

CONFORTO TÉRMICO HUMANO NO ESTADO DO PARANÁ

Heverly Morais
IAPAR
heverly@iapar.br

Wilian da Silva Ricce
Agroconsult
wilianricce@gmail.com

Paulo Henrique Caramori
IAPAR
caramori@iapar.br

Danilo Augusto da Silva
Agroconsult
daniloaugusto@gmail.com

Eixo temático: Clima nas cidades

RESUMO: As condições atmosféricas estão relacionadas com o conforto humano. O homem, apesar de estar presente em várias partes do planeta, busca, na medida do possível, fixar-se em locais com clima agradável visando seu bem estar e qualidade de vida. Muitas vezes, quando o ser humano expõe-se às condições climáticas desfavoráveis, pode sofrer perda de eficiência no trabalho e, eventualmente, problemas de saúde. O objetivo desse trabalho foi analisar o conforto térmico humano e elaborar o zoneamento bioclimático no estado do Paraná. Foram utilizadas as séries históricas de temperatura média, velocidade do vento e umidade relativa de 38 estações meteorológicas automáticas do SIMEPAR distribuídas no estado do Paraná. Com esses dados foi calculado o conforto térmico conforme o modelo TE_v – Temperatura Efetiva. Foram ajustadas equações de regressão e mapeados os valores de TE_v mensais em função da latitude, longitude e altitude para todo o Paraná. O estado do Paraná possui grande diversidade bioclimática, apesar de não apresentar índices extremos de estresse térmico. Ao norte e oeste do estado predominam regiões quentes, ao sul, regiões frias. A região central do estado e a região metropolitana de Curitiba apresentam o bioclima mais confortável de acordo com o modelo utilizado neste estudo.

ABSTRACT: Atmospheric conditions are related to human comfort. Humans, in spite of being present in several parts of the planet, seek as far as possible, to settle in places with nice weather aiming their welfare and quality of life. Often, when the human beings are exposed to unfavorable weather conditions, they can suffer loss of efficiency at work, and eventually health problems. The aim of this paper was to analyze the human thermal comfort and elaborate the bioclimatic zoning in the state of Paraná, Brazil. The database consisted of historic series of average temperature, wind speed and relative humidity of 38 automatic weather stations from SIMEPAR distributed in the state of Paraná. These data were used to calculate the thermal comfort based on TE_v model - Effective Temperature. Regression equations of the monthly TE_v were fitted and mapped based on latitude, longitude and altitude for the entire Paraná. The state of Paraná has great climatic diversity, although do not present extremes of thermal stress index. At the north and west of the state predominate hot regions, and at the south, cold regions. The central region of the state and the metropolitan region of Curitiba have the most comfortable bioclimate according to the model used in this study.

Introdução

O estado do Paraná localiza-se em uma área de transitoriedade geográfica entre as latitudes 22° e 26° S, transpassando o Trópico de Capricórnio. As altitudes das cidades paranaenses variam desde o

nível do mar até superiores a 1.300m. Segundo a classificação de Köppen, o clima do Paraná é do tipo Cfa nas regiões norte, oeste, litoral e parte do centro e sudoeste, isto é, trata-se de clima subtropical, com verão quente, geadas pouco frequentes e concentração das chuvas nos meses de verão. Nas regiões sul, metropolitana de Curitiba, parte do centro e sudoeste o clima é do tipo Cfb, clima temperado propriamente dito, com verões frescos e sem estação seca definida. Essa diversidade de clima e relevo proporciona ao Paraná regiões com características meteorológicas distintas.

Variáveis meteorológicas como temperatura, umidade do ar e vento influenciam diretamente as condições ambientais e determinam a distribuição de plantas e animais na superfície terrestre. As condições atmosféricas também estão relacionadas com o conforto humano. O homem, apesar de estar presente em várias partes do planeta, busca, na medida do possível, fixar-se em locais com clima agradável visando seu bem estar e qualidade de vida. Segundo Maia & Gonçalves (2002), muitas vezes, quando o ser humano expõe-se às condições climáticas desfavoráveis, a tensão resultante produz desconforto, perda da eficiência no trabalho e, eventualmente, problemas de saúde.

A preocupação científica do homem com o seu conforto térmico é muito antiga. Os primeiros esforços organizados para o estabelecimento de critérios de conforto térmico foram realizados no período de 1913 a 1923. Desde então esse tema tem sido estudado em diferentes partes do mundo, sendo que o grande desafio era encontrar os fatores que influenciam na sensação térmica e como eles se relacionam. As pesquisas desenvolvidas no período de 1970 a 1986 comprovaram que o conforto térmico está estritamente relacionado com o equilíbrio térmico do corpo humano e que esse equilíbrio é influenciado por fatores ambientais (Ruas, 1999).

É importante conhecer as características climáticas de um determinado local do ponto de vista do conforto térmico para ter ciência das condições do local onde se vive e também de outros lugares e, se possível, optar pelo local mais apropriado para se fixar. Este conhecimento também pode ser utilizado como uma ferramenta estratégica para amenizar o desconforto humano auferindo qualidade de vida e desenvolvimento regional, seja no âmbito de políticas públicas, comunitárias ou ações individuais. De acordo com Nery et al. (2006) o conhecimento das condições climáticas em relação ao conforto térmico de cada localidade, permite aos projetistas criar ambientes urbanos e edificados mais favoráveis à saúde e ao bem estar humano.

Identificar os locais onde existe esse desconforto térmico por excesso de calor, é importante para desenvolver estratégias para mitigar esse efeito, como: construção de ciclovias, melhoria do transporte coletivo, construção de calçadas ecológicas, incentivos à manutenção de espaços vegetados nas residências e comércios, aumento da arborização urbana e número de praças, entre outras.

O objetivo desse trabalho foi analisar o conforto térmico humano e elaborar o zoneamento bioclimático no estado do Paraná.

Material e Métodos

Foram utilizados os dados meteorológicos mensais de temperatura média (°C), velocidade média do vento (m/s) e umidade relativa (%), registradas no período de 2000 a 2011 em 38 estações

meteorológicas automáticas do Instituto Tecnológico SIMEPAR distribuídas no estado do Paraná. Com base nesses dados, foi calculado o conforto térmico conforme o modelo TE_v – Temperatura Efetiva, proposto por Suping et al. (1992).

$$TE_v = 37 - (37 - Ta) / [0,68 - 0,0014UR + 1/(1,76 + 1,4v^{0,75})]$$

Onde,

TE_v = temperatura efetiva resultante do efeito combinado de temperatura, umidade e vento;

Ta = Temperatura do ar (bulbo seco, °C)

UR = Umidade Relativa (%)

v = velocidade do vento (m/s)

Foram ajustadas equações de regressão e mapeados o TE_v mensal em função da latitude, longitude e altitude para todo o Paraná, com resolução de 90m, utilizando a base do SRTM - Shuttle Radar Topography Mission (Miranda, 2005).

Utilizou-se a classificação bioclimática descrita na Tabela 1, proposta por Fanger (1972) e adaptada por Maia & Gonçalves (2002).

Tabela 1. Índices de conforto térmico, classificação bioclimática e grau de estresse fisiológico em humanos.

TE _v	Classificação bioclimática	Grau de estresse fisiológico
< 13	Muito frio	Extremo estresse ao frio
13 > TEV > 16	Frio	Tiritar
16 > TEV > 19	Frio moderado	Ligeiro resfriamento do corpo
19 > TEV > 22	Ligeiramente frio	Vasoconstrição
22 > TEV > 25	Confortável	Neutralidade térmica
25 > TEV > 28	Ligeiramente calor	Ligeiro suor, vasodilatação
28 > TEV > 31	Calor moderado	Suando
31 > TEV > 34	Calor	Suor em profusão
> 34	Muito calor	Falha na termorregulação

As divisões regionais do estado do Paraná foram delimitadas conforme a Figura 1.

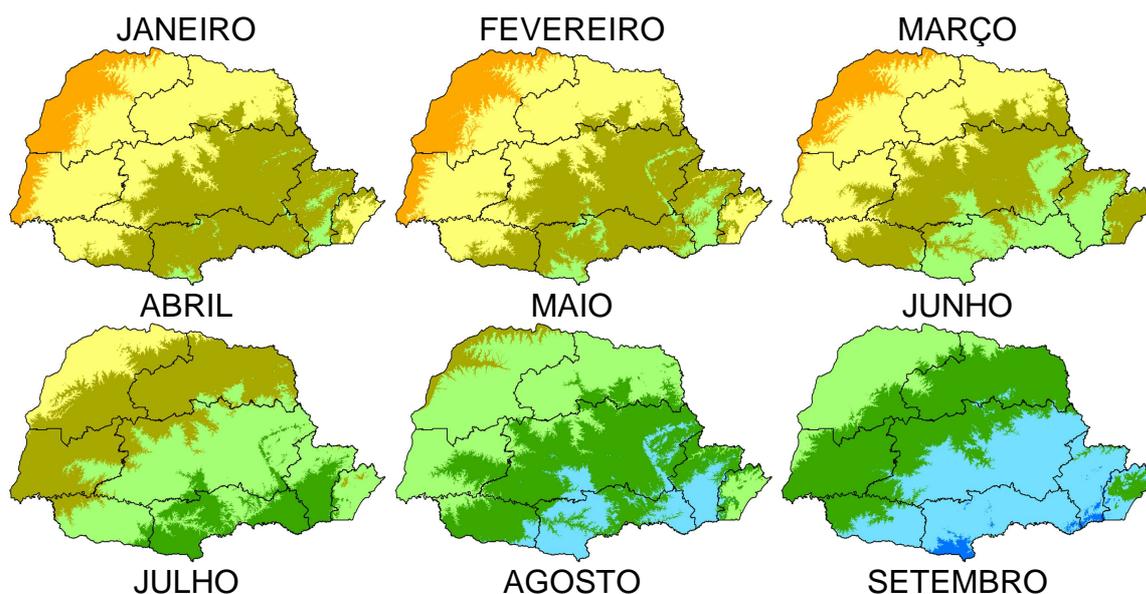


Figura 1. Divisão regional do estado do Paraná.

Os resultados mensais de TE_v foram somados conforme a classificação bioclimática nas seguintes categorias: Confortável, Confortável + Ligeiramente frio, Confortável + Ligeiramente calor, Frio moderado + Frio + Muito frio e Calor moderado + Calor + Muito calor.

Resultados e Discussão

Os mapas mensais, gerados de acordo com os índices de conforto térmico obtidos para o estado do Paraná, são apresentados na Figura 2.



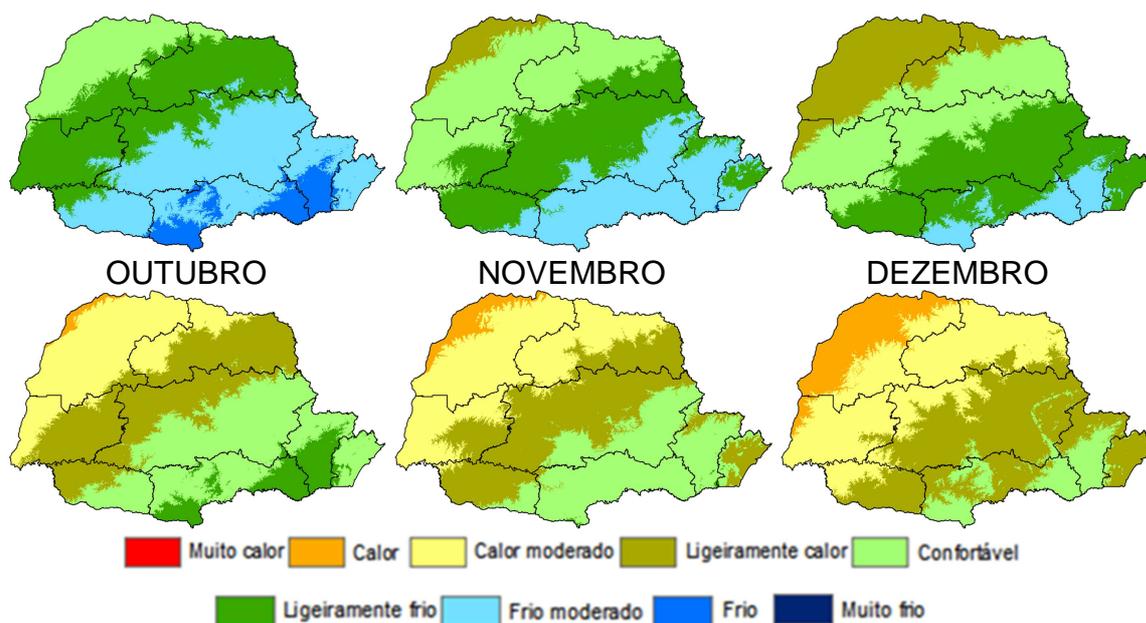


Figura 2. Índices de conforto e desconforto térmico segundo o modelo de Temperatura efetiva (TEv) resultante do efeito combinado de temperatura, umidade e vento para o estado do Paraná no período de 2000 a 2011.

O Paraná se localiza em uma região de transição geográfica e é caracterizado como clima subtropical, em razão disso sua área abrange uma grande diversidade climática condicionando também diversas faixas de conforto térmico, variando de “Calor” a “Frio”. No entanto não foi verificado no estado nenhum dos índices extremos “Muito calor” ou “Muito frio”.

Observa-se que em cada mês os índices se alteram nas diversas regiões do estado, de acordo com o relevo e latitude. A região do extremo oeste e noroeste onde ocorrem baixas altitudes, nos meses de verão (dezembro a março) apresentaram as temperaturas mais elevadas do estado com índice de classificação “Calor”. Neste mesmo período, grande parte das regiões noroeste, oeste, norte, sudeste e o litoral (exceto o mês de março) foram classificadas como regiões com “Calor moderado”. Nos meses de janeiro e fevereiro grande parte das regiões central, sul, sudeste e metropolitana de Curitiba foram classificadas como “Ligeiramente calor”. Nos meses de dezembro e março as regiões sul e metropolitana de Curitiba apresentaram-se como predominantemente “Confortável”.

O mês de abril apresentou desconforto térmico para temperaturas altas nas regiões norte, oeste e noroeste. Nas regiões central, sudoeste e litoral, bem como parte da região metropolitana de Curitiba e sul, apresentaram bioclima “Confortável”, embora essas duas últimas regiões predominaram o bioclima “Ligeiramente frio”.

No mês de maio, o extremo da região noroeste apresentou o índice de conforto térmico classificado como “Ligeiramente calor” e parte da região sul e metropolitana de Curitiba foram classificadas como “Frio moderado”. Nas demais regiões o bioclima variou de “Confortável a Ligeiramente frio”.

Os meses de junho e julho foram os únicos que apresentaram bioclima classificados como “Frio” em alguns locais das regiões sul e metropolitana de Curitiba. Na região noroeste predominou

bioclima “Confortável”. Nas regiões norte e oeste predominaram “Ligeiramente frio” e nas regiões central, sudoeste, litoral e parte das regiões metropolitana de Curitiba e sul a classificação observada foi “Frio moderado”.

Em agosto, no extremo da região noroeste o índice de conforto térmico foi classificado como “Ligeiramente calor”. As regiões norte, oeste e parte do noroeste e litoral, o bioclima observado foi “Confortável”. Nas demais regiões predominaram a classificação “Ligeiramente frio” a “Frio moderado”.

No mês de setembro aumentou a área classificada como “Ligeiramente calor” englobando praticamente toda a região noroeste. O extremo da região sul e metropolitana de Curitiba ainda apresentaram “Frio moderado”. Nas demais regiões o bioclima distribuiu-se em “Confortável” (mais ao norte) e “Ligeiramente frio” (mais ao sul).

Em outubro e novembro predominou no estado os bioclimas “Calor moderado”, “Ligeiramente calor” e “Confortável”. Somente no extremo da região noroeste e sul apresentaram o bioclima “Calor” e “Ligeiramente frio” (somente em outubro) respectivamente.

Nota-se de maneira geral que no estado do Paraná predomina regiões quentes durante grande parte do ano. Nesse contexto, ressalta-se a importância da cobertura vegetal na área urbana, a qual tem como uma de suas principais características amenizar a quantidade de radiação solar incidente sobre a superfície, e, conseqüentemente o calor. Essa informação é primordial para subsidiar o planejamento urbano, com vista à melhoria no nível do conforto ambiental, da saúde humana, a criação e preservação de janelas e áreas verdes na cidade (Oliveira, 2010).

Sabe-se que existe preferência pessoal para clima de acordo com as características fisiológicas e origem de cada indivíduo. Do ponto de vista de qualidade de vida, em que o ser humano procura o local mais “confortável” para fixar-se, nota-se que no Paraná em todos os meses do ano há locais “confortáveis”, embora haja variação na sua área de abrangência e região de acordo com a época do ano. Na Tabela 2 é apresentado o número de meses em que são observados alguns índices de conforto térmico em cada região do estado.

Tabela 2. Número de meses em que foi classificado cada bioclima nas diferentes regiões do estado do Paraná.

Região	Número de meses observado em cada classificação bioclimática				
	Confortável	Confortável e Ligeiramente frio	Confortável e Ligeiramente calor	Frio moderado, Frio e Muito frio	Calor moderado, Calor e Muito calor
Norte	3	4	6	0	6
Noroeste	4	4	6	0	7
Oeste	3	5	6	0	6
Central	4	6	8	3	3
RMC*	6	7	7	5	0

Sudoeste	3	6	7	2	3
Sul	5	7	7	5	0
Litoral	3	6	6	3	2

*Região Metropolitana de Curitiba

A região onde predominou o bioclima “Confortável” por mais tempo foi a região metropolitana de Curitiba (6 meses). Na classificação bioclimática “Confortável + Ligeiramente frio”, as quais o clima é ameno ou tendendo para um frio fraco, predominaram nas regiões metropolitana de Curitiba e sul (7 meses). O bioclima “Confortável + Ligeiramente calor”, em que o clima é agradável ou tende para um calor fraco, predominou na região central (8 meses). As pessoas que não toleram frio não é recomendável fixar-se nas regiões metropolitana de Curitiba e sul, pois durante 5 meses predomina o índice “Frio moderado, Frio ou Muito frio”. Os indivíduos que não toleram calor, não se recomenda fixar-se nas regiões noroeste, norte e oeste, pois pelo menos metade do ano ocorre “Calor moderado, Calor ou Muito calor”.

Oliveira et al. (2010) estudando o índice de conforto e desconforto térmico na cidade de Belém, PA, observaram que os meses de julho e agosto são ligeiramente desconfortável, enquanto que, os demais meses do ano apresentaram elevados índices de desconforto, sendo os meses de abril e maio foram os meses com mais altos índices. Os autores caracterizaram a cidade com elevado índice de desconforto humano. Nery et al. (2006) encontraram estresse térmico positivo na maior parte do ano na cidade de Salvador, BA. A partir do zoneamento bioclimático da região sudoeste, Oliveira et al. (2006) caracterizaram os meses de maio a setembro como o período de menores riscos de desconforto térmico humano. Gouvêa (2007) verificou que em locais densamente urbanizados da região metropolitana de São Paulo, como São Caetano do Sul e Parque D. Pedro, apresentaram o maior número de casos de desconforto por calor moderado, por outro lado, regiões menos urbanizadas como São Miguel Paulista e Ibirapuera, cujas medições meteorológicas foram realizadas em parque com grande área vegetada, mostraram-se mais confortáveis.

Conclusão

O estado do Paraná possui grande diversidade bioclimática, apesar de não apresentar índices extremos de estresse térmico. Ao norte do estado predominam regiões quentes, ao sul, regiões frias. A região central do estado, nela considerando também a região metropolitana de Curitiba, apresenta o bioclima mais confortável, conforme o modelo utilizado neste estudo.

Referências Bibliográficas

FANGER, P.O. **Thermal Comfort – analysis and applications in environmental engineering**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1972. 244p.

GOUVÊA, M.L. **Cenários de impacto das propriedades da superfície sobre o conforto térmico humano na cidade de São Paulo**. São Paulo, USP (Dissertação Mestrado), 2007.

MAIA, J.A.; GONÇALVES, F.L.T. Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorotrópicas na cidade de São Paulo - Parte 1. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu: SBMet, 2002. 1. CD-ROM.

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 25 ago. 2012.

NERY, J.; ANDRADE, T.; MOURA, T. Conforto térmico em Salvador: o índice PET e sua abordagem projetual. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, v.7, n.1, 2006.

OLIVEIRA, L.M.F.; YANAGI JUNIOR, T.; FERREIRA, R.; CARVALHO, L.G.; SILVA, M.P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.823-831, set-dez, 2006.

OLIVEIRA, M.C.F.; SOUZA, P.F.S.; FERREIRA, M.A.V.; BARRETO, P.N.; FERREIRA A.N.; ABREU, J.R. Climatologia e índice de conforto térmico em Belém – PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém, **Anais...** Belém: SBMet, 2010. 1. CD-ROM.

RUAS, A.C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. São Paulo: Ministério do Trabalho, Fundacentro, 1999. 96p.

SUPING, Z.; GUANGLIN, M. YANWEN, W.; JI, L. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race and of meteorotropic effects on distance runners. **International Journal of Biometeorology**, v.36, n.20, 1992.