

**Climatologia do conforto térmico humano durante o verão para a cidade de Pelotas-RS, parte 2:
índice humidex**

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: Nos últimos anos têm-se buscado associar a influência de variáveis meteorológicas ao bem estar e a saúde do ser humano, inserido na área de pesquisa conhecida como Biometeorologia Humana. Dentre as suas áreas temos o Conforto Térmico Humano (CTH), que é caracterizada quando a energia produzida pelo organismo é igual ao que é perdido por este corpo para o meio. Para analisar as condições do ambiente que afetam a população são utilizados índices biometeorológicos que representam a ação conjunta de variáveis meteorológicas e pessoais sobre o corpo humano. Esse estudo tem como objetivo analisar o comportamento do CTH na cidade de Pelotas-RS. Dados diários, das 9h, 15h e 21h, das variáveis meteorológicas temperatura e umidade relativa do ar no período do verão nos anos de 1986 à 2015, foram obtidos através da Estação Agroclimatológica da Embrapa. Para estimar as sensações observadas pela população ao longo das manhãs, tardes e noites foi utilizada a aplicação do índice biometeorológico humidex. Os resultados mostraram que a maior parte do período estudado se encontra em estresse térmico por calor, considerando as sensações de pouco calor, calor e muito calor, principalmente no período das tardes, entretanto os períodos das manhãs e das noites apresentaram alguns momentos de estresse térmico por frio (sensação de pouco frio). Ressalta-se a ocorrência, em menor evidência, de períodos de neutralidade térmica (períodos confortáveis) nos três horários estudados (manhãs, tardes e noites), mas principalmente nas noites com 30,5% dos dias.

Palavras-Chave: desconforto térmico, estresse por calor, umidade relativa

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

Nos últimos anos, várias pesquisas têm buscado associar a influência de variáveis meteorológicas, climáticas e de poluição do ar, ao bem estar e a saúde do ser humano, inserido na área de pesquisa conhecida como Biometeorologia Humana. Das mais diversas áreas de estudo presentes na Biometeorologia Humana, faz parte o Conforto Térmico Humano (CTH), que, segundo Fanger (1970), é caracterizado quando a energia produzida pelo organismo humano é igual ao que é perdido por este corpo para o meio externo, mas esta é uma condição subjetiva, ou seja, ele possui uma variação de sensações para cada indivíduo. Enquanto isso, na década de 80, a Sociedade Americana de Saúde, Engenharia de Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE, 1985), adotou a definição definida por Fanger (1970), e determinou que a partir da variação de variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade do ar, velocidade do vento, etc.) e pessoais (idade, sexo, metabolismo e vestimenta, entre outros) as sensações de conforto ou desconforto térmico humano podem variar entre humanos.

Para determinar como as condições do tempo, relacionadas a partir das variações do estresse térmico por calor ou frio, poderiam afetar a população causando mal-estar e até problemas de saúde, foram desenvolvidas equações denominadas índices biometeorológicos ou Índice de Conforto Térmico Humano (ICT), as quais são modelos que associam as variáveis meteorológicas e individuais para representar as condições sentidas pela população. O objetivo deste estudo é 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 humidex.

Material e Métodos

O estudo foi realizado entre os verões de 1986 à 2015, na cidade de Pelotas, situada na região sul do estado do Rio Grande do Sul. Utilizando dados dos últimos 30 anos, esta situação foi escolhida devido a cidade não possuir muitos estudos sobre o conforto térmico ao longo da estação do verão, a qual possui dias de altos índices de umidade e temperatura. Foram obtidos dados das variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar, junto a Estação Agroclimatológica da Embrapa, nos horários das 9h, 15h e 21h, (horários que ocorrem medições na estação) a fim de se obter as sensações sentidas pela população durante o decorrer do período do dia (manhãs, tardes e noites). Neste trabalho será considerado o verão como sendo o “verão meteorológico”, o qual compreende o período entre os meses de dezembro à fevereiro e não a estação do verão propriamente dita, que segundo o calendário astronômico corresponde entre 21 de dezembro a 2 de março.

Para expressar o Conforto Térmico Humano será aplicado o Índice de Conforto Térmico humidex (HU), proposto por Masterton & Richardson (1979), ele é mais utilizado em climas quentes e mais fácil de ser calculado, por utilizar em seu cálculo as variáveis meteorológicas umidade relativa e temperatura do ar, que são mais conhecidas e medidas por estações meteorológicas. Para se obter este índice, é necessário o cálculo das seguintes equações (Equação 1 e 2):

$$HU = t_{ar} + (0.5555)(e - 10) \quad (1)$$

$$e = 6.11 \exp^{(5417.7530((1/273.16) - (1/t_d)))} \quad (2)$$

onde, HU é a temperatura equivalente Humidex em °C; t_{ar} é temperatura do ar em °C; e é pressão de vapor de água em mb e t_d é temperatura do ponto de orvalho em K.

Além das variáveis meteorológicas acima, utilizaremos também a variável temperatura do ponto de orvalho (t_d), que é necessária para o cálculo do índice humidex, e será calculada utilizando-se a seguinte equação (Equação 3) (Lawrence, 2005). Na literatura existem diversas equações para o cálculo da t_d , mas devido esta utilizar as variáveis meteorológicas já obtidas para este estudo, torna-a acessível para ser calculada.

$$t_d = \frac{B \left[\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{At}{B+t} \right]}{A - \ln\left(\frac{RH}{100}\right) - \frac{At}{B+t}} \quad (3)$$

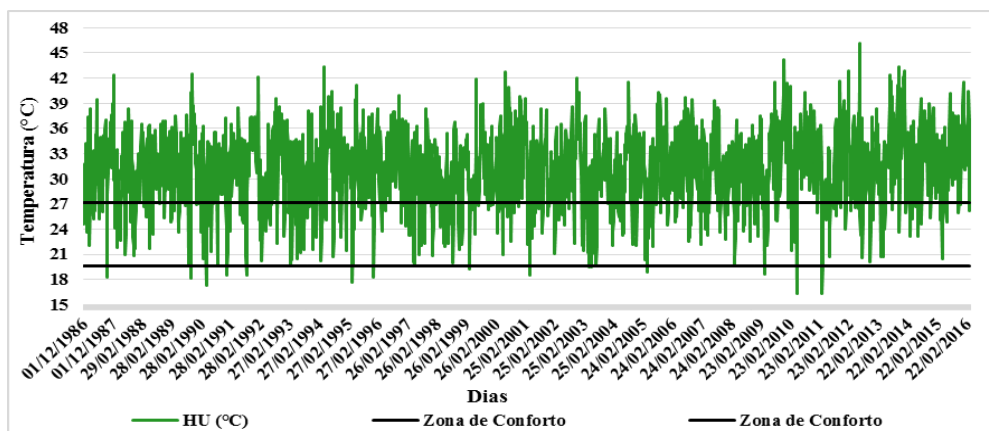
onde, RH é umidade relativa em %; A é uma constante, $A = 17,625$; B é uma constante, $B = 243,04^\circ\text{C}$ e t é a temperatura do ar em °C.

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 ($12^\circ\text{C} \sim 19,5^\circ\text{C}$), neutralidade ($19,6^\circ\text{C} \sim 27,2^\circ\text{C}$), pouco calor ($27,3^\circ\text{C} \sim 34,8^\circ\text{C}$), calor ($34,9^\circ\text{C} \sim 42,4^\circ\text{C}$) e muito calor ($> 42,4^\circ\text{C}$).

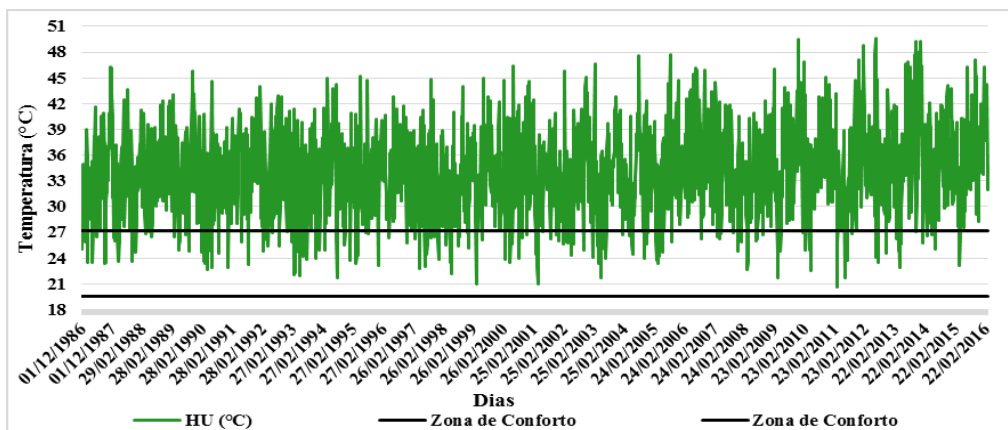
Resultados e Discussões

Observando os gráficos da variação temporal referente aos horários das 9h, 15h e 21h (Figura 1a, 1b e 1c), segundo o índice humidex (HU), é possível observar, de maneira geral, que as tardes, (Figura 1b), se apresentam mais estressantes e desconfortáveis por calor (considerando as sensações de muito calor, calor e pouco calor). Durante as manhãs, 9h, (Figura 1a) temos a maior concentração de dias em estresse térmico por calor (considerando as sensações de muito calor, calor e pouco calor) com sensações térmicas alcançando a faixa de 46,1°C no dia 25 de dezembro de 2012. Também é possível encontrar, durante as manhãs, alguns dias em estresse térmico por frio cuja sensação térmica mínima foi encontrada no dia 13 de dezembro de 2010 de 16,3°C. No período das tardes, 15h, (Figura 1b), constata-se maior frequência de dias estressantes por calor (considerando as sensações de muito calor, calor e pouco calor) do que nas manhãs, mostrando sensação térmica máxima no dia 25 de dezembro de 2012 de 49,6°C. Durante este período do dia (tardes) não houve ocorrência de estresse térmico por frio. Já as noites, representadas pela observação das 21h, (Figura 1c) apresentam semelhanças com as manhãs, onde segundo o Índice humidex (HU) sente-se com maior frequência estresse térmico por calor (considerando as sensações de muito calor, calor e pouco calor) com valores alcançando até 44,5°C no dia 19 de janeiro de 2014. Também é possível encontrar alguns dias com estresse por frio, cujo valor mínimo de sensação encontrado foi de 14°C, no dia 08 de dezembro de 1995.

a)



b)



c)

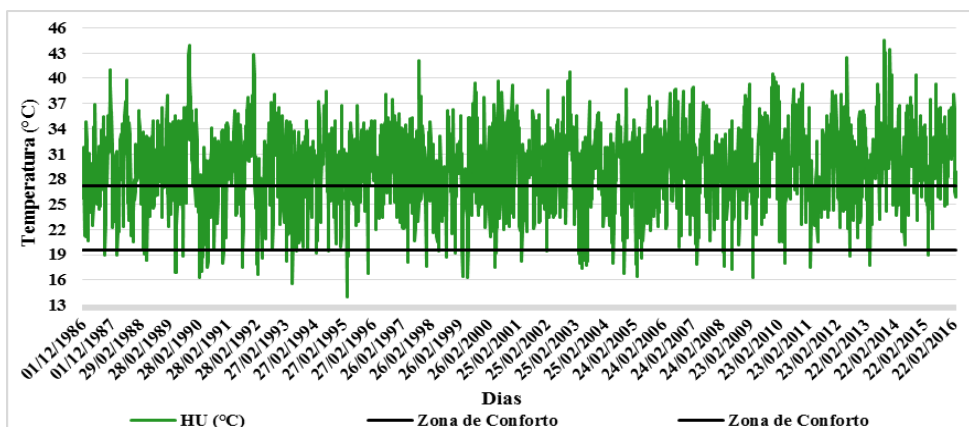


Figura 1: Gráfico da variação temporal do índice Humidex (HU) para o período (a) das manhãs (9h), (b) das tardes (15h) e (c) das noites (21h) na cidade de Pelotas-RS, compreendendo os anos de 1986 à 2015.

Ao analisar a distribuição de frequência mensal das sensações sentidas pela população (Tabela 1, 2 e 3), nota-se no período das manhãs (Tabela 1), uma maior concentração/frequência de dias sob a sensação de estresse térmico por calor (considerando as sensações de muito calor, calor e pouco calor), apresentado 2169 dias ou 80,4% do período estudado, e que predominou principalmente no mês de Janeiro (806 dias). Nota-se ainda a presença de alguns dias sob estresse térmico por frio (considerando sensação de pouco frio) 16 dias (0,57%), segundo o Índice humidex. Durante as tardes, 15h, (Tabela 2) temos também uma maior concentração de dias sob estresse térmico por calor (considerando as sensações de muito calor, calor e pouco calor), totalizando 2461 dias (90,9%), porém, mais do que as manhãs, apresentando maior concentração no mês de Janeiro (874 dias). Durante as noites, 21h, (Tabela 3) observa-se, novamente, uma maior concentração de dias em que a população está sob estresse por calor (considerando as sensações de muito calor, calor e pouco calor) com 1798 dias (66,36%). Constata-se também a presença de alguns dias sob estresse térmico por frio com 83 dias. É importante ressaltar que nos três períodos do dia (manhãs, tardes e noites) também ocorrem momentos em que a população da cidade se sente confortável com a sensação térmica, principalmente nos períodos das manhãs (523 dias ou 19%) e das noites (827 dias ou 30,5%).

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

Sensação	Humidex				
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Total	%
Muito Calor	5	2	3	10	0,4
Calor	100	241	194	535	20
Pouco Calor	542	563	519	1624	60
Neutralidade	273	122	128	523	19
Pouco Frio	10	2	4	16	0,6

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

Sensação	Humidex				
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Total	%
Muito Calor	24	46	52	122	4,51
Calor	254	396	322	972	35,9
Pouco Calor	508	432	427	1367	50,5
Neutralidade	144	56	47	247	9,12
Pouco Frio	0	0	0	0	0

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

Sensação	Humidex				
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Total	%
Muito Calor	1	4	2	7	0,26
Calor	46	122	120	288	10,6
Pouco Calor	452	546	505	1503	55,5
Neutralidade	368	249	210	827	30,5
Pouco Frio	63	9	11	83	3,06

Conclusão

Conclui-se, através do índice humidex que a cidade de Pelotas-RS, durante o verão, encontra-se termicamente desconfortável por calor (considerando as sensações de pouco calor, calor e muito calor) em todos os períodos do dia (manhãs, tardes e noites), mas principalmente nos períodos das tardes com 2461 ou 90,91% dos dias analisados. Nesses três períodos do dia também ocorrem, com menor frequência, momentos termicamente confortáveis para a população, mas principalmente nas manhãs (523 dias ou 19%) e nas noites (827 dias ou 30,5%), os quais, coincidentemente, são os períodos do dia em que ocorrem alguns momentos de estresse térmico por frio (sensação de pouco frio), com 16 dias ou 0,6% (manhãs) e 83 dias ou 3,06% (noites). Com relação as sensações de estresse térmico por calor, quando considerado somente a sensação de calor, pode ser extremamente prejudicial à saúde do ser humano podendo causar grande desconforto com possibilidade de cãibras e insolação.

Agradecimentos

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

Referências

ASHRAE Handbook (1985) Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers. Atlanta, GA, USA.

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

Lawrence M G (2005) The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air: A Simple Conversion and Applications. American Meteorological Society 86:225-233.

Masterton J M, Richardson F A (1979) Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Environment Canada, CLI 1-79. Ontario, Downsview: Atmospheric Environment Service, 1979.

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.