ao proprietário, de área construída em relação à área total do terreno).

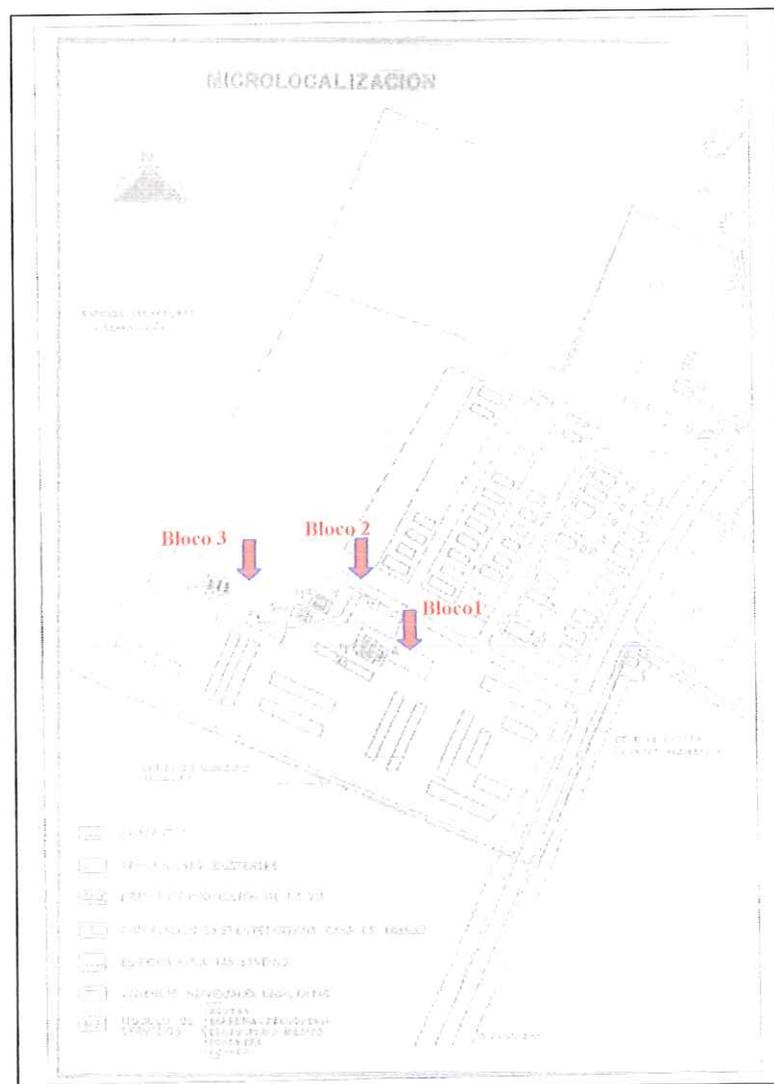


Figura 4 – Localização das 14 habitações na comunidade de Las Mercedes. Fonte: CTDMC. 2001.

As 14 moradias do Programa 10X10 foram divididas em três blocos, como mostra a figura 4, seguindo a orientação e ocupação do solo preestabelecida pelo CTDMC. Para atender à análise de desempenho térmico em relação ao clima (localização do sítio) propostas na pesquisa foram enumeradas da seguinte maneira em função da trajetória aparente do Sol e do regime de ventos (Vecchia, 2001) o Bloco nº 1 com seis moradias de dois pisos, da casa nº 01 a 06, com construção Norte – Sul; o Bloco nº 2, com cinco moradias da casa nº 07 a 11, (um habitação de dois pisos e três térreas) com construção Leste – Oeste; e, finalmente, o Bloco nº 3 com três moradias térreas, da casa nº 12 à 14, com construção Norte – Sul.

### 3. Materiais e Método

De modo a possibilitar a realização desta investigação foram executados, além da revisão de literatura, alguns procedimentos metodológicos necessários à consecução dos objetivos, descritos, a seguir, em forma seqüencial: a implantação do equipamento de dados ambientais e a aquisição dos dados meteorológicos de superfície, aquisição de imagens de satélite, análise dos dados meteorológicos e ambientais (tbs e tsi) e determinação do episódio escolhido para análise e extração do dia experimental. Na seqüência, têm-se a escolha do dia experimental, a elaboração dos respectivos gráficos e a análise do comportamento das casas ocupadas, por meio de tabelas e gráficos.

1) implantação da estação meteorológica CR10 Campbell Scientific Inc. de aquisição automática de dados, na comunidade de Las Mercedes, conforme figura 5, com o propósito de adquirir dados climáticos, diários, em intervalos de 1 (uma) hora, cujos registros foram feitos a cada 30 (trinta) segundos, com totalizações a cada 1 (uma) hora. Observa-se que a Organização Mundial de Meteorologia – OMM estabelece registros a cada 60 segundos, estabelecendo-se médias a cada hora (WMO, 2001).

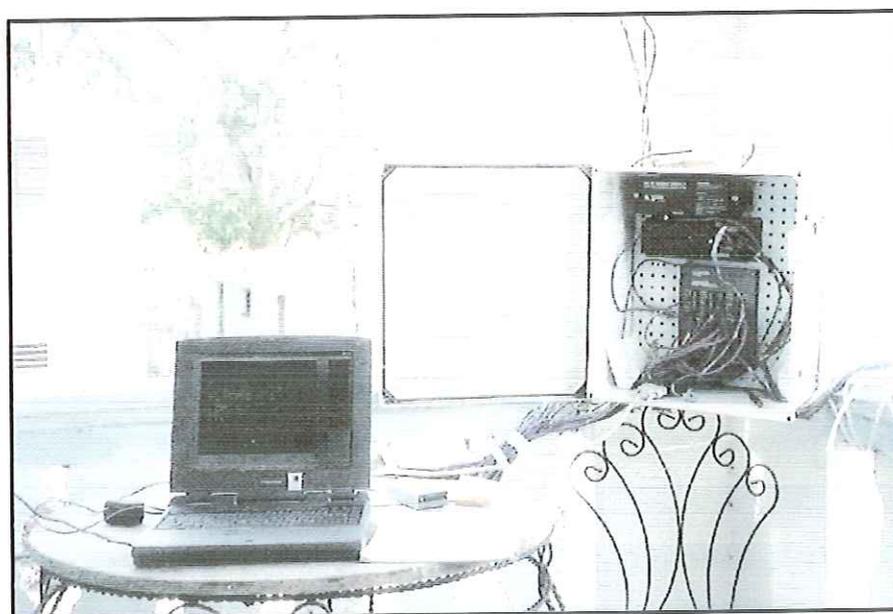


Figura 5: Estação meteorológica automática, CR10 Campbell Scientific Inc, instalada na (varanda) da casa 6, bloco 1. Em detalhe: o sistema de monitoramento e armazenamento de dados; conexão dos termopares (cabo azul), um sensor de temperatura e umidade relativa do ar (parte superior da caixa) e um computador portátil (*notebook*). (Foto Adeildo Cabral da Silva, 2001)

Foram monitorados os elementos atmosféricos externos: temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar global, velocidade e direção do vento (na altura de aproximadamente 6 metros). A estação meteorológica automática CR10, por meio de equipamento de aquisição e armazenamento (*datalogger*, AM416, com 32 canais para conexão dos termopares tipo T), possibilitou o monitoramento no interior dos ambientes, dos seguintes parâmetros climáticos: temperatura de bulbo seco (tbs) e temperaturas superficiais (teto).

2) Foram observadas imagens de satélites NOAA E GOES – USA (extraídas do *site*: Web CPC/NCEP (<http://wesley.wwb.noaa.gov/>) e NCEP/NCAR Reanalysis (<http://www.cdc.noaa.gov/>), via rede mundial de computadores (internet). No decorrer de toda investigação foram adquiridos dados sinópticos (resumos) do Instituto de Meteorologia de Cuba - INSMET, procurando-se integrar as condições da circulação regional da atmosfera com os dados climáticos obtidos na superfície em San Antonio de Los Baños, por meio do monitoramento automático. As imagens de satélites foram consultadas com objetivo de acompanhamento dos estados atmosféricos regionais (como exemplo a visualização da passagem de frentes frias na região), no período do experimento, via Internet (ano de 2002), como mostra a figura 6.

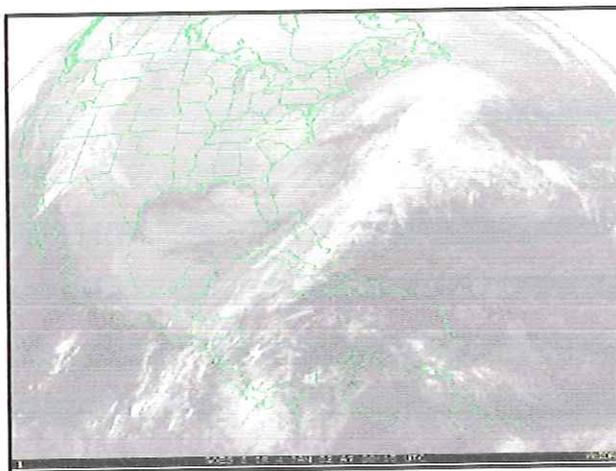


Figura 6: Imagem do satélite GOES 8 para o dia 04/01/2002 (AT 00:15 UTC), mostrando o avanço da massa de ar polar continental – (cP) sobre o território cubano.  
Fonte: <http://wesley.wwb.noaa.gov/>

3) Foi realizada análise dos dados de superfície e determinação do episódio representativo do período monitorado, cujo episódio escolhido descreveu uma situação de transição

primavera-verão (segundo Lecha et al. (1994), o período pode ser identificado como situação de transição inverno-verão para o território cubano, segundo, o regime de precipitações), de 27 de abril a 13 de maio de 2002, com predomínio de uma massa de ar quente e úmida, sobre a região marítima Tropical (mT), o que provocou as altas temperaturas externas. Segundo o acompanhamento da análise sinótica para os anos de 2002, 2003 e 2004, do INSMET, foi possível observar situações de excessivo calor nos meses de abril e maio dos referidos anos para o território cubano, sendo, portanto situações sinóticas de predomínio de uma massa de ar quente e úmida.

4) Foram confeccionados gráficos para o episódio representativo, no sentido de possibilitar a análise das variações dos elementos climáticos, como temperatura externa em relação à temperatura interna e, ainda, feita avaliação do comportamento térmico do interior das casas ocupadas, diferente do desempenho térmico que pressupõe a utilização de padrões de referência, comparativo a outras situações definidas anteriormente analisadas, uma vez que o desempenho existe em função das demais situações similares e, portanto, exige sempre um padrão de comparação. Enquanto que o comportamento térmico de ambientes interiores utilizados nessa investigação, pode ser mais facilmente estudado, visto que basta analisar a sua resposta térmica em função do tempo de exposição às condições climáticas (Vecchia,2003).

5) Foram selecionadas todas as 14 casas ocupadas do SubPrograma XIV *Tecnología Para Viviendas de Interés Social* - (HABYTED), Proyecto XIV.5 “Con Techo” – Programa (10X10) - (CYTED) para serem monitoradas, tendo sido identificadas segundo os objetivos da investigação quanto à orientação de implantação no terreno: casas do número 1 até casa 6 no bloco 1, as casas 7 a 11 no bloco 2, e finalmente, as casas 12, 13 e 14 do bloco 3.

Para coletar os dados do comportamento térmico das casas foram instalados sensores na sala de cada uma delas, conforme figura 7, cujos parâmetros coletados foram:

- temperatura superficial (teto), em detalhe na figura com círculo vermelho.
- temperatura de bulbo seco (tbs), no detalhe com círculo azul.

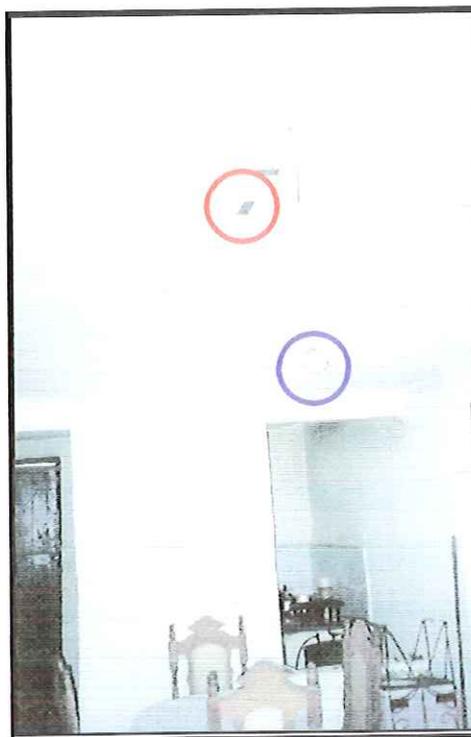


Figura 7: Sala da casa 6 produzida com sistema construtivo Mexicano (abóbada de argamassa armada) que compõe o Bloco 1. Verifica-se sensor (termopar) para temperatura superficial (teto), em detalhe, no círculo vermelho, bem como, o sensor (termopar) para monitoramento da temperatura interna do ar (tbs)

Foto: Adeildo Cabral da Silva, 2001

A temperatura de bulbo seco foi tomada a uma altura de 1,85 m do chão (abrigo de proteção tubo de PVC) e os valores das temperaturas superficiais (temperatura do teto), por meio de termopares tipo T (cobre/constantan), conectados ao *datalogger*. O sistema de aquisição de dados possibilitou o monitoramento de todas as casas simultaneamente.

No período estudado, entre janeiro a dezembro de 2002, os dados foram coletados e armazenados no *datalogger* e, posteriormente, durante as visitas de campo a San Antonio de Los Baños (intervalos de aproximadamente 15 dias) os dados foram descarregados, por

meio do *storage module* (módulo de armazenamento) para, em seguida, serem transferidos ao microcomputador, via software de programação PC208 W (programa específico da Campbell Scientific Inc.) com interface de comunicação SC32A e, finalmente, enviados (Internet) ao Brasil, para tratamento e análise.

Para análise e confecção dos gráficos da temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento e da radiação solar global foi utilizado o programa Microsoft (*Excel for Windows*).

O desenvolvimento da pesquisa foi fundamentado no trabalho realizado por Vecchia (1997), que utilizou a abordagem dinâmica do clima, por meio de episódios representativos do fato climático, para o estudo e análise de eventos do Conforto Humano afeito ao Ambiente Construído no Sudeste do Brasil, assim como, o trabalho *Chiapas* (México) Vecchia (2002), que trata do comportamento térmico das 14 casas do *Proyecto XIV.5* “Con Techo” – Programa (10X10) - (CYTED) em San Antonio de Los Baños. Para o autor, é possível analisar por meio dos episódios representativos, que expressa situações peculiares do tempo atmosférico, o comportamento térmico de um determinado ambiente interno ou externo.

Na escolha do episódio representativo foram observadas as características que podem determinar a diferença entre os episódios como: a maior ou menor intensidade e duração de permanência de cada massa de ar que atua em um determinado local, sendo de características polar ou tropical. Para Vecchia (1997), os períodos de monitoramento considerando essa essência, e podendo representar os tipos de tempo, por meio de uma única seqüência característica de cada massa que avança, com características próprias, com peculiar rigor e duração, que na proporção do deslocamento e domínio sobre a região.

Para Monteiro (1976), a pesquisa do clima da cidade implica obrigatoriamente em observação fixa permanente, bem como, trabalho de campo com observações móveis e episódicas. Apesar da investigação se localizar em uma área da comunidade agrícola de Las Mercedes, portanto rural, essas recomendações do autor, também se pode aplicar em situação de monitoramento em microescala para pequenas comunidades, determinados pela microrrugosidade do terreno e edificações e de análise temporal com registro em minutos e horários.

Seguindo a orientação metodológica proposta, a seleção do episódio se deu pelo acompanhamento dos sistemas atmosféricos regionais, por meio de observações dos dados em terra pela estação meteorológica automática implantada em Las Mercedes. Também, foram usados como referencial, os dados meteorológicos da estação de Casablanca (localizada no município de Havana, 23° 16' Lat. Norte), como a interface dos dados meteorológicos com as imagens de satélite (NOOA-USA) e resumo sinótico obtido do Instituto de Meteorologia de Cuba - INSMET.

Em relação aos dados meteorológicos gerados a partir da estação de Casablanca (23° 16' latitude. Norte) e de sua importância como referência para essa investigação, pode-se considerar a investigação desenvolvida por Tablada de la Torre (2002), que faz parte de uma pesquisa de Doutorado (*Postgraduate Centre Human Settlements, Kuleuven, Belgium*) sobre conforto térmico em edifícios novos inseridos em uma área específica do Centro Histórico de Havana Velha em Cuba. Em seu estudo, Tablada de la Torre (2002) utiliza os dados dos valores diários da estação meteorológica de Casablanca, como referência, para o mês de agosto, em sua pesquisa de doutorado intitulada “Courtyard Buildings in Warm-Humid Climate A Comparative Climatic Analysis of Two Different Proposals for the Historical Centre of Old Havana”, pelo *Postgraduate Centre Human Settlements, Kuleuven, Belgium*. E que apresenta como objetivo principal avaliar as condições térmicas em recinto fechado, comparado com a temperatura do ar via programa de simulação.

A escolha da escala temporal (episódios representativos do fato climático) foi determinada de acordo com os propósitos do objetivo desse estudo afeito ao ambiente construído, bem como do tempo de amostragem do monitoramento. Portanto, utilizou-se a escala instantânea (tempo real), considerando informações meteorológicas horárias.

Quanto à escala espacial, utilizou-se a escala microclimática, devido ao fato de se tratar de pequenos espaços (casas ocupadas). Essa escala tem como unidade de superfície alguns metros, com uma escala cartográfica de até 1:2000, que corresponde à representação de setores de habitação. Portanto, adequada a atender aos objetivos propostos nessa investigação, como mostra o quadro 3.

Quadro 3: Abordagem Climatológica na Matriz Espaço-Tempo para San Antonio de Los Baños, Cuba

E		REGIONAL	LOCAL	URBANO		
				MESO	TOPO	MICRO
A N O	(Lecha et al.,1994) 1941-1995					
	2002	Eixo →	HAVANA SAN ANTONIO ALQUIZAR SAN ANTONIO DE LOS BAÑOS			
EPISÓDIO (situação dada) 2 a 6 /1/2002 ↓ 27/4 a 13/05/02		Circulação Secundária Regional (análise sinótica)	HABANA Estação Meteorológica de Casablanca	Município de San Antonio de Los Baños		
MOMENTO (Partes da situação dada)						Habitações Las Mercedes

Adaptado de Monteiro & Tarifa, (1977)

Organização: Adeildo Cabral da Silva

*a) Instalação de equipamentos*

Na instalação dos termopares, entre os blocos, foram utilizados meios alternativos por falta de equipamentos apropriados (como mostra a figura 8), com a colaboração dos moradores de San Antonio de Los Baños, na instalação dos cabos (termopares) da casa 6 bloco 1 a casa 9 bloco 2, com distância de aproximadamente 15 metros.

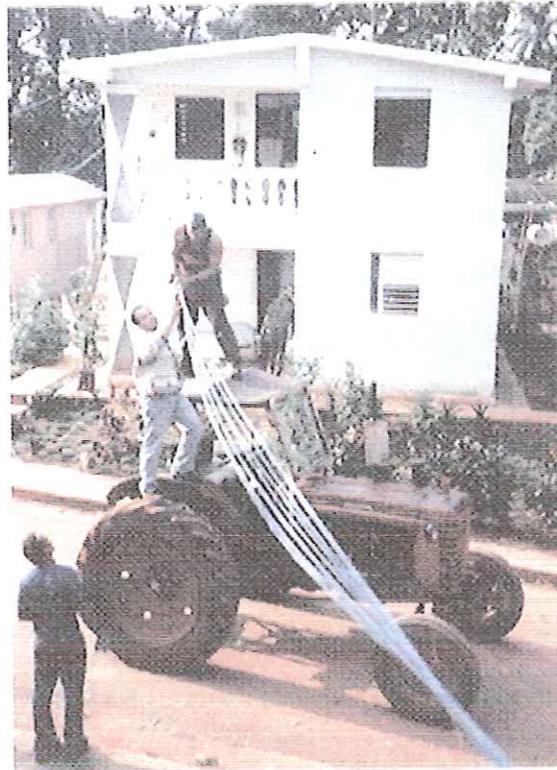


Figura 8: Instalação dos termopares entre a casa 6 (bloco 1), onde foi instalada a estação meteorológica CR 10 e a casa 9 (bloco 2). Em destaque, a utilização do trator pela equipe para instalação dos cabos, com ajuda do condutor.

Foto: Adeildo Cabral da Silva, 2001

Em cada casa foram fixados dois sensores (termopares tipo T - cobre-constantan), sendo distribuídos da seguinte maneira:

- 01 (um) termopar fixado na superfície do teto a uma altura de, aproximadamente 2,80m do chão, para registrar a temperatura superficial interna. No total foram 9 pontos de monitoramento (sensores), sendo um sensor em cada habitação;

- 01 (um) termopar tipo T para temperatura de bulbo seco (tbs), a uma altura de 1,85 m do piso, num total de 14 pontos de monitoramento, com a proteção de PVC (*shield*) branco (10cm), como um abrigo, tendo por finalidade evitar influências e possíveis perturbações no registro e monitoramento da temperatura do ar interna pelos termopares. Destina-se à avaliação do comportamento térmico do ar ambiente, no interior das casas ocupadas e que envolve mecanismos de troca de calor por condução, convecção e radiação.

*b) Sistema automático de aquisição de dados e descrição do equipamento*

A Estação Meteorológica Automática, instalada em Las Mercedes (Cuba):

- 01 CR 10 (Datalogger) - *Datalogger Campbell Scientific Inc* (Campbell Scientific, 2002). O sistema disponibiliza um terminal para conexão de 12 sensores e incluindo uma porta de comunicação de 40 Kb de memória RAM interna;
- 01 Sensor de temperatura - (-35 a 50<sup>0</sup>C) e umidade relativa do ar (0 a 90%), HMP35C-U – modelo Vaisala;
- 01 bateria de recarregável de 12 V (PS12 LA);
- 01 Sensor de radiação solar global (Piranômetro), kipp & Zonen;
- 01 Abrigo meteorológico para sensor de temperatura e umidade relativa do ar, não aspirado, R.M. Young;
- 01 Anemômetro/01 Anemoscópio – R.M. Young anemômetro (0 a 60m/s). Wind Sentry (direção e velocidade);
- 01 Pannel solar - produção de energia (SOLAREX / classe C – 1000/W.m<sup>2</sup> AM 1.5 – CELL T. Detalhe na figura 9). Pode-se observar ainda na figura 9, a localização dos sensores de direção e velocidade do vento instalados na casa 6 do bloco 1 (com abóbada de argamassa armada - México).



Figura 9: Fachada principal da casa 6 Bloco 1 (sistema construtivo: abóbada de argamassa armada - México). Local onde se encontra instalada a estação automática climatológica CR10, sendo possível identificar, em detalhe na cor vermelha, sensores de direção (anemoscópio) e velocidade do vento (anemômetro), a altura aproximada de 6 metros. Ao lado esquerdo, percebe-se o painel solar (na foto menor detalhe do painel para produção de energia). Foto: Adeildo Cabral da Silva, 2001.

O sistema de aquisição de dados referentes ao comportamento térmico das casas ocupadas é composto de duas unidades básicas: um *Datalogger* CR10 e um multiplexador AM416, de 32 canais de aquisição de dados, que fazem a coleta automática e o armazenamento dos dados registrados pelo sistema de aquisição, que coleta os dados das temperaturas de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e temperaturas superficiais, no interior das 14 casas ocupadas.

Os componentes de apoio são constituídos de:

- 01 filtro e conector (SR32A), para conexão e comunicação entre microcomputador, *storage module* e *Datalogger* (interface de comunicação direta);
- 01 conector com alimentador para conexão entre microcomputadores e os módulos de armazenamento para transporte dos dados coletados (*storage module*); e
- 01 *software* PC208W, para a programação.

### 3.1 Determinação do episódio representativo de 27 de abril a 13 de maio de 2002 em San Antonio de Los Baños, Cuba

Com ênfase no objetivo principal da investigação, o comportamento térmico de moradias em clima tropical, procurou-se durante a seleção do episódio, envolver situações de extremo calor que pudessem representar a situação real de excessivo calor no interior dos ambientes.

A seleção do episódio se deu pela análise dos doze meses do ano de 2002 monitorados pela estação meteorológica CR10 e, ainda, observando a divisão estacional de período chuvoso (maio a outubro) e período pouco chuvoso (novembro a abril), existente em Cuba. Assim, foi possível considerar as características do regime de precipitações, em relação às situações de estresse de calor úmido ou seco.

O episódio representativo do fato climático compreendido entre o período de 27 de abril a 13 de maio de 2002 (transição de inverno-verão) foi escolhido para a caracterização e a análise devido ao fato da representatividade permitida pelas condições atmosféricas, notadamente, pela constatação do registro das mais elevadas temperaturas em Las Mercedes, San Antonio de Los Baños. Para o ano de 2002, a mais elevada temperatura ocorreu precisamente, no dia 03 de maio de 2002, com valores que alcançaram até 36,2°C. Houve, também, a queda nos níveis de umidade relativa do ar (aproximadamente 50 %) que representa um valor baixo se comparado com a média anual que é próximo do 80%. Conforme afirma Lecha et al. (1994), os valores mínimos da umidade relativa, registrados ao meio dia, pode chegar a alcançar valores notavelmente baixos, entre 30 e 40% nos meses finais do período pouco chuvoso do ano para o território cubano.

Quanto à atuação dos sistemas da circulação atmosférica em escala regional, pode-se assegurar que, no período de maio a outubro, atua sobre o país, o domínio de influência do anticiclone subtropical do Atlântico Norte (também denominado de Açores-Bermudas).

Por esse motivo, o País se encontra quase constantemente (território cubano em destaque vermelho), sob ação de uma massa de ar Tropical Marítima (mT) com característica quente e úmida, como ilustra a figura 10.

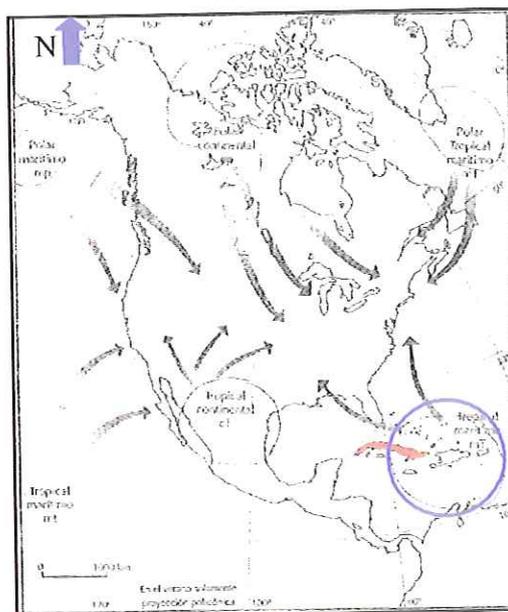


Figura 10: Mapa da América do Norte e Central, em detalhe o arquipélago cubano e os centros de ação e massas de ar que atuam no hemisfério Norte. Fonte Ayllón (1996)

Nesse período em que ocorreu a atuação da massa Tropical Marítima (mT), sobre a região (em detalhe no círculo azul), figura 10, apresentando característica quente e úmida para esse período do ano (transição inverno-verão), também referenciado como período de transição, entre a fase pouco chuvosa para período das chuvas em Cuba (Lecha et al., 1994).

Pode-se dizer que, devido a atuação dessa massa de ar, de característica quente e úmida, sobre a região ocidental do território cubano, para estabelecer uma situação sinótica que caracterizou o estado de tempo dominante sobre a área da investigação, com presença de tempo claro e ensolarado (com altos valores de radiação solar global) e pouco propício a formação de nuvens, essa situação sinótica ocorre com certa frequência na região e está associada a presença do anticiclone subtropical do Atlântico Norte. Essa situação meteorológica, segundo Lecha et al. (1994), é típica dos meses de julho a agosto e que se denomina em diversas partes do Caribe e, também, nos Estados Unidos como “*verano de*

*San Juan*". Segundo o autor, essa condição meteorológica que pode durar entre 20 e 30 dias, em alguns anos, pode-se estender até períodos de 40 a 60 dias.

Essa situação sinótica sobre a região ocidental do território cubano (localização de San Antonio de Los Baños) apresentou para o mês de maio de 2002, características que, segundo resumo mensal do INSMET (2002), o mês de maio pode ser considerado como quente e em determinados dias muito quente. Portanto, a escolha do episódio representativo recai sobre o período de 27 de abril a 13 de maio de 2002, que apresenta elevados valores da temperatura do ar e que em determinadas estações meteorológicas de Cuba (exemplo de Casablanca, Bainoa, e Santa Lucía, todas na região ocidental do território cubano), esse valor corresponde às máximas temperaturas para décadas de monitoramento.

Em entrevista para o jornal Granma Internacional (01 julho de 2004, Havana, Cuba) o pesquisador do Centro Nacional do Clima, Doutor Braulio Espinosa, adicionou a seguinte informação a respeito dos elevados valores da temperatura do ar para ilha de Cuba que faz referência a elevados valores para o mês de maio: "em 21 de junho impôs-se um recorde de temperatura máxima em Havana. Nesse dia, a estação meteorológica de Casablanca registrou uma temperatura de 36,2°C, às 13h30. A temperatura máxima anterior (35,8°C) tinha sido registrada em 2 de maio de 1923. Esse registro tinha sido equiparado em 26 de agosto de 1998. Agora, seis anos mais tarde, foi superado" (GRANMA, 2004).

Esses dados contribuem para referendar os valores adquiridos pelo monitoramento automático em Lãs Mercedes, San Antonio de Los Baños, cujo maior valor registrado foi de 36,2°C, no dia 03 de maio de 2002.

Na figura 11, tem-se a descrição dos elementos do tempo (meteorológico) para o episódio compreendido entre o período de 27 de abril a 13 de maio de 2002 (transição inverno-verão segundo Lecha et al. 1994), monitorados pela estação climatológica instalada em San Antonio de Los Baños (22° 50' lat. Norte e altitude 46m), Cuba.

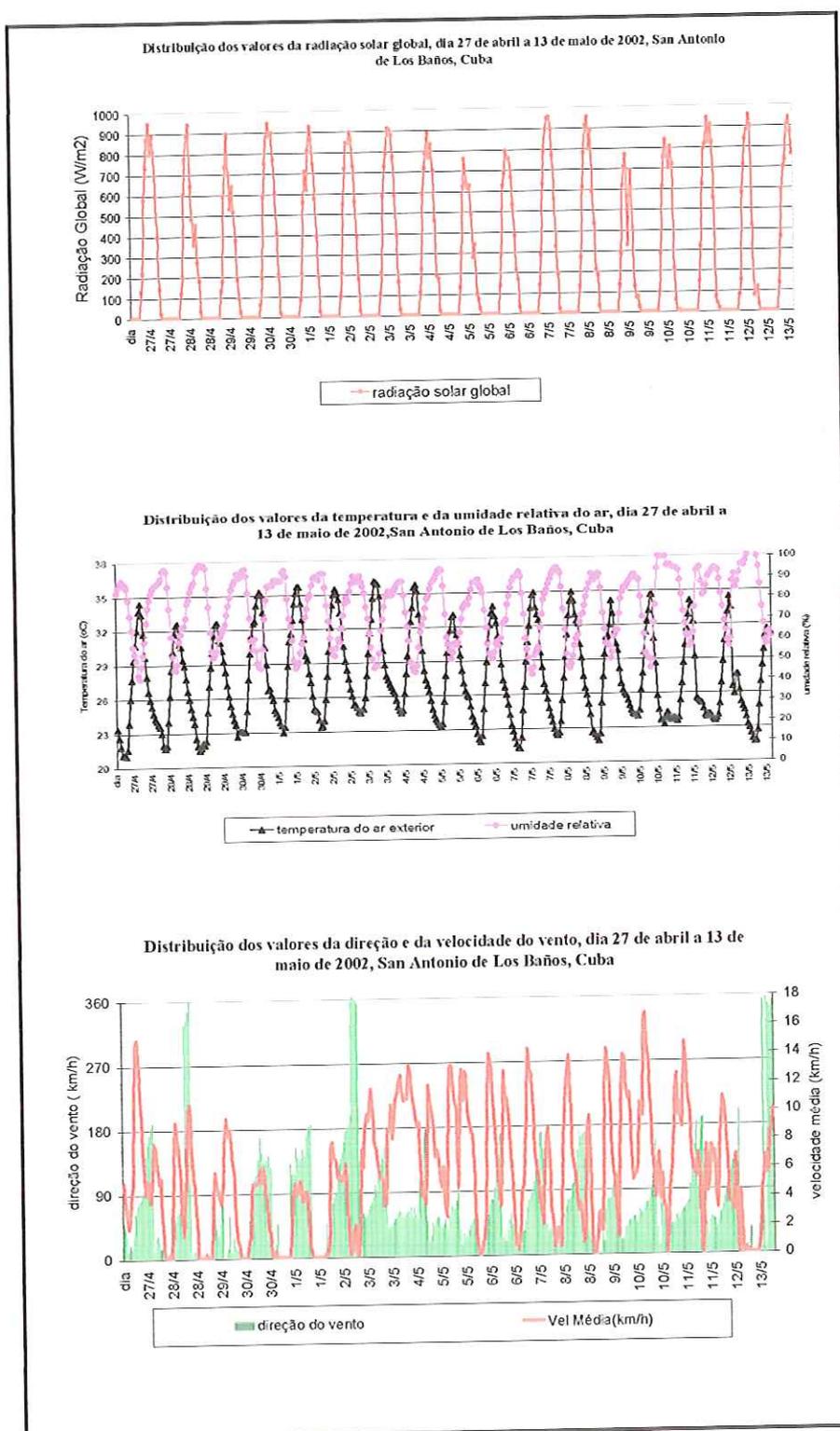


Figura 1: Descrição dos elementos do tempo (meteorológico) para o episódio compreendido entre o período de 27 de abril a 13 de maio de 2002, monitorados pela estação meteorológica instalada em San Antonio de Los Baños. Organização: Adeildo Cabral da Silva

A análise dos resumos sinóticos do INSMET para o mês de maio, observados os anos de 2002, 2003 e 2004, mostra maio como o mês de transição que se inicia o período da estação das chuvas em Cuba, e, também, apresenta um alto conteúdo de umidade sobre o território. Uma outra característica desse mês é predomínio da pequena influência de altas pressões e bom tempo com elevadas temperaturas. Essa situação provocou, praticamente, em todos os anos analisados, o registro alguns valores máximos de temperatura do ar para costa ocidental (localização do município de San Antonio de Los Baños), e também, para costa oriental (região que apresenta os mais elevados valores da temperatura do ar no território cubano), conforme mostra os quadros 4 e 5, tomados como representativos para as regiões.

O quadro 4 mostra valores da temperatura máxima do ar para o mês de maio dos anos de 2002, 2003 e 2004, em estações meteorológicas tomadas como referência pelos registros dos maiores valores da temperatura máxima (INSMET 2002, 2003 e 2004), em um primeiro momento, representada pela região da província de Havana e a cidade de Havana, onde se localiza San Antonio de Los Baños, localidades representativas das elevadas condições de calor para região ocidental de Cuba.

Quadro 4 - Valores da temperatura máxima do ar para o mês de maio dos anos de 2002, 2003 e 2004, para a província de Havana.

temperatura do ar máxima exterior	dia	ano
34,6°C*	04/05	2002
35,4°C	05/05	2003
36,3°C	30/05	2004

Fonte: INSMET 2002; 2003; 2004

O quadro 5 representa os valores da temperatura máxima do ar para costa oriental. Essa região, conforme foi apresentado anteriormente, registra os mais elevados valores da temperatura do ar sobre o território cubano.

A província de Granma (região oriental do território cubano) registrou, efetivamente, os valores mais elevados de todas as províncias que têm os dados de temperatura máxima do ar representados nos resumos sinóticos mensais do INSMET, segundo o quadro 5.

Quadro 5 - Valores da temperatura máxima do ar para o mês de maio dos anos de 2002, 2003 e 2004, para a província de Granma (região oriental do território cubano).

estação meteorológica	temperatura do ar máxima exterior	dia	ano
<i>Manzanillo</i>	37,2°C*	09/05	2002
<i>Jucarito</i>	35,7°C	11/05	2003
<i>Veguitas)</i>	37,9°C	12/05	2004

Fonte: INSMET 2002; 2003; 2004

Vecchia (1997) utilizou os conceitos de tipos de tempo, propostos por Monteiro (1968), para analisar a validade da aplicação de episódios representativos do fato climático na avaliação de desempenho térmico no ambiente construído e no espaço urbano. O autor, também empregou episódios representativos para avaliação de comportamento térmico em San Antonio de Los Baños (Vecchia, 2002).

Pode-se afirmar que essa proposta para estudo e caracterização do clima, a partir de episódios representativos de períodos específicos, recortados de acordo com a necessidade de cada investigação e obedecendo a gênese do clima, permite análise mais apurada e conclusões mais próximas da realidade e, principalmente, ressalta por meio de curtos períodos de tempo, o que sob a ótica da dinâmica de crescimento urbano é, absolutamente, imprescindível.

A investigação utilizou episódios representativos como instrumento de avaliação de comportamento térmico das 14 casas do Proyecto XIV.5 “Con Techo” – Programa (10X10) em Las Mercedes, por constituírem períodos de observação que representam padrão de comportamento, por meio das flutuações, provocadas por uma única seqüência peculiar de massas (quente ou fria) que avança sobre uma determinada região, com características próprias, com particular rigor e duração, e que ainda, pode expressar as principais condições atmosféricas local.

### 3.2 Escolha do dia representativo experimental

A escolha do dia representativo experimental recai sobre os registro de valor máximo da temperatura de bulbo seco, com base em elementos aplicados (Normais Climatológicas) e nos dias conhecidos (monitorados) para uma situação de extremo calor. Dessa maneira, pode-se determinar o dia de referência, cuja relevância está na comprovação científica de uma situação peculiar de máximo calor e, portanto, pode-se aceitar sua representatividade como ferramenta metodológica para futuras avaliações (prognóstico) de comportamento térmico de edifícios.

A escolha do dia representativo experimental é possível mediante a observação de um roteiro metodológico, que têm sua formação na integração dos valores das temperaturas máximas retiradas das séries climatológicas e dos valores obtidos a partir de registro de um dado seguimento temporal representativo, do ponto de vista de situação crítica de calor. O objetivo desse processo metodológico é gerar uma resposta confiável, no intervalo de tempo menor em relação ao comportamento térmico, que venha atender objetivos previamente determinados para uma investigação vinculada ao ambiente construído.

Com base em série climatológica (as normais climatológicas se referem a períodos de 30 anos de registros) e de dados coletados em uma curta seqüência temporal (exemplo de episódio representativos do fato climático) que, segundo Monteiro (2001), justifica a utilização de dados meteorológicos disponíveis em pontos selecionados em anos tomados, como padrões representativos da “habitualidade” climática, torna-se possível determinar o dia representativo experimental para avaliação do comportamento térmico de habitações.

Uma etapa importante durante o processo de escolha do dia experimental, é a possibilidade de correção de possíveis imprecisões, quando do uso de períodos estanques recortados aleatoriamente das séries climatológicas, desvinculados da abordagem dinâmica como instrumento de interpretação do clima e de sua gênese, não sendo considerados os mecanismos da circulação atmosférica.

A escolha do dia representativo experimental expressa uma possibilidade de agregar uma contribuição metodológica no campo da avaliação do comportamento térmico de edificações. Esse processo metodológico tem por finalidade principal propor e testar o emprego do dia representativo e a sua possível capacidade de responder, em um breve

seguimento temporal, sobre a representatividade do clima, bem como sobre o comportamento térmico de uma edificação, possibilitando-se conhecer, avaliar e indicar adequação, se necessárias, para edificações avaliadas frente às variações impostas pelo clima, em situação de possível estresse de calor.

O objetivo esperado com a utilização do dia representativo experimental é estabelecer resultados, de maneira que as informações captadas em curtos intervalos sejam capazes de atender às necessidades do projeto (ou implantação) quanto à adequação das condições de comportamento térmico dos sistemas construtivos.

O resultado da análise preliminar da utilização do dia representativo experimental para avaliação de comportamento térmico de edificações pode ser identificado em três momentos distintos, porém, juntos: o primeiro de cunho eminentemente teórico-metodológico, que se apropria de maneira positiva da abordagem dinâmica do clima, aliada às informações armazenadas pelo período das Normais Climatológicas, com finalidade de alimentar o processo de escolha do dia representativo.

O segundo momento trata da questão experimental que é expressa pelo conjunto de dados climatológicos que são gerados, em um dado seguimento temporal, e que tem como objetivo principal alimentar um banco de informações que visa atender uma necessidade de uma investigação técnica-científica. Todo esse conjunto de informações é incorporado aos tópicos (clima da região e dados climatológicos) existentes, onde se estabelece o dia representativo experimental.

A última etapa representa uma experiência de agregar uma contribuição metodológica experimental no campo do comportamento térmico, de modo a testar a aplicação do dia representativo experimental e a sua possível capacidade de avaliação do comportamento térmico de edificações em breves seguimentos temporais, com a finalidade de indicar adequações térmicas necessárias às edificações avaliadas frente às excitações impostas pelo clima, em situação de possível estresse de calor ou de frio. Para corroborar com o uso do dia experimental, pode-se citar a seguinte afirmação de Lecha et al (1994), que assegura a necessidade de tipificar o regime térmico de Cuba, a partir do comportamento das temperaturas extremas diárias do ar e não se utilizando as máximas das médias desse elemento, na justificativa de que as médias não traduzem, as possíveis situações de estresse máximo de calor, uma vez que esses valores são diluídos na média.

#### 4. Características dos Sistemas Construtivos Empregados em Las Mercedes, San Antonio de Los Baños, Cuba

Sobre as características construtivas utilizadas para a construção das moradias, o CTDMC (2001) assegura que, em geral, todas as soluções aplicadas são econômicas, duráveis e de rápida execução e que apresentam reduzido consumo de aço e de cimento. Em face de sua massa pequena dos elementos construtivos, são elementos fáceis de manipular e não requerem, para sua montagem, equipamentos para içar, o que permite sua produção em pré-fabricados e produzidos industrialmente (produção das peças padronizadas) ou na área da própria construção (produção individual das peças), como o exemplo do trabalho das *microbrigadas* na comunidade de Las Mercedes.

A figura 12 serve como esquema didático para mostrar os vários sistemas construtivos utilizados em Cuba, identificando a localização dos blocos (1, 2, e 3), a tecnologia construtiva utilizada e quais os países responsáveis pelo processo de transferência de tecnologias construtivas por meio do SubPrograma XIV Tecnologia Para Viviendas de Interés Social - (HABYTED) Proyecto XIV.5 “Con Techo”, sendo a primeira experiência do Programa (10X10).

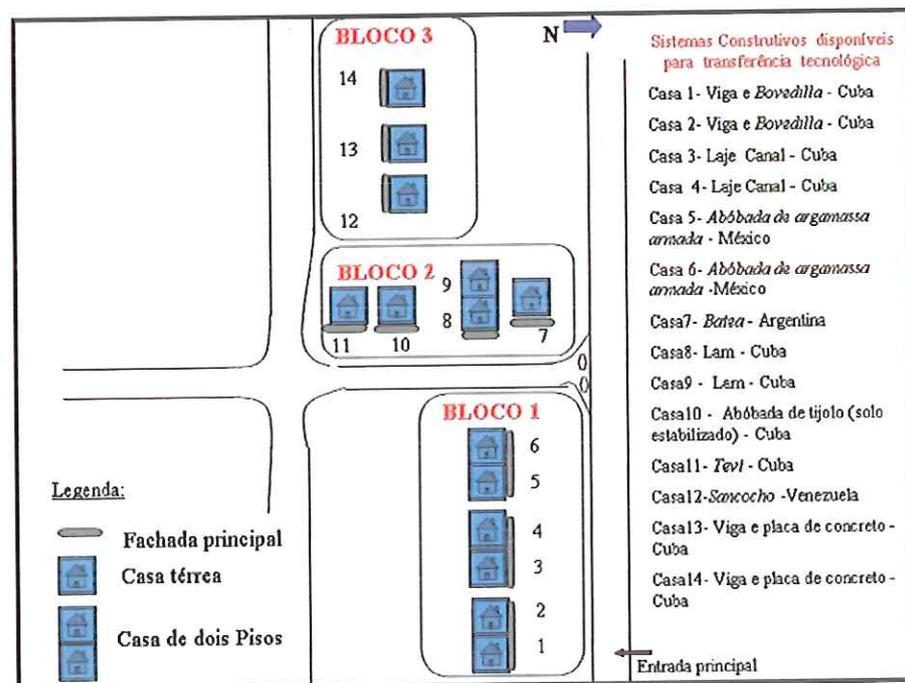


Figura 12: Localização dos sistemas construtivos utilizados em Cuba, (sem escala)  
 Fonte: Centro Técnico para o Desenvolvimento de Materiais para Construção (CTDMC, 2001) Organização: Adeildo Cabral da Silva

**SISTEMAS CONSTRUTIVOS (BLOCO 1)**  
(Orientação: Norte-Sul)

**SISTEMA DE VIGA E BOVEDILLA (abóbada pequena)**  
origem do sistema: Cuba  
CASAS 1 E 2



Figura 13: Moradias 1 e 2, dois pisos – sistema construtivo de viga e *bovedilla* (abóbada pequena) origem do sistema: Cuba. Foto: Adeildo Cabral da Silva

**SISTEMA CONSTRUTIVO**

Habitação de dois andares com 60m<sup>2</sup> (cada piso), com sala de estar, sala de refeição, cozinha, dois quartos, banheiro, varanda e área de serviço. Cada família ocupa um piso com acesso individual (no detalhe na figura 13 a escada de acesso para o piso superior)

**FUNDAÇÃO**

Na composição da sapata foi utilizado concreto armado, com resistência 20 MPa com pedras encaixadas com cimento. A sapata é formada com bloco canal de 250x200x500 mm. Existe um reforço de aço constituído de 3 barras de 10 mm e estribos espaçados a 200 mm.

### PAREDES

Formadas por blocos de cimento tradicional com dimensões de 150x200x400mm, produzidos em um local próximo da construção.

### COBERTURA

Foi concebido com bagaço e adicionado cimento para ser uma solução alternativa a partir de tábuas de bagaço de cana aglutinado com cimento e prensado em uma indústria de alto nível tecnológico. Este material é usado em vigas pequenas e em tábuas finais. Por não chegar o material inteiro na hora certa, foi usado uma solução tradicional de vigas pequenas prensadas e abóbadas de concreto com pasta de concreto e malha de aço.

### PAVIMENTO

O entrepiso do sistema Lam consiste em vigas pequenas de concreto pré-moldado (podem ser com armadura simples) espaçado a 600mm e abóbadas de concreto rebaixadas sem aço em forma de simplesmente abóbada apoiada.

## **SISTEMA DE BLOCO PAINEL E LAJE CANAL**

**origem do sistema: Cuba**

**CASAS 3 E 4**

### SISTEMA CONSTRUTIVO

Habitação de dois andares de 60m<sup>2</sup>, com de sala de estar, sala de refeição, cozinha, dois quartos, banheiro, varanda e área de serviço. Cada família ocupa um piso com acesso individual.



Figura 14: Moradias 3 e 4, dois pisos bloco 1. detalhe da fachada principal  
Foto: Adeildo Cabral da Silva

### FUNDAÇÃO

Na sapata foi utilizado concreto armado em pedra (original da região) sobre concreto. A sapata é formada com blocos canal de 250x200x500mm. Em seu interior 3 barras de aço de 10mm que são colocadas com arcos triangulares espaçados a 200mm.

### PAREDES

O bloco construtivo de sistema painel consiste em colunas de concreto armado de 110x110mm, espaçadas a 1.040mm. As faces possuem alguns canais comprimidos onde são unidas as cabeças dos blocos. Entre blocos de colunas de concreto de 920, 780 ou 520mm é colocado um módulo (módulo de  $\frac{3}{4}$  ou módulo de  $\frac{1}{2}$  respectivamente) com largura de 110mm e 200mm. O concreto é colocado nas uniões entre blocos e na união das paredes de coluna.

### FECHAMENTO

Concreto armado de 20MPa confeccionado no local com seção de 150x200mm reforçada com 4 barras de 12 mm e estribos espaçados a 150mm.

### PAVIMENTO E COBERTURA.

É composto de uma laje canal de concreto armado 500 mm de largura e 25 mm de espessura, produzido em polígono próximo, com moldes de concreto e proteção de madeira (figura 15).

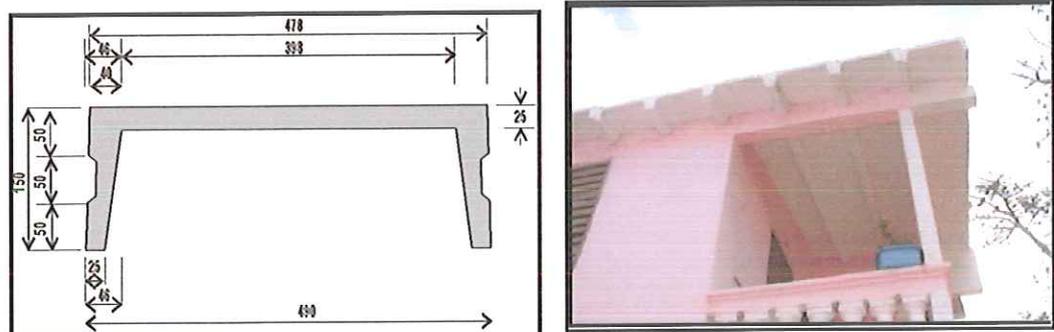


Figura 15: Detalhes das seções da cobertura laje canal – Cuba

Organização: Gabriel Castañeda Nolasco.

Foto: CTDMC (2001)

Com um peso máximo de 120kg, permite a manipulação manual por 4 homens. Concreto (17,5MPa) Reforço principal: vara 10 ou 12mm para cobertura e entrepiso respectivamente soldado. No canal das lajes é colocado um concreto nivelador e aplicado impermeabilizante. Neste caso, uma manta asfáltica.

### PRODUÇÃO DE COMPONENTES

Foram produzidas as colunas de concreto armado para paredes em um polígono de produção em moldes metálicos e os blocos em uma planta industrial. Porém, ambos podem acontecer em polígonos pequenos próximos do trabalho.

### **SISTEMA ABÓBADA<sup>3</sup> DE ARGAMASSA ARMADA origem do sistema: México CASAS 5 E 6**



Figura 16: Moradias 5 e 6, dois pisos, fachada principal, lateral de acesso para o 2º piso  
Foto: Adeildo Cabral da Silva

### SISTEMA CONSTRUTIVO

Habitação de dois pisos de 60m<sup>2</sup>, com Sala de estar, sala de refeição, cozinha, dois quartos, banheiro, varanda e área de serviço. Cada família ocupa um piso com acesso individual

---

<sup>3</sup> **Abóbada:** Todo o teto côncavo pode-se chamar abóbada. Cobertura encurvada. Do ponto de vista geométrico, a abóbada tem origem num arco que se desloca e gira sobre o próprio eixo, cobrindo toda a superfície do teto. As abóbadas variam de acordo com a forma do arco de origem. (CIVIL, 2000)

### FUNDAÇÃO

A sapata de concreto armado em pedras encaixadas com cimento. A sapata é formada com blocos canal de concreto de 250x200x500mm. Antes do emprego do concreto são colocadas 3 barras de ferro de 12mm com estribos de 4mm, espaçados a 150mm.

### PAREDES

Blocos de solo estabilizado com cimento de 150x200x400mm assentados com concreto

### FECHAMENTO

O concreto armado foi fundido no local com resistência de 15MPa reforçados com 4 barras de ferro de 10 mm e estribos de 4 mm, espaçados a 150mm.

### SISTEMA DE COBERTURA

São constituídos por domos de ferrocimento com múltiplas malhas de arame. Em um grelha de aço de 6 mm, curvado a 400 e 800mm, no pavimento e na cobertura, respectivamente.

O domo de pavimento (rebaixado) é preenchido na sua parte superior com material leve até alcançar o nível do piso, este colocado sobre uma camada de concreto.

É impermeabilizada com um material a base de cimento na parte externa. O impermeabilizante na parte externa tem cor escura (vermelha) como mostra o detalhe na foto da figura 17.

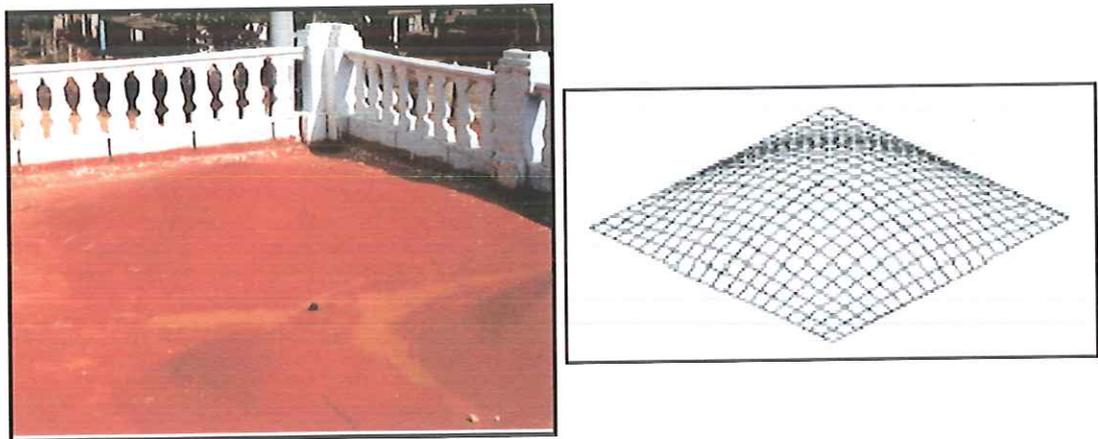


Figura 17: Sistema de cobertura da abóbada parte superior externa, em detalhe o impermeabilizante na cor escura (vermelha)

Foto: Adeildo Cabral da Silva

Organização do esquema: Gabriel Castañeda Nolasco (esquema da trama estrutural da abóbada de argamassa armada)

## SISTEMAS CONSTRUTIVOS (BLOCO 2) (Orientação Leste-Oeste)

### SISTEMA BATEA origem do sistema: Argentina CASA 7



Figura 18: Moradia 7, térrea. Detalhe da fachada principal com grades de proteção e sistema de cobertura Batea. Foto: Adeildo Cabral da Silva

#### SISTEMA CONSTRUTIVO

Casa térrea com 60m<sup>2</sup>. Consistindo em sala de estar, sala de jantar, cozinha, dois quartos, banheiro, varanda e área de serviço.

#### FUNDAÇÃO

A Sapata é constituída de concreto armado com pedras sobre concreto. A sapata é formada com blocos canal de 250x200x500mm.

#### PAREDES

Fabricadas com blocos de solo estabilizado com cimento e dimensões de 150x200x400mm.

#### FECHAMENTO

Concreto armado fundido no local com resistência 15 MPa. Reforçado com 4 barras de aço de 10 mm e estribos de 4 mm espaçados 200 mm.

#### COBERTURA

O componente telhado *batea* é um módulo pré-fabricado de cerâmica armada para montagem a seco. O mesmo responde inicialmente às funções estrutural e hidráulica

(detalhes na figura 19). Transferência tecnológica do Sistema construtivo, CEVE – Centro experimental de viviendas econômicas Argentina.

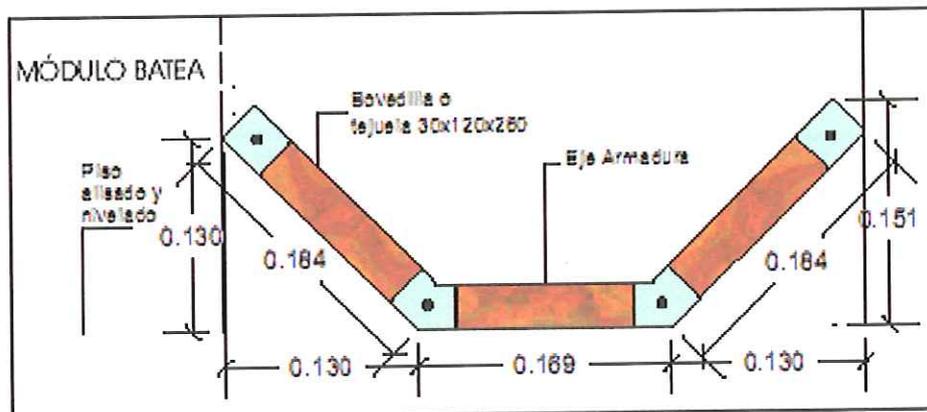


Figura 19: Detalhes do módulo de cobertura batea – Argentina  
Organização: Gabriel Castañeda Nolasco

Para sua produção são usados moldes simples. O treinamento é simples, facilitado pelos moldes e dispositivos usados que garantem a geometria constante dos módulos. O processo de produção considera fases diferenciadas segundo o CEVE (figura 20) que permitem a participação simultânea de operações (os usuários) sem interferências geradoras nas tarefas.

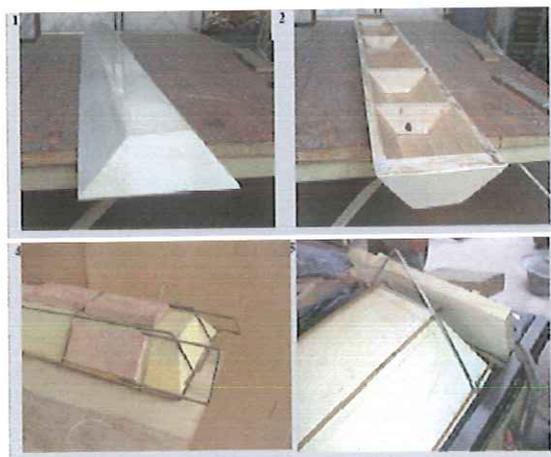


Figura 20: Batea - esquema de produção  
Fonte: CEVE/ CYTED (2003)

Esta aprendizagem para a construção de seus próprios alojamentos (casa) pode significar a geração de médio e pequeno empreendimento ao configurar um banco de recursos humanos capazes de produção de moradias.

**SISTEMA LAM**  
**origem do sistema: Cuba**  
**CASAS 8 e 9**

**SISTEMA CONSTRUTIVO**

Habitação de dois andares de 60m<sup>2</sup>, com sala de estar, sala de refeição, cozinha, dois quartos, banheiro, varanda e área de serviço. Cada família ocupa um piso com acesso individual.

**FUNDAÇÃO**

A sapata de concreto armado constituído com pedras, encaixadas com cimento. A sapata é formada com blocos canal de 250x200x500 mm. Um reforço de aço de 3 barras de 10 mm e estribos espaçados a 200 mm.

**PAREDES**

São confeccionadas com blocos de cimento tradicional com dimensões de 150x200x400 mm, produzidos em um local próximo da construção.



Figura 21: Moradias 8 e 9, dois pisos, em detalhe a fachada principal  
Foto: Adeildo Cabral da Silva

## COBERTURA

Foi concebido com mistura de bagaço (cana de açúcar) com cimento para ser uma solução alternativa, a partir, de tábuas de bagaço de cana aglutinado com cimento e prensado em uma indústria. Este material é usado em vigas pequenas com tábuas em forma de arcos, como mostra o esquema estrutural da figura 22.

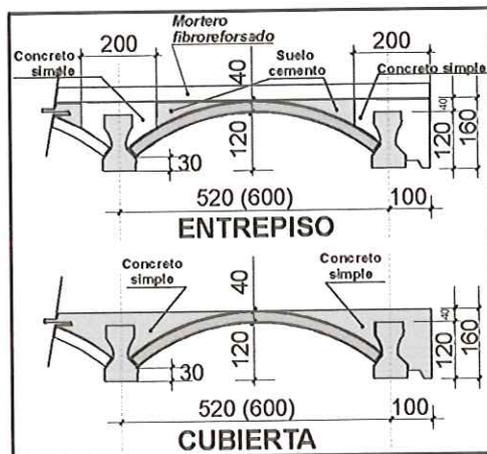


Figura 22: Detalhes do módulo de cobertura e entrepiso lam – Cuba  
 Organização: Gabriel Castañeda Nolasco  
 Foto: módulos de cobertura prontos. CTDMC (2001)

## **SISTEMA ABÓBADA DE TIJOLO (SOLO ESTABILIZADO)**

**origem do sistema: Cuba**

**CASA 10**

## SISTEMA CONSTRUTIVO

Casa térrea de 60m<sup>2</sup>. Consiste em sala de estar, sala de refeição, cozinha, dois quartos, banheiro, portal e pátio de serviço.



Figura 23: Moradia 10, térrea em detalhe a fachada principal e sistema de cobertura (abóbada) de tijolo. Foto: Adeildo Cabral da Silva

### FUNDAÇÃO

A sapata confeccionada de concreto armado foi constituída com bloco canal de 250x200x500mm.

### PAREDES

São fabricadas com bloco de solo estabilizado com cimento, produzidos em local próximo.

### FECHAMENTO

Concreto armado produzido no local foi reforçado com 4 barras de aço de 10mm e estribos de 4mm espaçados. Atravessados, servem de tensores que impedem que as abóbadas se abram.

### COBERTURA

O sistema de cobertura consiste na utilização de tijolos em um molde de madeira em forma de abóbada. A figura 24, mostra em detalhe a cobertura da casa 10 do bloco 2, confeccionada em forma de Abóbada de tijolo com solo estabilizado e a barreira de radiação solar externa (figura 24).



Figura 24: Detalhes da abóbada e barreira térmica contra radiação solar  
Foto: CTDMC (2001).

Formadas de tijolos em um molde de madeira em forma de abóbada. Os tijolos são encaixados com um impermeabilizante, enquanto preenche-se o espaço entre eles com concreto 1: 2: 3 (CTDMC, 2001). O bom funcionamento da cobertura depende, primeiro, onde termina o arco da abóbada, onde é recomendado a *catenaria* que evita as tensões de trações, e também das tensões no elemento construtivo, e a fundação onde não podem acontecer diferenciais de importância (figura 25). Em áreas sísmicas podem ser usadas as abóbadas, mas com cerâmica armada conveniente para o local.

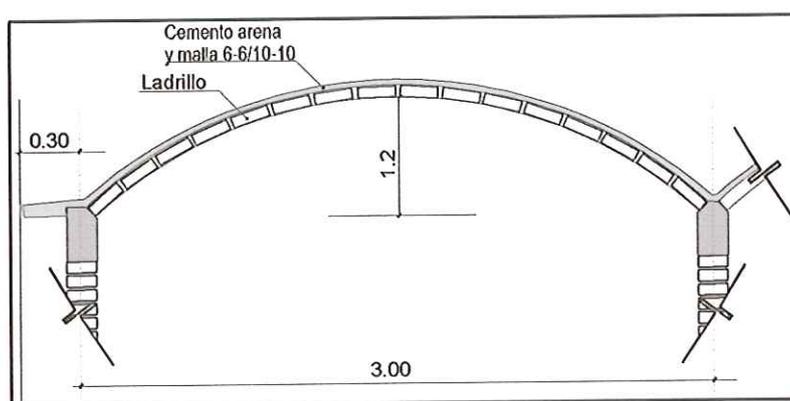


Figura 25: Detalhes do sistema de cobertura abóbada de tijolo (solo estabilizado) cimento e areia - Cuba, Organização: Gabriel Castañeda Nolasco

### SISTEMA TEVI

origem do sistema: Cuba

CASA 11

### SISTEMA CONSTRUTIVO

Casa térrea de 70 m<sup>2</sup>. Consiste em sala de estar, sala de refeição, cozinha, três quartos, banheiro, varanda e área de serviço.

## FUNDAÇÃO

A sapata é confeccionada de concreto armado. Antes do cimento são colocados 3 barras de aço de 10mm com estribos espaçados a 200mm.

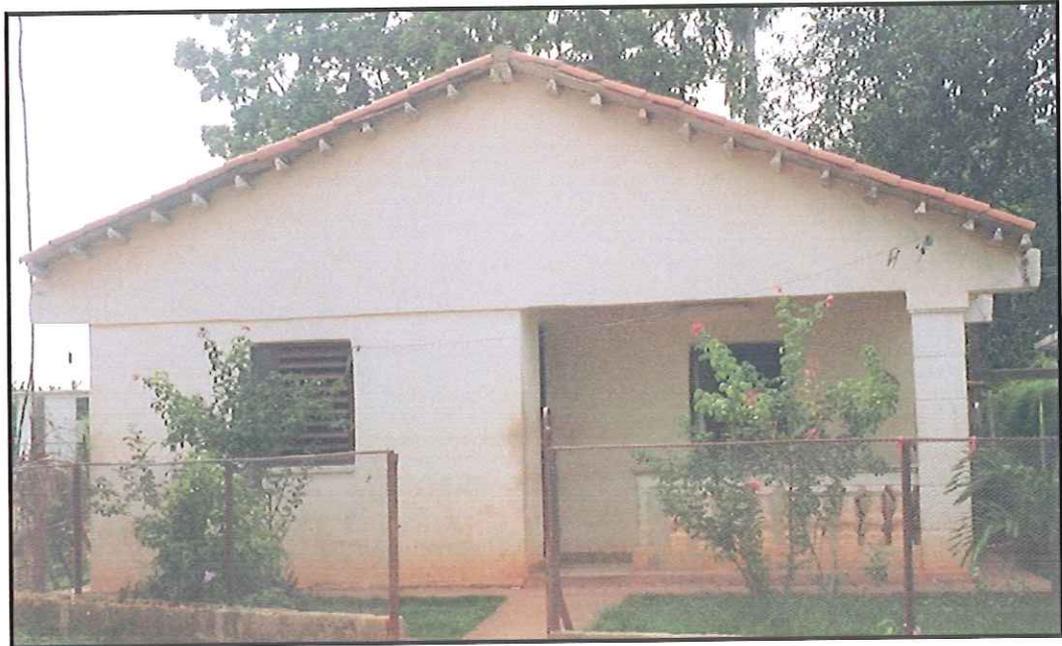


Figura 26: Moradia 11, térrea. Mostrando a fachada principal, em detalhe, o sistema de cobertura Telhas TEVI. Foto: Adeildo Cabral da Silva

## PAREDES

São usados pedaços de pedras calcárias macias (canto) vindo de uma pedreira próxima, serradas com dimensões de 500x300x100mm, como é tradição naquela região do país, os cantos são reforçados com pilastras de concreto armado.

## COBERTURA

A cobertura é composta de telhas de microconcreto denominado TEVI (SOFONIA) sobre pequenas vigas de concreto armado, como mostra a figura 27.



Figura 27: Casa 11 bloco 2, em detalhe, no momento de colocação das telhas sobre a estrutura (TEVI) Foto: CTDMC (2001)

A telha foi desenvolvida por SOFONIA<sup>4</sup> e difundida em Cuba pelo Centro de Estudos da Construção e Arquitetura Tropical (CECAT) ISPJAE.

Uma máquina pequena com seu jogo de moldes pode produzir até 200 telhas em 8 horas. A união de pequenas vigas de concreto se produz por amarras de arame incorporado durante a produção.

### **SISTEMAS CONSTRUTIVOS (BLOCO 3)** (Orientação: Norte-Sul)

#### **SISTEMA SANDINO - SANCOCHO**

**origem do sistema: Venezuela**

#### **CASA 12**

#### SISTEMA CONSTRUTIVO

Casa térrea de 60m<sup>2</sup>. Consiste em sala de estar, sala de refeição, cozinha, dois quartos, banheiro, varanda e área de serviço.

#### FUNDAÇÃO

A sapata confeccionada de concreto armado em pedras, sobre concreto. A sapata é formada com bloco canal de 250x200x500mm.

No interior é colocado aço de reforço, os arremessadores são ajustados, espaçados a 1.040mm e se derrama o concreto. Duas horas passadas se retira, enquanto ficam livres os alojamentos das colunas.

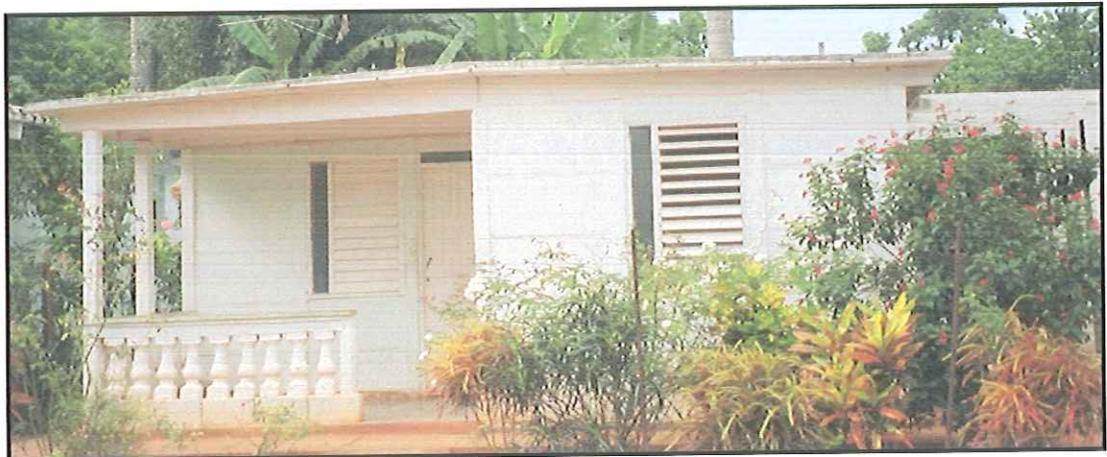


Figura 28: Moradia 12, térrea. Foto: Adeildo Cabral da Silva

<sup>4</sup> A SOFONIA é uma ONG Suíça responsável pela transferência da tecnologia.

## PAREDES

Sistema construtivo Sandino. Consiste em colunas de concreto armado de 110x110x2430mm, espaçadas a 1.040mm e embutidas na sapata. As faces possuem um canal onde os painéis concretos são unidos com aço de 920x460x60mm, realizando-se a montagem a seco.

## COBERTURA (Sancocho)

Consiste em pequenas vigas de concreto armado pré-moldado em local de trabalho. É caracterizado para possuir um perfil canal metálico em sua borda perimetral que serve como caixa-forte, reforço externo e médio de união com os painéis e colunas, neste caso específico com dimensões de 30x150 - 200x340mm (Figura 29).

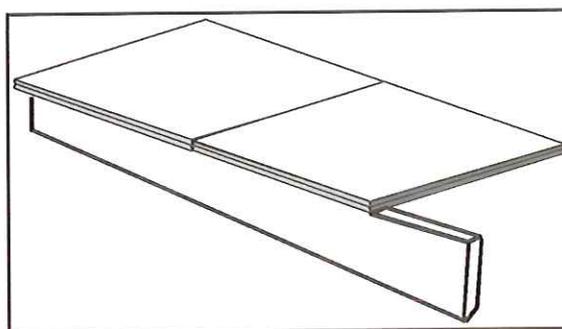


Figura 29: Detalhes do módulo de cobertura Sancocho – Venezuela  
Organização: Gabriel Castañeda Nolasco

As placas de fechamento horizontal são de 1040x600x30mm (para a adaptação Sandino), também possuem um canal de perfil perimetral metálico que permite a união com as pequenas vigas por meio de solda.

O fechamento é formado com pequenas vigas pré-moldadas 30x1010x150mm, unidas a vigas pequenas principais, também, por solda.

Esta solução de cobertura é leve e com comportamento bom na presença eventos sísmicos. Sobre as lajes é colocado o impermeabilizante depois de terem sido seladas as junções com concreto. A origem do sistema de cobertura é da Empresa OTIP C. A. Venezuela.

## SISTEMA BLOCO DE SOLO -VIGA MAIS PLACA DE CONCRETO

origem do sistema: Cuba

### CASA 13

#### SISTEMA CONSTRUTIVO

Casa térrea de 60m<sup>2</sup>. Consiste em sala de estar, sala de refeição, cozinha, dois quartos, banheiro, varanda e área de serviço.

#### FUNDAÇÃO

A Sapata de concreto armado é formada com bloco canal de 250x200x500mm. Em seu interior se coloca aço de reforço principal (quatro barras de 10mm e estribos de 4mm espaçados a 200mm), em seguida se coloca concreto.



Figura 30: Moradia 13, térrea, fachada principal, em detalhe as plaquetas e laje que compõem o sistema de cobertura

Foto: Adeildo Cabral da Silva

#### PAREDES

Fabricadas com blocos de solo estabilizado com cimento, com dimensões de 150x200x400mm e produzido em um local próximo.

#### COBERTURA

Composta de pequenas vigas de concreto armado com seções trapezoidais de 60x40x150 mm e longitude até 3500mm (figura 31).

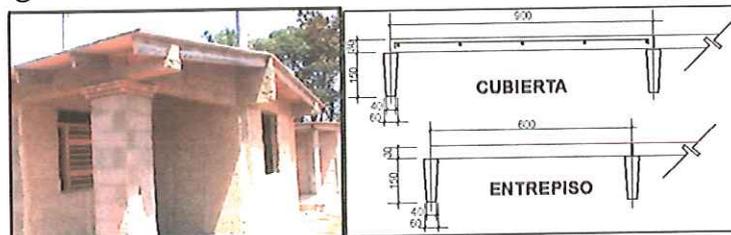


Figura 31: Detalhes da cobertura e entrepiso, viga e placa de concreto  
Organização: Gabriel Castañeda Nolasco. Foto: CTDMC (2001)

As plaquetas de laje possuem dimensões modulares de 600x900mm com uma espessura de 30mm. Como reforço são utilizados na viga pequena de aço de 10 e 12mm e estribos de 4 mm espaçados a 150mm. Sobre a superfície da cobertura se coloca um concreto nivelador de 15mm que serve de suporte ao material impermeabilizante

### **SISTEMA BLOCO DE SOLO - (telha de aço galvanizado)**

**origem do sistema: Cuba**

**CASA 14**

#### SISTEMA CONSTRUTIVO

Casa térrea de 60m<sup>2</sup>. Consiste em sala de estar, sala de refeição, cozinha, dois quartos, banheiro, varanda e área de serviço.



Figura 32: Moradia 14, térrea, fachada principal e em detalhe e sistema de cobertura com telhas de metal (aço galvanizado)

Foto: Adeildo Cabral da Silva

#### FUNDAÇÃO

A sapata é formada com bloco canal de 250x200x500mm. Em seu interior se coloca aço de reforço principal (quatro barras de 10mm e estribos de 4mm espaçados a 200mm), em seguida se coloca concreto.

#### PAREDES

Foram fabricadas com bloco de solo estabilizado com cimento, com dimensões de 150x200x400mm, produzidos em um local próximo.

## COBERTURA

As telhas de metal (aço galvanizado) são empregadas em Cuba de forma limitada, por problemas de preço com importação, segundo Montoro (2001). Para o mencionado autor, essa solução de cobertura tende a reduzir seu uso pelo alto valor do metal importado, bem como pelas limitações com o isolamento térmico.

### **5. Considerações finais**

As características dos sistemas construtivos foram parâmetros para a análise do comportamento térmico, a partir do conhecimento dos materiais utilizados na construção das casas do Programa 10X10, em Cuba, por permitir estabelecer as relações entre as propriedades térmicas e, assim, a situação de troca de calor, por meio das superfícies expostas, como, por exemplo, teto e paredes.

Um problema identificado por meio da caracterização dos sistemas construtivos, em relação ao país de origem, foi a incorporação de tecnologias construtivas não adaptadas às condições climáticas, notadamente em virtude de latitudes diferentes.

O conhecimento do material construtivo e sua adaptação ao clima local, junto a projeto, permitem avaliar o comportamento térmico da casa em relação à temperatura externa do ar, ou seja, se a edificação apresenta, ou não, comportamento adequado, ou se necessita de correções térmicas, estabelecidas tomando-se por base os resultados do monitoramento do comportamento térmico.

Neste capítulo foram apresentadas, de maneira sistematizada, as 14 (quatorze) soluções técnico-construtivas das casas construídas para a comunidade de Las Mercedes, que incorporam tecnologias de qualidade e baixo custo, com justificativa embasada na possibilidade de transferência tecnológica e da contribuição para erradicação das habitações insalubres na América Latina.

A descrição dos sistemas construtivos, apresentados neste capítulo, auxiliou na elaboração do conjunto de análise do comportamento térmico, por meio dos gráficos e dos resultados do monitoramento das 14 habitações Programa 10X10, em Las Mercedes.

### **CAPÍTULO III**

#### **DESCRIÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES NA COMUNIDADE DE LAS MERCEDES**

##### **1. Considerações iniciais**

Este capítulo trata da descrição do comportamento térmico dos 14 sistemas construtivos empregados na comunidade de Las Mercedes, San Antonio de Los Baños, e tem por objetivo mostrar o desenvolvimento do processo de avaliação do comportamento térmico, enquanto resultado do monitoramento automático, oriundo da estação meteorológica (CR10 - Campbell Scientific), articulando-se os dados climáticos tomados em superfície com as informações referentes ao mecanismo de circulação atmosférica.

A unidade 2 deste capítulo apresenta o embasamento metodológico para materialização da avaliação do comportamento térmico, por meio da descrição das características do tempo (meteorológico) de Transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002, Cuba (Hemisfério Norte), com o objetivo de caracterizar o tempo em Cuba, durante o episódio determinado. Ainda nessa unidade, são apresentadas informações pertinentes aos dados (tempo) monitorados pela estação meteorológica a superfície, em San Antonio de Los Baños, concernente ao episódio representativo.

A análise dos resultados descrita na unidade 3 apresenta duas respostas compatíveis com o processo de avaliação do comportamento térmico das 14 moradias do Programa 10X10 (CYTED) em Las Mercedes. A primeira traz os resultados originários da descrição da curva (tempo/temperatura) das temperaturas internas do ar (temperatura de bulbo seco - tbs) das casas, por Bloco (1, 2, e 3). A segunda apresenta a descrição entre casas com monitoramento de Temperaturas Superficiais (tsi) em relação à Radiação solar global, identificando-se a relação entre as partes (coberturas e paredes) mais expostas à incidência da radiação solar global dos sistemas construtivos.

Na unidade 4 desse capítulo, é apresentada análise seguida de discussões sobre os resultados obtidos do conjunto de informações do comportamento térmico das 14 moradias, que foram representados sobre a forma de gráficos na unidade 3 desse capítulo.

As considerações finais, aliadas ao conjunto de gráficos obtidos, permitem a construção dos cenários, que mostram a relação da temperatura interna do ar, e seu vínculo com os índices de conforto térmico, segundo a sensação de conforto humano.

Na unidade 5.1 desse capítulo, são apresentados os limites de conforto térmico para o cenário I, adotados os limites de conforto térmico proposto por Leon et al. (2003), para Cuba, e o segundo, cenário II na unidade 5.2 os limites de conforto térmico propostos por Olgyay (1963) e revisados por Koenigsberger et al. (1977).

## **2. Descrição das características do tempo (meteorológico) de Transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002, Cuba (Hemisfério Norte)**

Na análise do resumo sinótico do Instituto de Meteorologia de Cuba para o mês de abril, pode-se identificar a atuação do sistema atmosférico caracterizado pelo domínio de massa de ar quente, sobre o território cubano, que manteve elevados os valores das temperaturas do ar, destacando-se o registro de 36,2°C (dia 03/05/02), durante todo período analisado. Estes dados são da estação meteorológica automática CR 10 Campbell Scientific Inc. instalada na Comunidade de Las Mercedes, Município de San Antonio de Los Baños, Província de Havana, pela equipe brasileira do Programa 10x10 “Con techo” CYTED, respaldadas pelas informações contidas nos resumos sinóticos dos meses de abril e maio de 2002, divulgado na página do Instituto de Meteorologia de Cuba (INSMET).

Segundo resumo sinótico do INSMET (2002), a influência das altas pressões oceânicas sobre Cuba e das marés adjacentes foram a causa do predomínio de baixa nebulosidade e da escassa chuva sobre o arquipélago cubano. As características mais acentuadas do mês abril foram as altas temperaturas registradas em quase todo mês, com valores médios que oscilaram entre 28 e 34°C. O regime térmico se apresentou com elevadas temperaturas, com registro de 35,7°C para temperatura máxima, o que constituiu um valor acima da média para a estação meteorológica de *El Jibaro*, na província de *Sancti Spiritus* (região central do território cubano). O dia 29/04 registrou o dia mais quente quando os termômetros marcaram até 35°C nas províncias de *Holguín* e Santiago de Cuba. O dia 30/04, na estação meteorológica de *Contramaestre* (região oriental) indicava 35,5°C.

O quadro 6 mostra os valores de temperaturas máximas e mínimas registradas para o mês de abril de 2002, em Cuba, segundo o resumo sinóptico do INSMET (2002), principalmente para regiões Ocidental (onde está localizado o município de San Antonio) e Central do território cubano.

Quadro 6: Valores de temperaturas máximas e mínimas registradas para o mês de abril de 2002.

Província	Temperatura Mínima (°C)			Temperatura Máxima(°C)		
	Estação	Valor	Dia	Estação	Valor	Día
Pinar del Río	La Bajada	16,8	13	Paso Real de San Diego	34,4	5
<b>La Habana</b>	<b>Bainoa</b>	<b>14,9</b>	<b>11</b>	<b>La Habana</b>	<b>33,7</b>	<b>22</b>
<b>C, de La Habana</b>	<b>Santiago de las Vegas</b>	<b>18,0</b>	<b>24</b>	<b>Santiago de las Vegas</b>	<b>32,3</b>	<b>28</b>
I, Juventud	La Fe	19,4	2	Cuba Francia	32,6	29
Matanzas	Indio Hatuey	15,9	27	Jaguey Grande	34,8	23
Villa Clara	Santo Domingo	15,0	11	Santo Domingo	34,4	4
Cienfuegos	Aguada	16,6	20	Cienfuegos	33,9	24
Sancti Spíritus	Sancti Spíritus	16,9	11	El Jíbaro	35,7	4
Ciego de Avila	Camilo Cienfuegos	17,2	26	Ciego de Avila	35,3	29
Las Tunas	Las Tunas	19,3	13	Las Tunas	34,6	29
Holguín	Punta Lucrecia	22,4	6	La Jiquima	35,0	29
Stgo, de Cuba	Contramaestre	14,3	13	Contramaestre	35,5	30
Guantánamo	Guantánamo	17,2	1	Guantánamo	34,1	6

Fonte: *Resumen Sinóptico del mês de abril de 2002 – INSMET (2002)*.

Modificado por Adeildo Cabral da Silva

Na análise sinótica do INSMET (2002), o mês de maio de 2002 começou a mostrar-se chuvoso a partir do dia 19, Esse evento chuvoso, como mostra o quadro 7, foi associado à situação meteorológica que aconteceu como resultado da interação de uma depressão que se estendeu sobre o extremo sudeste do Golfo de México com um centro de baixas pressões ao Noroeste do Mar do Caribe Ocidental, A depressão apresentou uma estrutura vertical muito bem definida nos níveis da troposfera média e ocorreu associado a uma extensa área de chuvas e tempestades elétricas, No quadro 7, estão exemplos de valores registrados em algumas estações meteorológicas para o território cubano.

Quadro 7: Valores máximos acumulados de chuva diária para o mês de maio de 2002, total acumulado a cada 24h.

Dia	Província	Localidade	Chuvas (mm/24h)
19	La Habana	Melena Del Sur	169,6
19	Caibarién	Villa Clara	236
22	Sancti Spíritus	Sancti Spíritus	144,2
23	Gramma	Cabo Cruz	144
31	Santiago de Cuba	Universidad de Santiago de Cuba	101

Fonte: *Resumen Sinóptico del mês de maio de 2002* – INSMET (2002)  
Modificado por Adeildo Cabral da Silva

Essa depressão que se orientou primeiro ao leste, nas regiões ocidentais (localização do Município de San Antonio de los Baños) e Central de Cuba oscilaram, mais tarde, sobre o centro do País, influenciando com suas áreas extensas de chuvas nos municípios orientais para, finalmente, voltar para o ocidente de Cuba, Entre os fatores que contribuíram para esse evento chuvoso, observou-se o elevado conteúdo de umidade sobre Cuba, devido ao fluxo do Sul e do Sudoeste sobre a área que prevaleceu nos níveis mais baixos da troposfera, O mês de maio apresentou um regime térmico quente e em ocasiões muito quente, com máximas que oscilaram entre 29,0 e 34,5°C. Os valores registrados mais significativos foram nos municípios de *Matanzas (ocidental)* e *Gramma (oriental)* segundo o INSMET (2002).

Os valores da temperatura externa do ar monitorados em San Antonio de Los Baños (região ocidental) pela estação meteorológica automática CR 10, com valores máximos que oscilaram entre 32,6°C a 36,2°C, contribuem para justificar os valores da temperatura para a região obtida pela estação meteorológica de Casablanca (estação referência para a investigação), ratificando as informações geradas pelo INSMET, descrevendo o regime térmico para mês de maio no território cubano que apresentou característica quente e em ocasiões muito quente, no caso, o dia 03/05 com temperatura do ar, acima dos 36°C (San Antonio de Los Baños).

O quadro 8 mostra os valores das temperaturas do ar exteriores máximas e mínimas registradas para o mês de maio de 2002, em Cuba, segundo o resumo sinóptico do INSMET (2002).

Quadro 8 - Valores de temperaturas máximas e mínimas registradas para o mês de maio de 2002.

Províncias	Temperatura Mínima (°C)			Temperatura Máxima (°C)		
	Estação	Valor	Dia	Estação	Valor	Dia
Isla de la Juventud	La Fe	20,8	21	Cuba Francia	31,8	29
<b>Ciudad de la Habana</b>	<b>Santiago de las Vegas</b>	<b>20,4</b>	<b>8</b>	<b>Santiago de las Vegas</b>	<b>34,6</b>	<b>4</b>
Matanzas	Indio Hatuey	16,5	8	Jagüey Grande	36,8	3
Villa Clara	Santo Domingo	18,4	3	Santo Domingo	36,5	1
Sancti Spíritus	Sancti Spíritus	19,9	8	El Jíbaro	36,4	15
Ciego de Avila	Camilo Cienfuegos	18,5	3	Ciego de Avila	35,9	3
Camagüey	Esmeralda	19,9	22	Nuevitas	32,3	27
Las Tunas	Tunas	20,6	9	Tunas	36,0	3
Holguín	Guaro	19,5	2	Holguín	35,5	19
Granma	Jucarito	19,8	6	Manzanillo	37,2	9
Santiago de Cuba	Contramaestre	18,0	6	Contramaestre	35,4	13
Guantánamo	Caujerí	17,4	9	Guantánamo	34,2	3

Fonte: Resumo Sinóptico do mês de maio de 2002 – INSMET (2002)

Modificado por Adeildo Cabral da Silva

As tabelas contendo valores das temperaturas máximas e mínimas para os meses de abril e maio em Cuba, dados disponibilizados pelo INSMET (2002) em sua página virtual ([www.met.inf.cu](http://www.met.inf.cu)), permitiram obter uma interpretação quantitativa do regime térmico para o território cubano, Em seguida são apresentados cartogramas que possibilitam melhor visualização da distribuição espacial desses valores de temperatura sobre o espaço físico de Cuba.

As figuras 34 e 35 mostram cartas de isotermas que indicam a distribuição geográfica das temperaturas em Cuba, Nelas é possível verificar o efeito da variação das temperaturas, levando-se em consideração principalmente a latitude e altitude da região, que determina o grau de incidência da radiação solar global, Essa representação cartográfica pode representar uma tendência de distribuição das temperaturas máximas para o território cubano, o que não é possível perceber pelos valores descritos nas tabelas.

Em relação à distribuição espacial das temperaturas, Lecha et al. (1994) considera que, a principal influência na distribuição dos valores médios mensais das temperaturas em Cuba é o relevo, como fator físico geográfico modificador do clima por regiões, para o autor, considerando as oscilações extremas observadas entre as máximas e as mínimas do mês mais quente do ano e as mínimas do mês mais frio, é possível agrupar as diferentes regiões do país em três grupos bem definidos: Costa Setentrional (ocidental) (o círculo vermelho mostra a localização do município de San Antonio de Los Baños), região interior não montanhosa (central) e costa meridional (oriental), como mostra a figura 33.



Figura 33: Divisão do território cubano em macrorregiões geográficas (sem escala) Fonte: INSMET, (2005),

a) Distribuição da temperatura máxima do ar para o mês de abril de 2002, Cuba

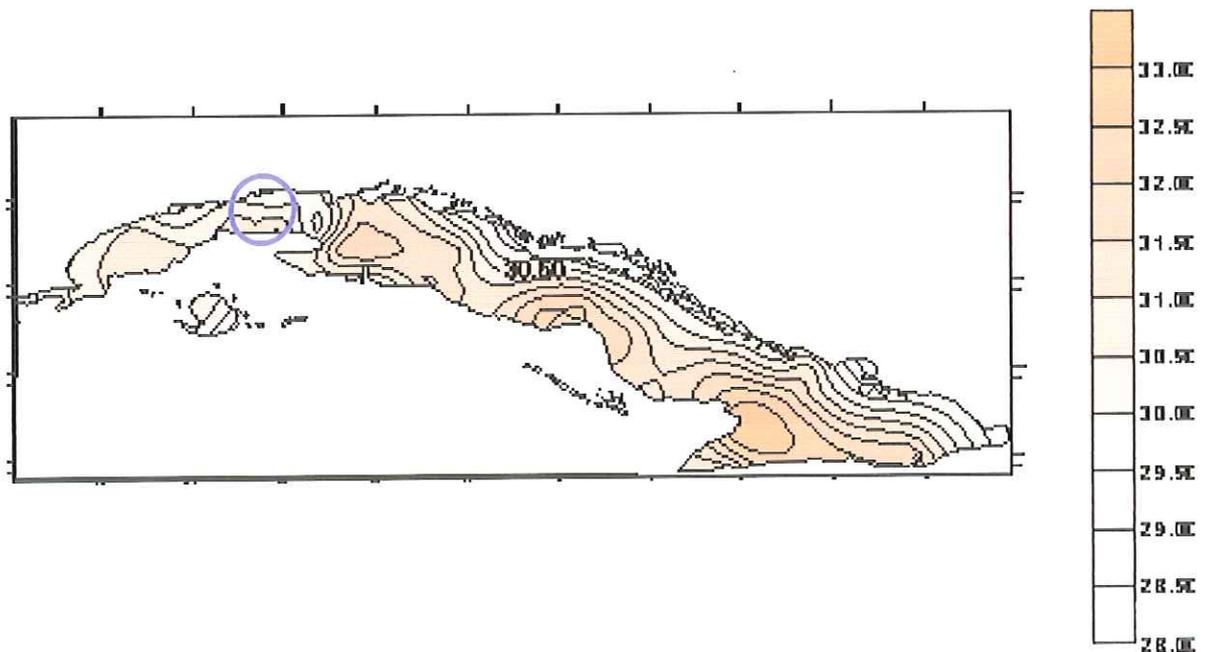


Figura 34: Temperatura máxima do ar para o mês de abril de 2002  
Fonte: INSMET, (2002)

O mês de abril apresentou elevadas temperaturas em Cuba, registradas em quase o mês inteiro, com valores médios que oscilam entre 28 e 34°C. O regime térmico foi apresentado com temperaturas altas, o registro de 35,7°C na temperatura máxima, para a estação meteorológica de *Jibaro*, na província de *Sancti Spiritus* (região central).

Pode-se verificar no cartograma da figura 34, que a variação da distribuição da temperatura máxima no mês de abril, revela um período quente no território cubano, prevalecendo os valores mais elevados na província de *Sancti Spiritus*, localizado na região interior não montanhosa.

O efeito da incidência da radiação solar global em função da latitude e da geomorfologia, aponta um deslocamento Norte-Sul dos valores da temperatura máxima e revela um decréscimo no sentido da costa setentrional (o círculo azul mostra a localização do município de San Antonio de Los Baños) para a costa meridional, onde se encontram as maiores elevações do território cubano (Serra *Maestra*: acima dos 1.974m).

Foram registrados os valores mais elevados da temperatura do ar máxima para mês de abril, na região central da ilha e na região interior não montanhosa, como ilustra a figura 2, Analisando o cartograma pode-se identificar três áreas distintas de valores máximos de temperatura do ar sobre o território cubano.

b) Distribuição Temperatura máxima do ar para o de mês de maio de 2002, Cuba

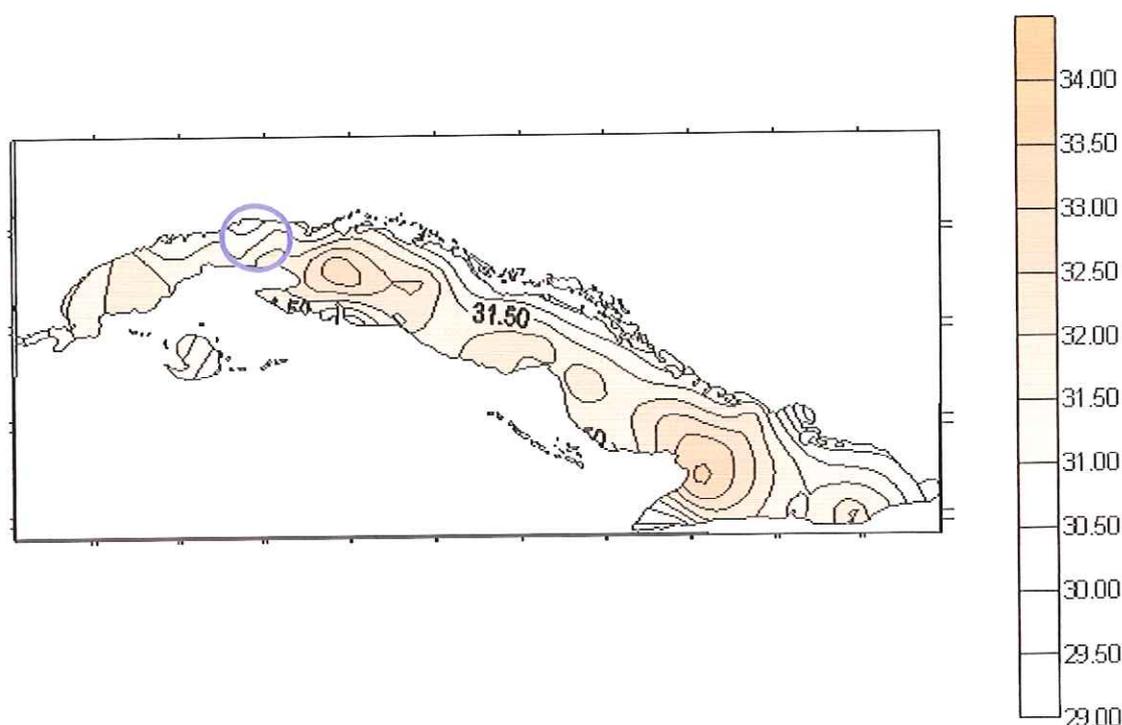


Figura 35: Temperatura máxima do ar para o mês de maio de 2002  
Fonte: INSMET, (2002)

O mês de maio apresentou um regime térmico quente e, em determinados dias, muito quentes com máximas que oscilaram entre 29,0 e 34,5°C.

Observando-se o cartograma da figura 35, é possível encontrar tendências no território cubano, com a descrição do mês de abril em relação às regiões de maior registro de temperaturas máximas.

Pode-se observar para o mês de maio, no cartograma da figura 35, um incremento das áreas com cores vermelhas que correspondem aos valores mais elevados da temperatura máxima, essa progressão ocorre no sentido ocidente-oriental, A costa setentrional (o círculo

azul mostra a localização do município de San Antonio de Los Baños) apresenta crescimento de valores das máximas, com registro de 36,8°C no dia 03/05 para a província de *Matanzas*, Os valores registrados para a região central também mostraram evolução, na província de *Sancti Spiritus*. A máxima atingiu 36,4°C, no dia 15/05, A costa meridional revelou a maior ampliação por área das temperaturas máximas, onde, na província de *Gramma* foi registrada maior elevação da temperatura, atingindo 37,2°C, no dia 09/05, como se constata por meio no quadro 8 apresentado anteriormente.

A espacialização dos valores da temperatura máxima para o mês de maio, por meio do cartograma das figuras 34 e 35, contribui para mostrar indicadores de variação mensal da temperatura máxima para a ilha de Cuba.

## 2.1. Descrição dos dados (tempo) monitorados pela estação meteorológica em San Antonio de Los Baños

Na composição do quadro de descrição do período em análise foram observados os seguintes elementos do clima: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, direção e velocidade do vento.

Como foi exposto no resumo sinótico para os meses de abril e maio, durante o período de transição primavera-verão, os elevados valores da temperatura do ar impuseram um regime excessivo de calor para o território cubano durante o episódio representativo do clima, sendo, portanto, considerado representativo do ponto de vista da avaliação do comportamento térmico para moradias do *PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO – (CYTED) – SubPrograma XIV Tecnología Para Viviendas de Interés Social - (HABYTED) Proyecto XIV.5 “Con Techo” – Programa (10X10)*, analisadas no município de San Antonio de Los Baños, Cuba, sendo objeto principal dessa investigação.

A escolha do dia representativo experimental recai sobre um registro de valor máximo da temperatura de bulbo seco, com base em valores conhecidos das normais Climatológicas e nos dias monitorados em tempo real, para uma situação de extremo calor.

A seleção do dia representativo 03 de maio dentro do episódio representativo de transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002, demonstra sua relevância na comprovação real de uma situação peculiar de máximo calor (estresse térmico), portanto, a sua importância como ferramenta metodológica para avaliação de comportamento térmico das habitações do Programa 10x10 e sua reação frente o calor.

Para Lecha et al. (1994), os resultados referentes a probabilidade de ocorrência de temperaturas extremas absolutas anuais, tem um alto valor aplicado para as construções e projetos arquitetônicos. Os autores demonstram suas preocupações com o conhecimento do clima local e adequação dos projetos arquitetônicos, para ele, o conhecimento dos valores das temperaturas máximas e mínimas absolutos que podem ocorrer no país (no caso Cuba), pode permitir uma melhor planificação do uso da climatização comercial e industrial em caso de calor excessivo, esse conhecimento prévio segundo Lecha, pode auxiliar na procura

de soluções construtivas que aproveitem de forma mais racional os efeitos refrescantes do vento, melhorando assim as condições naturais de conforto em ambientes de trabalho e em habitações em geral. Mais uma vez, a afirmativa de Lecha et al.(1994) ratifica a importância da utilização de dias que comprovem efetivamente uma real situação de calor excessivo, na avaliação do comportamento térmico das habitações.

Seguindo o mesmo entendimento descrito anteriormente, a tabela 1 mostra a evolução das temperaturas do ar máximas e mínimas ao longo do episódio representativo de transição primavera-verão, bem como a amplitude térmica de 27 de abril a 13 de maio de 2002 (Hemisfério Norte), na comunidade de Las Mercedes - San Antonio de Los Baños, Cuba.

Tabela 1: Variação diária dos registros das médias máximas e mínimas, da temperatura do ar do episódio de transição primavera-verão, mostrando também os valores da amplitude térmica para cada dia em San Antonio Los Baños, Cuba.

DIA	Temperatura Máxima (°C) externa	Temperatura Mínima (°C) externa	Amplitude Térmica (°C)
27/04/02	34,6	21,0	13,6
28/04/02	32,6	21,9	10,7
29/04/02	32,6	23,1	9,5
30/04/02	35,3	23,1	12,2
01/05/02	35,7	23,4	12,3
02/05/02	35,5	23,5	12,0
03/05/02	36,2	24,6	11,6
04/05/02	35,8	24,8	11,0
05/05/02	33,1	23,2	9,9
06/05/02	33,8	22,4	11,4
07/05/02	34,9	21,3	13,6
08/05/02	35,0	22,6	12,4
09/05/02	34,2	22,5	11,7
10/05/02	34,6	24,5	10,1
11/05/02	34,1	23,9	10,2
12/05/02	34,5	23,8	10,7
13/05/02	31,6	21,8	9,8

Por meio da tabela 1, pode-se observar que os valores da temperatura máxima, ficaram acima dos 32°C para todos os dias do episódio, refletindo mais uma vez, o regime excessivo de calor que predominou sobre o território cubano durante o episódio representativo adotado.

O dia 03/05 apresentou a maior elevação da temperatura interna máxima 36,2°C, portanto, adotou-se esse dia como parâmetro representativo para o dia mais quente, que expressa a real situação de calor “sufocante” como se refere Lecha et al. (1994), quando trata da regionalização climática de Cuba sobre as condições de conforto e de calor sufocante. Para os outros dias do episódio predominaram valores elevados da temperatura do ar, com registros acima das médias observadas nas normais climatológicas para os meses de abril e maio, 28,9°C e 30°C, respectivamente, registrados na estação de Casablanca (estação referência para a investigação).

A amplitude térmica diária do episódio variou de 9°C a 13°C. Esses valores reproduzem as condições do regime térmico local, que indica maiores valores diários de amplitude, do que os valores registrados anualmente para Cuba, em média 7°C. Além disso, essa situação está inserida dentro das características dos períodos principais do regime térmico cubano, onde, pode-se identificar o período de transição verão-inverno (episódio escolhido para investigação, observando-se a sugestão de Lecha et al. 1994, para o território de Cuba que se caracteriza pela ocorrência de dias quentes, alternados por dias mais frios.

a) Descrição dos valores da temperatura e umidade relativa do ar para o episódio representativo de transição inverno-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002, Cuba

Como foi tratado anteriormente, o clima cubano é classificado como quente-úmido, apresentando um regime térmico caracterizado por condições de calor excessivo por muito tempo, que implica em situações de estresse térmico.

Observando o gráfico da figura 36, depreende-se que a temperatura do ar estabelece uma relação inversamente proporcional a umidade relativa do ar, na proporção de elevação da temperatura do ar ocorre uma diminuição da umidade relativa do ar.

O episódio analisado inclui a fase de transição inverno-verão que ocorreu de 27 de abril a 13 de maio de 2002, Cuba.

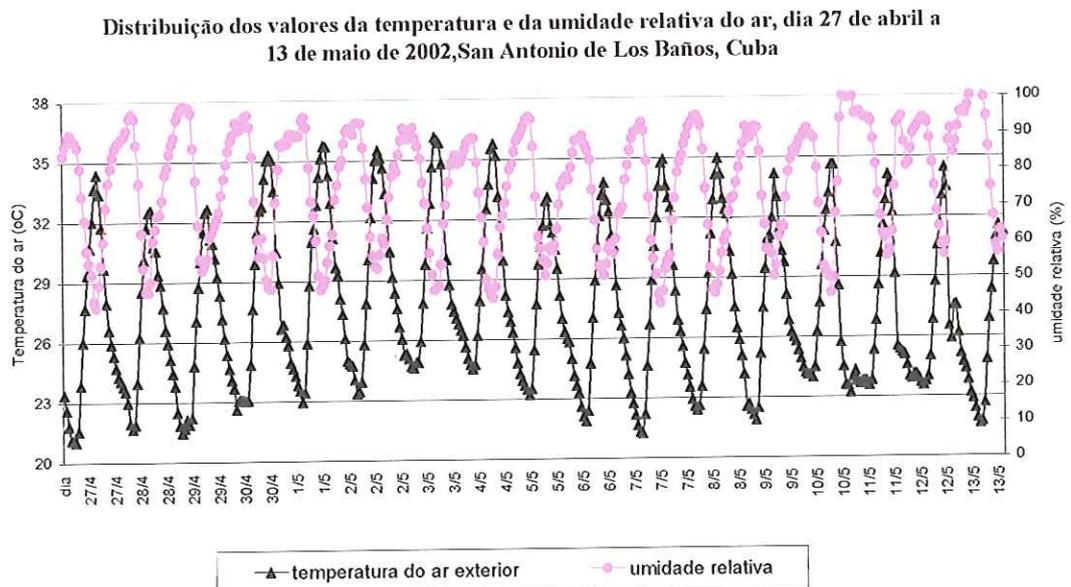


Figura 36: Distribuição dos valores das temperaturas e da umidade relativa do ar de 27 de abril a 13 de maio de 2002, para o município de San Antonio de Los Baños, Cuba.

Esse episódio foi caracterizado pela ocorrência de dias quentes, temperatura máxima de 36,2°C para o dia 03/05, com variações da amplitude térmica diária, que atingiu a média de 11,3°C, como mostram os registros de temperatura e umidade relativa do ar, monitorados pela estação climatológica instalada em San Antonio de Los Baños, ratificados pelos valores da estação meteorológica de Casablanca (estação referência), obtidos a partir do resumo sinótico para os referidos meses, disponibilizados pelo INSMET (2002).

Quanto à atuação dos sistemas da circulação atmosférica em escala regional, pode-se assegurar que, no período de maio a outubro, atua sobre o país, o domínio de influência do anticiclone subtropical do Atlântico Norte, e que segundo Lecha et al (1994), fica submetido quase todo território cubano ao regime dos ventos alísios. Por esse motivo, o País encontra-se, quase constantemente, sob ação de uma massa de ar Tropical Marítima.

Como se observa no gráfico da figura 36, os valores da temperatura do ar exterior ficaram sempre acima dos 21°C, atingindo o seu valor máximo 36,2 °C no dia 03/05. Registrando-se para esse dia uma amplitude térmica de 11°C, mantendo essa média para os

demais dias do período. A partir do dia 04/05 começa ocorrer um pequeno declínio na temperatura do ar, baixado em 2°C até aproximadamente o dia 06/05. Esse processo de variação pode ter ocorrido em função da nebulosidade.

Os valores diários da temperatura e da umidade do ar para o episódio analisado, não apresentaram grandes variações, a partir do dia 07/05, até próximo do dia 09/05 ocorreu uma situação habitual dos valores, entre mínima de 23°C e máxima de 35°C, para em seguida, proporcionar mais uma breve oscilação dos valores, a partir do dia 10/05 até aproximadamente 12/05, quando os valores da temperatura externa do ar ficaram um pouco acima dos 23°C, e próximo dos 35°C, esse momento, dia 13/05 fase final do episódio de transição inverno-verão, e previsto a continuação do regime térmico com a chegada do verão (junho), onde predominam os dias muito quentes, característicos desse período cubano.

As condições climáticas locais impostas pelo período transição inverno-verão não modificaram expressivamente a curva referente a umidade relativa do ar para o episódio. O caminhar anual da umidade relativa do ar em Cuba corresponde com a distribuição do período chuvoso, onde as máximas ocorrem em outubro, e as mínimas em abril.

Observando-se o gráfico da figura 36, compreende-se a importância que tem o conhecimento dos valores da umidade relativa do ar para a composição do regime térmico cubano. Segundo Lecha et al.(1994), em horas da noite e da madrugada, a umidade relativa do ar alcança praticamente o ponto de saturação, muito próximo dos 100%, e as mínimas registradas ao meio dia, podem alcançar valores notavelmente baixos, entre 30 e 40% em Cuba.

Esses valores foram registrados pela estação climatológica instalada em San Antonio de los Baños. No primeiro dia do episódio (27/04) o registro da umidade relativa é de aproximadamente 40%, enquanto que, valores máximos próximos de 100% foram registrados nos dias 28/04, 11/05 e 13/05, a média das mínimas permaneceu acima dos 40% durante todo episódio.

b) Descrição dos valores da radiação solar global, episódio de transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002

O regime da radiação solar global reflete a área territorial do País, pela pequena extensão latitudinal de Cuba, localizado entre os 20° e 23° de latitude Norte, próximo do limite setentrional da zona tropical. Para Lecha et al. (1994), diante da pequena extensão, 110.860 km<sup>2</sup> (Cuba, 2001), as variações do regime da radiação solar global incidente são pequenas, porém, a posição geográfica permite uma grande absorção de radiação solar, de até 7.000 MJ/m<sup>2</sup> ao ano. Os valores médios anuais da radiação solar global em Cuba, variam entre 5.100 a 7.000 MJ/m<sup>2</sup>, por ano.

Quanto a distribuição da radiação solar global diária, pelo território cubano, a mesma obedece a vários elementos (astronômicos, atmosféricos, geográfico, etc). Entre esses, dois tem grande importância na constituição do mapa cubano da radiação solar. O primeiro, a latitude (aproximação do equador ou distanciamento que interfere diretamente na intensidade da radiação incidente em uma determinada região) e, o segundo, o relevo, que assinala uma peculiaridade na intensidade dos ganhos de energia solar para cada local. Dessa maneira, a marcha dos valores da radiação solar global se distribui no território cubano em ordem decrescente, os valores mais elevados na região oriental (principalmente na região da costa Norte e Sul), e valores menores no interior e na região ocidental, onde se encontra San Antonio de Los Baños.

O comportamento da radiação solar global durante o período descrito mostra, por meio do gráfico da figura 37, uma situação de regularidade da parábola, quanto aos valores habituais (valores acima dos 700 W/m<sup>2</sup>, na hora de maior pico, 12:00 horas) para esse período do ano, transição inverno-verão no Hemisfério Norte.

Para o mês de abril, como foi constatado pela análise sinótica do INSMET (2002), a influência das altas pressões oceânicas sobre Cuba e das marés adjacentes que foram a causa do predomínio de baixa nebulosidade e da falta de chuva sobre o arquipélago cubano, no caso de um incremento da nebulosidade pode contribuir para aumentar a dispersão da radiação solar incidente. Nos primeiros dias do episódio analisado, de 27 de abril ao dia 04 de maio, os valores de intensidade da radiação solar global não registraram mudanças significativas, com média de 900W/m<sup>2</sup>.

Essa situação permaneceu até os primeiros dias do mês de maio, quando se pode depreender por meio da figura 37, durante o intervalo do dia 04 a 06/05/02, a ocorrência de nebulosidade, evidenciando uma pequena deformação na trajetória habitual da parábola e limitando a chegada da radiação solar incidente à superfície, portanto, registrando uma diminuição de intensidade dos valores da radiação solar global para esses dias, quando no pico máximo (12:00h) no dia 05/05 o valor foi de 756 W/m<sup>2</sup>, sendo esse o menor valor registrado durante o episódio.

Distribuição dos valores da radiação solar global, dia 27 de abril a 13 de maio de 2002, San Antonio de Los Baños, Cuba

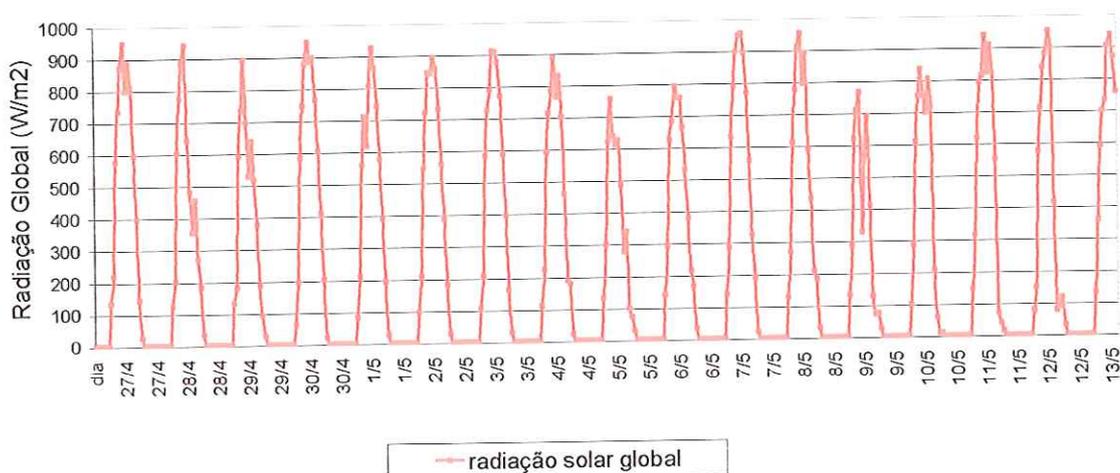


Figura 37: Valores da radiação solar global, para episódio de transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002, Cuba

A partir do dia 07/05 a intensidade da radiação solar global começa retornar a sua curva habitual descrita para os primeiros dias do episódio, sendo observado elevação nos valores, acima dos 900 W/m<sup>2</sup>.

No dia 08/05 os valores da radiação solar global começam a variar, sendo que, no dia 09/05 apresenta uma parábola diferenciada dos outros dias. Essa situação ocorreu provavelmente pelo efeito da nebulosidade, com valores mínimos de aproximadamente 760W/m<sup>2</sup>, para em seguida, a partir do dia 10 até 13/05 começar o processo de evolução de

valores da intensidade da radiação solar global atingido novamente o valor máximo, acima dos 900W/m<sup>2</sup>.

O conhecimento do regime da radiação solar global, sua distribuição sobre o território cubano, possibilitou compreender melhor os efeitos da absorção da radiação solar direta, e ganho de calor que atinge as superfícies expostas das edificações do Programa 10X10 (CYTED) em San Antonio de Los Baños, Cuba.

c) Os valores da direção e da velocidade do vento para o episódio de transição inverno-verão, de 27 de abril a 13 de maio de 2002, San Antonio de Los Baños, Cuba

O regime dos ventos tem importância para os estudos de comportamento térmico das edificações, quer seja para morar ou para trabalhar. Em Cuba, em se tratando de condições de conforto térmico, condições de estresse térmico por calor excessivo (36,2°C), registrado no dia 05 de maio de 2002, em San Antonio de Los Baños, durante o episódio de transição inverno-verão, o vento tem um papel importante favorecendo a dissipação do suor e auxiliando no resfriamento natural do corpo, diminuindo a sensação de desconforto imposta pelas elevadas temperaturas.

O vento de Leste predomina em quase todo o País, também predomina de Nordeste para Leste entre maio e outubro. Pode se deslocar para Sudeste em casos de reentradas de centros anticiclônicos. De novembro a abril, as direções mais frequentes são do primeiro quadrante, devido ao efeito dos mecanismos próprios da circulação transição inverno-verão no Hemisfério Norte.

A figura 38 mostra a direção predominante do vento durante esse episódio de transição inverno-verão, que vai do dia 27/04 a 13/05/2002. Esse período também é denominado pelos cubanos de período chuvoso, de maio até outubro.

Segundo Lecha et al. (1994), durante esse período predomina sobre o País a influência dos alísios, que impõem um regime estável dos ventos de Nordeste para Leste, no entanto, em determinadas ocasiões, por afastamento do centro anticiclônico oceânico, os ventos sobre Cuba podem mudar para Sudeste. Observado o gráfico da figura 38, se pode depreender que os valores registrados em San Antonio de Los Baños encontram-se em sintonia com a descrição, assinalando como predominantes, os ventos de Nordeste para Leste.

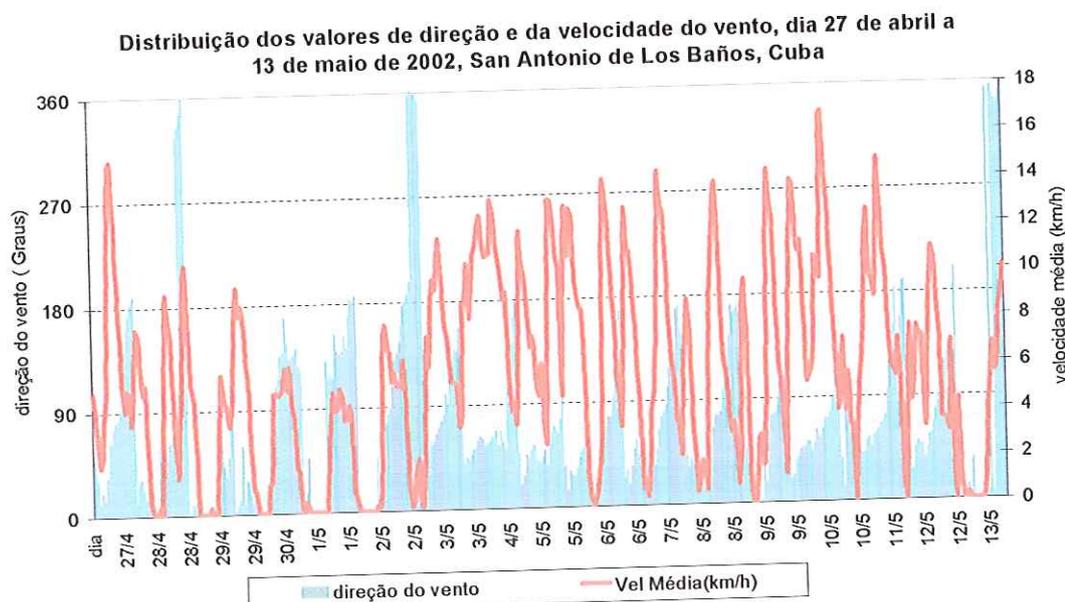


Figura 38: Valores da direção e da velocidade do vento para o episódio de transição primavera-verão de 27 de abril a 13 de maio de 2002

Quanto à velocidade do vento, o período analisado apresentou valores médios de 5 a 10 km/h, enquanto que no mês de maio, esses valores tiveram a sua velocidade ampliada, como ficou comprovado pelo gráfico da figura 38 com valores que atingiram aproximadamente 16,8 km/h, no dia 10/05/02.

Para efeito de comparação de valores, o quadro 9 mostra os valores médios mensais da velocidade do vento para a estação meteorológica de Casablanca (Cuba), referência para a investigação (Período de 1966-1972), onde se observa, uma predominância de velocidade média para todos os meses do ano de mais de 12 km/h (Lecha et al.,1994).

A distribuição dos valores da velocidade do vento para a província de Habana (estação meteorológica de Casablanca) apresenta pequenas elevações durante o inverno (período pouco chuvoso), novembro até abril, e valores um pouco mais baixo no verão, que corresponde aos meses de maio a outubro (período chuvoso).

Quadro 9: Valores médios mensais da velocidade do vento para a Estação meteorológica de Casablanca (Cuba)

Mês	Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	agos	set	out	nov	dez
km/h	12,6	14,9	14,2	15,4	11,7	9,3	10,1	8,9	9,6	11,5	13,4	12,7

Fonte: El clima de Cuba, Lecha et al. (1994)

Organização: Adeildo Cabral da Silva

Para comparação dos valores da velocidade do vento para a província de Havana, em relação a escala BEAUFORT, na maior parte do ano, a velocidade média anual do vento na província de Havana (localização do município de San Antonio de Los Baños) é de aproximadamente 12 km/h. É considerada segundo a escala BEAUFORT (quadro 10), como brisa fraca (12 a 19 km/h). A escala BEAUFORT foi desenvolvida, em 1804, pelo o Almirante Beaufort, da marinha Real Inglesa. Essa escala foi desenvolvida para estimar a velocidade do vento, onde cada estado do mar e têm relação direta com a uma faixa de velocidade média do vento (aspecto do mar). Mais tarde, utilizou-se o mesmo sistema de comparação, mas com alvos terrestres, como fumaça, folhas, galhos e árvores.

Quadro 10: Escala BEAUFORT

No. BEAUFORT	TERMO DESCRITIVO	m/s	km/h
0	Calma	0-0.2	1
1	Aragem	0.3-1.5	1-5
2	Brisa leve	1.6-3.3	6-11
3	Brisa fraca	3.4-5.4	12-19
4	Brisa moderada.	5.5-7.9	20-28
5	Brisa forte	8.0-10.7	29-38
6	Vento fresco	10.8-13.8	39-49
7	Vento forte	13.9-17.1	50-61
8	Ventania	17.2-20.7	62-74
9	Ventania forte	20.8-24.4	75-88
10	Tempestade	24.5-28.4	89-102
11	Tempestade violenta	28.5-32.6	103-117
12	Tempestade violenta	32.7-36.9	118-133
13	Furacão	37.0-41.4	134-149

Fonte: Fedorova, N (1999)- Meteorologia Sinótica, vol.1, Pelotas: UFPel

### 3. Análise dos resultados

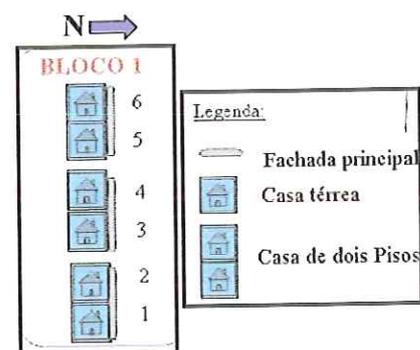
O conjunto de gráficos, a seguir, apresenta uma descrição do comportamento térmico dos 14 sistemas construtivos empregados em San Antonio de Los Baños, Cuba, no seguimento temporal de transição primavera-verão, de 27 de abril a 13 de maio de 2002. Uma observação essencial, para se conseguir uma avaliação próxima do real foi levada em consideração: a localização do bloco, área construída, orientação e tipologia da construção térrea ou de dois pisos.

**3.1** Descrição da curva (tempo/temperatura) das temperaturas internas do ar (temperatura de bulbo seco - tbs) das casas por Bloco (1, 2, e 3), segundo diferença de orientação no terreno.

Para efeito de fundamentação do processo descritivo dois fatores chamaram atenção, quando se observa o conjunto dos gráficos. O primeiro é que durante o dia 03/05 todas as casas apresentaram valores da temperatura interna (tbs) acima dos 25°C, portanto, aproximadamente 1°C a mais que o valor da temperatura externa do ar mínima para o dia, que foi de 24,9°C. O outro elemento a ser observado, é que no espaço das primeiras horas do dia 03/05, especificamente de 01:00h até 07:00h, todas as casas apresentaram temperatura interna superior à temperatura do ar.

#### BLOCO 1 - SISTEMAS CONSTRUTIVOS

##### Casa 1 – Sistema Viga e *Bovedilla* - (dois Pisos) Cuba



A casa é composta de dois pisos, onde mora uma família em cada piso. A primeira análise corresponde ao piso inferior.

No espaço das primeiras horas da madrugada do 03/05, especificamente de 01:00h até 07:00h, todas as casas apresentaram temperatura interna superior à temperatura do ar. No caso da casa 1 (*Viga e Bovedilla*) Bloco 1, esse valor foi de aproximadamente 4°C. A configuração é mantida até às 07:00h quando começa ocorrer uma elevação da temperatura

externa, e atingido seu ponto máximo a partir das 14:00h, registrando o valor de 36,2°C, sendo mantidos valores próximos até às 16:00h. Neste momento, a temperatura interna também sofreu elevação chegando aos 32°C as 16:00h.

A partir das 16:00h as temperaturas interna e externa começaram a declinar, e por volta das 18:30h, proporcionando uma igualdade de valores em torno de 30°C. No início da noite aproximadamente às 19:30h, os registros revelam uma situação semelhante às primeiras horas do dia, com valores da temperatura interna superiores aos valores da temperatura externa do ar. A amplitude térmica da temperatura externa do ar para o dia foi de aproximadamente 12°C.

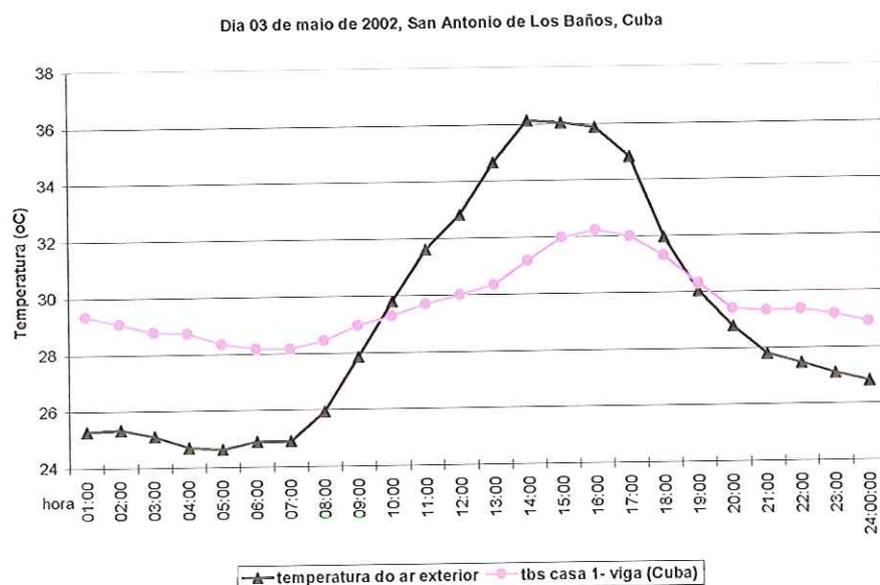


Figura 40: Sistema construtivo: Viga e Bovedilla - Cuba

Figura 39: Descrição do comportamento térmico Casa 1 - Viga e Bovedilla (Cuba), para o dia 03/05/2002.

Verifica-se pelo gráfico da figura 39, que das 12:00h até às 19:00h, a temperatura externa do ar (tbs) interna se manteve acima dos 30°C e durante o restante do dia essa temperatura ficou acima dos 28°C. Nota-se que no momento de pico da temperatura máxima interna de 32°C, a temperatura externa registrava 36,2°C. O valor da diferença no horário de pico máximo foi de aproximadamente 4°C. O comportamento térmico ficou próximo das outras casas de piso inferior.

## Casa 2 - Viga e Bovedilla - (dois Pisos) Cuba

A casa analisada fica situada no piso superior e apresenta teto (solução alternativa a partir de tábuas de bagaço de cana aglutinado com cimento e prensado) exposto a radiação solar incidente.

Nas primeiras horas da madrugada, o comportamento da temperatura externa do ar se apresenta sem grandes oscilações, em torno de 25°C de 01:00 h até às 07:00h. Nessa situação, a tbs interna apresenta-se de modo inverso, com valores que se alteram de 32°C a 01:00h e começa a declinar alcançando 28°C às 06:00h, como revela o gráfico da figura 41.

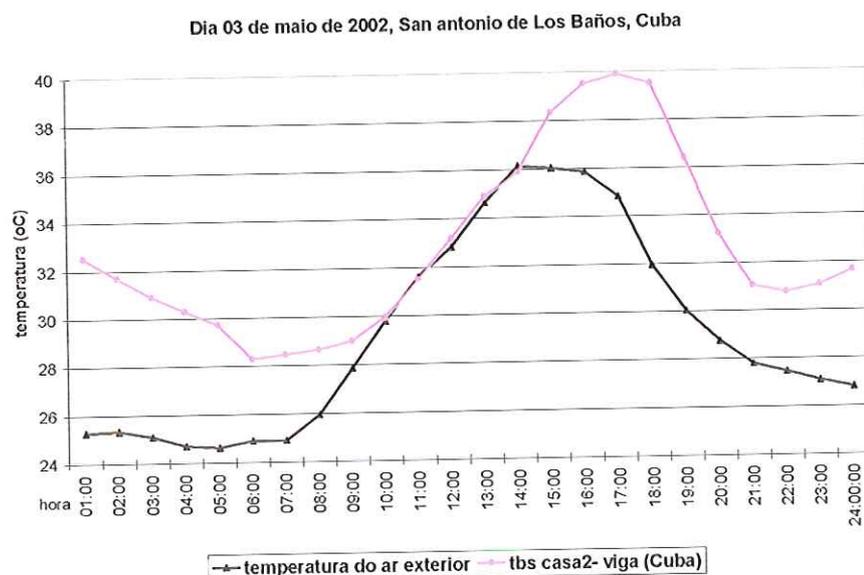


Figura 42: Sistema construtivo: Viga e Bovedilla - Cuba

Figura 41: Descrição do comportamento térmico Casa 2 - Viga e Bovedilla (Cuba), para o dia 03/05/2002.

A partir das 07:00h a temperatura externa e a tbs interna começaram a se elevar. Às 10:00h os valores seguem praticamente iguais até às 14:00h, quando a temperatura externa alcança seu valor máximo 36,2°C, e permaneceu até às 16:00 h. Nesse momento (14:00 h) os valores da tbs interna continuaram a subir e atingiram o valor máximo, 40°C, aproximadamente, às 17:00h, permanecendo por pouco tempo nessa situação, menos de

uma hora. Portanto, o valor máximo de temperatura de bulbo seco registrado de todas as casas analisadas foi identificado na casa 2 (figura 41).

A partir das 16:00h, começou o processo de declínio da temperatura externa do ar, que chegou às 24:00h, com valor de, aproximadamente, 27°C; enquanto a tbs interna apresentou o processo de declínio, somente às 17:30h, apresentando um atraso térmico de aproximadamente 3 horas, frente a curva da temperatura externa do ar. Esse declínio de valores chegou a 31°C às 22:00 h, e a partir daí apresentou uma elevação, descrevendo a seguir uma continuidade da curva, efeito que ocorreu em outras casas, em uma escala menor. Por apresentar o teto exposto a grande carga térmica, o comportamento térmico das casas do piso superior mostra, por meio dos gráficos, que a temperatura interna acompanha de perto a temperatura externa em horário de pico máximo.

### **Casa 3 - Laje Canal - (dois Pisos) Cuba**

A casa analisada localiza-se no piso inferior, portanto, protegida pelo piso superior da incidência da radiação solar direta.

A situação inicial da madrugada mostra, por meio do gráfico da figura 43, uma diferença da tbs interna em relação a casa 2 anteriormente analisada. O valor registrado a 01:00h era de 30,5°C, apresentando uma tendência de queda dos valores, chegando a aproximadamente 29°C e se mantendo até às 09:00. A temperatura externa registra em média 25°C desde 01:00h até às 07:00h, quando esses valores tendem a subir e às 11:00h ultrapassam os valores da tbs interna, com registros de 30°C, atingindo seu valor máximo de 36,2°C, às 14:00h, permanecendo sobre esse valor até às 16:00h.

A tbs interna também começa se elevar a partir das 09:00h e vai atingir seu ponto máximo às 15:00h com valor próximo de 32°C, se mantendo por uma hora nessa situação máxima (atraso térmico), e a partir das 16:00h, começam a declinar seus valores.

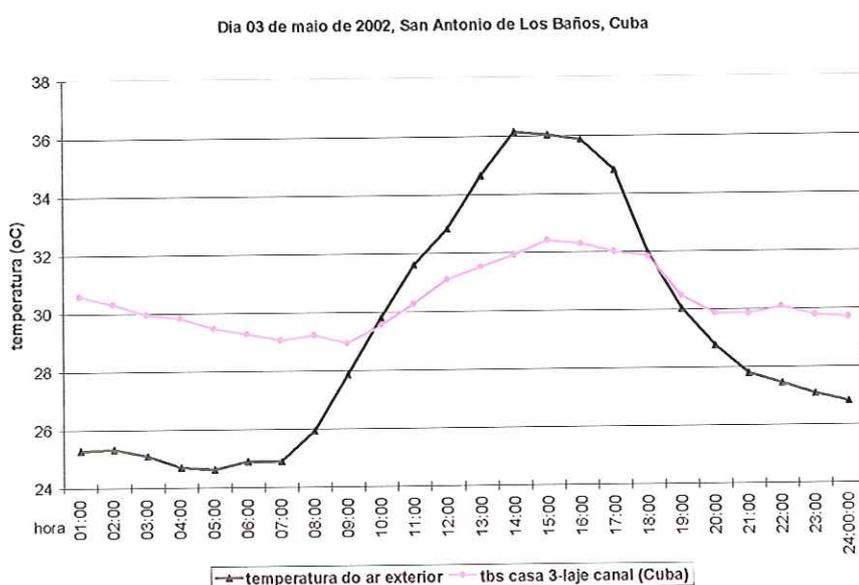


Figura 44: Sistema construtivo Laje Canal Cuba

Figura 43: Descrição do comportamento térmico Casa 3 - Laje Canal (Cuba), para o dia 03/05/2002.

No final do período vespertino, 18:30h, as temperaturas externa e interna tendem a baixar seus valores. Pode-se observar no gráfico (figura 43) que o declínio dos valores da temperatura externa apresenta uma continuidade da curva, retomando seu ciclo no final da noite com 27°C, enquanto que a tbs interna começa a declinar a partir das 16:00h e vai até às 21:00h (30°C). Nesse instante os valores das temperaturas passam a ter um comportamento quase uniforme, mantendo os 30°C até o final da noite.

#### Casa 4- Laje Canal - (dois Pisos) Cuba

Casa de piso superior com teto exposto recebendo uma concentração maior de cargas térmicas.

A casa 4 apresenta comportamento térmico em relação à temperatura interna e temperatura externa tendendo para a aproximação dos valores, situação que foi observada anteriormente nas casas com teto exposto. Nas primeiras horas da madrugada a tbs interna manteve-se acima dos valores da temperatura externa com uma diferença de aproximadamente, 2°C, que se prolongou até às 07:00h, quando os valores monitorados começaram a se elevar como mostra o gráfico (figura 45).

Às 10:00h há cruzamento das temperaturas do ar interna e externa, essa situação evolui até às 14:00h quando a temperatura externa atinge o seu valor máximo 36,2°C, e somente às 16:00h é que a tbs interna alcança seu máximo valor, muito próximo de 36°C.

A partir das 16:30h acontece novamente o cruzamento das curvas de temperatura externa e tbs interna e em seguida começam a declinar. A temperatura externa apresenta declínio das 16:30h até o final da noite com valor de 27°C, enquanto que a tbs interna apresenta um pequeno atraso e manteve uma diferença que pode ser observada na figura 45 a partir das 21:00h, onde os valores permanecem praticamente inalterados com aproximadamente 30°C até o final da noite.

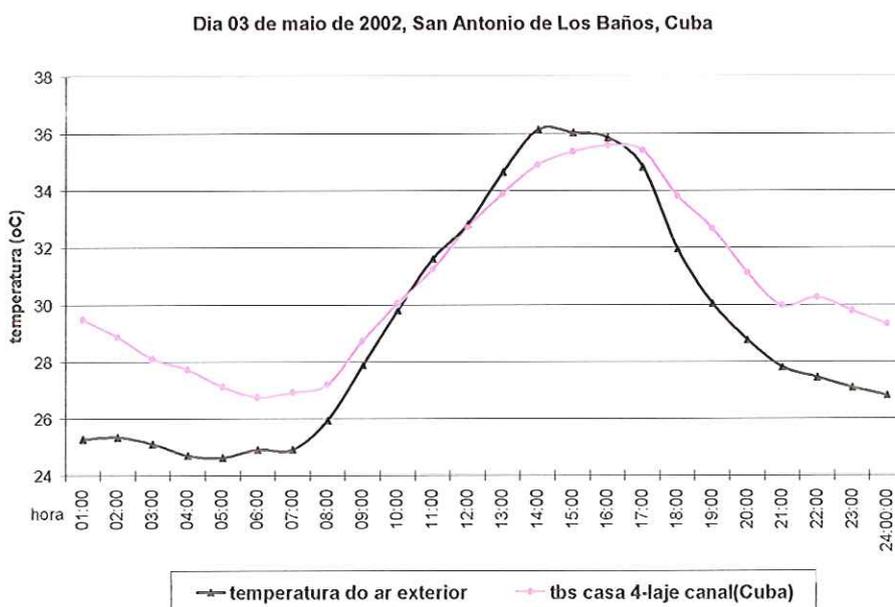


Figura 46: Sistema construtivo Laje Canal Cuba

Figura 45: Descrição do comportamento térmico Casa 4 - Laje Canal (Cuba), para o dia 03/05/2002.

### Casa 5 - Abóbada de argamassa armada - (dois Pisos) México

A casa 5 localiza-se no piso inferior, protegida da radiação solar incidente. Observando-se as curvas do gráfico anterior, da casa 3 (piso inferior) e comparando-se com a casa 5 que também está no piso inferior, pode-se assegurar que há uma semelhança dos valores monitorados da tbs interna entre as duas casas. A semelhança mais significativa, do ponto de vista do comportamento térmico, está no início da manhã e no final da tarde, como revela o gráfico da figura 47.

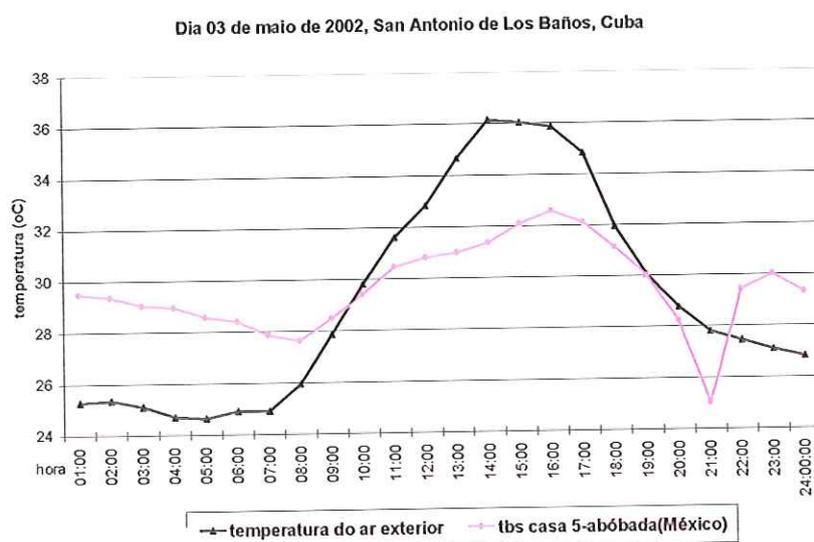


Figura 48: Sistema construtivo Abóbada de argamassa armada -

Figura 47. Descrição do comportamento térmico Casa 5 - Abóbada de argamassa armada (México), para o dia 03/05/2002.

A diferença da temperatura externa para tbs interna a partir de 01:00h até às 07:00h é de, aproximadamente, 3°C, apresentando uma ordem decrescente de valores de 29°C (01:00h) para abaixo de 28°C às 08:00h. Durante o período matutino, a partir das 08:30h, observa-se um movimento de elevação dos valores da temperatura do ar externa, bem como da tbs interna, sendo que às 10:00h os valores se equiparam e a temperatura externa continua a evoluir, atingindo os valores máximos às 14:00h, permanecendo com 36°C até as 16:00h, quando acontece o declínio.

A tbs interna não acompanha a elevação dos valores da temperatura externa atingindo seu pico máximo com atraso térmico às 16:00h, com 32,5°C. Logo em seguida, às 17:00h, começam a diminuir os valores monitorados. A aproximação dos valores registrados se dá às 19:00h, quando a temperatura externa baixa até 25°C às 21:00h, os

valores da tbs interna continuam em declínio e alcança o valor mínimo de 27°C no final da noite.

### Casa 6 - Abóbada de argamassa armada - (dois Pisos) México

A casa 6 fica no piso superior com teto exposto a radiação solar direta (parte externa da abóbada (teto) em cor vermelha).

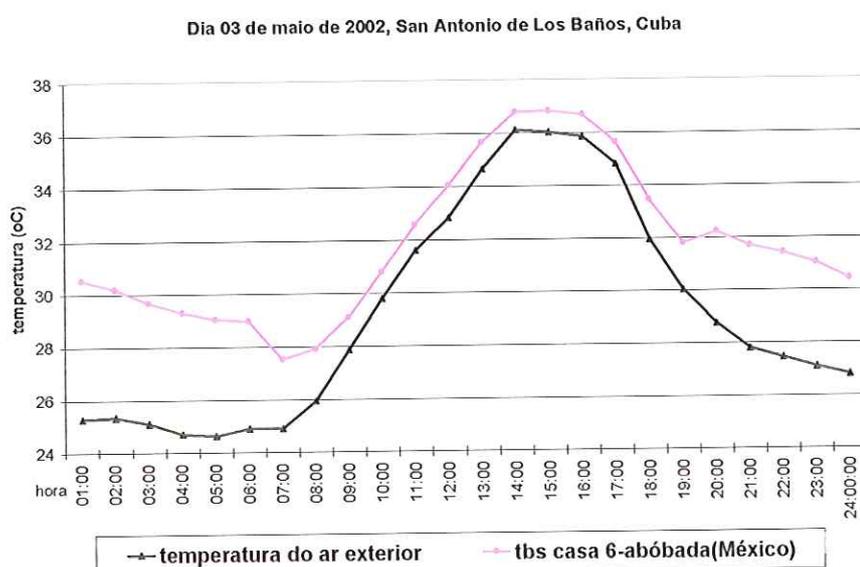


Figura 50: Sistema construtivo Abóbada de argamassa armada - México

Figura 49: Descrição do comportamento térmico Casa 6 - Abóbada de argamassa armada - (piso superior) México, para o dia 03/05/2002.

O comportamento da tbs interna apresenta diferenças entre as demais casas analisadas que apresentam cobertura exposta à radiação solar incidente, permanecendo as 24:00h monitoradas acima da temperatura do ar, em média 3°C (figura 49).

A partir de 01:00h até às 06:00h, com um decréscimo dos valores, chegando ao mínimo do dia, 27,8°C, às 07:00h, enquanto a temperatura externa, durante este intervalo, manteve a média de aproximadamente, 25°C.

No início do período matutino, às 07:00h, as temperaturas começaram a aumentar seus valores e pela primeira vez não houve o cruzamento das curvas da temperatura externa e tbs interna. As temperaturas continuaram a aumentar com valores muito próximos, sendo que a diferença observada é de, aproximadamente, 1°C até às 14:00h, momento em que as

temperaturas atingiram seus pontos máximos de elevação, simultaneamente, 36°C para temperatura externa e 37°C para tbs interna; permanecendo até às 16:00h, para depois começar a baixar.

A tbs interna apresentou uma oscilação (atraso térmico) de valores em relação à temperatura externa de aproximadamente 4°C às 21:00h e permanecendo entre 30°C e 32°C, enquanto que a temperatura externa chega a seu valor mínimo de 25°C no final da noite.

### Casa 8 - Lam - (dois Pisos) Cuba

A casa 8 analisada faz parte do Bloco 2, sistema construtivo Lam (Cuba), mas foi agrupada a este conjunto de análise por se tratar de uma edificação de dois pisos. A casa que está sendo analisada fica no piso inferior, portanto protegida da radiação solar direta.

O comportamento térmico da casa 8 mostra uma situação semelhante das demais casas do Bloco 1 analisadas, localizadas na parte do piso inferior. No primeiro período analisado, de 01:00h às 08:00h o comportamento da tbs interna mostra uma situação de declínio dos valores de temperatura, de 29,5°C para 27°C, mantendo uma diferença de, aproximadamente, 3°C, como foi observado nas análises anteriores das casas do Bloco 1 de piso inferior sem teto exposto.

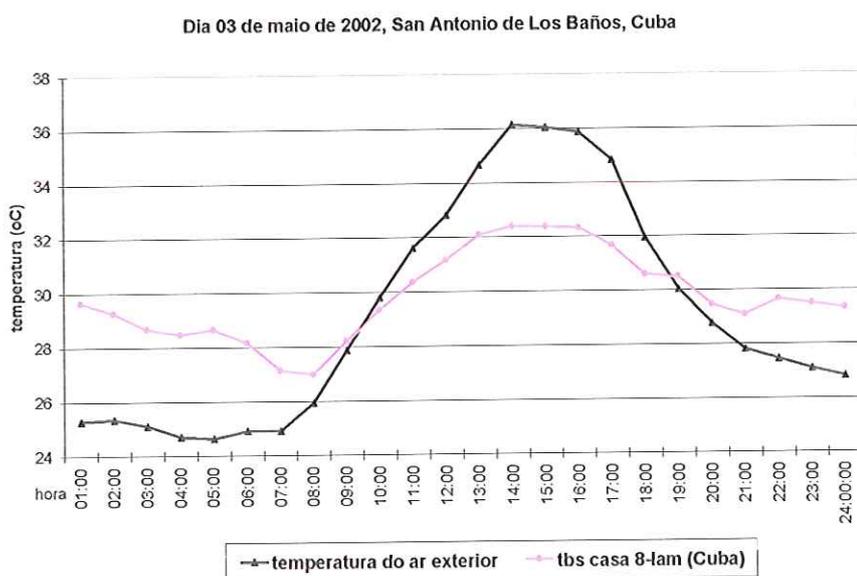


Figura 52: Sistema construtivo Lam -Cuba

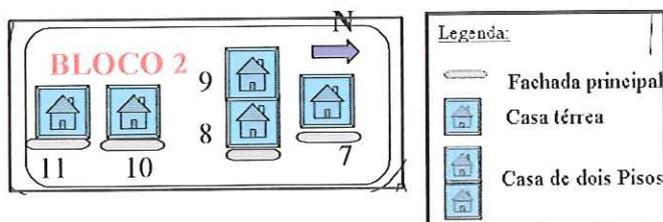
Figura 51: Descrição do comportamento térmico Casa 8 - sistema construtivo Lam, (Cuba), para o dia 03/05/2002.

A partir das 08:00h, começa o processo de elevação das temperaturas, e próximo das 09:00h acontece o cruzamento das temperaturas. A temperatura externa atingiu o ponto máximo às 14:00h, acontecendo o mesmo com a temperatura interna que, também, alcançou 32,5°C. Nesse momento a diferença entre a temperatura externa e a tbs interna foi de, aproximadamente, 4°C, essa situação ocorreu entre 13:00 h, registrando 32°C e foi até 16:00 h, quando as temperaturas começaram a baixar, cruzando os valores às 19:00 h.

Na seqüência ocorreu uma queda da temperatura externa até a mínima do dia, 27°C, às 24:00h, enquanto que a tbs não acompanhou a baixa da temperatura externa, e apresentou uma variação pequena, a partir das 20:00h até às 24:00h, com média da temperatura de 29°C.

Como esclarecimento de alguns problemas no monitoramento automático em Las Mercedes: na Casa 9 - Lam - (Piso superior) Cuba, não foi possível obter dados de (tbs) desse sistema construtivo por possível falha no equipamento de monitoramento, durante o período escolhido para análise.

## BLOCO 2 - SISTEMAS CONSTRUTIVOS.



### Casa7 – Batea - (térrea) Argentina

A casa 7 é térrea como as duas casas, 10 e 11, desse bloco.

A análise do bloco 2 (três casas) mostra uma significativa diferença do bloco 1 em relação à temperatura externa e tbs interna, considerando que as temperaturas internas permaneceram abaixo da temperatura externas, nos momentos de maior elevação durante o dia analisado. Esses valores (entre 1 a 3°C) acompanharam de perto os valores da temperatura externa apresentando em alguns horários valores praticamente iguais (Casa 10).

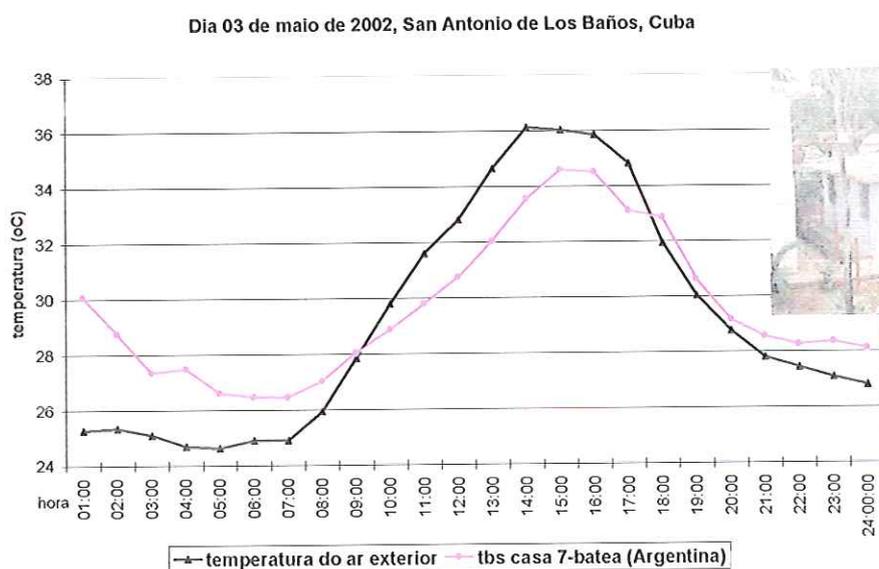


Figura 54: Sistema construtivo Batea Argentina

Figura 53: Descrição do comportamento térmico Casa 7 - sistema construtivo Batea (Argentina), para o dia 03/05/2002.

O comportamento térmico da casa 7 apresentou o procedimento típico das outras edificações analisadas quando se observa o gráfico da figura 53. No que se refere aos valores da tbs interna, apresentados no início da madrugada, foi observado o registro de

30°C (01:00h) e a partir desse horário um processo de abaixamento, como já foi registrado em outros momentos, até às 07:00h, tendo a diferença reduzida entre as temperaturas, nesse primeiro intervalo de tempo, para próximo de 1°C. A partir das 07:00h começa o processo de elevação das temperaturas, às 09:00h, se pode perceber no gráfico, um atraso térmico entre a temperatura externa e tbs interna.

Nesse momento as temperaturas continuavam em elevação e às 14:00h, observa-se o valor máximo de 36,2°C para temperatura do ar externa e somente uma hora depois é que tbs interna atingiu seu valor máximo de 34,5°C. Logo em seguida, a partir das 16:00h a temperatura interna começa a baixar. Às 18:00h, as temperaturas começam a declinar, alcançando a noite o valor mínimo para tbs interna de 28°C. Como foi dito anteriormente, a diferença entre tbs interna e temperatura do ar foi de 1°C.

### Casa10 - Abóbada de tijolo – (térrea) Cuba

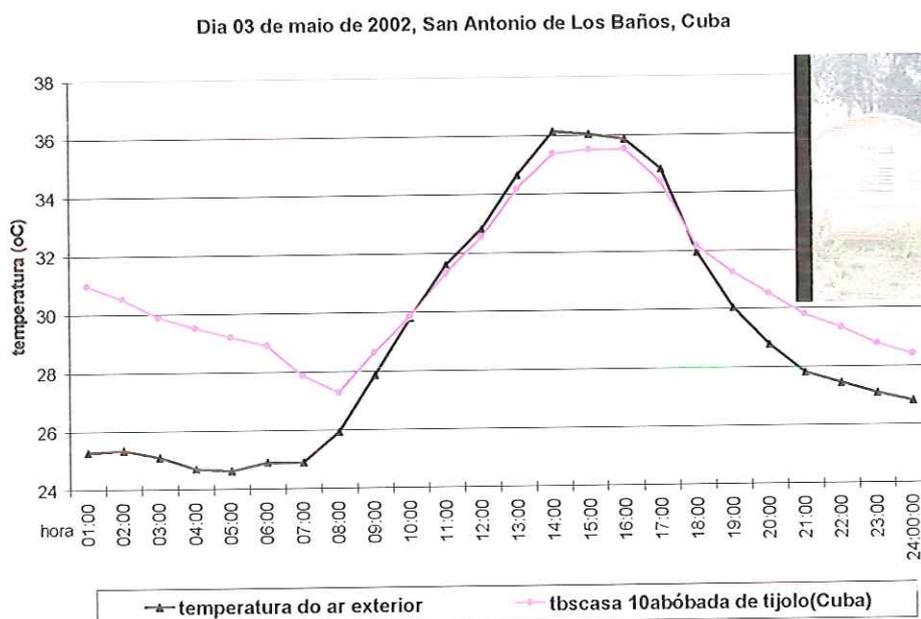


Figura 56: Sistema construtivo Abóbada de tijolo - Cuba

Figura 55: Descrição do comportamento térmico Casa 10 - sistema construtivo Abóbada de tijolo -(Cuba), para o dia 03/05/2002.

Observando-se o gráfico (figura 55) da tbs interna para casa 10, nas primeiras horas do dia 03/05, pode-se perceber que no início da madrugada, onde o valor da temperatura interna marca 31°C, começa uma diminuição desses valores de forma bem definida, encontrando o valor mínimo 27,5°C, às 08:00h. Nessa situação, o comportamento da

temperatura externa é a mesma descrita anteriormente para os outros gráficos analisados. A temperatura mostra-se, oscilante, com média de 25°C até 07:00h, quando começa a elevação da temperatura.

A partir das 08:00h, a curva da tbs interna apresenta elevação, próximo das 10:00h, as temperaturas se encontram, e a partir daí, seguem juntas até atingirem os valores máximos do dia, às 14:00h, sendo os valores registrados de 36,2°C, para temperatura externa e 35,5°C, para tbs interna. Observa-se que nesse momento, a diferença das temperaturas não ultrapassa 0,5°C. Depois de aproximadamente duas horas com esses valores (atraso em relação a temperatura externa), começa o processo de declínio a partir das 16:00h, e como aconteceu no período matutino, as curvas seguem juntas às 18:30h. A partir desse momento, continua a declinar atingindo à noite o valor mínimo da tbs interna, 27,5°C, seguido de perto pela temperatura externa do ar, com apenas 0,5°C de diferença.

### Casa11- Tevi - (térrea) Cuba

O comportamento térmico da casa 11, representado no gráfico (figura 57), mostra uma certa similaridade com as análises efetuadas para as outras casas do Bloco 2.

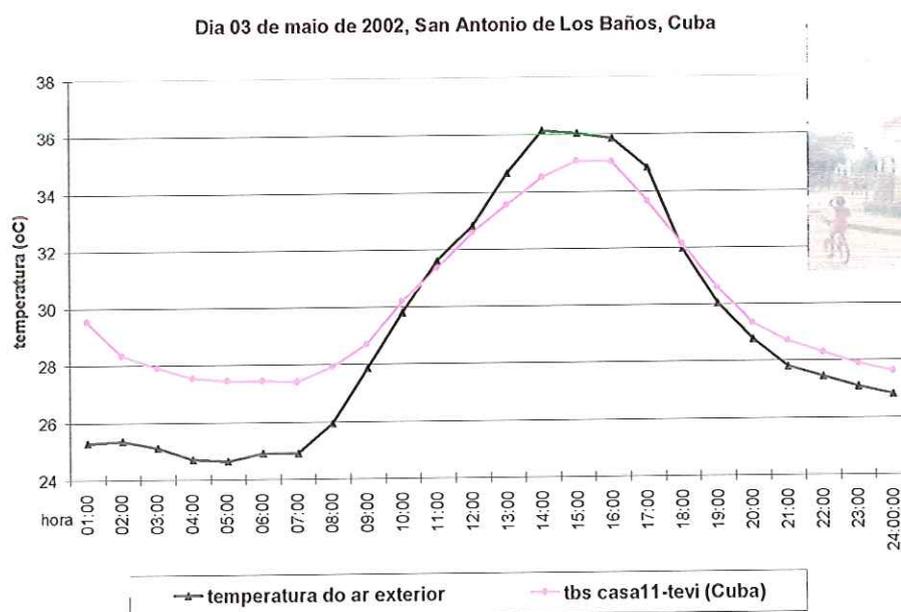


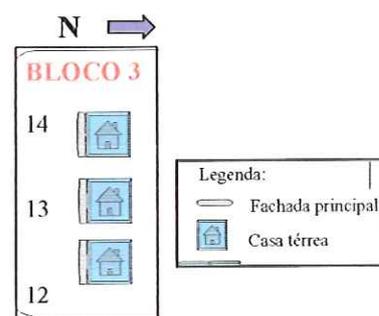
Figura 58: Sistema construtivo tevi - Cuba

Figura 57: Descrição do comportamento térmico Casa 11 - sistema construtivo Tevi – (Cuba), para o dia 03/05/2002.

Durante o intervalo de 01:00 h até às 07:00h, a tbs interna apresentou uma diferença próxima dos 2°C em relação à temperatura externa. O valor da temperatura no início da madrugada foi e 29,5°C para tbs interna. Foi observada nesse intervalo uma variação da tbs interna em relação às demais casas analisadas.

No período matutino, a partir das 07:00h as temperaturas começaram a se elevar. A temperatura externa máxima foi atingida às 14:00h (36,2°C), com atraso de duas horas (15:00h) é que a temperatura interna alcança o valor máximo 35°C. A partir das 16:00h tem início o processo de diminuição dos valores, sendo que às 18:00h acontece o encontro das curvas das temperaturas. Às 19:00h as temperaturas continuam declinando valores, isso acontecendo ao final da noite, com a tbs interna marcando um pouco mais de 28°C e a temperatura externa, o valor de 27°C.

### BLOCO 3 - SISTEMAS CONSTRUTIVOS



As casas do Bloco 3, casas 12, 13 e 14 apresentam uma certa peculiaridade em relação a tbs interna, se comparadas às outras casas dos Blocos 1 e 2. No período de maior elevação da temperatura, todas as casas tiveram temperatura interna inferior (em torno de 2°C) à temperatura externa do ar, nos horários de valores máximos.

#### Casa12 - *Sancocho* – (térrea) **Venezuela**

No período compreendido entre 01:00h até às 08:00h (Figura 59), a diferença entre a temperatura externa e a tbs interna foi de, aproximadamente 3°C, valores máximos apresentados anteriormente em outras análises para o período. A tbs interna registra um valor elevado, 31°C, inicialmente, e em seguida começa a declinar até, aproximadamente, 08:00h, quando as temperaturas tendem a elevação.

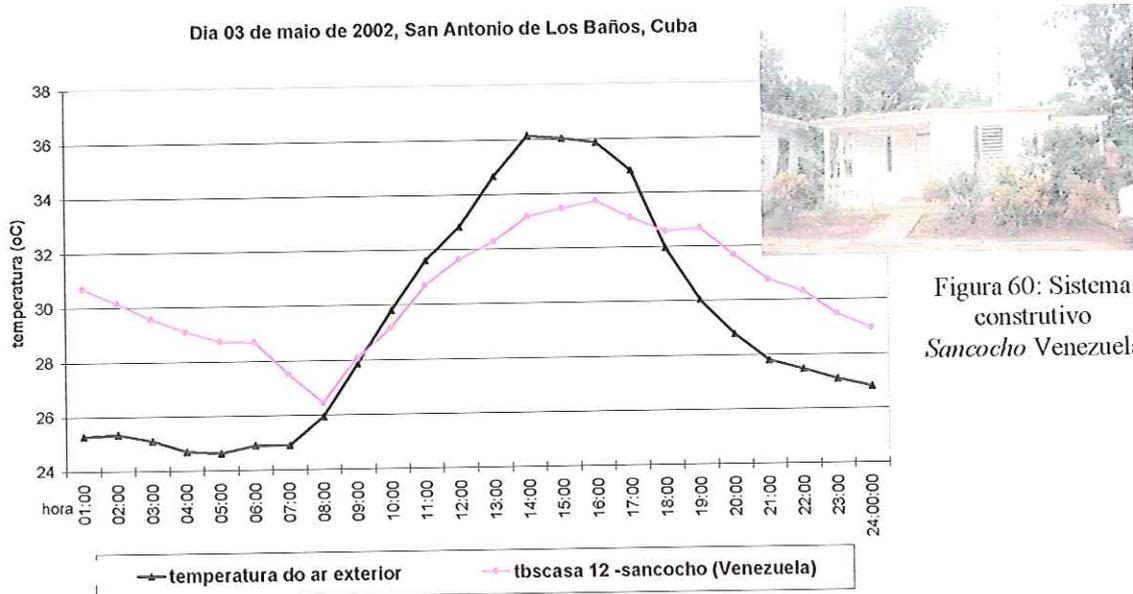


Figura 59. Descrição do comportamento térmico Casa 12 - sistema construtivo Sancocho - (Venezuela), para o dia 03/05/2002.

A partir das 09:00h, as duas temperaturas se encontram e continuam em elevação até atingirem seu ponto máximo  $36,2^{\circ}\text{C}$  às 14:00h para temperatura externa. Nessa situação, só às 16:00h é que a tbs interna alcança seu valor máximo  $33,9^{\circ}\text{C}$  e (atraso térmico), logo em seguida, começa o processo de redução das temperaturas e às 18:00h, as temperaturas se encontram; em seguida continuam decrescendo, agora mantendo uma diferença de  $2^{\circ}\text{C}$ . O valor registrado para tbs interna foi de  $29^{\circ}\text{C}$  e para temperatura externa  $27^{\circ}\text{C}$  até o final da noite.

### Casa13 - Viga mais placa de concreto - (térrea) Cuba

O comportamento térmico da casa 13, registrado no período da madrugada (01:00h) da tbs interna em relação à temperatura do ar externa, ultrapassa a diferença de  $4^{\circ}\text{C}$ . A tbs interna começa o processo de redução de valores e somente às 09:00h ( $29,5^{\circ}\text{C}$ ) a tbs começa a se elevar, a temperatura externa começou o processo de elevação dos valores a partir das 07:00h como mostra o gráfico da figura 61.



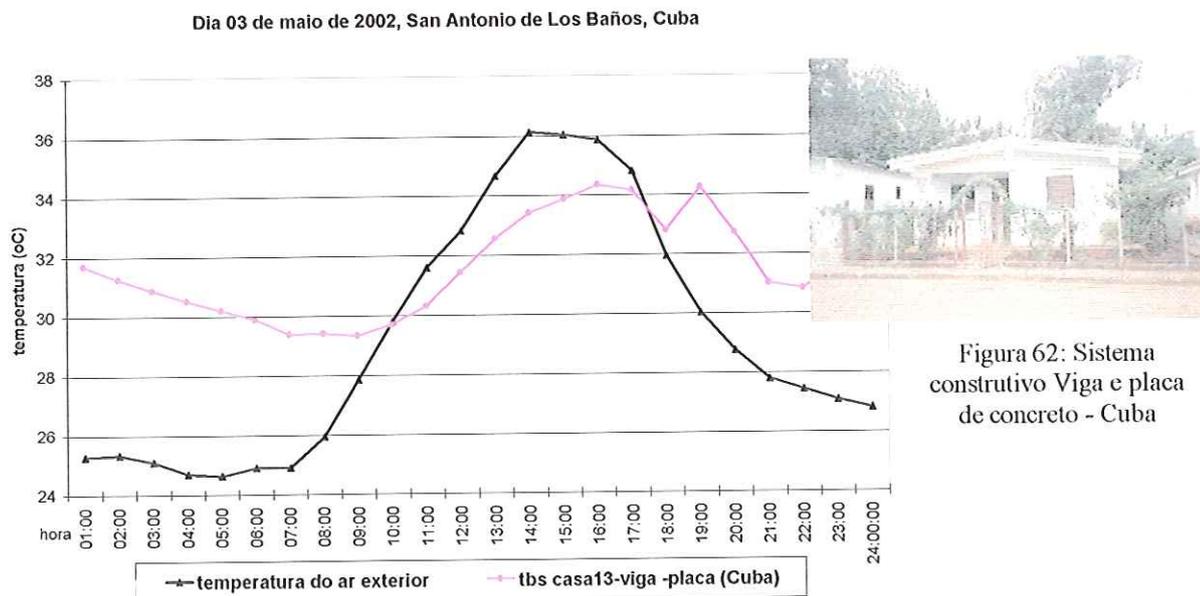


Figura 62: Sistema construtivo Viga e placa de concreto - Cuba

Figura 61: Descrição do comportamento térmico Casa 13 - sistema construtivo Viga e placa de concreto (Cuba), para o dia 03/05/2002.

A tbs interna registrou em média durante esse primeiro intervalo, de 01:00h até 09:00h, 28,5°C, enquanto a média aproximada da temperatura externa foi de 25°C.

As temperaturas começaram a subir simultaneamente a partir das 07:00h, e diferentemente das outras situações analisadas, as temperaturas continuaram em elevação, e somente as 13:00h é que aconteceu o encontro das curvas de temperatura.

A temperatura externa do ar atingiu o valor máximo de 36,2°C às 14:00h, seguido pela tbs interna com o registro de 34,5°C, mantendo-se, portanto, um atraso térmico (2 horas), para logo em seguida voltarem a declinar.

Como foi observado anteriormente em outras casas monitoradas, logo depois que as temperaturas começam a baixar há novamente uma aproximação das curvas das temperaturas, por volta das 17:30h. Em seguida, observa-se a redução de valores com uma distância entre tbs interna e temperatura externa de, aproximadamente, 2°C. Finalmente, atinge os valores mínimos da noite, 30,5°C para tbs interna e 27°C para temperatura externa.

### Casa14- Viga e placa de concreto - (térrea) Cuba

O gráfico (figura 63) do comportamento térmico da casa 14 do bloco 3, última casa da análise, revela um comportamento da tbs interna semelhante a das outras casas desse bloco. No intervalo de 01:00h até às 07:00h, os valores registrados da tbs interna tem a mesma variação nos valores da temperatura externa do ar, com pequenas modificações, apresentando uma diferença de pouco mais de 3°C, entre ambas temperaturas.

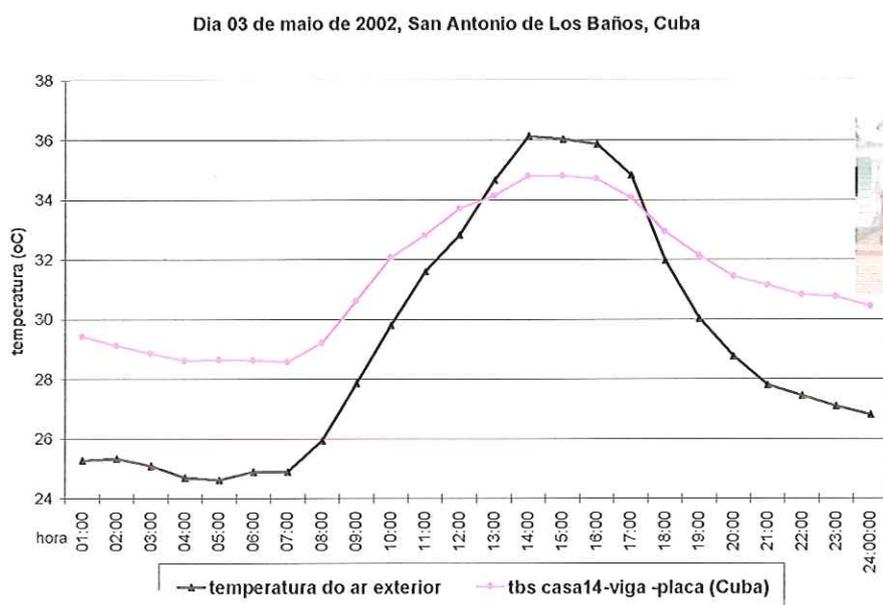


Figura 64: Sistema construtivo Viga mais placa de concreto - Cuba

Figura 63. Descrição do comportamento térmico Casa 14 - sistema construtivo Viga mais placa de concreto (Cuba), para o dia 03/05/2002.

A partir das 07:00h as temperaturas começaram a subir e se encontraram a partir das 13:00h (34°C) e continuaram a ampliar valores. Às 14:00h a temperatura externa obteve seu valor máximo de 36,2°C, no mesmo momento que a tbs interna atingiu seu ponto máximo de 34,8°C. Nesse momento, as temperaturas começaram a baixar e, logo em seguida, duas horas depois o início do declínio. No início da noite, as temperaturas continuaram a baixar atingindo o valor mínimo de 30,3°C para a tbs interna e 27°C para a temperatura externa, com uma diferença de aproximadamente 3°C entre ambas no final da noite.

Para complementar a análise do comportamento térmico foi confeccionada a tabela 2, que mostra os valores das máximas e mínimas da temperatura interna do ar (tbs) e da amplitude térmica das casas monitoradas, para o dia 03 de maio de 2002 na Comunidade de Las Mercedes - San Antonio de Los Baños, Cuba.

Tabela 2: Valores das máximas e mínimas da temperatura interna do ar (tbs) e da amplitude térmica das casas monitoradas, para o dia 03/05/2002, Las Mercedes, Cuba.

Casas	Temperatura máxima interna do ar (tbs °C) 03/05/2002	Temperatura mínima interna do ar (tbs°C) 03/05/2002	Amplitude térmica 03/05/2002
Casa 1- Viga e <i>Bovedilla</i> (dois Pisos) Cuba	32,2	28,1	4,1
Casa 2 - Viga e <i>Bovedilla</i> (dois Pisos) Cuba	40	28,3	11,7
Casa 3 - Laje Canal -(dois Pisos) Cuba	32,4	28,9	3,5
Casa 4 - Laje Canal -(dois Pisos) Cuba	35,6	26,7	8,9
Casa 5 - Abóbada de argamassa armada - (dois Pisos) México	32,5	25°C*	7,5
Casa 6 - Abóbada de argamassa armada - (dois Pisos) México	36,8	27,5	9,3
Casa 7 - <i>Batea</i> - (térrea) Argentina	34,6	26,4	8,2
Casa 8 - Lam - (dois Pisos) Cuba	32,4	27	5,4
Casa 9 - Lam - (dois Pisos) Cuba	-	-	-
Casa 10 - Abóbada de tijolo – (térrea) Cuba	35,5	27,3	8,2
Casa 11 - <i>Tevi</i> - (térrea) Cuba	35	27,4	7,6
Casa 12 - <i>Sancocho</i> – (térrea) Venezuela	33,7	26,4	7,3
Casa 13 - Viga mais placa de concreto - (térrea) Cuba	34,3	29,3	5°
Casa 14 - Viga mais placa de concreto - (térrea) Cuba	34,8	28,6	6,2

A tabela 2 mostra que o menor valor registrado entre as temperaturas máximas foi na casa 1 (bloco 1) 32,2°C, situada no piso inferior.

A casa 3 (bloco 1) registrou a menor amplitude térmica entre todas monitoradas, com valor de 3,5°C.

O valor mais elevado entre as tbs máximas foi registrado na casa 2 (bloco 1) 40°C, apresentando também a maior amplitude térmica entre todas casas monitoradas, 11,7°C.

O menor valor registrado entre as tbs mínimas internas foi na casa 5 (bloco 1) 25°C\*.

\* A análise do comportamento térmico da casa 5 (bloco 1) revelou um valor de temperatura interna mínima de 25°C às 21:00h, que possivelmente não corresponde ao valor real monitorado, segundo a avaliação do conjunto dos gráficos para casas que estão situadas no mesmo bloco, com a mesma orientação.

### 3.2. Descrição entre casas com monitoramento de Temperaturas Superficiais (tsi) em relação à Radiação solar global ( $W/m^2$ )

Na descrição, a seguir, três pontos importantes foram revelados pelo conjunto dos gráficos da temperatura superficial em relação à Radiação solar global, para o dia 03/05/2002, em San Antonio de Los Baños, Cuba. O primeiro mostra que todas as casas monitoradas apresentaram temperaturas superficiais (tsi) acima dos  $40^{\circ}C$ , com exceção apenas da casa 9 Lam (Cuba), no Bloco 2, cujo valor foi de  $39^{\circ}C$ , muito próximo das outras. A segunda informação, extraída do conjunto dos gráficos de (tsi) e também representados no quadro 11, mostra que o valor da (tsi) máxima foi de, aproximadamente,  $53^{\circ}C$  na casa 6 – Abobada de argamassa armada (México), seguido pelas casas 2 - Viga e *Bovedilla* (Cuba) com  $52^{\circ}C$ , e casa 12 – Sancocho (Venezuela) com  $52^{\circ}C$  e a casa 4 – Laje Canal (Cuba) com  $50^{\circ}C$ . Quanto à temperatura superficial interna mínima, todas as casas apresentaram valores entre 26 a  $28^{\circ}C$ . Em destaque a casa 4 (Laje Canal – Cuba), que apresentou valores acima da média das outras casas,  $32^{\circ}C$ , ficando acima da temperatura mínima interna de  $26,7^{\circ}$ , enquanto as outras casas apresentaram valores próximos das temperaturas mínimas internas.

Quadro 11: Valores médios, máximos e mínimos da temperatura superficial interna ( $^{\circ}C$ ) das casas para o dia 03 de maio de 2002 na Comunidade de Las Mercedes - San Antonio de Los Baños, Cuba.

casas	Temperatura superficial interna máxima ( $^{\circ}C$ ) para o dia 03/05/2002	Temperatura superficial interna mínima ( $^{\circ}C$ ) para o dia 03/05/2002
Casa2 Viga e <i>Bovedilla</i> - Cuba	52	27
casa 4 – Laje Canal - Cuba	50	32
Casa 6- Abóbada de argamassa armada-México	53	26
Casa7 – <i>Batea</i> -Argentina	40	26
Casa9 - Lam - Cuba	39	28
Casa10 - Abóbada de tijolo - Cuba)	41	28
Casa11- <i>Tevi</i> – Cuba	42	28
Casa12- <i>Sancocho</i> -Venezuela	52	26
Casa13- Viga e placa de concreto - Cuba	38	28

O terceiro ponto diz respeito a uma situação de máximo armazenamento e transferência de calor na superfície exposta, no caso a cobertura, que é atingido pela radiação solar direta e posterior dificuldade desse material dissipar a carga térmica indesejável do interior da casa.

### **BLOCO 1 (Orientação Norte-Sul)** **Casa 2 - Viga e Bovedilla (Piso superior) Cuba**

A casa 2 do Bloco 1 está localizada no piso superior, assim como as casas 4 e 6 do mesmo bloco, apresentando, portanto, teto exposto à radiação solar direta.

O gráfico da figura 65 mostra o comportamento da tsi relacionada com radiação solar global, para o dia 03/05/2002. A curva da tsi interna apresentou-se sem modificações no período de 01:00h até 07:00h, ocorrendo um declínio da tsi de 30°C, chegando a 27°C. A partir das 07:00h, a temperatura superficial começou a elevar-se.

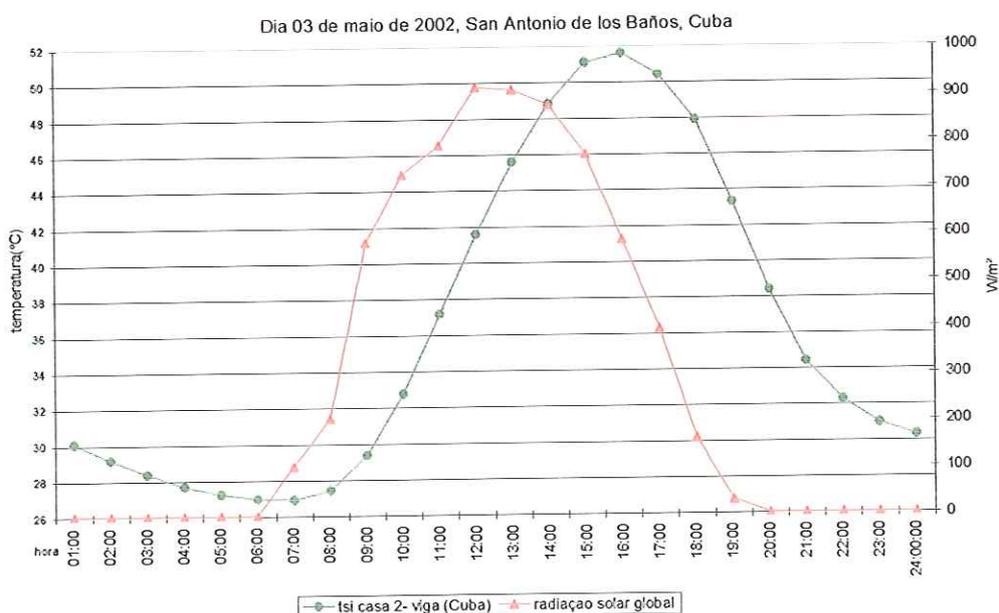


Figura 65: Comportamento da tsi da Casa 2 - Viga e Bovedilla Cuba em relação à radiação solar global para o dia 03/05/2002.

Às 12:00h a curva da radiação solar alcançou sua intensidade máxima, 900 W/m<sup>2</sup>. Nesse momento a tsi continuava subindo para atingir seu valor máximo somente às 16:00 h, quando se observa um atraso da tsi em relação ao pico máximo da radiação solar global.

Logo em seguida, a temperatura superficial começou a declinar. Enquanto isso, a radiação solar iniciou o processo de redução de valores um pouco mais cedo, às 13:00h.

O atraso da tsi em relação aos valores da radiação solar, observado no gráfico da figura 65, revela provavelmente o armazenamento de calor durante o período das 07:00h às 16:00h sobre a cobertura. Na parte do final da tarde, a curva descendente da temperatura superficial mostra outra situação, que foi a possível dificuldade de alguns materiais construtivos em dissipar o calor que foi conduzido para o interior da habitação.

A partir das 16:00h a tsi começa a reduzir seus valores. Nesse momento, o valor registrado é 52°C. No final da noite o valor mínimo alcançado pela tsi é o mesmo registrado no início da madrugada (01:00h), a saber, 30°C.

#### Casa 4- Laje Canal - (Piso superior) Cuba

Pela observação do gráfico da figura 66, depreende-se que o comportamento térmico da casa 4 apresenta similaridade com a casa 2 anteriormente analisada. Para efeito de comparação, observa-se a temperatura superficial registrada, 32°C, às 10:00h na casa 4, que é praticamente semelhante a descrita para a casa 2.

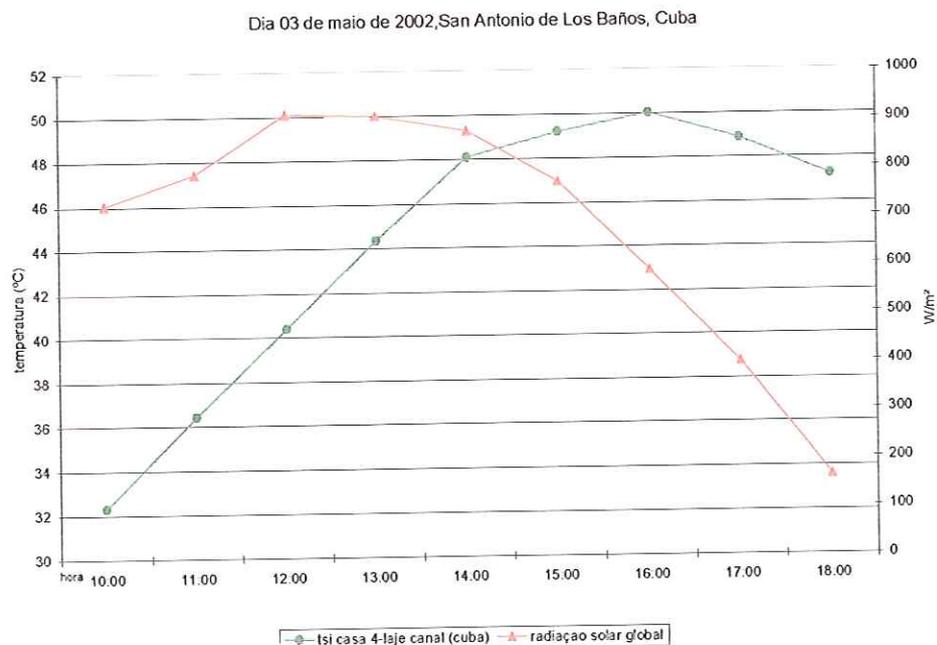


Figura 66: Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 4- Laje Canal, Cuba para o dia 03/05/2002.

A partir das 10:00h a tsi continuava a subir e atingiu seu valor máximo 50°C, somente às 16:00h, enquanto que, às 12:00h, a radiação solar alcançou sua intensidade máxima 900 W/m<sup>2</sup>. Às 16:00h, a temperatura superficial começou a baixar. A partir daí, só foram monitorados valores até o período das 18:00h, onde os registros da tsi apresentaram-se elevados, próximos dos 48°C e, portanto, guardando semelhança com os registros da casa 2.

Por motivos de provável falha técnica na coleta de dados, o dia 03/05/2002 não foi completo (24h) para temperatura superficial (tsi). Na verdade não houve comprometimento da investigação, nesse caso específico, já que os valores importantes para efeito de comparação com as demais casas, foram registrados no período das 10:00 às 18:00h, em virtude de ser esse o período de maior incidência de radiação solar global e, portanto, com maior probabilidade de ocorrência de transferência de calor.

#### Casa 6 - Abóbada de argamassa armada - (Piso superior) México

A casa 6, também, localiza-se no piso superior e, portanto, possui teto exposto por maior tempo, pois oferece uma superfície maior para absorção da radiação solar direta.

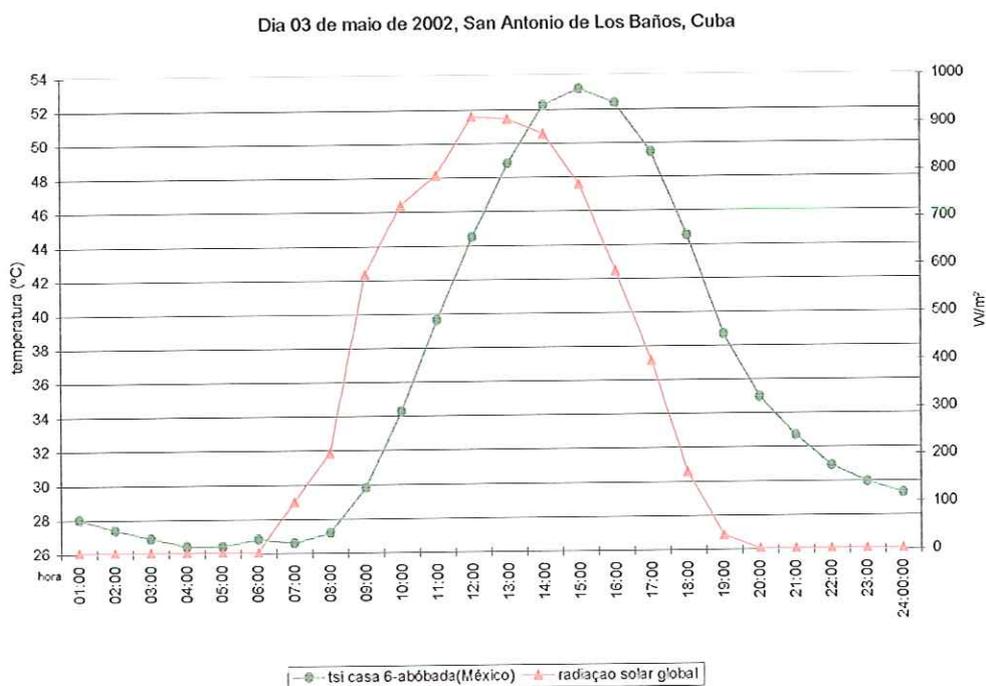


Figura 67: Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 6- Abóbada de argamassa armada - México para o dia 03/05/2002.

O comportamento térmico da casa 6 revela (figura 67) uma peculiaridade entre as outras casas analisadas até o presente momento, que seria o valor mais elevado da tsi, 53°C. Isso respaldado pelo segundo maior valor da temperatura de bulbo seco interna de 37°C, registrado entre as casas anteriormente analisadas.

No período de 01:00h às 07:00h, o valor da temperatura superficial interna registra 28°C inicial, para em seguida apresentar uma redução nos valores, próximo de 27°C.

A partir das 08:00h, a temperatura superficial começa a se elevar, atingindo seu valor máximo às 14:00h, logo em seguida, começa o processo de redução de valores. A radiação solar alcançou sua intensidade máxima 900W/m<sup>2</sup>, às 12:00h, e, em seguida começa baixar sem apresentar interrupções até às 18:00 h.

No final da noite a tsi atinge o ponto mínimo de 28°C, apresentando uma diferença de aproximadamente 1°C da fase inicial da madrugada.

## **BLOCO 2 (Orientação Leste-Oeste)**

### **Casa 7 – Batea - (térrea) Argentina**

A figura 68 descreve o comportamento da tsi em relação à radiação solar global para Casa 7 – sistema construtivo *Batea*, cujo país de transferência tecnológica foi origem a Argentina.

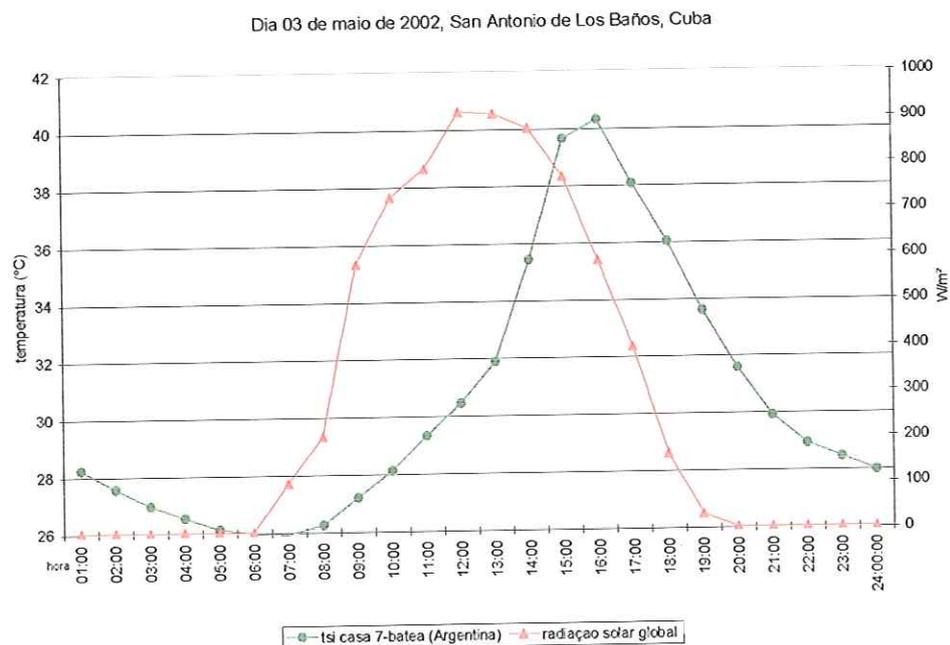


Figura 68: Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 7 - *Batea* - Argentina.

No início da madrugada até às 07:00h, a tsi apresentava uma redução de valores que ia de próximo aos 28° C até 26° C. A partir das 08:00h, começava o processo de elevação da tsi, apresentando um pequeno retardamento até às 14:00h. Como já é conhecida a radiação solar alcançou sua intensidade máxima 900W/m<sup>2</sup>, às 12:00h, para em seguida começar a reduzir sem apresentar interrupções até às 18:00h. Já a tsi continuava a subir, com valor máximo 40°C às 16:00h, logo em seguida começava a reduzir os valores da temperatura.

A trajetória traçada pela curva da tsi no período vespertino também difere das outras casas analisadas e revela praticamente uma reta. Nesse momento, há uma queda da tsi,

alcançando o valor mínimo às 24:00h, 28°C. Esse valor é o mesmo registrado para tsi inicial.

### Casa 9- Lam - (dois Pisos) Cuba

A casa 9 do Bloco 2 está localizada no piso superior, assim como as casas 2,4 e 6 do bloco 1, que apresentam teto exposto à incidência de radiação solar direta, no entanto, os valores de tsi da casa 9 não apresentam comportamento semelhante aos das casas do bloco1.

Nas primeiras horas da madrugada revela-se, por meio do gráfico da figura 69, que a casa 9 apresentou comportamento térmico da temperatura superficial semelhante ao comportamento da tsi da casa 13 do bloco 3 (viga e placa de concreto - Cuba).

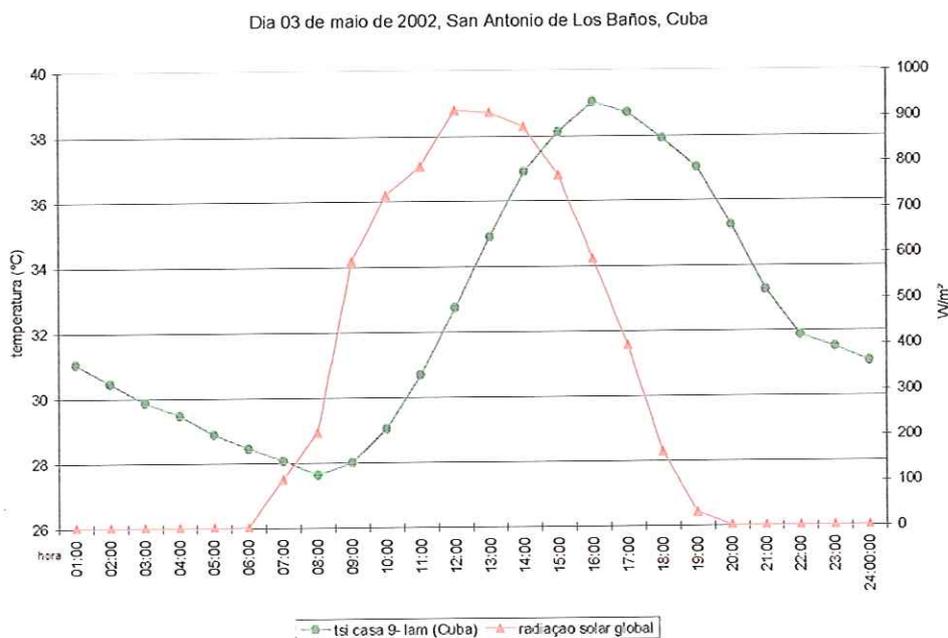


Figura 69: Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 9-Lam - Cuba para o dia 03/05/2002.

Em justaposição dos gráficos pode-se dizer que não existe discrepância considerável do comportamento térmico das duas casas, apesar de se tratarem de sistemas construtivos e de orientações diferentes.

À 01:00h a tsi da casa 9 registrou 31°C. A partir desse momento acontece uma redução dos valores da tsi que atinge valor próximo dos 28°C, às 08:00h. No período

vespertino, a tsi continua a ampliar seus valores. No momento em que a radiação solar alcançou seu valor máximo  $900\text{W/m}^2$ , às 12:00h, a temperatura superficial também atingiu seu valor máximo,  $39^\circ\text{C}$  com atraso de mais de 3 horas em relação ao pico máximo da radiação solar. Posteriormente, a temperatura começa a declinar, não sendo notada nenhuma oscilação no decorrer desse declínio.

A temperatura superficial atinge seu valor mínimo no final da noite,  $31^\circ\text{C}$ , retornando seu valor inicial da madrugada.

### Casa10 - Abóbada de tijolo – (térrea) Cuba

O comportamento da tsi da casa 10 apresenta uma formação da curva da temperatura superficial que se assemelha a desenvolvida para casa 9, do mesmo bloco 2, ou seja, apresentou valores que guardam uma semelhança próxima das duas casas em relação ao comportamento da tsi.

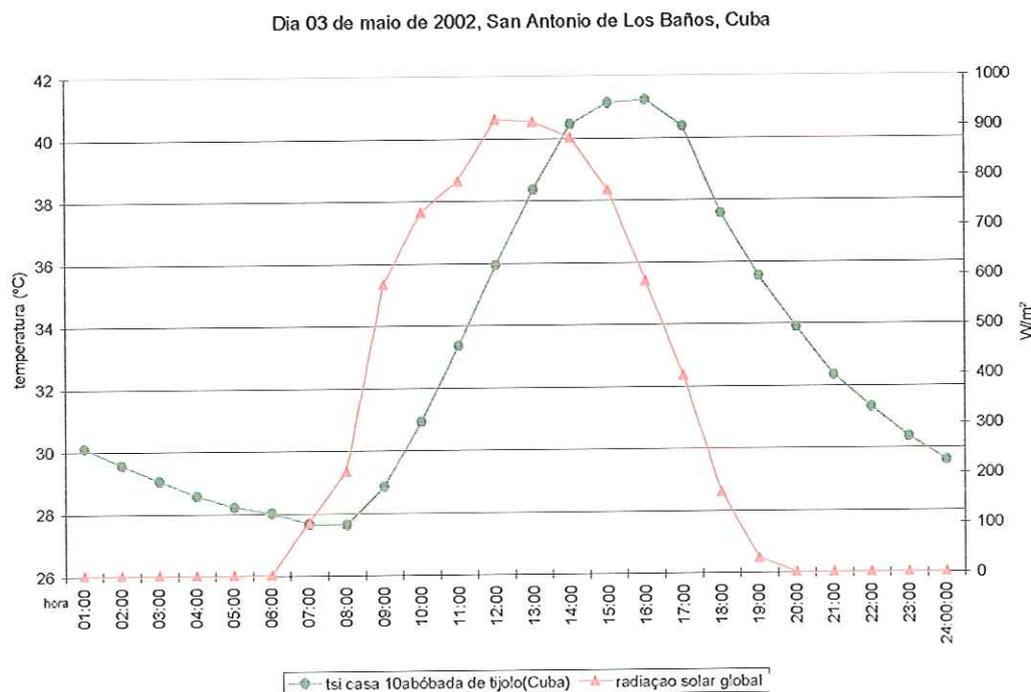


Figura 70: Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 10 da Abóbada de tijolo - Cuba para o dia 03/05/2002.

Durante o início da madrugada, o valor da tsi da casa 10 é de  $30^\circ\text{C}$ , com tendência de redução até  $28^\circ\text{C}$ , às 07:00h, como se pode depreender na figura 70.

A partir das 08:00h a tsi começa a se elevar repetindo-se os valores registrados pelas casas do bloco 2, sem apresentar variações. Às 15:00h alcança seu valor máximo, 41°C, para, logo em seguida, começar um processo de diminuição dos valores da temperatura. Observa-se que a radiação solar alcançou sua intensidade máxima 900W/m<sup>2</sup>, às 12:00h, portanto três horas de antecedência da tsi, e nesta casa também apresenta um atraso.

A diferença da tsi da casa 10 para as outras casas anteriormente analisadas é que estas últimas quando atingiram seu valor máximo da tsi começaram rapidamente a declinar, a tsi da casa 10 permaneceu com temperatura de 41°C por uma hora. Somente a partir das 16:00h, os valores de temperaturas começaram a diminuir.

Ao final da noite, a tsi retoma ao seu valor inicial, registrando-se 31°C, valor equivalente a tsi inicial e final da casa 9.

### Casa 11 - Tevi - (térrea) Cuba

O comportamento da temperatura superficial da casa 11 apresenta discordância com as casas anteriormente analisadas. O traçado da curva da temperatura superficial interna acompanhou a trajetória da curva da radiação solar global. Os valores da tsi evoluíram de acordo com a elevação dos valores da radiação solar. Mesmo registrando essa aproximação, o valor máximo da tsi foi 42°C e está compatível com as outras casas do Bloco 2 (figura71).

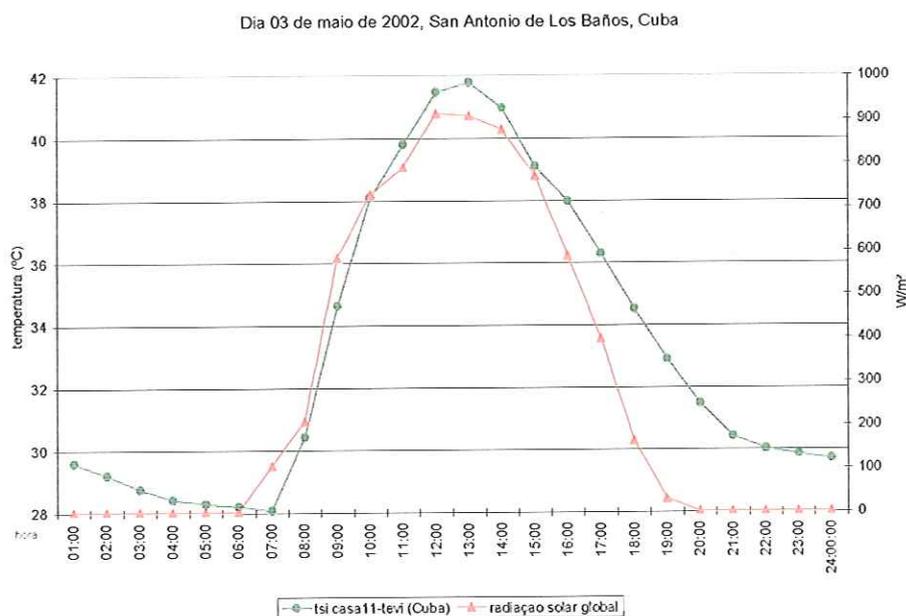


Figura 71: A tsi em relação à radiação solar global da Casa 11-Tevi - Cuba.

Nas primeiras horas da madrugada (01:00h), a tsi da casa 11 apresentou um declínio que ocorreu até as 07:00h, momento em que a temperatura superficial começou a se elevar. Assim, a tsi alcançou seu valor máximo próximo das 13:00h, a saber, 42°C. Diferente de todas as casas analisadas, a tsi atingiu seu pico no momento em que a radiação solar alcançou seu valor máximo 900W/m<sup>2</sup>, às 12:00h. A tsi logo em seguida iniciou o processo de redução dos valores.

A temperatura superficial interna atingiu seu ponto máximo e no mesmo instante começou a declinar, conservando uma breve aproximação da curva da radiação solar como mostra o gráfico da figura 71 na página anterior. Essa situação continuou até o início da tarde, nesse período (17:00h) retorna o atraso que já era observado para os outros sistemas construtivos. No início da noite começa a volta da tsi ao seu valor de origem do início do dia, ou seja, de 29°C.

### **BLOCO 3 (Orientação Norte-Sul)**

#### **Casa 12 - Sancocho – (térrea) Venezuela**

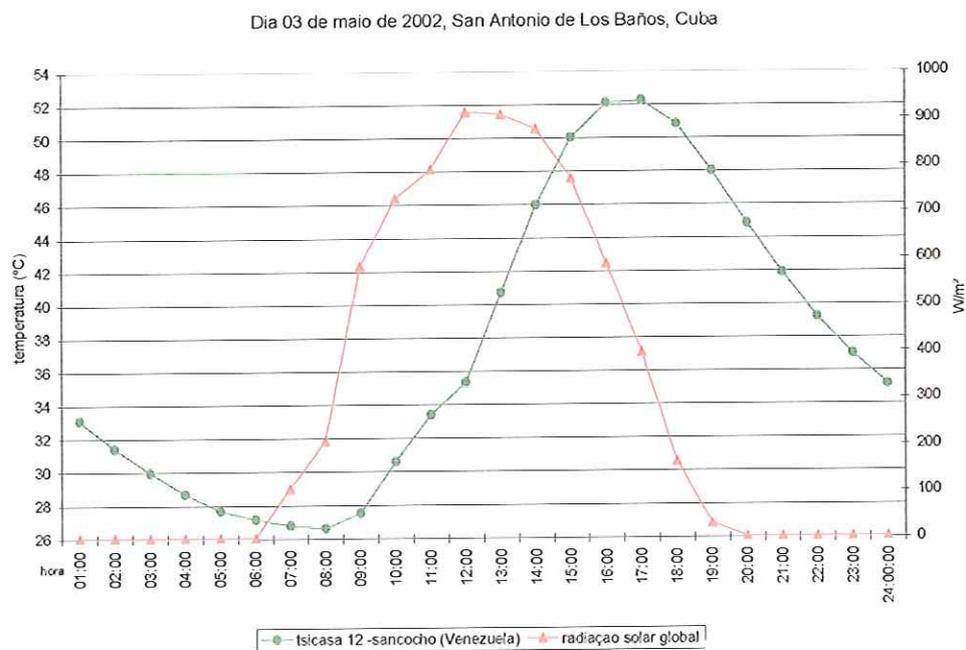


Figura 72: Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 12 *Sancocho* – Venezuela para o dia 03/05/2002.

O comportamento da temperatura superficial da casa 12 mostra, por meio do gráfico (figura 72), que no começo da madrugada, o valor da tsi era o mais elevado de todas as casas analisadas. À 01:00h, o valor registrado de tsi era de 33°C. Nesse momento, há uma queda dos valores da tsi. Essa redução é um processo acentuado se comparada às outras situações iniciais analisadas.

A partir das 08:00h, inicia-se o processo de elevação da temperatura superficial. Nesse momento revela-se o habitual atraso das condições de aquecimento interno da habitação, situação que foi observada em praticamente todos os sistemas construtivos analisados.

Diferente da casa 11 do mesmo Bloco, a tsi atingiu seu ponto máximo somente às 16:00h, quando a radiação solar alcança seu valor máximo 900W/m<sup>2</sup>, às 12:00h. Observando-se o gráfico da figura 71, pode-se depreender que a tsi continua seu processo de elevação, só alcançando seu ponto máximo às 16:00h, período vespertino, com registro de 52°C, para aproximadamente uma hora depois, começar o processo de declínio.

Durante o período vespertino foi registrada a diminuição dos valores da curva da tsi. Observa-se na figura 72 o distanciamento das curvas. A tsi alcançou seu valor mínimo à noite, 35°C, registrando-se que este valor é um pouco superior aos valores obtidos nas demais casas.

### **Casa 13 - Viga e placa de concreto - (térrea) Cuba**

A casa 13 apresentou valores da temperatura superficial mais baixos entre todas as casas analisadas (registro de 38°C) e, também, repetiu a situação do distanciamento da curva da radiação solar global.

No início da madrugada, o comportamento da tsi da casa 13 mostra, por meio do gráfico da figura 73, uma situação de declínio da temperatura. À 01:00h, a tsi era de 31°C e atingiu 28°C, às 08:00h, quando começou o processo de elevação dos valores. Essa elevação de valores somente ocorreu com atraso de duas horas em relação à radiação solar, quando começou o processo de elevação às 06:00h.

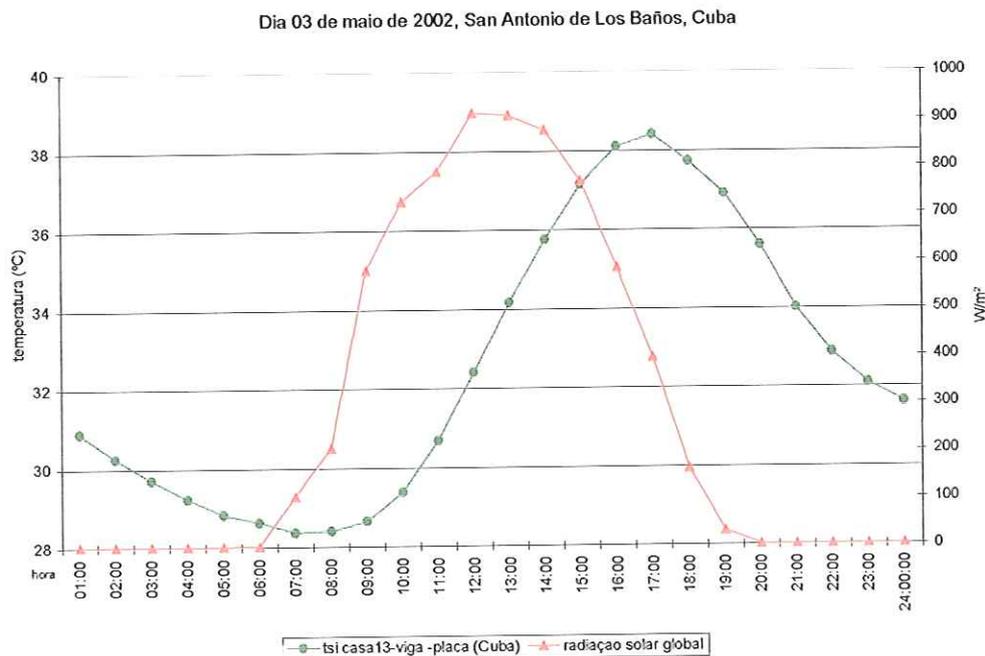


Figura 73: Comportamento da tsi em relação à radiação solar global da Casa 13-Viga mais placa de concreto - Cuba para o dia 03/05/2002.

No período matutino, a temperatura superficial continuou elevando seus valores, enquanto que às 12:00h, a radiação solar alcançou sua intensidade máxima aproximadamente,  $900\text{W/m}^2$ .

Somente a partir das 17:00h aconteceu a elevação máxima da tsi,  $38^\circ\text{C}$ . A partir deste período, a temperatura superficial começa a declinar mantendo distância entre a curva da radiação solar. Ao final da noite, a tsi alcançou praticamente o valor do início do dia,  $31,5^\circ\text{C}$ .

#### 4. Análise e Discussão

a) Os resultados da análise do comportamento térmico para o dia experimental de 03 de maio de 2002, por meio da descrição da curva da temperatura externa do ar e da temperatura interna do ar (tbs) das 14 casas do Programa 10X10 (CYTED), remetem as seguintes discussões:

Bloco 1 - Casas de número 1 a 6, incluída nesse bloco de análise a casa 8 do bloco 2, por também apresentar sistema construtivo de dois pisos.

A análise mostrou que o menor valor registrado entre as temperaturas máximas internas foi na casa 1 (bloco 1) 32,2°C, situada no piso inferior. A casa 3 (bloco 1) registrou a menor amplitude térmica dentre todas monitoradas, com valor de 3,5°C. O valor mais elevado entre as temperaturas máximas internas foi registrado na casa 2 (bloco 1) 40°C, que também apresenta a maior amplitude térmica entre todas as casas monitoradas, 11,7°C. O menor valor registrado entre as tbs mínimas internas foi na casa 5 (bloco 1) 25°C<sup>5</sup>.

Portanto, os resultados comprovaram que no bloco 1 as variações da temperatura do ar interna aconteceram com maior intensidade nas casas do piso superior em relação à temperatura externa do ar, provavelmente pelo ganho térmico provocado pela absorção de energia solar que atinge a cobertura, que é a parte da edificação mais exposta à radiação solar global incidente e que, concordando-se com Corbella e Yannas (2003), uma das superfícies mais castigadas pelo Sol, juntamente com as paredes.

Outro elemento revelado pela análise do conjunto dos gráficos foi o valor das temperaturas máximas internas para as casas 1 (32,3°C), 3 (32,4°C), 5 (32,5°C), bloco 1 e casa 8 (32,4°C) bloco 2, todas no piso inferior. Diante de valores tão próximos, pode-se analisar da seguinte forma: existe, provavelmente, formação de uma barreira térmica sobre o teto que contribui para minimizar a carga térmica proveniente da radiação solar global e, portanto, atrasa o tempo em que o calor demoraria a ser conduzido ao interior das casas que estão no piso inferior. Em pesquisa realizada como parte do doutorado (*Postgraduate Centre Human Settlements, Kuleuven, Belgium*), sobre conforto térmico em edifícios novos inseridos em uma área específica do Centro Histórico de Havana Velha em Cuba, Tablada de la Torre (2002) mostra como resultado de simulações, que há diferenças claras entre comportamento térmico para quartos em nível de pavimento térreo e em nível de pavimento superior. Segundo o mencionado autor, os quartos do pavimento térreo têm condição térmica melhor durante o dia que aqueles localizados no pavimento superior.

Outra análise estaria relacionada às propriedades termofísicas<sup>6</sup> dos materiais em dissipar e perder calor (energia na forma térmica) armazenado. Como as casas têm projetos arquitetônicos idênticos (forma - tipologia), dois pisos, sendo diferente apenas o tipo de

---

<sup>5</sup> Esse valor não tem consistência garantida, pode ter acontecido provável falha técnica do equipamento.

<sup>6</sup> Propriedades termofísicas: emissividade, resistência e capacidade térmica..

material e o sistema construtivo, essa condição da temperatura interna das casas do piso inferior pode estar se reproduzindo.

Quanto aos sistemas construtivos, o bloco (1) apresenta três sistemas cubanos e um mexicano, na avaliação do comportamento térmico, independente do sistema ou país responsável, as casas do piso inferior tiveram um melhor comportamento térmico, sendo que a casa 2, (*viga e bovedilla*) de Cuba, registrou a maior elevação do valor da temperatura interna do ar, 40°C (17:00h) entre as casas analisadas. O que comprovaria a hipótese do ganho de calor, armazenamento e dificuldade do material construtivo em perder calor.

Como tópico de discussão sobre o bloco 1 analisado, se pode dizer, que as casas do piso inferior mostraram melhor comportamento térmico do que as localizadas no piso superior (cobertura exposta), portanto, mantendo uma diferença de aproximadamente 4°C em relação à temperatura externa do ar de 36,2°C, no horário de pico máximo.

Em se tratando da avaliação da sensação térmica oferecida aos ocupantes, foram adotados para essa investigação os intervalos propostos por Leon et al. (2003), levando-se em consideração a adequação para população cubana, aclimatação às condições quentes e úmidas que predominam durante a maior parte do ano sobre o país. Aplicando-se os índices adotados para zona de conforto térmico humano, como parâmetros nessa investigação dos limites superiores acima de 28°C (muito quente), estabelecido para as condições de calor excessivo (estresse térmico), pode-se dizer que as casas 1, 2 e 3 do bloco 1, permaneceram por todo o dia 03/05, com valores da temperatura interna do ar acima dos 28°C (muito quente), portanto, em situação de estresse térmico de calor. As casas 4, 5, 6 e 8 não apresentaram comportamento térmico muito diferente das três primeiras, mostrando uma breve permanência pela zona de conforto no período matutino, no máximo de 4 horas para casa 4, e mínimo de 1 hora para casa 6, e no resto do dia, todas as casas ficaram fora dos limites de conforto, causado pelo excesso de calor.

Ainda sobre os limites superiores de 28°C, propostos por Leon et al. (2003), quando analisado o conjunto dos gráficos do bloco 1, se incluída a casa 8, ficou evidente que a variação das temperaturas internas máximas das casas do piso inferior apresentaram uma diferença de aproximadamente 4°C, em relação à temperatura limite superior de 28°C, enquanto que, para as casas do piso superior esse valor dobrou, passando para 8°C.

Para essas casas com cobertura exposta existe a necessidade de intervenções e controle da carga térmica absorvida excessivamente, que pode ser por meio de isolamento térmico, sombreamento, uso de cores claras em cima do material da cobertura (a título de informação, a casa 6 do bloco 1 tem a parte externa da cobertura na cor vermelha). Segundo o Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo - IPT (2004), a quantidade de energia solar absorvida pela superfície externa da cobertura é definida pela sua absorptância à radiação solar, que vai ser menor quanto mais clara for a sua cor. Portanto, algumas destas características pertencem às casas do piso inferior, que apresentaram menores valores da temperatura do ar interior, mas mesmo assim, não foram suficientes para que as mesmas permanecessem dentro dos limites do conforto.

Bloco 2 - Casas de números 7, 10 e 11, excluída nesse bloco de análise a casa 8.

O comportamento térmico do bloco (2) mostra o resultado da análise de três casas térreas, o que já diferencia essa análise do bloco (1) anterior, que apresentava todas as casas com dois pisos.

Apesar das temperaturas internas das casas se manterem abaixo da temperatura externa do ar, nos momentos de maior elevação de temperatura, durante o dia analisado, com registro de 36,2°C, os valores (tbs) se aproximaram dos valores da temperatura externa do ar, apresentando, em alguns horários, valores praticamente semelhantes, com diferença entre as duas temperaturas de 1 a 2°C.

O valor máximo atingido pela temperatura interna não apresentou grandes variações entre as três casas. Os valores foram os seguintes: casa 7, (34,6°C), casa 10 (35,5°C) e casa 11, (35°C). Esses resultados demonstram certa relação com valores obtidos nas casas de piso superior do bloco 1, apesar de terem orientações diferentes, apresenta uma característica em comum, que seria a cobertura exposta a radiação solar global.

Analisando-se individualmente o bloco, a casa 7, em virtude de sua situação de entorno, que seria o sombreamento provocado pela presença de uma árvore de grande porte, poderia interferir positivamente no comportamento térmico, fato que ajudaria na minimização de ganho térmico, principalmente sobre a cobertura. Fato este que foi comprovado pela análise dos gráficos, haja vista, que a tbs interna ficou próximo de 2°C,

abaixo dos valores registrados para outras casas do bloco, de 9:30h às 18:00h, quando apresentaram comportamento térmico semelhante às outras. Nesta análise, observa-se, então, que a probabilidade de resultados mais adequados, em termos de conforto térmico para os usuários, poderia advir como consequência da presença de vegetação (árvores).

Sobre a carga térmica nas coberturas, Vecchia (2003) afirma que todos os sistemas de cobertura simples (sem forro ou qualquer outra medida de atenuação térmica), tomados isoladamente, não resolvem definitivamente os problemas térmicos, sobretudo quando há incidência direta da radiação solar. Nesse caso, o sombreamento pode ser uma alternativa natural.

O bloco analisado é composto de três sistemas construtivos, sendo dois cubanos e um da Argentina, como foi explicado anteriormente. O comportamento térmico se mostrou sem grandes variações entre as casas analisadas. O resultado mais substancial constitui-se em que todas as casas do bloco apresentaram valores inferiores à temperatura do ar externa, no momento de pico máximo. Com uma ressalva para casa 7, que teve essa vantagem ampliada por uma situação externa que não se aplicava para as outras casas analisadas.

Aplicando-se os índices de conforto térmico proposto por Leon et al. (2003), como parâmetro utilizado nesta investigação o limite superior acima de 28°C (muito quente), estabelecido para as condições de calor excessivo (estresse térmico), sobre os três sistemas construtivos, pode-se dizer que, as casas 7, 10 e 11 do bloco 2, permaneceram por um período considerado razoável, diante dos elevados valores da temperatura externa do dia, na zona de conforto. Isso ocorreu no início da madrugada e se estendeu pelo período matutino, no máximo de 7 horas para casa 7, e mínimo de 2 horas para casa 10. A casa 11 também ficou abaixo do limite superior no mesmo intervalo da casa 7, de 02:00h às 07:00h, sendo que os valores das duas temperaturas estavam muito próximos.

No restante do dia o valor da temperatura interna do ar se aproximou do valor da temperatura externa, ultrapassando os limites superiores de conforto propostos por Leon et al. (2003), de 28°C (muito quente), às 09:00h e permanecendo assim até o final do dia. Somente a casa 11, a partir das 22:00h, retorna para a zona de conforto de 28°C.

Levando-se em consideração o limite superior adotado na investigação, as três casas do bloco 2 apresentaram uma variação análoga aos demais blocos. Em relação às temperaturas máximas internas e a temperatura de limite superior de 28°C, os valores

ficaram em média de 7°C, apenas 1°C abaixo das casas do piso superior do bloco 1, e 1°C acima das casas do bloco 3.

É possível afirmar, diante da análise do comportamento térmico das casas do bloco 2, que, em relação às casas do piso inferior do bloco 1, houve um acréscimo de, aproximadamente, 3°C da temperatura interna para temperatura externa do ar. A média das máximas das casas do piso inferior foi de, aproximadamente, 32°C, enquanto, a média das três casas térreas do bloco 2, foi de 35°C. Portanto essa situação requer uma adoção de medidas corretivas do comportamento térmico como foi sugerido para as outras casas do bloco 1.

Mesmo apresentando um comportamento térmico elevado, no horário de maior calor, esse foi o melhor resultado de comportamento térmico de todos os blocos, em relação à aplicação dos índices de conforto térmico propostos por Leon et al. (2003), para limites superiores acima de 28°C (muito quente), para o período de 02:00h às 07:00h. A resposta para a menor variação de comportamento térmico entre as casas pode estar na orientação Leste-Oeste, (direção predominante dos ventos em Cuba no primeiro quadrante - Nordeste - Leste, e de segundo quadrante, Leste - Sudeste, segundo Lecha et al., (1994)), com uma efetiva ventilação, tendo contribuído para refrescar o ambiente interno.

#### Bloco 3 - Casas de números 12, 13 e 14.

Este bloco é formado por três casas térreas, como o bloco 2, com orientação Norte-Sul, e composto por dois sistemas construtivos cubanos e o terceiro da Venezuela.

Em relação ao comportamento térmico das casas pode-se concluir que os valores da temperatura máxima interna do ar atingiram em média 34°C para todas as casas do bloco, apresentando uma diferença de aproximadamente 2°C entre a temperatura interna e a temperatura externa do ar. Esse resultado coloca as casas do bloco em melhor situação do que praticamente todas as casas do bloco 1, e mantendo-se certa diferença comparável com os valores registrados para as casas do bloco 2.

Como ocorreu com as casas do bloco 2, todas as casas do bloco 3 que mantiveram seus valores da temperatura interna muito próximos da temperatura externa, no horário de pico máximo (36,2°C), provavelmente como aconteceu em outros casos, em casas com

cobertura exposta. Essa situação está relacionada com o ganho de calor excessivo, principalmente pela cobertura. Em relação ao comportamento das temperaturas internas das casas, se pode dizer, também, que nos momentos de maior elevação da temperatura externa ( $36,2^{\circ}\text{C}$ ), os valores da temperatura interna permaneceram sempre abaixo deste valor.

Aplicando-se os índices de conforto térmico proposto por Leon et al. (2003), pode-se relatar que, apenas a casa 12 permaneceu por um período mínimo na zona de conforto. Isso ocorreu no início no período matutino, no intervalo de 06:00h às 09:00h, no mínimo pelo período de 3 horas, abaixo do limite superior. No restante do dia, os valores da temperatura interna do ar da casa 12 acompanharam de perto os valores da temperatura externa, ultrapassando os limites superiores de conforto. As casas 13 e 14, respectivamente, permaneceram por todo o dia 03/05 acima do limite superior de conforto térmico, de  $28^{\circ}\text{C}$ , utilizado nesta investigação.

Ainda a respeito do limite superior adotado na investigação, com relação às temperaturas máximas internas e a temperatura de limite superior de  $28^{\circ}\text{C}$ , os valores ficaram em média de  $6^{\circ}\text{C}$ , apenas  $1^{\circ}\text{C}$  acima das casas do bloco 2.

Para suscitar novas discussões a respeito da análise do comportamento térmico das casas do bloco 3, é possível afirmar que, em relação as casas do bloco 1, houve um acréscimo de aproximadamente  $2^{\circ}\text{C}$  da temperatura interna para temperatura externa do ar. A média das máximas das casas do piso inferior foi de, aproximadamente,  $32^{\circ}\text{C}$ , enquanto, a média das três casas do bloco 3, foi de  $34^{\circ}\text{C}$ . Em relação às casas do piso superior, aconteceu o oposto, ou seja, um decréscimo de  $2^{\circ}\text{C}$ . As casas do bloco 3 preservam uma semelhança de comportamento térmico com as do bloco 2, como foi descrito anteriormente, em relação a temperatura interna para temperatura externa do ar, houve uma diferença de aproximadamente  $1^{\circ}\text{C}$  entre as casas dos dois blocos.

b) Os resultados da análise e discussões do comportamento térmico para o dia experimental de 03 de maio de 2002, por meio da descrição da curva da temperatura superficial interna do ar ( $t_{si}$ ) e sua relação com a radiação solar global, das 14 casas do Programa 10X10 (CYTED).

O sistema de cobertura adotado em cada habitação foi caracterizado no capítulo II dessa investigação no subtítulo 4, que trata detalhadamente da caracterização dos sistemas construtivos empregados em San Antonio de Los Baños. Essa ressalva é importante diante da resposta de cada material empregado no sistema de cobertura frente às variações do clima.

Bloco 1 - Casa de número 2 *bovedilha* (Cuba), casa 4 laje canal (Cuba) e casa 6 abóbada de argamassa armada - piso superior (México).

O comportamento térmico das temperaturas superficiais internas das casas de piso superior do bloco 1 revela o excessivo ganho térmico das coberturas expostas e materializa as discussões obtidas na análise das temperaturas internas, que também comprovou o comportamento térmico com valores elevados das temperaturas internas para as casas desse bloco. Em relação às trocas térmicas, todas as casas do bloco 1 apresentaram temperaturas superficiais (tsi) acima dos 50°C.

A segunda informação, extraída dos gráficos de (tsi), mostra que o valor da (tsi) máxima foi de aproximadamente 53°C na casa 6 (Abóbada de argamassa armada - México). No caso da análise da temperatura interna, a casa 2 do mesmo bloco, apresentou a temperatura interna máxima de 40°C, portanto, a mais elevada de todas as casas do Programa 10X10 (CYTED).

Conforme foi analisado no conjunto dos gráficos, por meio do monitoramento da temperatura superficial, foi revelada uma situação de máximo armazenamento de calor na superfície externa. No caso em investigação, esta constatação se apresenta na cobertura das casas 2, 4 e 5 do bloco 1, que são atingidas diretamente pela radiação solar global incidente, e que apresentaram dificuldade posterior em dissipar (atraso) cargas térmicas indesejáveis, provenientes da troca térmica entre superfícies.

No caso do bloco 1, o monitoramento da temperatura superficial ratifica a necessidade de correção térmica, sob a forma de isolamento e em algumas casas sob a utilização de cores mais claras sobre o material da cobertura, como medida atenuante.

## Bloco 2 - Casas de números 7, 9 (piso superior), 10, e 11

No Bloco 2, os sistemas de cobertura são de quatro tipos diferentes, e originários de três países, Lam (Cuba), Batea (Argentina), abóbada de tijolo (Cuba) e Tevi (Suíça),

As casas do bloco 2, em relação ao comportamento da temperatura superficial (tsi), também apresentaram melhor desempenho térmico, como mostraram os resultados da análise do comportamento da temperatura interna (tbs), sendo portanto, esse o resultado mais aceito (melhor comportamento térmico) de todos os três blocos investigados, em relação à temperatura superficial e à incidência da radiação solar global sobre o sistema construtivo.

Em relação às trocas térmicas, as casas do bloco 2 apresentaram temperaturas superficiais (tsi) abaixo dos 42°C. Apesar desses valores elevados, as casas do bloco 2 apresentaram uma diferença de, aproximadamente, 10°C, entre as casas do bloco 1. Deste segundo bloco, apenas a casa 9 está no piso superior, as demais são térreas. O valor registrado da tsi na casa 9 foi 39°C. Esse foi o menor valor do bloco 2, as outras casas tiveram comportamento da tsi com baixa variação, sendo registrados valores entre 39 a 42°C.

O monitoramento da temperatura superficial do bloco 2 mostra valores próximos dos valores da temperatura máxima interna das casas do bloco 1, a exemplo da casa 2 (*bovedilha* - Cuba) com 40°C e da casa 6 piso superior (abóbada de argamassa armada - México) com 36,8°C. Pode se, então, dizer que em relação a tsi, as casas do bloco 2 apresentaram os menores valores registrados de tsi entre os três blocos monitorados em Las Mercedes e, ainda, valores semelhantes entre si. Essa resposta deve-se, provavelmente, a resposta do material da cobertura frente às excitações provocadas pela incidência da radiação solar global, e também, pode estar justificada pela orientação Leste-Oeste do bloco.

### Bloco 3 - Casas de números 12 e 13

Os sistemas de cobertura do bloco 3 são de dois tipos diferentes: sancocho (Venezuela) e placa de concreto (Cuba).

O bloco 3 apresentou um comportamento da temperatura superficial ao longo do monitoramento do sistema de cobertura sancocho semelhante aos valores do bloco 1 (viga-Cuba), com valores de tsi máxima semelhante 52°C. Da mesma forma, indica que os valores da tsi 38°C da casa 13 de sistema de cobertura cubano com placas de concreto, se aproxima dos valores obtidos no sistema de cobertura lam (cuba) da casa 9 bloco 2, com 39°C. Portanto, os valores da tsi analisados apresentam comportamento semelhante aos dois blocos, o primeiro registrando valores elevados e o segundo, valores próximos das temperaturas máximas internas (tbs) monitoradas no bloco 1.

## 5. Considerações finais

O Conforto térmico é definido pela ASHRAE (1985) como um estado mental que reflete satisfação com o ambiente que envolve uma pessoa, nem quente nem frio. É, portanto, uma sensação subjetiva que depende de aspectos biológicos, físicos e emocionais dos ocupantes, não sendo, dessa maneira, possível satisfazer a todos os indivíduos que ocupam um recinto, com uma determinada condição térmica.

A International Organisation for Standardisation – ISO 7730 (Moderate Thermal Environment, 1985), que padroniza e documenta os índices de avaliação de ambientes, define conforto térmico como sendo aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. (INNOVA, 2001).

Em regiões quentes e úmidas (exemplo de Cuba), Givoni (1998) explica que os “padrões de conforto convencionais”, como a zona de conforto formulada por Olgyay (1963), a zona de conforto de ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering - (1985) e a fórmula PMV – Predicted Mean Vote – desenvolvida por Fanger (1972), assumem uma zona de conforto universal: a mesma zona para todos os tipos de clima, desconsiderando, na maioria das vezes, as variações possíveis entre habitantes de regiões com climas diferentes. Pesquisas como as de Tanabe (1988), Humphreys (1992), Blessig (1995), Givoni (1998), entre outros, têm demonstrado, porém, que as pessoas que vivem em regiões quentes preferem temperaturas mais altas. Na verdade, as pessoas estão mais acostumadas a essas temperaturas, portanto biologicamente, seu organismo tolera mais adequadamente temperaturas mais altas do que as mais reduzidas.

Para Auliciems & Szokolay (1997), os fatores de conforto são agrupados em três conjuntos: ambiental (temperatura do ar, ventos, umidade relativa e radiação), pessoal (taxa de metabolismo, vestimenta) e outros fatores de contribuição (comida, bebida, aclimação, gordura subcutânea). Sobre o conforto humano, Rivero (1985), ressalta que está provada a consequência prejudicial aos meios desconfortáveis que produzem fadiga física e nervosa, aumentando os acidentes no trabalho, além de expor o organismo humano a diversas doenças.

Apesar da existência de metodologias para se conhecer os índices de conforto, muitos já adaptados para regiões tropicais, como por exemplo: Olgyay (1963), Mahoney et al. (1971), Fanger (1972), Koenigsberger et al. (1977) e Rivero (1985), Szokolay et al. (2004), entre outros, optou-se por utilizar as propostas de limites de conforto térmico

de Olgyay (1963), e por Leon et al. (2003), como referência para confecção dos cenários de sensação térmica das 14 casas do Programa 10X10 em San Antonio de Los Baños.

A escolha da proposta de Leon et al (2003) para geração do cenário I foi em virtude de dois motivos. Primeiro porque estudos realizados por Leon et al. (2003), para os limites de conforto, foram concebidos para Cuba, com propostas de limites de temperatura de bulbo seco entre 17°C, limite mínimo, e 28°C, limite máximo. E segundo, que a escolha dos índices propostos por Leon et al. (2003) oferece subsídios que corresponde com as condições do clima local frente às condições de calor e frio. São considerados, segundo os autores, adequados para a população cubana, aclimatada às condições quentes e úmidas que dominam o território cubano durante a maior parte do ano.

A proposta de limites de conforto térmico de Olgyay (1963) apresenta como base informações de caráter fisiológicas. A concepção da carta bioclimática determina a zona de conforto levando em consideração a temperatura de bulbo seco e a umidade relativa do ar. Em sua proposta original a zona de conforto proposta por Olgyay, compreendia os seguintes limites entre: 21°C e 27°C para a temperatura de bulbo seco, e entre 20 a 75% para a umidade relativa.

No ano de 1977, Koenigsberger et al. (1977) elaboraram uma revisão da carta original de Olgyay (1963), adaptando para países quentes. Os novos limites propostos são: 16% a 78% umidade relativa, e para a temperatura de bulbo seco de 21°C a 30°C, zona de conforto adotada na investigação para a confecção do cenário II.

A proposta de criação do cenário II está fundamentada nas pesquisas realizadas por diversos pesquisadores, que afirmam, as pessoas que vivem em regiões quentes preferem temperaturas mais altas por encontrar-se mais acostumadas a essas temperaturas. Ainda segundo, Blessig (1995), psicologicamente, o ser humano está mais bem preparado para o calor de que para o frio. Uma capacidade que varia de acordo com a região. Portanto, os limites de conforto térmico proposto por Olgyay (1963), e revisada por Koenigsberger et al. (1977), foram escolhidos para compor o cenário II por contemplar condições específicas para regiões tropicais, como o caso de Cuba.

### 5.1. Limites de conforto térmico - Cenário I

Para possibilitar a avaliação do comportamento térmico das 14 habitações do Programa 10X10 (CYTED), confeccionou-se o Cenário I (quadro 13), que mostra a relação da temperatura máxima e mínima interna do ar, em Las Mercedes, e sua relação com os índices de conforto humano (quadro 12), proposto por Leon et al. (2003), para Cuba.

Quadro 12: Limites de conforto térmico proposto por Leon et al. (2003) para Cuba

Sensação de conforto	Valores (°C)
Frio	< 12
Refrescante	12 – 17
Confortável	22° - 25
Quente	25 – 28
Muito quente	> 28

Fonte: Leon et al. (2003).

Organização: Adeildo Cabral

A relação entre a temperatura máxima interna e a temperatura máxima externa do ar pode contribuir para a adequação do sistema construtivo, bem como o adequado comportamento térmico, identificando-se os seguintes elementos:

- Se o valor da tbs interna é superior a temperatura máxima externa de 36,2°C, o sistema construtivo necessita de intervenção para melhorar a condição de conforto térmico da casa. (exemplo das casas 2 e 6 bloco 1);
- Quando o valor da tbs interna é inferior a da temperatura máxima externa de 36,2°C, o sistema construtivo pode ser considerado adequado às condições climáticas do local. No caso das 14 casas do Programa 10X10 (CYTED) em San Antonio de Los Baños, foram 11 casas do total avaliado que apresentaram valores da temperatura interna abaixo dos 36,2°C (bloco 1: casas 1, 3 e 5; bloco: 2 casas 7, 8, 10 e 11 e bloco 3: casas 12, 13 e 14);
- Quando os valores da temperatura interna são iguais à temperatura máxima externa de 36,2°C, o sistema construtivo pode ser considerado adequado às condições climáticas, no caso de San Antonio de Los Baños não foi registrado esse situação para o dia 03/05.

Quadro 13: Valores das temperaturas máximas e mínimas em relação à sensação de conforto humano, segundo os índices propostos por Leon et al. (2003), para o dia 03/05/2002, Las Mercedes, Cuba.

Casas	País (oferta tecnológica)	Temperatura máxima interna do ar (tbs °C) 03/05/2002	Temperatura mínima interna do ar (tbs°C) 03/05/2002	Temperatura máxima externa do ar (tbs°C) 03/05/2002	Sensação de conforto humano	
					Dia	Noite
Casa 1 - Viga e Bovedilla (dois Pisos) bloco 1	Cuba	32,2	28,1	36,2	Muito quente	Muito quente
Casa 2 - Viga e Bovedilla (dois Pisos) bloco 1	Cuba	40	28,3	36,2	Muito quente	Muito quente
Casa 3 - Laje Canal -(dois Pisos) bloco 1	Cuba	32,4	28,9	36,2	Muito quente	Muito quente
Casa 4 - Laje Canal -(dois Pisos) bloco 1	Cuba	35,6	26,7	36,2	Muito quente	quente
Casa 5 Abóbada de argamassa armada (dois Pisos) bloco1	México	32,5	25	36,2	Muito quente	quente
Casa 6 Abóbada de argamassa armada (dois Pisos) bloco1	México	36,8	27,5	36,2	Muito quente	Muito quente
Casa 7 - Batea - (térrea) bloco 2	Argentina	34,6	26,4	36,2	Muito quente	quente
Casa 8 - Lam - (dois Pisos) bloco2	Cuba	32,4	27	36,2	Muito quente	Muito quente
Casa 9 - Lam - (dois Pisos) bloco2**	Cuba	-	-	-	-não há referência	não há referência -
Casa 10 - Abóbada de tijolo – (térrea) bloco 2	Cuba	35,5	27,3	36,2	Muito quente	Muito quente
Casa 11 - Tevi - (térrea) bloco 2	Cuba	35	27,4	36,2	Muito quente	quente
Casa 12 - Sancocho – (térrea) bloco 3	Venezuela	33,7	26,4	36,2	Muito quente	quente
Casa 13 - Viga mais placa de concreto (térrea) bloco 3	Cuba	34,3	29,3	36,2	Muito quente	Muito quente
Casa 14 - Viga mais placa de concreto (térrea) bloco 3	Cuba	34,8	28,6	36,2	Muito quente	Muito quente

\*\* não houve monitoramento.

Por meio das informações anteriormente comentadas, pode-se inferir que:

1. Todas as casas do Programa 10X10 (CYTED) apresentaram-se, durante o dia, muito quentes (ou seja, com provável desconforto térmico), segundo os índices propostos por Leon et al. (2003);
2. Para o período noturno, segundo o limite superior de 28°C propostos por Leon et al. (2003), as casas 4, 5 e 6 do bloco 1, apresentaram pequenos intervalos (no máximo 4 horas) de conforto térmico no início da madrugada e final da noite;
3. As casas do bloco 2 estiveram dentro da zona de conforto pelo período maior da noite entre todas as casas dos outros blocos (7 horas para casa 7);
4. A casa 12 do bloco 3 atingiu zona de conforto por um breve tempo (máximo 2 horas e 30 minutos), enquanto que, as outras casas 13 e 14 permaneceram durante a noite acima do limite superior de 28°C propostos por Leon et al. (2003).

## 5.2 Limites de conforto térmico - Cenário II

Como produto final da avaliação do comportamento térmico das 14 habitações do Programa 10X10 (CYTED), confeccionou-se o Cenário II (quadro 14), que mostra a relação da temperatura máxima interna (episódio) e temperatura máxima externa do ar (dia 03/05) em Las Mercedes, e sua relação com os índices de conforto humano de acordo com Olgay (1963)\*, adotando-se 30°C como limite superior.

### Conclusões:

1. Todas as casas do Programa 10X10 (CYTED) apresentaram manhãs confortáveis;
2. A partir das 10:00h do período matutino, a temperatura externa extrapola o limite de 30°C, de acordo Olgay (1963), adotado como limite superior. Nessa situação de calor, todas as casas acompanham de perto a elevação da temperatura externa e permanecem fora da zona de conforto térmico até próximo das 19:00h. O período de desconforto imposto ao ambiente interno pelo estresse térmico foi de 9 horas;
3. Todas as casas do piso inferior estiveram dentro da zona de conforto a partir das 19:00h (noite);
4. Todas as casas do bloco 2 também permaneceram dentro da zona de conforto a partir das 19:00h (noite);
5. A casa 12 do bloco 3 esteve na zona de conforto a partir das 22:00h e as outras casas (13 e 14) permaneceram, durante a noite, acima do limite superior 30°C.

\* Koenigsberger et al. (1977) elaboraram uma revisão da carta original de Olgay (1963), adaptando para países quentes. Novos limites propostos: 30% a 65% de umidade relativa do ar para 16% a 78% umidade, e para a temperatura de ar exterior de 20°C – 27,7°C, para 21°C a 30°C.

Quadro 14: Valores das temperaturas máximas e mínimas, para o dia 03/05/2002, Las Mercedes, Cuba, em relação a sensação de conforto humano, segundo os índices propostos por Olgyay (1963), adotado 30°C como limite superior.

Casas	País (oferta tecnológica)	Temperatura máxima interna do ar (tbs °C) 03/05/2002	Temperatura máxima externa do ar (tbs°C) 03/05/2002	Sensação de conforto humano manhã	Sensação de conforto humano tarde	Sensação de conforto humano noite
Casa 1- Viga e Bovedilla (dois Pisos) bloco 1	Cuba	32,2	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	conforto térmico
Casa 2 - Viga e Bovedilla (dois Pisos) bloco 1	Cuba	40	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	desconforto térmico
Casa 3 - Laje Canal -(dois Pisos) bloco 1	Cuba	32,4	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	conforto térmico
Casa 4 - Laje Canal -(dois Pisos) bloco 1	Cuba	35,6	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	desconforto térmico
Casa 5 - Abóbada de argamassa armada - (dois Pisos) bloco 1	México	32,5	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	conforto térmico
Casa 6 - Abóbada de argamassa armada - (dois Pisos) bloco 1	México	36,8	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	desconforto térmico
Casa 7 - Batea - (térrea) bloco 2	Argentina	34,6	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	conforto térmico
Casa 8 - Lam - (dois Pisos) bloco 2	Cuba	32,4	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	conforto térmico
Casa 9* - Lam - (dois Pisos) bloco 2	Cuba	-	-	-	-	-
Casa 10 - Abóbada de tijolo – (térrea) bloco 2	Cuba	35,5	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	conforto térmico
Casa 11 - Tevi - (térrea) bloco 2	Cuba	35	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	conforto térmico
Casa 12 - Sancocho – (térrea) bloco 3	Venezuela	33,7	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	conforto térmico
Casa 13 - Viga mais placa de concreto - (térrea) bloco 3	Cuba	34,3	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	desconforto térmico
Casa 14 - Viga mais placa de concreto - (térrea) bloco 3	Cuba	34,8	36,2	conforto térmico	desconforto térmico	desconforto térmico

\* não houve monitoramento.

## CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES

Os resultados dessa investigação possibilitaram a geração de informações com embasamento científico, quanto ao comportamento térmico das moradias econômicas do Programa 10X10 em San Antonio de los Baños, Cuba.

Os resultados apontaram que as moradias permaneceram por prolongados períodos em desconforto térmico, principalmente no momento de maior pico da temperatura externa do ar (14:00 horas), impostos pelo estresse térmico de calor que, segundo Olgyay (1963), pode ocasionar alterações no equilíbrio biológico e interferir nas funções físicas e psicológicas do Homem.

Os estudos que abordam a questão do comportamento térmico para o território cubano, como exemplo, de Lecha et al. (1994), que trata das condições de calor excessivo e freqüente, e que produz a sensação de desconforto para a população, são fundamentais para que esses resultados venham contribuir de forma efetiva para melhorar as condições de moradia das pessoas que hoje ocupam essas casas, bem como, expandir esse conhecimento adquirido, como produto final da investigação experimental, possibilitando a melhoria das condições de conforto humano na habitação sob condições de estresse térmico por calor.

A utilização do dia representativo experimental (dia 03/05/2002, com valores máximos de 36,2°C da temperatura do ar), permitiu constatar por meio da avaliação do comportamento térmico das 14 habitações que, todas as casas com cobertura exposta diretamente à incidência da radiação solar global apresentaram desconforto térmico em situação de estresse de calor.

A instalação da estação meteorológica automática, em San Antonio de Los Baños, possibilitou a geração e armazenamento de dados climáticos tomados a superfície, em tempo real, o que permitiu o diálogo com as informações obtidas dos resumos sinóticos do INSMET - Cuba, da circulação atmosférica regional, sendo, portanto o instrumento importante na exequibilidade desta investigação e na avaliação do comportamento térmico das 14 casas do Programa 10X10 (CYTED).

A análise dos dados, bem como seus resultados, comprovaram que é possível a utilização do dia representativo na avaliação do comportamento térmico frente às condições de calor. A escolha do dia representativo experimental foi o elemento importante e, ao mesmo tempo revelador, de alguns problemas encontrados na avaliação

final do comportamento térmico das moradias. Um deles a geração de uma grande quantidade de gráficos como produto final. Em outra situação, se trabalhando apenas com as médias climatológicas, muitas vezes, se mascara a real condição de estresse de calor do dia, pelo resultado das médias dos valores mensais.

Na maioria das investigações de avaliação do comportamento térmico para edificações, quer seja, para Cuba ou para outros países, a opção dos investigadores em se tratando de situação de extremo calor, recai sobre o verão (meses de julho e agosto), quando acontecem as mais elevadas temperaturas, observando-se as médias das máximas das normais climatológicas. No caso de Cuba o mês de tendência mais quente é agosto com 31,4°C, segundo estação referência de Casablanca (província de Havana). O valor mais elevado de temperatura (37,2°C) para o mesmo mês, foi registrado na província de Granma (região oriental do território cubano), no dia 09/02/02 INSMET (2002). A estação meteorológica de San Antonio de Los Baños registrou seu valor mais elevado durante o monitoramento do ano de 2002, 36,2°C, no dia 03/05, portanto, o valor é representativo para situações de calor. É importante informar que no mês de agosto de 2002, também foram registrados valores elevados da temperatura do ar em San Antonio de Los Baños.

Neste trabalho procurou-se apresentar as conclusões, obedecendo ao critério pré-estabelecido da análise dos resultados, adotando-se a divisão das 14 casas em blocos por orientação: blocos 1, 2, e 3, como foi descrito anteriormente no capítulo 4, na unidade que trata da análise e discussões, bem como, nas considerações finas desse capítulo que trata sobre propostas de cenários de conforto térmico para as moradias de San Antonio de Los Baños.

Na análise do conjunto das casas do bloco 1, depreende-se por meio de resultados do comportamento térmico, a necessidade de adoção de medidas (arquitetônicas) corretivas para melhorar o comportamento térmico das casas localizadas no segundo piso (casas 2, 4, 6 no bloco 1 e casa 9 no bloco 2) principalmente nos horários de maiores elevações das temperaturas. Por outro lado, as casas do piso inferior (térrea) apresentaram comportamentos térmicos adequados, sendo necessárias apenas pequenas intervenções corretivas.

No caso das casas do piso superior com cobertura exposta à incidência da radiação solar global direta as medidas mitigadoras contribuem para atenuar possíveis desconforto dos moradores. Como por exemplo, o uso de barreiras isolantes, o aproveitamento máximo das aberturas para ventilação natural e uso de cores claras em

cima do material da cobertura, entre outras, colaboram para atenuar os problemas de desconforto térmico, provocados pelos longos períodos excessivos de calor (estresse térmico) impostos pelo clima local.

A necessidade de correção térmica no bloco 2 pode ser na forma de aplicação de isolamento térmico e em algumas casas cores mais claras sobre o teto, ou sobre forma de barreiras de radiação solar, com isolamento por refletividade (exemplo da casa 10 - abóbada de tijolo - Cuba) que possui um isolante térmico de alumínio sobre a parte externa do teto, mas que ainda não apresenta uma atenuação do calor aceitável. E como mais um recurso para reduzir o desconforto térmico, a instalação de uma subcobertura, e também, cuidar das outras superfícies (paredes) que também estão expostas à incidência da radiação solar global, evitando-se os ganhos térmicos excessivos, que conduzem calor para o interior das casas.

As conclusões do comportamento térmico apresentado para o bloco 3 são semelhantes aos demais blocos analisados, revelando o desconforto térmico e a necessidade de correções, que poderia se constituir em um isolante por refletividade, ou no caso da casa 12 (sistema Sancocho - Venezuela), aplicação de cores mais claras sobre o teto, ou, ainda, isolamento interno sobre forma de barreiras de radiação solar, ou o sombreamento provocado pela presença de uma árvore.

A respeito da avaliação do comportamento térmico das 14 habitações em Las Mercedes, objetivo principal desta investigação, pode-se concluir que, os resultados apresentados das análises e discussões do monitoramento, contribuíram efetivamente para a avaliação do comportamento térmico dos sistemas construtivos empregados na comunidade Las Mercedes, e com os dados e análises fornecidos pela investigação é possível se estabelecer parâmetros para avaliação do comportamento térmico de habitações econômicas, e propor recomendações de correções térmicas adaptadas às condições do clima local.

Os resultados da investigação em San Antonio de Los Baños, Cuba, contribuem, portanto, para implementação de novas investigações de avaliação de comportamento térmico em habitações construídas no âmbito do Programa 10X10, em outros países da América Latina, como por exemplo: México, El Salvador, Venezuela, Chile, Brasil, Argentina, Uruguai, entre outros, que são membros do CYTED.

O conhecimento adquirido da investigação pode gerar subsídios científico-tecnológicos transferíveis para avaliação do conforto térmico dos sistemas construtivos, sendo a transferência de tecnologias um dos objetivos efetivo do Programa anteriormente mencionado.

Como sugestão para continuação dos estudos de comportamento térmico em países de clima quente-úmido:

- Elaboração de questionários de avaliação pós-ocupacional para acompanhamento do conforto térmico das casas e do estado de conservação do sistema construtivo;
- Comparação dos dados de comportamento térmico em San Antonio de Los Baños (rural) com os de Havana distante 30km (área urbana litorânea);
- Comparação dos dados de San Antonio de Los Baños (região ocidental) com valores de comportamento térmico de cidades da região oriental do país (onde se encontram as temperaturas mais elevadas do território);
- Estimular a utilização de subcoberturas como barreiras térmicas para as casas que apresentaram os valores da temperatura interna e superficial acima do limite de conforto, para futura avaliação do comportamento térmico;
- Verificar opções de cores na parte externa das coberturas (teto), de preferência cores mais claras, que contribuam para reduzir a absorção de radiação solar, conseqüentemente atenuar os ganhos térmicos;
- Comparação dos resultados dos valores do comportamento térmico dos sistemas construtivos em San Antonio de Los Baños, Cuba (22°59' lat. Norte), dentro do Programa 10X10 (CYTED), com casas construídas pelo P10X10 em outros países da América Latina (como por exemplo: México, El Salvador, Venezuela, Chile, Brasil, Argentina, Uruguai, entre outros, que são membros do CYTED);
- Comparação dos valores do comportamento térmico dos sistemas construtivos em San Antonio de Los Baños, Cuba com regiões do Brasil, (como o semi-árido) que apresenta valores elevados da temperatura do ar, e um excessivo ganho de calor nos sistemas de cobertura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULICIEMS, A.; SZOKOLAY, S. V. (1997). *Thermal comfort*. PLEA-Notes. Brisbane: University of Queensland.

ASHRAE. (1985). *Handbook of Fundamentals*. New York: ASHRAE.

AYLLÓN, T. (1996). *Elementos de meteorología y climatología*. México: Trillas.

BLESSIG, A. (1995). *Guía Completa para entender la Meteorología*. Barcelona: Editorial De Vecchi S.A.

CAMPBELL SCIENTIFIC. Disponível em: < <http://www.campbellsci.com/> > Acesso em: fevereiro de 2002.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. (2003). *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos - conforto ambiental*. Rio de Janeiro: Revan.

CONSTRUÇÃO & LIMITADA (C&L) CIVIL 2000 DICIONÁRIO DA CONSTRUÇÃO. (2004) Disponível em: < <http://www.civilium.net/civil2000/> > Acesso em: dezembro de 2004.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO (CYTED). Disponível em: <<http://www.cytcd.org/Nueva.asp>> Acesso em: janeiro de 2002.

CTDMC – Centro Técnico de Desenvolvimento e Materiais de Construção. (2001). *Construcciones demostrativas de viviendas económicas – 10x10 CYTED*. La Habana: CTDMC/Instituto Nacional de la Vivienda.

CUBA. (2001). *Panorama Ambiental de Cuba 2000*. La Habana: CIGEA - Editora Academia.

DOCHERTY, M.; SZOKOLAY, S. V. (1999). *Climate analysis*. PLEA-Notes 5. Brisbane: PLEA / University of Queensland.

DOMECH, R. G.; GLEAN, M. R. (1997). *Mini geografia de Cuba*. La Habana: Editorial Científico-técnica.

FANGER, P. O. (1972). *Thermal comfort: analysis and application in environmental engineering*. New York: Mac Graw-Hill.

FEDOROVA, N. (1999). *Meteorología sinótica*. Vol. 1. Pelotas: UFPel.

GIVONI, B (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Van Nostrand Reinhold Co. Distributed by John Wiley and Sons.

GRANMA INTERNACIONAL Disponível em: <<http://www.granmai.cubaweb.com/portugues/2004/julio/jue1/27calor.htm>> Acesso em: março 2003.

HABYTED – CYTED (2003). *Subprograma XIV tecnología para viviendas de interes social*. (Programa 10X10-“con techo”) Madrid: CYTED - Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

HUMPHREYS, M. A. (1992). Thermal comfort requirements, climate and energy. In: 2<sup>nd</sup> WORLD RENEWABLE ENERGY CONGRESS. *Proceedings* UK.

INSTITUTO CUBANO DE GEODESIA Y CARTOGRAFÍA - ICGC (1988). *Mapas de carreteras*. La Habana: Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION – ISO 7730 Ambiances thermiques modérées - Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique, de 1985. Disponível em: < <http://www.iso.org/fr> > Acesso em: Junho de 2004.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA DE CUBA – INSMET. Disponível em: <<Http://www.Met.Inf.Cu/>> Acesso em: novembro de 2001.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA - INSMET.(2002). *Resumem sinóptico mensual – maio*. Disponível em: < <http://www.met.inf.cu/> > Acesso em: janeiro de 2002.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA - INSMET.(2003). *Resumem sinóptico mensual – maio*. Disponível em: < <http://www.met.inf.cu/> > Acesso em: março de 2003.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA - INSMET.(2004). *Resumem sinóptico mensual – maio*. Disponível em: < <http://www.met.inf.cu/> > Acesso em: junho de 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA E TECNOLOGIA INDUSTRIAL – INETI. (2004). *Ambiente construído, clima urbano e utilização racional de energia*. Lisboa: INETI.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT) Relatório técnico nº 49.268 Disponível em: < <http://www.tegula.com.br>> Acesso em: janeiro de 2005.

INNOVA (2001). *Thermal comfort*. Denmark: Brüel and Kjaer INNOVA air tech instruments.

INNOVA - THERMAL COMFORT. Disponível em: < <http://www.innova.dk/>> Acesso em: março de 2005.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. (1974). *Manual of tropical housing and building*. Part 1 – climate design. New York: Longman Inc.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. (1977). *Vivienda y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Traduzido por Emílio Romero Ros. Madrid: H. Blume.

KOOGAN, A. ;HOUAISS, A. (1997). *Enciclopédia e Dicionário*.(eds.). Rio de Janeiro:Edições Delta.

LECHA L.; PAZ, L. R.; LAPINEL, B. (1994) *El Clima de Cuba*. La Habana: Editora ACC.

LIVINGSTON, R. (2000). *Cuba rebelde – el sueño continúa*. 2º ed. Madrid: Librería técnica CP67 S.A.

\_\_\_\_\_. (2004). *Arquitectos de la comunidad – el método*. 2º ed. Buenos Aires: Librería Técnica.

MAHONEY, C. (1971). *Climate house design*. New York: United Nations.

MONTEIRO, C. A. F. (1968). *Grande região Sul*. v. IV, tomo 1. Rio de Janeiro: IBGE.

\_\_\_\_\_.(1973). *A Dinâmica Climática e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul Oriental do Brasil: estudo geográfico sob forma de atlas*. São Paulo: IGEOG-USP.

\_\_\_\_\_.(1976). *Teoria e clima urbano*. Série teses e monografias nº25. São Paulo: IGEOG-USP.

MONTEIRO, C. A. F. e TARIFA, J. R. (1977). *Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária planejamento urbano*. São Paulo: IGEOG-USP.

MONTORO, M. B.(2001). *Valoración y tendencias de las cubiertas más empleadas en Cuba para viviendas de interés social*. La Habana: (inédito).

\_\_\_\_\_. (2003). *La construcción de viviendas en Cuba: dentro do contexto latinoamericano*. In: *HABYTED*, Proyecto XIV. 5 (con techo) Programa 10X10.Madrid: CYTED - Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

NATIONAL WEATHER SERVICE – CLIMATE PREDICTION CENTER - NOAA, Disponível em: <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>> Acesso em: janeiro de 2005.

NOOA – USA, Disponível em:<<http://Lwf.Ncdc.Noaa.Gov/Servlets/Goesbrowser>>Acesso em: fevereiro de 2002.

OQUINTO PODER. Disponível em:<[http://www.oquintopoder.Com.br/soberania/images/jpg/mapa\\_cuba](http://www.oquintopoder.Com.br/soberania/images/jpg/mapa_cuba)> Acesso em:março 2003.

OLGYAY, V. (1963). *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

REBELLÓN, J. et al. (1979). *Arquitectura e desenvolvimento nacional – Cuba 1978*. (traduzido e reeditado). São Paulo: Grêmio da Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo.

RIVERO, R (1985). *Arquitectura e clima: acondicionamento térmico natural*. Tradução: José Miguel Aroztegui. Porto Alegre: Luzzato Editores/ editora da UFRGS.

SERRA, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, AS.

SEGRE, R. (1970). Cuba: *Arquitectura de la revolucion*. coleccion arquitectura y critica. Barcelona: ed. Gustavo Gili,S. A.

\_\_\_\_\_. (1987). *Arquitectura e urbanismo da revolução cubana*. Tradução: Beatriz A. Cannabrava. São Paulo: Nobel.

SOCIEDAD METEOROLÓGICA DE CUBA. Disponível em: <<http://www.met.inf.cu/sometcuba/default.htm>> Acesso em: fevereiro de 2002.

SNEYERS, R.; ALVAREZ L. (2000). *La inestabilidad de los puntos de cambio en series cronológicas climatológicas como alternativa a la aleatoriedad*. Ejemplo de las medias anuales de temperatura en el periodo 1908 - 1995 en la estación Casablanca, Cuba. Volumen 6, nº 1. Havana: boletín de SOMETCUBA - Disponível em: <<http://www.met.cu/sometcuba/boletin/about.htm>> Acesso em: novembro de 2002.

SZOKOLAY, S. V. (2004). *Introduction to architectural science – the basis of sustainable design*. Oxford: Elsevier / Architectural Press.

TABLADA DE LA TORRE, A. (2002). Courtyard buildings geometries in a compact morphology - a comparative climatic analysis of two different proposals for the historical centre of old Havana. In: PLEA 2003 – 20<sup>th</sup> conference on passive and low energy architecture. *Anais*. Santiago de Chile: PLEA2003.

TANABE, S. I. (1988). *Thermal comfort requirement in Japan*. Tokyo: Waseda University Press.

VECCHIA, F. A. S. (1997). *Clima e Ambiente Construído – A abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano*. Tese (Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP.

VECCHIA, F. A. S.; GIVONI, B.; SILVA, A. C. (2001) Analysing Thermal performance of occupied houses in Descalvado – Brazil. In: PLEA 2001. *Anais*. Florianópolis: PLEA.

VECCHIA, F. A. S. (2003). Comportamento térmico de sistemas de cobertura. Relatório técnico. São Carlos: Eternit S/A – EESC/USP.

WEISS, J. E. (1960). La arquitectura cubana Del siglo XIX. La Habana: Publicaciones de la Nacional de Arqueologia e Etnologia.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION - WMO . Disponível em: <<http://www.wmo.ch/index-en.html>> Acesso em: fevereiro de 2002.

### **Bibliografia Consultada**

ALFONSO, A. P. (1994). *Climatología de las tormentas locales severas de Cuba*, Cronología. La Habana: Editora Academia.

ALVAREZ L.; ALVAREZ, R. (1996). Aplicación del método de oscilaciones por observaciones contiguas al estudio del viento. In: VII CONGRESO ARGENTINO E LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGÍA. *Memorias*. Buenos Aires:

ALVAREZ L.; ALVAREZ, R. (2001). *Climatología del viento en Casablanca y sus aplicaciones*. Volumen 7, nº 2. Havana: boletín de SOMETCUBA - Disponível em: <<http://www.met.cu/sometcuba/boletin/about.htm>> Acesso em: novembro de 2002.

ALVAREZ L.; ALVAREZ, R.; BORRAJERO, I. (1999). *Estudio de la tendencia de las modas anuales de temperatura para la estación meteorológica de Casablanca*. Volumen 5, nº 1. La Habana: boletín de SOMETCUBA - Disponível em: <<http://www.met.cu/sometcuba/boletin/about.htm>> Acesso em: novembro de 2002.

ALVAREZ L.; ALVAREZ R.; I. BORRAJERO (2000). *Análisis del viento aplicado a la conservación del medio ambiente y la seguridad nuclear*. En *Contribución a la Educación y la Protección Ambiental*. Cátedra de Medio Ambiente. Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Nucleares. Editorial Academia, La Habana.

ARAÚJO. V. M. D. (2001). *Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino Brasileiro*. Natal: Editora da UFRN.

AROSZTEGUI, J. M. (1995). Curso: El Proyecto para la Eficiencia Térmica de los Edificios In: III ENCONTRO NACIONAL E I ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO. Gramado: ANTAC.

ASHRAE. (1981). *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. Fundamental Handbook*. Atlanta: *Physiological principles comfort and health – p. 8.1 – 8.34 (1981)*.

\_\_\_\_\_. STANDARD (1992) 55-1992. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: ASHRAE.

\_\_\_\_\_. (1993). *Physiological Principles and Thermal Confort Handbook-Fundamentals (ST)*. Champter 8. Atlanta: ASHRAE.

BALLESTER, M.; GONZÁLEZ, C. Y.; PÉREZ, R. (1998). Verificación del Pronóstico para 1997 de la Actividad Ciclónica en el Atlántico Norte. *Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba*, v. 4, n. 1. Disponível em: < <http://www.met.cu/sometcuba/boletin/about.htm>> Acesso em: novembro de 2002.

BAZANT, J. E. (2003). Viviendas progresivas – construcción de vivienda por familias de bajos ingresos. México, D. F: Trillas.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. (2003). *El niño e la niña*. Porto Alegre: Editora da UFRGS.

BROCK, F.; RICHARDSON, S. (2001). *Meteorological measurement system*. Oxford: Oxford University Press.

CAMOUS, R.; WATSON, D (1986). *El hábitat Bioclimático – de la concepción a la construcción*. Barcelona: Gustavo Gili, S. A.

CENTELLA A.; NARANJO, L. R.; PAZ, L. R. (eds.). (1997). *Variaciones y cambios del clima en Cuba*. La Habana: Instituto de Meteorología/ Centro Nacional del Clima.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. (1996). Geoecología: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. (org.). *Geografía do Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

CONTI, J. B. (1998). *Clima e Meio Ambiente*. São Paulo: Atual.

CMMAD - COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. (1991). *Nosso futuro comum*. 2º ed. Rio de Janeiro: CMMAD - Comissão mundial sobre o meio ambiente e desenvolvimento.

CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. (1997). *Climatología* Madrid: Editora Cátedra.

CUESTA - SANTOS, O. GONZÁLEZ, M. L. G.; NAVARRO, P. S.; ARANDA, A. C.; VÁZQUEZ, A. W.; VELAZCO, A. G. (2002). *Comparación de la calidad del aire en ambiente interior y exterior en el trópico húmedo (Cuba)*. Havana: Disponível em: <<http://www.Cepis.ops-oms.org/busci/e/fulltext/cuba/calieaire.pdf>> Acesso em: janeiro de 2005.

CYTED – Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. (2001). *Mejor hábitat y ciudad para todos*. São Paulo: Habyted/CYTED.

EVANS, R. (1997). *Translations from drawing to building and other essays*. London: Architectural Association Publications and Janet Evans.

FATHY, H. (1986). *Natural energy and vernacular architecture – principles and examples with reference to hot arid climates*. Chicago: The University of Chicago Press.

GIVONI, B. (1976). *Man, climate and architecture*. 2º ed. London: Applied Science Publishers Ltda.

\_\_\_\_\_ (1992). *Confort, climate e analysis and building design guidelines*. Energy and building. v. 18. July/1992.

GIVONI, B.; VECCHIA, F. A. S. (2001). Predicting Thermal Performance of Occupied Houses. In: *PLEA 2001*. Florianópolis: PLEA.

GIVONI, B.; KHEDARI, J.; HIRUNLABH, J. (2004). Confort Formula for Thailand. In: *Proceedings... ASES'2004 conference*, Portland: ASEDES

GONZÁLEZ, P. C. (1999). Climatología de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-1917 hasta 1996-1997. *Revista Cubana de Meteorológica*. v. 6, n.1. p. 15-19.

GONZÁLEZ, C.; BALLESTER, M. (1996). Circulación atmosférica en el Atlántico Norte y su relación con la actividad ciclónica. La Habana: *Boletín de la Sociedad Meteorológica de Cuba*. v. 2, n.1.

GONÇALVES, H.; PANÃO, M. O.; CAMELO, S.; RAMALHO, A.; GRAÇA, J. M.; AGUIAR, R. (2002). Ambiente construído, clima urbano e qualidade térmica dos edifícios em Lisboa – Portugal. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUSTENTABILIDADE, ARQUITETURA E DESENHO URBANO / NUTAU 2002. *Anais*. São Paulo: FAU/USP. p. 139-154.

GUEVARA, V.; CAMPOS A.; H. LEÓN (1997). Algunos elementos del potencial climático de Cuba en relación con el mejoramiento de las condiciones bioclimáticas en las edificaciones. *Memorias del IV Congreso Interamericano sobre Medio Ambiente*. CIMA'97, Caracas: IV CIMA.

HESCHONG, L. (1993). *Thermal delight in architecture*. Massachusetts: The MIT Press.

JESUS, E. F. R (1995) *Espaço, tempo e escala em Geografia*. Tese (Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP.

LAPINEL B.; RIVERO, R. E.; CUTIÉ, V. (1993) La sequía en Cuba: Análisis del período 1931-1990. *Informe científico técnico*. Camagüey: Centro Meteorológico Territorial.

LECHA, L.; CHUGAEV, A. (1989). *La bioclimatología y algunas de sus aplicaciones en condiciones de clima tropical húmedo*. La Habana: Editorial Academia.

LEÓN, A.; CAMPOS, A.; GUEVARA, A. V.; VEGA, R.; MARTÍNEZ, C. L. (2003) Estacionalidad y tendencias actuales de las sensaciones térmicas de los individuos en las provincias habaneras, Cuba. In: X CONGRESO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGÍA. *Memorias*. La Habana: SOMETCUBA.

MAURO M., A.; RAMIREZ P. C. (2000). Obtención de la curva diaria de temperatura: aplicación para el cálculo de los grados-día de calefacción. (Anais). In: VI CONGRESO INTERNACIONAL CIENCIAS DE LA TIERRA. *Anais*. Santiago: Instituto Geográfico Militar.

MONTORO, M. B.; et al. (2000). El hormigón celular: un material excelente para una tecnología constructiva avanzada. In: *Obras – revista cubana de la construcción*, año 4, n° 14. La Habana: MICONS.

OBSERVATORIO NACIONAL (1965) *El Clima en la Habana*. Boletín de Meteorología y Climatología. Año I, N° 2. La Habana: Época V.

OCAÑA GUEVARA, V. S. et al. (2002). Determinación de la cualidad ambiental en el campos de la Universidad Central de las villas, Cuba. *Revista de la Asociación Argentina de Energías renovables e ambiente*. v. 6. Salta, Argentina: ASADES.

OTERO, C. M. R.; HERNÁNDEZ, A L. P. (2003). Los ciclones tropicales en Cuba y su impacto en el hábitat – caso huracán Michelle, 2001. In: *Hábitat en riesgo – experiencias latinoamericanas*. Córdoba: CYTED.

PAZ, L. (1987). *El complejo temperatura-humedad relativa del aire en las condiciones climatológicas de cuba y sus aplicaciones*. (Tesis de doctor en Ciencias Geográficas). La Habana: Universidad de La Habana.

PEREZ, G. L. P.; MOLINA, A. C.; VEA, R. R. (2001). Radiación solar en microclima local: su influencia en el diseño arquitectónico en Cuba. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINOAMERICANO SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO. *Anais*. São Pedro: ANTAC.

PITTON. S. E. C (1997). *As cidades como indicadoras de alterações térmicas*. Tese (Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP.

RICOL, A. E. P. (2000). *Recomendaciones para la conservación de los sistemas constructivos de entresijos y cubiertas que se desarrollaron desde el siglo XVII hasta el siglo XIX en las edificaciones de viviendas del Centro Histórico de La Habana*. Tesis (Doctor). La Habana: Instituto Superior Politécnico Jose Antonio Echeverría/ Facultad de Arquitectura.

RICOL, A. E. P. (2004). “El cerro tiene..... muchas llaves”. In: Seminário Internacional NUTAU’2004. São Paulo: FUPAM / FAUUSP.

ROMAN, H.; BONIN, L. C. (editores). (2003). *Normalização e certificação na construção habitacional*. Coletânea Habitare, Vol. 2. Porto Alegre: ANTAC / FINEP.

SACHS, I. (2004). *Desenvolvimento incluyente, sustentável, sustentável*. Rio de Janeiro: SEBRAE/ Garamond.

SCIGLIANO, O.; HOLLO, V. (2001). *Conforto térmico em edifícios comerciais e industriais em regiões de clima quente. IVN- índices de ventilação natural*. São Paulo: PINI.

SIEGEL, R.; HOWELL, J. (2002). *Thermal radiation heat transfer*. 4<sup>o</sup> edition. London: Published Taylor and Francis.

SILVA, A. C. (2001). *Estudos climáticos e ambiente construído no município de Descalvado - SP*. Dissertação (Mestrado). São Carlos: CRHEA/EESC/USP.

SOLANO, O. J.; MENÉNDEZ, C. J.; VÁZQUEZ, R. J.; AGUSTIN MENÉNDEZ, J.; BURGO, T. R.; OSORIO, M.; GONZÁLEZ, M. (2003). Zonificación de la precipitación en Cuba. In: X CONGRESO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGÍA. *Memorias*. La Habana: SOMETCUBA.

SORRE, M. (1951). *Le Climat*. In: *Le fondments de la Geographie Humain*. 3ed. Paris: Armand Colin.

SZOKOLAY, S. V. (1980). *Environmental science handbook*. New York: John Wiley & Sons Inc.

SZOKOLAY, S. V. (1987). *Thermal design of buildings*. Camberra: Raia Education Division.

TALAMANTE, L. G. C. (2000). Recomendaciones para el diseño de microclimas en espacios abiertos de zonas áridas, en el caso: Parque Vicente Guerrero. In: ENCUESTRO IBEROAMERICANO DE MUJERES ARQUITECTAS E INGENIERAS. (Resumo de las ponencias). La Habana: UNAICC - Unión Nacional de arquitectos e ingenieros de la construcción de Cuba.

TERJUNG, W. H. (1966). *Physiology climates of the conterminous United States: a bioclimatic classification based on man*. *Annals A. A. G.*, 56, p. 141-179.

TRUJILLO, A. T. F. (2003). *Clima y salud: una mirada desde la percepción de la población*. In: CPG- Caderno Prudentino de Geografía nº25. Presidente Prudente: AGB Associação dos Geógrafos Brasileiros - seção local.

VECCHIA, F. A. S.; FERREIRA, O. P. (1999). Viviendas prefabricadas en paneles ahuecados: su aplicación para el tema de huracanes y sismos. In: II SEMINARIO IBEROAMERICANO SOBRE CUBIERTAS Y ENTREPISOS PARA LA CONSTRUCCION Y REHABILITACION DE VIVENDA. *Anais*. Havana: CYTED.

VECCHIA, F. A. S.; SILVA, A. C.; PEREIRA NETO, S. D. (2002). Contribuição ao estudo do conforto térmico de habitações na comunidade Santo Antonio de Los Baños, Cuba. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. *Anais...* Curitiba:UFPR.

**Bibliografia consultada na rede mundial de computadores (internet)**

AFC WEATHER. Disponível em: < <http://www.advancedforecasting.com/cgi/frontpage.cgi> > Acesso em: Acesso em: abril de 2002.

AGENDA 21 – Aspectos del desarrollo sostenible referentes a los recursos naturales en cuba CUBA. Disponível em:<<http://www.un.org/esa/agenda21/natinfo/countr/cuba/natur.htm>> Acesso em: março de 2003.

AIR MASSES. Disponível em:<[http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/lectures/lecture\\_fronts.html](http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/lectures/lecture_fronts.html)> Acesso em: dezembro de 2002.

AIR MASS. Disponível em: <[http://www.Weatherworks.com/Ramapo/SGET629/02\\_Air\\_Mass\\_MapJpg](http://www.Weatherworks.com/Ramapo/SGET629/02_Air_Mass_MapJpg)> Acesso em: julho de 2002.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ANTAC, Disponível em: < [www.antac.org.br](http://www.antac.org.br) > Acesso em: novembro de 2001.

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ENERGÍAS RENOVABLES Y AMBIENTE ,Disponível em: < <http://asades.org.ar/index0.htm>> Acesso em: setembro de 2002.

CAN-EUROPE RECENT PRESS STATEMENTS. Disponível em: < <http://www.climnet.org/resources/resources.htm> > Acesso em: janeiro de 2003.

CENTRO DE PREDICCIÓN NUMÉRICA DEL TIEMPO Y CLIMA. Disponível em: <<http://www.met.igp.gob.pe/>> Acesso em: julho de 2002.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO (CYTED). Disponível em: <<http://www.cyted.org/Nueva.asp>> Acesso em: janeiro de 2002.

CLIMATOLOGIA ON LINE. Disponível em: < <http://www.climal.hpg.com.br>> Acesso em: novembro de 2001.

CLIMATOLOGÍA DE ESPAÑA. Disponível em: <<http://www.eda.etsia.upm.es/climatologia/principal.htm>> Acesso em: março de 2003.

CLIMA E MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://geocities.yahoo.com.br/adeildocs/index.html>> Acesso em: fevereiro de 2003.

CONSTRUCCIÓN COMUNITARIA DE VIVIEDAS EM TUNAS, CUBA. Disponível em: < <http://habitat.aq.upm.es/bpal/onu00/pb862.html> > Acesso em: março de 2005.

CUBA. Informativo sobre a Ilha de Cuba. Disponível em: < <http://espana.cuba.cu/>> Acesso em: março de 2002.

CUBA Disponível em: <[http://www.met.inf.cu/sometcub/boletim/V06\\_N01/English/paper\\_61.html](http://www.met.inf.cu/sometcub/boletim/V06_N01/English/paper_61.html)> Acesso em: março de 2002.

CUBA, Las FAR Hoy II - Bases Aéreas. Disponível em: <<http://Espanol.Geocities.com/Aviacuba/Mil-Hoy2.html>> Acesso em: janeiro de 2004.

CUBA – CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS. Disponível em: <[http://www.cuba.islagrande.cu/sitio\\_cuba\\_html/Templates/geografia.htm](http://www.cuba.islagrande.cu/sitio_cuba_html/Templates/geografia.htm)> Acesso em: março de 2005.

DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. Disponível em: <<http://www.meteochile.cl/>> Acesso em: abril de 2002.

EL CLIMA DE LA PROVINCIA. Disponível em: <<http://www.escambray.islagrande.cu/Esp/Provincia/Clima.htm>> Acesso em: janeiro de 2003.

EL EDIFICIO – PROYECTO LA HABANA. Disponível em: <[http://editorial.cda.ulpgc.es/construccion/7\\_habana/index.htm](http://editorial.cda.ulpgc.es/construccion/7_habana/index.htm)> Acesso em: maio de 2003.

EL EDIFICIO – DISEÑO BIOCLIMÁTICO. Disponível em: <[http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/3\\_bioclima/index.htm](http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/3_bioclima/index.htm)> Acesso em: maio de 2003.

ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY. Disponível em: <<http://eere.energy.gov>> Acesso em: março de 2005.

EURONATURA. Ciência e Política das Alterações Climáticas. Disponível em: <<http://www.euronatura.pt/>> Acesso em: julho de 2002.

GEOGRAPHICAL RESEARCH:LIBRARY AND INTERNET RESOURCES. Disponível em: <<http://odin.indstate.edu/level1.dir/lto.dir/geography.html>> Acesso em: Acesso em: janeiro de 2002.

GLOBAL GEOGRAFIA, DAL SATELLITE - LA TERRA. Disponível em: <[http://www.globalgeografia.com/satellite/satellite\\_terra.htm](http://www.globalgeografia.com/satellite/satellite_terra.htm)> Acesso em: maio de 2002.

INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS - Massas de ar no Brasil. Disponível em: <<http://http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/massasbr.htm>> Acesso em: janeiro de 2005.

INFORMACIÓN SOBRE CLIMATOLOGÍA, EL NIÑO Y LA SEQUÍA. Disponível em: <<http://www.fisica.uson.mx/Clima/climate.html>> Acesso em: março de 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Disponível em: <<http://inmet.gov.br/>> Acesso em: março de 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Brasil, Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/> > Acesso em: março de 2003.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA PORTUGAL. Disponível em: <<http://www.meteo.pt/>> Acesso em: julho de 2002.

INSTITUTE OF ATMOSPHERIC AND ENVIRONMENTAL SCIENCE. Disponível em:<<http://www.met.ed.ac.uk/>> Acesso em: julho de 2002.

INFOCLIMA–Boletim de informações climáticas. Disponível em: <<http://www.Cptec.Inpe.Br/Meteoimagens/>> Acesso em: novembro de 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE/ CPTEC. – Disponível em: < <http://www.Cptec.Inpe.Br> > Acesso em: novembro de 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA INDUSTRIAL (INETI), Disponível em:< <http://www.ineti.pt/> > Acesso em: junho de 2002.

INSTITUTO DE ECONOMÍA Y GEOGRAFÍA. Disponível em: <<http://www.ieg.csic.es>> Acesso em: julho de 2002.

LABORATORIO DE LA METEOROLOGIA E LA MODELLISTICA AMBIENTALE (LaMMA). Disponível em:< <http://www.lamma.rete.toscana.it/> > Acesso em: Acesso em: abril de 2002.

LABORATORY OF TREE-RING RESERRCH. Disponível em:<[http://www.Gened.Arizona.edu/Glocim/Koeppen\\_Map\\_Climo.html](http://www.Gened.Arizona.edu/Glocim/Koeppen_Map_Climo.html)> Acesso em: julho de 2002.

LABORATORIO DE AMBIENTE HUMANO Y VIVIENDA. Disponível em: <<http://www.criicyt.edu.ar/institutos/incihusa/lahv/>> Acesso em: julho de 2002.

MEIO AMBIENTE CUBANO. Disponível em:<[http:// www.medioambiente.cu/ecosistemas\\_fragiles.asp](http://www.medioambiente.cu/ecosistemas_fragiles.asp)> Acesso em: janeiro de 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) Brasil, Disponível em:<<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: Acesso em: janeiro de 2003.

NORMALIZAÇÃO EM CONFORTO TÉRMICO. Disponível em:<<http://www.labee.ufsc.br/comforto/index.html>> Acesso em: janeiro de 2003.

PLEA2004 - 21ST INTERNATIONAL CONFERENCE PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTUR Disponível em: <<http://www.plea2004.nl/>> Acesso em: dezembro de 2004.

SUSTAINABLE BUILDING. Disponível em: < <http://www.greenbuilder.com/sourcebook/> > Acesso em: setembro de 2002.

THE NATIONAL OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY COMMISSION (NOHSC) AUSTRALIA Disponível em: <<http://www.nohsc.gov.au/>> Acesso em: março de 2005.

THE ASSOCIATION OF AMERICAN GEOGRAPHERS Disponível em: <<http://www.aag.org/>> Acesso em: julho de 2002.

THE WEATHER CHANNEL. Disponível em: < <http://www.weather.com> /> Acesso em: fevereiro de 2002.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Brasil Disponível em: <<http://www2.usp.br/publishing/insite.cgi>> Acesso em: maio de 2002.

UNIVERSITAT DE BARCELONA. Disponível em: < <http://www.ub.edu> > Acesso em: maio de 2002.

UNIVERSITY AT BUFFALO - GEOGRAPHIC INFORMATION AND ANALYSIS LAB. Disponível em: < <http://ncgia.geog.buffalo.edu/GIAL/netgeog.html>> Acesso em: janeiro de 2003.

UNIÓN GEOGRÁFICA INTERNACIONAL (UGI) - Disponível em: <<http://www.ugi.unam.mx>> Acesso em: dezembro de 2003.

VENTO NOROESTE. Disponível em: < <http://www.ventonw.cjb.net> /> Acesso em: fevereiro de 2003.

VISUAL COLLECTIONS, ARIZONA STATE UNIVERSITY. Disponível em: <<http://www.caed.asu.edu/>> Acesso em: março de 2005.

WWF. Disponível em: < <http://www.wwf.org.br/amazonia/default.htm> > Acesso em: março 2003.

## ANEXO

Entrevista com o Arquiteto e Coordenador do Programa 10X10 (CYTED) em Cuba, Maximino Bocalandro Montoro durante o Seminário Internacional Habitações Emergenciais para População em Áreas de Risco realizado na Escola de Engenharia de São Carlos – USP (14 de abril de 2003) São Carlos, São Paulo-Brasil.

1. Adeildo Cabral - O que é o CYTED? Quais seus objetivos?

Maximino Bocalandro - CYTED es un Programa Iberoamericano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, donde participan todos los países latinoamericanos, España y Portugal.

2. Adeildo Cabral - Qual a importância desse grupo de cooperação ibero-americana para os países latino-americanos?

Maximino Bocalandro - La comunicación y el trabajo conjunto entre instituciones científicas que trabajan en el mismo tema. Ello permite obtener resultados científicos y tecnológicos superiores.

3. Adeildo Cabral - Como representante do Programa 10x10, em Cuba, quais as expectativas com a implementação do programa e quais os resultados obtidos?

Maximino Bocalandro - Utilizar tecnologías de México, Argentina, Venezuela y Cuba, permitió comprobar la posibilidad real de intercambiar experiencias entre países.

4. Adeildo Cabral - Como a Comunidade de Las Mercedes recebeu esse programa?

Maximino Bocalandro - El objetivo básico del 10 x 10 Cuba era mostrar tecnologías para viviendas económicas de diferentes países y alojar un grupo de familias que vivían en un barrio similar a las fabelas brasileñas.

5. Adeildo Cabral - O que são os sistemas de microbrigadas? Como é a participação destas microbrigadas na construção das moradias?

Maximino Bocalandro - La microbrigada es un grupo de trabajadores que se reúnen para construir sus viviendas y las de sus compañeros que permanecen en el centro de trabajo realizando las tareas de los miembros de la microbrigada.

6. Adeildo Cabral - Qual a semelhança no processo construtivo e de concepção das habitações econômicas, em Cuba, com as habitações de interesse social, no Brasil?

Maximino Bocalandro - Los materiales y las tecnologías son similares en Cuba y Brasil. El bloque de hormigón, la cerámica y el hormigón son los mas conocidos.

7. Adeildo Cabral - No contexto socioeconômico global, quais as propostas do CYTED em relação à erradicação das moradias insalubres na América Latina (favelas, Brasil; Vilas misérias, Argentina; Barriadas, Venezuela; entre outras)?

Maximino Bocalandro - El CYTED desarrolla tecnologías y las muestras en los 10 x 10 que realiza, para que sean asimiladas por los especialistas, y la población, con el fin de erradicar los barrios pobres con viviendas y tecnologías económicas.

8. Adeildo Cabral - Levando-se em consideração a experiência de Las Mercedes, dentro do CYTED, é possível identificar uma moradia que atenda as necessidades das populações menos favorecidas na América Latina, em relação a conforto, economia, construção de baixo custo e com qualidade (concomitantemente)?

Maximino Bocalandro - Las viviendas en Las Mercedes Cuba tienen 60 m<sup>2</sup> mínimo y la Construcción se entrega completamente acabada y resistente a huracanes. El nivel tecnológico es elevado e incluso superior a los países más pobres, e igual a los más avanzados en América Latina.

9. Adeildo Cabral - Qual o cenário para os próximos projetos de habitação de baixo custo do Programa CYTED?

Maximino Bocalandro - Republica Dominicana, Paraguay, Uruguay son los escenarios mas próximos donde se realizaron seminarios y talleres.

10. Adeildo Cabral - Como o senhor define as relações entre Cuba e Brasil no campo da cooperação para redução do déficit habitacional?

Maximino Bocalandro - La colaboración entre Cuba y Brasil es muy buena y se elevara durante el gobierno de Lula.

11. Adeildo Cabral - Na integração dos países latino-americanos, que caminhos seguir para uma política de moradia que atenda ,em curto prazo, as necessidades dos menos favorecidos?

Maximino Bocalandro - Lo importante es la voluntad política de los gobiernos con la participación de científicos, técnicos, profesores y la población organizada.

12. Adeildo Cabral - É possível estender o programa de moradias do CYTED para outros estados brasileiros?

Maximino Bocalandro - Si es posible. Solo se requiere apoyo de los gobiernos locales.

13. Adeildo Cabral - Qual a prioridade do programa de moradias para governo cubano?

Maximino Bocalandro - Después de la alimentación y salud para todos, es la prioridad más importante.

14. Adeildo Cabral - Qual é a situação da moradia, em Cuba, após a revolução socialista? O que difere do sistema capitalista, no Brasil?

Maximino Bocalandro - Cuba también posee déficit habitacional que ha disminuido con el triunfo de la revolución socialista. No deben compararse al caso de Brasil u otro país.

15. Adeildo Cabral - Quais os programas criados pelo governo cubano para equacionar o problema habitacional?

Maximino Bocalandro - Organizar microbrigadas con todos los que tengan necesidad de viviendas a partir de los materiales disponibles en el país.

16. Adeildo Cabral - Quais são suas expectativas sobre habitações de interesse social, em relação ao cenário futuro (próxima década) para América Latina?

Maximino Bocalandro - Dependerá de la voluntad de los gobiernos y la dedicación de recursos financieros para ese fin.

17. Adeildo Cabral - Na sua opinião, falta vontade para estabelecer políticas prioritárias para eliminação das sub-moradias ou os Governos latino-americanos não investem recursos para resolver o problema do déficit habitacional?

Maximino Bocalandro - Ese es el problema en América Latina, se destina pocos recursos para ese fin.

18. Adeildo Cabral - O que poderia ser feito?

Maximino Bocalandro - Elegir un presidente y gobernador preocupado por la vivienda de los pobres.

19. Adeildo Cabral - Como o senhor avalia seminários, como este, e como disseminar este tipo de evento para promover o debate público das questões de moradias?

Maximino Bocalandro - Las Universidades pueden repetir estos eventos y divulgar las tecnologías de viviendas.

20. Adeildo Cabral - Para o senhor, qual seria o modelo de moradia de baixo custo "ideal" para os países latino-americanos?

Maximino Bocalandro - Cada país tiene sus materiales y costumbres y el modelo no es igual en cada país.