

**Climatologia do conforto térmico humano durante o verão para a cidade de Pelotas-RS, parte 1:
índice de calor**

Letícia Moreira Nick¹, Anderson Spohr Nedel²

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia – UFPel, Pelotas, RS. e-mail: leticiamnck@hotmail.com

²Professor do departamento de Meteorologia – UFPel, Pelotas, RS. e-mail: anderson.nedel@ufpel.edu.br

Resumo: O Conforto Térmico Humano (CTH) pode ser definido como uma sensação expressada de satisfação com o ambiente no qual se encontra, porém, para que esse conforto seja satisfeito o indivíduo deve estar em neutralidade térmica com o meio externo. A fim de se caracterizar as sensações térmicas sentidas pela população e os possíveis problemas ocasionados à saúde e ao bem estar humano, este estudo objetiva analisar o Conforto Térmico na cidade de Pelotas-RS, durante o verão nos últimos 30 anos. Foram utilizados dados diários das variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa do ar, nos horários das 9h, 15h e 21h entre os anos de 1986 à 2015, obtido através da estação agroclimatológica da Embrapa. Posteriormente foi utilizado o Índice de Calor (Heat Index) para estimar as sensações observadas pela população, ao longo de três períodos diários (manhã, tarde e noite). Os resultados mostraram predominância da condição de neutralidade térmica durante as manhãs (76%) e noites (76,8%) na cidade de Pelotas, enquanto que as tardes foram experimentadas sensações de estresse térmico por calor, sensação de pouco à muito calor, apresentando 54,43% dos dias. Ressalta-se a ocorrência, mesmo sendo a estação do verão, de períodos de estresse térmico por frio, sensação de pouco frio, ocorrendo principalmente durante as noites, com 18,2% dos dias analisados.

Palavras-Chave: ambiente externo, estresse térmico, temperatura efetiva

Os autores deste trabalho são os únicos responsáveis por seu conteúdo e são os detentores dos direitos autorais e de reprodução. Este trabalho não reflete necessariamente o posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Biometeorologia (SBBiomet).

The authors of this paper are solely responsible for its content and are the owners of its copyright. This paper does not necessarily reflect the official position of the Brazilian Society of Biometeorology (SBBiomet).

Introdução

Ao longo dos anos o ser humano tem buscado, a partir de pesquisas, encontrar a relação entre variáveis meteorológicas e a saúde humana. A área que busca compreender este assunto é chamada de Biometeorologia Humana, que pode ser entendida como a área que se estuda as influências que os fatores do meio externo exercem sobre a saúde e o bem estar humano.

Entre as várias áreas existentes na Biometeorologia Humana, uma das mais estudada é o Conforto Térmico Humano (CTH), que segundo Fanger (1970), pode ser definido como uma sensação expressada a partir da satisfação com o ambiente no qual o ser humano se encontra. Para que esse conforto seja satisfeito o indivíduo deve estar em neutralidade térmica com o meio, ou seja, não pode haver nem perda, nem ganho de calor a partir do corpo humano. Foi então que na década de 90, a Organização Internacional para Padronização (ISO 7730, 1994), órgão que regula o CTH em ambientes internos, se baseou nos estudos desenvolvidos por Fanger (1970) e determinou que a insatisfação térmica pode ser causada devido ao desconforto causado tanto por calor, quanto por frio; (aquecimento/resfriamento do corpo), como um todo ou em partes (total ou parcial).

A fim de se investigar esta relação do estresse térmico, por calor ou frio, e problemas a nossa saúde e ao bem estar da população em geral, foram desenvolvidas equações matemáticas prognósticas conhecidas como Índices de Conforto Térmico Humano (ICT) ou índices biometeorológicos. Tais índices podem ser considerados, como modelos que buscam associar, em conjunto ou individualmente, variáveis meteorológicas e pessoais para assim representar as condições do ambiente humano. Este trabalho tem o objetivo de analisar o comportamento do Conforto Térmico Humano na cidade de Pelotas-RS, no período do verão nos anos de 1986 à 2015, utilizando o ICT índice de calor.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na cidade de Pelotas, situada na região sul do estado do Rio Grande do Sul (RS), considerando a estação de verão dos anos de 1986 à 2015. Utilizando dados dos últimos 30 anos, esta situação foi escolhida devido a cidade não possuir estudos/pesquisas sobre o conforto térmico na estação do verão, com dias de altos índices de umidade e temperatura. A partir da Estação Agroclimatológica da Embrapa foram obtidos dados das variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos horários das 9h, 15h e 21h (locais), a fim de se obter um comportamento das sensações sentidas pela população no decorrer do dia (manhãs, tardes e noites). Neste trabalho consideraremos o verão como sendo o “verão meteorológico”, que compreende o período entre os meses de dezembro a fevereiro, e não a estação do verão segundo o calendário astronômico (entre 21 de dezembro a 2 de março).

A fim de expressar o Conforto Térmico Humano, aplicaremos o índice biometeorológico índice de calor ou Heat Index (HI). Este índice é proposto por Steadman (1979), e muito utilizado, principalmente, no Estados Unidos (pela NOAA), devido ao seu clima quente durante o verão. Em seu cálculo o HI leva em consideração as variáveis temperatura e umidade relativa do ar e só pode ser utilizado quando há temperaturas superiores a 26°C e umidade igual ou maior a 40%. A equação para se obter este índice é expressada na forma a seguir (Equação 1):

$$HI = - 42.379 + 2.04901523(T_f) + 10.14333127(RH) - 0.22475541(T_f)(RH) - (6.83783 \times 10^{-3})(T_f^2) - (5.481717 \times 10^{-2})RH^2 + (1.22874 \times 10^{-3})(T_f^2)RH + (8.5282 \times 10^{-4})(T_f)(RH^2) - (1.99 \times 10^{-6})(T_f^2)(RH^2) \quad (1)$$

onde, HI é a temperatura equivalente ao índice de calor em °F; T_f é a temperatura do ar em °F e RH é a umidade relativa em número inteiro.

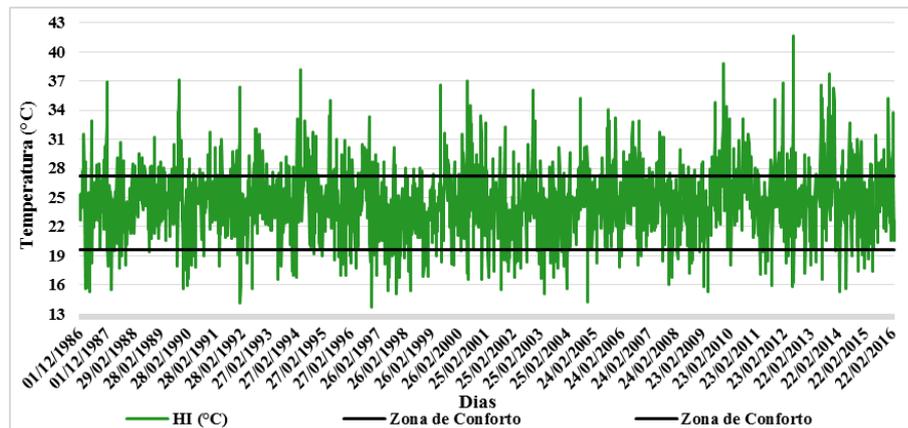
Serão utilizadas também, faixas interpretativas do conforto térmico percebido, desenvolvido por Monteiro & Alucci (2010), as quais se utilizarão para caracterizar as sensações de conforto térmico que mais ocorreram na cidade de Pelotas durante o período de estudo. Neste trabalho serão utilizados as sensações de pouco frio (12°C ~ 19,5°C), neutralidade (19,6°C ~ 27,2°C), pouco calor (27,3°C ~ 34,8°C), calor (34,9°C ~ 42,4°C) e muito calor (> 42,4°C).

Resultados e Discussões

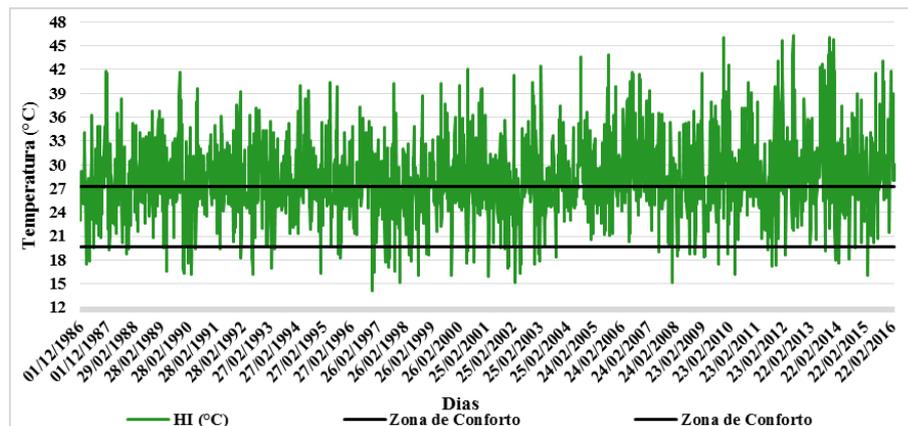
Observando os gráficos a seguir, referentes à variação temporal nos horários das 9 horas, 15 horas e 21 horas (Figura 1a, 1b e 1c), segundo o índice de calor (HI), verifica-se que o período mais desconfortante e estressante devido ao calor é ocasionado durante as tardes, às 15 horas (sensação de pouco calor, calor e muito calor), segundo o índice de calor. Durante o período da manhã, 9 horas (Figura 1a), temos em maior evidência a frequência de dias com temperatura dentro da zona de conforto (neutralidade térmica – 19,6°C à 27,2°C), apresentando também alguns dias com valores de estresse térmico tanto por frio (sensação de pouco frio, com 6,4% dos dias) como por calor (sensação de pouco calor e calor, com 17,8% dos dias). O maior estresse por calor foi encontrado no dia 25 de dezembro de

2012 com 41,6°C e o maior estresse por frio no dia 06 de fevereiro de 1997 com 13,7°C. Observando o período das tardes, 15 horas, (Figura 1b), ocorre, com maior frequência, dias de estresse térmico por calor, onde a sua sensação térmica máxima foi encontrada no dia 25 de dezembro de 2012 com 46,3°C. É possível observar também alguns dias em estresse térmico por frio com a sua mínima sensação de 14,1°C no dia 06 de fevereiro de 1997. Ao analisar o período das noites, 21 horas, (figura 1c), temos semelhanças com o período das manhãs, já que novamente ocorrem, em sua maioria, as sensações de temperatura agradáveis (com neutralidade térmica), ocorrendo alguns períodos de estresse térmico tanto por frio (18,2%) quanto por calor (4,95%), como nos dias 1 de janeiro de 1998 com 13,4°C e dia 19 de janeiro de 2014 com sensação de 38,3°C, respectivamente.

a)



b)



c)

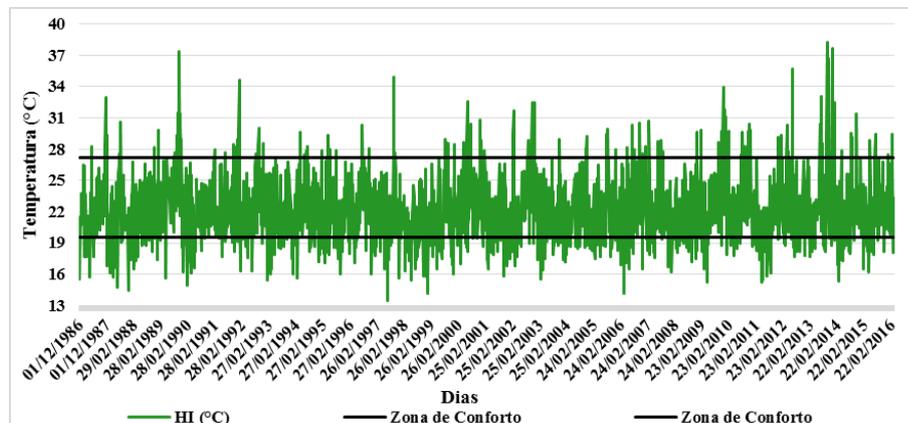


Figura 1: Gráfico da variação temporal do índice de calor (HI) para o período (a) das manhãs (9h), (b) das tardes (15h) e (c) das noites (21h) na cidade de Pelotas-RS, compreendendo os anos de 1986 à 2015.

Ao analisar agora a distribuição de frequência mensal das sensações de conforto ou desconforto térmico (Tabela 1, 2 e 3), segundo o índice de calor (HI), nota-se no período das manhãs (9h), uma maior quantidade de dias dentro da neutralidade térmica (2045 dias ou 76%), com predominância no mês de Dezembro (760 dias). Durante as tardes (15h), com o aumento da temperatura, observa-se que os dias vão se tornando mais desconfortáveis e estressantes por calor com um total de 1474 dias (54,43%), variando de pouco a muito calor, porém, existem também dias com alguma neutralidade térmica (1154 ou 43%). A maior quantidades de dias com desconforto, ocorreu durante o mês de Janeiro (563 dias). Durante as noites (21h), devida a perda de calor radiativo para a atmosfera, ocorre a diminuição da temperatura e, conseqüentemente, mais momentos de neutralidade térmica (2080 dias ou 77%), bem como, também alguns períodos de estresse térmico por frio (pouco frio); 494 dias ou 18%.

Tabela 1: Distribuição de frequência mensal dos tipos de tempo para Pelotas no período das manhãs (9h), utilizando o índice de calor (HI), durante os verões de 1986 à 2015.

Sensação	Índice de Calor				
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Total	%
Muito Calor	0	0	0	0	0
Calor	9	6	8	23	0,8
Pouco Calor	103	227	138	468	17
Neutralidade	760	659	626	2045	76
Pouco Frio	58	38	76	172	6,4

Tabela 2: Distribuição de frequência mensal dos tipos de tempo para Pelotas no período das tardes (15h), utilizando o índice de calor (HI), durante os verões de 1986 à 2015.

Sensação	Índice de Calor				
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Total	%
Muito Calor	3	6	7	16	0,59
Calor	42	87	86	215	7,94
Pouco Calor	354	470	419	1243	45,9
Neutralidade	505	342	307	1154	42,6
Pouco Frio	26	25	29	80	2,95

Tabela 3: Distribuição de frequência mensal dos tipos de tempo para Pelotas no período das noites (21h), utilizando o índice de calor (HI), durante os verões de 1986 à 2015.

Sensação	Índice de Calor				
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Total	%
Muito Calor	0	0	0	0	0
Calor	1	5	1	7	0,26
Pouco Calor	18	53	56	127	4,69
Neutralidade	708	752	620	2080	76,8
Pouco Frio	203	120	171	494	18,2

Conclusão

Conclui-se a partir desse estudo que, durante o verão, a cidade de Pelotas encontra-se de maneira geral desconfortável por calor no período das tardes (embora haja também algum conforto nesse período) enquanto que as manhãs e noites se apresentam termicamente confortáveis à população. Com destaque para a ocorrência de estresse por frio (pouco frio) durante algumas noites, mesmo durante o verão. Ressalta-se que durante a realização deste estudo não foram utilizados os limiares de recomendação do ICT índice de calor ($T > 26^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR} \geq 40\%$), o que pode ter ocasionado como resultado a grande quantidade de dias em neutralidade térmica. Outro fato que deve ser levado em consideração é que este índice aplicado aqui foi desenvolvido para outra realidade climática, o que torna necessário a realização de uma “validação” considerando as nossas condições climáticas, a partir de consultas/entrevistas com a população de interesse.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pela cedência dos dados.

Referências

Fanger P O (1970) Thermal comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. New York: McGraw-Hill Book Company.

International Organization for Standardization. ISO 7730 (1994) Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.

Monteiro L M, Alucci M P (2010) Modelo adaptativo de conforto térmico em espaços urbanos abertos. In: PLURIS2010 – Congresso Luso Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 4., 2010, Faro : Univeridade de Algarve. Actas do... 1:578.

Steadman R G (1979) The assessment of sultriness. Part I: A temperature humidity index based on human physiology and clothing science. Journal of Applied Meteorology 18:861-873.