Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

# AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES BIOCLIMÁTICAS DA REGIÃO COSTEIRA DO NORDESTE BRASILEIRO: O MUNICÍPIO DE FORTALEZA, CE

PETALAS, Kety Vasconcelos – kpetala@multiplaybandalarga.com.br.
Doutoranda em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará

MOTA, Francisco Suetônio Bastos – suetonio@ufc.br
Doutor em Saúde Ambiental, Professor Titular da Universidade Federal do Ceará

**RESUMO:** A fim de identificar diretrizes que promovam um melhoramento das condições térmicas ao nível do pedestre, o presente estudo analisa o comportamento horário e mensal das variáveis bioclimáticas do município de Fortaleza, cidade litorânea de clima predominantemente quente e úmido durante todo o ano. A sensação térmica da população é analisada com base nos dados climáticos da Estação Climatológica Convencional do Aeroporto Internacional Pinto Martins por meio da aplicação do índice Voto Médio Estimado (PMV). A partir da análise dos resultados, verifica-se que o horário de maior desconforto acontece às 13h durante o Solstício de Verão, gerando extremo estresse fisiológico, com mais de 80% da população insatisfeita. Também é verificada a preferência térmica da população, por meio da aplicação de questionários. Os resultados coincidem com os valores analisados e indicam o sombreamento e a ventilação como recursos necessários à minimização das condições térmicas externas.
***Palavras-chave:*** *índice bioclimático – Voto Médio Estimado – bioclimatologia*

*ASSESSMENT OF BIOCLIMATIC CONDITIONS OF THE COASTAL REGION OF NORTHEASTERN BRAZIL: THE CITY OF FORTALEZA, CE*

**ABSTRACT:** In order to identify guidelines that promote improvement of thermal conditions at the pedestrian level, this study analyzes the hourly and monthly behavior of bioclimatic variables in Fortaleza, seaside town of predominantly hot and humid climate throughout the year. The population's thermal sensation is analyzed using the database from the Conventional Weather Station in the International Airport Pinto Martins through the application of the Predicted Mean Vote index (PMV). From the analysis of the results, the period of greatest discomfort happens at 13h during the Summer Solstice, generating extreme physiological stress with over 80% of the population dissatisfied. It is also verified the population's thermal preference by means of questionnaires. The results coincide with the values analyzed and indicate shading and ventilation as necessary resources to minimize the outdoor thermal conditions.
***Keywords:*** *bioclimatic index – Predicted Mean Vote - bioclimatology*

***Palabras-clave:*** *índice bioclimático – Voto Medio Estimado - bioclimatología*
***Mots-clefs:*** *index bioclimatique - Vote Moyen Previsible - bioclimatologie*

## 1. INTRODUÇÃO

As cidades situadas entre os Trópicos e, em especial, as litorâneas, vêm apresentando uma grande expansão populacional. Sabe-se, entretanto, que nem sempre esse crescimento é dotado de uma adequada infraestrutura urbana e que muitas vezes o planejamento urbano funciona mais como um instrumento corretivo que diretivo. Infelizmente, essa é uma realidade encontrada na maioria das cidades brasileiras.

No Brasil, as maiores densidades populacionais são encontradas nas regiões litorâneas do Nordeste, Sudeste e Sul. No país, são identificados diversos impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização e, dentre eles, significativas alterações climáticas (OPAS, 2009).

A intensidade com que o clima é alterado depende da forma como o espaço é apropriado. Jauregui (1991), ao fazer uma revisão sobre o bioclima em cidades

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

tropicais, chega à conclusão que quanto mais próximas elas se localizam da Linha do Equador mais altos são os valores de carga térmica durante a maioria dos dias ao longo do ano, em decorrência da combinação de elevados níveis de calor e umidade, enquanto as noites são menos estressantes. González *et al*. (2005) levantam a hipótese de que a proximidade com o litoral também influencia o armazenamento térmico da camada urbana superficial devido à interferência das brisas marítimas.

Considerando o estresse térmico que naturalmente caracteriza as cidades localizadas próximas à Linha do Equador, é de extrema importância que o planejamento urbano busque maneiras de minimizar esse estresse e impeça que o processo de urbanização sobreponha uma carga térmica ainda maior à população.

Portanto, visando a identificação de diretrizes que favoreçam um melhoramento do meio externo urbano ao nível do pedestre, o presente estudo busca verificar o comportamento térmico horário e mensal da sensação térmica da população de Fortaleza-Ce, a partir da aplicação do índice Voto Médio Estimado - PMV. Também procura analisar a preferência térmica da população e os recursos utilizados para amenizar seus desconfortos.

*Área de estudos*

A cidade de Fortaleza localiza-se no litoral norte do Estado do Ceará, a 3°46’ de latitude sul e 38°33’ de longitude oeste, ocupando uma área de aproximadamente 314 km² (Figura 1). Os elevados índices de insolação e radiação solar influenciam a temperatura, a evaporação e a luminosidade. Sua temperatura média é 26,7°C, com máxima de 30,2°C e mínima de 23,5°C. As maiores temperaturas ocorrem nos meses de dezembro e janeiro, enquanto, as menores, nos meses de junho e julho (PETALAS, 2000).

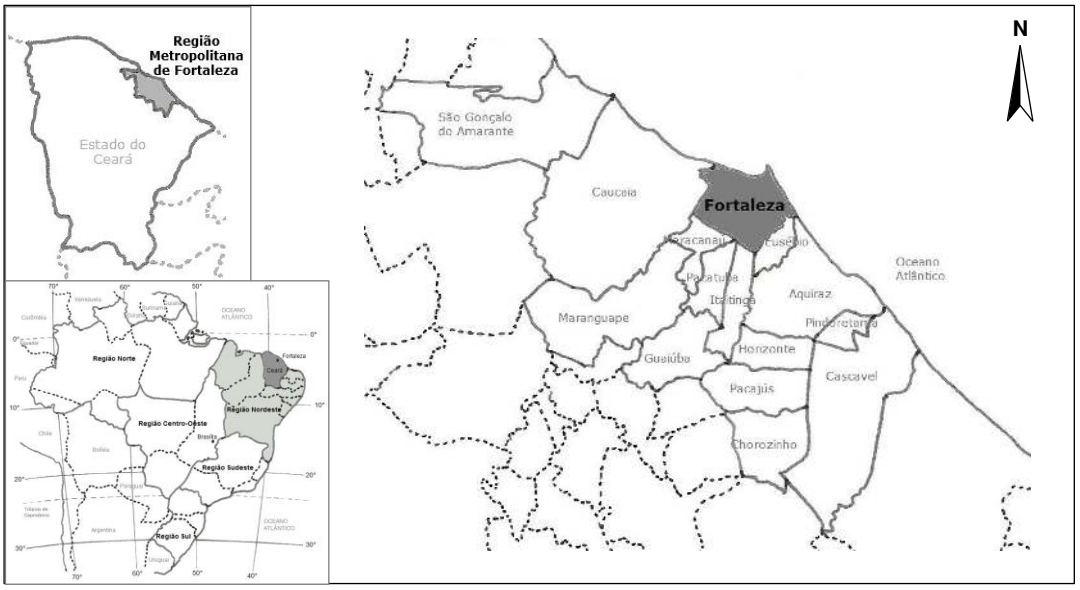


**Figura 1.** Localização do Município de Fortaleza, CE

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Em decorrência de sua proximidade com a Linha do Equador, apresenta baixa amplitude térmica diária e anual e, praticamente, só duas estações do ano, uma chuvosa, entre janeiro e junho, e a outra seca. A umidade acompanha o regime pluvial, é considerada elevada, 79%, e confere à cidade características inerentes a um clima tropical chuvoso, quente e úmido, segundo a classificação de Köeppen. Os ventos são relativamente fracos (3,9m/s) e a sua direção predominante é a leste, tendo como segunda predominância a direção sudeste. Sua proximidade com o mar faz com que seja fortemente influenciada pelas brisas marítimas (PETALAS, 2000).

O crescimento de Fortaleza aconteceu de forma muito rápida, impulsionado, principalmente, pelo êxodo rural em decorrência dos recorrentes períodos de seca (OPAS, 2009). Atualmente, é o principal centro urbano do Estado do Ceará, com uma população superior a 2.400.000 habitantes (SOUZA *et al*., 2009). Petalas e Luna (2011) verificam que o maior crescimento da mancha urbana é registrado entre as décadas de 80 e 90, assim como o decréscimo da cobertura vegetal, a qual, segundo Cortez (2000), é o elemento mais modificado na cidade de Fortaleza.

De estudos realizados para Fortaleza, conclui-se que existem alterações climáticas significativas com formação de ilhas de calor e de frescor dentro do tecido urbano (XAVIER *et al*., 1996; MALVEIRA, 2003 e SANTOS *et al*., 2013). A intensidade dessas alterações varia em diferentes pontos da cidade em função da tipologia de uso e ocupação do solo e seus efeitos são manifestados pelo desconforto sentido (SILVA *et al*., 2007; ALUCCI, 2011; COSTA FILHO *et al*., 2011; MOURA *et al*., 2011; BRANCO *et al*., 2012 e PAIVA e ZANELLA, 2012). As amplitudes térmicas são mais marcantes durante o período diurno entre 07h e 15h e no período não chuvoso (REPELLI *et al.*, 1997; SANTANA, 1997 e MOURA *et al*., 2010). Dentre os elementos climáticos, os mais afetados são a velocidade do vento, as temperaturas média, máxima, mínima e a umidade (XAVIER *et al*., 1996 e PETALAS, 2000).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A sensação térmica horária mensal para a cidade de Fortaleza-CE foi verificada a partir da aplicação do índice Voto Médio Estimado (PMV). O PMV tem sido comumente utilizado e aceito em avaliações bioclimáticas dentro e fora do Brasil. Dentre os estudos realizados no Brasil podem ser citados: Monteiro e Alucci (2006), Pezzuto (2007), Abreu e Labaki (2010), Carfan *et al*. (2010) e Carfan (2011), em São Paulo; Minella *et al*. (2011) e Rossi (2012), no Paraná; e Giralt (2006), no Rio Grande do Sul.

A base de dados utilizada nesse estudo foi formada pelas médias horárias e mensais de temperatura, umidade, velocidade do vento e nebulosidade da Estação Meteorológica Convencional do Aeroporto Internacional Pinto Martins (Altitude: 25m, Latitude: 03°46'S, Longitude: 38°32'W e Fuso: -3.0), disponível no site www.redemet.aer.mil.br, para o período de 1991 a 2010.

A Estação Meteorológica do Aeroporto Internacional Pinto Martins, dentre as demais estações convencionais presentes no município de Fortaleza, é a única

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

que dispõe de dados horários suficientes para o período desejado. Entretanto, foram encontradas três restrições. Primeiramente, a estação não fornece dados brutos e, dessa forma, não são utilizados dados diários. A segunda questão diz respeito à umidade relativa que passa a ser coletada no perfil de 24 horas somente a partir de 1991, limitando o início da coleta a esse ano. Por fim, quando um dos dados climáticos de entrada necessários ao cálculo do índice estava ausente, todos os demais eram removidos da série, reduzindo o tamanho da amostra de 5749 para 5076.

*Pesquisa de Campo*

A preferência térmica da população é verificada por meio da aplicação de questionários. Dentre as informações coletadas, as relevantes ao presente estudo foram: tempo de residência em Fortaleza, sexo, idade, peso, altura, atividade física, vestuário, recursos utilizados como proteção solar e contra a claridade, incômodos sentidos em função de determinadas condições climáticas, mês e turno do dia considerados mais confortáveis e desconfortáveis, preferência térmica e parâmetro climático mais agradável em Fortaleza.

Os questionários foram aplicados em quatro períodos distintos, definidos em função do comportamento dos parâmetros climáticos (março-abril/2011, julho-agosto/2011, setembro/2011 e janeiro/2012). A coleta das informações foi feita por conveniência e as entrevistas aconteceram no meio externo, entre 08h e 17h, sob área sombreada e em oito locais diferentes (Figura 2).

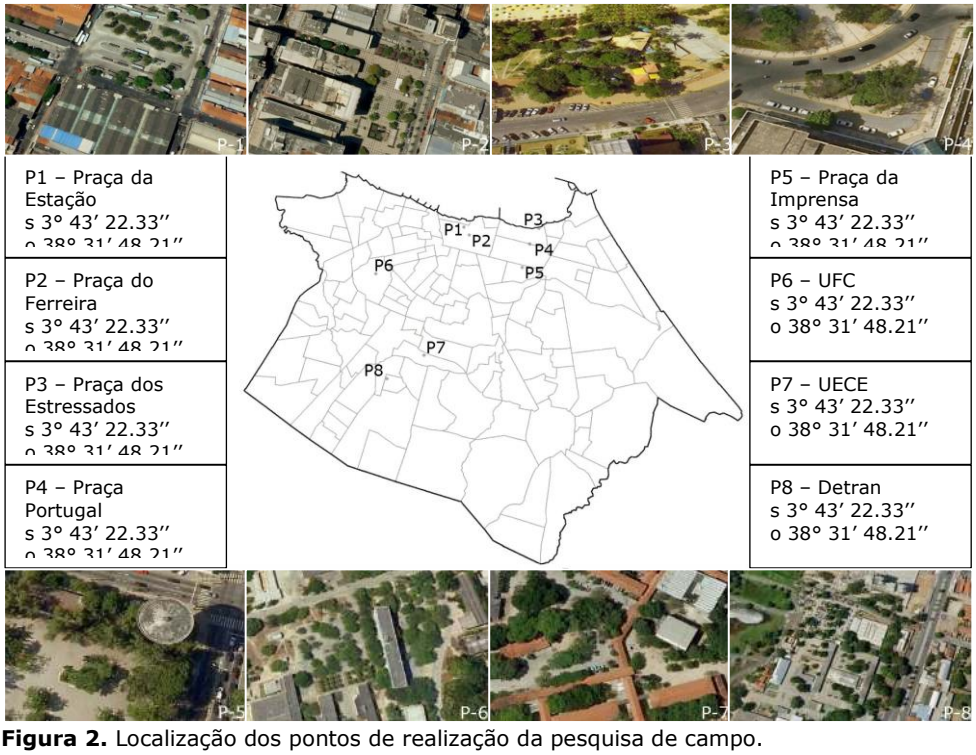


**Figura 2.** Localização dos pontos de realização da pesquisa de campo.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Tendo em vista a amostragem estatística adotada, os locais selecionados deveriam obedecer a dois requisitos: apresentar um considerável fluxo de pedestres e ser um local de convergência. Dessa forma, as entrevistas abordariam pessoas advindas de diversos bairros da cidade. Outro critério utilizado foi o fator de aclimatização. Portanto, o entrevistado deveria ser natural de Fortaleza ou residir na cidade a, no mínimo, 5 (cinco) anos, apresentar um bom estado físico de saúde e estar no local da entrevista a, pelo menos, 5 minutos.

Em pesquisas semelhantes tem sido adotada uma amostra mínima de 30 (trinta) pessoas para cada local objeto de análise (GIRALT, 2006). Considerando-se essa dimensão, o número de pontos e os períodos de análise, definiu-se uma amostra mínima de 960 pessoas.

*O índice PMV*

Inicialmente, o PMV foi desenvolvido para aplicações no meio interno. Em 1986, Gagge *et al*. (1986 *apud* JENDRITZKY *et al*., 2002) aprimoraram o seu cálculo, melhorando a descrição dos fluxos de troca de calor latente, e passaram a chamá-lo de PMV*.

McGregor *et al*. (2002) fizeram uma descrição sucinta de como o índice é calculado. Segundo eles, quando a geração do calor orgânico não é totalmente dissipada para o meio, o balanço térmico não é alcançado e a equação do PMV passa a ser expressa em função da diferença entre o calor gerado pelo corpo e o trocado com o meio. Expressos dessa forma, os votos de sensação térmica preditos pelo PMV podem ser apreciados por meio da escala de sete pontos da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers*) (Tabela 1).

Paralelo ao desenvolvimento do PMV foi criada a Porcentagem Estimada de Insatisfeitos (PPD) a qual prediz a quantidade de pessoas que gostariam que o ambiente estivesse mais quente ou mais frio. É calculada a partir dos valores do PMV. Um ambiente é recomendado termicamente quando o PPD é inferior a 10%, ou seja, 90% da população o consideram aceitável (ASHRAE, 2004).

Posteriormente, com o objetivo de ampliar a aplicação do PMV para condições externas, Jendritzky *et al*. (1979 *apud* MATZARAKIS, 1995) e Höppe (1997) parametrizaram os complexos fluxos de radiação que ocorrem no meio externo e os introduziram na equação de conforto de Fanger, usando o modelo *Klima-Michel Model* (KMM). O modelo requer os mesmos dados climáticos e subjetivos de entrada. A diferença consiste na modelagem da temperatura média radiante para o meio externo e nos parâmetros subjetivos que fazem referência a um alemão de 35 anos, 1,75 m de altura, 75 kg de peso, caminhando a 4 km/h, com vestuário entre 0,5 e 1,75 *clo* (THORSSON *et al*., 2004).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

**Tabela 1**. Níveis de percepção térmica e de estresse fisiológico humano correspondentes aos valores do índice PMV.

| PMV¹ | PMV² | Percepção Térmica | Grau de Estresse Fisiológico | Pessoas em Desconforto (%) |
|---|---|---|---|---|
| | -3,5 | Muito Frio | Extremo | |
| -3 | -2,5 | Frio | Forte | > 80 |
| -2 | -1,5 | Fresco | Moderado | > 50 |
| -1 | -0,5 | Lev. Fresco | Leve | > 10 |
| 0 | 0,5 | Confortável | Nenhum estresse | < 10 |
| +1 | 1,5 | Lev. Aquecido | Leve | > 10 |
| +2 | 2,5 | Quente | Moderado | > 50 |
| +3 | 3,5 | Muito Quente | Forte | > 80 |
| | | Ext. Quente | Extremo | |

PMV¹ de acordo com a escala de apreciação de ASHRAE (2004).
PMV² modificado depois de Jendritzky *et al*., 1990 *apud* Matzarakis e Mayer, 1997.
* Considerando a produção interna de calor de 80 W e a resistência térmica da vestimenta de 0,9 *clo*.
Fonte: Matzarakis e Mayer, 1997; Becker, 2000 e Thorsson *et al*., 2004.

Os valores do PMV calculados usando o KMM são universalmente aceitos e sua escala de apreciação foi modificada por Jendritzky *et al*. (1990 *apud* MATZARAKIS e MAYER, 1997) e ampliada para nove pontos conforme apresentado na Tabela 1.

Neste estudo, o índice PMV é calculado usando o programa *RayMan 2.0*, disponível no site: http://www.mif.unifreiburg.de/RayMan (MATZARAKIS e MAYER, 2000). O índice térmico é estimado a partir da inserção das variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e nebulosidade, e dos dados pessoais: gênero, idade, altura, peso, vestimenta e metabolismo. Os demais dados pessoais considerados são referentes aos valores médios identificados na pesquisa de campo.

O programa requer a introdução da data correspondente à coleta dos dados climáticos, entretanto, como se tratam de médias horárias, essa data não é disponível, não sendo também possível a determinação de um dia mensal típico conforme a metodologia adotada por Goulart (1993) e Pancher (2005).

A fim de se identificar uma data representativa, foi estabelecida uma comparação entre os valores médios mensais da temperatura do ar e umidade relativa da Estação do Aeroporto Internacional Pinto Martins com os valores médios diários da Estação Meteorológica do Campus do Pici, mês a mês e ano a ano. A proximidade entre as duas estações e as características relativamente semelhantes permitiram essa comparação. Também foi levada em consideração a declinação solar mais próxima da declinação solar média mensal.

A temperatura média radiante é considerada o parâmetro meteorológico que mais influencia as condições de conforto durante o verão e é um dos dados de

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

saída do programa *RayMan*. Seu cálculo usando o programa é validado com os resultados de medições microclimáticas em áreas urbanas de Freiburg (MATZARAKIS, 2002).

O índice PMV calculado através do *software RayMan* considera a temperatura média radiante ($t_{mrt}$), visto que o modelo calcula os fluxos de radiação de onda longa e curta que alcançam o corpo humano dentro das estruturas urbanas (MATZARAKIS *et al.*, 2007). O programa permite a introdução do Fator de Céu Visível (*Sky View Factor* – SVF), mas, nesse caso específico, ele é considerado igual a um (1,00), significando que o céu encontra-se sem obstruções (sem massa edificada e/ou arborização).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise comportamental da sensação térmica da população da cidade de Fortaleza durante o período de 1991 a 2010 foram verificadas as condições médias horárias e mensais e a frequência das classes de percepção térmica. Durante a pesquisa de campo, 1297 pessoas oriundas de quase todos os bairros de Fortaleza foram entrevistadas. Desse total, 91,5% vive em Fortaleza há mais de 20 anos, 59,3% é do sexo masculino, 62,7% possui entre 21 e 50 anos; o peso médio é 70,7 kg e a altura, 1,67 m; o nível médio de isolamento térmico das roupas é 0,4 *clo* (roupa íntima, calça comprida, camisa de manga curta, sapato e meia) e a taxa metabólica média é de 109 W/m² (atividade leve correspondente a uma pessoa caminhando lentamente).

*Comportamento horário*

O valor mínimo da temperatura do ar é alcançado às 6h da manhã e o máximo, às 13h. A velocidade do vento e o PMV seguem esse mesmo comportamento, enquanto a umidade relativa apresenta o sentido inverso (Figura 3).

Tal disposição era esperada, em decorrência das variações diárias do balanço de radiação da superfície do solo, que seguem a trajetória diária do sol acima do horizonte. Isso define os horários de aquecimento, quando o balanço de radiação é positivo, e de resfriamento da superfície terrestre e, portanto, do ar em contato com a mesma (TUBELIS e NASCIMENTO, 1987).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

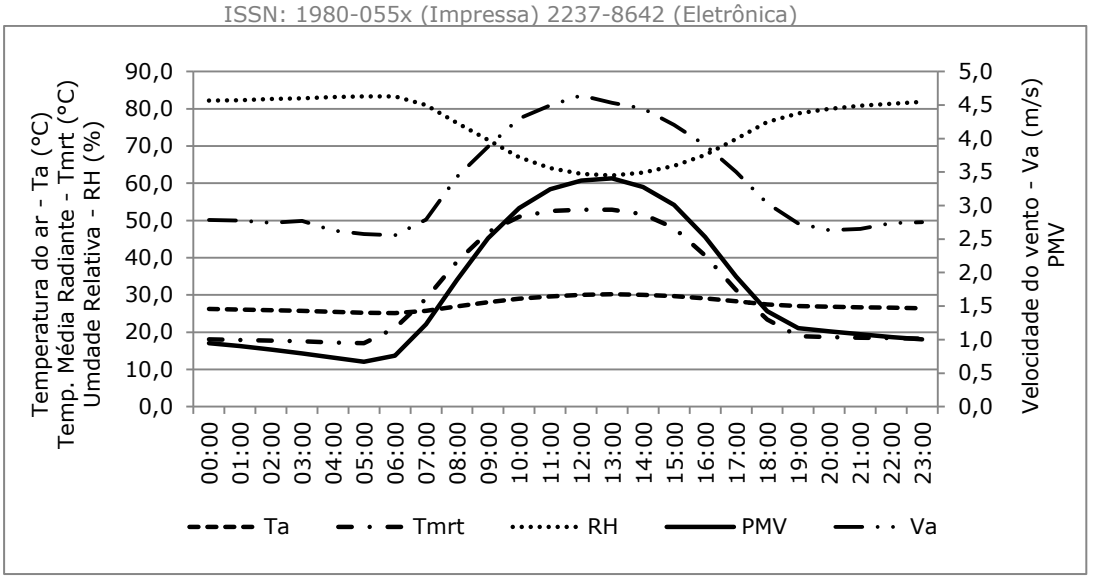


**Figura 3**. Média horária do índice PMV, da temperatura do ar, da temperatura média radiante, da umidade relativa e da velocidade do vento da Estação Meteorológica do Aeroporto Internacional Pinto Martins, em Fortaleza, Ceará, Brasil, no período de 1991 a 2010.

A velocidade do vento junto ao solo é maior durante o dia e menor à noite a partir do momento em que o balanço passa de positivo para negativo. A umidade relativa apresenta um curso diário inverso ao da temperatura porque é inversamente proporcional à tensão de saturação do vapor d'água. Começa a decrescer com o nascer do sol, alcançando seu valor mínimo quando a temperatura do ar atinge seu valor máximo. A partir de então, ela começa a aumentar, mas tende a estabilizar-se em um valor máximo até a manhã seguinte. Dessa forma, é menor durante o dia e maior à noite.

Isso significa dizer que durante o dia, a capacidade evaporativa do ar é maior e, em conjunto com uma ventilação mais intensa, permite que o suor evapore mais facilmente. Entretanto, nesse horário, além da radiação solar ser mais intensa, os fluxos de calor estabelecidos entre as superfícies também são maiores e, consequentemente, o calor que atinge o ser humano. Essa combinação confere ao PMV uma condição mais amena ("levemente aquecido") no início da manhã e uma condição crítica ("muito quente") entre 10h e 15h com pontos mais altos, às 12h e 13h.

Segundo Johansson e Emmanuel (2006) e Matzarakis *et al*. (2007), os fluxos de radiação resultam em ganho de calor para o corpo humano e, por esse motivo, a temperatura média radiante é considerada o parâmetro meteorológico que mais afeta o balanço energético humano durante condições quentes e úmidas. Isso pode ser evidenciado nos valores horários apresentados na Figura 1 e na boa correlação estatística entre o PMV e a temperatura média radiante (coeficiente $R^2$ = 0.9717). A partir das 13h a sensação de desconforto começa a diminuir, se estabilizando após as 18h, com uma sensação de "levemente aquecido".

A condição mais amena durante o período noturno se deve principalmente à ausência da radiação solar e à emissão para o espaço da radiação absorvida pela superfície durante o dia. Nesse caso específico, considerando que o SVF=1,

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

a radiação de onda-longa é facilmente liberada, proporcionando o resfriamento da superfície e do ar em contato com a mesma.

*Comportamento mensal*

O período em que a temperatura é mais elevada corresponde principalmente aos meses de novembro, dezembro e janeiro, meses que antecedem a quadra chuvosa. Nestes meses, também se evidencia o início da elevação da umidade relativa, que atinge seu valor máximo em março e abril, e o começo da redução da velocidade do vento. Esta, por sua vez, alcança seus valores mínimos em março e abril e, máximos, em setembro e outubro (Figura 4). Em geral, a amplitude térmica é pequena, sendo um pouco maior nos meses de junho e julho (Figura 5).

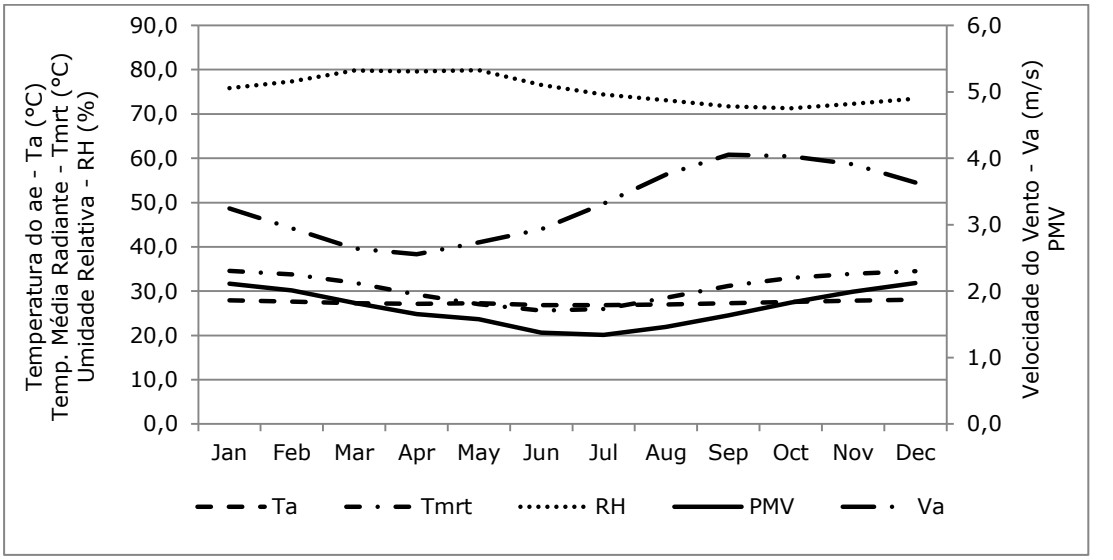


**Figura 4.** Média mensal do índice PMV, da temperatura do ar, da umidade relativa e da velocidade do vento da Estação Meteorológica do Aeroporto Internacional Pinto Martins, em Fortaleza, Ceará, Brasil, no período de 1991 a 2010.

Novamente, o PMV acompanha o comportamento da temperatura do ar e, principalmente, da temperatura média radiante. A sensação de desconforto é maior nos meses em que se verifica uma queda na velocidade do vento e um incremento na umidade. Em junho e julho a sensação térmica é mais agradável, passando de "quente" para "levemente aquecido". Isso se deve, principalmente, à redução da umidade e elevação da velocidade do vento. Essa combinação promove a renovação do ar e aumenta a sua capacidade evaporativa, favorecendo a evaporação do suor e amenizando o desconforto causado pelo calor.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

A partir de agosto, o nível de desconforto devido ao calor começa a aumentar, mesmo na presença de vento e baixa umidade, em decorrência do aumento da radiação solar, que atinge seu valor máximo em outubro (PETALAS, 2000).

O curso anual da umidade relativa acompanha o curso anual da cobertura do céu e a distribuição anual da precipitação (Figuras 4 e 5). Em consequência da constante advecção de ar úmido que provém do oceano, ela apresenta-se elevada e com pequena variação anual, aproximadamente, 9%.

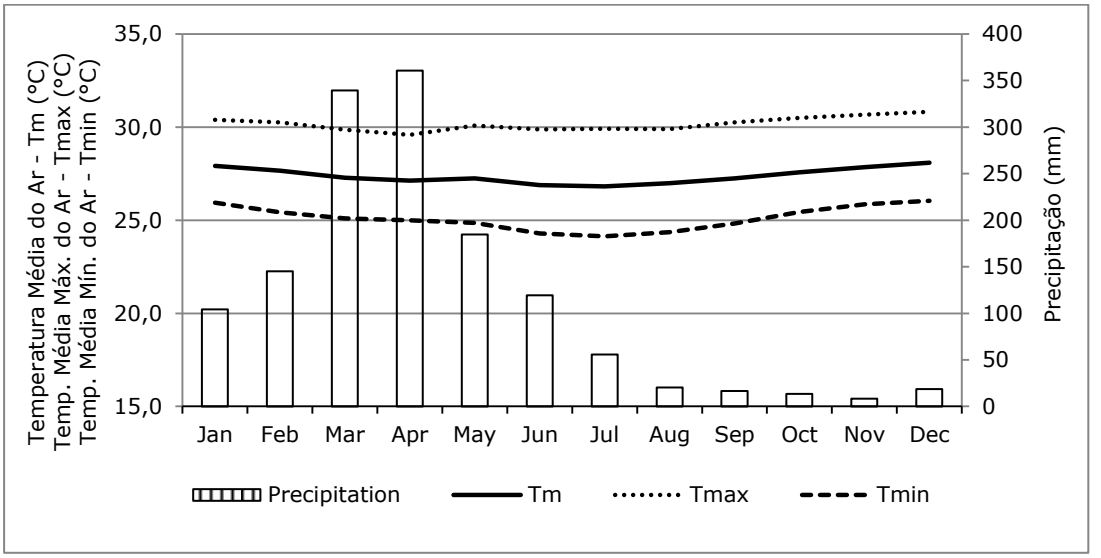


**Figura 5.** Valores mensais da temperatura média, máxima e mínima e da precipitação da Estação Meteorológica do Aeroporto Internacional Pinto Martins, em Fortaleza, Ceará, Brasil, no período de 1991 a 2010.

O Sol é a principal fonte de energia para a Terra, sendo a radiação solar, a componente climática que determina o comportamento anual e diário das principais variáveis bioclimáticas. Isto acontece devido ao movimento de translação da Terra em torno do Sol e em torno de si mesma, fazendo com que a intensidade da irradiância solar e a posição do sol no plano horizontal variem em função da hora e da época do ano (TUBELIS e NASCIMENTO, 1987 e SILVA, 2006).

A trajetória aparente do Sol acima do horizonte é representada, graficamente, nas cartas solares. Através delas é possível determinar a posição do Sol em função da época do ano e da hora do dia para uma latitude específica. De acordo com a carta solar para a latitude de Fortaleza, verifica-se que praticamente não existem diferenças entre o nascer e o pôr do sol ao longo do ano (FROTA, 2004).

*O bioclima de Fortaleza*

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Conforme o comportamento horário e mensal verifica-se que a sensação térmica predominante durante todo o ano é a "levemente aquecida" (52%), seguida pela classe "muito quente" (24%) (Figura 6). A partir das 7h a sensação de desconforto vai tornando-se mais evidente na maioria dos meses. Seu pico é alcançado às 13h, voltando a estabilizar-se em "levemente aquecido" somente após as 18h.

Os meses de dezembro e janeiro são semelhantes. Das 19h às 6h da manhã, a sensação atribuída é a de "levemente aquecido"; às 7h e 18h, "quente"; das 11h às 15h, "extremamente quente"; e o restante das horas, "muito quente".

Pela Lei do Cosseno de Lambert, quanto maior é a altura solar, maior é a quantidade de radiação solar, porque os raios solares estão menos inclinados e a energia se distribui sobre uma menor área (SILVA, 2006). No caso de Fortaleza, no Solstício de Verão, isso acontece entre 11h e 14h. Durante essa estação do ano, neste horário, a sensação térmica é "extremamente quente", com extremo estresse fisiológico.

| Hora | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00:00 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 01:00 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 02:00 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| 03:00 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| 04:00 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 05:00 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 06:00 | 1.4 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 1.4 |
| 07:00 | 2.0 | 1.7 | 1.3 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 1.0 | 1.6 | 2.0 | 2.2 |
| 08:00 | 2.6 | 2.4 | 2.1 | 1.6 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 1.3 | 1.8 | 2.3 | 2.6 | 2.7 |
| 09:00 | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.3 | 2.1 | 1.7 | 1.7 | 2.1 | 2.5 | 2.9 | 3.1 | 3.2 |
| 10:00 | 3.4 | 3.3 | 3.1 | 2.8 | 2.6 | 2.3 | 2.3 | 2.7 | 3.0 | 3.3 | 3.4 | 3.5 |
| 11:00 | 3.6 | 3.5 | 3.3 | 3.1 | 2.9 | 2.7 | 2.8 | 3.1 | 3.3 | 3.5 | 3.5 | 3.6 |
| 12:00 | 3.7 | 3.6 | 3.4 | 3.3 | 3.1 | 2.9 | 2.9 | 3.3 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.7 |
| 13:00 | 3.7 | 3.7 | 3.5 | 3.3 | 3.1 | 2.9 | 3.0 | 3.3 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.7 |
| 14:00 | 3.7 | 3.6 | 3.4 | 3.2 | 3.0 | 2.8 | 2.8 | 3.1 | 3.3 | 3.4 | 3.5 | 3.7 |
| 15:00 | 3.5 | 3.5 | 3.1 | 2.9 | 2.6 | 2.4 | 2.4 | 2.7 | 3.0 | 3.2 | 3.3 | 3.5 |
| 16:00 | 3.2 | 3.1 | 2.7 | 2.4 | 2.1 | 1.8 | 1.8 | 2.1 | 2.4 | 2.8 | 2.9 | 3.2 |
| 17:00 | 2.7 | 2.5 | 2.0 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.6 | 2.1 | 2.4 | 2.6 |
| 18:00 | 1.9 | 1.7 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.3 | 1.7 | 2.0 |
| 19:00 | 1.3 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.3 |
| 20:00 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
| 21:00 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 |
| 22:00 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.1 |
| 23:00 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |

Legenda: Neutro ev. aquecido ente quente quente quente

**Figura 6**. Comportamento médio horário mensal do índice PMV no período de 1991 a 2010 em Fortaleza, Ce – Brasil, conforme ampliação da escala de apreciação de ASHRAE de 7 para 9 pontos, segundo Matzarakis e Mayer (1997).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

A sensação "neutra" é observada somente nos messes de junho, julho e agosto, entre as 5h e 7h da manhã. Nesse período, o PMV médio é inferior a +0,5 e a porcentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) é inferior a 10%, o que, segundo ASHRAE (2004), o ambiente pode ser considerado como aceitável. Também é possível observar que, à medida que se aproxima do Solstício de Inverno (21 de junho), o número de horas em que o clima é percebido como "quente" a "muito quente" é reduzido (Figura 6).

É importante ressaltar que no cálculo do PMV durante o período noturno não é utilizada uma taxa metabólica de descanso; os fatores individuais considerados no cálculo são os mesmos para todas as horas; e ao considerar-se o Fator de Céu Visível igual a 1,00, o ser humano está exposto diretamente à radiação solar.

*Percepção do Conforto Térmico da população entrevistada*

Os meses considerados mais confortáveis pela população são março e abril (34% dos entrevistados). Nesses meses, a precipitação é mais intensa e essa é a razão atribuída para a escolha, no entanto, ao optar por esses meses, a maioria das pessoas ressalta que os considera confortável quando está chovendo e muito desconfortável nas demais horas, pois sente o tempo abafado devido à elevada umidade e pouca ventilação. Se esses meses forem isolados, o mês que passa a ser considerado mais confortável é o de junho (16% dos entrevistados), justificado como sendo mais fresco. A percepção de mais fresco corresponde a uma temperatura média mais baixa, ao decréscimo da umidade e ao incremento da velocidade do vento.

Como mês mais desconfortável é apontado, indistintamente, o mês de dezembro (30% dos 1297 entrevistados), por ser considerado muito quente. Em dezembro, a temperatura e a radiação solar (Solstício de Verão) são elevadas, a ventilação está em decréscimo e a umidade é ascendente, ou seja, o clima vai começando a ser percebido como mais quente e abafado.

Dentre os desconfortos climáticos, o sol forte é considerado o elemento que mais provoca incômodo para a população (56% de todos os entrevistados), seguido pelo tempo abafado e a claridade. Como forma de proteção contra o sol e a claridade, o uso de protetor solar (43% de todos os entrevistados) e o sombreamento (43% dos 1297 entrevistados) são os recursos mais utilizados. Apesar da maioria das pessoas utilizar alguma forma de proteção, ainda se tem um percentual de 28%, dentre todos os que foram entrevistados, que não se protege de nenhuma forma.

Relacionando os elementos climáticos que proporcionam certo desconforto e os meios utilizados para proteção contra a radiação solar e a claridade, observa-se que de todos os entrevistados que usa algum tipo de proteção (72% dos 1297 entrevistados), 57% aponta o sol forte como incômodo, sendo que, dentro desse percentual, 63% usa protetor solar e 57% usa a sombra produzida por árvores, edifícios ou marquises como forma de se proteger do sol.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Observa-se também que, em geral, o vento, o céu nublado e a chuva não são apontados pela população como elementos que proporcionam muito incômodo. Pode-se justificar pelo fato do céu nublado reduzir a incidência da radiação solar direta e, até certo ponto, a claridade. O vento, em geral, proporciona alívio à sensação de calor e a chuva, apesar dos transtornos provocados, como o alagamento de vias, por uma questão cultural e em virtude das constantes secas, é, geralmente, motivo de alegria.

O turno do dia considerado termicamente mais agradável é o noturno (18h às 6h), se prolongando até o início da manhã (6h às 8h), quando a sensação térmica apontada no comportamento horário do índice PMV é de "levemente aquecido" (Figuras 6 e 7). As razões atribuídas para essa escolha não estão relacionadas somente com a temperatura, mas também com a intensidade do sol e a brisa fresca da manhã, característica da região.

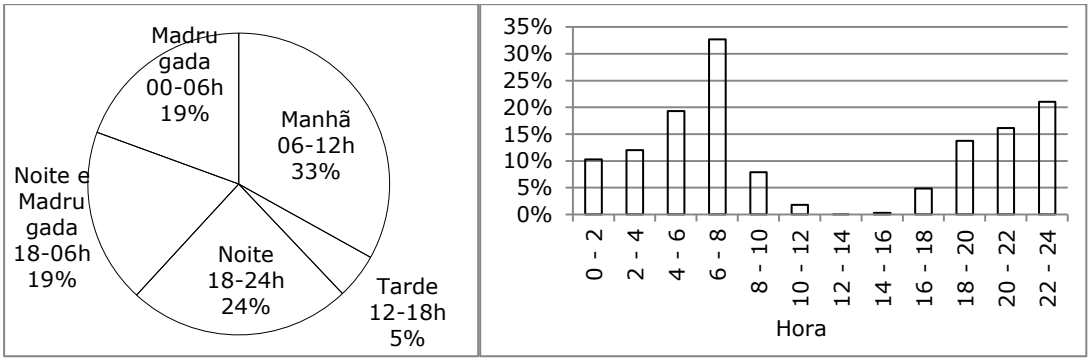


**Figura 7.** Turnos e horários considerados mais agradáveis termicamente em Fortaleza, CE - Brasil, 2012.

Em termos gerais, os habitantes de Fortaleza preferem uma sensação térmica mais fresca (76,3 %), mas, existe também uma pequena porção que prefere se sentir neutro (20,4%) ou mais aquecido (3,2%). Entretanto, dentre os elementos climáticos que caracterizam o clima de Fortaleza, a ventilação proporcionada pelo vento regional e pelas brisas marítimas é considerada o parâmetro mais agradável (Tabela 2). Provavelmente, isso se deve ao aumento da capacidade evaporativa do ar, o que, na presença de uma elevada umidade e temperatura, proporciona um alívio à sensação de calor.

Verifica-se que a sensação térmica manifestada pela população nas horas mais frias é "levemente aquecido". Essas horas correspondem ao período noturno e início da manhã, horários considerados mais agradáveis pela população. Mas, apesar da temperatura ser mais baixa, a umidade é elevada e a velocidade do vendo é reduzida, não sendo suficiente para estabelecer uma condição de conforto segundo o índice PMV.

**Tabela 2.** Parâmetros climáticos considerados mais agradáveis no clima de Fortaleza, Ce - Brasil, 2012.

| Parâmetros Climáticos | $F_{relativa}$ |
|---|---|

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

| | (%) |
|---|---|
| Vento | 46% |
| Brisas | 42% |
| Céu limpo | 10% |
| Temperatura | 6% |
| Chuvas | 5% |
| Umidade do ar | 4% |
| Insolaçãoo e radiação solar | 3% |
| Amplitude diária e anual | 2% |
| Nada | 1% |

A questão mais crítica acontece no período diurno, mais precisamente entre as 9h e 16h. Nesse período, a maioria das pessoas trabalha e se desloca de um local para outro, muitas vezes a pé, sem falar naquelas que trabalham ao ar livre. A atividade física, mesmo leve, na presença da radiação solar leva a uma sensação "extremamente quente", onde a ventilação, por si só, não é suficiente para aliviar o calor. Segundo Oke *et al*. (1990), apesar dos habitantes nos trópicos estarem aclimatados às condições térmicas locais, uma carga extra de estresse devido ao calor e à umidade pode ser encarada como uma ameaça à saúde.

Por outro lado, é interessante notar que, ao manifestar suas preferências, a própria população dá diretrizes para o melhoramento das condições de conforto no meio urbano, indicando o sombreamento e a ventilação como formas de controle.

## 4. CONCLUSÃO

O fato de uma cidade se situar em uma zona considerada termicamente estressante não significa que ela deve ser dotada de elementos artificiais que visem o condicionamento térmico, pois se pode fazer uso de elementos de desenho que amenizem o desconforto e, mesmo sendo necessário o uso de recursos artificiais, haja uma redução no consumo energético. O controle do clima urbano e a melhoria das condições de conforto são possíveis, mesmo quando o tecido urbano já existe e, muitas vezes, as soluções são mais simples e acessíveis do que se imagina.

De acordo com a revisão bibliográfica, quanto ao emprego dos índices térmicos, a maioria pode ser usada em todos os climas, regiões, estações e escalas, mas deve-se observar que a escala de sensação correspondente aos valores dos índices é definida para pessoas aclimatadas de latitudes médias, com uma produção interna de calor de 80 W (descanso) e uma resistência térmica do vestuário de 0,9 *clo* (traje passeio completo ou social).

No entanto, no presente trabalho, as condições térmicas avaliadas se referem a pessoas aclimatadas de latitudes baixas, de onde se supõe que sejam capazes de suportar melhor o calor. Portanto, para que os resultados tenham uma

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

interpretação mais realística, é necessário que essas escalas sejam ajustadas para o clima local. Outro aspecto a ser observado consiste na ventilação proporcionada pela brisa marítima sendo capaz de proporcionar uma sensação térmica mais agradável. Na avaliação realizada ainda deve-se levar em consideração o isolamento térmico do vestuário e o nível de atividade utilizados.

Estabelecendo-se um paralelo entre as condições atuais da cidade de Fortaleza, a avaliação da sensação térmica e as preferências da população, tem-se, de um lado, uma cidade com um crescimento populacional acelerado, um clima naturalmente estressante, um decréscimo da cobertura vegetal, um incremento da área construída e a presença de alterações climáticas significativas, principalmente na temperatura, umidade e ventilação. Por outro lado, tem-se uma população que anseia por condições mais amenas e, ao meio, um comportamento térmico que apresenta valores críticos principalmente durante o período diurno.

Tomando essa relação como parâmetro, as medidas a serem tomadas a fim de amenizar as condições de desconforto no meio externo na cidade de Fortaleza devem contemplar, sempre que possível:

- a incidência direta da radiação solar, promovendo o *sombreamento*;
- a *permeabilidade das superfícies*, favorecendo o processo de troca de calor por evaporação;
- as *características térmicas dos materiais* de construção, reduzindo a emissão de radiação de onda-longa para o meio externo; e.
- a geometria urbana, a orientação das ruas e edifícios, a distribuição e tamanho dos espaços livres, áreas verdes, corpos de água e elementos da paisagem, os quais influenciam diretamente no comportamento da *ventilação urbana*.

**Agradecimentos**

Agradece-se à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes e à Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica – REDEMET, pelo apoio à realização deste trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103-117, 2010.

ALUCCI, M. P. *Recursos de projeto para controle do estresse térmico em espaços abertos de cidades brasileiras*. São Paulo: FAUUSP, 2011. 68 p.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE - ASHRAE. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: ASHRAE, 2004. 30 p.

BECKER, S. Bioclimatological rating of cities and resorts in South Africa according to the Climate Index. *International Journal of Climatology*, v. 20, n. 12, p. 1403–1414, 2000.

BRANCO, K. G. C.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. O clima em áreas verdes intra-urbanas de Fortaleza. *Revista Geonorte*, v. 2, n.5, p. 443–454, 2012.

CARFAN, A. C. *Análise do conforto térmico em áreas abertas no município de Ourinhos – SP*. Tese de Doutorado, São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011. 166 p.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)
CARFAN, A. C.; GALVANI, E.; NERY, J. T. O efeito do sombreamento no conforto térmico – Estudo de caso: cidade de São Paulo. In: *VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero Americano de Geografia Física*, 26–30 May 2010. Portugal: Universidade de Coimbra, 2010.

CORTEZ, A. P. *O estado e a formação da paisagem urbana de Fortaleza quanto à vegetação arbórea: enfoques urbanísticos e de sustentabilidade*. Dissertação de Mestrado, Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2000. 724 p.

COSTA FILHO, A. C.; FARIAS, C. J. P. de; MENESES, V. D. de; MARTINS, B. T. C.; ARRUDA, G. X. M. Características físico-ambentais e variáveis climáticas: um estudo bioclimático no campus da Universidade de Fortaleza. In: *VI Encontro Nacionale IV Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*, 7–9 September 2011. Vitória: ELECS, 2011.

FROTA, A. F. *Geometria da Insolação*. São Paulo: Geros, 2004. 289 p.

GIRALT, R. P. *Conforto térmico em espaços públicos abertos na cidade de Torres – RS.* Dissertação de Mestrado, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 238 p.

GONZÁLEZ, J. E.; LUVALL, J. C.; RICKMAN, D.; COMARAZAMY, D.; PICÓN, A. J.; HARMSEN, E. W.; PARSIANI, H.; RAMÍREZ, N.; VÁSQUEZ, R. E.; WILLIAMS, R.; WAIDE, R. B.; TEPLEY, C. A. Urban Heat Island developing in Coastal Tropical Cities. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, v. 86, n. 42, p. 397-403, 2005.

GOULART, S. V. G. *Dados climáticos para avaliação em desempenho térmico de edificações em Florianópolis*. Dissertação de Mestrado, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1993. 124 p.

HÖPPE, P. Aspects of human biometeorology in past, present and future. *International Journal of Biometeorology*, v. 40, n. 1, p. 19–23, 1997.

JAUREGUI, E. The human climate of tropical cities: an overview. *International Journal of Biometeorology*, v. 35, n. 3, p. 151-160, 1991.

JENDRITZKY, G.; MAAROUF, A.; FIALA, D.; STAIGER, H. An update on the development of a universal thermal climate index. In: *Proceedings 15$^{th}$Conference of Biometeorological Aerobiology and16$^{th}$ International Congress of Biometeorology*, 28 October–1 November 2002. Kansas: AMS, 2002.

JOHANSSON, E.; EMMANUEL, R. The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Biometeorology*, v. 51, n. 2, p. 119-133, 2006.

MALVEIRA, E. C. H. *Estudo de mudanças climáticas num ambiente urbano*: evolução da "Ilha de Calor" na Região Metropolitana de Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2003. 197 p.

MATZARAKIS, A. Validation of modelled mean radiant temperature within urban structures. In: *Conference on Agricultural and Forest Meteorology – 12$^{th}$ Joint Conference on the Applications of Air Pollution Meteorology with – 4$^{th}$ Symposium on the Urban Environment*, 19-23 May 2002. Norfolk (VA): AMS, 2002.

MATZARAKIS, A. *Ανθρωποβιομετεωρολογική εκτίμηση του κλίματος της Ελλάδος*. Tese de Doutorado, Thessaloniki: Aristotles University of Thessaloniki, 1995. 245 p.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H. Atmospheric conditions and human thermal comfort in urban areas. In: *11$^{th}$Seminar on Environmental Protection, Environment and Health*, 20-23 November 2000. Thessaloniki (GR), 2000.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H. Heat stress in Greece. *International Journal of Biometeorology*, v. 41, n. 1, p. 34 – 39, 1997.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F., MAYER, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, v. 51, n. 4, p. 323-334, 2007.

MCGREGOR, G. R.; MARKOU, M. T.; BARTZOKAS, A.; KATSOULIS, B. D. An evaluation of the nature and timing of summer human thermal discomfort in Athens, Greece. *Climate Research*, v. 20, n. 1, p. 83–94, 2002.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. Análise do efeito diurno do fator de visão do céu no microclima e nos níveis de conforto térmico em ruas de pedestres em Curitiba. *Ambiente Construído*, v. 11, n. 1, p. 123-143, 2011.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)
MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Verificação comparativa experimental da aplicabilidade de diferentes modelos preditivos de conforto térmico em ambientes externos. In: *XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, 23-25 August 2006. Florianópolis: ANTAC, 2006.
MOURA, M. de O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Conforto térmico em Fortaleza-Ce. *Revista da ANPEGE*, v. 6, n. 6, p. 177-189, 2010.
MOURA, M. de O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Ilhas de Calor em Fortaleza/Ceará-Brasil. In: *IV Simpósio Internacional de Climatologia*, 16-19 October 2011. João Pessoa (PB): SBMET, 2011.
OKE, T. R.; TAESLER, R.; OLSSON, L. E. The Tropical Urban Climate Experiment (TRUCE). *Energy and Building*, v. 15, n. 1-2, p. 67-73, 1990.
ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - OPAS. *Mudança climática e saúde*: um perfil do Brasil. Brasília: OPAS, 2009. 44 p.
PAIVA, F. I. B.; ZANELLA, M. E. Conforto térmico na área central do bairro de Messejana, Fortaleza-Ce: uma comparação entre os índices de conforto térmico "Temperatura Aparente" e "Diagrama do Conforto Térmico". In: *XVII Encontro Nacional de Geógrafos*, 22-28 July 2012. Belo horizonte: AGB, 2012.
PANCHER, F. S. *Desenvolvimento de um programa computacional para tratamento de dados climáticos coletados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*. Dissertação de Mestrado, Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2005. 283 p.
PETALAS, K. V. *Impactos da urbanização sobre os parâmetros climáticos, em duas áreas de Fortaleza, Ceará*. Dissertação de Mestrado, Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2000. 277 p.
PETALAS, K. V.; LUNA, R. M. Análise multitemporal do crescimento da mancha urbana no município de Fortaleza-Ce, no período de 1985 a 2007. In: *II Congresso Nacional de Educação Ambiental e IV Encontro Nordestino de Biogeografia*, 12-15 October 2011. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB. v.4: 729-737, 2011.
PEZZUTO, C. C. *Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos*: Estudo de caso em Campinas, SP. Tese de Doutorado, Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2007. 197 p.
REPELLI, C. A; ALVES, R.; SOUZA, E. B. de; UBARANA, V. N.; ALVES, J. M. B. Sensação térmica para Fortaleza-Ce. *Monitor Climático*, v. 11, n. 121, p. 8–16, 1997.
ROSSI, F. A. *Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba*. Tese de Doutorado, Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012. 188 p.
SANTANA, A. M. S. de. *O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza*. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Universidade de São Paulo, 1997. 168 p.
SANTOS, F. B. dos; GOMES, H. B.; AZEVEDO, C. D. da S. Análise da formação de Ilhas de Calor em fortaleza-Ce por meio de imagens de satélite. In: *XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*, 13-18 April 2013. Foz do Iguaçu: INPE, 2013.
SILVA, J. M. O.; MOURA, M. O. L.; SALES, M. C. L.; SILVA, E. V. As condições microclimáticas urbanas de Fortaleza: análise de dois episódios sazonalmente contrastantes. *Cadernos de Cultura e Ciência*, v. 2, n. 2, p. 2-11, 2007.
SILVA, M. A. V. *Meteorologia e Climatologia*. Recife: Oficina de Textos, 2006. 463 p.
SOUZA, M. J. N. de; MENELEU NETO, J.; SANTOS, J. de O.; GONDIM, M. S. *Diagnóstico ambiental do município de Fortaleza*: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo – PDPFor. Fortaleza: Prefeitura de Fortaleza, 2009. 174 p.
THORSSON, S.; LINDQVIST, M.; LINDQVIST, S. Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. *International Journal of Biometeorology*, v. 48, n. 3, p. 149-156, 2004.
TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. *Meteorologia descritiva*: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1987. 374 p.
XAVIER, T. de M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Alterações climáticas urbanas em Fortaleza-Ceará (1974-95). In: *IX Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 1996. Campos do Jordão: SBMET, 1996.