



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL

REGINA CÔELI CATUNDA PINTO DE AGUIAR

PROCESSOS CONSTRUTIVOS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DE FORTALEZA

FORTALEZA – CEARÁ

2011

REGINA CÔELI CATUNDA PINTO DE AGUIAR

**PROCESSOS CONSTRUTIVOS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DE FORTALEZA.**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. ADEILDO CABRAL DA SILVA

FORTALEZA – CEARÁ

Julho de 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A282p Aguiar, Regina Coeli Catunda Pinto de.
Processos construtivos no desempenho térmico de edificações residenciais de Fortaleza / Regina Coeli Catunda pinto de Aguiar. - 2011.
168 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental, Campus Fortaleza, 2011.
Orientação: Prof. Adeildo Cabral da Silva.
1. Gestão Ambiental - Dissertação . 2. Conforto Térmico - Edificações - Avaliação de Desempenho. 3. Bioclimatismo. I. Título.

CDD 628

REGINA CÔELI CATUNDA PINTO DE AGUIAR

**PROCESSOS CONSTRUTIVOS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS DE FORTALEZA.**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. ADEILDO CABRAL DA SILVA (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Prof^a. Dr^a. NÁJILA REJANE ALENCAR JULIÃO CABRAL
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

Prof^a. Dr^a. MARTA CELINA LINHARES SALES
Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará - UFC

Este mestrado é a chegada de mais uma caminhada do meu passeio pela vida.

Encarei o desafio incentivada por quem, como minha estagiária, compartilhei conhecimentos durante sua formação profissional. Numa das voltas que o mundo dá, os papéis estavam invertidos: era ela, então, quem direcionava os meus novos passos, e é a essa pessoa que dedico este mestrado. Dra. Nájila Rejane, obrigada.

A busca da verdade é parte integrante da alma humana. Tornemo-la aberta às formas que nos são oferecidas livremente, em lugar de nos satisfazermos apenas com a contemplação de obras saídas de nossas mãos.

Jean Dorst
v

AGRADECIMENTOS

Àqueles que, em algum momento, precisaram da minha presença e compreenderam a minha ausência.

Ao Mano, marido de toda vida, aos meus filhos que me ajudaram nas horas mais sufocadas da pesquisa, em especial à Ívina que dividiu comigo as opiniões, a manipulação dos dados, as conquistas, as angústias, as apresentações e algumas noites maldormidas, com ela divido este trabalho, e à Eva que garantiu minha retaguarda doméstica.

Ao Professor Neudson Braga que deu seu aval e me credenciou para este Mestrado.

Aos meus colegas Daniely Rios, Andrea César, Iara Oliveira, Sarah Oliveira e Wellinson Matias, por toda ajuda que me trouxe até aqui.

À minha primeira orientadora Professora Dra. Maria Oziléa Bezerra de Menezes por me permitir vislumbrar outros horizontes do conhecimento.

Ao Professor Dr. Rinaldo dos Santos Araújo, que de maneira inusitada, me ensinou que Química não é alquimia.

À Professora Marta Celina que tão gentilmente concordou em participar da banca examinadora desta dissertação.

E, por último, mas ao mais importante na concretização tranquila até onde pode ser um trabalho final de mestrado, ao meu orientador Professor Dr. Adeildo Cabral da Silva.

RESUMO

Este estudo, a partir de séries históricas de temperatura e umidade do ar, e monitoramento do episódio climático representativo de 16 de março a 05 abril de 2010, período de transição verão-outono austral, segundo o Método da Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni e a estratégia de condicionamento térmico passivo para a Zona Climática 8 da ABNT NBR 15220-3 – Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3, objetivou a avaliação do desempenho térmico de 05 (cinco) habitações distintas em áreas diversas da cidade. O monitoramento demonstrou o tempo médio e em qual período do dia os ocupantes das residências passam em desconforto térmico e que, mesmo no período crítico de 10h às 16h., Fortaleza, capital do estado do Ceará, permite aos moradores usufruírem de conforto ambiental nas habitações, se perfeitas estratégias de projeto possibilitarem o controle de temperatura e umidade que promovam a amenização climática.

Palavras-chave: Conforto e desempenho térmico, Sistema construtivo, Bioclimatismo, Fortaleza.

ABSTRACT

This study, from the time series of temperature and humidity, and monitoring of representative climatic episode on March 16 to April 5, 2010, during the austral summer-autumn transition, according to the method of the Charter of Bioclimatic Olgyay / Givoni and passive thermal conditioning strategy for Climate Zone 8 ABNT NBR 15220-3 - thermal Performance of Buildings - Part 3, aimed at evaluating the thermal performance of 05 (five) different homes in different areas of the city. The monitoring showed the average time and at what time of day the occupants of the residences are in thermal discomfort and that even in the critical period of 10AM to 16PM. Fortaleza, capital of Ceara state, allows residents to enjoy comfort in the home environment if perfect design strategies make possible control of temperature and humidity to promote climate mitigation.

Keywords: Comfort and thermal performance, Building system, Bioclimatism, Fortaleza.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, metano e 23
óxido nitroso ao longo dos últimos 10.000 anos (painéis grandes) e desde 1750 (painéis inseridos). As medições são obtidas a partir de testemunhos de gelo (símbolos com diferentes cores para os diferentes estudos) e amostras atmosféricas (linhas vermelhas). Os forçamentos radiativos correspondentes são mostrados nos eixos do lado direito dos painéis grandes. (Fonte: AR4 IPCC)
- Figura 2** - Anomalia de +0,470C na Temperatura Global de 2010. 24
Fonte:CRUT3, disponível em
<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming>
- Figura 3** - Os locais de mudanças significativas nas observações dos 26
sistemas físicos (neve, gelo e solo congelado; hidrologia; e processos costeiros) e sistemas biológicos (terrestres, marinhos e de água doce) são mostrados juntamente com as mudanças na temperatura do ar da superfície ao longo do período de 1970 a 2004. Um subconjunto de cerca de 29.000 séries de dados foi selecionado de cerca de 80.000 séries de dados de 577 estudos, com base nos seguintes critérios: (1) término em 1990 ou depois; (2) cobertura de um período de pelo menos 20 anos; e (3) indicação de uma mudança significativa em qualquer direção, como avaliado individualmente nos estudos. Essas séries de dados provêm de 75 estudos (dos quais cerca de 70 são novos desde o Terceiro Relatório de Avaliação) e contêm por volta de 29.000 séries de dados, das quais em torno de 28.000 são de estudos europeus. As áreas brancas não dispõem de dados suficientes de observação climática para que se possa estimar uma tendência da temperatura. Os quadros 2 x 2 mostram o número total de séries de dados com mudanças significativas (coluna de cima) e a porcentagem dessas mudanças que são condizentes com o aquecimento (coluna de baixo) para (i) as regiões continentais: América do Norte (AMN), América Latina (AL), Europa (EUR), África (AFR), Ásia (AS), Austrália e Nova Zelândia (ANZ) e Regiões Polares (RP) e (ii) escala global: terrestre (TER), marinha e de água doce (MAD) e global (GLO). Os números dos estudos dos sete quadros regionais (AMN,... RP) não se somam aos totais globais (GLO) porque os dados das regiões, exceto a polar, não contêm números relativos aos sistemas marinhos e de água doce (MAD) [F1.8, F1.9 do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho II; F3.9b do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I].(Fonte: AR4-IPCC)
- Figura 4** - Anomalia das chuvas na Região Nordeste (BR) de 1901 a 27
1998. As anomalias foram calculadas em relação ao período de referência de fevereiro a maio de 1961 a 1990 (Fonte: CRU (Climate Research Unit) in Marengo et Valverde, 2007)

Figura 5	- Mapa de localização de Fortaleza (Ce). Fonte: disponível em: http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&ie=UTF-8&tab=wl	29
Figura 6	- Setorização e expansão de Fortaleza. Desenho: Autora, baseado em dados do IBGE, censo de 2000, in: Gondim, 2004.	31
Figura 7	- Classificação Climática e Diagramas de Clima Típico de KÖPPEN. Disponível em: http://www.geog.le.ac.uk/staff/jk61/teaching/gy1003/lectures/lecture18pics.html . Acessado em 20.12.2010.	33
Figura 8	- Mapa Bioclimático do Brasil. Fonte: ABNT 15220-3/2003	34
Figura 9	- Velocidades dos Ventos em Fortaleza (Ce). Fonte: LabEEE, 2005. Disponível em: http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/desenvolvimento_urbano/habitacao/Avalicao_Elektrobras_sobre_proj_HIS_da_CAIXA.pdf . Acessado em 12/2010	35
Figura 10	- Frequência dos Ventos em Fortaleza (Ce). Fonte: LabEEE, 2005. Disponível em: http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/desenvolvimento_urbano/habitacao/Avalicao_Elektrobras_sobre_proj_HIS_da_CAIXA.pdf . Acessado em 12/2010.	35
Figura 11	- Barreira edificada à beiramar de Fortaleza-Ce. Fonte: desenho da Autora.	35
Figura 12	- Climatologia de Precipitação e Temperatura de Fortaleza-Ce. Fonte: INMET, 2010	36
Figura 13	- Gráfico de Pressão Atmosférica (hPa). Fonte: INMET, 2010.	38
Figura 14	- Gráfico de Precipitação (mm). Fonte: INMET, 2010.	38
Figura 15	- Gráfico de Precipitação Máxima em 24 horas (mm). Fonte: INMET, 2010.	38
Figura 16	- Gráfico de Temperaturas Médias (C0). Fonte: INMET, 2010.	39
Figura 17	- Gráfico de Temperaturas Máximas (C0). Fonte: INMET, 2010	39
Figura 18	- Gráfico de Temperaturas Mínimas (C0). Fonte: INMET, 2010	39
Figura 19	- Gráfico de Temperaturas Máximas Absolutas (C0). Fonte: INMET, 2010.	40
Figura 20	- Gráfico de temperatura Mínima Absoluta (C0). Fonte: INMET, 2010.	40
Figura 21	- Gráfico de Evaporação (mm). Fonte: INMET, 2010	40
Figura 22	- Gráfico de Umidade (%). Fonte: INMET, 2010.	41
Figura 23	- Gráfico dos Índices de Evaporação (mm) e Pressão (hPa). Fonte: INMET, 2010.	42
Figura 24	- Cânion Urbano de área superadensada verticalmente em Fortaleza (CE). Fonte: Acervo da Autora, 2011.	44
Figura 25	- Sky view na Praça Portugal em Fortaleza (CE). Fonte: Acervo da Autora, 2011	44
Figura 26	- - Configurações do Experimento I: Ilhas de calor no setor oeste e sudoeste da cidade, com intensidade de até 4,70C para o posto da Barra do Ceará (A). Ilhas de calor no setor sudoeste com valor de até 3,50C para o posto do Damas (B). Fonte: Moura, 2008.	45

Figura 27	- Configurações do Experimento II: Ilhas de calor no setor oeste e sudoeste e quadrante central da cidade, com intensidade de até 50C para o ponto do Damas (A). A tendência das ilhas de calor no setor sudoeste continua, também com registro de 50C para o bairro Damas (B). Fonte: Moura, 2008.	45
Figura 28	- Velocidade Média do Vento (m/seg). Posto Meteorológico da FUNCEME. Fortaleza-Estado do Ceará 1974-1995. (Fonte: XAVIER, 2001)	46
Figura 29	- - Variação da temperatura do ar x Umidade Relativa do Ar Adaptado de RICE et BRAIN , 2011. Disponível em: http://casa.hsw.uol.com.br/umidificadores1.htm . Acessado em Abril de 2011	Ar52
Figura 30	- Diagrama do Conforto Humano. Fonte: INMET, 2010	54
Figura 31	- Mapa de zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_cman&task=cat_view&gid=387&Itemid=99999999	58
Figura 33	- Casa 01. Fonte: Google Mapas. Disponível em: http://maps.google.com.br/maps?ll=-3.780443,-38.485584&spn=0.011562,0.019419&t=f&z=16&ecpose=-3.78278829,-38.48558383,2410.22,-0.004,6.235,0.009&lc=com.panoramio.all/Detalhe .	60
Figura 34	- Casa 01 - Fachada interna (oeste). Fonte: Adeildo Cabral da Silva, 2011.	61
Figura 35	- Casa 01 - Fachada principal externa (oeste). Fonte: Adeildo Cabral da Silva, 2011.	61
Figura 36	- Casa 01 - Sensor (HOBO) externo – oeste	62
Figura 37	- Casa 01 - Sensor interno (HOBO) gabinete – pavimento superior	62
Figura 38	- Casa 01 - Bairro Luciano Cavalcante – planta baixa térreo (paginação-escala-1/50) Sensor de temperatura e umidade relativa do ar (Hobo) instalado na sala de estar – (localização - Oeste)	63
Figura 39	- Casa 01 - Planta baixa – piso superior (paginação - escala 1/50) Sensor de temperatura e umidade relativa do ar (Hobo) instalado no escritório – (localização - Oeste)	63
Figura 40	- Mapa de Zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_cman&task=cat_view&gid=387&Itemid=99999999	64
Figura 41	- Mapa dos bairros e Secretarias Regionais de Fortaleza. Disponível em: http://a.imageshack.us/img146/1103/mapafortaleza.jpg	64
Figura 42	- CASA 02. Fonte: Google Maps, 2011. Disponível em: http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&ie=UTF-8&tab=wl/Detalhe .	66
Figura 43	- Fachada Principal Externa. Fonte: Arquivo Pessoal, 2011.	67
Figura 44	- Fachada interna. Fonte: Arquivo Pessoal, 2001.	67
Figura 45	- Sensor interno/sala	68

Figura 46	- Sensor interno/sala	68
Figura 47	- Sensor interno/quarto	68
Figura 48	- Sensor interno/quarto	68
Figura 49	- Sensor externo/sul	69
Figura 50	- Sensor externo/sul	69
Figura 51	- Planta Baixa – Casa 02	69
Figura 52	- Casa 03 - Mapa de Zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Fonte: Prefeitura Municipal de Fortaleza. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_cman&task=cat_view&gid=387&Itemid=99999999	70
Figura 53	- Casa 03 - Mapa dos bairros e Secretarias Regionais de Fortaleza. Disponível em: http://a.imageshack.us/img146/1103/mapafortaleza.jpg	70
Figura 54	- CASA 03. Fonte: Google Maps, 2011. Disponível em: http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl/Detalhe .	72
Figura 55	- Fachada Principal Norte. Fonte: Acervo Pessoal da autora, 2011	73
Figura 56	- Fachadas Secundárias Sul e Leste. Fonte: Acervo Pessoal, 2011	73
Figura 57	- Sensor interno quarto/forrado. Fonte: Acervo Pessoal, 2011	74
Figura 58	- Sensor interno – sala/telha vã. Fonte: Acervo pessoal, 2011	74
Figura 59	- Sensor externo/leste. Fonte: Acervo Pessoal, 2011	74
Figura 60	- Planta Baixa – Casa 03. Fonte: Acervo pessoal, 2011	75
Figura 61	- Casa 04 - Mapa de zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_cman&task=cat_view&gid=387&Itemid=99999999	75
Figura 62	- Casa 04 – Mapa dos bairros e Secretarias Regionais de Fortaleza. Disponível em: http://a.imageshack.us/img146/1103/mapafortaleza.jpg	78
Figura 63	- Casa 04 – Mapa. Disponível em: http://maps.google.com.br/?ie=UTF8&ll=-21.125498,-33.75&spn=43.353671,79.628906&z=4/Detalhe .	79
Figura 64	- Casa 04 – Fachada Principal. Fonte: Sarah Oliveira, 2010.	79
Figura 65	- Casa 04 – Interior. Fonte: Sarah Oliveira, 2010.	80
Figura 66	- Casa 04 – Interior. Fonte: Sarah Oliveira, 2010.	81
Figura 67	- Planta Baixa - Casa 04.	82
Figura 68	- Casa 05 - Mapa de zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_cman&task=cat_view&gid=387&Itemid=99999999	82
Figura 69	- Casa 05 – Mapa dos bairros e Secretarias Regionais de Fortaleza. Disponível em: http://a.imageshack.us/img146/1103/mapafortaleza.jpg	84
Figura 70	- Casa 05 – Mapa. Disponível em: http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&ll=-3.746594,-38.589628&spn=0.005781,0.00972&t=f&z=17&ecpose=-3.75253971,-38.58962774,680.71,0,44.994,0/Detalhe .	85
Figura 71	- Fachada Principal. Fonte: Wellinson Matias, 2010	85

Figura 74	- Casa 05 – Planta Baixa. Fonte: Acervo Pessoal, 2011	86
Figura 72	- Casa 05 - interior. Fonte: Wellinson Matias, 2010.	85
Figura 73	- Foto interna – quarto. Fonte: Wellinson Matias, 2010.	86
Figura 75	- Gráfico de Insolação (h). Fonte: INMET.	87
Figura 76	- Insolação no Nordeste do Brasil, incluindo Fortaleza em 01/04/2010. Fonte: FUNCEME	87
Figura 77	- Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol. Fonte: Nuctesol, 2011	88
Figura 78	- Carta Solar para Fortaleza. Fonte: SOL-AR, 2010	89
Figura 79	- Carta bioclimática de Olgyay. Fonte: Lambert et al (1997)	95
Figura 80	- Carta bioclimática adaptada de GIVONI. Fonte: ABNT 15220.	95
Figura 81	- Temperaturas de Projeto para o período de Verão. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	97
Figura 82	- Temperaturas de Projeto para o período de Inverno. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	97
Figura 83	- Temperaturas BIN - ANUAL. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	98
Figura 84	- Temperaturas BIN - MÊS DE JANEIRO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	98
Figura 85	- Temperaturas BIN - MÊS DE FEVEREIRO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	98
Figura 86	- Temperaturas BIN - MÊS DE MARÇO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	98
Figura 87	- Temperaturas BIN - MÊS DE ABRIL. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	98
Figura 88	- Temperaturas BIN - MÊS DE MAIO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	99
Figura 89	- Temperaturas BIN - MÊS DE JUNHO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	99
Figura 90	- Temperaturas BIN - MÊS DE JULHO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	99
Figura 91	- Temperaturas BIN - MÊS DE AGOSTO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	99
Figura 92	- Temperaturas BIN - MÊS DE SETEMBRO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	99
Figura 93	- Temperaturas BIN - MÊS DE OUTUBRO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	99
Figura 94	- Temperaturas BIN - MÊS DE NOVEMBRO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	100
Figura 95	- Temperaturas BIN - MÊS DE DEZEMBRO. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998).	100
Figura 96	- Carta bioclimática com TRY de Fortaleza. Fonte: Goulart et al (1998).	100
Figura 97	- Estratégias Bioclimáticas (%) para Fortaleza. Fonte: Goulart <i>et al</i> (1998)	101
Figura 98	- Níveis de Conforto Térmico Fonte: ISO 7730	103
Figura 99	- Principais limites de conforto térmico, de temperatura e umidade. Fonte: GOULART et al. Relatório interno- NPC-UFSC. 1994 Apud MACIEL, 2002	105

Figura 100	- Distribuição esquemática da pressão em torno da edificação. Baseado nos resultados de IRMINGER e NAKKENTWED. Fonte: Desenho da autora baseado em GIVONI, 1976.	106
Figura 101	- Medidas de refletância de cores de tintas. Fonte: CASTRO <i>et al</i> , 2003	107
Figura 102	- Adaptado e resumido da Tabela de Condutividade Térmica dos Materiais Usados nas Edificações. Fonte: Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ). Disponível em:	108
Figura 103	- Tabela de Resistência térmica superficial interna e externa. Fonte: ABNT NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2.	109
Figura 104	- Tabela de Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e) para radiação s emissividade (ϵ) para radiações a temperaturas comuns (ondas) para radiações a longas). Fonte: ABNT NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2.	109
Figura 105	- Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 8. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3	110
Figura 106	- Tipos de vedações externas para a Zona Climática 8. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3	110
Figura 107	- Estratégia de condicionamento térmico passivo para a Zona Climática 8. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3	110
Figura 108	- Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico. Resumido de: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3	111
Figura 109	- Abertura para ventilação. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3	111
Figura 110	- Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3	111
Figura 111	- Efeitos das subdivisões interiores na velocidade do ar interno. Fonte: Desenho da autora baseado em GIVONI, 1976.	112
Figura 112	- Padrões de escoamento do ar em espaços interno em modelos com diferentes subdivisões. Fonte: Desenho da autora baseado em GIVONI, 1976.	113
Figura 114	- Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e Umidade Relativa do Ar (RH) – exterior.	115
Figura 115	- Temperaturas de desconforto x Temperaturas – Exterior	116
Figura 116	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar em desconforto – Exterior	116
Figura 117	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Térreo	117
Figura 118	- Temperaturas de desconforto x Temperaturas – Térreo	118
Figura 119	- Temperaturas e Umidade relativa do ar em desconforto – Térreo	119
Figura 120	- Temperaturas e Umidade relativa do ar – Gabinete.	120
Figura 121	- Temperaturas de desconforto x Temperaturas – Gabinete	121
Figura 122	- Temperaturas e Umidade Relativa do Ar em Desconforto – Gabinete	121
Figura 123	- Variação dos valores das temperaturas externa e internas	122

Figura 124	- Umidade Relativa do Ar nos três sensores.	123
Figura 125	- Temperatura e Umidade em desconforto nos três sensores	123
Figura 126	- Resumo dos Dados Coletados.	124
Figura 127	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar Exterior.	125
Figura 128	- Temperatura em Desconforto X Temperatura – Exterior	126
Figura 129	- Temperatura em desconforto x Temperatura	127
Figura 130	- Temperatura e Umidade – Sala	128
Figura 131	- Temperaturas de Desconforto x Temperaturas – Sala	129
Figura 132	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar em desconforto – Sala	130
Figura 133	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Quarto	131
Figura 134	- Temperatura em Desconforto x Temperatura – Quarto	132
Figura 135	- Temperatura e Umidade relativa do ar em Desconforto – Quarto	132
Figura 136	- Temperaturas Sala/Quarto/Exterior.	133
Figura 137	- Umidade Relativa do Ar nos três sensores	133
Figura 138	- Resumo dos dados coletados – Casa 02	134
Figura 139	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Externo	135
Figura 140	- Temperatura em desconforto x Temperatura	135
Figura 141	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar em desconforto – Casa 03 – Externo.	136
Figura 142	- Temperatura e umidade relativa do ar – sala	137
Figura 143	- Temperatura em desconforto x Temperatura – Sala	137
Figura 144	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar em Desconforto – Sala	139
Figura 145	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Escritório	139
Figura 146	- Temperatura em Desconforto x Temperatura – Escritório	140
Figura 147	- Temperatura em desconforto x Umidade Relativa do Ar – escritório	140
Figura 148	- Resumo dos dados coletados	141
Figura 149	- Dados referenciais externos para a Casa 04 – Serrinha. Fonte: IFCe, 2010.	142
Figura 150	- Temperatura em desconforto x temperatura/dados referenciais.Fonte: IFCe, 2010.	143
Figura 151	- Temperatura x Temperatura em desconforto – Dados Referenciais. Fonte: IFCe, 2010.	143
Figura 152	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Sala.	144
Figura 153	- Temperatura em Desconforto x Temperatura – Sala	145
Figura 154	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar em desconforto – Sala	145
Figura 155	- Temperatura x Umidade Relativa do Ar – Quarto	146
Figura 156	- Temperatura em Desconforto x Temperatura	147
Figura 157	- Temperatura e Umidade Relativa do Ar em Desconforto – Quarto	147
Figura 158	- Temperatura Sala/Quarto/Exterior	148
Figura 159	- Umidade Relativa do Ar – Sala/Quarto/Exterior	148
Figura 160	- Resumo dos dados coletados.	149
Figura 161	- Dados referenciais externos para a Casa 05 – A. BEZERRA Fonte: IFCe, 2010.	150
Figura 162	- Temperatura em desconforto x temperatura/dados referenciais Externos.Fonte: IFCe, 2010	151
Figura 163	- Temperatura x Temperatura em desconforto – Dados Referenciais Externos. Fonte: IFCe, 2010.	151

Figura 164	- Temperatura x Umidade Relativa do ar – Quarto.	152
Figura 165	- Temperatura x Temperatura em Desconforto – Quarto.	153
Figura 166	- Temperatura x Umidade do Ar em Desconforto – Quarto.	153
Figura 167	- Temperatura e Umidade – Sala.	154
Figura 168	- Temperatura em Desconforto x Temperatura – Sala	155
Figura 169	- Temperatura x Umidade Relativa do Ar em Desconforto –Quarto.	155
Figura 170	- Tabela Resumo	158
Figura 171	- Gráfico Resumo – Temperatura	159
Figura 172	- Gráfico Resumo – Umidade Relativa o Ar.	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento.
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
BIN	Estimativa de combustível para aquecimento e refrigeração
CLO	Tipo de roupa usado pelas pessoas, que determina a resistência térmica média da troca de calor do corpo com o ambiente ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ K/W}$);
CPTEC/INPE	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
CRU	Climate Research Unit
CTA	Centro Técnico Espacial
ENOS	El Niño – Oscilação Sul
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBF	Instituto do Frio
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	International Panel on Climate Change
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
LABEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
MET	Nível de atividade física das pessoas, que determina sua taxa de metabolismo ($1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$). Admitindo uma superfície média de $1,8 \text{ m}^2$ para o corpo de um adulto, 1 met equivalente a aproximadamente 105 w.
NAO	North Atlantic Oscillation
NBR	Normas Brasileiras
NPC/UFSC	Núcleo de Pesquisa em Construção/Universidade Federal de Santa

	Catarina
NUCTESOL	Núcleo Tecnológico de Energia Solar
PDO	Pacific Decadal Oscillation
PROBIO	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
PROCEL	Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica
SETFOR	Secretaria de Turismo de Fortaleza
TB	Temperatura Base
T_{med}	Temperatura média
TSM	Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Equatorial
TMY	Typical Meteorological Year
TRA	Terceiro Relatório de Avaliação (IPCC)
TRY	Test Reference Year
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	20
2 O CLIMA E FORTALEZA.	22
2.1 Mudanças Climáticas	22
2.2 A Cidade – Fortaleza e suas Características Sociais e Bioclimáticas.	28
2.3 Ilhas Térmicas, Descaracterização E Degradação Dos Componentes Naturais De Fortaleza.	42
3 A NOVA CASA.	47
4 MATERIAIS E MÉTODOS.	55
4.1 Área De Estudo	55
4.2 Método De Análise	55
4.3 Materiais	57
4.3.1 Referências Teóricas	114
5 RESULTADOS	114
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	156
BIBLIOGRAFIA	160

1. INTRODUÇÃO.

Esta pesquisa relaciona-se à cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, em seus aspectos climáticos de temperatura e umidade relativa do ar quando interferem no Conforto Ambiental das habitações.

Objetiva avaliar o desempenho térmico de 5 (cinco) edificações residenciais, situadas no município de Fortaleza-Ceará, sob o prisma da interferência dos processos construtivos no conforto ambiental, entre os dias 16 de Março e 05 de Abril de 2010, para analisar o desempenho do ambiente construído, orientada nos princípios da Arquitetura Bioclimática e na ABNT NBR 15220-1:2005/2:2005 Versão Corrigida: 2008/3:2005 - Desempenho Térmico de Edificações, Parte 1, 2 e 3, respectivamente, em relação ao conforto ambiental dos usuários, notadamente o conforto térmico com influência da temperatura e umidade; registrar as alterações procedidas pelos usuários para corrigir/criar equívocos do/no projeto arquitetônico, e as deficiências das edificações que comprometem o seu padrão de conforto; permitir a discussão sobre a adequabilidade dos materiais e apetrechos de engenharia empregados nas tipologias das novas residências surgidas da evolução e preferências e adaptações ao novo clima; avaliar o grau de satisfação dos usuários.

Está focado na parcela da cidade que ainda tem como uso predominante o residencial unifamiliar de baixa, média e alta densidade, entre a área leste, rica, privilegiada de infraestrutura, esgotada em seu suporte de tráfego e mobilidade urbana, e superadensada verticalmente, e a área oeste, periferia proletária, pobre em infraestrutura, carente de suporte social e superadensada horizontalmente.

No segundo capítulo da pesquisa, após revisar os diversos estudos sobre o clima no mundo, as mudanças e prováveis causas do aquecimento urbano, e o que as evidências atuais sinalizam para o futuro, Fortaleza foi caracterizada quanto os aspectos meteorológicos de temperatura e umidade, e pesquisadas suas ilhas de calor frente ao adensamento urbano atual, que conceitos bioclimáticos foram utilizados na análise e caracterização do clima da cidade..

No terceiro capítulo foi analisada a proposta da Nova Casa: que conceitos de análise bioclimática e características térmicas dos materiais de construção empregados na sua construção, quais as estratégias de projeto que permitem ou prejudicam o controle de temperatura e umidade para promoção da amenização climática e do conforto ambiental nas habitações de Fortaleza.

No quarto capítulo esta pesquisa detalha o procedimento metodológico e os materiais utilizados para que sejam atingidos os objetivos da pesquisa. Após as constatações sobre a área de pesquisa, foi descrito e caracterizado seus aspectos geográficos e climáticos, e a determinação do Episódio Representativo de 16 de Março a 05 de Abril de 2010 em Fortaleza-Ceará.

No quinto capítulo está descrito o Comportamento Térmico de Habitações na Cidade de Fortaleza-Ceará tendo como base o resultado do monitoramento no período de 16 de março e 05 de abril de 2010, seguido da análise de cada uma das residências monitoradas, todas edificadas com técnicas construtivas tradicionais (arquitetura vernacular) – alvenaria de tijolos, lajes de concreto ou pré-moldada, telhado em telhas cerâmicas ou de fibrocimento, para constatação do que mudou e/ou evoluiu nas estruturas, nas técnicas construtivas e quais adaptações/modificações foram promovidas pelos usuários que melhoraram ou comprometeram o conforto térmico.

Com o resultado da pesquisa procedeu-se o estudo de caso comparativo relacionando o processo construtivo ao conforto ambiental, confrontando a Casa 01, cujo processo construtivo é mais conservador, com a Casa 02 de processo construtivo menos convencional, sob a ótica das Normas ABNT NBR 15220-1:2005/ 2:2005 Versão Corrigida:2008/3:2005 - Desempenho térmico de edificações, Parte 1, 2 e 3.

A pesquisa encerra-se com recomendações sobre como, diante das novas exigências e necessidades advindas das mudanças climáticas ocorridas na cidade de Fortaleza, motivadas pelo crescimento urbano desordenado e refletido nas séries resultantes da pesquisa, aperfeiçoar as necessidades básicas do padrão construtivo visando o melhor desempenho do espaço de habitação como elemento fundamental no conforto da moradia bem adaptada ao clima da cidade.

2. O CLIMA E FORTALEZA.

2.1 Mudanças Climáticas

Já é lugar comum a preocupação mundial com o meio ambiente. Os efeitos da ocupação e o uso intensivo e desordenado dos espaços e recursos naturais se anunciaram a partir da década de 50 do século passado, época de pós-guerra, quando o êxodo rural, motivado pela retomada da industrialização e reconstrução mundiais, se generaliza e transforma o fluxo migratório para as cidades um caminho sem volta, cujo custo maior foram os desequilíbrios natural, social e econômico acompanhados da pobreza, favelização, doenças, enchentes, alagamentos e avanço do mar, para citar os mais inquietantes.

No PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC-2007), no Sumário para Formuladores de Políticas Públicas do Grupo de Trabalho I: A Base das Ciências Físicas, “as concentrações atmosféricas globais de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso aumentaram bastante em consequência das atividades humanas desde 1750 e agora ultrapassam em muito os valores pré-industriais determinados com base em testemunhos de gelo de milhares de anos (Figura 1). Os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono (CO_2) se devem principalmente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já os aumentos da concentração de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) são devidos principalmente à agricultura”.

A consequência é observada quando o citado Painel (IPCC-2007) diz: “Onze dos últimos doze anos (1995 a 2006) estão entre os 12 anos mais quentes do registro instrumental da temperatura da superfície global (desde 1850)”. A tendência linear atualizada de 100 anos (1906 a 2005) de $0,74^\circ\text{C}$ [$0,56^\circ\text{C}$ a $0,92^\circ\text{C}$] é, portanto, mais elevada do que a tendência correspondente para o Período de 1901 a 2000, apresentada no TRA, de $0,6^\circ\text{C}$ [$0,4^\circ\text{C}$ a $0,8^\circ\text{C}$]. A tendência linear de aquecimento ao longo dos últimos 50 anos ($0,13^\circ\text{C}$ [$0,10^\circ\text{C}$ a $0,16^\circ\text{C}$] por década) é quase o dobro da dos últimos 100 anos. O aumento total de temperatura de 1850-1899 a 2001-2005 é de $0,76^\circ\text{C}$ [$0,57^\circ\text{C}$ a $0,95^\circ\text{C}$]. O ano de 2010, segundo Climate Research Unit (2010), a temperatura global apresentou anomalia de $+0,47^\circ\text{C}$ (Figura 2). No entanto, o IPCC/AR4 (2007) considera que “os efeitos das ilhas de calor urbano são

reais, mas locais, exercendo uma influência insignificante (menos de 0,006°C por década sobre a terra e zero sobre os oceanos) nesses valores”.

Mudanças nos Gases de Efeito Estufa a partir de Dados de Testemunho de Gelo e

Dados Modernos

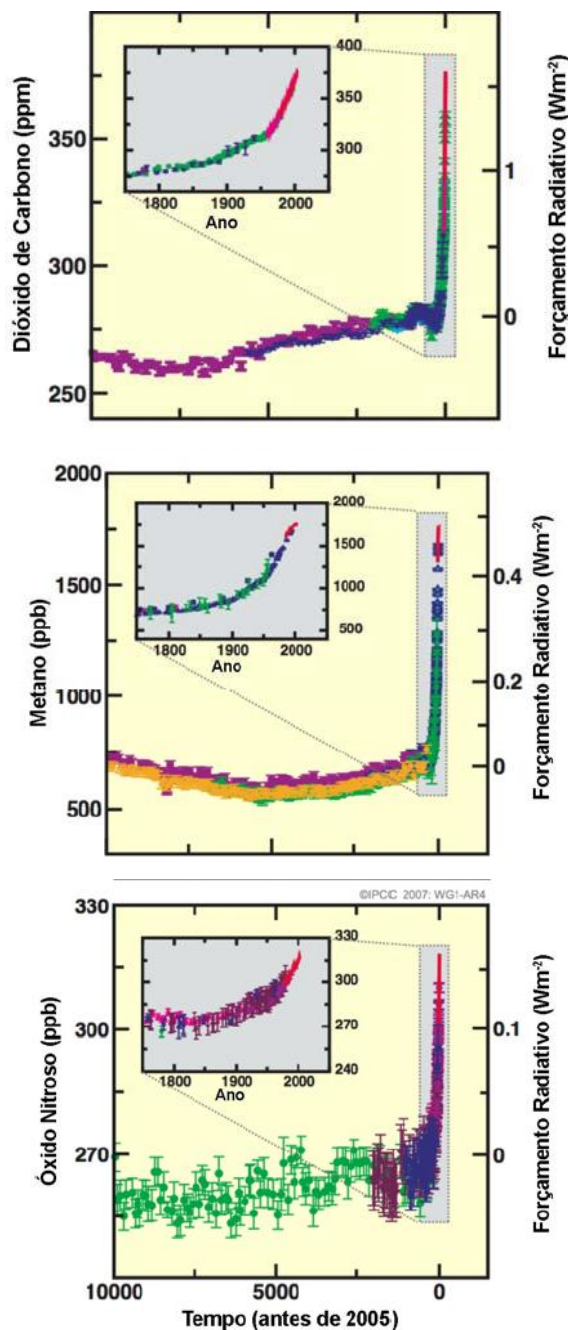


Figura 1 - Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono, metano e óxido nítrico ao longo dos últimos 10.000 anos (painéis grandes) e desde 1750 (painéis inseridos). As medições são obtidas a partir de testemunhos de gelo (símbolos com diferentes cores para os diferentes estudos) e amostras atmosféricas (linhas vermelhas). Os forçamentos radiativos correspondentes são mostrados nos eixos do lado direito dos painéis grandes. (Fonte: AR4 IPCC)

Já o Sumário para os Formuladores de Políticas do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho II do PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – *IPCC AR4*) publicado em 2007 cujas declarações apresentadas baseiam-se, em parte, em conjuntos de dados que cobrem o período desde 1970, e em avaliações anteriores do IPCC, incorpora novas descobertas dos últimos seis anos

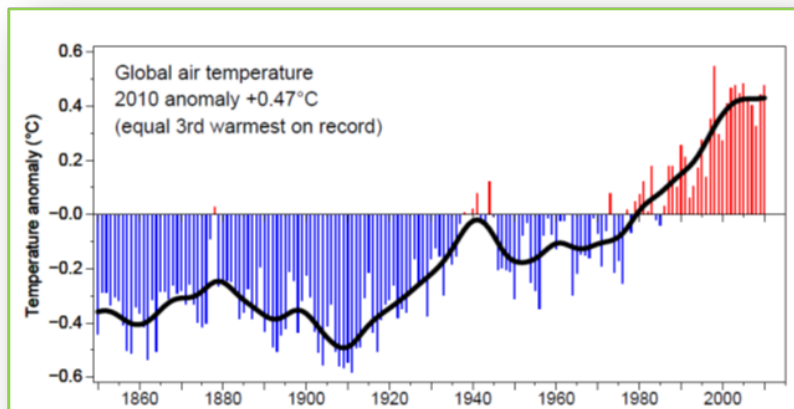


Figura 2 - Anomalia de +0,470C na Temperatura Global de 2010. Fonte:CRUT3, disponível em <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming>

de pesquisa. Os avanços científicos feitos desde a publicação do Terceiro Relatório de Avaliação (TRA) baseiam-se em quantidades de dados novos e mais abrangentes, análises mais sofisticadas dos dados, melhor compreensão dos processos e sua simulação em modelos, e uma análise mais ampla das faixas de incerteza. O número de estudos das tendências observadas no meio ambiente físico e biológico e da sua relação com as mudanças climáticas regionais aumentou bastante desde o Terceiro Relatório de Avaliação (TRA), em 2001. A qualidade dos conjuntos de dados também melhorou. O Grupo de Trabalho I concluiu ser *muito provável* (até 90% de chance) que a maior parte do aumento observado na temperatura global média desde meados do século XX se deva ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa. O TRA projetava um crescimento de 1,4°C a 5,8°C para 2100. Em relação às causas da mudança de clima, o IPCC AR4 (2007) afirma que é *muito provável* (até 90% de chance) que as atividades humanas, lideradas pela queima de combustível fóssil, estejam fazendo a atmosfera esquentar desde meados do século XX. Ainda segundo o IPCC-AR4, se projeta um aumento de temperatura global entre 2°C a 4,5°C a mais do que os níveis

registrados antes da Era Pré-Industrial. A estimativa mais certa fala em um aumento médio de 3°C, assumindo que níveis de dióxido de carbono se estabilizem 45% acima da taxa atual (Figura 3). Diz: “Para os aumentos da temperatura global média que ultrapassem 1,5 a 2,5°C e os aumentos das concentrações correspondentes de dióxido de carbono na atmosfera, projetam-se que haja grandes mudanças na estrutura e na função do ecossistema, e nas interações ecológicas e distribuições geográficas das espécies, com consequências predominantemente negativas para a biodiversidade e bens e serviços do ecossistema, como por exemplo, a oferta de água e alimento”.

Existem evidências (IPCC, 2007) através de “novos dados obtidos após a publicação do TRA que indicam ser *muito provável* (90% de chance) que as perdas dos mantos de gelo da Groenlândia e da Antártica tenham contribuído para a elevação do nível do mar ao longo do período de 1993 a 2003” que atinge diretamente as cidades costeiras como Fortaleza; existem evidências também de que eventos extremos como, secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furacões e tempestades têm afetado diferentes partes do planeta e têm produzido enormes perdas econômicas e de vidas. Pode-se mencionar no Brasil, o furacão Catarina em março de 2004, a seca da Amazônia em 2005 e as secas já observadas no sul do Brasil em 2004, 2005 e 2006, os recentes acidentes causados pelas chuvas no litoral (2010) e nas serras (2011) fluminenses (adaptado de MARENGO *et VALVERDE*, 2007).

Há ainda impactos relacionados como, alterações na biodiversidade e o aumento no nível do mar e o desenvolvimento humano, que estão contribuindo juntos para as perdas das várzeas e manguezais costeiros e aumentando os danos causados pelas inundações do litoral em muitas áreas e impactos na saúde, agricultura e geração de energia hidrelétrica, que já podem estar afetando o Brasil, assim como o restante do planeta. “Projeta-se que o litoral fique exposto a maiores riscos, inclusive à erosão, em consequência da mudança do clima e da elevação do nível do mar.

O efeito será exacerbado pelas crescentes pressões induzidas pelo homem nas áreas costeiras” (AR4, IPCC, 2007). Um estudo recente (MARENGO 2007) compila resultados de estudos da variabilidade climática em longo prazo no Brasil. Observou-se que alterações em chuvas e vazões de rios na Amazônia e no Nordeste apresentam uma variabilidade interanual e em escalas de tempo

interdecadal que são mais importantes, mais até do que tendências de aumento ou redução.

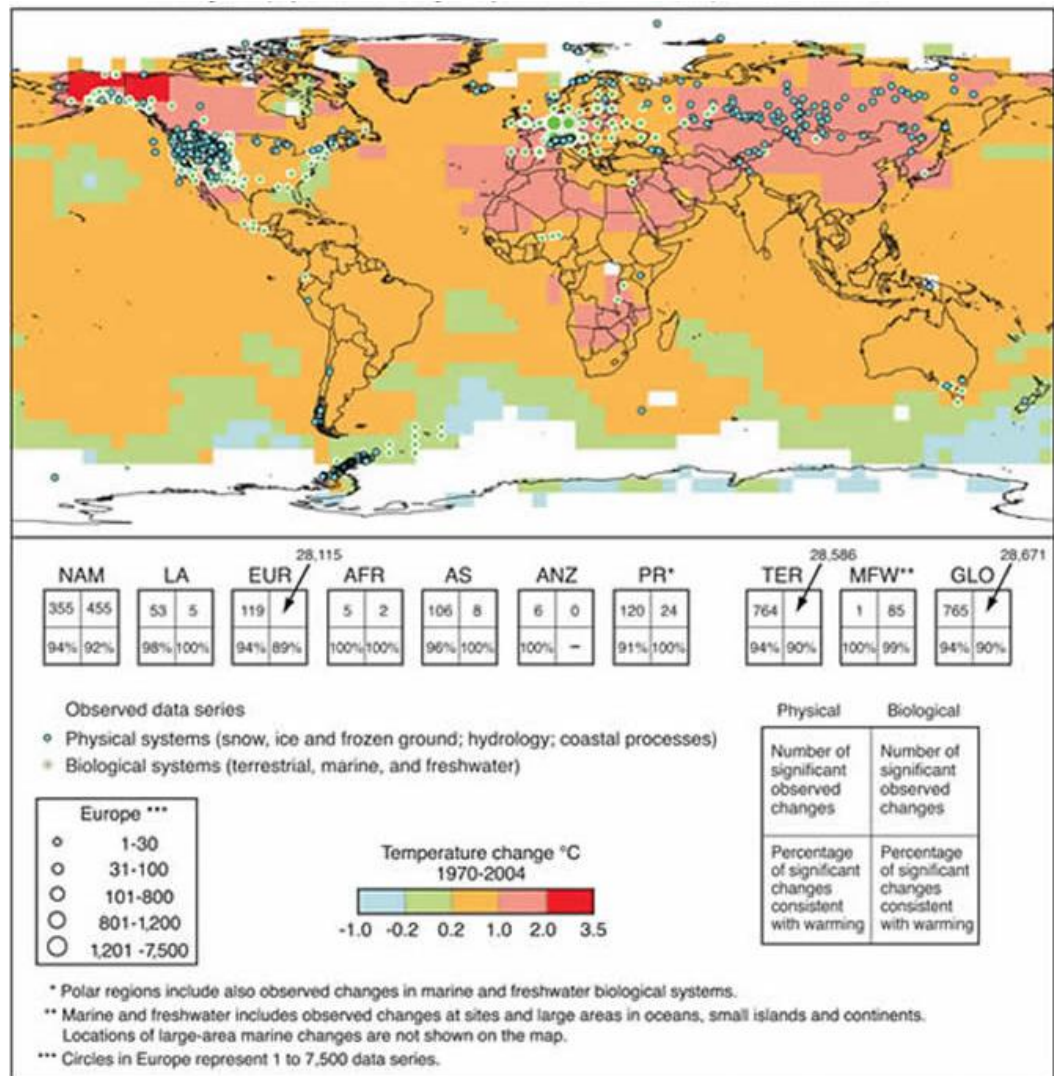


Figura 3 - Os locais de mudanças significativas nas observações dos sistemas físicos (neve, gelo e solo congelado; hidrologia; e processos costeiros) e sistemas biológicos (terrestres, marinhos e de água doce) são mostrados juntamente com as mudanças na temperatura do ar da superfície ao longo do período de 1970 a 2004. Um subconjunto de cerca de 29.000 séries de dados foi selecionado de cerca de 80.000 séries de dados de 577 estudos, com base nos seguintes critérios: (1) término em 1990 ou depois; (2) cobertura de um período de pelo menos 20 anos; e (3) indicação de uma mudança significativa em qualquer direção, como avaliado individualmente nos estudos. Essas séries de dados provêm de 75 estudos (dos quais cerca de 70 são novos desde o Terceiro Relatório de Avaliação) e contêm por volta de 29.000 séries de dados, das quais em torno de 28.000 são de estudos europeus. As áreas brancas não dispõem de dados suficientes de observação climática para que se possa estimar uma tendência da temperatura. Os quadros 2 x 2 mostram o número total de séries de dados com mudanças significativas (coluna de cima) e a porcentagem dessas mudanças que são condizentes com o aquecimento (coluna de baixo) para (i) as regiões continentais: América do Norte (AMN), América Latina (AL), Europa (EUR), África (AFR), Ásia (AS), Austrália e Nova Zelândia (ANZ) e Regiões Polares (RP) e (ii) escala global: terrestre (TER), marinha e de água doce (MAD) e global (GLO). Os números dos estudos dos sete quadros regionais (AMN,... RP) não se somam aos totais globais (GLO) porque os dados das regiões, exceto a polar, não contêm números relativos aos sistemas marinhos e de água doce (MAD) [F1.8, F1.9 do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho II; F3.9b do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I]. (Fonte: AR4-IPCC)

A variabilidade está associada a padrões de variação da mesma escala de tempo nos oceanos Pacífico e Atlântico, como a variabilidade interanual associada ao ENOS (El Niño - Oscilação Sul), ou à variabilidade decadal do Pacífico (PDO -

Pacific Decadal Oscillation), do Atlântico (NAO - North Atlantic Oscillation) e à variabilidade do Atlântico Tropical e do Atlântico Sul. No sul do Brasil e norte da Argentina, tendências para aumento das chuvas e vazões de rios foram observadas desde meados do século XX, enquanto que na Amazônia, ainda que o desmatamento tenha aumentado gradativamente nos últimos vinte anos, não se detectaram tendências significativas nas chuvas ou vazões nesta região. No Nordeste foi observado um ligeiro aumento de chuvas no longo prazo, mas a tendência não é estatisticamente significativa (Figura 4).

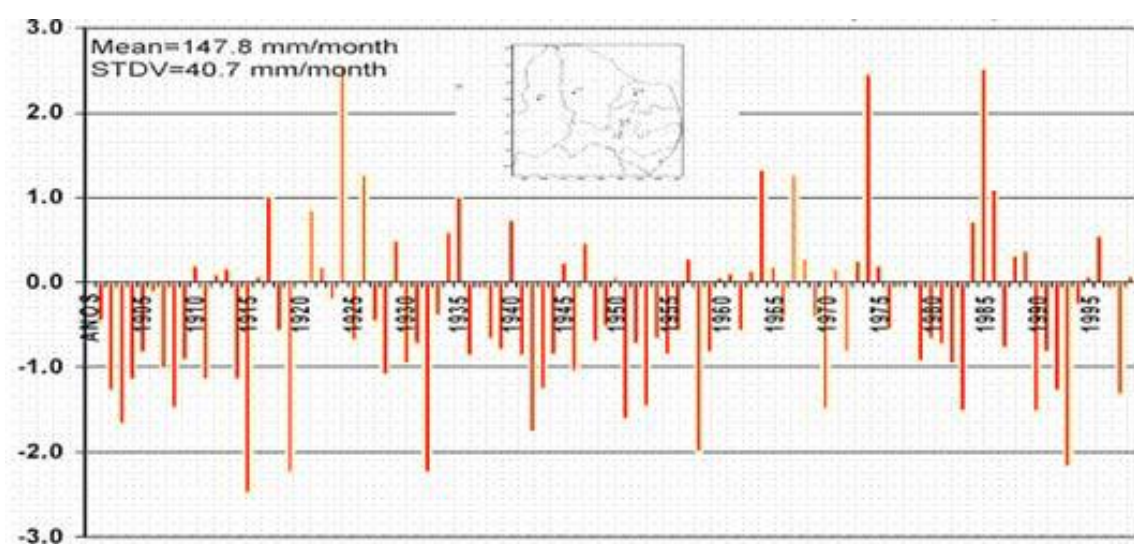


Figura 4 - Anomalia das chuvas na Região Nordeste (BR) de 1901 a 1998. As anomalias foram calculadas em relação ao período de referência de fevereiro a maio de 1961 a 1990 (Fonte: CRU (Climate Research Unit) in Marengo et Valverde, 2007)

Em relação à temperatura do ar, o aquecimento pode variar por região e as causas podem ser devidas a mudanças naturais de clima que podem se dar por causa de fatores naturais, como os aquecimentos do Atlântico Sul ou El Niño no Pacífico Equatorial, observados desde 1950, ou a fatores antropogênicos (por exemplo, queima de combustível fóssil e industrialização e mudanças de uso da terra e subseqüentes queimadas) (MARENGO et VALVERDE, 2007).

Historicamente a região Nordeste do Brasil sempre foi afetada por grandes secas ou grandes cheias. Relatos de secas na região podem ser encontrados desde o século XVII, quando os portugueses chegaram à região. Estatisticamente, acontecem de 18 a 20 anos de seca a cada 100 anos. KANE (1989) indicou para o Nordeste que em 29 anos de El Niño, durante 137 anos no período 1849-1985, apenas 12 foram associados a secas na região. No semiárido nordestino essa variabilidade climática, em particular as situações de seca, sempre é sinônima de

agruras para as populações rurais do interior da região e tem sido objeto de preocupação da sociedade e organismos do governo ao longo dos anos. No Atlântico Tropical e no Nordeste brasileiro, WAGNER (1996) estudou tendências decadais nos mecanismos que controlam a gradiente meridional de TSM na região (MARENGO *et VALVERDE*, 2007).

No mundo, os quatro anos com as mais altas temperaturas do ar já registradas desde 1890 foram 1998, 2002, 2003 e 2004, tendo sido o ano de 1998 o mais quente da história (ROAF *et all*, 2009). Em 2004 as temperaturas médias em torno de nosso planeta foram 0,48 Celsius mais altas que as registradas entre 1951 e 1980. Tem havido, portanto, uma tendência de forte aquecimento global nos últimos 30 anos. Apesar desse aquecimento, a grande sensação de calor reclamada recentemente pelos Fortalezenses em geral deveu-se sobretudo, aos seguintes fatores: as temperaturas máximas diárias (à sombra e em local ventilado) têm ultrapassado os 31 Celsius (FUNCEME, 2011) e chegado próximo de 33 Celsius (INMET, 2011). Porém, essas altas temperaturas não são inéditas, mas já foram verificadas em anos anteriores. A sensação desagradável de calor deve-se, não apenas a essas altas temperaturas, mas à redução (comum na época dos meses finais do ano), em geral, da velocidade dos ventos que retiram calor da nossa pele (FUNCEME, 2010). A sensação de desconforto se agrava quando o calor provocado pelas altas temperaturas, média de 27°C segundo a FUNCEME 2011 e a baixa velocidade dos ventos, de 1 a 3km/h (CPTEC-INPE, 2011), se aliam à elevação da umidade do ar, média de 82%, segundo a FUNCEME, 2011 que inibem a transpiração da pele.

2.2 A Cidade – Fortaleza e suas Características Sociais e Bioclimáticas.

A cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, se localiza a Nordeste do Brasil, na América do Sul - coordenadas 3° 43' 02"S e 38° 32' 35"W (fonte: IPECE), (figura 5). Tem clima com duas estações bem definidas – chuvosa (chamada de “inverno”, mas correspondendo ao verão/outono austral) com ventos fracos no primeiro semestre – média de chuvas de 236 mm, máxima em abril de 348 mm, e velocidade média dos ventos de 3,53m/s e mínima em abril de 2,6m/s; e seca (chamada de “verão”, correspondendo ao inverno/primavera do hemisfério sul) com ventos fortes no segundo semestre, média de chuvas de 37,33mm, mínima em novembro de 13 mm, velocidade máxima dos ventos em setembro de 4,5m/s.

A cidade com fortes vínculos com o interior, ao mesmo tempo se conecta com o mundo pelo mar, mesmo mar cujas praias foram relegadas, primeiro aos pescadores, e depois, aos pobres e imigrantes que, não tendo onde morar, ocuparam os terrenos de Marinha (DANTAS, 2002).



Figura 5 - Mapa de localização de Fortaleza (Ce). Fonte: disponível em: <http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&ie=UTF-8&tab=w>

No final da década de 80 do século XX, estimulado por decisões governamentais que buscavam novos caminhos para o desenvolvimento, como turismo e incentivos para novas indústrias e negócios, mais uma vez Fortaleza foi “descoberta” por turistas e empreendedores, mas também por novas levas de sertanejos que não tinham qualificação nem moradia, agravando os problemas já existentes, confrontados com enriquecimento daqueles que vieram ou se dispuseram a investir, numa concentração de renda ímpar, que resultou numa urbe dual de muito ricos na chamada zona nobre (leste) e os muito pobres na distante e problemática periferia que agora substitui a outrora desvalorizada orla marítima, corroborando o padrão das cidades brasileiras que possuem um considerável passivo de desigualdade social, com cerca de 13 milhões de domicílios urbanos irregulares e um déficit de 5,5 milhões de moradias (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011).

Se por um lado a pobreza ocupa e polui áreas de risco como mangues, leitos dos rios, encostas e dunas em busca de um abrigo qualquer, promovendo muitos dos problemas urbanos, notadamente os sociais, que uma cidade suporta: falta de escolas, hospitais, transportes, saneamento, criminalidade, falta de moradia e lixo que provoca infestação de mosquitos e roedores promotores de doenças e degradação ambiental, a parcela dos mais aquinhoados cresce buscando novas, e cada vez melhores, moradias, de preferência de frente, ou o mais perto possível, do mar, numa concentração tal que transforma o trânsito e acessos num verdadeiro caos urbano, com sua alta intensidade de gases poluidores, de grande impacto na saúde, perdas econômicas e impactos ambientais tão graves quanto os provocados pela população pobre.

A “descoberta” da orla marinha ocorre nos anos 50 pelas pessoas “de bem” que se mudam do centro, primeiro para oeste (Jacarecanga), e depois para leste (Aldeota), e têm suas casas de veraneio à beiramar. Nos anos 70 do século XX, “expulsando” os pobres para a periferia, consolida-se a praia como lugar de residência e lazer, valorizando a área de tal forma que, para atender à demanda, a solução foi a verticalização na corrida da especulação imobiliária. Essa dualidade provoca impactos no domínio sensorial do espaço urbano. Sua apreensão, com o passar do tempo, perdeu a continuidade de suas partes distintas rompendo muitas ligações com os elementos existentes (Figura 6).

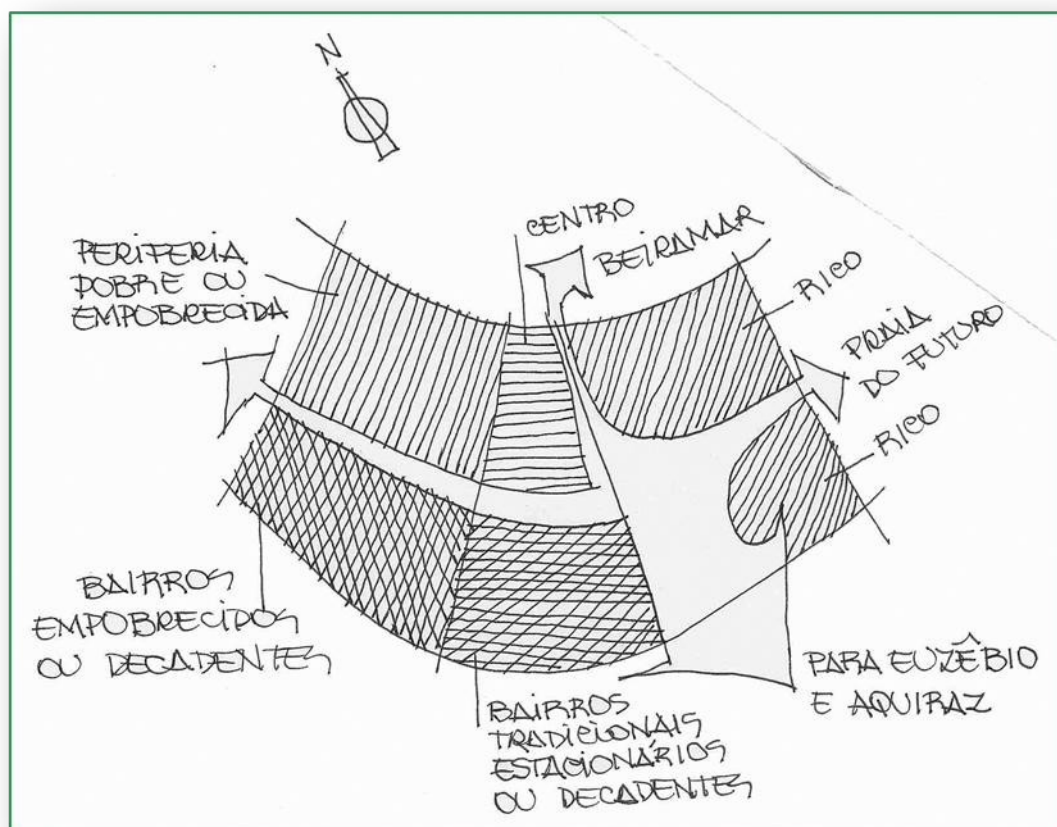


Figura 6 - Setorização e expansão de Fortaleza. Desenho: Autora, baseado em dados do IBGE, censo de 2000, in: Gondim, 2004.

Fortaleza é ainda composta de inúmeras identidades, a maioria sem interação que promova uma imagem mental básica em que, qualquer observador sensível e familiarizado, possa absorver novos impactos sensoriais sem a ruptura dessa imagem básica, e cada novo impacto não rompa a ligação com os muitos elementos já existentes (LYNCH, 1997). A cidade não tem uma imagem única, mas uma sobreposição de imagens em relação à função, história, significado social, dependendo de qual região da cidade é o morador. A maioria dos bairros é bem diferenciada; é possível se distinguir que tipo de uso, ocupação na cidade e poder aquisitivo dos habitantes ao se referir a determinado bairro, pelos espaços, tipo e dimensão das construções, habitantes, ocupação e conservação dos espaços públicos.

O centro da cidade, local, historicamente, de identidade e referencial urbano, é hoje decadente e esvaziado com a descentralização da área metropolitana, o que faz com que a região central continue sendo o “centro” apenas por deferência, mas

existem vários outros núcleos básicos pelos quais as pessoas se orientam. A área central tem uma atividade comercial intensa, mas não é o melhor centro de compras. Em decorrência disso, um grande número de cidadãos fica muito tempo sem passar por ela.

Fortaleza se distingue por suas belas e poluídas (SEMACE, 2011) praias ao nordeste, onde se posicionam, numa concentração ímpar, os prédios de alto luxo, os melhores hotéis da cidade, e é o seu principal atrativo turístico, em que os moradores e visitantes podem se apossar do visual, mas não podem usufruir de suas águas; a leste, a desabitada e turística Praia do Futuro e de sul para leste o Parque do Cocó, também identificam a cidade; no mais, é uma cidade sem personalidade, fragmentada, maltratada, suja, sem imagens visuais significativas, sem marcos e características marcantes. Seu traçado ortogonal, sua topografia plana facilitam a legibilidade (LYNCH, 1997), mas a torna monótona; sua vista aérea não a distingue de outras cidades, só a orla a caracteriza.

É, ainda, a capital mais adensada do Brasil - 7.786,52hab/km² com uma população de 2.452.185 hab. em apenas 314,93 km² (IBGE, 2011).

A cidade tem clima tropical, quente e subúmido (SETFOR, 2011), na Classificação de Köppen (KÖPPEN, 1948) está situada na região de Clima Equatorial grupo *BSh*, semi-árido, sem cursos de água permanentes, chuvas de verão-outono, caracterizado por temperatura média anual do ar > 18 °C que assegura a evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual. As regiões *BSh* estão concentradas em -5°C e 5°C em torno da linha do Equador (Figura 7). Também está dentro Zona de Convergência Intertropical - ZCIT que é o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro para posições mais ao sul e aproximadamente 4°S, em março-abril.

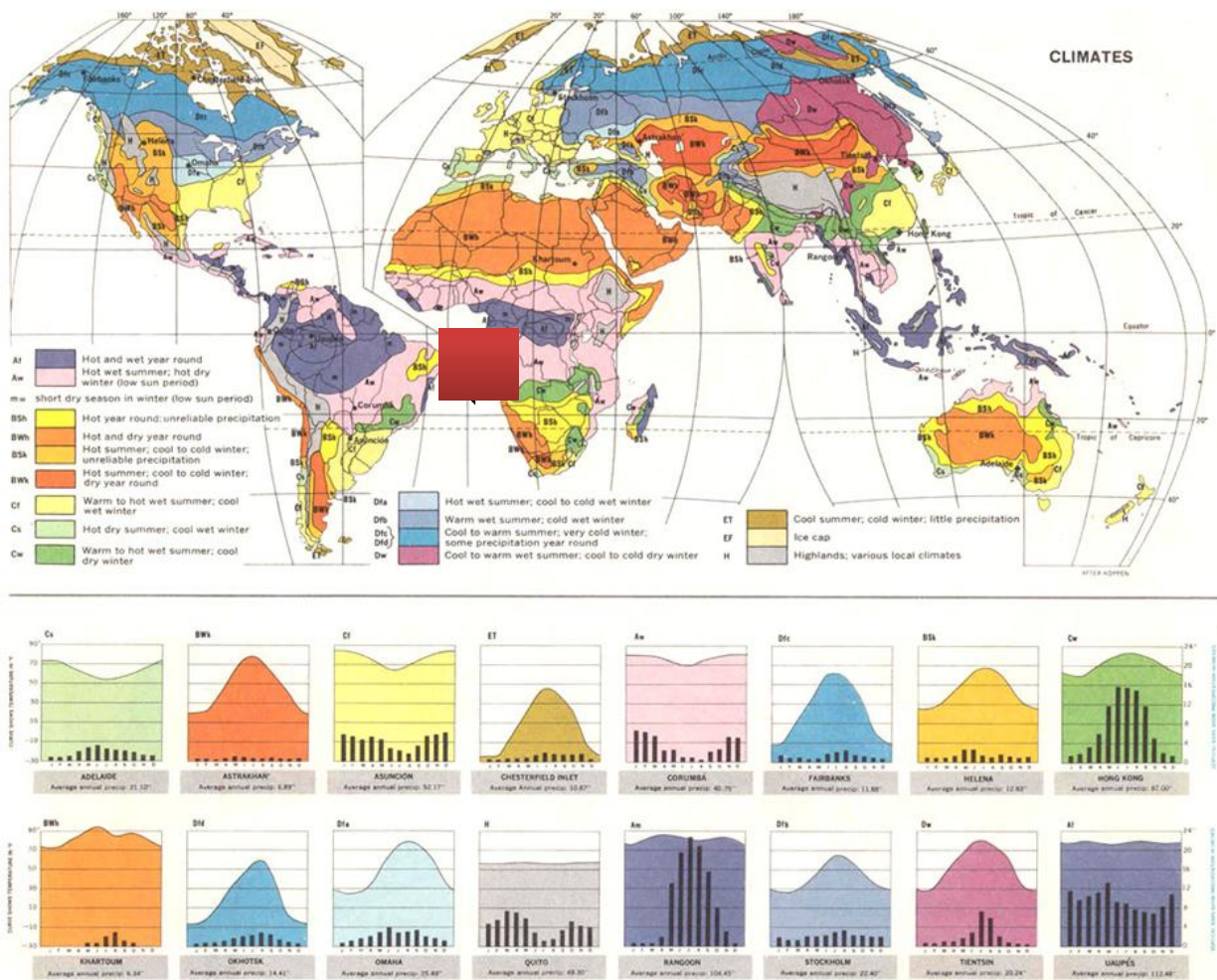


Figura 7 - Classificação Climática e Diagramas de Clima Típico de KÖPPEN. Disponível em: <http://www.geog.le.ac.uk/staff/jk61/teaching/g1003/lectures/lecture18pics.html>. Acessado em 20.12.2010.

A ZCIT é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. De maneira simplista, pode-se dizer que a convergência dos ventos faz com que o ar, quente e úmido ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera ocorrendo a formação das nuvens (FUNCEME, 2011).

Fortaleza é ainda classificada, segundo a ABNT 15220-3/2003 - Desempenho Térmico nas Edificações, na Zona Bioclimática 8 (Figura 8).

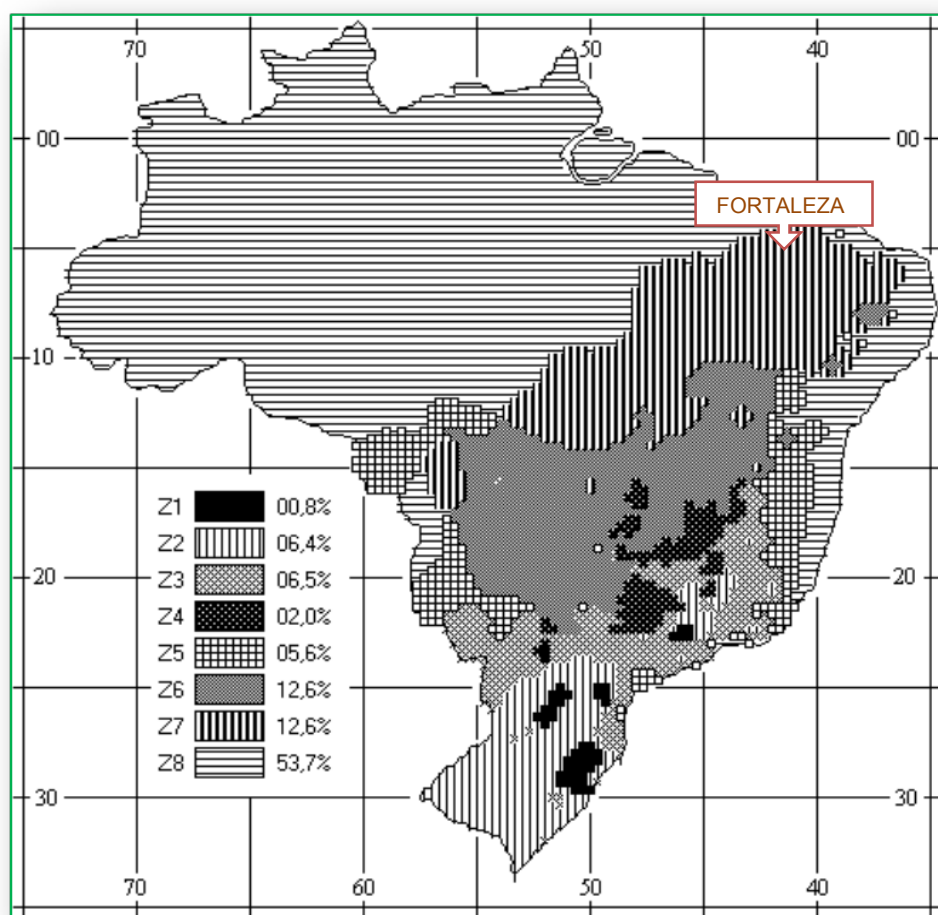


Figura 8 - Mapa Bioclimático do Brasil. Fonte: ABNT 15220-3/2003.

Localizada em planície litorânea e tabuleiro pré-litorâneo à beiramar, Fortaleza se beneficia da brisa marinha que sopra predominantemente de sudeste, leste e sul (LabEEE, 2005) (Figuras 9 e 10), e carrega o ar mais fresco e úmido para o centro urbano e periferia, tentando restabelecer as condições mais amenas da temperatura e umidade relativa do ar, e é impedido pela alta concretização de edifícios posicionados à beiramar, que formam uma barreira a essa penetração (Figura 11).

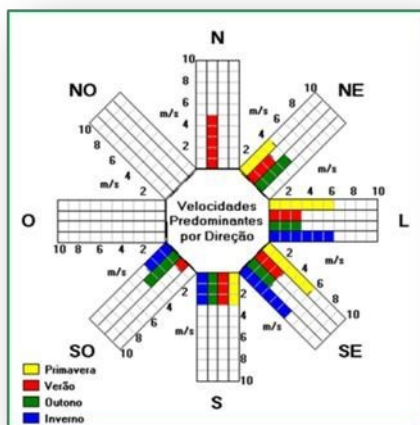


Figura 9 - Velocidades dos Ventos em Fortaleza (Ce).
 Fonte: LabEEE, 2005. Disponível em: http://downloads.caixa.gov.br/arquivos/desenvolvimento_urbano/habitacao/Avalicao_Eletronbras_sobre_proj_HIS_da_CAIXA.pdf. Acessado em 12/2010

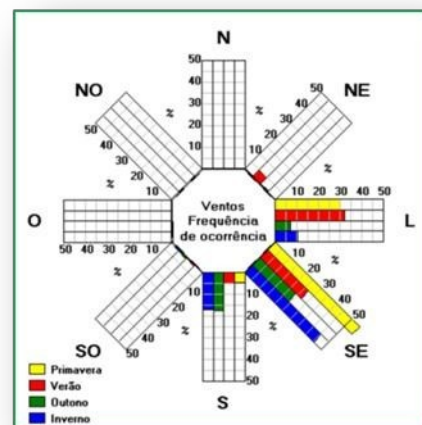


Figura 10 - Frequência dos Ventos em Fortaleza (Ce).
 Fonte: LabEEE, 2005. Disponível em: http://downloads.caixa.gov.br/arquivos/desenvolvimento_urbano/habitacao/Avalicao_Eletronbras_sobre_proj_HIS_da_CAIXA.pdf. Acessado em 12/2010.

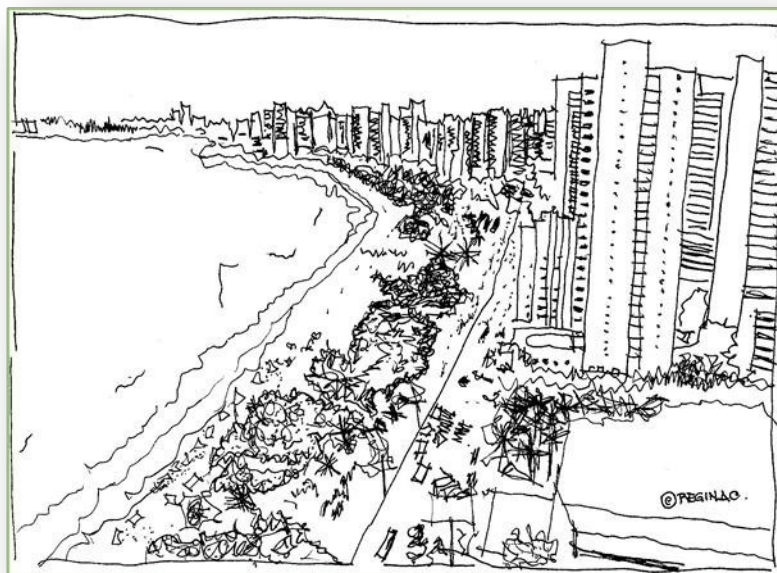


Figura 11 - Barreira edificada à beiramar de Fortaleza-Ce. Fonte: desenho da Autora.

A cidade tem duas estações bem definidas: primeiro semestre chuvoso [média de 1.337,80mm (AZEVEDO et al, 1998)], segundo semestre seco com aumento das velocidades dos ventos. O clima é estável de pequeno gradiente e a temperatura do ar é elevada durante o ano inteiro, com uma amplitude térmica anual inferior a 40C e uma amplitude térmica diária inferior a 100C, como mostra o gráfico

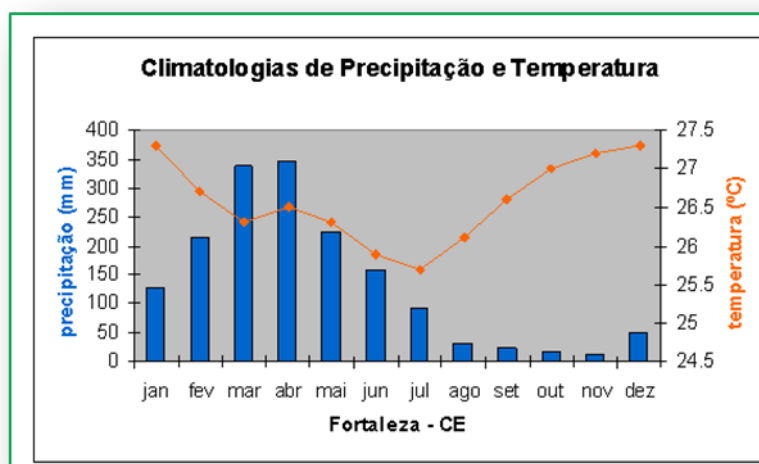


Figura 12 - Climatologia de Precipitação e Temperatura de Fortaleza-Ce. Fonte: INMET, 2010.

acima (figura 12). Isso ocorre porque Fortaleza está situada em área mais próxima da região semiárida sem zona de transição entre litoral e sertão, o chamado agreste. A brisa marinha e o pequeno gradiente térmico da cidade sempre foram considerados perfeitos para saúde, principalmente para os pacientes com problemas das vias respiratórias. O crescimento acelerado da cidade nas últimas décadas – de aproximadamente 30% de acordo com o último censo de 2010 (IBGE, 2010), modificou o perfil climatológico da cidade como comprovam os Gráficos das Normais Climatológicas de Fortaleza-Ceará, da Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME) (Figuras 13 a 22). Delas pode-se dizer que, comparativamente o período de 1961/1990 em relação ao período 1931/1960:

- 1) o gráfico da pressão atmosférica ficou estável com pequeno decréscimo;
- 2) o gráfico das chuvas de verão-outono austral (“inverno”) teve acréscimo, ficando estável no segundo semestre;
- 3) o gráfico do perfil da precipitação máxima em 24 horas (mm) modificou-se totalmente com pico em janeiro que não existia, o deslocamento do pico de maio antecipado para abril e a estiagem adiada para setembro;
- 4) o gráfico das temperaturas médias experimentou significativo decréscimo no primeiro semestre com pico negativo acentuado em julho, mas as temperaturas médias no segundo semestre teve discreto acréscimo com máxima na transição dezembro/janeiro;
- 5) acentuada modificação negativa foi constatada no gráfico das temperaturas máximas notadamente de fevereiro a setembro com picos em maio e agosto, incremento positivo nos três meses finais do ano;

6) o gráfico das temperaturas mínimas subiu em quase todo o ano, com exceção em fevereiro e junho que decresceram significativamente e julho que praticamente ficou estável;

7) o gráfico das temperaturas máximas absolutas difere totalmente entre os dois períodos com apenas um ponto coincidente no mês de agosto e decréscimo nos demais com pico acima de 2°C em janeiro;

8) inversamente, o gráfico das temperaturas mínimas absolutas está crescendo em todos os meses, notadamente no primeiro semestre com picos de até 2°C de acréscimo nos meses de fevereiro e maio;

9) o gráfico da evaporação se manteve estável com leve acréscimo no primeiro semestre, mas teve aumento significativo no segundo;

10) o gráfico de umidade se manteve estável no segundo semestre a partir de setembro e teve incremento positivo entre março e agosto;

11) o gráfico da insolação mostra um decréscimo no número horas entre janeiro e maio, estável entre maio e junho, e pequeno acréscimo entre setembro e dezembro. O mês de agosto surge como um mês em que o número de horas de insolação tem um decréscimo de aproximadamente de 100 horas, se aproximando do nível de março, mês de chuvas e, portanto, de nebulosidade acentuada;

12) o infográfico de insolação do mês de abril de 2010 (data intermediária entre os limites do Episódio Representativo de 16 de Março a 05 de Abril de 2010 em Fortaleza-Ceará) mostra alta concentração de radiações solares, num ano de poucas chuvas (média para baixo, segundo a FUNCEME, 2010).

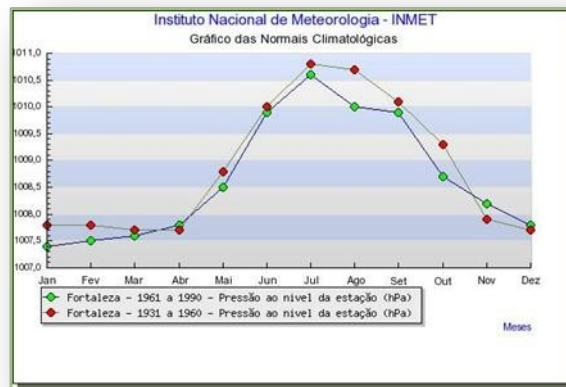


Figura 13 - Gráfico de Pressão Atmosférica (hPa). Fonte: INMET, 2010.

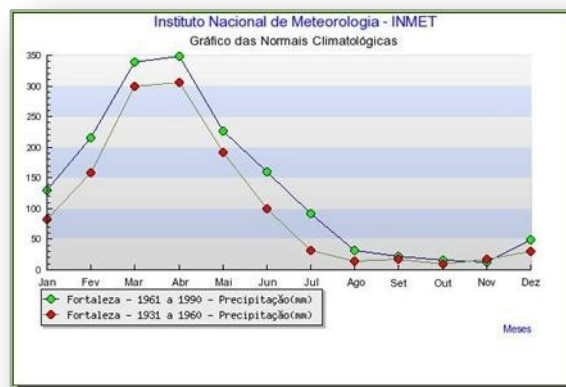


Figura 14 - Gráfico de Precipitação (mm). Fonte: INMET, 2010.

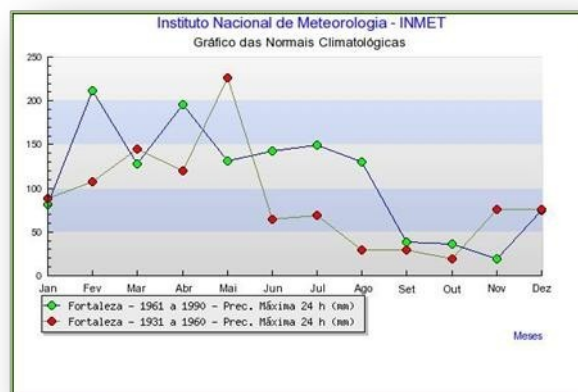


Figura 15 - Gráfico de Precipitação Máxima em 24 horas (mm). Fonte: INMET, 2010.

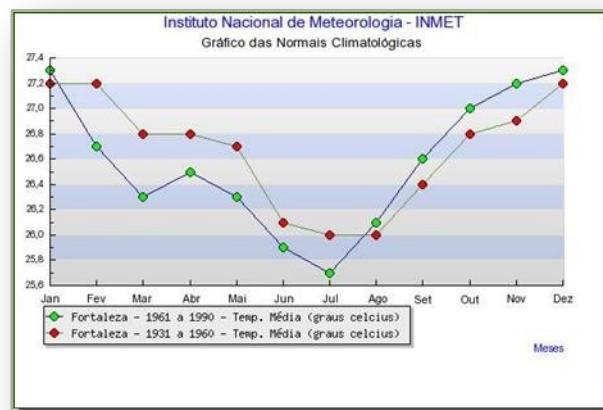


Figura 16 - Gráfico de Temperaturas Médias (°C). Fonte: INMET, 2010.

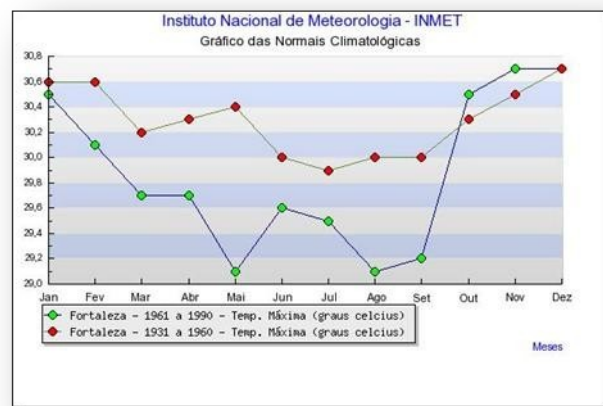


Figura 17 - Gráfico de Temperaturas Máximas (°C). Fonte: INMET, 2010

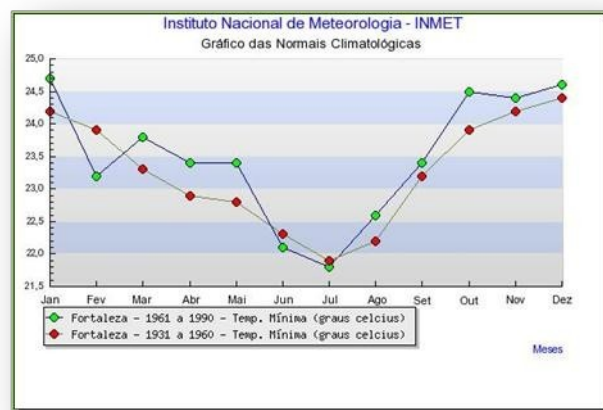


Figura 18 - Gráfico de Temperaturas Mínimas (°C). Fonte: INMET, 2010

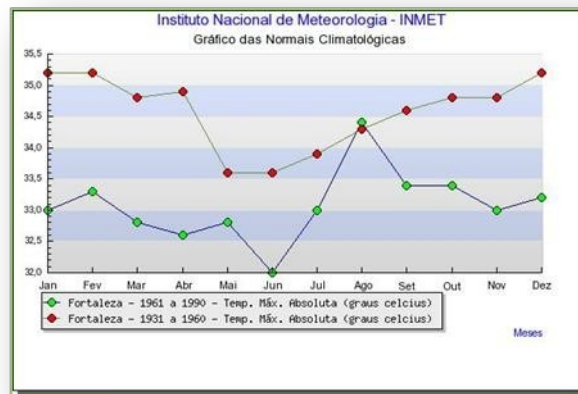


Figura 19 - Gráfico de Temperaturas Máximas Absolutas (°C). Fonte: INMET, 2010.

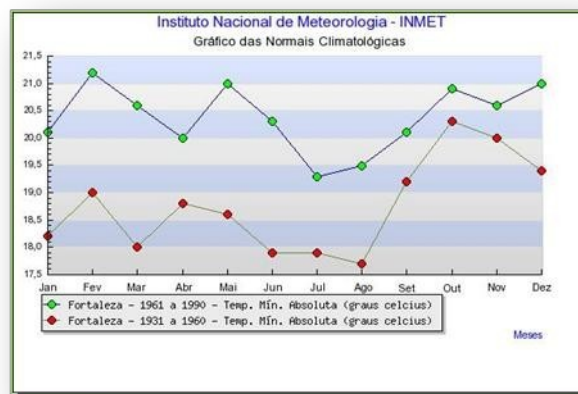


Figura 20 - Gráfico de temperatura Mínima Absoluta (°C). Fonte: INMET, 2010.

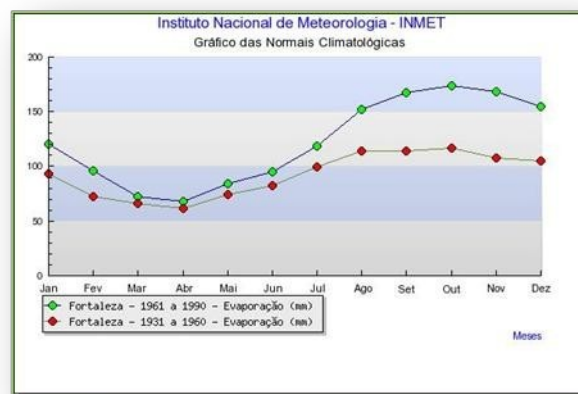


Figura 21 - Gráfico de Evaporação (mm). Fonte: INMET, 2010

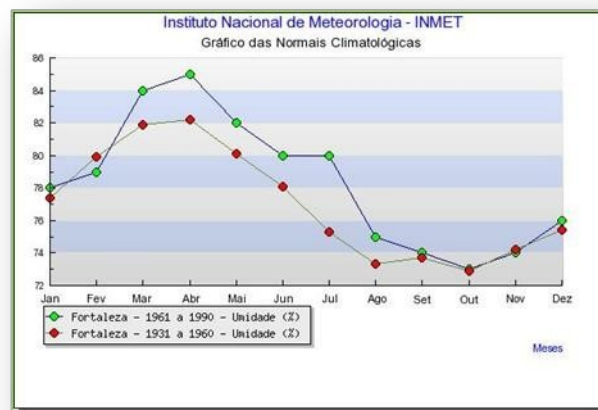


Figura 22 - Gráfico de Umidade (%). Fonte: INMET, 2010.

A pressão de vapor é a variável climática mais estável ao longo do dia. A Umidade do Ar resulta da evaporação da água contida nos mares, rios, lagos e na terra, bem como da evapotranspiração dos vegetais (Figura 23).

O ar a certa temperatura pode conter determinada quantidade de água. Quanto maior a temperatura do ar, menor sua densidade e, em consequência, maior quantidade de água poderá conter. Se o conteúdo de água evaporada no ar é o maior possível para aquela temperatura, diz-se que o ar está saturado. Nesta condição, qualquer quantidade de água a mais em estado de vapor condensará. São deste fenômeno que se originam a névoa, o orvalho e a chuva. Quando o conteúdo de vapor de água no ar é menor que o máximo possível para aquela temperatura, diz-se que esta proporção (em percentual) é a umidade relativa do ar.

A umidade relativa tende a aumentar quando há diminuição da temperatura e a diminuir quando há aumento da temperatura. Nos locais com alta umidade, a transmissão de radiação solar é reduzida porque o vapor de água e as nuvens a absorvem e redistribuem na atmosfera, refletindo uma parte de volta ao espaço. Em locais com ar muito seco, os dias tendem a ser muito quentes e as noites frias; já em locais úmidos, as temperaturas extremas tendem a ser atenuadas. A umidade do ar atua diretamente na capacidade da pele de evaporar o suor. Deve-se compreender que em altas umidades relativas existe mais dificuldade em evaporar o suor, aumentando a sensação de desconforto térmico. É importante ao arquiteto observar este par de informações - temperatura e umidade - e seu comportamento conjugado ao longo do ano (LAMBERTS, et al, 1997).

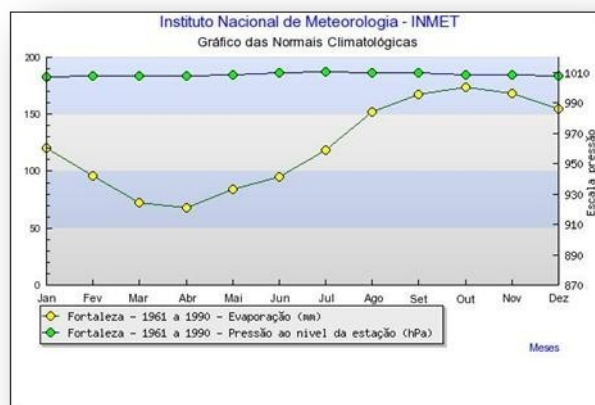


Figura 23 - Gráfico dos Índices de Evaporação (mm) e Pressão (hPa). Fonte: INMET, 2010.

2.3 Ilhas Térmicas, Descaracterização E Degradação Dos Componentes Naturais De Fortaleza.

O conceito de ilhas térmicas adotado no trabalho de MOURA, 2008 é uma referência às configurações espaciais e temporais das ilhas de calor e das ilhas de frio ou frescor. As ilhas térmicas são produtos das alterações climáticas provocadas pela urbanização (Oke, 1987; Mendonça, 1994; Pitton, 1997; Moreno 1999). Desse modo, as ilhas térmicas são resultantes do albedo urbano, ou melhor, da mudança dos fluxos de energia solar incidente na superfície da cidade que, conseqüentemente, por meio de processos físicos, produz alterações na temperatura do ar (MOURA 2008).

O adensamento de áreas específicas das cidades, notadamente o centro, bairros verticalizados e os mais populosos, provocou contraste térmico entre as áreas mais urbanizadas e a periferia. Isto, aliado às alterações da temperatura, umidade, vento e frequência das chuvas, está associado às ilhas de calor, conseqüência:

- 1) do fraco escoamento da brisa urbana, dificultado pelo excesso de prédios,
- 2) alterações da paisagem e menor capacidade térmica dos materiais utilizados nas construções como vidro, concreto, e telhas de fibrocimento;
- 3) da reduzida fração de área vegetada em áreas fortemente urbanizadas e adensadas diminuindo a extensão das superfícies de evaporação (lagos, rios) e de evapotranspiração (parques, bosques, jardins, bulevares) urbanas;
- 4) da impermeabilização das superfícies urbanas, como o asfalto, que implica no aumento da velocidade do escoamento superficial da água de chuva; do desvio

da água por bueiros e galerias, modificando o balanço hídrico da superfície urbana podendo aumentar a vulnerabilidade da população a desastres ecológicos como alagamentos, inundações e desmoronamentos;

5) as alterações do albedo (reflexão das ondas curtas solares) (LOMBARDO, 1985; MOURA, 2008;) devido às sombras projetadas das construções;

6) menores perdas de radiação de ondas longas nos cânions urbanos, protótipo geométrico definido pelas construções altas e ruas estreitas da cidade a partir do século XX e que correspondente à cavidade de ar acima dos logradouros limitado lateralmente pelas paredes das edificações. A parte superior da cavidade do cânion urbano (Figura 24) é aberta para o céu permitindo apenas a entrada e saída limitada da radiação solar durante o dia e a saída limitada da radiação infravermelha ao longo do dia devido à redução do “sky view fator” pelos edifícios (Método que estima o quanto o céu está “obstruído” por objetos, acima de um ponto qualquer da superfície urbana) (Figura 25) (MOURA,2008);

7) da queima de combustíveis fósseis por veículos de combustão interna, as indústrias, a refrigeração de ar, e ainda, as próprias pessoas, cada uma produzindo 50 a 100W de calor (ROAF *et al*, 2009), são fontes extras de calor.

O efeito de interação entre a radiação e a poluição atmosférica constituída de partículas e de diferentes gases, como os gases do efeito estufa (CO , CO_2 , NO_x , O_3 , hidrocarbonetos e outros) provoca alterações locais no balanço de energia e radiação, e também estão associadas à formação das ilhas de calor urbanas. Uma série de reações químicas e fotoquímicas pode ocorrer em ambiente urbano poluído.

Notadamente, as reações fotoquímicas associadas à química dos sulfatos e nitratos envolvendo a radiação solar estão associadas à formação do ozônio, um gás altamente reativo e tóxico. O aumento da irradiância de onda longa da atmosfera em direção às superfícies urbanas, associado ao aumento da concentração dos gases do efeito estufa, cujo principal deles é o CO_2 (cerca de 50% de todas as emissões feitas pelo homem) e sua principal fonte são os edifícios (ROAF *et al*, 2009), sobre as cidades modifica o balanço de energia (radiação e



Figura 24 - Cânion Urbano de área superadensada verticalmente em Fortaleza (CE). Fonte: Acervo da Autora, 2011.



Figura 25 - Sky view na Praça Portugal em Fortaleza (CE). Fonte: Acervo da Autora, 2011.

fluxos de calor) da superfície e da atmosfera, alterando os microclimas urbanos e as condições de conforto ambiental das cidades.

Já o termo ilhas de frio ou frescor, pouco utilizado pelos trabalhos de climatologia urbana brasileira, é uma referência adotada quando se realiza a diferença do menor valor da temperatura do ar obtido no ambiente urbano com o valor mensurado no meio rural (MOURA 2008).

Nas cidades de latitudes subtropicais e tropicais devido a alta intensidade da radiação solar incidente, as ilhas de calor urbanas ocorrem durante o dia, agravando

a sensação e o desconforto devido a elevação da temperatura e à redução da umidade relativa do ar.

As figuras 26 e 27 mostram os 2 experimentos procedidos por MOURA, 2008 em Fortaleza (CE). No experimento I, as ilhas de calor são mais elevadas nos períodos da manhã e da tarde para o ambiente intraurbano, com valor até 4,7°C, mas são

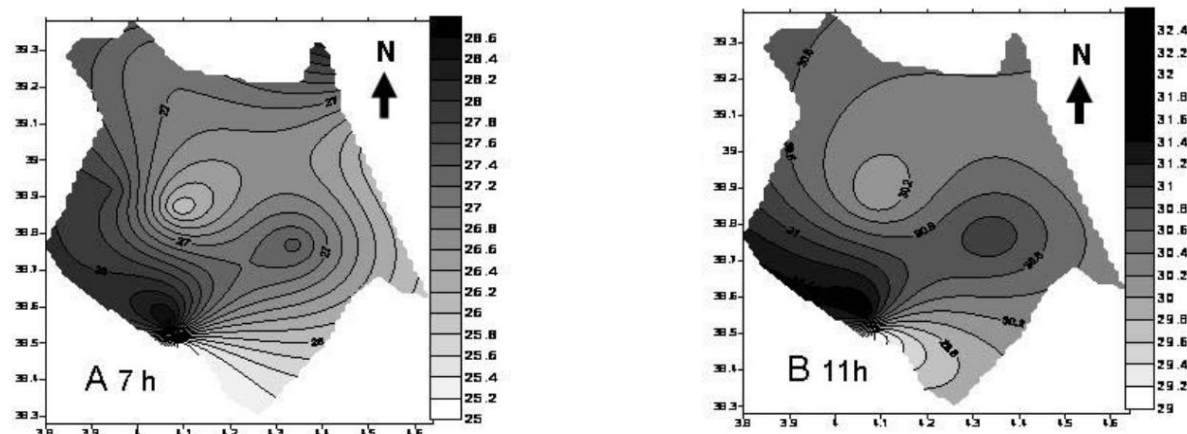


Figura 26 - - Configurações do Experimento I¹: Ilhas de calor no setor oeste e sudoeste da cidade, com intensidade de até 4,7°C para o posto da Barra do Ceará (A). Ilhas de calor no setor sudoeste com valor de até 3,5°C para o posto do Damas (B). Fonte: Moura, 2008.

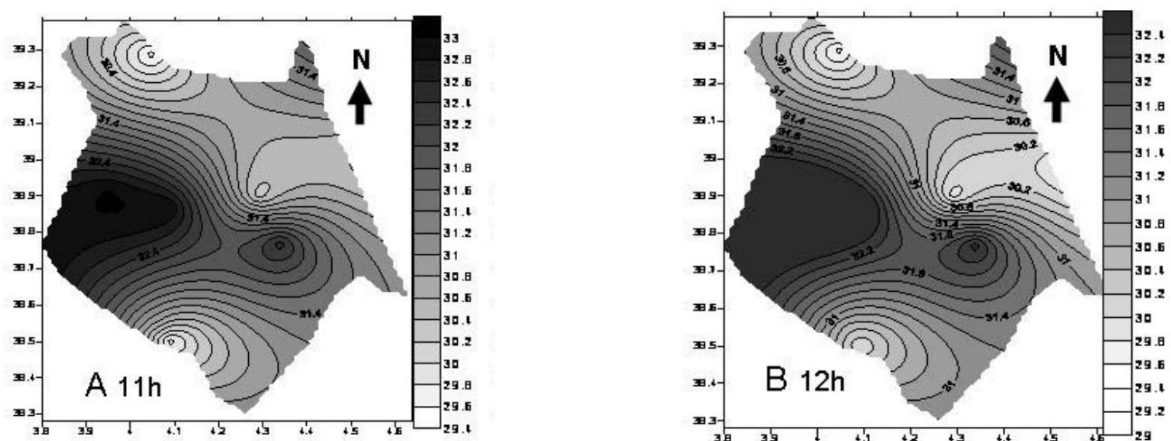


Figura 27 - Configurações do Experimento II²: Ilhas de calor no setor oeste e sudoeste e quadrante central da cidade, com intensidade de até 5°C para o ponto do Damas (A). A tendência das ilhas de calor no setor sudoeste continua, também com registro de 5°C para o bairro Damas (B). Fonte: Moura, 2008.

durante a noite e a madrugada que as magnitudes se tornam elevadas para o espaço interurbano, com valores entre 3,3 até 4,6 °C, as ilhas de frescor para esse experimento estão presentes até às 17h com os maiores valores no período da tarde. Já no Experimento II as ilhas de calor foram presentes para todos os períodos do dia, com as maiores intensidades também no período da manhã de até 5°C, as

¹ Outono Austral (período chuvoso) – 04 e 05/05/2007, de 07h a 06h – 24 horas. N.A.

² Primavera Austral (período de estiagem) – 09 e 10/11/2007, de 07h a 06h – 24 horas. N.A.

ilhas de frescor foram presentes em todos os horários do episódio, exceto às 4 e 5 horas, se apresentando mais intensas no período da tarde, como ocorreu no Experimento I. Representam as maiores intensidades das ilhas de calor detectadas pelos experimentos e constata-se que o fenômeno é presente, predominantemente, pela manhã na cidade, isto considerando tanto aspectos de frequência e magnitude.

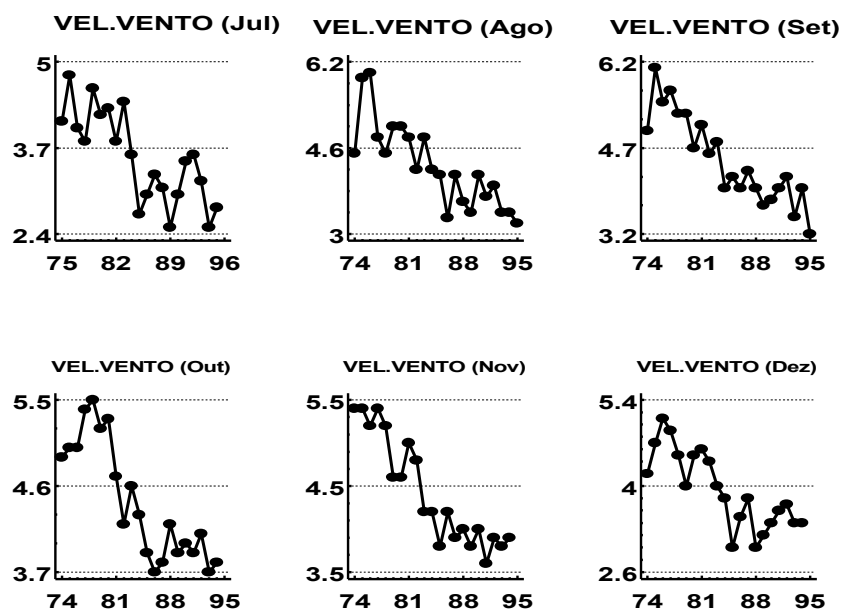


Figura 28 - Velocidade Média do Vento (m/seg). Posto Meteorológico da FUNCEME. Fortaleza-Estado do Ceará 1974-1995. (Fonte: XAVIER, 2001)

As ilhas de calor apresentaram intensidade para o período entre 3,5 até 5°C (MOURA 2008). As espacializações das ilhas de calor se concentraram nos setores sudoeste, oeste, noroeste e porção central da cidade (MOURA *et al*, 2008).

Fortaleza apresenta uma série de problemas ambientais de descaracterização e degradação de seus componentes naturais, o que vem comprometendo a qualidade de vida de seus habitantes (MOURA, 2008). São observadas mudanças significativas nas variáveis meteorológicas, sendo a mais nitidamente afetada a velocidade média do vento (Figura 28), com decréscimo que chega à ordem de 50% entre 1974 e 1995, de julho a dezembro. Assim, em cada um desses meses, a tendência de diminuição é nítida e altamente significativa, através de testes paramétricos e não paramétricos; utilizou-se, nesse sentido, regressão linear e análise de variância paramétrica (clássica) e não paramétrica (teste de Kruskal-Wallis) (XAVIER, 2001).

3. A NOVA CASA.

Com a revolução industrial a tradição milenar de construir com alvenaria de pedra e/ou tijolos – arquitetura vernacular - deixa de ser a única forma de edificação e inova com materiais até então desconhecidos da construção civil como o aço e o concreto. O fim da guerra em 1945 consolidou de vez as novas técnicas construtivas para um mundo que precisava ser reconstruído com eficiência e rapidez, revolucionando por completo os conceitos da arquitetura. Para isso, nota-se, o clima não era mais um condicionante para a escolha da tecnologia, nem do material, nem definidor do partido do arquitetônico. O “estilo Internacional” que surgiu daí com vidros e grandes vãos foi surgindo em todos os lugares do mundo indiferente às suas condições climáticas locais, até que na década de 1970 a crise do petróleo, que tomou o mundo, mostrou a importância de estabelecer critérios de projeto que garantissem à arquitetura uma identificação maior com o lugar, considerando o conforto térmico dos indivíduos e a redução no consumo de energia (GOULART et all, 1998)

O chamado “estilo internacional” da arquitetura teve influência no surgimento de edifícios envidraçados nos mais diversos lugares; indiferentes às suas condições climáticas, o espaço arquitetônico se desvincula das necessidades dos usuários, entre elas o conforto ambiental; ele deixa de ter importâncias entre os arquitetos que se traíram quando transformaram a arquitetura funcionalista em mero jogo de motivos em fachadas ou uma luta por vãos cada vez maiores em concreto armado (LAMBERT et all, 1997).

Le Corbusier lançou ideias como o esqueleto estrutural, o terraço-jardim, a planta livre, os pilotis e o Modulor, que relacionava as proporções entre o Homem e o espaço arquitetônico projetado (BOERINGER et GIRSBERGH, 1971 apud LAMBERT *et al*, 1997). Mas ele considerou a casa uma „máquina de morar.

Segundo ROAF (2009), isso não é verdade, a moradia não pode ser ligada ou desligada ao bel prazer de seu morador, embora possa ser controlada por ele, mas a “força geradora que atua sobre ela para criar conforto e abrigo é o clima e o tempo, e nenhum deles pode ser controlado, previsto ou ligado e desligado”. “Edificações são parte de uma interação complexa entre pessoas, outras edificações, clima e meio ambiente. A visão de que a edificação é fixa combina também com certos tipos de análises científicas, de coeficiente de luz diurna, fluxos

de energia, ventilação mecânica, e assim por diante. Mas essa visão mecanicista tem muita dificuldade em modelar e, portanto, entender a parte mais dinâmica do sistema (temperatura, ventilação natural, resfriamento passivo e toda uma gama de interações humanas). Frequentemente são essas partes „difíceis” do sistema que transformam uma casa em um lar, e uma edificação em um ambiente agradável.”

Na busca desse ambiente agradável, nem sempre a nova casa, desarticulada do clima e do ambiente natural onde está implantada, consegue que as dinâmicas naturais do sistema alcancem os objetivos de conforto, que é buscado através de meios artificiais, como o ar condicionado. De acordo com GELLER (1994), "apenas os equipamentos de condicionamento de ar representam 20% do consumo comercial no Brasil." O condicionamento artificial de ar nos edifícios, em anos recentes, transformou-se no consumo de energia mais representativo devido ao aumento nas demandas para o conforto por parte dos usuários e da ineficiência do edifício.

Consequentemente a maior parte do consumo de energia em edifícios e em escritórios comerciais é relacionada, quase exclusivamente, aos aspectos da arquitetura porque os usos finais, tais como a iluminação e o condicionamento de ar são diretamente relacionados ao tipo de arquitetura e ocupação do espaço. A forma e a orientação do edifício também têm ignorado o clima local e isto teve efeito severo sobre as emissões de CO₂, além de suprimir muitas das qualidades experimentais inspiradas pelo interesse em questões climáticas. Isto está relacionado ao fenômeno em que as cidades e os edifícios, através do mundo, começaram a ter o mesmo aspecto, independente da localização. Em países desenvolvidos, o problema gerado pela importação de padrões universais de arquitetura, é particularmente acentuado (FISHER, 2004; ROAF, 2004).

Com a crise de energia da década de 70, tornou-se importante estabelecer critérios de projeto que garantam à arquitetura uma identificação maior com o lugar, considerando o conforto térmico dos indivíduos e a redução no consumo de energia (GOULART *et al*, 1998). Estes impactos apontados demonstram a “a variedade e a extensão das influências das mudanças climáticas na vida dos indivíduos dentro de seus lares (...) demonstram a interconexão entre as edificações onde moramos e o metabolismo do planeta como um todo e os ambientes sociais, políticos e econômicos em que habitamos.” (ROAF *et al*, 2009).

Na década de 1980 veio o próximo grande choque: as mudanças climáticas. Foi quando as taxas de redução da camada de ozônio, o aumento dos gases que causam o efeito estufa e as advertências mundiais tornaram-se aparentes com as previsões feitas pelo *Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas em 1990*, a década mais quente até então registrada (ROAF *et al*, 2009). Surge o conceito de *Ecohouse* que é a mudança do conceito de uma “arquitetura de um processo de arte guiado pela aparência para um processo de arte voltado para o desempenho” (ROAF *et al*, 2009).

Embora estas casas incluam tecnologias em desenvolvimento, massas térmicas, ventilação, uso adequado dos materiais, projetos de energia solar passiva, fotovoltaicas e sistema de reciclagem de água, não são ainda casas comuns; a maioria ainda é construída pelos próprios arquitetos e nunca para clientes que continuam preferindo habitações dissociadas dos climas e da cultura locais (ROAF *et al*, 2009).

Projetar deve contemplar tanto o visível – luz diurna, isolamento térmico, vedações, etc. que podem ser calculados, como o invisível – com as características térmicas de cada edificação só visíveis através câmeras térmicas, para deliberar o tratamento a ser dispensado encontrar o equilíbrio clima x abrigo. Pode-se levar em conta a luz diurna, o isolamento térmico e o uso de equipamentos já que pode-se quantificá-las, mas os princípios, segundo ROAF *et al*, 2009, das edificações deveriam se basear em:

1. projetar para um clima específico;
2. projetar para o meio ambiente social e físico;
3. projetar para o tempo, seja o dia ou a noite, uma estação ou a vida útil de um edifício, e para uma edificação que se adaptará ao longo dos anos.

Para isso é importante o domínio das condições climáticas externas definidoras destas soluções arquitetônicas para permitir que a moradia atinja o objetivo de promover o conforto ambiental dos usuários, atendendo às necessidades individuais de hoje, mas “é de fundamental importância entender a extensão dos riscos para sermos capazes de proteger, no futuro, as vidas dos indivíduos diante das mudanças que estão por vir” (SUE *et al*, apud ROAF *et al*, 2009).

Ao priorizar “a forma e a orientação do edifício, têm ignorado o clima local e isto teve efeito severo sobre as emissões de CQ, além de suprimir muitas das qualidades experimentais inspiradas pelo interesse em questões climáticas. Isto está

relacionado ao fenômeno em que as cidades e os edifícios, através do mundo, começaram a ter o mesmo aspecto, independente da localização. Em países desenvolvidos, o problema gerado pela importação de padrões universais de arquitetura, é particularmente acentuado” (FISHER, 2004; ROAF, 2004).

Para início do planejamento de edifício adaptado ao clima local, deve-se partir daquele que é o principal ator desse projeto: o usuário. Para que esta nova casa atenda às necessidade de conforto das pessoas que lhe habitarão é necessário que o arquiteto domine as variáveis envolvidas nesse processo e como o organismo deste usuário responde às condições ambientais. GIVONI e GOLDMAN (GIVONI, 1976) desenvolveram modelo biofísico que prevê a variação dinâmica da temperatura corporal interna, medida pela temperatura retal, em função do nível de atividade física (taxa metabólica), das condições ambientais e das propriedades termofísicas das roupas.

O modelo inclui dois componentes básicos. O primeiro é o equilíbrio 'final' da temperatura retal, e o segundo é o padrão dinâmico para encontrar o nível de equilíbrio.

Teoricamente, para qualquer combinação da taxa metabólica com a taxa de meio ambiente, e do vestuário, deverá haver alguma correspondência entre a temperatura corporal interna e a temperatura da pele, o que permitirá a eliminação do calor metabólico. Na realidade, é claro, essa temperatura pode ultrapassar o limite da resistência humana, ocasionando o colapso ou morte antes dessa temperatura de equilíbrio corporal teórica ser atingida. Mesmo assim, essa temperatura de equilíbrio teórico vai determinar a taxa de aumento da temperatura basal suportável e, portanto, o tempo de tolerância.

Há de se levar em conta que “a temperatura retal de equilíbrio depende da produção metabólica de calor e carga térmica do ambiente, que, por sua vez, depende da troca de calor com o ambiente, pois são afetadas pelas propriedades de vestuário.

Em numerosos estudos, foi observado que a temperatura retal aumenta com a taxa metabólica e que esta elevação é tão maior quanto maiores forem as elevações da temperatura ambiente e da umidade. Portanto, foi constatado que os efeitos sobre a temperatura retal de equilíbrio de todos os fatores enumerados na análise teórica acima podem ser agrupadas em três componentes:

- 1) o efeito direto da produção metabólica de calor;

2) o efeito direto do ambiente na troca de calor; e
3) o efeito da carga total de calor metabólico e ambientais em relação à capacidade de evaporação do meio ambiente” (GIVONI, 1976).

A temperatura da pele afeta a troca de calor entre o corpo humano e o meio ambiente de duas maneiras:

1) modificando a troca de calor seco, através de convecção e radiação, e
2) por determinação da capacidade evaporativa do corpo sob a pressão de vapor ambiente e as condições de vento.

Em contraste com a consistência da temperatura interna do corpo, a temperatura dos tecidos perineais pode variar muito dentro da faixa de 15-42 °C e, evidentemente, por períodos limitados, sem consequências nefastas (GIVONI, 1976).

GIVONI, 1976 fala de “estudos realizados na temperatura do ar na zona de conforto têm demonstrado que a temperatura da pele é afetada principalmente pela umidade, mas depende principalmente da velocidade e temperatura de bulbo seco do ar. No entanto, a sensação térmica é uma resposta relativamente rápida, após cerca de 15 minutos de exposição ele atinge o estado de equilíbrio. A sensação térmica pode ser graduada de acordo com a sensação de frio ou calor. Em muitos estudos ambientais seguinte escala tem sido utilizada:

0 - insuportavelmente frio; 1 - muito frio; 2 - frio; 3 - fresco; 4 - confortável; 5 - ligeiramente quente; 6 - aquecido; 7 - quente; 8 - muito quente; 9 - insuportavelmente quente.

As sensações térmicas são avaliadas numericamente pela escala de 7 pontos da ASHRAE, em que 0 indica sensação neutra, +1, +2 e +3 sensação de levemente quente a muito quente, e -1, -2 e -3, sensação de levemente frio a muito frio. Avaliação entre -0,5 e +0,5 é considerada indicação aceitável de conforto térmico (ABNT, 2008).

A ABNT 1640 estipula os parâmetros ambientais suscetíveis de produzir sensação aceitável de conforto térmico em 80% ou mais de pessoas. Os parâmetros são válidos para grupos homogêneos de pessoas, usando roupa típica da estação e em atividade sedentária ou leve (1,0met a 1,2 met). Estes parâmetros se enquadram nas zonas de conforto estipulada pela ASHRAE para estes mesmos fatores pessoais.

Verão (roupa típica = 0,5clo)

Temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona delimitada por:

- 22,5⁰ C a 25,5⁰ C e umidade relativa de 65%;

- 23,0⁰ C a 26,0⁰ C e umidade relativa de 35%

.A velocidade media do ar (não direcional) na zona de ocupação não deve ultrapassar:

- 0,20m/s para distribuição de ar convencional (grau de turbulência 30% a 50%);

- 0,25m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%).

Além disso, deve-se levar em conta o fato da percepção da variável climática temperatura variar sobremaneira quando em conjugação com a variável umidade relativa do ar, como mostra a Figura 29.

VARIAÇÃO DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR

UMIDADE RELATIVA (%)	TEMPERATURA DO AR (°C)										
	21	24	27	30	32	35	38	40	43	46	49
0	18	20,5	23	26	28	30	33	35	37	39	42
10	18,5	21	24	27	29	32	35	38	40	44	43
20	19	22	25	28	30	34	37	44	44	49	54
30	19,5	23	26	29	32	36	40	45	50	57	64
40	20	23,5	26	30	34	38	43	50	58	66	
50	20,5	24	27	31	35	42	49	57	66		
60	21	24,5	28	32	38	46	56	65			
70	21	25	30	34	41	51	62				
80	21,5	25,5	30	36	45	58	69				
90	21,5	26	31	39	50	67	77				
100	22	26,5	33	42	56	75					

Figura 29 - - Variação da temperatura do ar x Umidade Relativa do Ar. Adaptado de RICE et BRAIN , 2011. Disponível em: <http://casa.hsw.uol.com.br/umidificadores1.htm> . Acessado em Abril de 2011

GIVONI (1976), diz que: “Experiências têm demonstrado que uma pessoa pode distinguir não só entre os diversos níveis, mas também determinar os níveis intermediários, como 4-2 (não totalmente confortável, mas definitivamente nem um pouco quente) ou 4-7 (pouco menos que quente, mas definitivamente não é confortável) ou 4-5 (algo intermediário)”.

Os diferentes níveis de umidade da pele podem ser sentidos de forma relativamente precisa e, como resultado da disseminação deste tipo de resposta em estudos experimentais, são menores do que os da sensação térmica.

A escala utilizado pelo mencionado autor para avaliação subjetiva da transpiração sensível em vários estudos fisiológicos é: 0 - testa e o corpo seco; 1 - pele úmida, mas a umidade invisível; 2 - umidade visível; 3 - testa ou corpo molhado (suor cobrindo a superfície, a formação de gotas); 4 - roupa parcialmente molhada; 5 - roupas quase completamente molhada; 6 - roupa molhada, o suor pingando.

Os parâmetros ambientais que afetam o conforto térmico são, segundo ABNT, 2008:

- a temperatura operative;
- a velocidade do ar;
- a umidade relativa do ar.

Os valores destes parâmetros que definem condições de conforto térmico dependem dos seguintes fatores pessoais:

- O tipo de roupa usado pelas pessoas, que determina a resistência térmica média à troca de calor do corpo com o ambiente, expressa em “clo” ($1\text{ clo} = 0,155\text{ m}^2\text{ K/W}$);

- O nível de atividade física das pessoas, que determina sua taxa de metabolismo, geralmente expressa em “met” ($1\text{ met} = 58,2\text{ W/m}^2$). Admitindo uma superfície média de $1,8\text{ m}^2$ para o corpo de um adulto, 1 met é equivalente a aproximadamente 105 W.

Neste contexto, é equivocado restringir o fazer do arquiteto ao projeto de arquitetura, é muito mais complexa a responsabilidade que lhe cabe na coordenação dos projetos complementares visando uma integração que evite resultados superpostos e desvinculados entre si. Para este fim deve haver um desenvolvimento adicional de técnicas passivas de resfriamento, primeiramente aquelas que melhoram circunstâncias climáticas internas e o micro clima em torno dos edifícios.

Por outro lado, as produções arquitetônicas são freqüentemente percebidas de forma diferente pelos arquitetos e ocupantes (os usuários). Isso geralmente leva a uma falsa interpretação da arquitetura por seus usuários, uma situação que não vai evitar uma série de problemas, incluindo estresse e desconforto. Além do que, o usuário não permanece inativo em face desses espaços que lhe são impostos. Pelo

contrário, ela se adapta, transforma e, por vezes, até mesmo desfigura o espaço na busca da zona confortável visando o bem-estar (Figura 30).



Figura 30 - Diagrama do Conforto Humano. Fonte: INMET, 2010.

É necessário pensar sobre isso e integrar o projeto de arquitetura às questões ambientais para minimizar a necessidade de equipamento auxiliar e reduzir o consumo de energia. Os edifícios têm um impacto no consumo de energia em longo prazo e os edifícios novos devem atender aos requerimentos mínimos de desempenho energético, adaptados ao clima local.

4. MATERIAIS E MÉTODOS.

A partir dos elementos que subsidiaram esta investigação perseguiu-se o objetivo: o comportamento dos Processos Construtivos no Conforto Ambiental das Edificações Residenciais de Fortaleza.

Se se tem como objetivo interferir no meio ambiente, e é isso que o arquiteto faz quando toma decisões em suas pranchetas, ele precisará: 1) dominar toda a climatologia do local, 2) onde se posicionará a edificação, e, se ele pretende que essa interferência seja de mínimo impacto ambiental e máximo conforto para o usuário, é necessário que ele 3) identifique quão impactante será este material utilizado.

4.1 Área De Estudo

A área de estudo é o município de Fortaleza, Ceará, onde foram escolhidas 5 (cinco) edificações residenciais unifamiliares, com sistemas construtivos diferentes, idades diferentes, localizadas em 5 (cinco) áreas diversas da cidade de Fortaleza. Estão situadas em locais distintos da área considerada “nobre” e da área dita “pobre” da cidade e que ainda não estão predominantemente ocupados por prédios multifamiliares (edifícios de apartamentos).

4.2 Método De Análise

A partir da definição do assunto pesquisado, foram escolhidas 05 (cinco) edificações. As edificações escolhidas seguiram os seguintes parâmetros: prédios individuais, construções vernaculares, localizações em áreas predominantemente residenciais e distintas, com idades, adensamentos e padrões construtivos diversos.

Estabelecidos estes critérios, foram colocados 03 (três) sensores em cada edificação – 01 (um) externo e 20 (dois) internos, sendo 01 (um) em ambiente de estar e 01(um) em área íntima. Estes sensores monitoraram as edificações durante 16 (dezesesseis) dias, no período de 16 de março a 05 de abril de 2010.

A caracterização e análise do episódio representativo da transição verão-outono de 2010 entre os dias 16 de março e 05 de abril, e suas repercussões no comportamento térmico de cinco edifícios residenciais na cidade de Fortaleza-Ceará, foi adaptado da Metodologia de SILVA, 2005.

Os métodos tradicionais empregados no trabalho foram: diagramas solares, diagramas bioclimáticos de Givoni, diagramas de Mahoney e desenhos adaptados de GIVONI, 1976 em AutoCad® 2010, de aplicação rápida.

Em atendimento à premissa do domínio da climatologia do local, esta pesquisa registra o perfil climatológico de Fortaleza baseado no livro *Dados climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras* de Solange Goulart, Roberto Lamberts e Samanta Firmino (1997), a Avaliação dos Projetos de Habitação Popular da Caixa Econômica Federal, 2005 que relatam os Dados Climáticos da Cidade de Fortaleza e Carga Térmica de Todas as Tipologias da Cidade de Fortaleza, pesquisa realizada pelas UNIFACS – Universidade Salvador, UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, FAPEX – Fundação de Apoio à Pesquisa e à Extensão, e a ABNT NBR 15220-1:2005/ 2:2005 Versão Corrigida:2008/3:2005 - Desempenho térmico de edificações, Partes 1, 2 e 3, que foram empregados tanto nos métodos tradicionais como modernos de desenho nesta pesquisa.

Os dados climáticos requeridos, tipo TRY (“test reference year”) estão disponíveis em GOULART *et al*, 1997. Dos dados disponíveis e completos das estações de Fortaleza [FUNCEME e INMET/INPE] foram selecionados os 12 meses, do ano de 2010 e destacados os meses de março e abril, período de análise do episódio.

Os indicadores da avaliação das informações geradas pelas 8760 horas do ano TRY, as temperaturas máximas, média e mínimas, graus-hora diários de calor e frio que geraram o Carta Bioclimática de Fortaleza estão descritos em GOULART *et al*, 1997.

Para a avaliação do comportamento térmico de uma construção necessita-se conhecer as condições de conforto térmico das pessoas como referência. Para isso considerou-se como temperatura mínima (de acordo com Olgyay para os trópicos e Givoni para países em desenvolvimento), de 23°C, que corresponde à condição típica de conforto em Fortaleza, e a temperatura máxima de 29°C correspondente ao limite superior de conforto, conforme Figura 104, da página 106.

Seguindo a metodologia adaptada de SILVA, 2005, e de posse das informações coletadas através do monitoramento por sensores, levantamento fotográfico, a avaliação do comportamento térmico das diversas edificações, o estudo seguiu os seguintes passos:

- levantamento bibliográfico,
- levantamento cartográfico,
- visitas técnicas,
- trabalho de campo, monitoramento automático dos dados
- consolidação do diagnóstico e análise dos dados.
- elaboração dos resultados.
- estudo de caso.
- conclusão.

4.3 Materiais

Para atingir os objetivos propostos foram instalados dois sensores Hobo em ambientes internos de permanência familiar e um externo com a finalidade de monitorar informações do clima durante 15 dias entre 16 de março e 05 de abril de 2010, no verão/outono austral, época de chuvas como demonstra a normal de precipitação do INMET (Figura 14 da página 37 desta pesquisa), relativas às condições de temperatura e umidade, para análise comparativa dos dados. Os dados obtidos foram exportados para o software Microsoft Excel[®], registrando-se os valores diários das temperaturas e umidade relativa do ar. Em seguida foram registrados os valores em desconforto e constatados os percentuais de conforto e desconforto diários. Também para melhor visualização foram confeccionados gráficos das temperaturas, umidades relativas, no ambiente Windows 7[®] Ultimate de 64Bits, processados em Notebook Sony Vaio[®] Processador Intel®, Core™ i5, memória M460© 2,53 GHz 2,53GHz., 4,00GHz de memória RAM.

CASA 01

Análise do episódio representativo de 16 de março a 05 de abril de 2010, desempenho térmico da casa 01 Rua Hélio da Silveira Reis, 453. - Bairro Luciano Cavalcante.

LOCALIZAÇÃO.

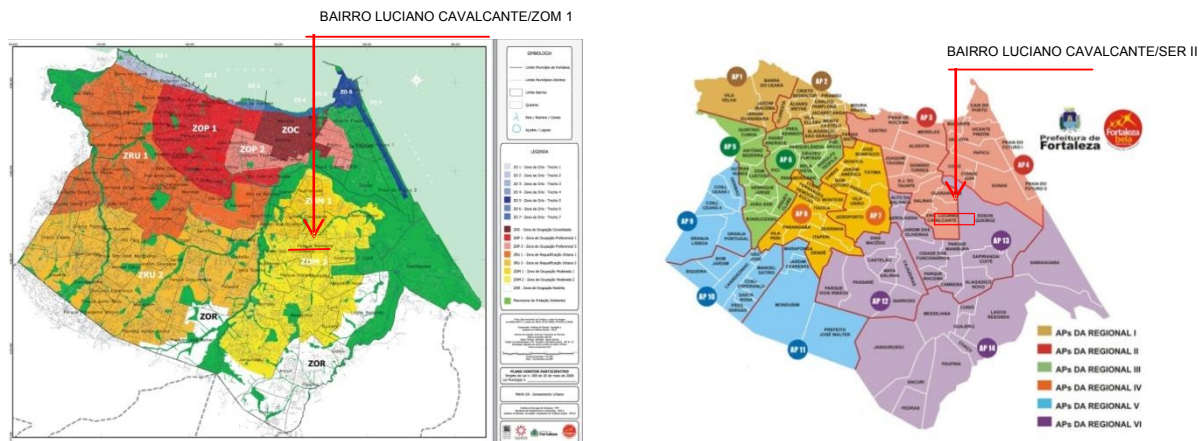


Figura 31 - Mapa de zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=387&Itemid=99999999
Figura 32 - Mapa dos bairros e Secretarias Regionais de Fortaleza. <http://a.imageshack.us/img146/1103/mapafortaleza.jpg>

O Imóvel 01, localizado à Rua Hélio da Silveira Reis, 453, frente para oeste, no bairro Luciano Cavalcante, considerado de classe média e média alta, situa-se na região sudeste da cidade. Bairro novo, em desenvolvimento, pouco adensado, ainda com boa cobertura vegetal, principalmente pela proximidade de Macrozona de Preservação, boa ventilação, rua tranquila.

O imóvel localiza-se, de conformidade com a Lei Complementar n^o 062 de 02 de fevereiro de 2009 – Plano Diretor Participativo da cidade de Fortaleza (FORTALEZA, 2011), Art. 99, na Zona de Ocupação Moderada (ZOM 1) que caracteriza-se pela insuficiência ou inadequação de infraestrutura, carência de equipamentos públicos, presença de equipamentos privados comerciais e de serviços de grande porte, tendência à intensificação da ocupação habitacional multifamiliar e áreas com fragilidade ambiental, destinando-se ao ordenamento e controle do uso e ocupação do solo, condicionados à ampliação dos sistemas de mobilidade e de implantação do sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário. Art. 100 - São objetivos da Zona de Ocupação Moderada 1 (ZOM 1): I - controlar e ordenar os processos de transformações e ocupações urbanas e a

densidade populacional de todo a evitar inadequações urbanísticas e ambientais; II - promover a requalificação urbanística e ambiental, com investimentos para complementar a infraestrutura, principalmente de saneamento ambiental; III - ampliar a disponibilidade e conservar espaços de uso coletivo, equipamentos públicos, áreas verdes, espaços livres voltados à inclusão para o trabalho, esportes, cultura e lazer; IV - promover a integração e a regularização urbanística e fundiária dos núcleos habitacionais de interesse social existentes; V - tornar adequadas as condições de mobilidade urbana, em especial nos pontos de congestionamento, insuficiência de consolidação da malha viária e concentração de equipamentos geradores de inadequações relativas ao tráfego e de saturação do sistema viário; VI - conter a ocupação urbana em áreas ambientalmente sensíveis e de interesse ambiental, com ações de recuperação nos assentamentos de interesse social, a fim de garantir a qualidade ambiental desta zona; VII – incentivar a valorização, a preservação, a recuperação e a conservação dos imóveis e dos elementos característicos da paisagem e do patrimônio. Art. 101 - São parâmetros da ZOM 1: I - índice de aproveitamento básico: 2,0; II - índice de aproveitamento máximo: 2,5; III - índice de aproveitamento mínimo: 0,1; IV - taxa de permeabilidade: 40%; V - taxa de ocupação: 50%; VI - taxa de ocupação de subsolo: 50%; VII - altura máxima da edificação: 72m; VIII - área mínima de lote: 150m²; IX – testada mínima de lote: 6m; X - profundidade mínima do lote: 25m; XI - fração do lote: 140m². Art.102 - Serão aplicados na Zona de Ocupação Moderada 1 (ZOM 1), especialmente, os seguintes instrumentos: I - parcelamento, edificação e utilização compulsórios; II - IPTU progressivo no tempo; III – desapropriação mediante pagamento por títulos da dívida pública; IV - direito de preempção; V - direito de superfície; VI - outorga onerosa do direito de construir; VII - transferência do direito de construir; VIII - operação urbana consorciada; IX - consórcio imobiliário; X - estudo de impacto de vizinhança (EIV); XI - estudo ambiental (EA); XII - Zona Especial de Interesse Social (ZEIS); XIII – instrumentos de regularização fundiária; XIV - outorga onerosa de alteração de uso. Parágrafo Único - A aplicação dos instrumentos indicados nos incisos I, II e III está condicionada à disponibilidade de infraestrutura na presente zona.

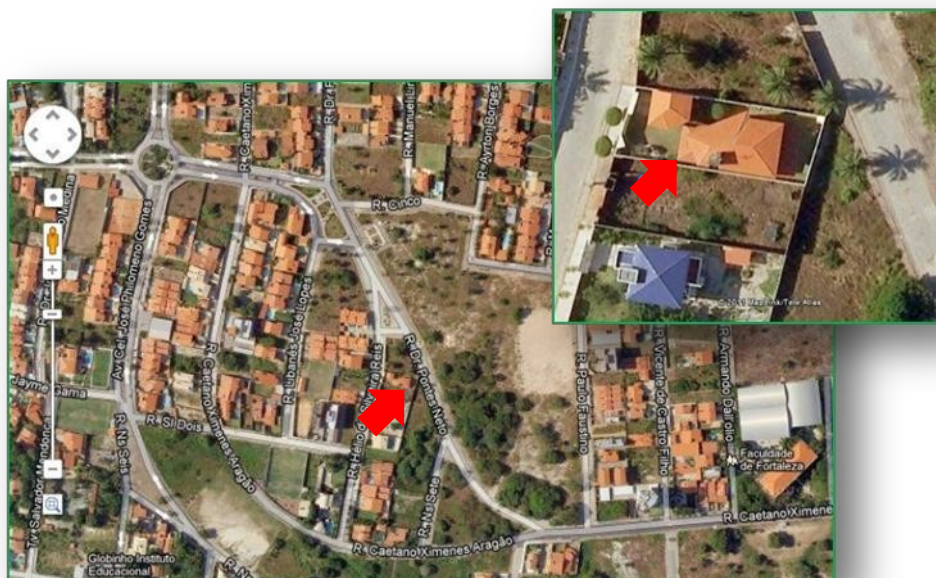


Figura 33 - Casa 01. Fonte: Google Mapas. Disponível em: <http://maps.google.com.br/maps?ll=-3.780443,-38.485584&spn=0.011562,0.019419&t=f&z=16&ecpose=-3.78278829,-38.48558383,2410.22,-0.004,6.235,0.009&ic=com.panoramio.al/Detailhe>

Imóvel residencial em 2 (dois) pavimentos, com 250,00m², composto de sala de estar, garagem, 5 quartos, 4 banheiros, gabinete, sala de jantar, despensa, cozinha, área de serviço, dependência completa de serviço e escada. Frente para o Oeste, cujo zona está servida de rede pública de água, energia e telefone. Porém, por ser um bairro novo, o local onde está situado carece de diversidade de uso, como: mercearias, bares, praça, rede pública de esgoto, transporte público, bancos, etc.

SISTEMA CONSTRUTIVO.

Fundação direta em alvenaria de tijolos cerâmicos; estrutura de concreto armado; paredes em alvenaria convencional de tijolos cerâmicos rebocados; cobertura em telhas cerâmicas sobre laje de concreto pré-moldado; piso em cerâmica; pintura pva-látex; esquadrias de madeira e vidro, com venezianas articuláveis, fechamento em muro de alvenaria de tijolos rebocada em todo o perímetro do terreno com dois portões – entrada de pessoas e de automóveis em madeira.

FOTOS



Figura 34 - Casa 01 - Fachada interna (oeste). Fonte: Adeildo Cabral da Silva, 2011.

A fachada principal (Figura 34) se observa que a edificação possui afastamentos que permitem a boa circulação de ar pelo entorno, as varandas inferior e superior estão bem protegidas das chuvas e do sol matinal, estando a inferior protegida das chuvas de vento de sudeste, ventilação predominante, pelo telhado, e a superior está protegida pela própria edificação; por sua vez elas promovem uma significativa proteção das importantes áreas de permanência – sala de estar, no térreo, e quarto, no pavimento superior, já que, por ser esta fachada voltada para o oeste, é exposta à radiação solar no período da tarde durante todo o ano.



Figura 35 - Casa 01 - Fachada principal externa (oeste). Fonte: Adeildo Cabral da Silva, 2011.

Os beirais generosos sombreiam as fachadas em sua porção superior.

As alvenarias rebocadas são, segundo a Tabela de Condutibilidade Térmica de Materiais de Construções, boas barreiras ao calor externo das radiações solares.

As esquadrias em madeira permitem a entrada de ar natural com segurança (venezianas articuláveis). Na fachada externa da residência, percebe-se o muro alto (Figura 35), exigência das atuais condições de falta de segurança da cidade. Como ele contorna todo o perímetro do terreno, torna-se uma barreira à livre circulação do ar, prejudicando o equilíbrio térmico quando a radiação solar, que incide sobre a fachada de frente – oeste, aquece a parede que veda os espaços internos de permanência prolongada como o estar (no térreo) e o gabinete (andar superior).



Figura 36 - Casa 01 - Sensor (HOBO) externo – oeste



Figura 37 - Casa 01 - Sensor interno (HOBO) gabinete – pavimento superior

Os sensores apresentados nesta página estão localizados no jardim de frente (externo) (Figura 36) e no gabinete que fica no pavimento superior (Figura 37), ambos voltados para oeste, local da radiação solar da tarde. Apesar de a casa ter dois pavimentos, e o segundo pavimento deveria estar fora das restrições de temperatura que o muro alto provoca, o que se observou foi que não há diferença de índices de conforto significativa entre os pavimentos térreo e superior.

PLANTA

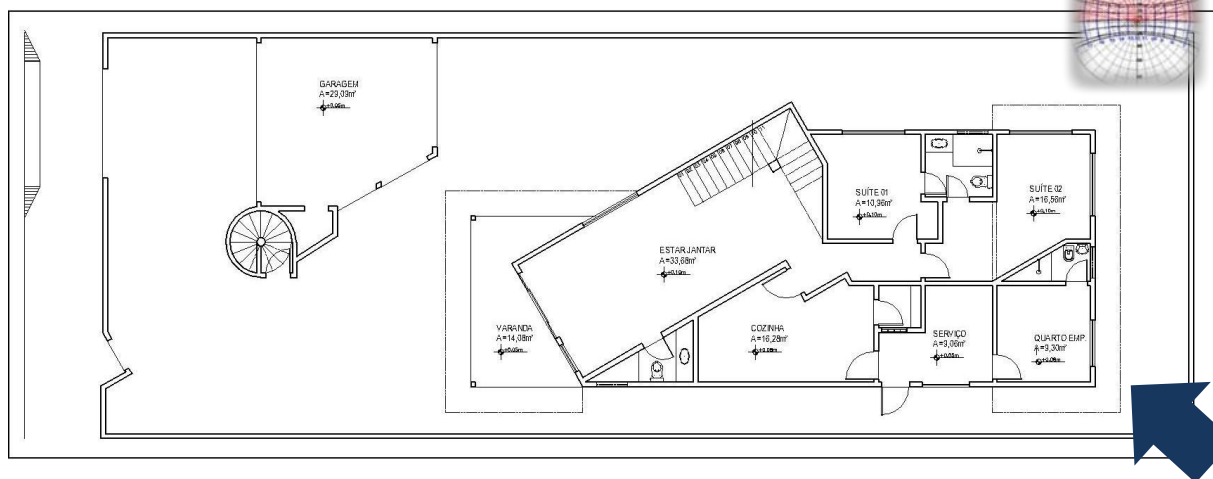


Figura 38 - Casa 01 - Bairro Luciano Cavalcante – planta baixa térreo (paginação-escala-1/50) Sensor de temperatura e umidade relativa do ar (Hobo) instalado na sala de estar – (localização - Oeste)

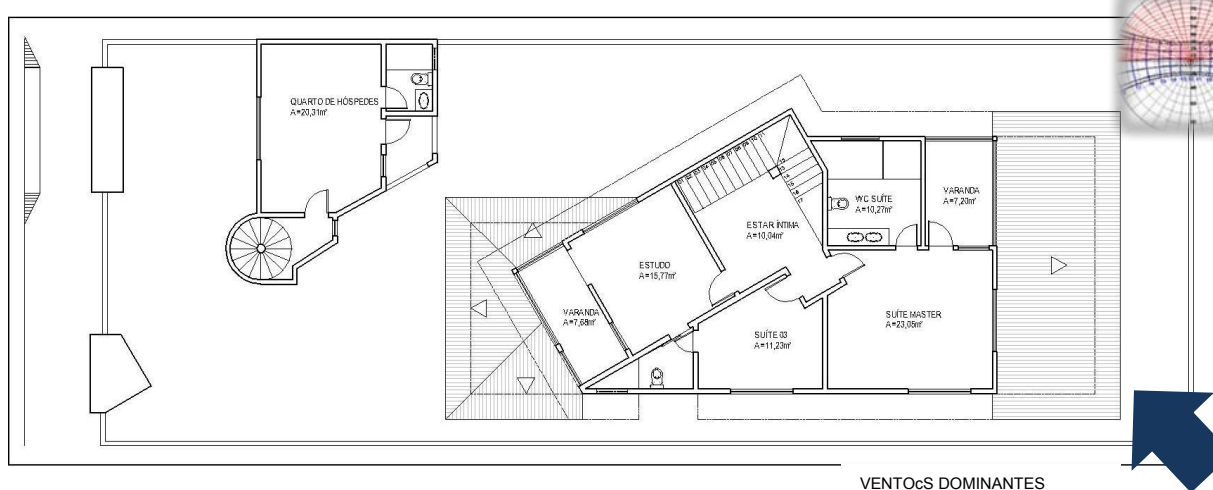


Figura 39 - Casa 01 - Planta baixa – piso superior (paginação - escala-1/50) Sensor de temperatura e umidade relativa do ar (Hobo) instalado no escritório – (localização - Oeste)

CASA 02

Análise do episódio representativo de 16 de março a 05 de abril de 2010, desempenho térmico da casa 02 Rua Tibúrcio da Frota, 1137. - Bairro Tauape.

LOCALIZAÇÃO.

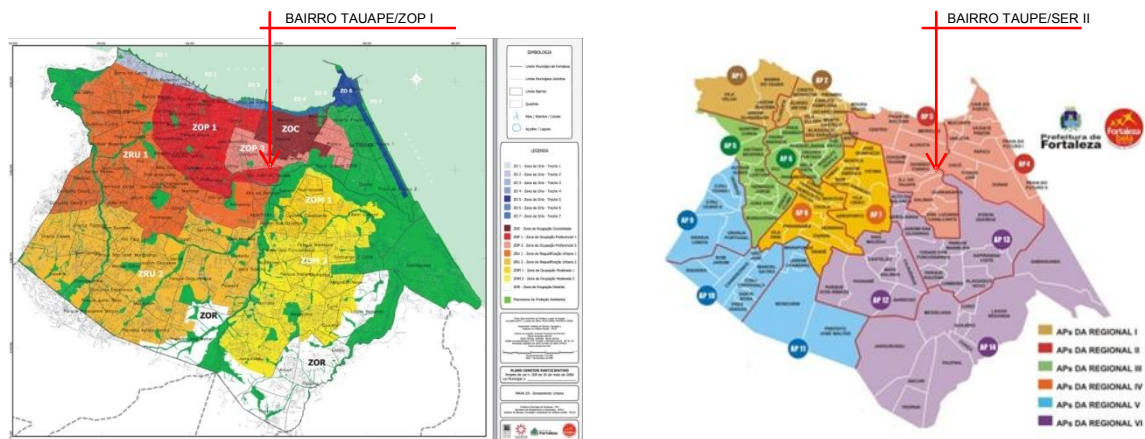


Figura 40 - Mapa de Zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_docman&task=cat_view&qid=387&Itemid=99999999

Figura 41 - Mapa dos bairros e Secretarias Regionais de Fortaleza. Disponível em: <http://a.imageshack.us/img146/1103/mapafortaleza.jpg>

O Imóvel 02, localizado à Rua Tibúrcio da Frota, no bairro Tauape, situa-se a sudeste da cidade, bairro antigo, tradicional, medianamente adensado, uso predominantemente residencial unifamiliar, mas com clara mudança de uso ainda sem definição – uso misto, multifamiliar, e/ou comercial, já com cobertura vegetal diminuída apesar da proximidade de Macrozona de Preservação (Rio Cocó), boa ventilação, rua com médio tráfego. O imóvel localiza-se, de conformidade com a Lei Complementar nº 062 de 02 de fevereiro de 2009 – Plano Diretor Participativo da cidade de Fortaleza, Art. 79 - A Zona de Ocupação Preferencial 1 (ZOP 1) caracteriza-se pela disponibilidade de infraestrutura e serviços urbanos e pela presença de imóveis não utilizados e subutilizados; destinando-se à intensificação e dinamização do uso e ocupação do solo. Art. 80 - São objetivos da Zona de Ocupação Preferencial 1 (ZOP 1): I - possibilitar a intensificação do uso e ocupação do solo e a ampliação dos níveis de adensamento construtivo, condicionadas à disponibilidade de infraestrutura e serviços e à sustentabilidade urbanística e ambiental; II - implementar instrumentos de indução do uso e ocupação do solo, para o cumprimento da função social da propriedade; III - incentivar a valorização, a preservação, a recuperação e a conservação dos imóveis e dos elementos

característicos da paisagem e do patrimônio histórico, cultural, artístico ou arqueológico, turístico e paisagístico; IV - prever a ampliação da disponibilidade e recuperação de equipamentos e espaços públicos; V - prever a elaboração e a implementação de planos específicos, visando à dinamização socioeconômica de áreas históricas e áreas que concentram atividades de comércio e serviços; VI - promover a integração e a regularização urbanística e fundiária dos núcleos habitacionais de interesse social existentes; VII - promover programas e projetos de habitação de interesse social e mercado popular. Art. 81 - São parâmetros da ZOP 1: I - índice de aproveitamento básico: 3,0; II - índice de aproveitamento máximo: 3,0; III - índice de aproveitamento mínimo: 0,25; IV - taxa de permeabilidade: 30%; V - taxa de ocupação: 60%; VI - taxa de ocupação de subsolo: 60%; VII - altura máxima da edificação: 72m; VIII - área mínima de lote: 125m²; IX - testada mínima de lote: 5m; X - profundidade mínima do lote: 25m. Art. 82 - Serão aplicados na Zona de Ocupação Preferencial 1 (ZOP 1), especialmente, os seguintes instrumentos: I - parcelamento, edificação e utilização compulsórios; II - IPTU progressivo no tempo; III - desapropriação mediante pagamento por títulos da dívida pública; IV - direito de preempção; V - direito de superfície; VI - transferência do direito de construir; VII - operação urbana consorciada; VIII - consórcio imobiliário; IX - estudo de impacto de vizinhança (EIV); X - estudo ambiental (EA); XI - Zona Especial de Interesse Social (ZEIS); XII - instrumentos de regularização fundiária; XIII - outorga onerosa de alteração de uso.



Figura 42 - CASA 02. Fonte: Google Maps, 2011. Disponível em: <http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&ie=UTF-8&tab=wl/Detalhe>.

DESCRIÇÃO.

Imóvel residencial térreo, com 198,00m² composto de sala de estar, 2 garagens, 3 quartos, 2 banheiros, sala de jantar, estar íntimo, 2 terraços descobertos, cozinha, área de serviço, dependência completa de empregada.

SISTEMA CONSTRUTIVO.

Fundação direta em alvenaria de pedra; estrutura de concreto armado aparente; paredes em alvenaria aparente de tijolos cerâmicos/2 furos; cobertura em telhas de fibrocimento, parte pintada, sobre laje de concreto armado aparente com lã de vidro como isolante térmico, comático em toda coberta, aberto de sudeste a nordeste; pisos em cerâmica, mármore, granito e assoalho; esquadrias de madeira e vidro com venezianas articuláveis, vidro temperado, pé direito de 2,50m em dois níveis com diferença de 0,60m entre um (área social, mais abaixo) e outro (área íntima, mais acima), de esquina com frentes para Sul e Leste.

FOTOS



Figura 43 - Fachada Principal Externa. Fonte: Arquivo Pessoal, 2011

sua maior parte com largos afastamentos que deveriam permitir livre circulação de ar (Figura 44).



Figura 44 - Fachada interna. Fonte: Arquivo Pessoal, 2001.

direito e o uso de telha de fibrocimento antigo (escuro com alta transmitância). Possui ainda, como recomenda a citada Norma, beirais que contornam todo o perímetro da edificação.

Esta residência, também por motivo de segurança, tem muros altos que restringem a penetração dos ventos que sopram com liberdade de orientação sudeste, já que a região ainda tem uso predominantemente horizontal residencial e está próxima do canal de ventos do rio Cocó (Figura 43).

No entanto, ela está em

A casa não possui varandas cobertas que promovam o sombreamento como recomenda a ABNT NBR 15220/2005 para a Zona Climática 8, mas temático ventilado e laje com proteção térmica para compensar o baixo pé

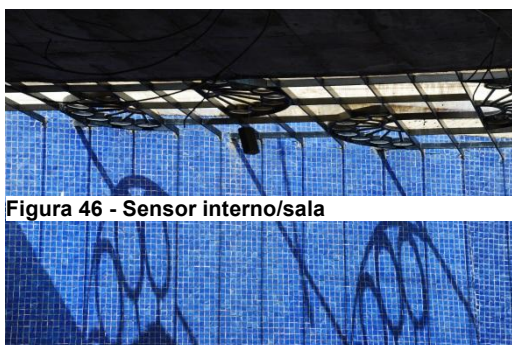


Figura 46 - Sensor interno/sala

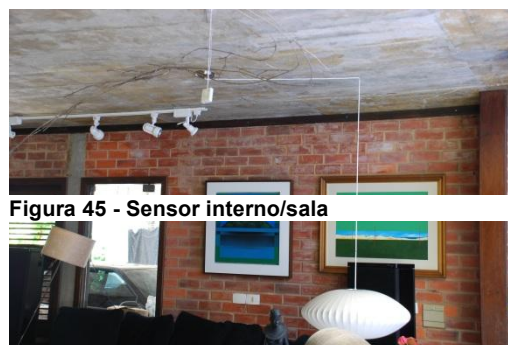


Figura 45 - Sensor interno/sala

A foto acima (Figura 45) é da sala de estar onde ficou localizado o sensor; a sala tem aberturas voltadas para leste, para oeste e para o sudoeste; além dessas aberturas, a sala tem uma abertura zenital sobre um espelho d'água (Figura 46). Para priorizar a ventilação, os quartos se posicionaram à frente da casa e esta sala, como toda a parte social da casa, fica aos fundos em relação à frente da Rua Nunes Valente; como a casa é de esquina, não há perda de acessibilidade, nem circulação de ar.



Figura 47 - Sensor interno/quarto



Figura 48 - Sensor interno/quarto

Como dito anteriormente, os quartos e toda a área íntima da casa se posicionam na parte da frente da edificação na tentativa de captar os ventos predominantes (de sudoeste), e na posição mais à frente está o quarto de casal que recebeu o outro sensor da área interna. O quarto (Figura 47) tem uma esquadria em

madeira e venezianas de 8cm a sudeste, e outra em toda extensão da parede lateral a nordeste (Figura 48).



Figura 49 - Sensor externo/sul



Figura 50 - Sensor externo/sul

O local, um pergolado (Figuras 49 e 50), onde foi posicionado o sensor fica voltado para o sul (rua), recebe o sol de oeste (tarde), estando, por ocasião da pesquisa (outono/primavera) com sol ao norte da edificação, época mais sombreada do ano nesta fachada; no entanto, por estar acima de qualquer elemento construtivo, ele recebeu a irradiação solar direta, em barreiras.

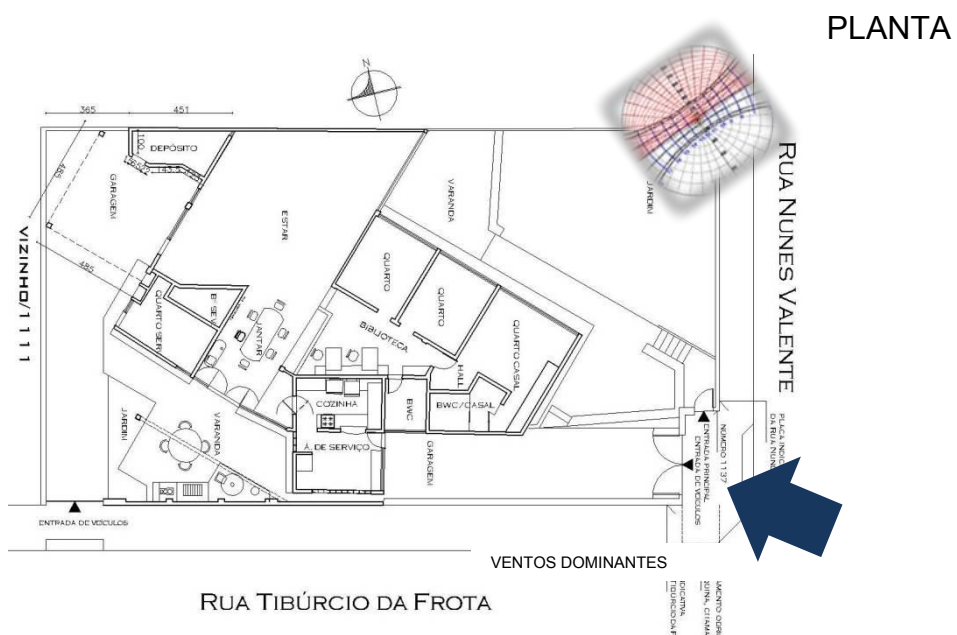


Figura 51 - Planta Baixa – Casa 02

CASA 03

Análise do episódio representativo de 16 de março a 05 de abril de 2010, desempenho térmico da casa 03 - Rua Isaac Amaral, 550. - Bairro Dionísio Torres.

LOCALIZAÇÃO.

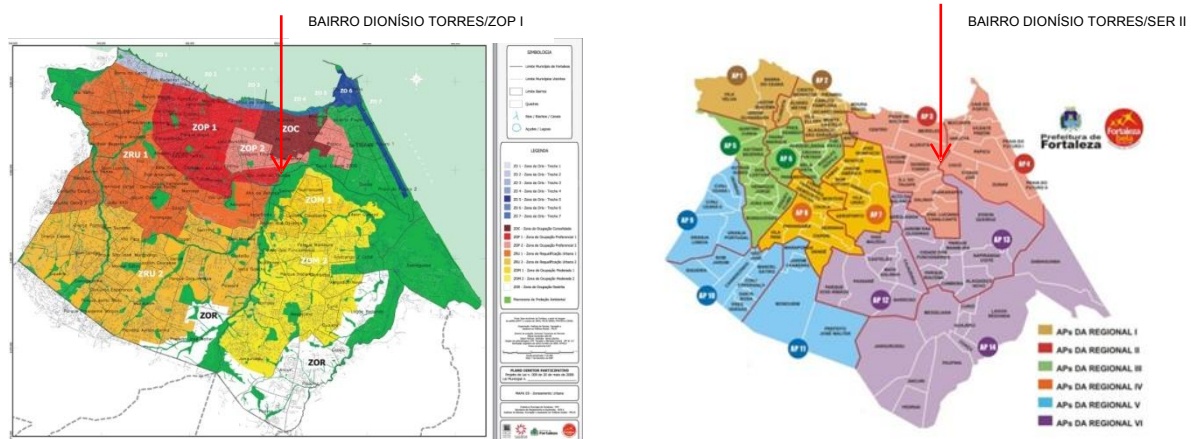


Figura 52 - Casa 03 - Mapa de Zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Fonte: Prefeitura Municipal de Fortaleza. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=387&Itemid=99999999
Figura 53 - Casa 03 - Mapa dos bairros e Secretarias Regionais de Fortaleza. Disponível em: <http://a.imageshack.us/img146/1103/mapafortaleza.jpg>

O Imóvel 03, localizado à Rua Isaac Amaral, no bairro Dionísio Torres, situa-se a sudeste da cidade, bairro antigo, tradicional, medianamente adensado, uso predominantemente residencial unifamiliar, mas com clara mudança de uso ainda sem definição – uso misto, multifamiliar, e/ou comercial, já com cobertura vegetal diminuída apesar da proximidade de Macrozona de Preservação (Rio Cocó), boa ventilação, rua com médio/alto tráfego. O imóvel localiza-se, de conformidade com a Lei Complementar nº 062 de 02 de fevereiro de 2009 – Plano Diretor Participativo da cidade de Fortaleza, Art. 79 - A Zona de Ocupação Preferencial 1 (ZOP 1) caracteriza-se pela disponibilidade de infraestrutura e serviços urbanos e pela presença de imóveis não utilizados e subutilizados; destinando-se à intensificação e dinamização do uso e ocupação do solo. Art. 80 - São objetivos da Zona de Ocupação Preferencial 1 (ZOP 1): I - possibilitar a intensificação do uso e ocupação do solo e a ampliação dos níveis de adensamento construtivo, condicionadas à disponibilidade de infraestrutura e serviços e à sustentabilidade urbanística e ambiental; II - implementar instrumentos de indução do uso e ocupação do solo, para o cumprimento da função social da propriedade; III - incentivar a valorização, a preservação, a recuperação e a conservação dos imóveis e dos elementos

característicos da paisagem e do patrimônio histórico, cultural, artístico ou arqueológico, turístico e paisagístico; IV - prever a ampliação da disponibilidade e recuperação de equipamentos e espaços públicos; V - prever a elaboração e a implementação de planos específicos, visando à dinamização socioeconômica de áreas históricas e áreas que concentram atividades de comércio e serviços; VI - promover a integração e a regularização urbanística e fundiária dos núcleos habitacionais de interesse social existentes; VII - promover programas e projetos de habitação de interesse social e mercado popular. Art. 81 - São parâmetros da ZOP 1: I - índice de aproveitamento básico: 3,0; II - índice de aproveitamento máximo: 3,0; III - índice de aproveitamento mínimo: 0,25; IV - taxa de permeabilidade: 30%; V - taxa de ocupação: 60%; VI - taxa de ocupação de subsolo: 60%; VII - altura máxima da edificação: 72m; VIII - área mínima de lote: 125m²; IX - testada mínima de lote: 5m; X - profundidade mínima do lote: 25m. Art. 82 - Serão aplicados na Zona de Ocupação Preferencial 1 (ZOP 1), especialmente, os seguintes instrumentos: I - parcelamento, edificação e utilização compulsórios; II - IPTU progressivo no tempo; III - desapropriação mediante pagamento por títulos da dívida pública; IV - direito de preempção; V - direito de superfície; VI - transferência do direito de construir; VII - operação urbana consorciada; VIII - consórcio imobiliário; IX - estudo de impacto de vizinhança (EIV); X - estudo ambiental (EA); XI - Zona Especial de Interesse Social (ZEIS); XII - instrumentos de regularização fundiária; XIII - outorga onerosa de alteração de uso.



Figura 54 - CASA 03. Fonte: Google Maps, 2011. Disponível em: <http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl/Detalhe>.

DESCRIÇÃO

Esta edificação tem toda uma característica particular de construção. Foi pensada para, bioclimaticamente correta, atender aos princípios da refrigeração passiva, já que o local da sua implantação, um largo, tem ventilação privilegiada. Seria sem muros e aberturas para as três ruas que lhe limitavam. Um episódio de roubo exigiu que várias aberturas fossem fechadas, notadamente as da frente norte. Numa segunda etapa foram criados muros e pergolado na frente leste e, por fim, muro e portão na frente sul. O resultado é uma construção, termicamente, muito desconfortável.

Imóvel residencial térreo, com 180,00m² composto de sala de estar, garagem, 3 quartos, 3 banheiros, sala de jantar, cozinha, área de serviço, dependência completa de empregada.

SISTEMA CONSTRUTIVO

Fundação direta em alvenaria de pedra; estrutura de concreto armado aparente e pré-moldado; paredes em alvenaria aparente de tijolos maciços; cobertura em telhas cerâmica, parte forrada em laje pré-moldada, parte em telha vã, com ático fechado com altura máxima de 4,00m; pisos em cerâmica, mármore,

granito e cimentado queimado; esquadrias de madeira e vidro e/ou com venezianas articuláveis, pé direito de 2,40m na parte forrada, e altura variando de 2,50m a 7,50m na parte sem forro. Imóvel de esquina com três frentes: para Norte, Sul e Leste.

FOTOS

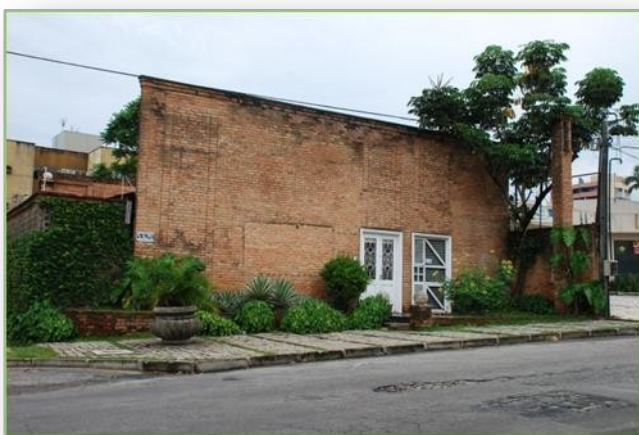


Figura 55 - Fachada Principal Norte. Fonte: Acervo Pessoal da autora, 2011

Esta fachada (Figura 55) se comunica diretamente para rua (norte) mas vedada com um pano de alvenaria em sua maior porção, com aberturas apenas de acesso. Por uma condição de posicionamento todo particular este cruzamento dispõe de ventilação privilegiada.



Figura 56 - Fachadas Secundárias Sul e Leste. Fonte: Acervo Pessoal, 2011

Apesar disso, para não abrir mão de se comunicar diretamente com a rua, foi elegida, por questão de segurança, a vedação, que compromete sobremaneira o fluxo de ar. A fachada leste, ao receber um muro com pergolado, criou uma zona de baixa pressão no enorme pano de telhado que prejudica

sobretudo a entrada de ar. O telhado sem laje, que foi pensado para permitir melhor ventilação, é, através da radiação solar recebida, um imenso transmissor de calor por condução. Pelo mesmo motivo de segurança, foram feitas vedações que comprometeram além da conta o conforto interno da edificação que foi pensada para adequar os princípios físicos envolvidos e as necessidades de caráter ambiental - higrotérmicas (Figura 56).

Os Sensores foram colocados propositalmente nas duas áreas distintas do prédio: um na parte coberta de telha cerâmica, mas com laje de concreto pré-moldado, janela para a fachada leste e um pergolado interno (Figura 57); outro na área sem laje, com grandes vidraças que dão para um jardim a leste (Figura 58).



Figura 57 - Sensor interno quarto/forrado. Fonte: Acervo Pessoal, 2011



Figura 58 - Sensor interno – sala/telha vã. Fonte: Acervo pessoal, 2011

O sensor externo foi colocado sobre o volume da caixa d'água, onde recebia o sol durante a manhã até o meio dia, daí em diante era sombreado pelos volumes construídos na vizinhança (Figura 59).



Figura 59 - Sensor externo/leste. Fonte: Acervo Pessoal, 2011

PLANTA.

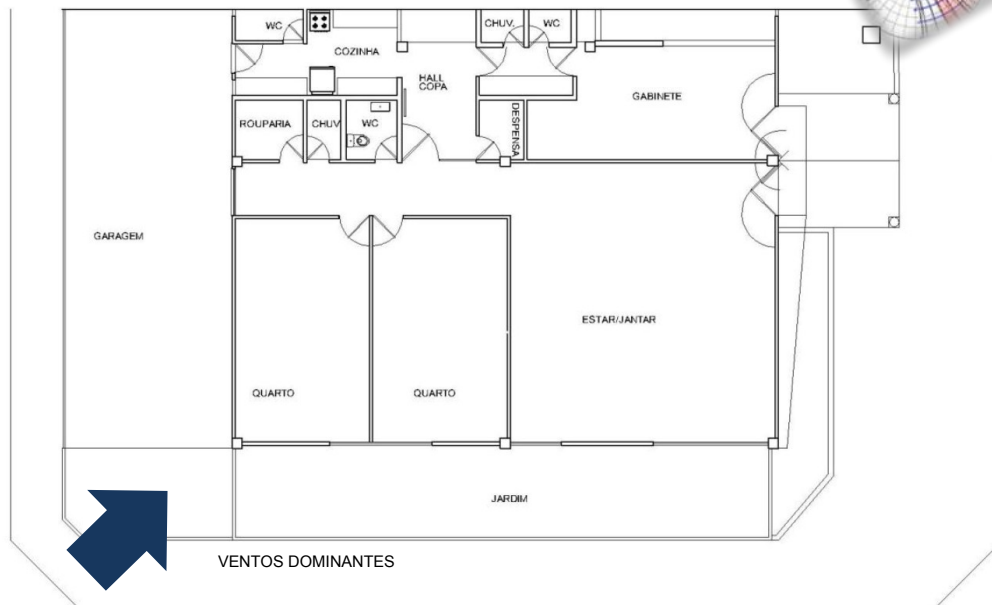


Figura 60 - Planta Baixa – Casa 03. Fonte: Acervo pessoal, 2011

CASA 04

Análise do episódio representativo de 16 de março a 05 de abril de 2010, desempenho térmico da casa 04 à Rua Montevideo, 411. - Bairro Serrinha.

LOCALIZAÇÃO.

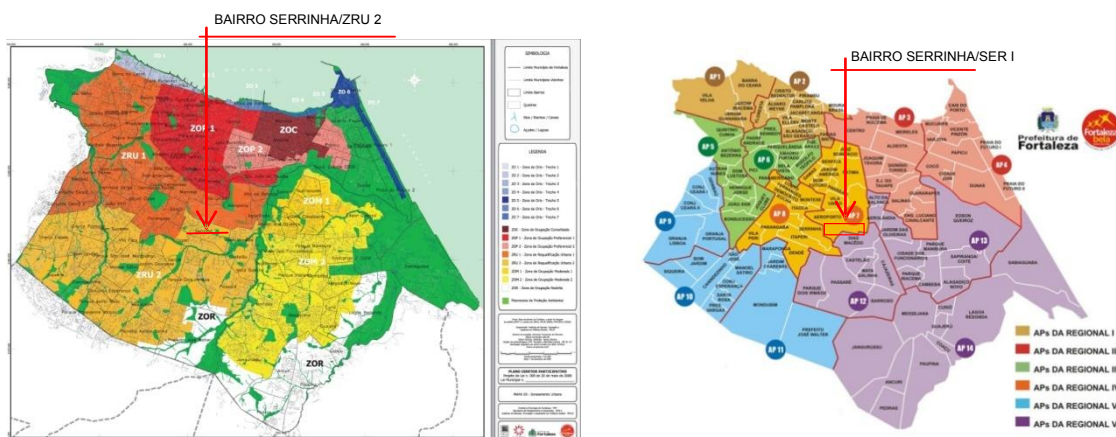


Figura 61 - Casa 04 - Mapa de zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=387&Itemid=99999999

Figura 62 - Casa 04 – Mapa dos bairros e Secretarias Regionais de Fortaleza. Disponível em: <http://a.imageshack.us/img146/1103/mapafortaleza.jpg>

O Imóvel 04, localizado à Rua Montevideo, 411, frente para norte, no bairro Serrinha, considerado de classe média baixa, situa-se na região sul da cidade, bairro

antigo, popular, estagnado, muito adensado horizontalmente, cobertura vegetal deficiente, como relata o Plano a seguir. De conformidade com a Lei Complementar nº 062 de 02 de fevereiro de 2009 – Plano Diretor Participativo da cidade de Fortaleza, Art. 99, na Zona de Ocupação Moderada (ZOM 1) que caracteriza-se pela insuficiência ou inadequação de infraestrutura, carência de equipamentos públicos, presença de equipamentos privados comerciais e de serviços de grande porte, tendência à intensificação da ocupação habitacional multifamiliar e áreas com fragilidade ambiental, destinando-se ao ordenamento e controle do uso e ocupação do solo, condicionados à ampliação dos sistemas de mobilidade e de implantação do sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário. Art. 100 - São objetivos da Zona de Ocupação Moderada 1 (ZOM 1): I - controlar e ordenar os processos de transformações e ocupações urbanas e a densidade populacional de modo a evitar inadequações urbanísticas e ambientais; II - promover a requalificação urbanística e ambiental, com investimentos para complementar a infraestrutura, principalmente de saneamento ambiental; III - ampliar a disponibilidade e conservar espaços de uso coletivo, equipamentos públicos, áreas verdes, espaços livres voltados à inclusão para o trabalho, esportes, cultura e lazer; IV - promover a integração e a regularização urbanística e fundiária dos núcleos habitacionais de interesse social existentes; V - tornar adequadas as condições de mobilidade urbana, em especial nos pontos de congestionamento, insuficiência de consolidação da malha viária e concentração de equipamentos geradores de inadequações relativas ao tráfego e de saturação do sistema viário; VI - conter a ocupação urbana em áreas ambientalmente sensíveis e de interesse ambiental, com ações de recuperação nos assentamentos de interesse social, a fim de garantir a qualidade ambiental desta zona; VII – incentivar a valorização, a preservação, a recuperação e a conservação dos imóveis e dos elementos característicos da paisagem e do patrimônio. Art. 101 - São parâmetros da ZOM 1: I - índice de aproveitamento básico: 2,0; II - índice de aproveitamento máximo: 2,5; III - índice de aproveitamento mínimo: 0,1; IV - taxa de permeabilidade: 40%; V - taxa de ocupação: 50%; VI - taxa de ocupação de subsolo: 50%; VII - altura máxima da edificação: 72m; VIII - área mínima de lote: 150m²; IX – testada mínima de lote: 6m; X - profundidade mínima do lote: 25m; XI - fração do lote: 140m². Art.102 - Serão aplicados na Zona de Ocupação Moderada 1 (ZOM 1), especialmente, os seguintes instrumentos: I - parcelamento, edificação e utilização compulsórios; II - IPTU progressivo no tempo; III – desapropriação mediante

pagamento por títulos da dívida pública; IV - direito de preempção; V - direito de superfície; VI - outorga onerosa do direito de construir; VII - transferência do direito de construir; VIII - operação urbana consorciada; IX - consórcio imobiliário; X - estudo de impacto de vizinhança (EIV); XI - estudo ambiental (EA); XII - Zona Especial de Interesse Social (ZEIS); XIII – instrumentos de regularização fundiária; XIV - outorga onerosa de alteração de uso. Parágrafo Único - A aplicação dos instrumentos indicados nos incisos I, II e III está condicionada à disponibilidade de infraestrutura na presente zona.

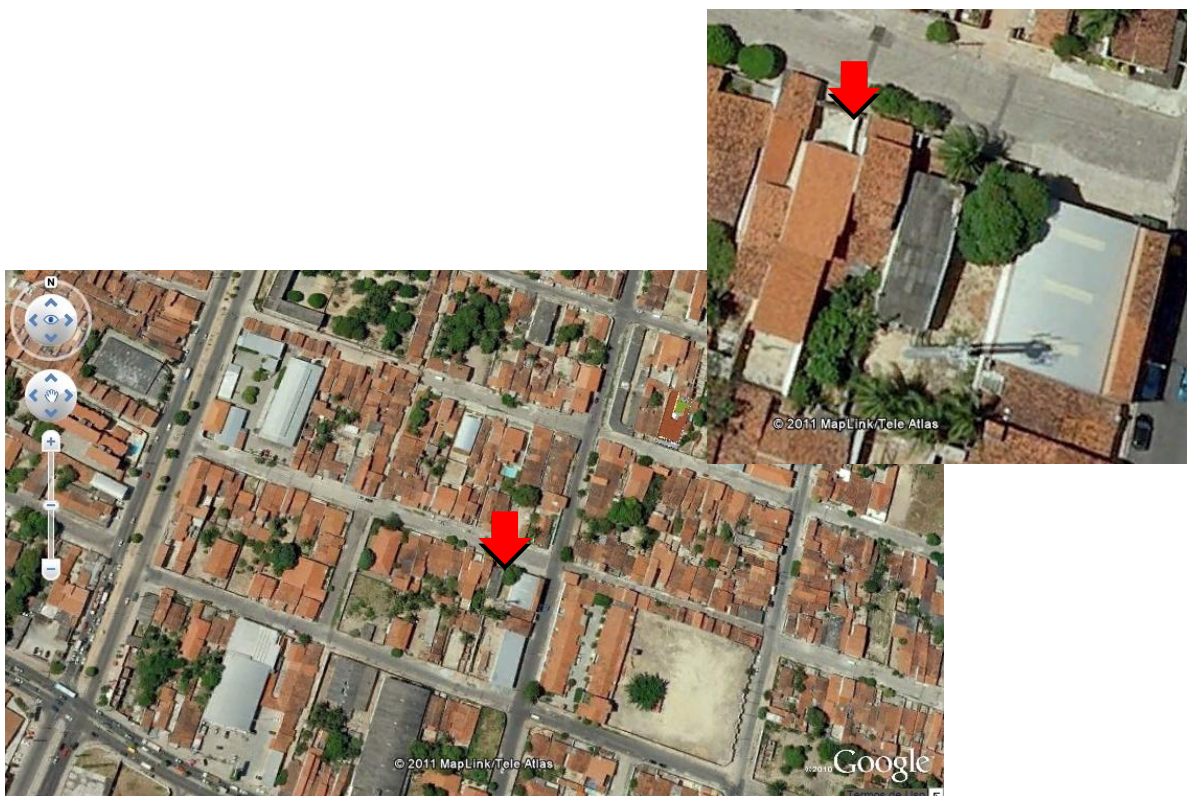


Figura 63 - Casa 04 - Mapa. Disponível em: <http://maps.google.com.br/?ie=UTF8&ll=-21.125498,-33.75&spn=43.353671,79.628906&z=4/Detalhe>.

DESCRIÇÃO.

Imóvel residencial duplex, cujo estudo se refere ao pavimento térreo que tem área de 180,00m² composto de sala de estar, garagem, 3 quartos, 2 banheiros, sala de jantar, terraço descoberto, copa/cozinha, área de serviço, sem vegetação.

SISTEMA CONSTRUTIVO.

Fundação direta em alvenaria de tijolos, estrutural; paredes em alvenaria de tijolos cerâmicos 8 furos rebocada, revestida na fachada em cerâmica, pintada em cores fortes na parte interna; cobertura em telhas cerâmica, sobre laje de concreto premoldada, com ático fechado; pisos em cerâmica; esquadrias de madeira com venezianas articuláveis, frente para o Norte.

FOTOS



Figura 64 - Casa 04 – Fachada Principal. Fonte: Sarah Oliveira, 2010.

O imóvel tem sua fachada principal voltada para o norte, onde tem aberturas em madeira envernizada com venezianas (Figura 64). O muro é alto, mas o portão de ferro vazado, permite a circulação do ar. Porém, a casa é totalmente vedada nas laterais impedindo a captação dos ventos dominantes a leste e sudeste.



Figura 65 - Casa 04 – Interior. Fonte: Sarah Oliveira, 2010.

A ventilação obrigatoriamente deverá, segundo a NBR 15220, ser cruzada, pois os cômodos interiores dependem dessa principal tomada de ar. Este é um tipo de construção muito característico da região e da periferia não miserável, que, por serem os terrenos pequenos, são aproveitados totalmente sem afastamentos laterais.



Figura 66 - Casa 04 – Interior. Fonte: Sarah Oliveira, 2010

Esta abertura (porta), junto com uma janela vizinha (Figura 65) são, praticamente os únicos captores de ventilação, mas são ineficientes porque a direção dominante dos ventos é de sudeste que é uma lateral vedada. Somente um vitrô, de dimensões insuficientes está posicionado corretamente. O canal de ar é feito dos fundos para frente. Note-se ainda, que as portas internas são totalmente vedadas, não possibilitando um pouco de ventilação no interior dos quartos.

PLANTA

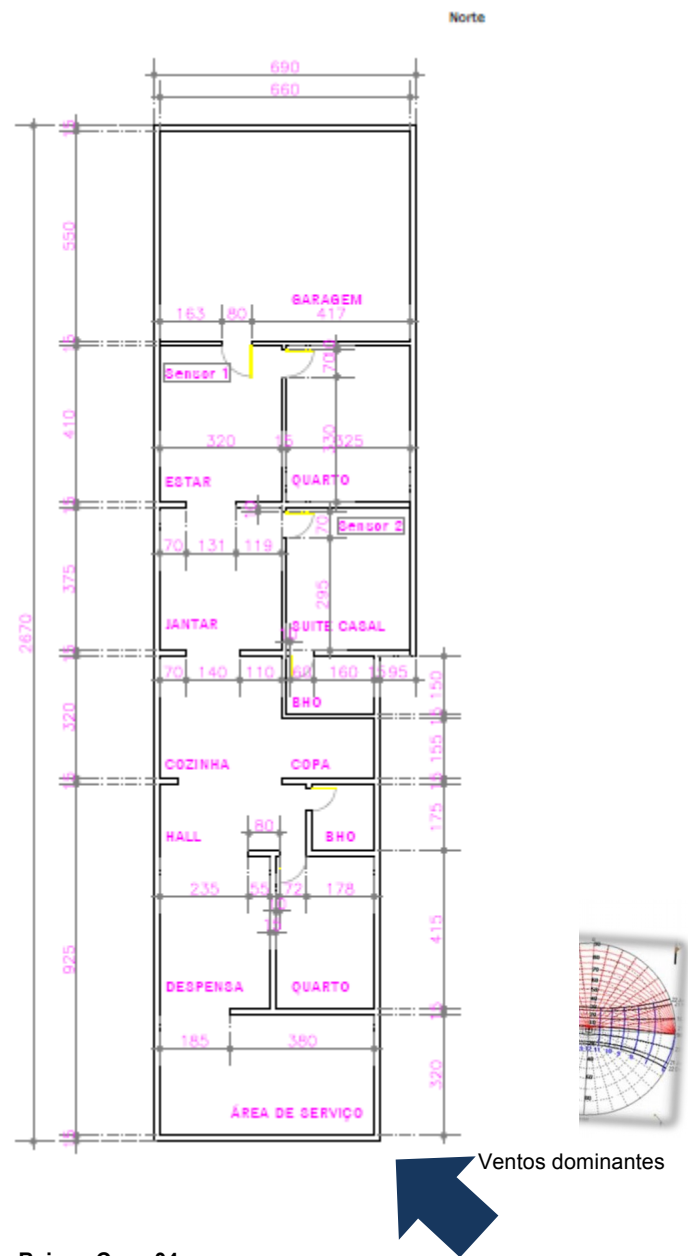


Figura 67 - Planta Baixa - Casa 04

CASA 05

Análise do episódio representativo de 16 de março a 05 de abril de 2010, desempenho térmico da casa 05 à Rua Padre José Arteiro, 159 - Bairro Antônio Bezerra

LOCALIZAÇÃO.

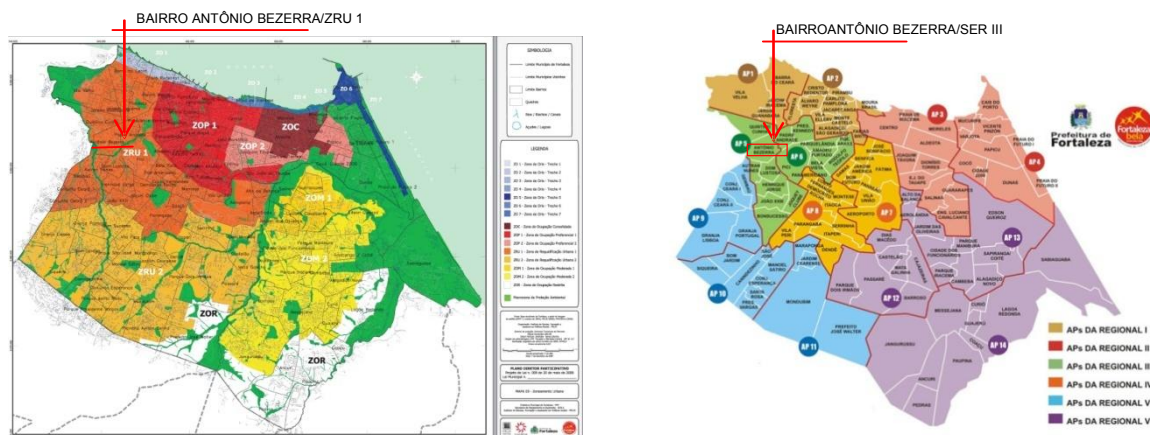


Figura 68 - Casa 05 - Mapa de zoneamento de Fortaleza. Fonte: Plano Diretor Participativo – PMF. Disponível em: http://www.fortaleza.ce.gov.br/pdpfor/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=387&Itemid=99999999

Figura 69 - Casa 05 – Mapa dos bairros e Secretarias Regionais de Fortaleza. Disponível em: <http://a.imageshack.us/img146/1103/mapafortaleza.jpg>

Imóvel 05, localizado à Rua Padre Arteiro, 159, frente para o sul, no bairro Antônio Bezerra, considerado de classe média baixa, situa-se na região oeste da cidade, bairro antigo, popular, estagnado, muito adensado horizontalmente, cobertura vegetal deficiente, como relata o Plano a seguir. De conformidade com a Da Zona de Requalificação Urbana 2 (ZRU 2) Art. 95 - A Zona de Requalificação Urbana 2 (ZRU 2) caracteriza-se pela insuficiência ou precariedade da infraestrutura e dos serviços urbanos, principalmente de saneamento ambiental, carência de equipamentos e espaços públicos e incidência de núcleos habitacionais de interesse social precários, destinando-se à requalificação urbanística e ambiental e à adequação das condições de habitabilidade, acessibilidade e mobilidade. Art. 96 - São objetivos da Zona de Requalificação Urbana 2 (ZRU 2): I - promover a requalificação urbanística e ambiental, com investimentos para complementar a infraestrutura, principalmente de saneamento ambiental, priorizando as sub-bacias dos rios Maranguapinho e Cocó, como unidades de planejamento, e as áreas com precárias condições de habitabilidade e de riscos socioambientais para investimentos; II - ampliar a disponibilidade e conservar espaços de uso coletivo, equipamentos públicos, áreas verdes, espaços livres voltados à inclusão para o

trabalho, esportes, cultura e lazer; III - estimular a dinamização urbanística e socioeconômica das atividades de comércio e serviços, considerando a diversidade dos territórios que constituem os bairros e as áreas com concentração de atividades de comércio e serviços; IV – promover a integração e a regularização urbanística e fundiária dos núcleos habitacionais de interesse social existentes; V – promover e incentivar a construção de novas habitações de interesse social e de mercado popular nas áreas com infraestrutura urbana, serviços e equipamentos públicos disponíveis ou que estejam recebendo investimentos urbanos para a adequação das condições de habitabilidade; VI - tornar adequadas as condições de mobilidade urbana, em especial com investimentos para o transporte coletivo, como o Projeto Estratégico do METROFOR; VII - conter a ocupação urbana em áreas ambientalmente sensíveis e de interesse ambiental. Art. 97 - São parâmetros da ZRU 2: I - índice de aproveitamento básico: 1,5; II - índice de aproveitamento máximo: 1,5; III - índice de aproveitamento mínimo: 0,10; IV - taxa de permeabilidade: 30%; V - taxa de ocupação: 60%; VI - taxa de ocupação de subsolo: 60%; VII - altura máxima da edificação: 48m; VIII - área mínima de lote: 125m²; IX - testada mínima de lote: 5m; X – profundidade mínima do lote: 25m. Art. 98 - Serão aplicados na Zona de Requalificação Urbana 2 (ZRU 2), especialmente, os seguintes instrumentos: I - parcelamento, edificação e utilização compulsórios; II - IPTU progressivo no tempo; III – desapropriação mediante pagamento por títulos da dívida pública; IV - direito de preempção; V - direito de superfície; VI - operação urbana consorciada; VII - consórcio imobiliário; VIII - estudo de impacto de vizinhança (EIV); IX - estudo ambiental (EA); X - Zona Especial de Interesse Social (ZEIS); XI - instrumentos de regularização fundiária; XII - outorga onerosa de alteração de uso. Parágrafo Único - A aplicação dos instrumentos indicados nos incisos I, II e III está condicionada à disponibilidade de infraestrutura na presente zona.

FOTOS

2010.



Figura 71 - Fachada Principal. Fonte: Wellinson Matias, 2010

Esta fachada (Figura 71) tem como característica principal a total vedação da residência para o exterior, com pequenos brises como fonte de ventilação.



Figura 72 - Casa 05 - interior. Fonte: Wellinson Matias, 2010.

Na foto da Figura 72, nota-se o tipo de esquadria da residência, totalmente inadequada bioclimaticamente falando e fora das exigências do Código de Postura da Prefeitura Municipal de Fortaleza

As portas funcionam como esquadrias de ventilação, uma ótima solução como reforço de uma ventilação principal adequada, mas que não é o caso, esta é a única opção, que, por serem internas, dependem totalmente das tomadas de ar externo completamente deficitário.



Figura 73 - Foto interna – quarto. Fonte: Wellinson Matias, 2010.

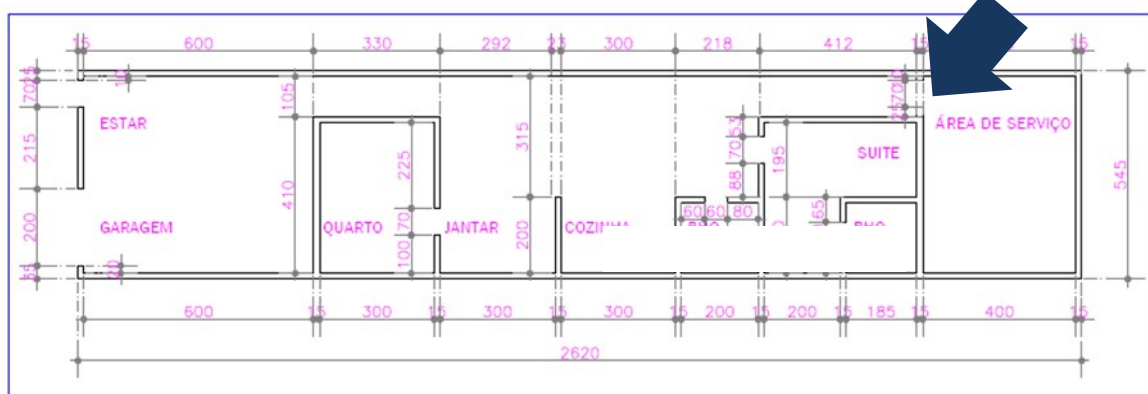
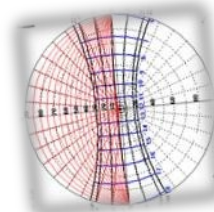


Figura 74 - Casa 05 – Planta Baixa. Fonte: Acervo Pessoal, 2011

4.3.1 Referências Teóricas

Para proceder a análise, referências teóricas subsidiaram os parâmetros utilizados na análise das edificações pesquisadas, e estão descritas a seguir.

A radiação solar (Figuras 75 e 76) é a principal fonte de energia para o planeta. Tanto como fonte de calor como fonte de luz, o Sol é um elemento de extrema importância no estudo da eficiência energética na arquitetura. É possível tirar partido ou evitar a luz e o calor solar em uma edificação, e o critério mais sábio para definir o que fazer é ter como premissas básicas o conforto térmico e visual dos ocupantes (LAMBERTS *et al*, 1973).

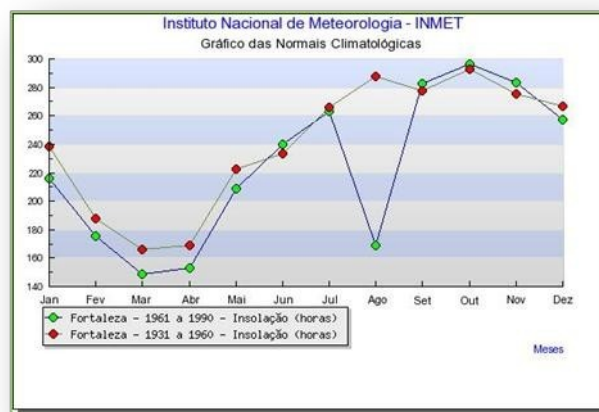


Figura 75 - Gráfico de Insolação (h). Fonte: INMET.

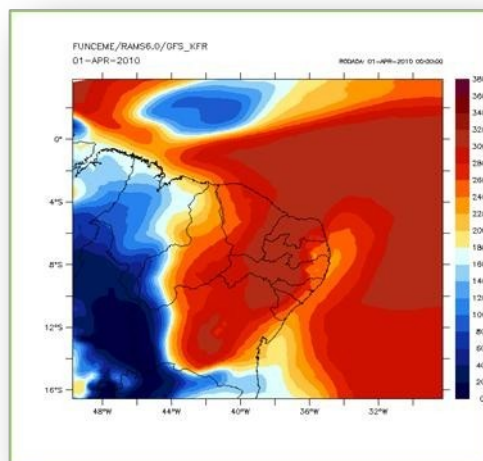


Figura 76 - Insolação no Nordeste do Brasil, incluindo Fortaleza em 01/04/2010. Fonte: FUNCEME.

Nas localidades onde o clima é predominantemente quente, como o caso de Fortaleza, deve-se evitar que a radiação solar direta atinja as edificações e penetre excessivamente nos ambientes, prevenindo-se, assim, ganhos demasiados de calor.

Para proteger a envoltória de uma edificação, seja com elementos construídos, seja com vegetação, é necessário determinar a posição do Sol, para o local em questão, na época do ano em que se deseja barrar seus raios diretos. Para tal, tem-se que recorrer a algumas noções básicas da geometria da insolação, a qual possibilitará determinar, graficamente, os ângulos de incidência do Sol, em função da latitude, da hora e da época do ano.

Para facilitar o estudo da influência do Sol no ambiente construído, o entendimento do seu movimento aparente em relação à Terra deve ser conhecido. Portanto, para traçar os diagramas solares, considera-se a Terra fixa e o Sol percorrendo a trajetória diária da abóbada celeste, variando de caminho em função da época do ano.



Figura 77 - Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol. Fonte: Nuctesol, 2011.

No movimento de translação, a Terra percorre sua trajetória elíptica em um plano inclinado de $23^{\circ}27''$ em relação ao plano do equador (Figura 77). É este ângulo que define a posição dos trópicos e isto faz com que os dois hemisférios terrestres recebam quantidades distintas de radiação solar ao longo do ano, caracterizando as estações pelos solstícios de verão e de inverno e pelos equinócios de primavera e de outono.

É de muita importância o conhecimento da posição do Sol na abóbada celeste que pode ser determinada através dos ângulos de altitude solar (γ) e de azimuth

solar (α) para radiação solar (ondas curtas) e β , ângulos que variam de acordo com a hora definidos em Cartas Solares (Figura 78).

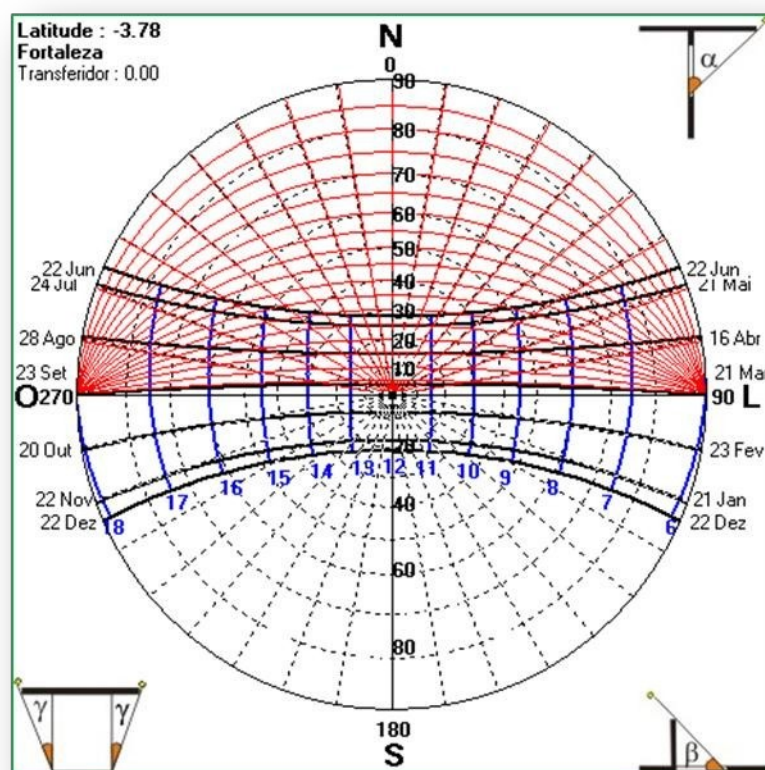


Figura 78 - Carta Solar para Fortaleza. Fonte: SOL-AR, 2010.

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar, temperatura, etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução).

As Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET são os dados climáticos mais difundidos no Brasil e trabalham com períodos de 30 anos de observação meteorológica e contêm os dados necessários à execução da Carta Bioclimática de um determinado lugar e permite definir as diretrizes para projetos de edificações adequadas ao clima da cidade. GOULART *et al*, (1998) no livro Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades, incluindo Fortaleza, reuniu dados meteorológicos destas cidades através da ABRAVA/IBF (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e

Aquecimento/Instituto Brasileiro do Frio), junto ao CTA/IAE (Centro Técnico Aeroespacial/Instituto de Aeronáutica e Espaço). Os dados constam das seguintes observações:

- bloco (número do bloco composto de dois dígitos que compõem o número sinótico),
- estação (número da estação composto de três dígitos, complementando o número sinótico),
- ano (corresponde ao ano da observação),
- mês (número do mês),
- dia (número do dia),
- hora (corresponde à hora local),
- total de nuvens (registro de nebulosidade),
- direção do vento (corresponde à direção do vento registrada em graus em relação ao norte verdadeiro),
- intensidade do vento (registro de velocidade do vento),
- visibilidade horizontal (registro de visibilidade),
- tempo presente (corresponde à condição do tempo como: névoa, fumaça, poeira ou nevoeiro),
- quantidade, tipo e altura das nuvens nas camadas 1, 2, 3 e 4 (registros das informações de nuvens por camadas),
- ponto de orvalho (corresponde aos valores da temperatura de ponto de orvalho),
- pressão ao nível do mar (registro da pressão atmosférica ao nível do mar),
- pressão ao nível da pista (registro da pressão atmosférica ao nível da pista),
- direção das nuvens (registro da direção das nuvens em relação aos oito pontos cardeais),
- temperatura de bulbo seco (registro da temperatura de bulbo seco),
- temperatura de bulbo úmido (registro da temperatura de bulbo úmido),
- precipitação (registro de precipitação),
- umidade relativa (registro de umidade relativa).

GOULART *et al* (1998) ressalta que os dados meteorológicos tratados foram registrados em aeroportos e, portanto, as temperaturas nos centros das cidades, onde encontram-se grande parte das instalações de ar-condicionado são, as vezes, sensivelmente mais altas. Além disso, a ausência de dados de radiação solar nos

registros disponíveis prejudica a exatidão das estimativas de consumo de energia, pois a radiação é um fator de grande peso no consumo.

GOULART *et al* (1998) lembra ainda que o conhecimento das condições climáticas externas é importante na hora de projetar edificações porque estas representam os requisitos básicos para o projeto de sistemas de ar condicionado, cálculos simplificados do consumo de energia e para simulações mais detalhadas de energia em edificações. Entretanto, os dados meteorológicos, quando disponíveis, não são direcionados para a solução dos problemas de projeto de edificações, fazendo com que os profissionais da área os ignorem. Além disso, nos países em desenvolvimento, a climatologia tem se desenvolvido mais em função da aviação e da agricultura. Isto explica a localização das estações meteorológicas e a natureza dos parâmetros medidos.

Porém, visando integrar os diferentes elementos climatológicos em todos os níveis de projeto, exige-se um tratamento específico destes elementos, voltado para o uso dos profissionais. Isto requer um prévio tratamento estatístico ou métodos que transformem uma grande quantidade de registros em ferramentas práticas de trabalho. Algumas metodologias foram desenvolvidas com este propósito.

As metodologias de tratamentos de dados climáticos foram aplicadas, obtendo-se dados para projeto e análises térmicas de edificações. Dados como: Temperatura de Projeto - ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), Graus-dia e Graus-hora, Temperaturas BIN, Ano Climático de Referência (TRY), Dias Típicos de Projeto de Verão e Inverno, são apresentados para serem utilizados nos projetos de Ar Condicionado, mas que também são de grande valia para os projetos que vão usar a ventilação natural como estratégia de conforto térmico e de baixo custo para sua efetivação, visando o desempenho energético de um edifício.

O Ano Climático de Referência (TRY) é a base de dados mais precisa para uma análise completa da adequação da edificação ao clima local. Fornece a possibilidade de simulação horária do consumo de energia durante um ano, possibilitando a avaliação do custo-benefício de opções mais eficientes (LAMBERTS *et al.*, 1973). Além disso, caracteriza-se o clima das cidades analisadas através de uma descrição estatística, apresentando-se valores de médias mensais e anuais, valores máximos e mínimos absolutos ocorridos no período e probabilidades de ocorrência das variáveis: temperatura de bulbo seco; amplitudes de temperatura;

temperaturas média das máximas e médias das mínimas; temperatura de bulbo úmido; umidade relativa, conteúdo de umidade e ventos.

O método de selecionar temperatura de projeto é baseado na suposição de que o nível de frequência de uma temperatura específica em um determinado período de tempo se repetirá no futuro.

As frequências de 1%, 2,5% e 5% foram selecionadas para um intervalo de múltiplos riscos. Isto capacita o engenheiro e o arquiteto a fazer um julgamento e decidir o nível de risco do seu projeto.

Para o período de inverno são apresentados, para cada estação meteorológica, dois níveis de frequência de ocorrência. Estes níveis representam temperaturas (bulbo seco) que são igualadas ou excedidas por 99% ou 97,5% dos valores correspondentes ao número total de horas dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (um total de 2.160 horas) no hemisfério Norte e dos meses de junho, julho e agosto (um total de 2.208 horas) no hemisfério Sul.

Para o verão, são apresentados três níveis de frequência de ocorrência. Estes níveis representam temperaturas (bulbo seco) que são igualadas ou excedidas por 1%, 2,5% e 5% dos valores correspondentes ao número total de horas dos meses de junho a setembro (um total de 2.928 horas) no hemisfério Norte, e dos meses de dezembro a março no hemisfério Sul (um total de 2.904 horas). Para cada temperatura de bulbo seco de projeto de verão, deve ser encontrada a temperatura de bulbo úmido coincidente, ou seja, determina-se a média de todas as temperaturas de bulbo úmido ocorridas com a específica temperatura de bulbo seco. Também são encontradas as temperaturas de bulbo úmido que representam valores que são igualados ou excedidos por 1%, 2,5% e 5% das horas durante os meses de verão. Estes valores de temperatura de bulbo úmido são computados independentemente dos valores de temperatura de bulbo seco de projeto. Segundo a ASHRAE (1993), as temperaturas de bulbo seco de projeto com a temperatura de bulbo úmido coincidente devem ser usadas para calcular cargas de refrigeração em edificações. Já as temperaturas de bulbo úmido de projeto são determinadas, a princípio, para uso em processos de resfriamento evaporativo, mas também podem ser usadas para calcular cargas de ventilação.

Para Fortaleza, a ASHRAE (1993) apresenta algumas características. Como não existem as condições de inverno, são apresentadas para as condições de verão, as temperaturas de projeto de bulbo seco e bulbo úmido para os níveis de

frequência de ocorrência de 1%, 2,5% e 5%. Os valores de temperatura de projeto de bulbo úmido não são coincidentes com os valores de temperatura de bulbo seco de projeto. As temperaturas de bulbo úmido coincidentes não são disponíveis nas informações.

A ASHRAE (1993) também apresenta informações relativas aos dados de vento. Segundo o método os seguintes dados de ventos são selecionados:

Para o período de inverno, é encontrada a direção do vento predominante, ou seja, a direção que ocorre mais frequentemente com a temperatura de bulbo seco de projeto para o nível 97,5% e a velocidade média do vento (média dos valores de velocidades do vento que ocorrem coincidentemente com a temperatura de projeto) para o mesmo nível.

Para o período de verão, é encontrada a direção do vento predominante (Figuras 09 e 10, da página 31) (direção do vento que ocorre mais frequentemente com a temperatura de bulbo seco de projeto/Figuras 09 e 10, da página) para o nível de 2,5%.

Segundo a ASHRAE (1993), cap. 24, existem duas fontes de ano climático desenvolvidas para cálculos de energia utilizados nos Estados Unidos: o Test Reference Year (TRY), que foi preparado pelo National Climatic Center e o Typical Meteorological Year (TMY) que foi preparado pelo Sandia Laboratories na cidade de Albuquerque.

STAMPER (1977) *apud* GOULART *et al* (1997) descreve o procedimento utilizado para determinar o chamado Test Reference Year (TRY). O procedimento utilizado para selecionar o ano climático para um local específico é baseado na eliminação de anos de dados, os quais contêm temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até permanecer um ano, somente. Para isto, os meses são classificados em ordem de importância para cálculo de energia, analisando-se os valores médios mensais de temperatura do ar, anotando-se o mês mais quente e o mês mais frio, o segundo mês mais quente e o segundo mês mais frio e assim por diante, conforme aparecem as maiores e as menores temperaturas médias mensais, respectivamente. Após fecharem os doze meses, repete-se a sequência dos meses, porém invertendo-se o sentido de análise, ou seja, onde é quente passa a ser frio e vice-versa. Com isso, os anos que apresentarem temperaturas médias mensais extremas (mais altas ou mais baixas) poderão ser eliminados de acordo com o procedimento.

As temperaturas médias mensais, para cada ano do período de registros disponível, são calculadas e examinadas de acordo com a sequência listada. O ano com o mês mais quente é anotado.

Depois, o ano que contém o mês mais frio. O processo continua, anotando-se os anos nos quais ocorrem os extremos. Estes anos são, então, eliminados e o procedimento é repetido até restar somente um. Este ano é designado como Ano Climático de Referência.

O Test Reference Year (TRY), determinado por este processo, consiste em dados climáticos horários apresentados em um formato padronizado, conforme necessário para simulação de desempenho térmico de edificações. O TRY contém informações climáticas para as 8.760 horas do ano.

Os dados do Ano Climático de Referência podem ser plotados sobre uma Carta Bioclimática, obtendo-se quais as estratégias de projeto mais adequadas para melhor adaptar a edificação ao clima local. Para isto utiliza-se dos conceitos de Arquitetura Bioclimática.

A Arquitetura Bioclimática utiliza a tecnologia baseada na correta aplicação dos elementos arquitetônicos com o objetivo de fornecer ao ambiente construído, um alto grau de conforto higrotérmico com baixo consumo de energia. Alguns Métodos Diretos de Projetos Bioclimáticos aplicados à edificação utilizam Cartas Bioclimáticas. Estas cartas associam informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento climático do local e as estratégias de projeto indicadas para cada período do ano. As estratégias indicadas pela carta podem ser naturais (sistemas passivos) ou artificiais (sistemas ativos).

A partir de uma revisão bibliográfica abordando o tema Bioclimatologia aplicada ao Projeto de Edificações (GOULART *et al*, 1994), foi selecionada a carta bioclimática proposta por Olgyay/Givoni (1992) (Figura 84), na qual os limites máximos de conforto foram expandidos, considerando a aclimação de pessoas que vivem em países de clima quente e em desenvolvimento. Na carta foi combinado o método de Watson e Labs, [1983], que usa os dados climáticos das 8760 horas de um ano típico (TRY).

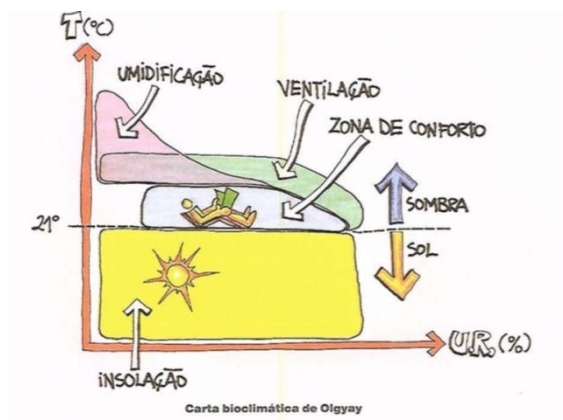


Figura 79 - Carta bioclimática de Olgyay. Fonte: Lambert et al (1997).

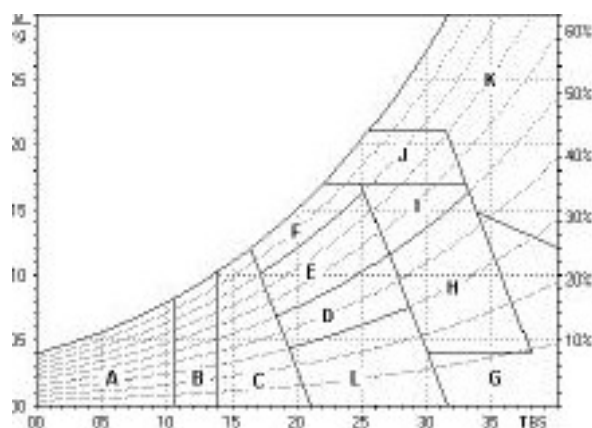


Figura 80 - Carta bioclimática adaptada de GIVONI. Fonte: ABNT 15220.

A Carta da figura acima (Figura 80) é construída sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Obtendo os valores destas variáveis para os principais períodos do ano climático do local, o arquiteto poderá ter indicações fundamentais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no desenho do edifício.

As zonas da Carta correspondem às seguintes estratégias:

- A – Zona de aquecimento artificial (calefação)
- B – Zona de aquecimento solar da edificação
- C – Zona de massa térmica para aquecimento
- D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)
- E – Zona de Conforto Térmico
- F – Zona de desumidificação (renovação do ar)
- G + H – Zona de resfriamento evaporativo
- H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
- I + J – Zona de ventilação

K – Zona de refrigeração artificial

L – Zona de umidificação do ar (ABNT, 2003)

Carta Bioclimática adotada para o Brasil foi desenvolvido no NPC/UFSC um programa em ambiente Windows denominado Analysis que permite plotar os dados de temperatura e umidade do TRY sobre a carta bioclimática com a finalidade de visualizar a distribuição dos dados climáticos. O programa calcula também a percentagem de horas do ano em que cada estratégia bioclimática é mais apropriada.

DIA TÍPICO DE PROJETO

O dia típico de projeto é uma ferramenta importante na determinação das exigências higrotérmicas de verão e inverno. Com base nas características deste dia que o projeto pode ser elaborado para melhor responder ao conforto térmico do indivíduo.

O procedimento descrito a seguir (GOULART *et al*, 1998) é baseado na metodologia desenvolvida por SATTLER:

Em primeiro lugar, para cada um dos dias do período de dados disponíveis, é calculada a temperatura média diária, as quais são ordenadas, em ordem crescente. É encontrado, então, o conjunto de dias de temperaturas médias mais elevadas, caracterizando, aproximadamente, 15% do número total de dias. Da mesma forma, são selecionados os dias de temperaturas médias mais baixas no período. Os dias encontrados correspondem aos períodos quente e frio, respectivamente.

Deste conjunto, são verificadas as datas limites, a fim de determinar-se a abrangência dos períodos quentes e frios. Os dias incluídos no período quente denominam-se dias quentes e aqueles incluídos no período frio são chamados dias frios. Depois de reordenadas as temperaturas médias correspondentes aos dias dos períodos definidos acima, são determinados os níveis de 1%; 2,5%; 5% e 10% tanto para os dias quentes, como para os dias frios. Portanto, o nível de 2,5%, relativo a dias quentes, por exemplo, caracteriza o dia cuja temperatura média é excedida somente por 2,5% do total de dias quentes. Para cada nível, são selecionados os dias cujas temperaturas médias se situam imediatamente acima e abaixo da temperatura média do dia de referência e dentro de um intervalo representando 1% do número de dias do conjunto. Como a metodologia trabalha com um dia teórico, são calculadas as médias horárias das características dos dias situados nestes

intervalos, para cada nível, definindo-se, assim, os dias típicos de verão e dias típicos de inverno. Para cada dia típico, são listados os valores horários de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido ou umidade relativa, nebulosidade (ou radiação solar), direção e velocidade do vento. SATTLER [1989] salienta que é importante conhecer-se a data de referência de cada dia típico, para que se estimem com precisão, os valores de irradiância solar nos diferentes componentes externos da edificação. Segundo a metodologia, esta data deve ser definida pelo cálculo das declinações solares, ou seja, corresponde ao dia cuja declinação solar mais se aproxime da média das declinações solares dos dias considerados na definição dos dias típicos.

DADOS CLIMÁTICOS DE PROJETO: Cidade de Fortaleza

DADOS DO LOCAL E PERÍODO ANALISADO:

Latitude: 03° 47"

Longitude: 38° 32"

Altitude: 25 m

Período: 1961 - 1970

Número Sinótico da Estação Meteorológica: 82398

TEMPERATURA DE PROJETO - ASHRAE

As temperaturas de projeto e dados de vento foram obtidas segundo a metodologia da ASHRAE e são apresentadas nas Figuras 81 e 82. Foram acrescentados os dados de vento relativos aos demais níveis, bem como a segunda direção. A amplitude média corresponde à diferença entre a temperatura média das máximas e temperatura média das mínimas do mês mais quente.

Nível de frequência	TBS de Proj. (°C)	TBU Coinc. (°C)	TBU de Proj. (°C)	Direção Predom.	Direção Segunda	Vel. Vento (m/s)	Ampl. Média(°C)
1%	31,4	24,9	26,0	SE	L	5,7	6,4
2,5%	31,1	24,9	25,6	SE	L	5,8	
5%	30,8	24,7	25,3	SE	L	6,0	

Figura 81 - Temperaturas de Projeto para o período de Verão. Fonte: Goulart et al (1998).

Nível de Frequência	TBS de Proj.(°C)	Direção Predominante	Direção Segunda	Vel. Vento(m/s)
99%	21,2	SE / SO	Calmo	2,3
97,5%	21,7	Calmo	S	2,3

Figura 82 - Temperaturas de Projeto para o período de Inverno. Fonte: Goulart et al (1998).

TEMPERATURA BIN.

Os valores de Temperaturas BIN foram calculados para o Ano Climático de Referência - TRY (8.760 horas) e são mostrados os valores anuais e para todos os meses do ano em quatro períodos diários de 6 horas cada (Figuras 83 a 95).

VALORES DE TEMPERATURAS BIN PARA O TRY DE FORTALEZA

TBS (°C)	Hora 1 - 6	Hora 7 - 12	Hora 13 - 18	Hora 19 - 24
17,0 a 19,0	3	-	-	-
20,0 a 22,0	331	49	2	28
23,0 a 25,0	1609	455	66	1236
26,0 a 28,0	247	843	1145	926
29,0 a 31,0	-	841	977	-
32,0 a 34,0	-	2	-	-

Figura 83 - Temperaturas BIN - ANUAL. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
20,00 a 22,00	18	-	-	-
23,00 a 25,00	131	33	4	30
26,00 a 28,00	37	59	77	156
29,00 a 31,00	-	93	105	-
32,00 a 34,00	-	1	-	-

Figura 84 - Temperaturas BIN - MÊS DE JANEIRO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
20,00 a 22,00	3	-	-	-
23,00 a 25,00	115	35	-	31
26,00 a 28,00	50	64	60	137
29,00 a 31,00	-	69	108	-

Figura 85 - Temperaturas BIN - MÊS DE FEVEREIRO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
20,00 a 22,00	10	10	-	2
23,00 a 25,00	149	47	15	84
26,00 a 28,00	27	64	94	100
29,00 a 31,00	-	64	77	-
32,00 a 34,00	-	1	-	-

Figura 86 - Temperaturas BIN - MÊS DE MARÇO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
20,00 a 22,00	24	10	2	1
23,00 a 25,00	147	53	11	122
26,00 a 28,00	9	54	92	57
29,00 a 31,00	-	64	75	-

Figura 87 - Temperaturas BIN - MÊS DE ABRIL. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
20,00 a 22,00	43	1	-	6
23,00 a 25,00	139	47	7	140
26,00 a 28,00	4	82	100	40
29,00 a 31,00	-	56	79	-

Figura 88 - Temperaturas BIN - MÊS DE MAIO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
20,00 a 22,00	78	7	-	10
23,00 a 25,00	97	61	7	123
26,00 a 28,00	15	68	111	47
29,00 a 31,00	-	44	62	-

Figura 89 - Temperaturas BIN - MÊS DE JUNHO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
17,00 a 19,00	2	-	-	-
20,00 a 22,00	77	9	-	7
23,00 a 25,00	107	45	8	150
26,00 a 28,00	-	80	112	29
29,00 a 31,00	-	52	66	-

Figura 90 - Temperaturas BIN - MÊS DE JULHO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
17,00 a 19,00	1	-	-	-
20,00 a 22,00	53	11	-	2
23,00 a 25,00	131	48	8	173
26,00 a 28,00	1	64	113	11
29,00 a 31,00	-	63	65	-

Figura 91 - Temperaturas BIN - MÊS DE AGOSTO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
20,00 a 22,00	13	1	-	-
23,00 a 25,00	166	40	4	158
26,00 a 28,00	1	82	113	22
29,00 a 31,00	-	57	63	-

Figura 92 - Temperaturas BIN - MÊS DE SETEMBRO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
20,00 a 22,00	6	-	-	-
23,00 a 25,00	175	18	2	119
26,00 a 28,00	5	75	96	67
29,00 a 31,00	-	93	88	-

Figura 93 - Temperaturas BIN - MÊS DE OUTUBRO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
20,00 a 22,00	6	-	-	-
23,00 a 25,00	152	15	-	89
26,00 a 28,00	22	87	104	91
29,00 a 31,00	-	78	76	-

Figura 94 - Temperaturas BIN - MÊS DE NOVEMBRO. Fonte: Goulart et al (1998).

TBS (°C)	HORA 1-6	HORA 7-12	HORA 13-18	HORA 18-24
23,00 a 25,00	100	13	-	17
26,00 a 28,00	86	64	73	169
29,00 a 31,00	-	109	113	-

Figura 95 - Temperaturas BIN - MÊS DE DEZEMBRO. Fonte: Goulart et al (1998).

ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA

Com os dados coletados foi gerada a carta bioclimática (GOULART *et al*, 1998) utilizando-se o programa Analysis para plotar os dados de temperatura e umidade para as 8.760 horas do TRY, obtendo-se as estratégias mais adequadas para cada período do ano, como mostra a (Figura 96).

A Carta Bioclimática gerada para Fortaleza fornece uma indicação visual sobre o comportamento climático ao longo do ano, de acordo com a Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni. Além disso, são mostrados os percentuais das horas do ano em que cada estratégia é necessária.

CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY/GIVONI PARA FORTALEZA

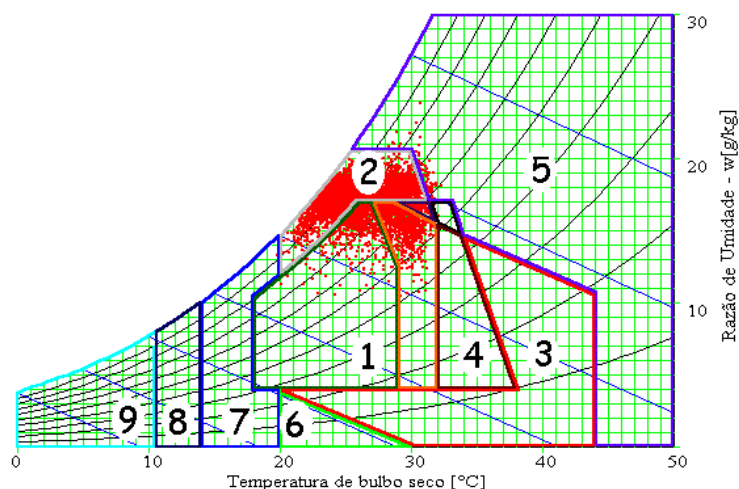


Figura 96 - Carta bioclimática com TRY de Fortaleza. Fonte: Goulart et al (1998).

- 1- Zona de Conforto;
- 2- Ventilação;

- 3- Resfriamento Evaporativo;
- 4- Massa Térmica para Resfriamento;
- 5- Ar Condicionado;
- 6- Umidificação;
- 7- Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo;
- 8- Aquecimento Solar Passivo;
- 9- Aquecimento Artificial

Entre as zonas de Ventilação (2), de Resfriamento Evaporativo (3) e Massa Térmica para Resfriamento (4) acontecem algumas intersecções, ou seja, nestes pontos podem-se adotar estas estratégias simultaneamente ou aplicar uma delas somente.

Na tabela abaixo (Figura 97) são apresentados os percentuais das horas do ano em que ocorre conforto ou desconforto térmico e os percentuais em que cada estratégia é apropriada. A tabela foi organizada de forma a considerar as intersecções da carta bioclimática. Para se saber o total de horas onde é adequada a Ventilação, por exemplo, foram somados todos os valores correspondentes a Ventilação. Da mesma forma, procedeu-se para as estratégias de Resfriamento Evaporativo e Massa Térmica para Resfriamento. Neste caso, a soma total das horas irá superar os 100%, pois alguns pontos foram computados mais de uma vez, considerando ora a Ventilação, ora Resfriamento Evaporativo, ora Massa Térmica para Resfriamento.

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS - (%) PARA FORTALEZA

CONFORTO			12,9
DESCONFORTO	CALOR	V	85,8
		RE	15,8
		MR	17,3
		AC	1,1
	FRIO	MA/AS	0
		AS	0
		AA	0

Figura 97 - Estratégias Bioclimáticas (%) para Fortaleza. Fonte: Goulart *et al* (1998).

V Ventilação
 RE Resfriamento Evaporativo

MR	Massa Térmica para Resfriamento
AC	Ar Condicionamento
MA/AS	Massa Térmica para Aquecimento/aquecimento Solar
AS	Aquecimento Solar
AA	Aquecimento Artificial

Isso corrobora o que diz MOURA, 2010: “as condições de conforto térmico na cidade de Fortaleza surgem como produto final de seus preditores, ou seja, a associação dos controles climáticos (sitio, estrutura e função urbana, somados às condições físico-naturais atuais do território) e dos atributos climáticos (temperatura, umidade e velocidade do ar), além dos condicionantes da circulação atmosférica regional que configuram os atributos climáticos locais”.

As exigências humanas de conforto térmico são expressas segundo a Norma ANSI/ASHRAE 55/81(1981), que determina: “o ambiente deve apresentar condições térmicas tais que pelo menos 80% dos ocupantes expressem satisfação com o ambiente térmico”.

Os dados físicos do ambiente são dispostos na carta e, conforme sua disposição sobre as marcações predefinidas chamadas de zonas de conforto são estabelecidas as estratégias de projeto para o alcance do conforto térmico dentro daqueles determinados dados de temperatura e umidade. O método de OLGAY baseia-se no índice de temperatura efetiva.

Segundo GIVONI (1998) as cartas bioclimáticas são gráficos que trabalham sobre uma base de dados climáticos para análise das características do ambiente no ponto de vista do conforto térmico. A carta psicrométrica é um dos modelos mais utilizados para cartas bioclimáticas, ela combina simultaneamente a temperatura e umidade em um espaço de tempo, associando esses valores para se definir as características físicas do ambiente.

Segundo GIVONI (1998) o calor produzido pelo corpo humano através do metabolismo é transferido ao ambiente por convecção e irradiação, chamadas de trocas secas.

O calor também pode ser perdido pela evaporação da água dos pulmões, através da respiração, e pela evaporação do suor expelido pelas glândulas na pele. As trocas por convecção dependem da velocidade e da temperatura do ar no ambiente. Enquanto as trocas por irradiação, num ambiente interno, dependem da

temperatura dos materiais do ambiente, conhecida como temperatura radiante média.

As exigências humanas de conforto térmico são expressas segundo a Norma ANSI/ASHRAE 55/81(1981), que determina: “o ambiente deve apresentar condições térmicas tais que pelo menos 80% dos ocupantes expressem satisfação com o ambiente térmico”.

Os dados físicos do ambiente estão dispostos na Carta e, conforme sua disposição sobre as marcações predefinidas chamadas de Zonas de Conforto são estabelecidas as estratégias de projeto para o alcance do conforto térmico dentro daqueles determinados dados de temperatura e umidade. O método de OLGAY baseia-se no índice de temperatura efetiva.

Segundo GIVONI (1998) as cartas bioclimáticas são gráficos que trabalham sobre uma base de dados climáticos para análise das características do ambiente no ponto de vista do conforto térmico. A carta psicrométrica é um dos modelos mais utilizados para cartas bioclimáticas, ela combina simultaneamente a temperatura e umidade em um espaço de tempo associando esses valores para definirem-se as características físicas do ambiente.

A norma ISO 7730 (1994) apresenta um método para previsão da sensação térmica e do grau de desconforto de pessoas expostas a ambientes de temperatura moderada. Além disso, especifica as condições térmicas aceitáveis para o conforto.

Segundo a ISO 7730 (1994) as principais respostas do corpo humano referente às sensações térmicas são as sensações de frio e calor, para análises e estudos, as sensações térmicas são divididas em sete níveis numa escala numérica (Figura 98):

OS SETE NÍVEIS DE CONFORTO TÉRMICO DA ISO 7730.

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
COM MUITO FRIO	COM FRIO	LEVEMENTE COM FRIO	NEUTRO (CONFORTÁVEL)	LEVEMENTE COM CALOR	COM CALOR	COM MUITO CALOR

Figura 98 - Níveis de Conforto Térmico Fonte: ISO 7730.

A sensação térmica humana está relacionada ao equilíbrio térmico corporal. Este equilíbrio é influenciado pelo nível de atividade física da pessoa e pelo tipo de roupa que a mesma utiliza, bem como por parâmetros físicos como temperatura do

ar, temperatura média radiante, velocidade do vento e umidade do ar. Caso todos esses fatores possam ser medidos ou estimados, a sensação térmica corporal pode ser prevista através do cálculo do índice PMV (*Predicted Mean Vote*), que representa a porcentagem esperada de pessoas satisfeitas para diferentes condições térmicas do ambiente. O PMV permite estimar a quantidade de pessoas não satisfeitas, sendo este valor dado pelo índice PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*).

Através dessa verificação, com o auxílio da equação de FANGER (1970), foi identificada a metodologia bioclimática mais apropriada ao clima tropical e que melhor traduzisse as necessidades de controle do clima interno nas edificações neste tipo de clima.

Abaixo segue tabela (Figura 99), quadro resultante com a exposição dos limites de temperatura e umidade das zonas de conforto das metodologias estudadas pelo grupo de pesquisadores, dentre as quais foi consideradas, para este estudo, as sw OLGAYAY para os trópicos e GIVONI em 92 países em desenvolvimento, por serem as mais adequadas à região deste estudo:

PRINCIPAIS LIMITES DE CONFORTO TÉRMICO DE TEMPERATURA E UMIDADE.

METODOLOGIA	OBS	TEMPERATURA		UMIDADE	
		LIMITE MÍNIMO	LIMITE	LIMITE	LIMITE
OLGYAY (EUA)	VERÃO	21,1 ^o C	27,2 ^o C	MÍNIMO	MÁXIMO
	INVERNO	20 ^o C	24,4 ^o C		
OLGYAY TRÓPICOS	VERÃO	23,9 ^o C	29,5 ^o C	20%	80%
	INVERNO	18,3 ^o C	23,9 ^o C		
ASHRAE 55-74		> 22 ^o C TE	< 25,6 ^o TE	> 5mm Hg	< 14mm Hg
ASHRAE 55-81	VERÃO	> 23 ^o C TE	< 27 ^o C TE	> 4g/kg	<12g/kg
	INVERNO	> 20 ^o C TE	< 24 ^o C TE		
ASHRAE 55-92	VERÃO	> 23 ^o C TE	< 26 ^o TE	> 4,5g/kg e 30%	<60%
	INVERNO	> 20 ^o C TE	< 23,5 ^o TE		
GIVONI ORIGINAL	BAIXAS	> 21 ^o C	< 26 ^o C	> 5mm Hg	<17mm kg
	ALTAS		< 25 ^o C		
GIVONI e MILNE	BAIXAS	> 22,7 ^o C	<27 ^o C	> 20%	< 80%
	ALTAS	> 20 ^o C	< 24 ^o C		
GONZALES	BAIXAS	> 22 ^o C	< 29 ^o C	> 4g/kg	<14g/kg ou 75%
	ALTAS		< 26,5 ^o C		
GIVONI EM 92 PAISES EM DESENVOLVIMENTO	BAIXAS E ALTAS	> 25 ^o C	< 29 ^o C	>4g/kg	<17g/kg E 80%
	UMIDADES		< 26 ^o C		
	VERÃO		< 15 ^o C		
SZOHOLAY	INVERNO	> 18 ^o C			
	LIMITES VARIÁVEIS COM O CLIMA	TMA ±2K		> 4g/kg	< 12g/kg
WATSON E LABS		TMM±1,75K			
		> 20 ^o C TE	< 25,6 ^o C TE	> 5mm Hg	< 80%

Figura 99 - Principais limites de conforto térmico, de temperatura e umidade. Fonte: GOULART et al. Relatório interno-NPC-UFSC. 1994 Apud MACIEL, 2002.

A norma ISO 7730 (1994) é bastante difundida mundialmente e tem grande aceitação acadêmica. Isto acontece devido a sua base física. Dentre todas as normas pesquisadas, esta é a que melhor aproxima as condições de conforto com as trabalhadas. Sendo assim, a norma ISO 7730 (1994) e os limites de Olgyay Trópicos e de Givoni em 92 Países e Desenvolvimento serão utilizados neste trabalho como referência para o cálculo do conforto térmico.

A implantação correta no terreno, a forma, a orientação e o dimensionamento das aberturas, a escolha de materiais baseando-se na transmitância térmica, a escolha da cor apropriada, o sombreamento, o uso da ventilação natural e a aplicação das diretrizes construtivas de acordo com o clima da cidade, devem ser inseridas ao projeto de habitações tornando-as mais confortáveis (MASCARENHAS *et al*, 2005).

- a) a relação entre as amplitudes de temperatura da superfície interna e externa (fator de diminuição) e o intervalo de tempo entre os valores máximos e mínimos;
- b) a diferença entre as temperaturas máximas do ar externo e interno;
- c) efeito da resistência térmica em temperaturas interiores;

Um dos fatores que minimiza ou amplia os efeitos da radiação solar é a cor aplicada nas edificações, notadamente na parte externa exposta ao sol de diversas maneiras no decorrer do dia. Nisso cada cor responde de maneiras diversas (Figura 101).

Também os demais materiais de construção têm índices de condutibilidade diversos, como mostra a Figura 102. Os valores da Resistência Térmica Superficial interna e externa dos materiais construtivos dependem da maneira como os raios solares incidem sobre eles (Figura 103)

TABELA REFLETÂNCIA E GRAU DE REFLEXÃO DAS CORES DE TINTA.

LÁTEX	COR	REFLETÂNCIA (%)			GRAU DE REFLEXÃO (%)
		UV	VISÍVEL	IV	
ACRÍLICA	ALECRIM	6	36	35	34
	AREIA	8	59	57	55
	BRANCO	8	88	76	75
	GELO	8	69	59	59
	MEL	7	51	68	63
	MARFIM	8	71	76	73
	PALHA	8	70	66	64
	PÊSSEGO	8	63	67	64
	VANILHA	8	68	74	71
	FLAMINGO	7	51	65	60
	TELHA	6	25	45	40
	AZUL BALI	6	41	75	66
PVA	PRETO	4	4	4	4
	VERM.CARDINAL	5	30	68	59
	AZUL PROFUNDO	6	19	41	36
TIPO DE MATERIAIS					GRAU DE REFLEXÃO
MADEIRA					70-80%
CONCRETO					3-7%
TIJOLO					20-50%
ROCHA					50-70%

Figura 101 - Medidas de refletância de cores de tintas. Fonte: CASTRO et al, 2003.

TABELA DE CONDUTIBILIDADE TÉRMICA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÕES

Material	Condutibilidade k ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	Massa específica ρ (kg/m^3)	Calor específico c ($J/kg \cdot ^\circ C$)
a) uso em paredes, lajes e pisos			
Argamassa de cimento-areia	1,15	2000	880
Argamassa de gesso	0,53	1000	857
Bloco cerâmico maciço	0,81	1600	920
Bloco cerâmico furado	0,67	1250	880
Bloco de concreto furado	0,91	1700	1005
Concreto simples	1,50	2200	1005
Concreto armado	1,75	2400	1005
Laminados e aglomerados de madeira	0,10	400	1424
	0,14	600	1424
	0,17	800	1424
Madeira maciça	0,10	400	1340
	0,15	600	1340
	0,19	800	1340
Revestimento de arenito	1,28	2000	837
Revestimento de granito	3,50	2700	837
Revestimento de mármore	3,26	2700	837
Vidro	1,20	2600	840
b) uso em telhados			
Telha de cerâmica	0,85	1700	921
Telha de fibrocimento	0,41	1600	1010
c) uso como isolante			
Lã de vidro	0,030	100	754
	0,044	200	754

Figura 102 - Adaptado e resumido da Tabela de Condutividade Térmica dos Materiais Usados nas Edificações. Fonte: Universidade Federal do Rio de Janeiro (RJ). Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/dau/profs/edmundoc/Cap%EDtulo2Transmiss%E3o%20de%20Calor.pdf>.

Para o estudo de caso comparativo entre as casas 01 e 02, foram utilizadas as premissas constantes da ABNT NBR 15.220/2005 como base da análise crítica entre as duas edificações, são elas: resistência térmica superficial que varia de acordo com vários fatores, tais como: emissividade, velocidade do ar sobre a superfície e temperaturas da superfície, do ar e de superfícies próximas; a transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico, e a absorvância (α) para radiação solar (ondas curtas), e emissividade (ϵ) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas).

TABELA DE RESISTÊNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL INTERNA E EXTERNA.

$R_{si} (m_2.K)W$			$R_{se} (m_2.K)W$		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
horizontal	ascendente	descendente	horizontal	ascendente	descendente
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Figura 103 - Tabela de Resistência térmica superficial interna e externa. Fonte: ABNT NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2.

A tabela a seguir (Figura 104) apresentam os valores médios recomendados.

TABELA DE ABSORTÂNCIA (A) PARA RADIAÇÃO SOLAR (ONDAS CURTAS) E) PARA RAD EMISSIVIDADE (E) PARA RADIAÇÕES A TEMPERATURAS COMUNS (ONDAS) PARA LONGAS).

TIPO DE SUPERFÍCIE	α para radiação solar (ondas curtas)	ϵ para radiações a temperaturas comuns (ondas longas)
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25
Caiação nova	0,12/0,15	0,90
Concreto aparente	0,65/0,80	0,85/0,95
Telha de barro	0,75/0,80	0,85/0,95
Tijolo aparente	0,65/0,80	0,85/0,95
Reboco claro	0,30/0,50	0,85/0,95
Revestimento asfáltico	0,85/0,98	0,90/0,98
Vidro incolor	0,06/0,25	0,84
Vidro metalizado	0,35/0,80	0,15/0,84

Figura 104 - Tabela de Absortância (g) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (ε) para radiações a) para rad temperaturas comuns (ondas longas). Fonte: ABNT NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2.

Fortaleza está localizada, dentro da classificação da ABNT NBR 15220-3 – Desempenho Térmico de Edificações, na Zona Bioclimática 8. A referida Norma tem as seguintes recomendações e necessidades para obtenção do Conforto Térmico nas edificações desta Zona.

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO.

Abertura para ventilação	Sombreamento das aberturas
Grandes	Sombrear aberturas

Figura 105 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 8. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3.

VEDAÇÕES EXTERNAS.

Vedações externas
Parede: leve refletora
Cobertura: leve refletora
Notas: 1 Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios acima, poderão ser aceitas na Zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas. 2 Na Zona 8, também serão aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima dos valores tabelados, desde que atendam às seguintes exigências: a) contenham aberturas para ventilação em, no mínimo, dois beirais opostos; e b) as aberturas para ventilação ocupem toda a extensão das fachadas respectivas. Nestes casos, em função da altura total para ventilação, os limites aceitáveis da transmitância térmica poderão ser multiplicados pelo fator (FT) indicado pela expressão $FT = 1,17 - 1,07 \cdot h - 1,04$ Onde: FT igual ao fator de correção da transmitância aceitável para as coberturas da zona 8 (adimensional); h igual à altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros Para cobertura sem forro ou com ático não ventilados, $FT=1$.

Figura 106 - Tipos de vedações externas para a Zona Climática 8. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3.

ESTRATÉGIA.

Estação	Estratégia
Verão	J) Ventilação cruzada permanente Nota: O condicionamento passivo será suficiente durante as horas mais quentes.

Figura 107 - Estratégia de condicionamento térmico passivo para a Zona Climática 8. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3.

DETALHAMENTO DA ESTRATÉGIA.

Estratégia	Detalhamento
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

Figura 108 - Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico. Resumido de: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3.

DETALHAMENTO DAS ABERTURAS.

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Figura 109 - Abertura para ventilação. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3.

DETALHAMENTO DAS VEDAÇÕES.

Vedações externas		Transmitância térmica – U $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	Atraso térmico- ϕ Hora	Fator solar- FS_o %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,30$	$FS_o \leq 5,0$
	Refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,30$	$FS_o \leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,50$	$FS_o \leq 3,5$
Coberturas	Leve	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,30$	$FS_o \leq 6,50$
	Refletora	$U \leq 2,30$	$\phi \leq 3,30$	$FS_o \leq 6,50$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,50$	$FS_o \leq 6,50$
Notas.				
1. Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar.				
2. Aberturas efetivas para ventilação são dadas em percentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).				
3. No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado e forro).				

Figura 110 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa. Fonte: ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3.

Também as Diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 8 (ver Figura 13/p.40) da citada NBR, fundamentaram a análise das 5 edificações com os parâmetros, condições de contorno e diretrizes de construtivas (Figuras 105 a 110)

O ar que penetra nas habitações corretamente orientadas para a captação máxima que promova o equilíbrio térmico, se comporta, segundo pesquisa de GIVONI (1976), como apresentado nas diversas simulações abaixo (Figura 111):

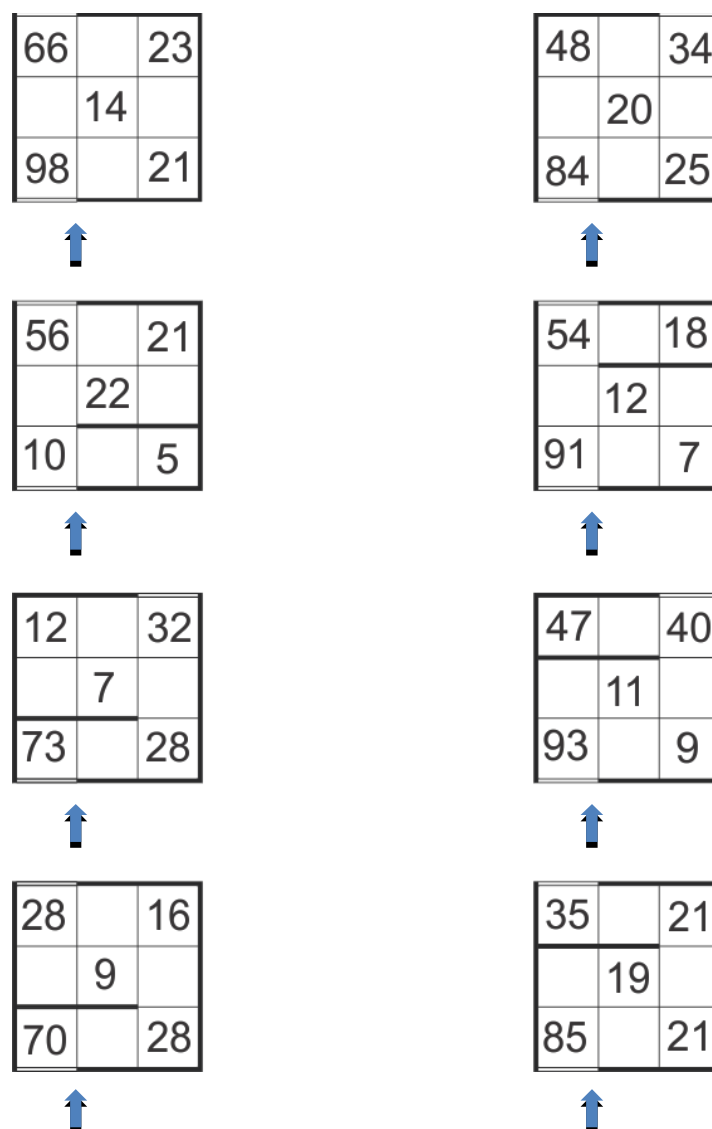


Figura 111 - Efeitos das subdivisões interiores na velocidade do ar interno. Fonte: Desenho da autora baseado em GIVONI, 1976.

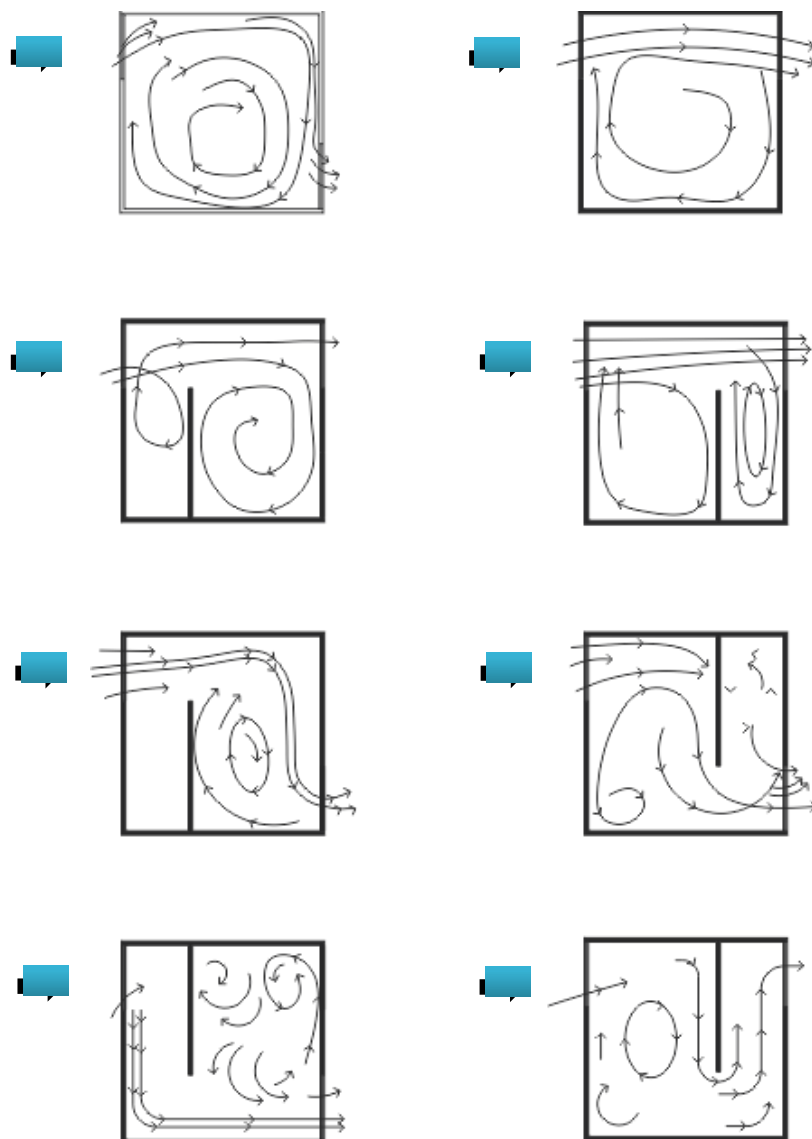


Figura 112 - Padrões de escoamento do ar em espaços interno em modelos com diferentes subdivisões. Fonte: Desenho da autora baseado em GIVONI, 1976.

As velocidades foram menores quando a partição posicionou-se na frente e mais perto da janela de entrada; quando o ar tinha que mudar de direção logo à entrada; as melhores condições foram obtidas quando a partição estava mais perto da saída, isto é, portanto, a ventilação mais satisfatória possível em edificações onde o ar tem que passar de uma sala para outra, desde que as conexões entre as salas permaneçam abertas quando a ventilação for necessária. É preferível que o ambiente por onde entra o vento seja o maior (Figura 112).

RESULTADOS

LOCALIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES PESQUISADAS

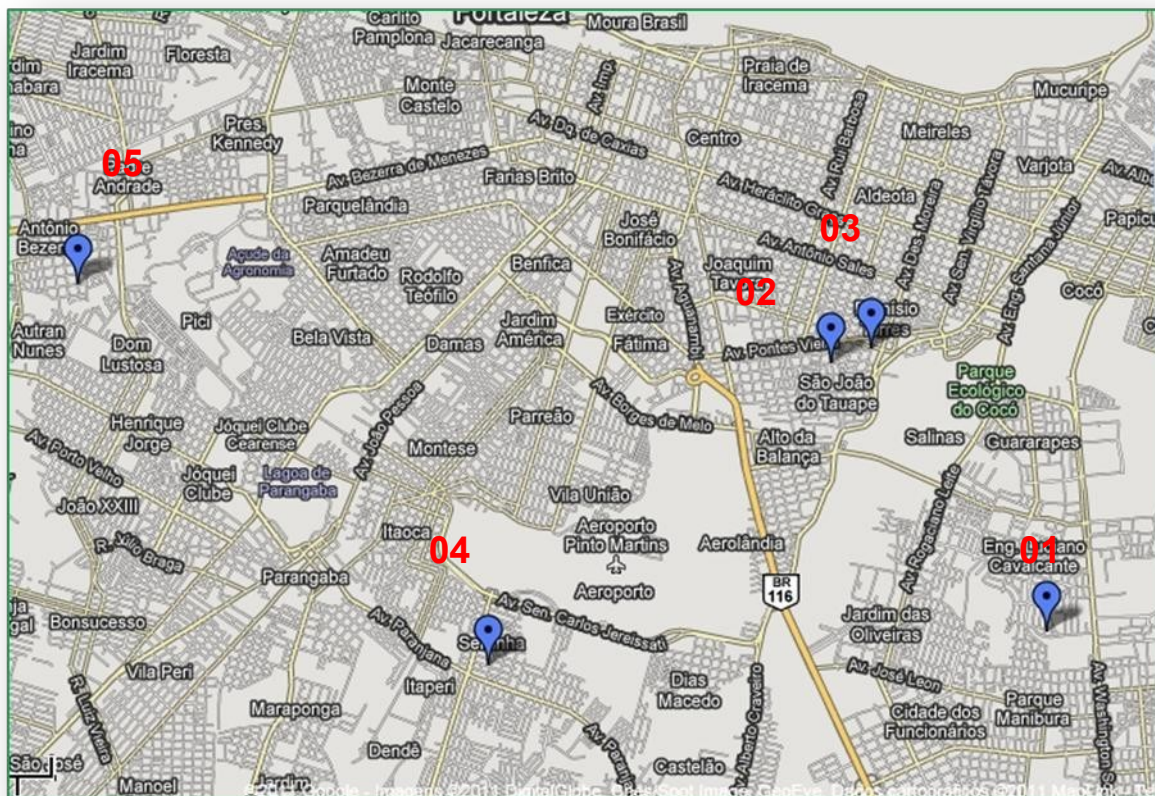


Figura 113 - Localização das Edificações Pesquisadas. Fonte: Google Maps.

Localização das Edificações Pesquisadas.

01. Rua Hélio da Silveira Reis, 453. Luciano Cavalcante.
02. Rua Tibúrcio da Frota, 1137. Tauape.
03. Rua Isaac Amaral, 550. Dionísio Torres.
04. Rua Montevideu, 411, Serrinha.
05. Rua Padre Arteiro, 159, Antônio Bezerra.

COMPORTAMENTO TÉRMICO - CASA 01(LUCIANO CAVALCANTE).

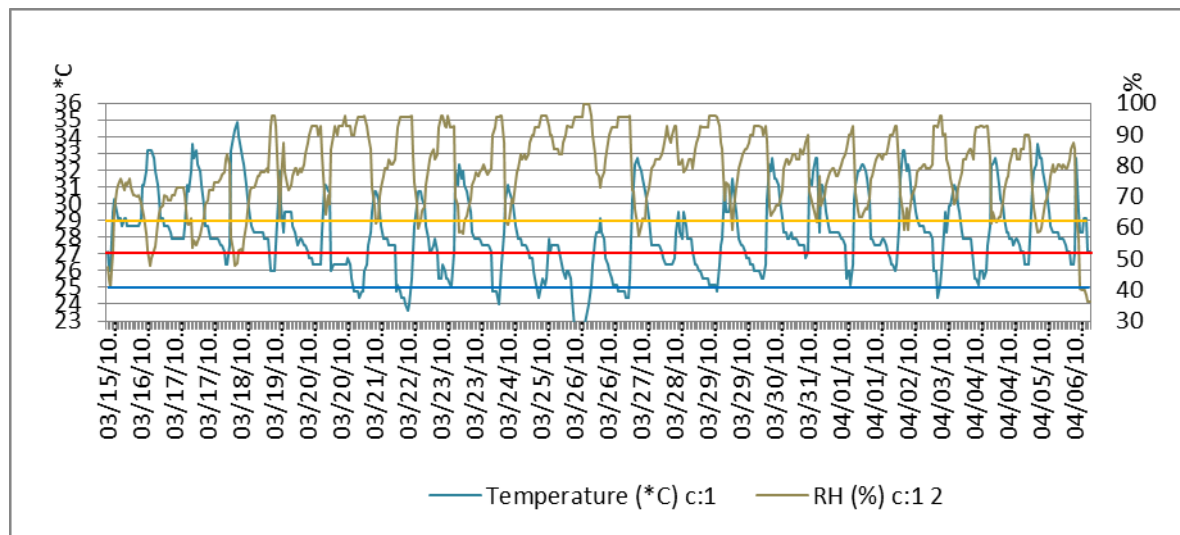


Figura 114 - Temperatura (°C) e Umidade Relativa do Ar (RH) – exterior.

- Limite inferior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo a Olgyay nos trópicos.

O Sensor externo HOBO da Casa 01 registrou temperatura mínima de 22,48°C e máxima de 34,43°C, com temperatura média de 28,2°C que pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza está dentro da faixa de conforto. Assim como GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida nos limites entre 25 °C e 29°C. No entanto, para o método ASHRAE, cujo limite máximo de conforto é 26°C, o período de desconforto seria muito maior.

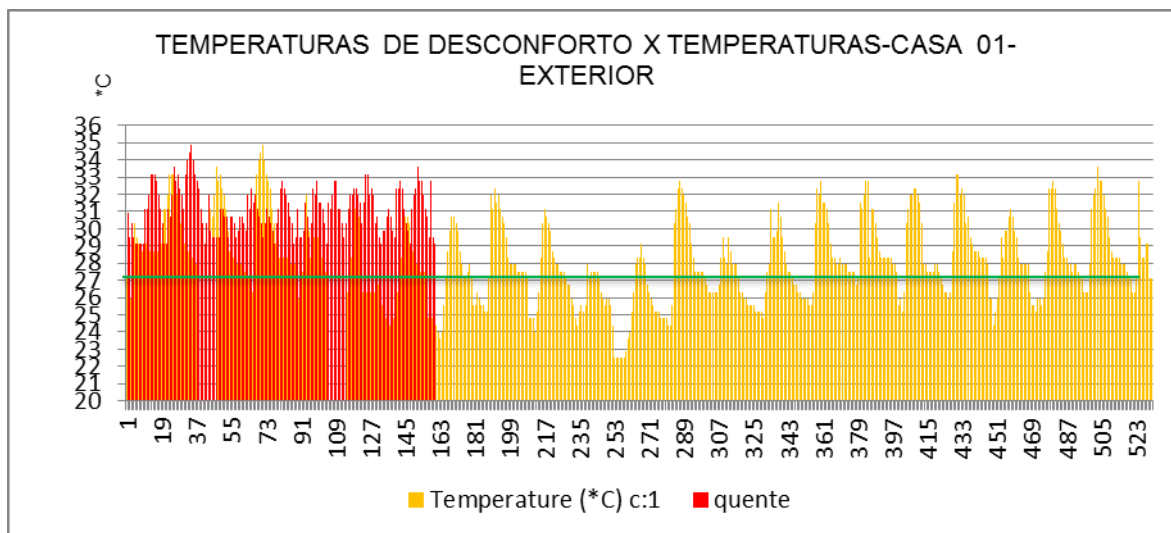


Figura 115 - Temperaturas de desconforto x Temperaturas – Exterior.

— Temperatura (°C) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Analisando-se os dados obtidos (Figura 114) encontram-se 160 eventos acima dessa temperatura, equivalentes a 30% do tempo pesquisado (Figura 115), no intervalo entre 7,0h e 17,0h, percentual bem mais confortável que os 87,10% considerados em desconforto na tabela de Estratégias Bioclimáticas (ver figura 99, p.107).

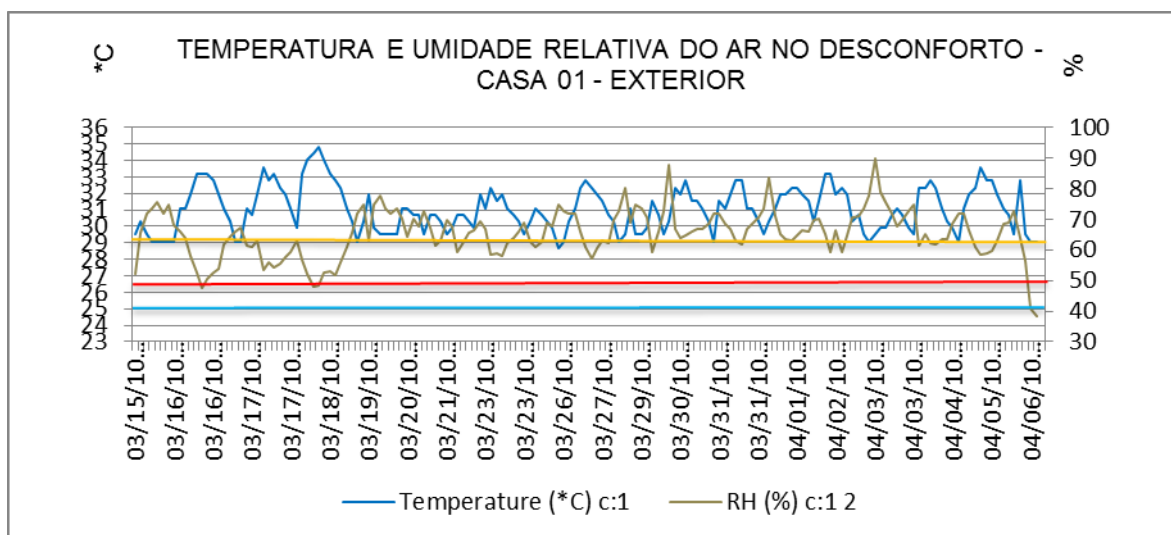


Figura 116 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar em desconforto – Exterior.

— Limite inferior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Limite superior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

A umidade relativa do ar está entre 36% e 95,9%, com a máxima acima dos limites que preceituam os índices referenciais escolhidos.

Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperatura que a média de temperatura em desconforto é de 30,88°C (pouco acima do limite de conforto estabelecido) e que a umidade relativa do ar média é de 64,33% (Figura 116), o que mantém a média encontrada dentro dos limites de conforto acima citado.

Observa-se que os valores ficam sempre nas proximidades dos limites superiores de temperatura e umidade estabelecidos, com um período de predominância em desconforto no início do registro de dados

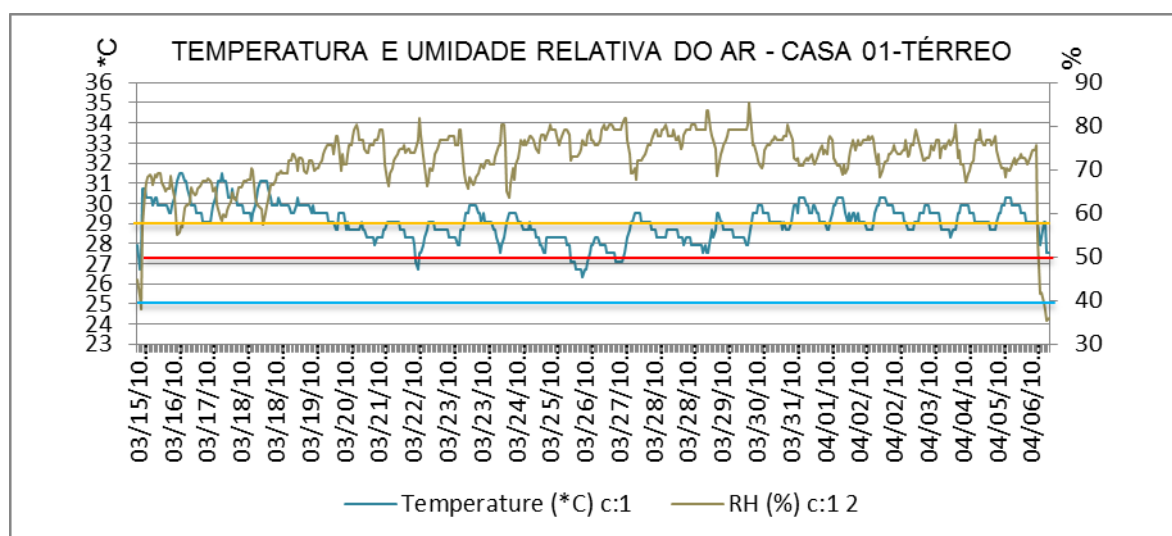


Figura 117 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Térreo.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

O sensor interno localizado na sala de estar registrou temperatura mínima de 25,95 $^{\circ}\text{C}$ e máxima de 31,93 $^{\circ}\text{C}$, com temperatura média de 29,67 $^{\circ}\text{C}$ que pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza está um pouco acima do limite superior da faixa de conforto, assim como GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida nos limites entre 25 $^{\circ}\text{C}$ e 29 $^{\circ}\text{C}$; no entanto, para o método ASHRAE, cujo limite máximo de conforto é 26 $^{\circ}\text{C}$, o período de desconforto seria muito maior. Analisando-se os 532 dados obtidos (Figura 117) encontram-se 319 eventos acima

dessa temperatura, equivalentes a 60% do tempo pesquisado (Figura 118), sem horário específico, mas o intervalo de 14,0h às 17,0h tem alguma frequência mais significativa. A umidade relativa do ar está entre 65% e 80%, dentro dos limites que preceituam os índices referenciais escolhidos. Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperatura que a média de temperatura em desconforto é de 29,67 °C (pouco acima do limite de conforto estabelecido) e que a umidade relativa do ar média é de 70,3% (Figura 119), o que mantém a média encontrada dentro do limite de conforto acima citado.

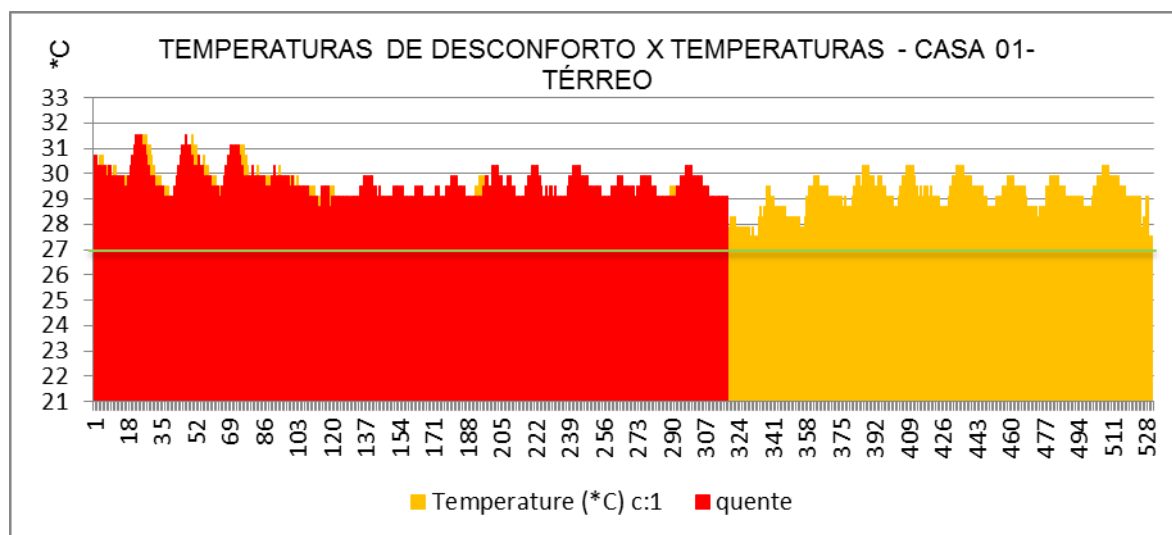


Figura 118 - Temperaturas de desconforto x Temperaturas – Térreo.

— Temperatura (°C) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Também aqui os valores ficam sempre nas proximidades dos limites superiores de temperatura e umidade estabelecidos.

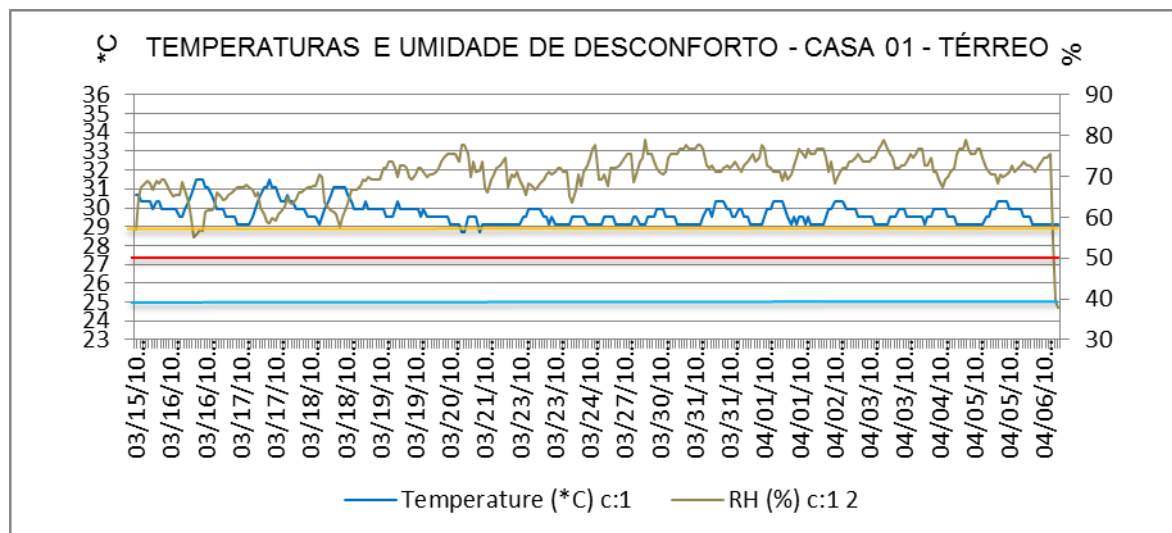


Figura 119 - Temperaturas e Umidade relativa do ar em desconforto – Térreo.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgay para os trópicos.

No sensor interno localizado no gabinete, pavimento superior, registrou temperatura mínima de $29,1^{\circ}\text{C}$ e máxima de $31,9^{\circ}\text{C}$, com temperatura média de $29,84^{\circ}\text{C}$; pela Carta Bioclimática de Olgay/Givoni para Fortaleza está acima do limite da faixa de conforto, assim como em GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida entre 25°C até o limite de 29°C ; no entanto, para o método ASHRAE, cujo limite máximo de conforto é 26°C , o período de desconforto seria bem maior. Analisando-se os 532 dados obtidos (Figura 120) encontram-se 351 eventos acima dessa temperatura, equivalentes a 66% do tempo pesquisado (Figura 121), praticamente o dia todo, pois os eventos de conforto ocorrem nos horários da madrugada; dos ambientes pesquisados deste imóvel é o mais desconfortável, muito provavelmente pela barreira do muro alto em consonância com seu posicionamento geológico.

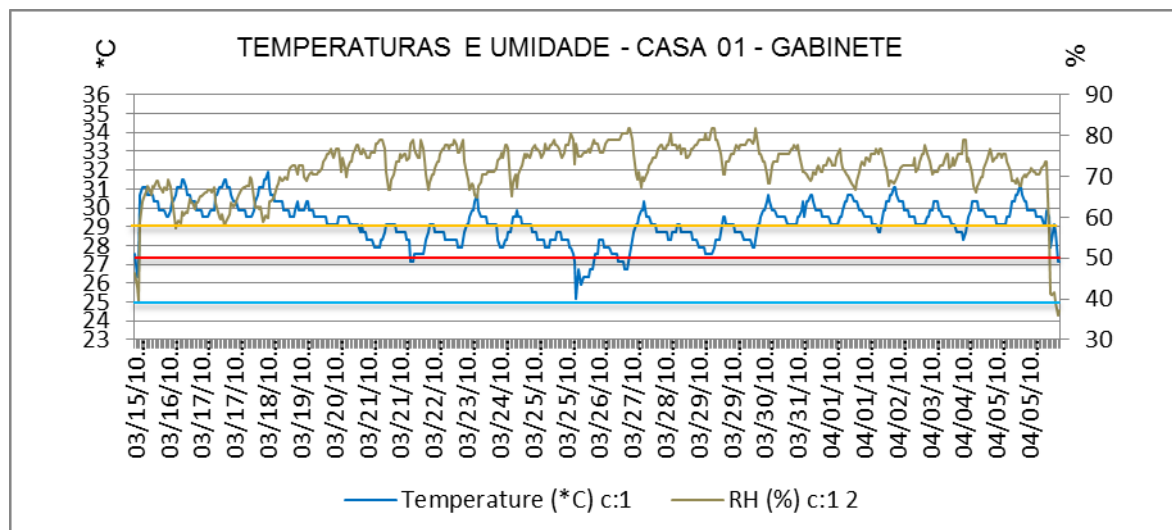


Figura 120 - Temperaturas e Umidade relativa do ar – Gabinete.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgay para os trópicos.

A umidade relativa do ar está entre 37,8% e 77,8%, dentro dos limites que preceituam os índices referenciais escolhidos. Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperaturas que a média de temperatura em desconforto é de $29,82^{\circ}\text{C}$ (pouco acima do limite de conforto estabelecido) e que a umidade relativa do ar média é de 70,3% (Figura 122), o que mantém a média encontrada dentro do limite de conforto acima citado. Observe-se que os valores ficam sempre nas proximidades dos limites superiores de temperatura e umidade estabelecidos.

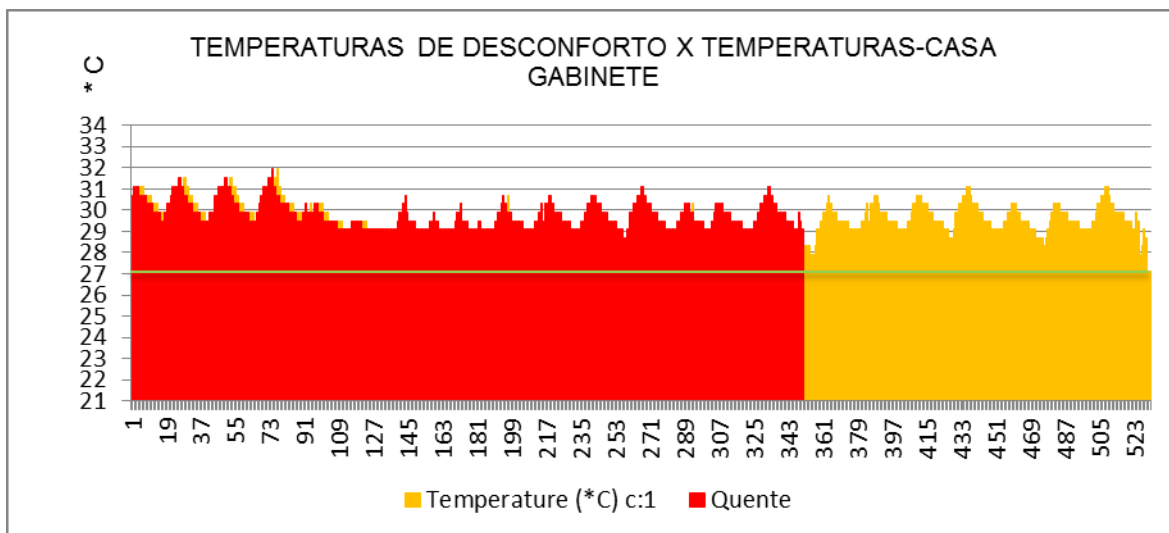


Figura 121 - Temperaturas de desconforto x Temperaturas – Gabinete.

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

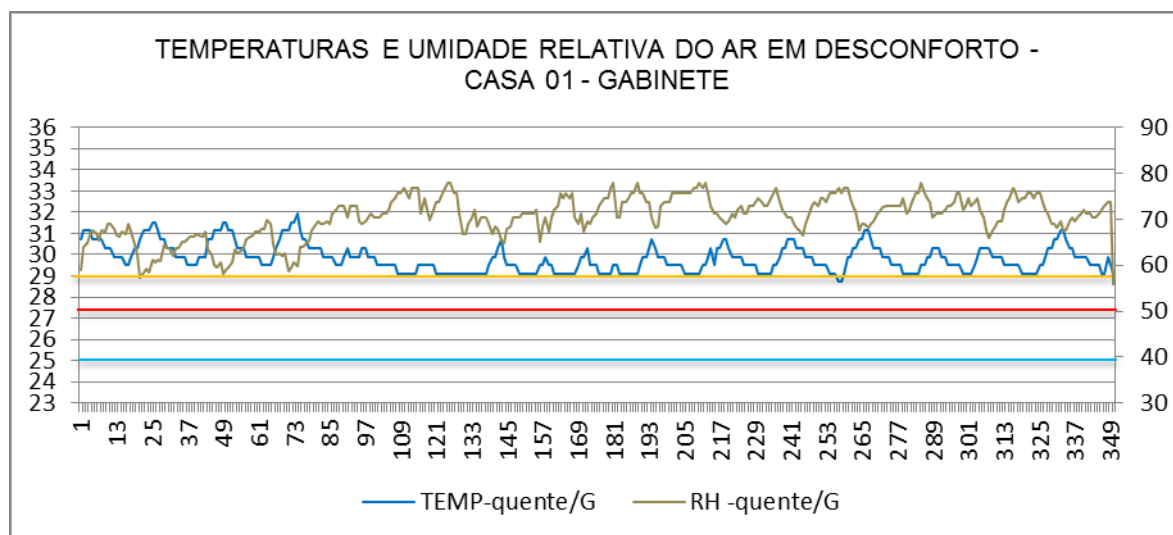


Figura 122 - Temperaturas e Umidade Relativa do Ar em Desconforto – Gabinete.

— Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo a Olgyay para os trópicos.

Pelo gráfico comparativo das temperaturas, cujos dados obtidos através do monitoramento do episódio representativo de 16 de abril a 06 de março, no bairro de Luciano Cavalcante, pode-se observar o maior gradiente dos dados no sensor externo, levando-se a concluir que a edificação regula as variáveis temperatura e a umidade relativa do ar tornando-as mais estáveis, ainda que com temperaturas mais elevadas.

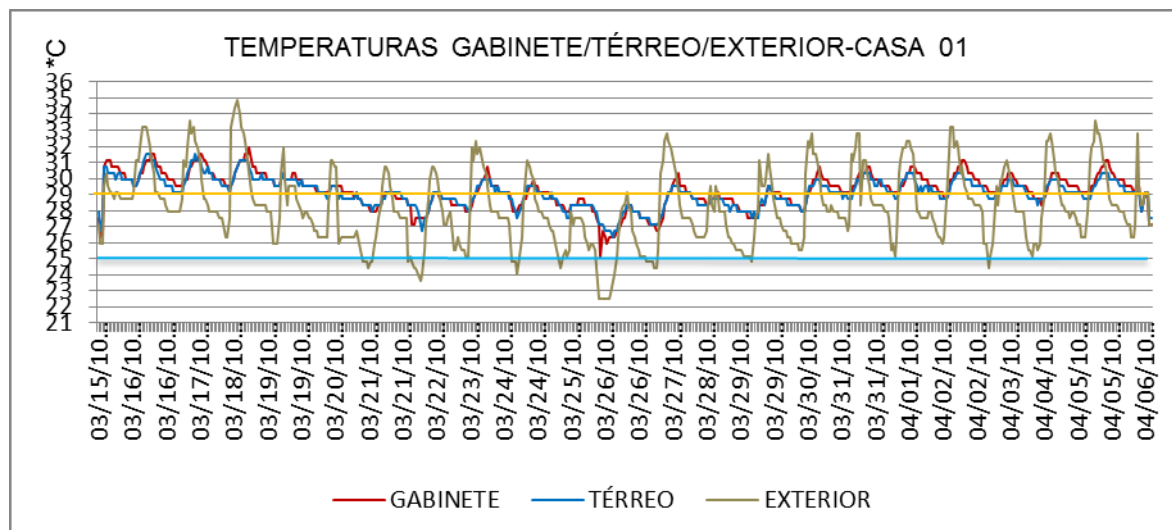


Figura 123 - Variação dos valores das temperaturas externa e internas.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Embora a média da temperatura externa esteja dentro da área de conforto com base na Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza, que preconiza que a área de conforto pela temperatura está compreendida entre 25°C e 29°C , é nesta área que se constata os limites extremos de máximo – $34,85^{\circ}\text{C}$ e mínimo – $22,48^{\circ}\text{C}$, uma amplitude de $12,37^{\circ}\text{C}$ e o valor da máxima mais de 1°C acima da máxima de Fortaleza para os meses de março e abril que é de 29°C , no entanto a mínima está próxima à mínima histórica da cidade para o período que é de 23°C , e a média de $28,17^{\circ}\text{C}$ está acima da média registrada que é de 27°C (THE WEATHER CHANNEL, 2011). Por ser um bairro pouco adensado, sem verticalização, é de se estranhar a ocorrência, levando-se a crer numa influência do muro de cor clara, próximo ao sensor, refletindo os raios solares da segunda metade da manhã, em torno das 10,00h, quando a posição do sol já ultrapassou as barreiras edificadas que lhe sombreavam; o motivo inverso, ou seja, o sombreamento pelo muro parece justificar o fato de não ser o limite de temperatura máxima alcançado nos horários de radiações mais fortes, entre 12,00h e 15,00h.

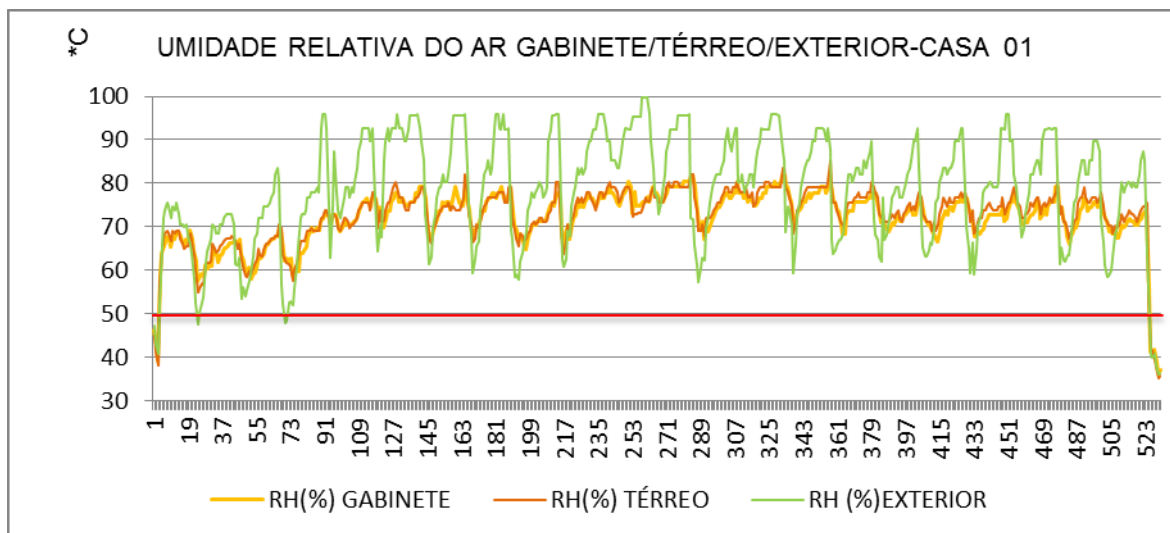


Figura 124 - Umidade Relativa do Ar nos três sensores.

— Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

Outrossim, as aberturas (esquadrias) não parecem cumprir a função de captoras de ar externo suficientemente para promover a ventilação cruzada com eficiência, já que, com exceção do ático aberto, todas as outras recomendações e diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local estão atendidas. Isto se deve pela implantação equivocada (Figuras 38 e 39) da edificação, pois, estando voltada para o oeste, não poderia ter ambientes de curta permanência, como banheiros, por exemplo, impedindo o fluxo de ar que minimize o atraso térmico dos ambientes de permanência prolongada como sala de estar e gabinete posicionados a oeste, submetidos a um regime periódico de transmissão de calor.

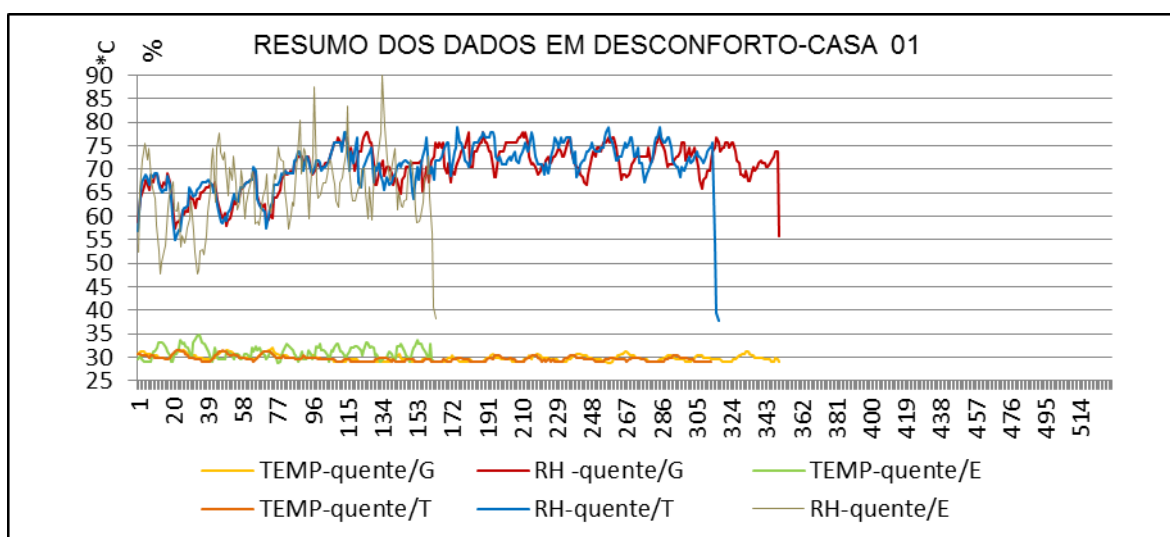


Figura 125 - Temperatura e Umidade em desconforto nos três sensores.

Na realidade os ambientes de permanência prolongada citados possuem grandes aberturas a oeste, que funcionam como receptoras de irradiação solar, sem a contrapartida das esquadrias colhedoras dos ventos dominantes de sudeste,

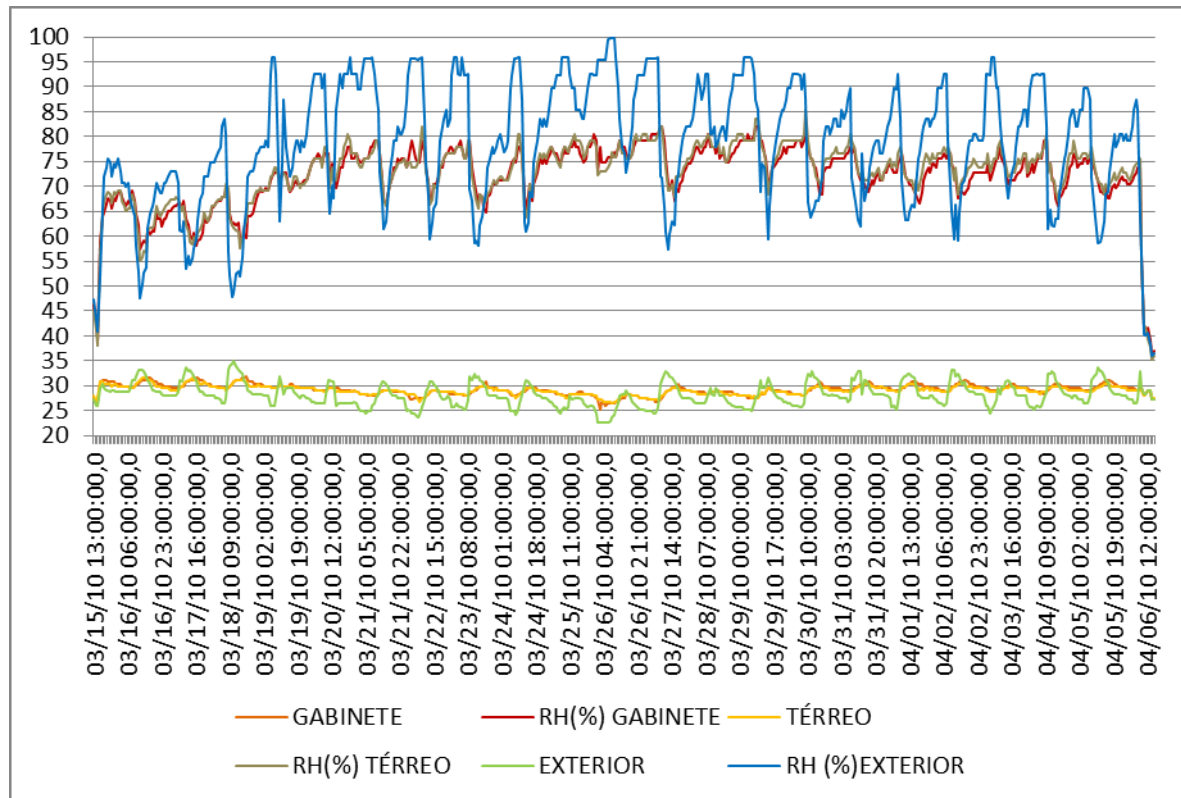


Figura 126 - Resumo dos Dados Coletados.

COMPORTAMENTO TÉRMICO - CASA 02 - TAUAPE.

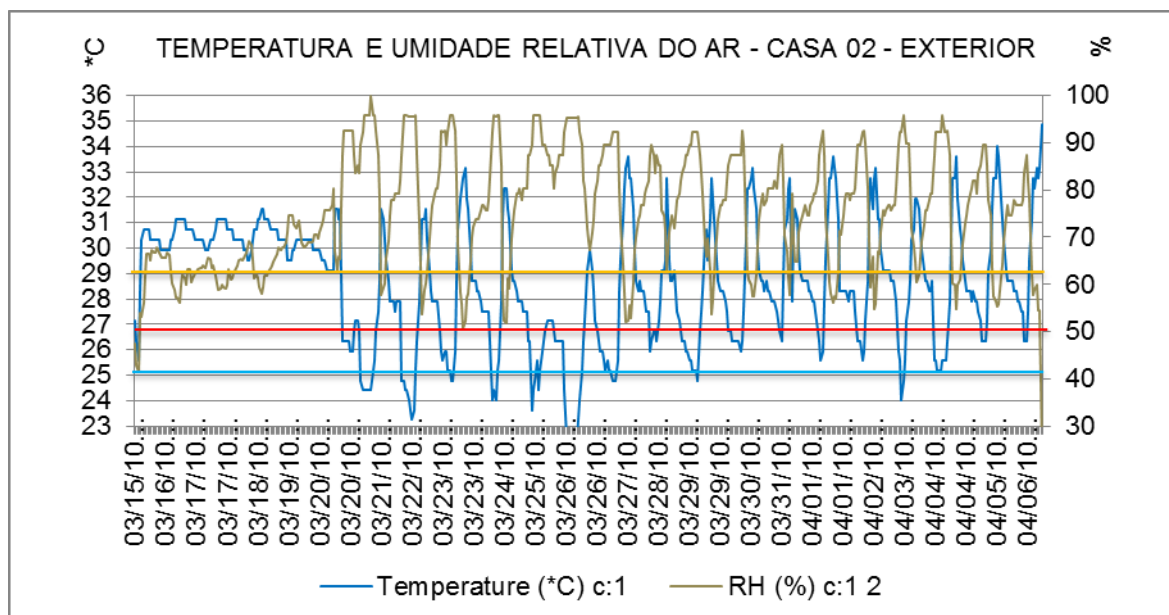


Figura 127 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar Exterior.

- Limite inferior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Pelo Sensor externo HOBO da Casa 02, a temperatura mínima é de 22,48 °C, a máxima é de 34,85 °C, média é de 28,6 °C, média esta que, pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni e ASHRAE para Fortaleza, está dentro da faixa de conforto, de acordo com GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos, cuja área de conforto pela temperatura está compreendida entre 25° e o limite de 29 °C.

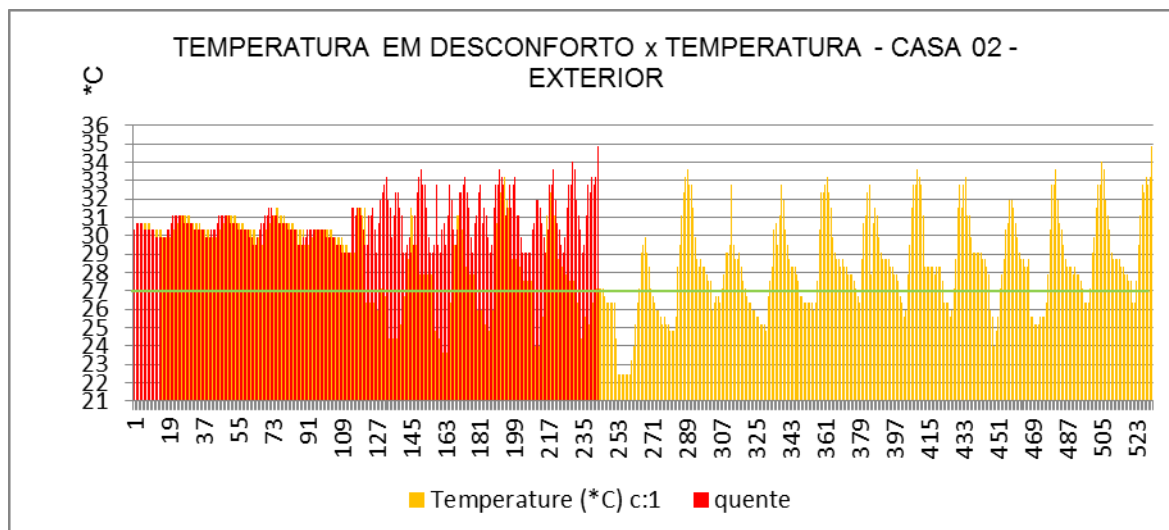


Figura 128 - Temperatura em Desconforto X Temperatura – Exterior.

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Analisando-se os 523 dados obtidos encontram-se 243 eventos acima dessa temperatura limite, equivalentes a 46,5% do tempo pesquisado (Figura 128). Observa-se que o período em desconforto e o período em conforto não estão ligados essencialmente a horários, mas a intervalos maiores – de dias seguidos. Note-se que no período do levantamento, época de chuvas, o vento vai à sua mínima velocidade (FUNCENE, 2011), a umidade aumenta, com ela há o incremento da nebulosidade, e chove; quando chove o tempo resfria. O decréscimo da temperatura nos leva a supor que o fenômeno ocorreu durante o período de observação, principalmente pelo fato do sensor ter ficado sobre um pergolado totalmente exposto aos raios solares, sem elementos de sombra; somente a ventilação, e a nebulosidade característica desta época do ano poderiam justificar o início de um período de conforto com queda de temperatura em até doze graus ocorrida após um período de desconforto predominante de três dias.

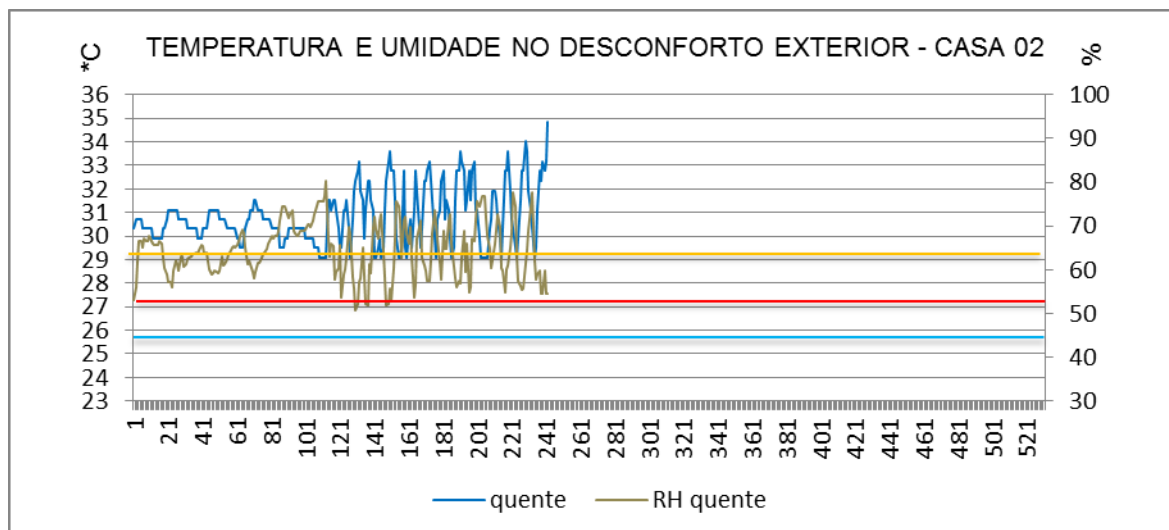


Figura 129 - Temperatura em desconforto x Temperatura.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Mesmo com quase a metade do tempo em desconforto, ainda assim é um valor mais confortável que os 87,10% considerados em desconforto da tabela de Estratégias Bioclimáticas (ver figura 99, p.107). Note-se também que a temperatura é relativamente estável durante o período do dia e da noite. A umidade relativa do ar máxima é de 96% (externa), está acima dos limites que preceituam os índices referenciais escolhidos; a mínima é de 23% (externa), abaixo dos limites referenciais; vale ressaltar que estes extremos são eventos esporádicos. Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperaturas que a média de temperatura em desconforto é de $30,8^{\circ}\text{C}$ (acima do limite de conforto estabelecido) e que a umidade relativa do ar média é de 64,65% (Figura 129), o que mantém a média encontrada dentro do limite de conforto acima citado.

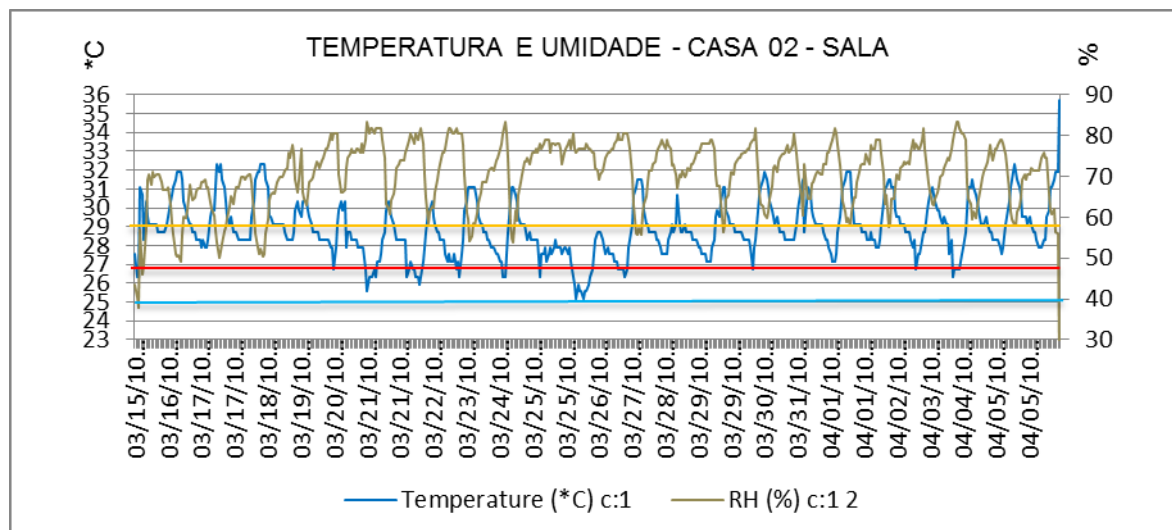


Figura 130 - Temperatura e Umidade – Sala.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

O sensor interno localizado na sala de estar registrou temperatura mínima de $25,17^{\circ}\text{C}$ e máxima de $32,34^{\circ}\text{C}$, com temperatura média de $28,89^{\circ}\text{C}$ que pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza está dentro do limite superior da faixa de conforto, assim como GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida nos limites entre 25°C e 29°C .

Analisando-se os 532 dados obtidos (Figura 130) encontram-se 243 eventos acima dessa temperatura, equivalentes a 45,7% do tempo pesquisado (Figura 131), no período que vai das 08/09,0h até as 20/23,0h. A umidade relativa do ar está entre 50% e 81%, valores que podem ser considerados dentro dos limites que preceituam os índices referenciais escolhidos que estão entre 30% e 80%. Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperatura que a média de temperatura em desconforto é de $30,22^{\circ}\text{C}$ (pouco acima do limite de conforto estabelecido) e que a umidade relativa do ar média é de 64,36% (Figura 132), o que mantém a média encontrada dentro do limite de conforto acima citado.

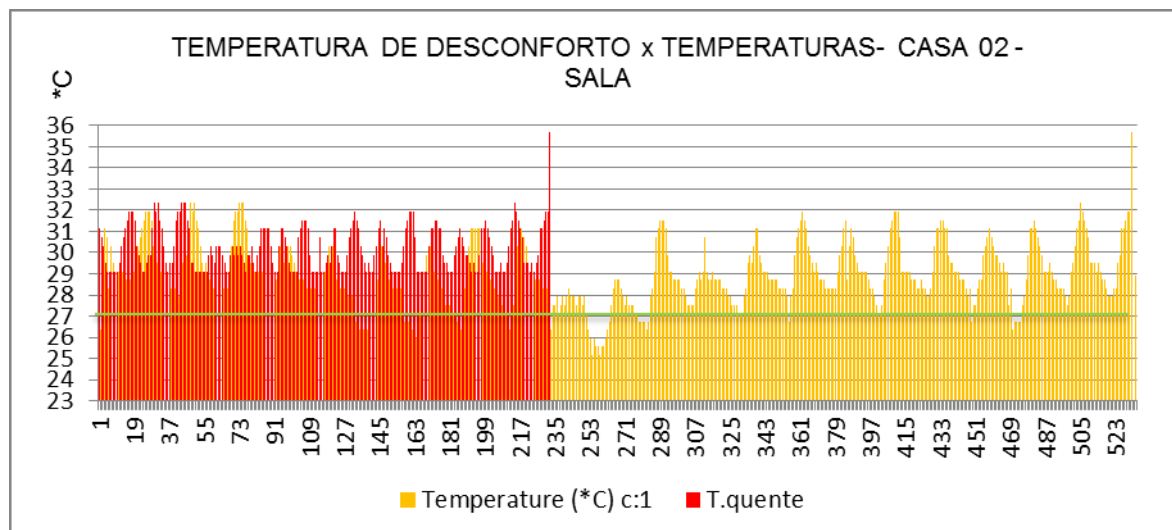


Figura 131 - Temperaturas de Desconforto x Temperaturas – Sala.

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Embora a casa tenha grandes aberturas, elas não conseguem compensar o desequilíbrio térmico proporcionado por: equívoco na locação – as aberturas dos ambientes de permanência estão para nordeste e os ventos dominantes estão para sudeste; baixo pé-direito; cobertura de fibrocimento escurecida, com grande transmitância térmica; a área é rebaixada em relação à parte da frente da casa, apesar da laje estar isolada com lã de vidro, o telhado estar sobre um ático aberto de fachada a fachada, as esquadrias serem grandes e protegidas por beirais como sugere a NBR 15220/2005 para a Zona Climática 8.

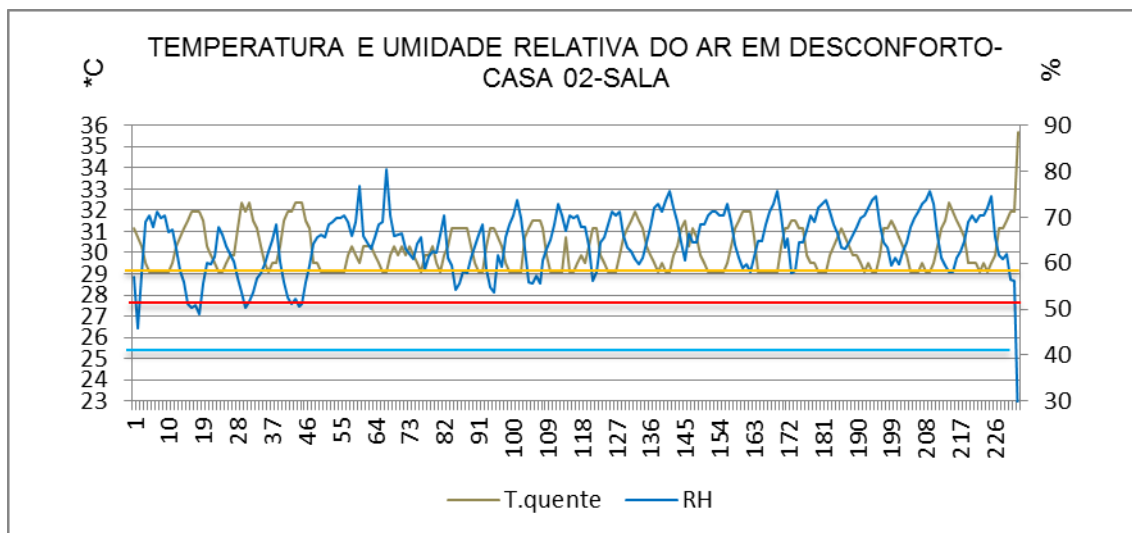


Figura 132 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar em desconforto – Sala.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

O sensor interno localizado no quarto registrou temperatura mínima de $25,56^{\circ}\text{C}$ e máxima de $31,93^{\circ}\text{C}$, com temperatura média de $29,16^{\circ}\text{C}$ que pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza está acima do limite superior da faixa de conforto, assim como GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida nos limites entre 25°C e 29°C .

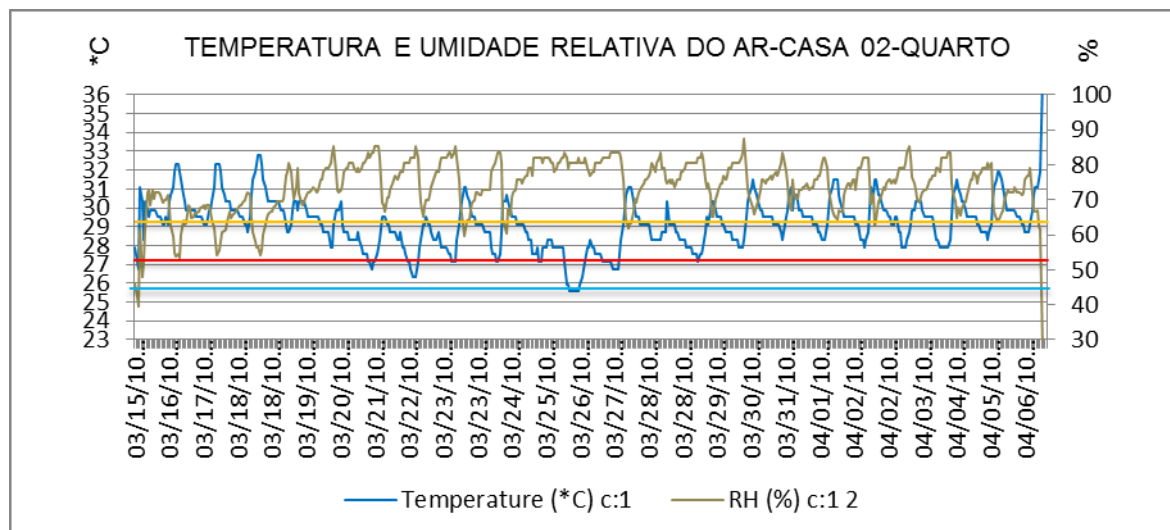


Figura 133 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Quarto.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgay para os trópicos.

Analisando-se os 532 dados obtidos (Figura 133) encontram-se 323 eventos acima dessa temperatura, equivalentes a 60,7% do tempo pesquisado (Figura 134), sem horário específico, numa variação impossível de se estabelecer uma rotina, como por exemplo, ocorreu no início dos registros: quatro dias ininterruptos de desconforto, num segundo instante, intervalos curtos, entre 13,0h e 17,0h de desconforto em seguida, três dias de conforto sem registros de desconforto; no mais o intervalo entre 09,0h às 17,0h tem alguma frequência mais significativa. A umidade relativa do ar está entre 50% e 82%, além do limite máximo dos índices referenciais escolhidos, o que se pode atribuir à densa vegetação nas proximidades do ambiente.

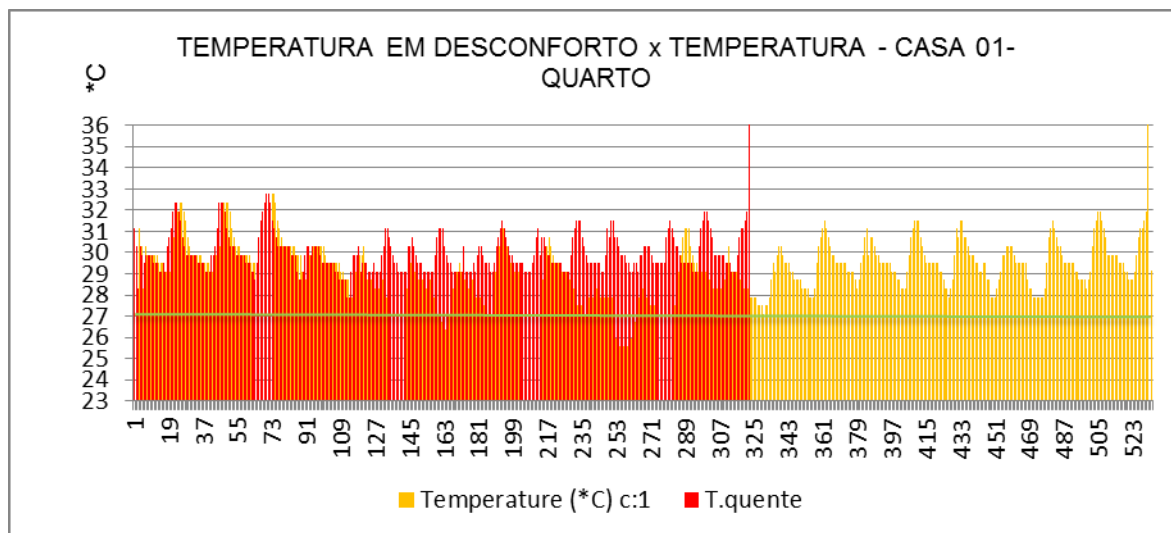


Figura 134 - Temperatura em Desconforto x Temperatura – Quarto.

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperatura que a média de temperatura em desconforto é de $30,22^{\circ}\text{C}$ (pouco acima do limite de conforto estabelecido) e que a umidade relativa do ar média é de 64,36% (Figura 135), o que mantém a média encontrada dentro do limite de conforto acima citado.

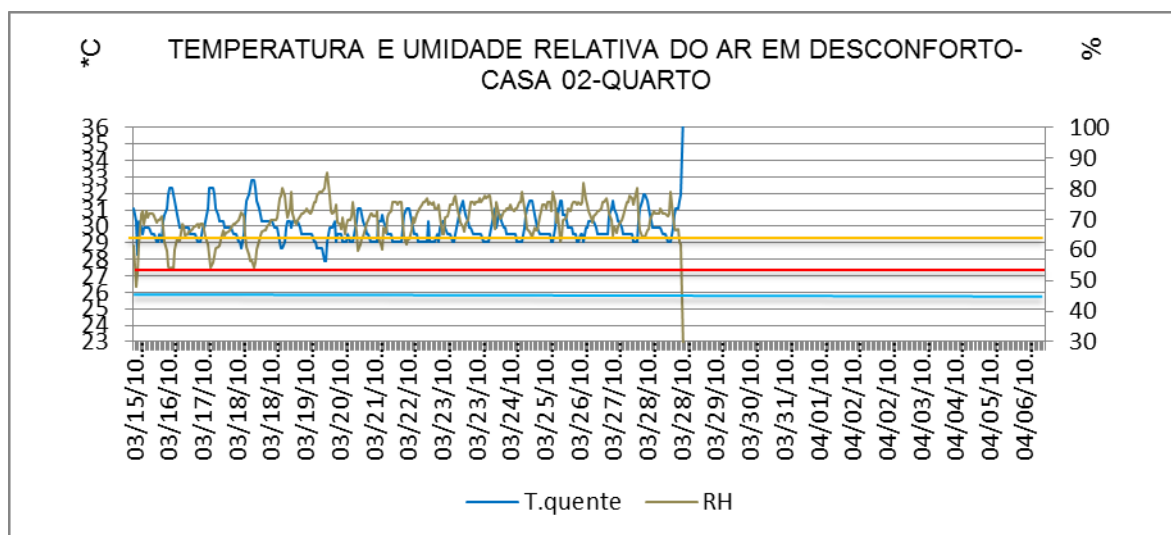


Figura 135 - Temperatura e Umidade relativa do ar em Desconforto – Quarto.

— Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

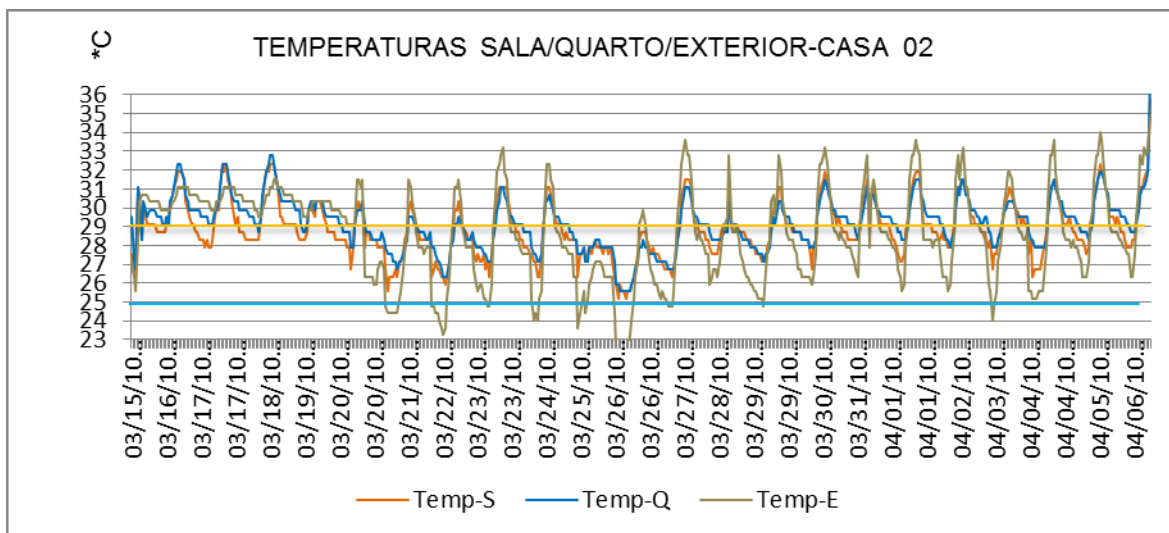


Figura 136 - Temperaturas Sala/Quarto/Exterior.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Pelo gráfico comparativo dos dados obtidos através do monitoramento do episódio representativo de 16 de abril a 06 de março, das Temperaturas, no bairro do Tauape, pode-se observar que os gradientes dos dados nos sensores externo e internos são muito semelhantes, levando-se a concluir que a edificação não regula as variáveis temperatura e a umidade relativa do ar, reproduzindo internamente as instabilidades externas de aquecimento e resfriamento, muito provavelmente motivadas pela alvenaria de tijolos cerâmicos de duas câmaras sem reboco.

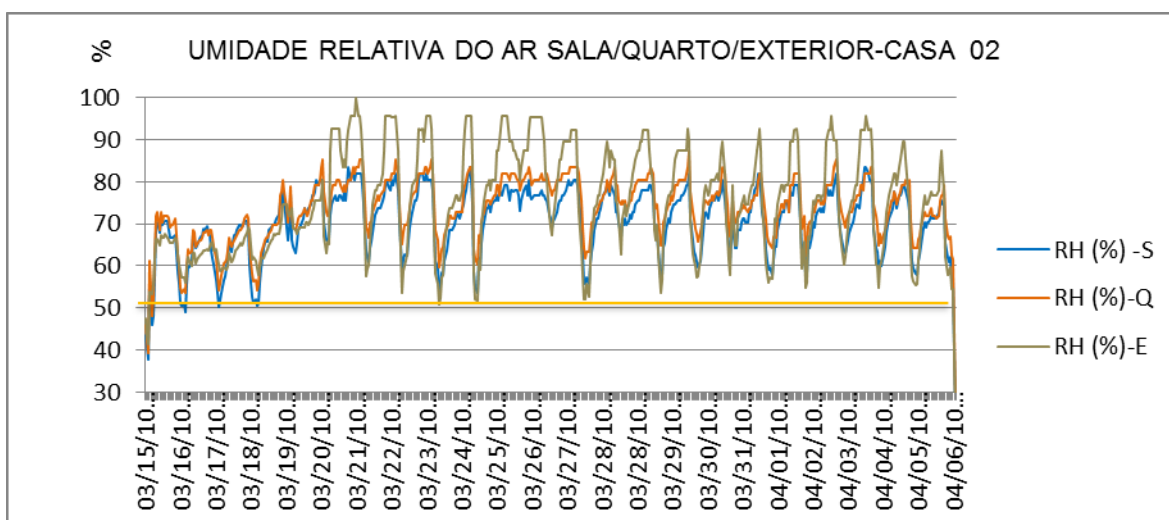


Figura 137 - Umidade Relativa do Ar nos três sensores.

- Umidade relativa do ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

A temperatura média externa – 28,6 °C está dentro da área de conforto com base na Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza, que preconiza que a área de conforto pela temperatura está compreendida entre 25°C e 29°C, mas o limite máximo – 34,85 °C, extrapola este limiar grandemente, causando estranheza, principalmente para uma temperatura interna, ainda mais levando-se em conta que está acima da máxima registrada no sensor externo exposto às radiações solares diretamente, tem grandes aberturas para a direção dos ventos dominantes (sudeste) só se justificando como um fato isolado.

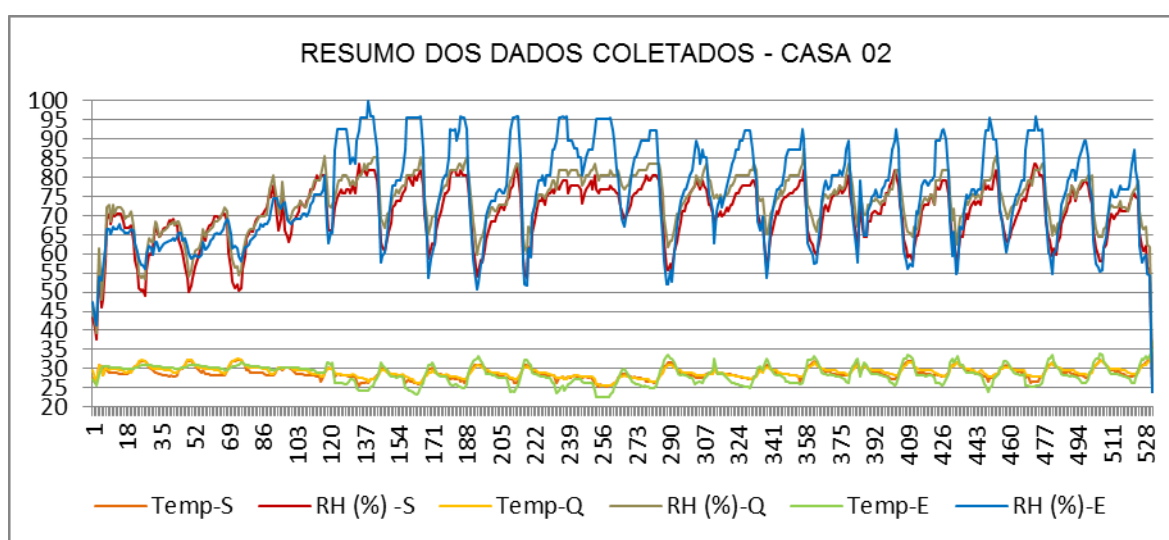


Figura 138 - Resumo dos dados coletados – Casa 02.

O limite mínimo – 22,48°C está abaixo do limite inferior registrado, numa amplitude entre mínima e máxima de 12,37°C. O valor da máxima está mais de 5 °C acima da máxima de Fortaleza para os meses de março e abril que é de 29 °C, no entanto a mínima está próxima à mínima histórica da cidade para o período que é de 23° C, e a média de 28,6°C está acima da média registrada que é de 27°C (THE WEATHER CHANNEL, 2011).

Outrossim, as aberturas (esquadrias) não parecem cumprir a função de captoras de ar externo suficientemente para promover a ventilação cruzada com eficiência, nem neutralizar as desconformidade com as recomendações e diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local da NBR 15220/2005 para a Zona Climática 8: pé direito baixo, paredes escuras e sem reboco, telha de fibrocimento, e laje de concreto aparente.

COMPORTAMENTO TÉRMICO – CASA 03 (DIONÍSIO TORRES)

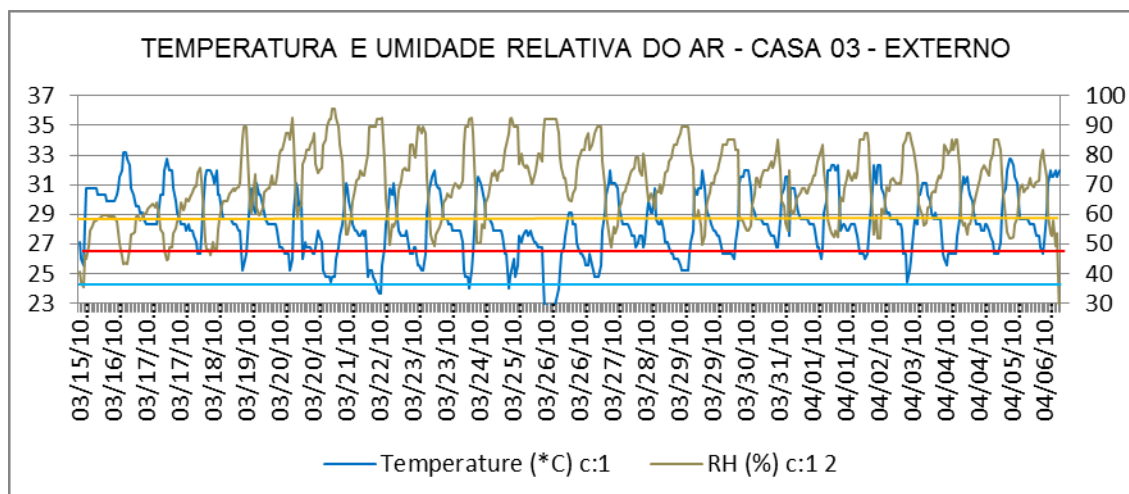


Figura 139 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Externo.

- Limite inferior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

O Sensor externo HOBO da Casa 03 registrou temperatura mínima de 22,48°C e máxima de 33,17°C com temperatura média é de 28,34 °C que pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza está dentro dos limites de conforto, assim como para GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida nos limites entre 25°C e 29°C, mas as temperaturas mínima e máxima estão mais de um e mais de quatro graus acima dos índices indicado.

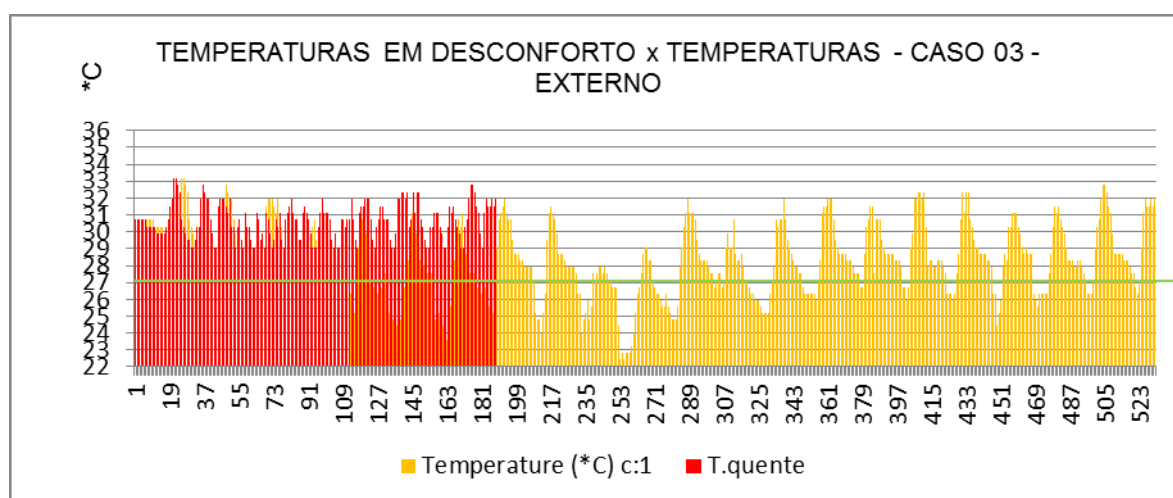


Figura 140 - Temperatura em desconforto x Temperatura.

- Temperatura (°C) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Analisando-se os dados obtidos (Figura 139) encontram-se 189 eventos acima da temperatura limite máxima, equivalentes a 35,5% do tempo pesquisado (Figura 140), concentrados no intervalo entre 8,0h/9,0h e 17,0h. A umidade relativa do ar está entre 35,6% e 85,3%, com a máxima acima dos limites que preceituam os índices referenciais escolhidos.

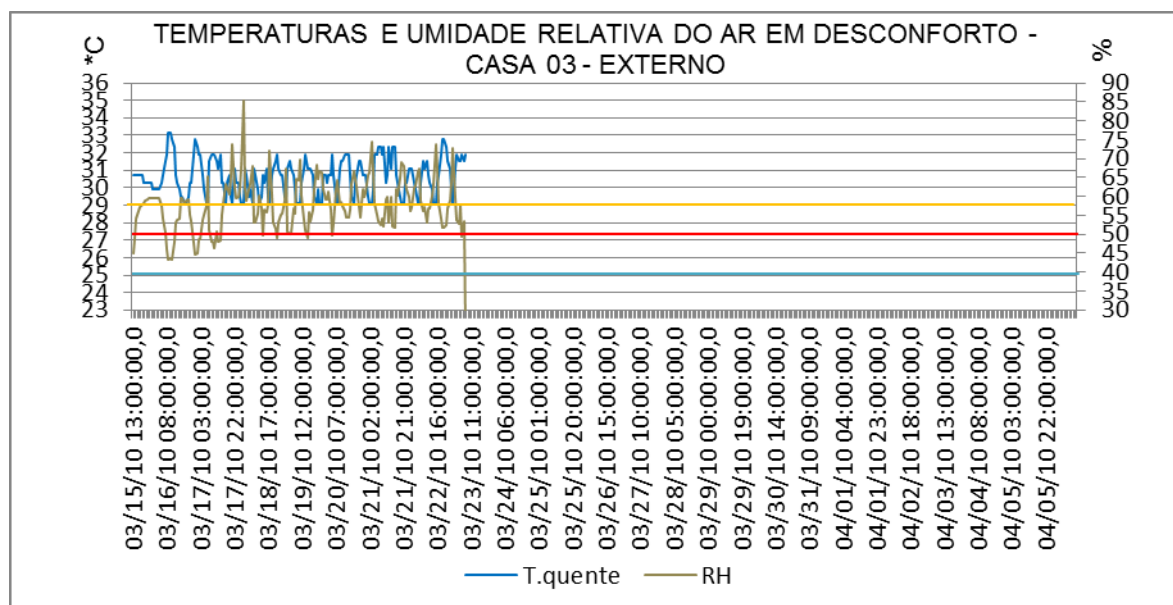


Figura 141 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar em desconforto – Casa 03 – Externo.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperatura que a média de temperatura em desconforto é de $33,07^{\circ}\text{C}$ (mais de quatro graus acima do limite de conforto estabelecido) e que a umidade relativa do ar média é de 57,6% (Figura 141), com mínima de 35,6% e a máxima de 85,3%, o que mantém a mínima e a média encontradas dentro dos limites de conforto anteriormente citados, mas a máxima está acima do valor máximo.

O Sensor interno HOBO da sala da Casa 03 registrou temperatura mínima de $23,63^{\circ}\text{C}$ e máxima de $34,43^{\circ}\text{C}$ com temperatura média de $28,63^{\circ}\text{C}$; pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza, está dentro da faixa de conforto, assim como em GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos.

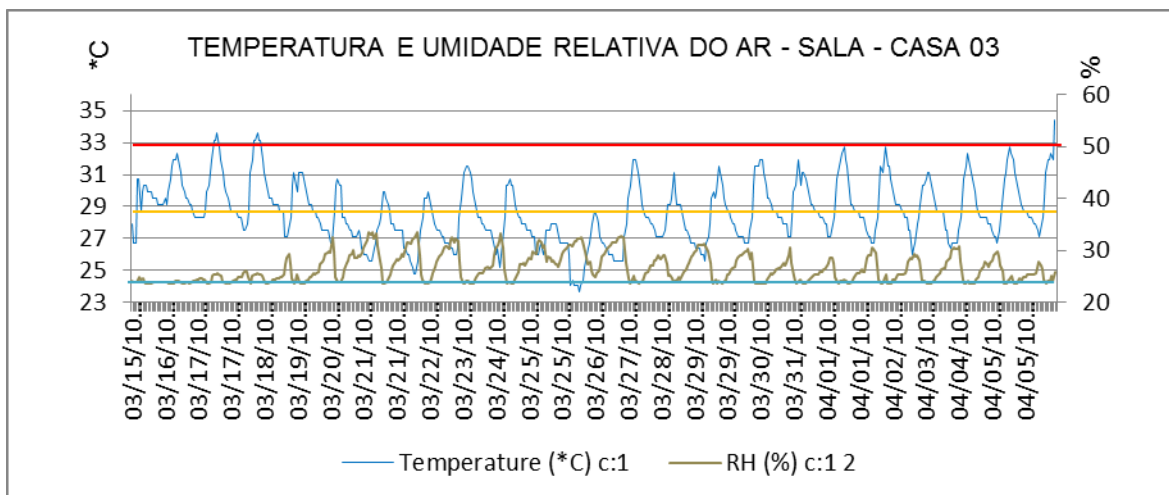


Figura 142 - Temperatura e umidade relativa do ar – sala.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgay para os trópicos.

O limite mínimo – $23,63^{\circ}\text{C}$ está abaixo do limite inferior indicado, numa amplitude entre mínima e máxima de $10,80^{\circ}\text{C}$. O valor da máxima está mais de 5°C acima da máxima de Fortaleza para os meses de março e abril que é de 29°C , no entanto a mínima está próxima à mínima histórica da cidade para o período que é de 23°C , e a média de $28,6^{\circ}\text{C}$ está acima da média registrada que é de 27°C (THE WEATHER CHANNEL, 2011). Analisando-se os dados obtidos (Figura 142) encontram-se 211 eventos acima dessa temperatura, equivalente a 40% do tempo pesquisado (Figura 143), marcadamente no intervalo entre 9,0h/10,0h e 20,0h.

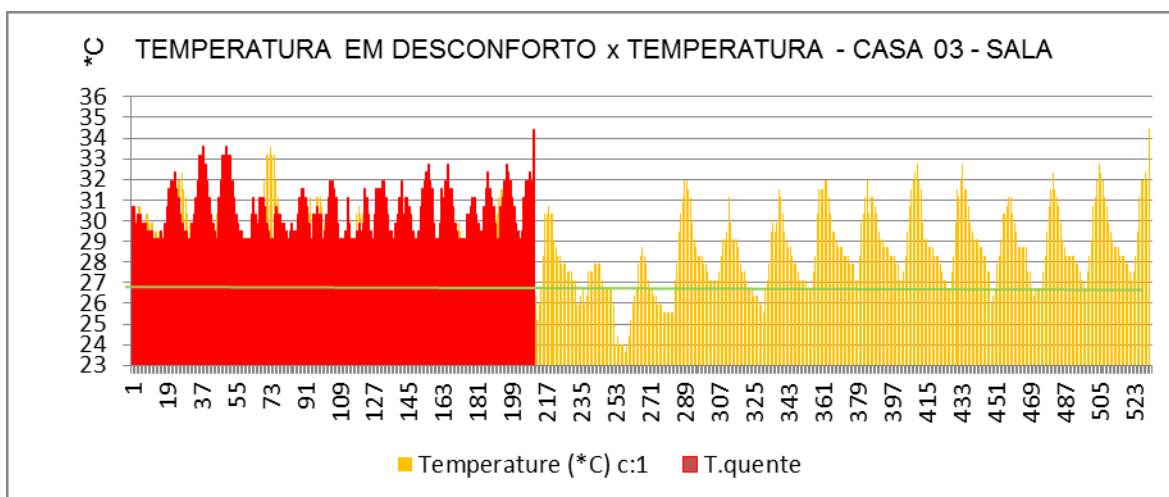


Figura 143 - Temperatura em desconforto x Temperatura – Sala.

- Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

A umidade relativa do ar está entre 23,9% e 33,6%, com a mínima abaixo dos limites que preceituam os índices referenciais escolhidos e a máxima muito pouco acima da mínima, sinalizando um ambiente não só desconfortável mas comprometedor da saúde dos usuários. É uma situação pouco comum numa cidade litorânea como Fortaleza, notadamente num ambiente em que o exterior está com umidade relativa do ar em até 85,3%.

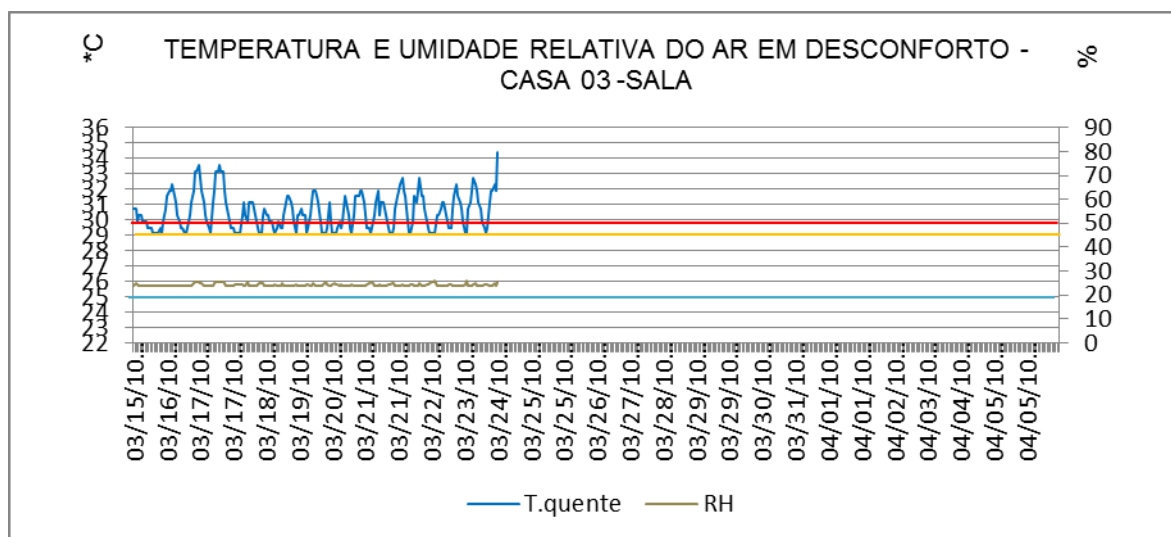


Figura 144 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar em Desconforto – Sala.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgay para os trópicos.

Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperatura que a média de temperatura em desconforto é de $29,10^{\circ}\text{C}$ e que a umidade relativa do ar média é de 24,13% (Figura 144), índices fora dos limites de conforto e salubridade, principalmente os índices de Umidade Relativa do Ar, fazendo que, durante o dia, a condição de conforto necessite de resfriamento evaporativo estimulado e correção dos índices de Umidade Relativa do Ar. O limite de temperatura máximo – $34,85^{\circ}\text{C}$, extrapola grandemente o limiar de conforto, causando estranheza, principalmente para uma temperatura interna com grandes aberturas voltadas para a direção dos ventos dominantes (sudeste/leste). Só se justifica se o muro existente associado à pérgola de madeira for pensado como barreira efetiva à penetração dos ventos.

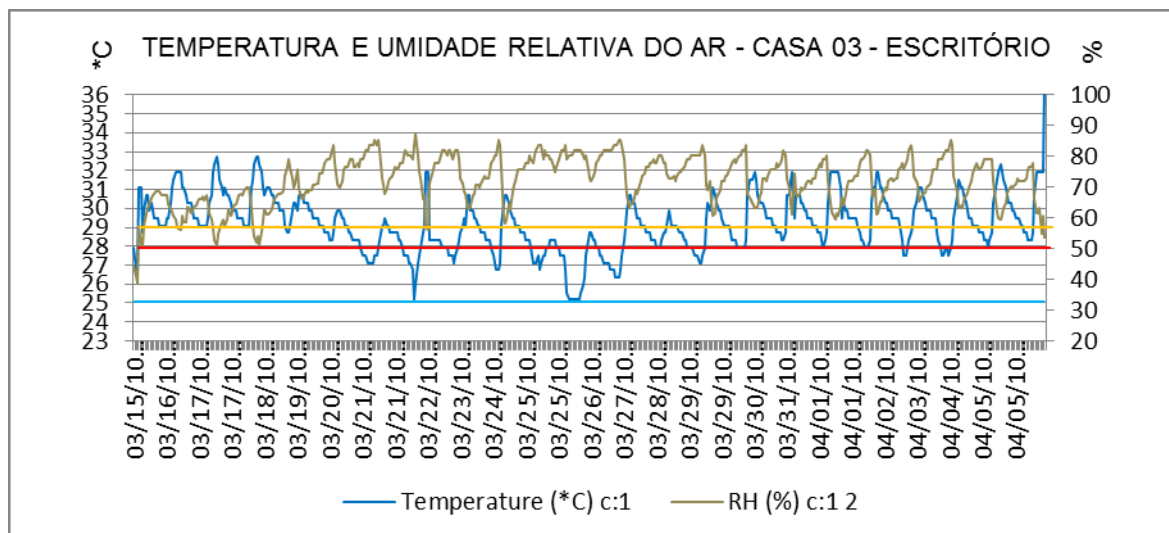


Figura 145 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Escritório.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgay para os trópicos.

A sala tem saídas de vento próximas à parte mais alta da cobertura (7,0m), mas não é capaz de cumprir a finalidade de impulsionar a ventilação cruzada pretendida, nem neutralizar a condutibilidade térmica das telhas cerâmicas. Outro fator a considerar é o uso de tijolos maciços sem reboco, alvenaria leve, refletora, mas que não equilibra a temperatura interna e externa.

O Sensor interno HOBO do escritório da Casa 03 registrou temperatura mínima de $25,7^{\circ}\text{C}$ e máxima de $36,57^{\circ}\text{C}$ com temperatura média de $29,19^{\circ}\text{C}$; pela Carta Bioclimática de Olgay/Givoni para Fortaleza, está próximo da faixa de conforto, assim como em GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgay para os trópicos. O limite mínimo – $25,7^{\circ}\text{C}$ também está próximo do limite inferior indicado, numa amplitude entre mínima e máxima de $10,87^{\circ}\text{C}$. O valor da máxima está mais de $7,57^{\circ}\text{C}$ acima da máxima de Fortaleza para os meses de março e abril que é de 29°C , no entanto a mínima está acima da mínima histórica da cidade para o período que é de 23°C , e a média de $29,19^{\circ}\text{C}$ está acima da média registrada que é de 27°C (THE WEATHER CHANNEL, 2011). Analisando-se os dados obtidos (Figura 145) encontram-se 211 eventos acima dessa temperatura, equivalente a 40% do tempo pesquisado (Figura 146), marcadamente no intervalo entre 9,0h/10,0h e 20,0h.

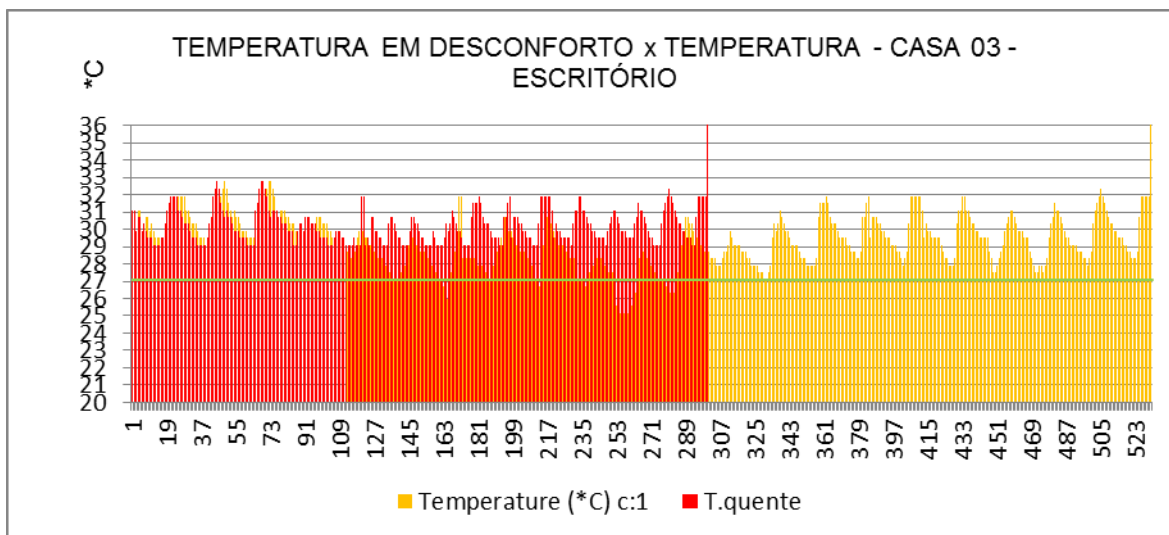


Figura 146 - Temperatura em Desconforto x Temperatura – Escritório.

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

A umidade relativa do ar está entre 50,5% e 87,3%, com a mínima abaixo dos limites que preceituam os índices referenciais escolhidos e a máxima muito pouco acima do limite estabelecido.

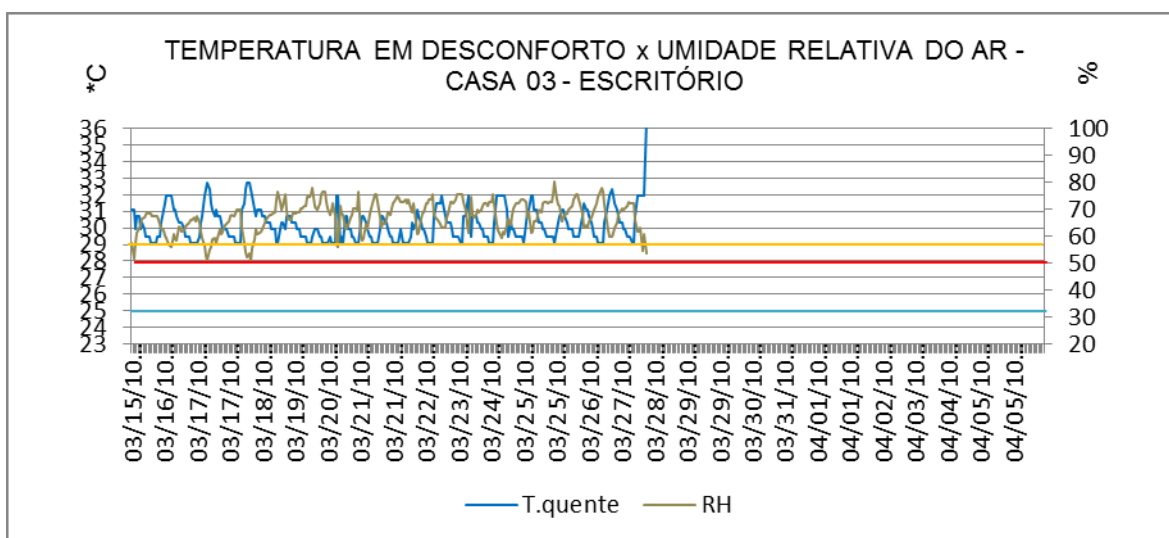


Figura 147 - Temperatura em desconforto x Umidade Relativa do Ar – escritório.

— Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

— Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

— Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Se compararmos estes dados com os dados obtidos na sala do mesmo prédio, vamos encontrar temperaturas até um pouco superior, um resultado

esperado por este ambiente estar do lado oeste; mas o mais importante observar é como os valores da Umidade Relativa do Ar mudaram tão radicalmente em ambientes contíguos com os mesmos sistemas construtivos, mudando apenas o fato deste ser forrado em laje de concreto rebocado, com ático de 4,00m.

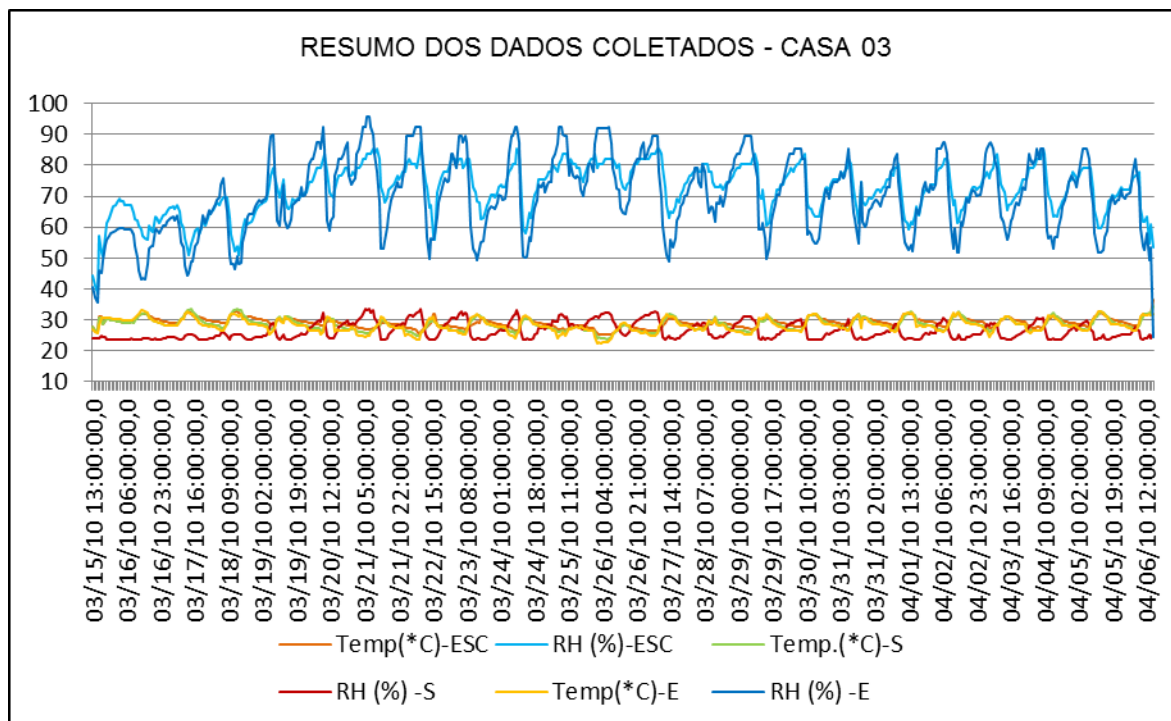


Figura 148 - Resumo dos dados coletados.

O limite de temperatura máximo – $36,57^{\circ}\text{C}$, extrapola grandemente o limiar de conforto, causando estranheza, principalmente para uma temperatura interna, ainda mais levando-se em conta que está acima da máxima registrada no sensor externo exposto às radiações solares diretamente.

COMPORTAMENTO TÉRMICO – CASA 04 – SERRINHA.

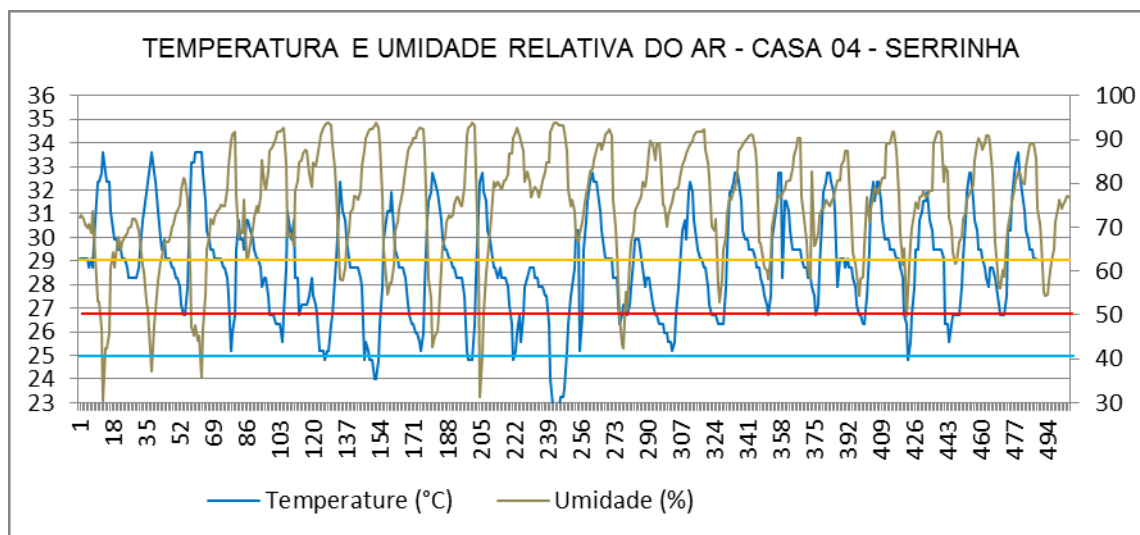


Figura 149 - Dados referênciais externos para a Casa 04 – Serrinha. Fonte: IFCE, 2010.

- Limite inferior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

Como dados referenciais externo da Casa 04, foram utilizados os dados do Sensor HOBO obtidos da série do monitoramento da estação automática (LERCA) instalada no IFCE na Av. treze de Maio – Benfica - Fortaleza, CE (Figura 149), que registrou temperatura mínima de 22,8°C e máxima de 32,7°C com temperatura média é de 28,8°C que pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza está dentro dos limites de conforto, assim como para GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida nos limites entre 25°C e 29°C, estando a temperatura máxima, portanto mais de dois graus acima dos índices indicado.

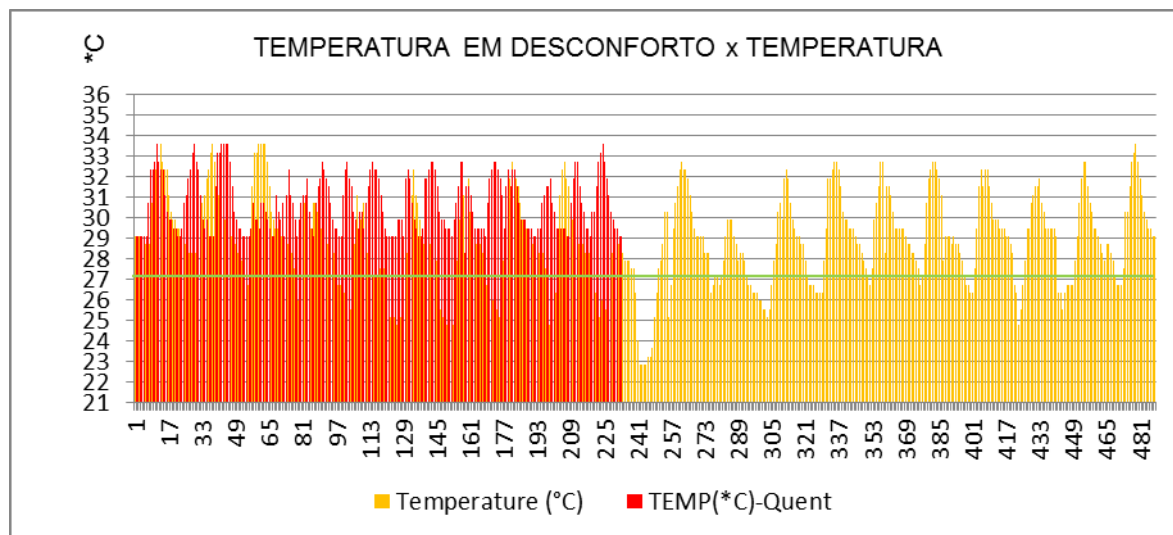


Figura 150 - Temperatura em desconforto x temperatura/dados referenciais.Fonte: IFCE, 2010.

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Analisando-se os 505 dados obtidos encontram-se 234 eventos acima da temperatura limite máxima, equivalentes a 46,34% do tempo pesquisado (Figura 150), concentrados no intervalo entre 17,0h e 08,0h. A umidade relativa do ar está entre 30,25% um dado episódico, e 93,75%, com a máxima acima dos limites que preceitavam os índices referenciais escolhidos, e média de 75,3%.

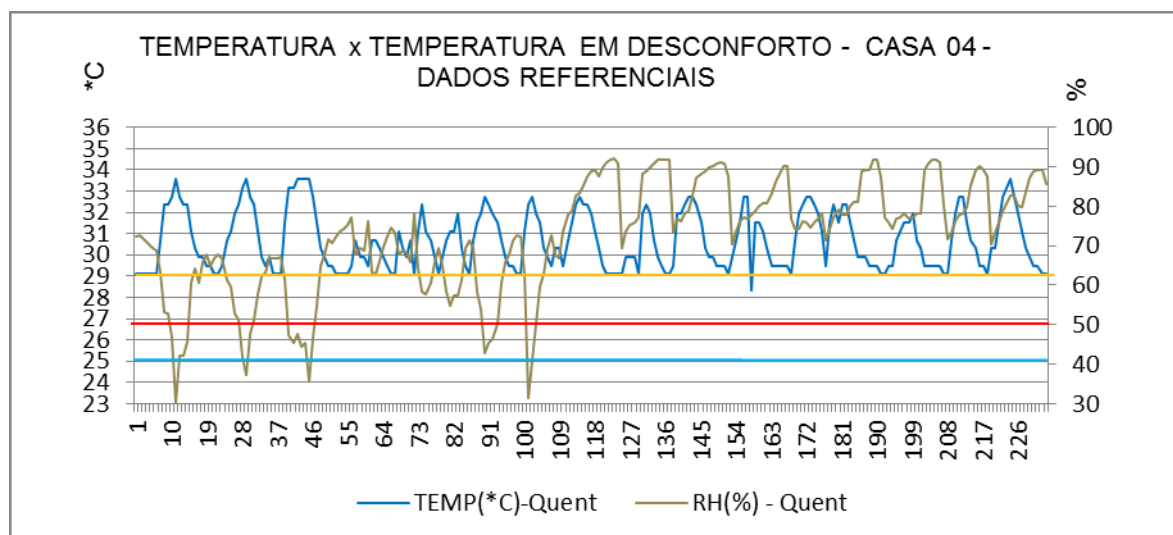


Figura 151 - Temperatura x Temperatura em desconforto – Dados Referenciais. Fonte: IFCE, 2010.

— Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperatura que a média de temperatura em desconforto é de 30,80, pouco acima do limite de conforto estabelecido (Figura 151) e que a umidade relativa do ar média é de 72,45%, com mínima de 31,25%, o que mantém a mínima e a média encontradas estão dentro dos limites de conforto anteriormente citados.

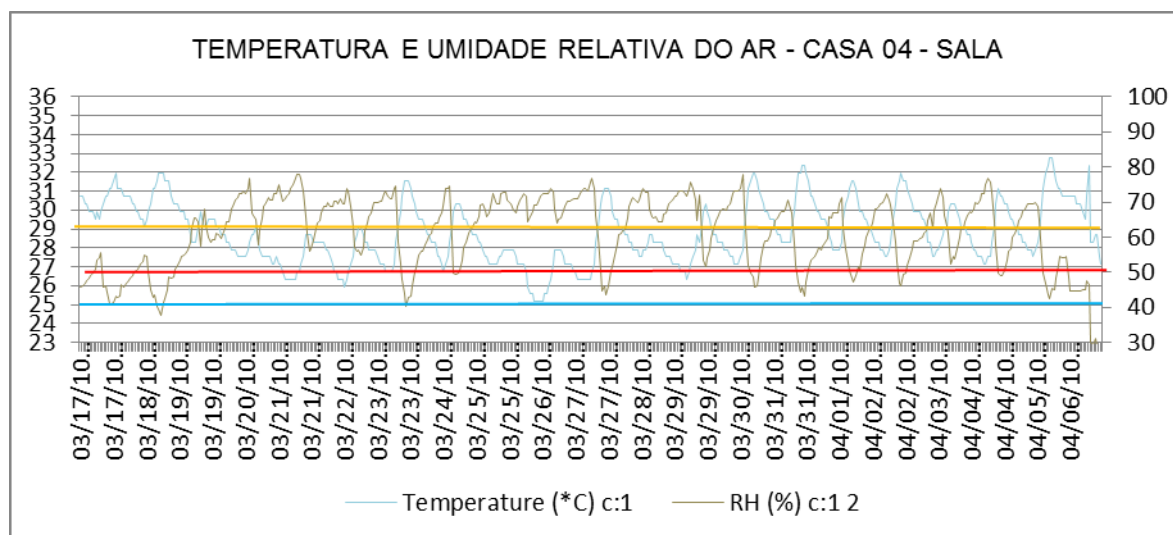


Figura 152 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar – Sala.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

O Sensor interno HOBO da sala da Casa 04 (Figura 152) registrou temperatura mínima de 25,17 $^{\circ}\text{C}$ e máxima de 32,76 $^{\circ}\text{C}$ com temperatura média de 28,82 $^{\circ}\text{C}$; pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza, está dentro da faixa de conforto, assim como em GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos. O limite mínimo está dentro do limite inferior indicado, numa amplitude entre mínima e máxima de 7,59 $^{\circ}\text{C}$. O valor da máxima está 3,76 $^{\circ}\text{C}$ acima da máxima de Fortaleza para os meses de março e abril que é de 29 $^{\circ}\text{C}$, e a mínima está 2,17 $^{\circ}\text{C}$ acima da mínima histórica da cidade para o período que é de 23 $^{\circ}\text{C}$, e a média de 28,82 $^{\circ}\text{C}$ está acima da média registrada que é de 27 $^{\circ}\text{C}$ (THE WEATHER CHANNEL, 2011).

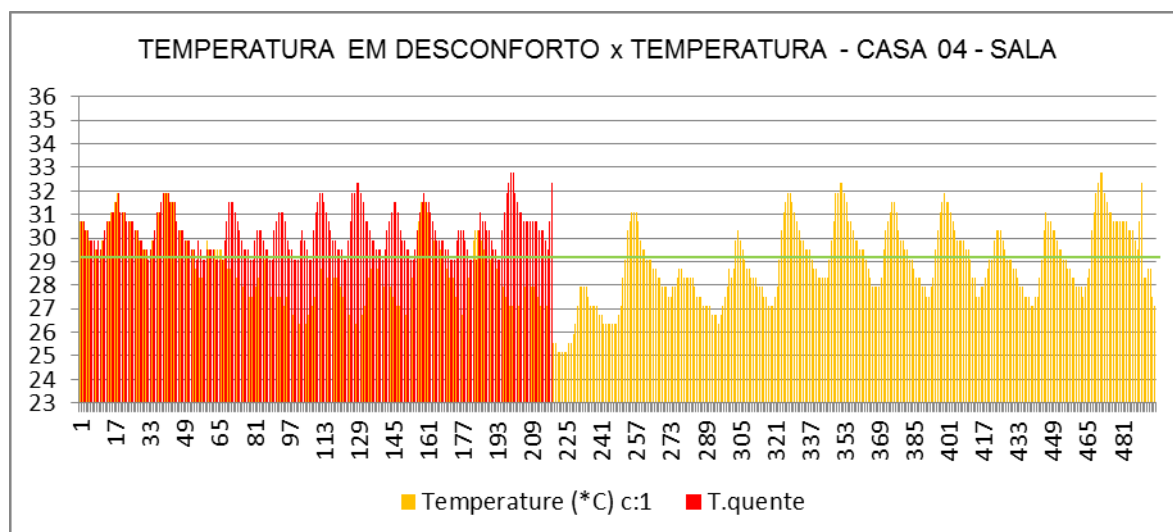


Figura 153 - Temperatura em Desconforto x Temperatura – Sala.

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Analisando-se os 489 dados obtidos encontram-se 234 eventos acima dessa temperatura, equivalente a 47,85% do tempo pesquisado (Figura 153), marcadamente no intervalo entre 10,0h e 18,0h. A umidade relativa do ar está entre 25,17% e 32,76%, com a mínima abaixo dos limites que preceituam os índices referenciais escolhidos e a máxima muito pouco acima da mínima, sinalizando um ambiente não só desconfortável mas comprometedor da saúde dos usuários. É uma situação pouco comum numa cidade litorânea como Fortaleza

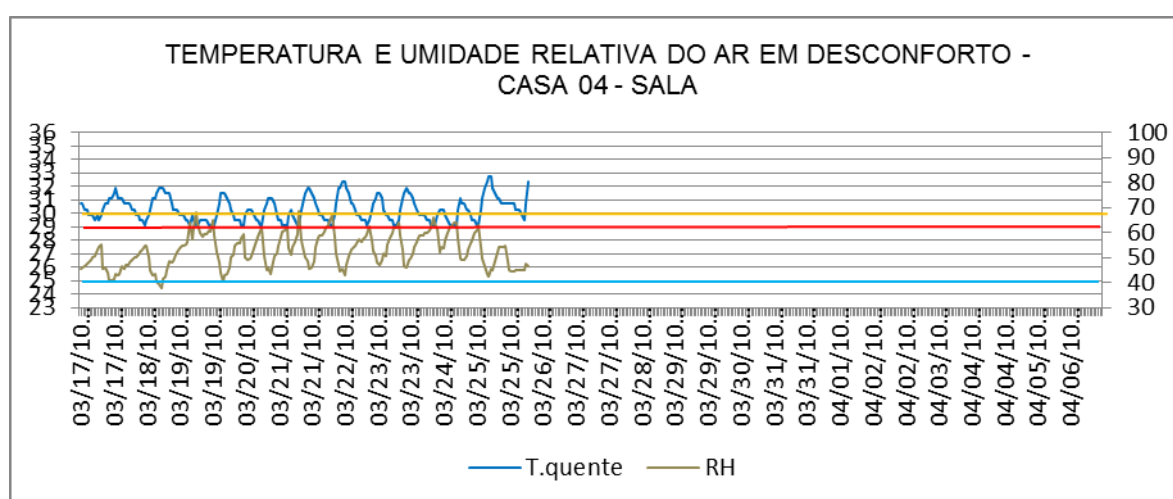


Figura 154 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar em desconforto – Sala.

— Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

— Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

— Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

Pode-se observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperatura que a média de temperatura em desconforto é de 30,31 °C e que a umidade relativa do ar média é de 52,64% (Figura 154), índices nos limites inferiores de conforto e salubridade, principalmente os índices de Umidade Relativa do Ar, fazendo que, durante a segunda parte do dia, a condição de conforto necessite de resfriamento evaporativo estimulado e correção dos índices de Umidade Relativa do Ar, déficits causados principalmente pelo posicionamento e dimensionamento das aberturas em relação aos ventos dominantes, que não são capazes de cumprir a finalidade de impulsionar a ventilação cruzada pretendida.

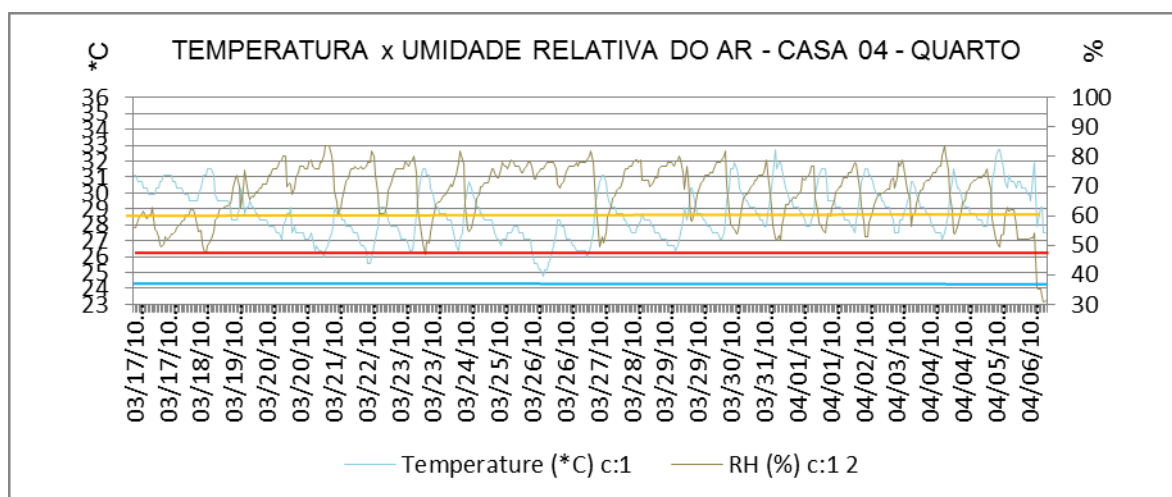


Figura 155 - Temperatura x Umidade Relativa do Ar – Quarto.

- Limite inferior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

O Sensor interno HOBO do quarto da Casa 04 (Figura 156) registrou temperatura mínima de 24,79 °C e máxima de 32,76 °C com temperatura média de 28,75°C; pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza, está dentro da faixa de conforto, assim como em GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos.

. O limite mínimo também está dentro do limite indicado, numa amplitude entre mínima e máxima de 7,97°C. O valor da máxima está 3,76°C acima da máxima de Fortaleza para os meses de março e abril que é de 29 °C, no entanto a mínima está acima da mínima histórica da cidade para o período que é de 23 °C, e a média

de 28,75^oC está acima da média registrada que é de 27 ^oC (THE WEATHER CHANNEL, 2011).

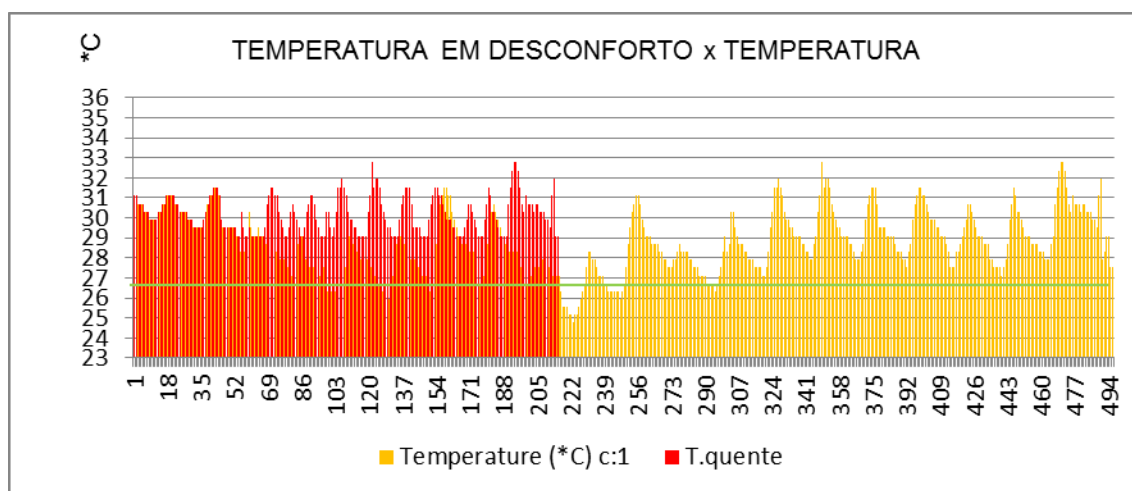


Figura 156 - Temperatura em Desconforto x Temperatura.

— Temperatura (^oC) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Analisando-se os 497 dados obtidos, encontram-se 216 eventos acima dessa temperatura, equivalente a 43,46% do tempo pesquisado (Figura 156), marcadamente no intervalo entre 9,0h e 24,0h, praticamente o dia todo.

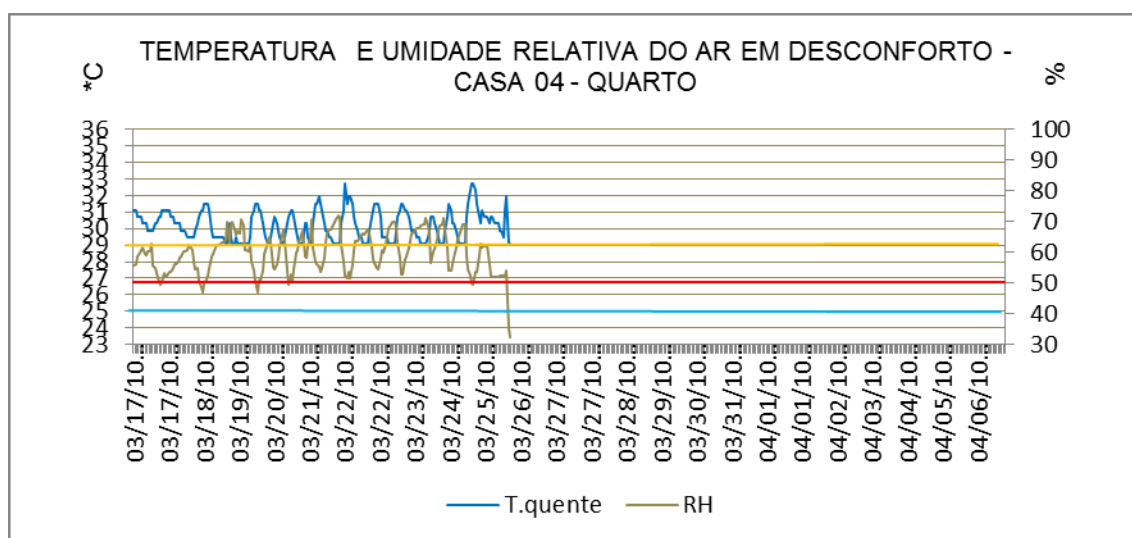


Figura 157 - Temperatura e Umidade Relativa do Ar em Desconforto – Quarto.

— Limite inferior da Temperatura (^oC), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Limite superior da Temperatura (^oC), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

A Umidade Relativa do Ar (Figura 157) do quarto da casa 04 está entre 30,6% e 83,5%, com a mínima dentro do limite inferior que preceituam os índices referenciais escolhidos e a máxima muito pouco acima do limite estabelecido, praticamente os mesmos valores obtido na sala.

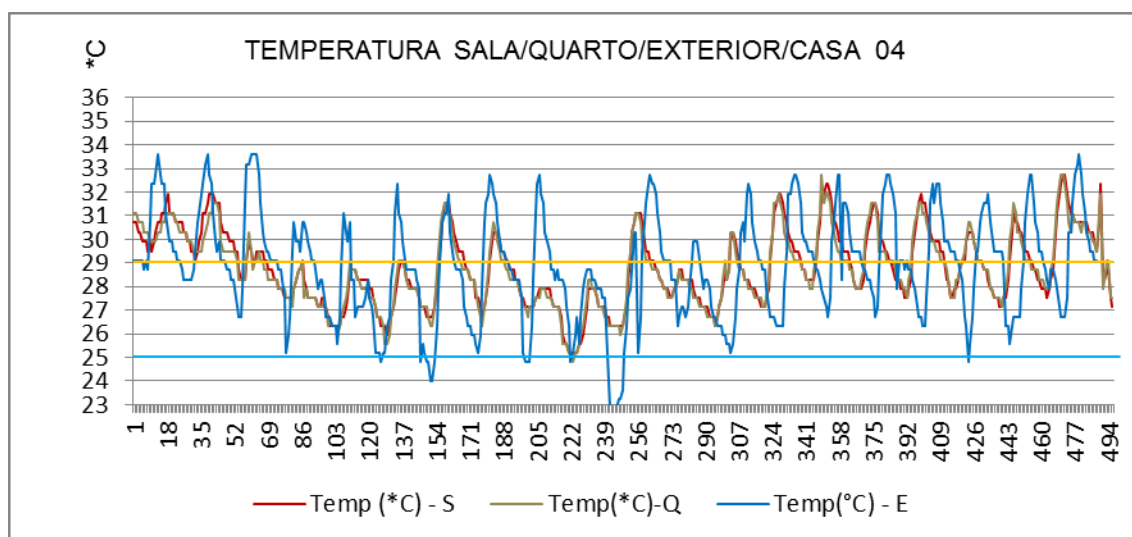


Figura 158 - Temperatura Sala/Quarto/Exterior.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

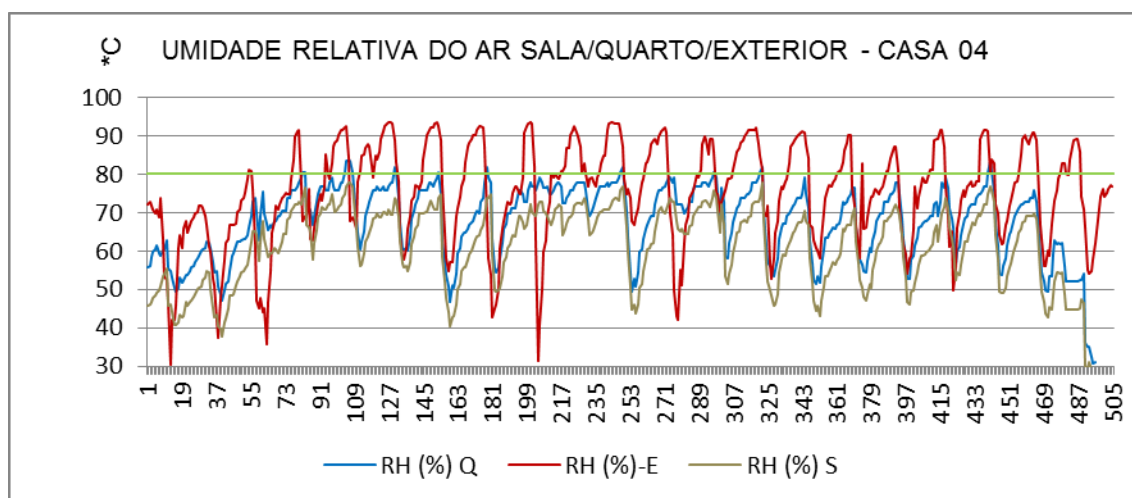


Figura 159 - Umidade Relativa do Ar – Sala/Quarto/Exterior.

- Umidade Relativa do Ar ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

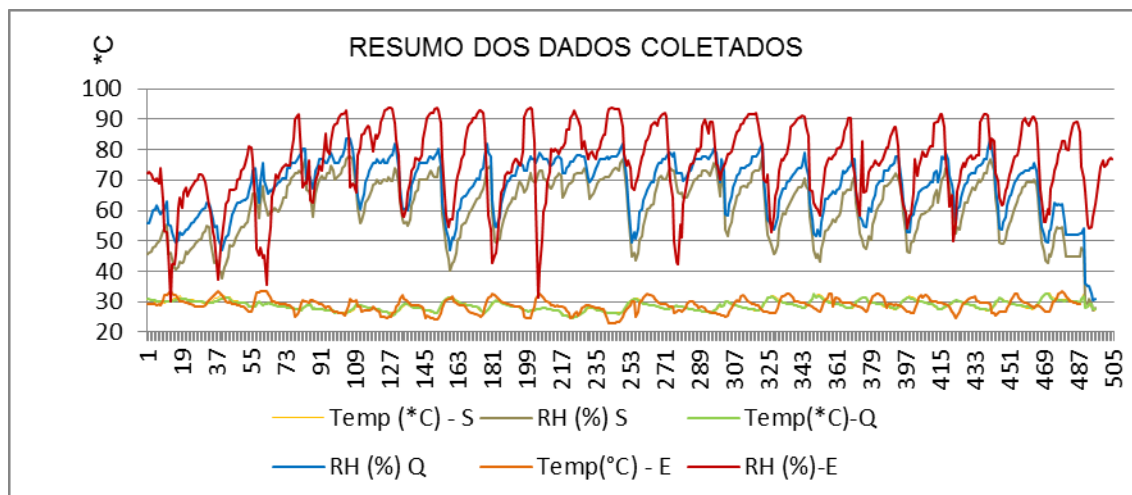


Figura 160 - Resumo dos dados coletados.

Analisando a estrutura e arquitetura da casa, é fácil se entender as consequências das deficiências no desempenho do ambiente construído no conforto ambiental: poucas e insuficientes aberturas, posicionamento de ambientes de permanência em local inadequado, pouca observância das vantagens da insolação e ventilação naturais e dos preceitos estabelecidos na da Arquitetura Bioclimática e na ABNT NBR 15220-1:2005/2:2005 Versão Corrigida: 2008/3:2005 - Desempenho Térmico de Edificações, Parte 1, 2 e 3.

COMPORTAMENTO TÉRMICO – CASA 05 – ANTÔNIO BEZERRA.

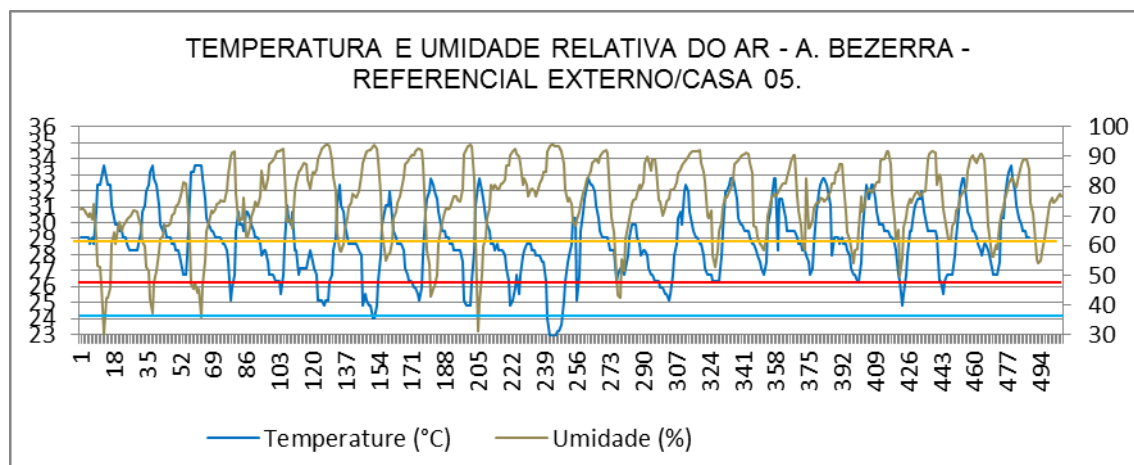


Figura 161 - Dados referênciais externos para a Casa 05 – A. BEZERRA Fonte: IFCE, 2010.

- Limite inferior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura (°C), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgay para os trópicos.

Como dados referenciais externo da Casa 05, foram utilizados os dados do Sensor HOBO obtidos da série do monitoramento da estação automática (LERCA) instalada no IFCE na Av. Treze de Maio – Benfica - Fortaleza, CE (Figura 161), que registrou temperatura mínima de 22,8⁸C e máxima de 32,7⁸C com temperatura média é de 28,8⁸C que pela Carta Bioclimática de Olgay/Givoni para Fortaleza está dentro dos limites de conforto, assim como para GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida nos limites entre 25⁰C e 29⁰C, estando a temperatura máxima, portanto mais de dois graus acima dos índices indicado.

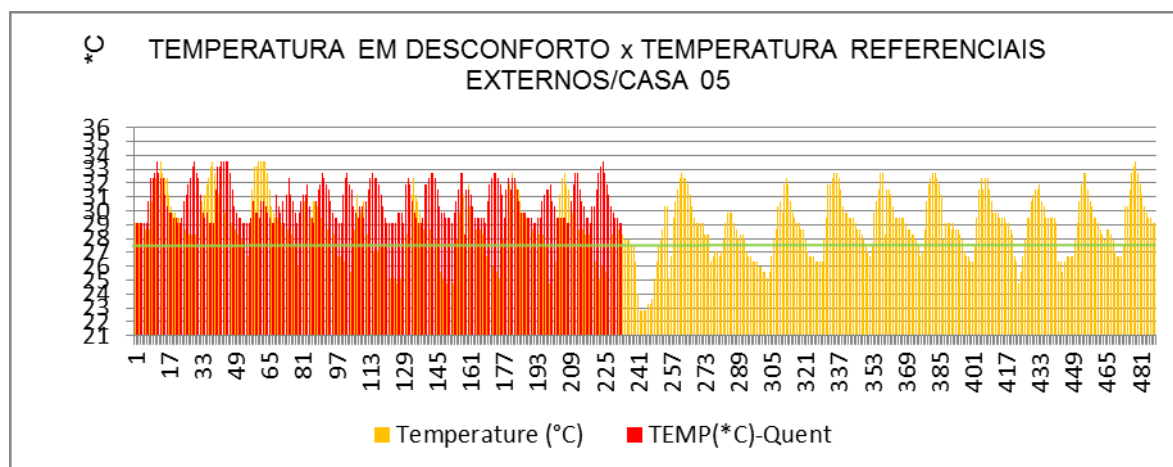


Figura 162 - Temperatura em desconforto x temperatura/dados referenciais Externos.Fonte: IFCe, 2010

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Analisando-se os 497 dados obtidos (Figura 162) encontram-se 234 eventos acima da temperatura limite máxima, equivalentes a 46,34% do tempo pesquisado, concentrados no intervalo entre 17,0h e 08,0h.

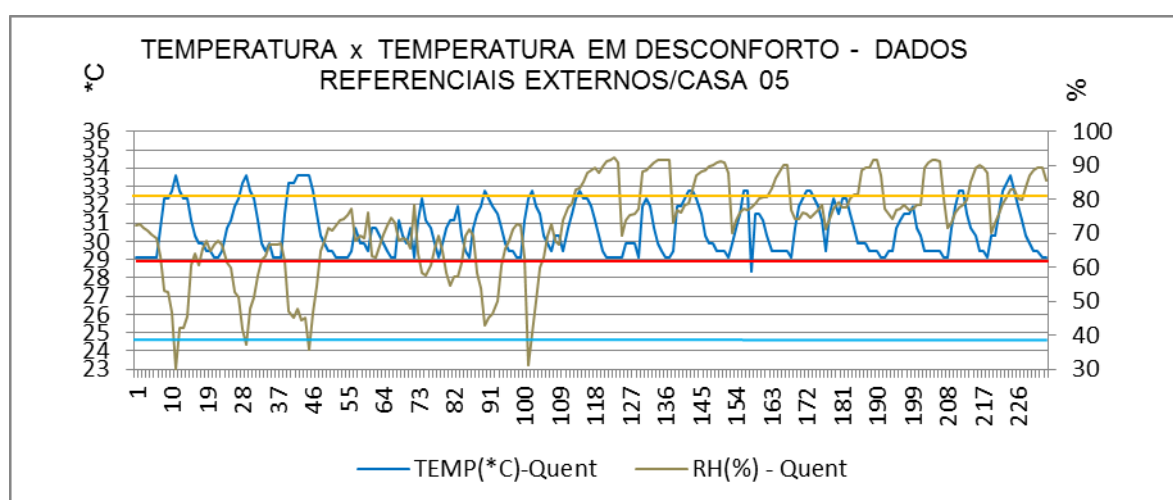


Figura 163 - Temperatura x Temperatura em desconforto – Dados Referenciais Externos. Fonte: IFCe, 2010.

— Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
 — Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

Também se pode observar no gráfico de Temperatura de Desconforto x Temperatura (Figura 163) que a média de temperatura em desconforto é de $30,69^{\circ}\text{C}$ (pouco acima do limite de conforto estabelecido/Figura 99, p. 107) e que a umidade

relativa do ar média é de 72,45%, com mínima de 31,25%, o que mantém a mínima e a média encontradas estão dentro dos limites de conforto anteriormente citados.

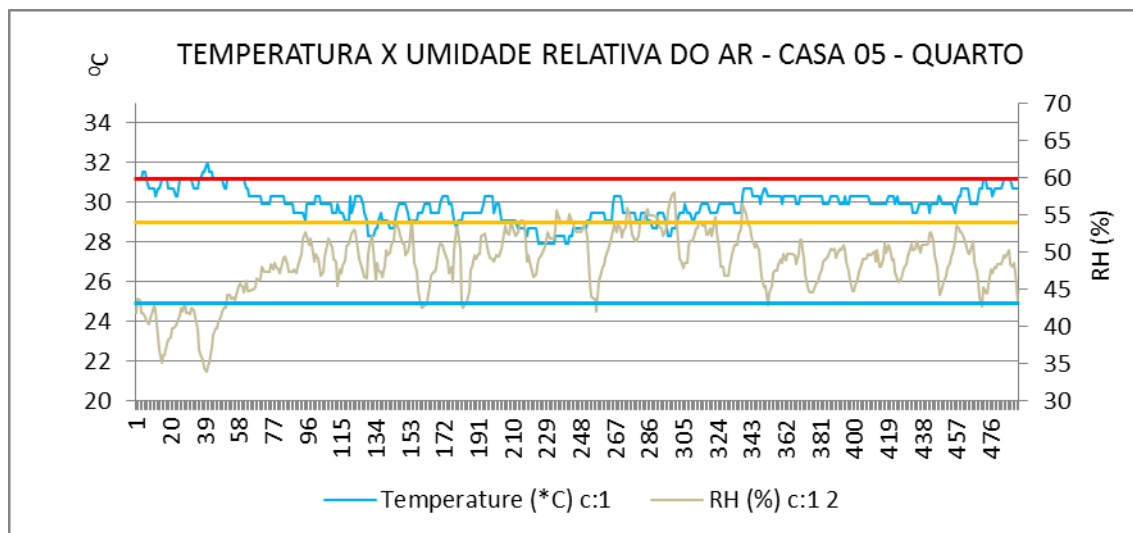


Figura 164 - Temperatura x Umidade Relativa do ar – Quarto.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgay para os trópicos.

O Sensor interno HOBO do quarto da Casa 05 registrou temperatura mínima de $27,87^{\circ}\text{C}$ e máxima de $31,93^{\circ}\text{C}$, com temperatura média de $29,87^{\circ}\text{C}$ que pela Carta Bioclimática de Olgay/Givoni para Fortaleza está um pouco acima da faixa de conforto. Assim como GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida nos limites entre 25°C e 29°C . No entanto, para o método ASHRAE, cujo limite máximo de conforto é 26°C , o período de desconforto seria muito maior.

A Umidade Relativa do Ar está entre 35,00% e 81,90%, índices dentro dos referenciais médios aconselháveis, e média de 70,25% (Figura 164).

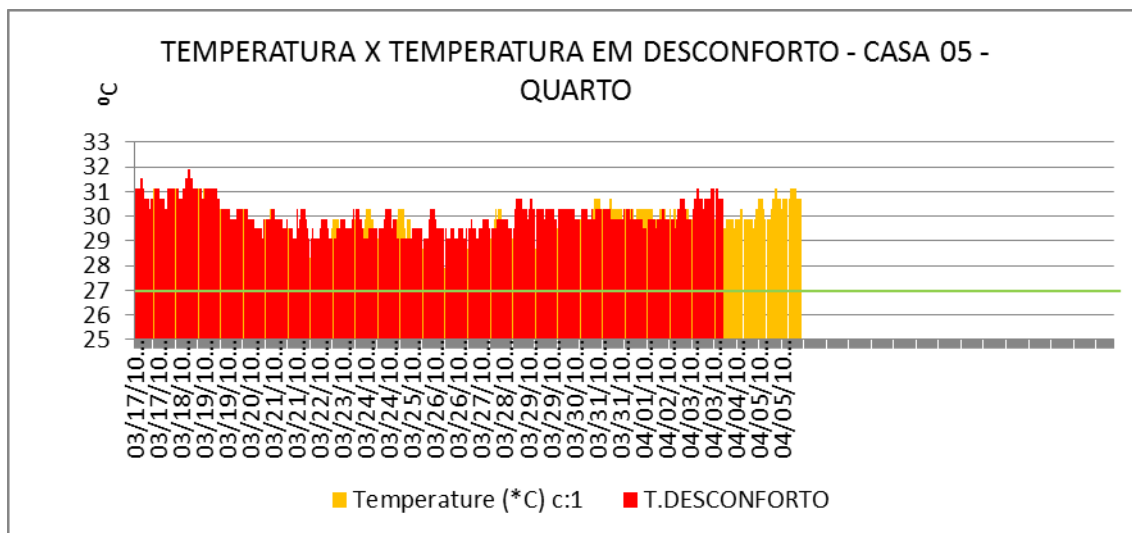


Figura 165 - Temperatura x Temperatura em Desconforto – Quarto.

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Analisando-se os 492 dados obtidos (Figura 166) encontram-se 434 eventos acima da temperatura limite máxima, equivalentes a 88,21% do tempo pesquisado, concentrados no intervalo entre 17,0h e 08,0h. É bem desconfortável, principalmente se considerarmos a baixa Umidade Relativa do Ar e a Temperatura média de $29,87^{\circ}$ (Figura 165).

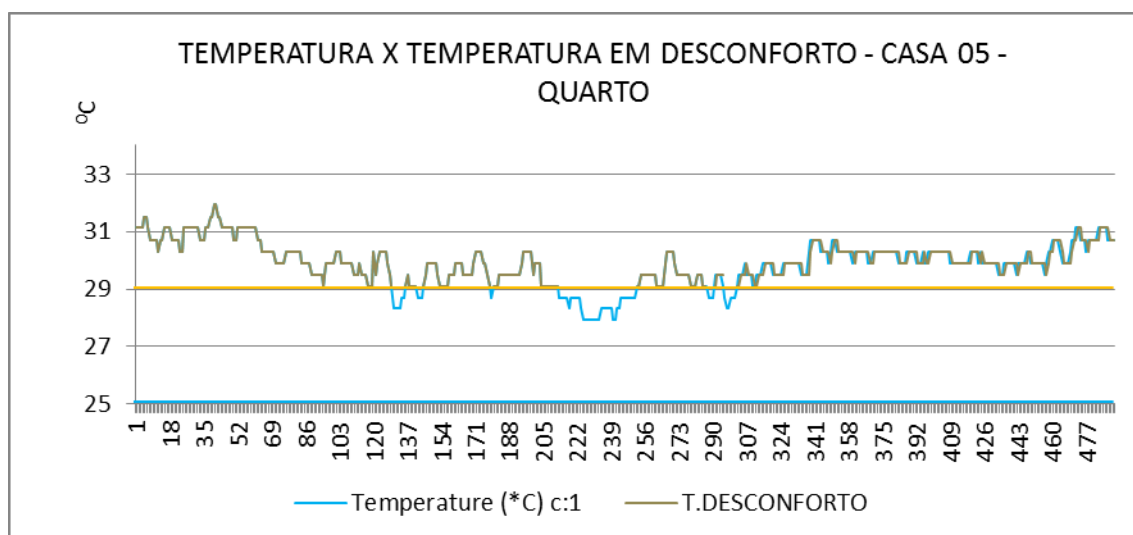


Figura 166 - Temperatura x Umidade do Ar em Desconforto – Quarto.

— Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

— Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Em análise da Figura 166, percebe-se o pouco tempo que o ambiente permite uma permanência em conforto. Pode-se dizer que as vedações e aberturas não estão de acordo com as necessidades ambientais de bem-estar.

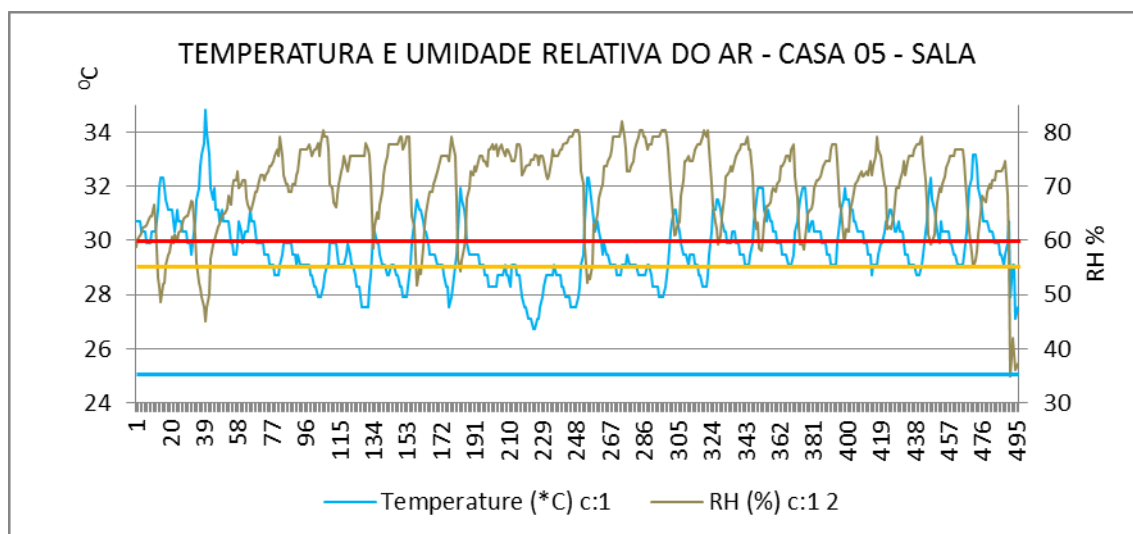


Figura 167 - Temperatura e Umidade – Sala.

- Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.
- Umidade Relativa do Ar (RH) média, segundo Olgyay para os trópicos.

O Sensor interno HOBO da sala da Casa 05 registrou temperatura mínima de $26,73^{\circ}\text{C}$ e máxima de $34,85^{\circ}\text{C}$, com temperatura média de $29,73^{\circ}\text{C}$ que pela Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni para Fortaleza está acima da faixa de conforto (Figura 167). Assim como GIVONI para 92 países em desenvolvimento e Olgyay para os trópicos; neles a área de conforto, pela temperatura, está compreendida nos limites entre 25°C e 29°C . No entanto, para o método ASHRAE, cujo limite máximo de conforto é 26°C , o período de desconforto seria maior.

A Umidade Relativa do Ar está entre 35,00%, e 81,90%, índices dentro dos referenciais aconselháveis, e média de 70,25% (Figura 168). São dados mais confortáveis do que os registrados no Quarto.

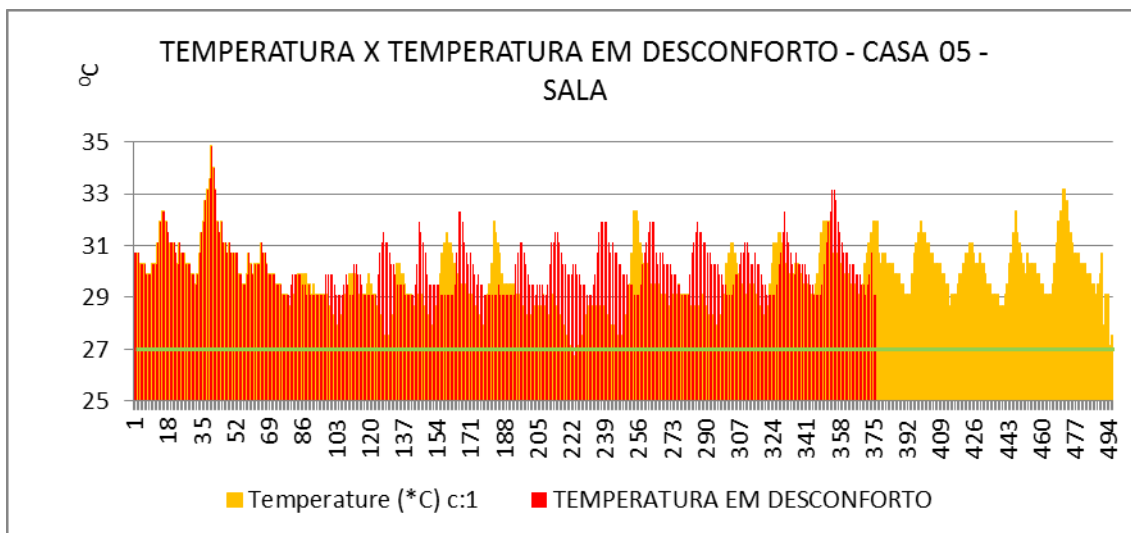


Figura 168 - Temperatura em Desconforto x Temperatura – Sala.

— Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média, segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

Analisando-se os 497 dados obtidos (Figura 167) encontram-se 377 eventos acima da temperatura limite máxima, equivalentes a 75,85% do tempo pesquisado, concentrados no intervalo entre 09,0h e 04,0h. É bem desconfortável; a Umidade Relativa do Ar e a Temperatura média de 70,25 dentro do intervalo de conforto (Figura 168).

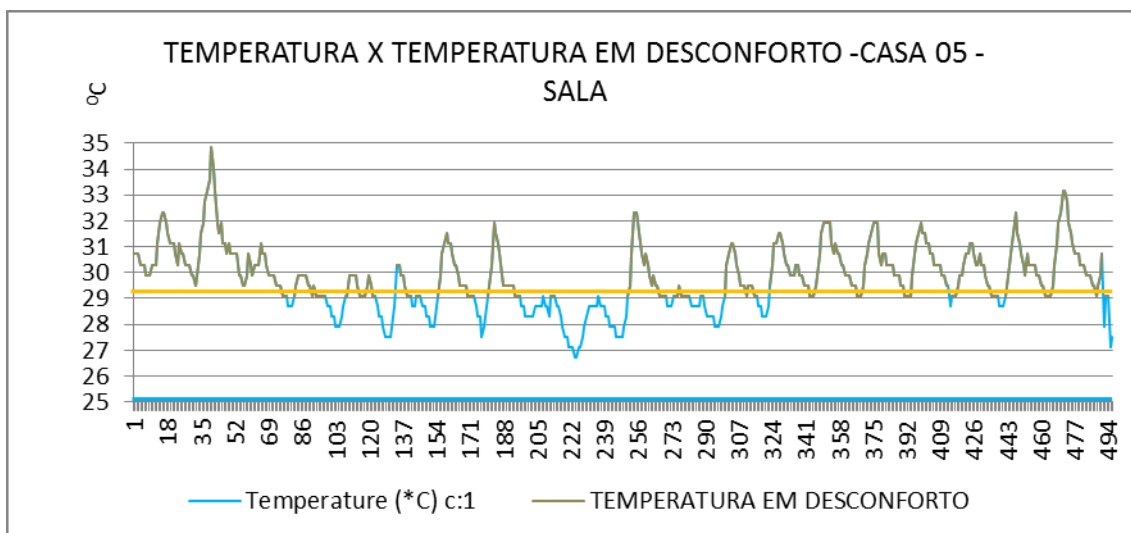


Figura 169 - Temperatura x Umidade Relativa do Ar em Desconforto – Quarto.

— Limite inferior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

— Limite superior da Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), segundo a Givoni em 92 países em desenvolvimento.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

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 (SILVA 2001).

Para Auliciens & 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) (SILVA 2001).

Os dados analisados mostram que, comparando as 05 áreas (cinco) observou-se que:

1. As temperaturas e umidade relativa do ar externas das cinco áreas analisadas, não diferem, em média 2^oC, significativamente;
2. Com exceção da temperatura médias externas, todas as temperaturas obtidas – mínima, máxima e média estão mais elevadas que a média histórica da cidade para o período da análise – mínima de 23 ^oC, máxima de 29 ^oC, média registrada de 27 ^oC (THE WEATHER CHANNEL, 2011), e maiores do que o paradigma (LERCA).
3. As temperaturas máximas foram constatadas nas duas edificações de tijolos aparentes, mesmo com telhados diferentes – uma com fibrocimento, outra com telha cerâmica, sendo que a de telha cerâmica vã, apresentou pior rendimento, apesar de ambas estarem em terrenos com bons afastamentos e grandes esquadrias.
4. Quatro das cinco casas apresentaram equívocos de implantação em relação à distribuição interna dos ambientes – Casa 01, voltada para o oeste, e a Casa 02 voltada para o norte têm seus ambientes de permanência do lado contrário aos ventos dominantes, privilegiando claramente ambientes de permanência eventual: cozinha e banheiros; e/ou vedações e aberturas – as Casa 01, 04 e 05 não têm aberturas que equilibrem o acúmulo de radiação solar diurna através da ventilação cruzada, promovendo o resfriamento passivo, as Casas 04 e 05 estão de frente para o norte, mas vedaram

totalmente a fachada leste, e grande parte da fachada sul, prejudicando sobremaneira a captação dos ventos dominantes; e/ou materiais de construção – as Casas 02 e 03 têm alvenarias de tijolos sem reboco, que não promovem o equilíbrio térmico, e as grandes aberturas não são suficientes para contornar o problema; a Casa 02 tem telhado de fibrocimento escurecida pelo tempo, que nem o ático aberto e a laje isolada termicamente com lã de vidro resolvem o problema de radiação térmica e a Casa 03, com telhado cerâmico tem uma radiação térmica que provoca a máxima temperatura registrada da amostra .

5. Dentre as amostras analisadas, pode-se, com base no método ASHRAE (in LAMBERT et al, 1997) e a Carta Bioclimática de Olgyay/Givoni (in LAMBERT *et al*) para Fortaleza dizer que a casa mais bioclimaticamente correta é a Casa 01, que a Casa 02 é a mais úmida e pressionada pelas condições adversas externas, que a Casa 03 tem o pior desempenho de equilíbrio interno, principalmente em relação à umidade relativa do ar, fora do limite da salubridade.
6. Tabela Resumo do Episódio Representativo de 15.03.10 e 05.04.10.

TABELA RESUMO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM CINCO CASAS														
EVENTO	CASA 01			CASA 02			CASA 03			CASA 04			CASA 05	
	EX	E	G	EX	S	Q	EX	S	G	EX	S	Q	EX	Q
TEMP.MI	22,4	26,3	25,1	22,4	25,1	25,5	22,4	23,6	25,1	22,8	25,1	24,8	22,8	22,8
TEMP.MA	34,8	31,5	31,9	34,8	35,7	32,7	33,1	36,5	34,4	32,7	32,7	32,7	32,7	32,7
TEMP.ME	30,8	29,6	29,8	30,8	30,2	29,9	30,6	30,2	30,5	28,8	30,3	30,2	28,8	28,8
UMID.MI	38,2	37,8	41,7	50,8	23,8	52,4	24,3	50,9	23,6	30,2	37,7	32,5	30,2	30,2
UMID.MA	87,6	77,8	77,8	80,4	80,4	85,4	85,4	77,8	26,0	93,7	68,5	72,0	93,7	93,7
UMID.ME	64,8	70,3	70,3	64,4	64,3	69,9	57,6	67,2	24,1	75,3	52,6	59,7	75,3	75,3
NOTA: 1. EX – EXTERIOR; E – ESCRITÓRIO; G – GABINETE; S – SALA; Q – QUARTO. 2. OS DADOS EXTERNOS DA CASA 04 E CASA 05, SÃO REFERENCIAIS/ DADOS DO SENSOR HOBO OBTIDOS DA SÉRIE DO MONITORAMENTO DA ESTAÇÃO AUTOMÁTICA (LERCA) INSTALADA NO IFCE NA AV. TREZE DE MAIO – BENFICA - FORTALEZA, CE. 3. VALORE/COR VERMELHA – MAIOR EXTERNO; AZUL – MENOR EXTERNO; LARANJA - MAIOR INTERNO; VERDE – MENOR INTERNO. 4. * ÍNDICES DE FORTALEZA. FONTE: DADOS DO SENSOR HOBO OBTIDOS DA SÉRIE DO MONITORAMENTO DA ESTAÇÃO AUTOMÁTICA (LERCA) INSTALADA NO IFCE NA AV. TREZE DE MAIO – BENFICA - FORTALEZA, CE.														

Figura 170 - Tabela Resumo

7. Gráficos Resumos do Episódio Representativo de 16.03.10 e 05.04.10.

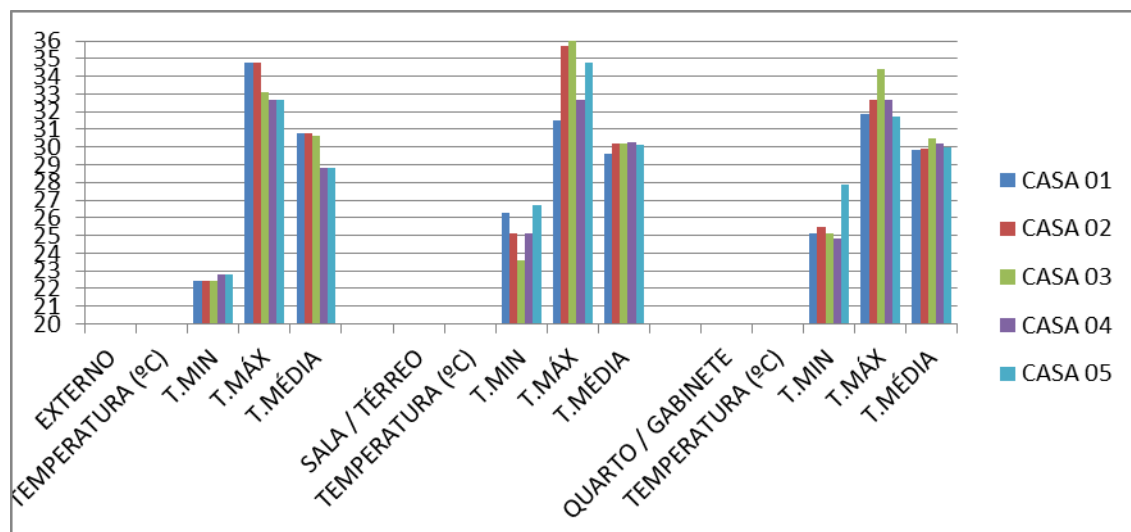


Figura 171 - Gráfico Resumo – Temperatura

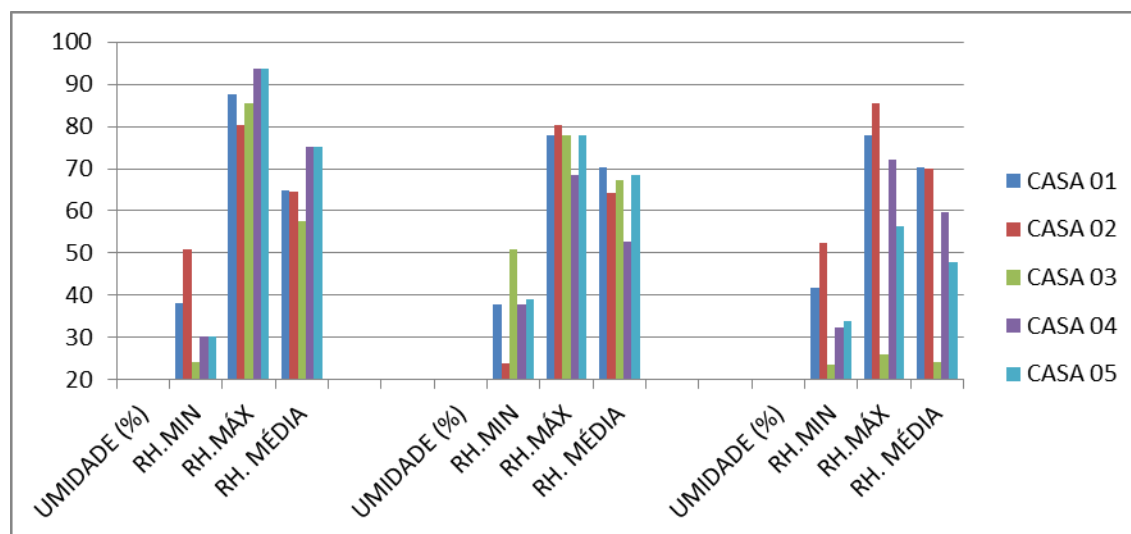


Figura 172 - Gráfico Resumo – Umidade Relativa o Ar.

A escolha das edificações demonstrou que a diversificação dos sistemas e padrões construtivos, e das áreas de localização, permitiram que este trabalho obtivesse uma amostragem importante do comportamento das edificações residenciais unifamiliares da cidade de Fortaleza (Ce).

Dentre as conclusões que a pesquisa possibilita, está a de que, os processos construtivos - materiais de construção, aberturas e posicionamentos frente à insolação e à ventilação, explicam mais o desconforto térmico do que a localização do terreno dentro da malha urbana; na sequência, o projeto com suas distribuições, aberturas e vedações respondem por outra parte significativa da falta de conforto, como constatado principalmente na sala da Casa 03 e no quarto da Casa 05; e, por

fim, os materiais de construção, seu emprego, seu uso e a interação com seus usuário definem o grau de conforto interno de uma residência.

Outra conclusão a que leva o trabalho, são as condições de projeto para a cidade de Fortaleza nas variáveis climáticas de Temperatura e Umidade Relativa do Ar, cujos índices resultantes da pesquisa diferem expressivamente dos índices oficiais divulgados. Isso, no mínimo, sugere uma maior preocupação do Arquiteto com essas variáveis no local a ser construído ao iniciar seu ofício de projetar.

Para futuros trabalhos fica a sugestão de ampliar a área de pesquisa a outros bairros, complementar as variáveis estudadas com as variáveis insolação e ventilação, analisar os procedimentos exigidos para correção de problemas em projetos bioclimaticamente equivocados.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15220-1:2005 **Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e Unidades**

_____. 15220-2:2005 Versão Corrigida:2008 **Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de célula da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**

_____. 15220-3:2005 **Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.**

_____. 16401-2 **Instalações de ar-condicionado-Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico.** Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/52329379/NBR-16401-2-2008>

AGUIAR, M. J. N.; VIANA, T. V. A.; AGUIAR, J. V.; CRISÓSTOMO Jr., R. R.; AQUINO, F. C.; BARRETO Jr., J. H. C. **Dados climatológicos: Estação de Fortaleza**, 2003. - Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 19 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos 86). Disponível em: http://www.cnpat.embrapa.br/publica/pub/SerDoc/doc_86.pdf

ANDREASI, W. A. **Avaliação do impacto de estratégias bioclimáticas na temperatura interna de edificações no Passo do Lontra, Pantanal de Mato Grosso do Sul.** Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis. 1999.

ANDREASI, W. A.; VERSAGE, R. S. **A VENTILAÇÃO NATURAL COMO ESTRATÉGIA VISANDO PROPORCIONAR CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO AMBIENTE INTERNO.** 2^o Seminário Internacional Instrumentos Urbanísticos de Gestão da Valorização da Terra e de Indução do Desenvolvimento Urbano : um diálogo Brasil-Japão-Colômbia (2009 : Brasília, DF) Seminário Internacional Instrumentos Urbanísticos de Gestão da Valorização da Terra e de Indução do Desenvolvimento Urbano : um diálogo Brasil-Japão-Colômbia / coordenação geral Daniel Todtman Montandon. -- Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2010. Vários Autores. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/LivroMcidadesJICA2010.pdf>

ARAÚJO, V. M. D. **Estudo da Aplicabilidade da Norma ISSO 7730 na Avaliação das Condições Térmicas dos Usuários das Edificações em Natal-RN.** Congresso Latino-americano. Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Soluções para o Terceiro Milênio. Escola Politécnica da universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC-USP – 03 a 06 de novembro de 1998 – São Paulo, SP.

ASSIS, E. S. **MÉTODO INTEGRADO DE ANÁLISE CLIMÁTICA PARA ARQUITETURA APLICADO À CIDADE DE BELO HORIZONTE, MG.** Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP, Brasil - 11 a 14 de novembro de 2001 - Promoção ANTAC - Tabela de Mahoney

BENTO, V. R. da S.; CARLEIAL, A. N. **Indicadores Sociodemográficos na Definição de Centralidade em Fortaleza** - Trabalho apresentado no XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais, realizado em Caxambu- MG – Brasil, de 20 a 24 de setembro de 2010. Disponível em: www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2010/.../abep2010_2291.pdf. Acessado em 21.04.2011.

BEZERRA, M. O. M.; CATUNDA, R.C. P. de A. **Dunas do Pecém: Elementos para a Gestão da Zona Costeira do Pecém (São Gonçalo do Amarante – Ceará).** Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental – LERCA, Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFETCE, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, 60040-7531 Fortaleza – CE, ozilea@yahoo.com

CEARÁ/FUNCEME: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. 2005. Boletim Climatológico do Município de Fortaleza. Disponível em <http://www.funceme.br> Acessado em 26.08.2010.

_____. <http://www.funceme.br/areas/tempo-e-clima/ondas-de-calor>
Acessado em 22.11.2010

CEARÁ/SEMACE: Superintendência Estadual do Meio Ambiente. 2011. Boletim de Balneabilidade das Praias de Fortaleza. Disponível em : <http://mardoceara.blogspot.com/2011/04/semace-divulga-o-boletim-de.html>.
Acessado em 20.04.2011.

COSTA, E. **Arquitetura Ecológica: condicionamento térmico natural.** São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 265p. 1982.

_____. **Física aplicada à construção: conforto térmico.** 4ª edição revisada. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 265p. 1999.

CPTEC/INPE - Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2007/MarengoValverde2007.pdf> Acessado em 22.11.2010.

COSTA, L. C. N. **Aproveitamento da Ventilação Natural nas Habitações: estudo de caso na cidade de Aracajú-SE.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, concentração: Tecnologia da Arquitetura), Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – São Paulo 2009.

DANTAS, E. **Mar à vista, estudo da maritimidade em Fortaleza.** Fortaleza: 112p. 2002.

HISSA, M. C. **O estudo do conforto ambiental climático de edifícios multifamiliares em Fortaleza.** Fortaleza: Pós-Graduação Engenharia Civil/ UFC, 2000.

FORTALEZA. **Mapas temáticos do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental**, 2006. Disponível em <[http:// www.seinf.fortaleza.ce.gov.br/PDDU-FOR](http://www.seinf.fortaleza.ce.gov.br/PDDU-FOR)> Acesso em 18 de novembro 2006.

FREITAS Jr., D. S.; SALES, M. C. L.; ZANELLA, M. E. **Análise do Comportamento das Médias de Temperatura, Precipitação e Velocidade dos Ventos da Cidade de Fortaleza – CE.** Disponível em: http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo8/014.pdf

GOULART, S. V. G. - **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras** – 2. Ed. / Solange V. G. Goulart, Roberto Lamberts, Samanta Firmino. – Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. 345 p.: il.

EDUARDO, G.; RIBEIRO, F. **Índice de Conforto Térmico ISO7730 em Automação Predial**, [Distrito Federal] 2007. XIV, 98p. (FT/UnB, Engenheiro, Controle e Automação, 2007). Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

GONDIM, M. S. **Utilização de Geoprocessamento para Desenvolvimento e Aplicação de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para o Município de Fortaleza.** Fortaleza. Monografia (Curso de Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Estadual do Ceará – UECE.

HOUAISS, A. **Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa 1.0.**

INMET. **Diagrama do conforto humano**. Disponível em www.inmet.gov.br. Acesso em 22 de abril de 2006.

ISO - International Standards Organization. (1994). - **Moderate Thermal Environments: Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort (ISO 7730)**. Geneva, Switzerland: ISO.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

LAMBERT, R.; ANDRADE, M.; BATISTA, J.O.; CÂNDIDO, C. M.; DEBIASI, R.; GONÇALVES, C.; MARINOSKI, A. K.; PARIZOTTO F. S.; PEREIRA, C.D.; ROCHA, V. L. - **Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico** / editores: Roberto Lamberts; Enedir Ghisi; Cláudia Donald Pereira; Juliana Oliveira Batista. – Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010.v. 1 (123 p.)

_____. **Casa eficiente: consumo e geração de energia** / editores: Roberto Lamberts; Enedir Ghisi; Cláudia Donald Pereira; Juliana Oliveira Batista – Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. v. 2 (76 p.) : il. ; graf. ; tabs.

_____. **Casa eficiente: uso racional da água** / editores: Roberto Lamberts; Enedir Ghisi; Cláudia Donald Pereira; Juliana Oliveira Batista – Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. v. 3 (72 p.) : il. ; graf. ; tabs.

_____. **Casa eficiente: simulação computacional do desempenho termoenergético** / editores: Roberto Lamberts; Enedir Ghisi; Cláudia Donald Pereira; Juliana Oliveira Batista – Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. v. 4 (53 p.) : il. ; graf. ; tabs.

LAMBERTS, R; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura** – PW Gráficos e Editores Associados Ltda, 1997.

LOMBARDO, M. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Editora Hucitec Ltda., 244p. 1985.

MACIEL, A. A. **Projeto bioclimático em Brasília: Estudo de caso em edifício de escritórios**. Florianópolis, 2002. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Alexandra_Albuquerque_Maciel_2.pdf

MAGALHÃES, L. C. **Manual de conservação de energia elétrica em prédios públicos e comerciais**. PROCEL Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 1a edição. Abril, 2001.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. **Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de Clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4**. Campinas. Revista Multiciência, Edição no. 8, Mudanças Climáticas. Maio 2007.

MARENGO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade**. Sub projeto: **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI**. Relatório No. 1 - **Caracterização do clima no Século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na América do Sul para o Século XXI derivados dos Modelos Globais de Clima do IPCC** - CPTEC/INPE. São Paulo. 2007.

MIRANDA, E. E.; GOMES, E. G.; GUIMARÃES, M. **Mapeamento e estimativa da área urbanizada do Brasil com base em imagens orbitais e modelos estatísticos**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.urbanizacao.cnpm.embrapa.br> . Acesso em: 8 maio 2011.

MOURA, M. O. **Os microclimas urbanos de Fortaleza: ritmos episódicos em duas áreas representativas da cidade**. Relatório de Graduação em Geografia. Fortaleza: Departamento de Geografia/UFC, 2006. Boletim Goiano de Geografia, Vol. 28, No 2 (2008) p.33-44. Ilhas de calor na cidade de Fortaleza. <http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/viewArticle/5718>. Acessado em 22.11.2010.

MOURA, M. O.; ZANELLA, M .E; SALES, M. C. L. **Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza/CE**. 2008. Boletim Goiano de Geografia, vol.28, n.2, jul-dez, Goiânia, p.33-44.

MÜLLER, E. **Desenvolvimento de Regras de Desenho Passivo para Edificações Habitacionais na Zona Central do Chile**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. GRUPO DE TRABALHO EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - II ENCONTRO NACIONAL E I ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS - Canela, RS, 24 a 27 de abril de 2001. Disponível em: http://kasseler-austausch-entwicklungsprojekte.de/ka_ep/Dokumente/Lateinamerika/Ernesto/06_ELECS2001_Ernst_Mueller_contacto2008.pdf

NOGUEIRA, M. C. J.; NOGUEIRA, J. S.. **Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam**. Disponível em <[http:// www.inmet.gov.br.htm](http://www.inmet.gov.br.htm)>. Acesso em: 19/set/2003.

PNMA; GERCO. Perfil dos estados litorâneos do Brasil: subsídios à implantação do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente - PNMA, Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro – GERCO. 211pp. (série g. cost., V. 9), 1995.

PROTOLAB - Laboratório de Propriedades Termofísicas e Prototipação – condutibilidade dos materiais. Disponível em: <http://www.protolab.com.br/Tabela-Conductividade-Material-Construcao.htm>

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S.; tradução: Alexandre Salvaterra. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 3ª edição. Porto alegre: Bookman, 488p. 2009.

_____.; tradução: Alexandre Salvaterra. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**. Porto Alegre: Bookman, 384p. 2009.

SILVA, M. C. G. **Aplicações Computacionais para Avaliação do Conforto Térmico**. ADAI - Departamento de Engenharia Mecânica Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra - Pólo II - Coimbra, Portugal.

SILVA, A. C. **Avaliação do comportamento térmico de habitações em San Antonio de los Baños, Cuba**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 153p, 2005.

XAVIER, T. M. B. S. **Alterações climáticas urbanas em Fortaleza/CE**. In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. Campos do Jordão: SBMET, 1996.