



**Análise do Conforto Térmico Humano ao Longo do Verão na
Cidade de Pelotas/RS e a Relação com Condições Meteorológicas Extremas**
Analysis of Human Thermal Comfort in the Summer Months in the
City of Pelotas/RS and the Relationship with Extreme Weather Conditions

Leticia Moreira Nick & Anderson Spohr Nedel

*Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia,
Av. Engenheiro Ildefonso Simões Lopes, 2751, Arco-Íris, 96060-290, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil*
E-mails: *leticiamnick@hotmail.com; anderson.nedel@ufpel.edu.br*

Recebido em: 26/11/2017 Aprovado em: 02/07/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_211_222

Resumo

Este trabalho analisa um índice de Conforto Térmico Humano (CTH) adaptável ao período de verão na cidade de Pelotas – RS. Dados diários para 9h, 15h e 21h das variáveis meteorológicas temperatura do ar e umidade relativa do ar foram utilizados ao longo do verão, durante o período de 1985 a 2015, obtidos através da Estação Agroclimatológica da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Para representar o CTH diário foram utilizados dois índices biometeorológicos: Índice de Calor (HI) e Índice Humidex (HU). Dessa maneira pode-se estimar as sensações observadas diariamente pela população ao longo das manhãs, tardes e noites. Os resultados mostraram que o Índice Humidex apresentou-se, na maioria dos dias, em estresse térmico por calor, principalmente no mês de Janeiro, considerando todos os períodos do dia (manhãs, tardes e noites), enquanto que o Índice de Calor apresentou, em sua maioria, a condição de estresse térmico apenas no período da tarde.

Palavras-chave: índice de calor; índice humidex; conforto

Abstract

This work analyzes an index of thermal comfort adaptable to the summer period in the city of Pelotas - RS. Daily data for 9h, 15h, and 21h (local time) of meteorological variables (air temperature and relative humidity) were used, from 1985 to 2015, obtained by Agroclimatological Station of Embrapa (Brazilian Company of Agricultural Research). In order to represent daily thermal comfort, two biometeorological indexes were analyzed: Heat Index (HI) and Humidex Index (HU), during the mornings, afternoons and evenings. The results showed that the Humidex Index presented, on most days, heat stress, mainly in January, considering all periods of the day (mornings, afternoons and nights), while the Heat Index presented, the condition of thermal stress only in the afternoon.

Keywords: heat index; humidex index; comfort

1 Introdução

Ao longo do tempo, o ser humano tem buscado manter o equilíbrio térmico com o ambiente, porém, para isso ocorrer há dependência de inúmeros fatores, como, localidade, idade, sexo, nível de atividade física, metabolismo, características da residência, entre outros.

Nos últimos anos, vários pesquisadores (Braun, 2003; Nedel, 2008) têm buscado associar a influência de variáveis meteorológicas, climáticas e poluição do ar, ao bem-estar e a saúde do ser humano, inserido na área de pesquisa conhecida como Biometeorologia Humana, a qual tem como objetivo principal investigar o impacto à saúde e ao bem-estar no qual estamos expostos (Höppe, 1997).

Dentre as várias áreas de estudo existentes na Biometeorologia Humana, temos o Conforto Térmico Humano (CTH), que, segundo Fanger (1970), é caracterizado quando a perda de energia do corpo para o meio externo é igual à energia produzida pelo organismo, fazendo assim com que o corpo esteja em equilíbrio com o meio. Porém, tal condição é subjetiva, ou seja, uma sensação de conforto que varia de pessoa para pessoa.

Muitos estudos têm buscado relacionar condições de estresse térmico (por frio e calor) a problemas ocasionados à saúde humana através de equações matemáticas prognósticas conhecidas como Índices Biometeorológicos, ou Índice de Conforto Térmico Humano (ICT), os quais são modelos que buscam associar variáveis meteorológicas e individuais para representar a condição (do ambiente) sentida pelo ser humano (Thom, 1959; Masterton & Richardson, 1979). As variáveis meteorológicas mais utilizadas são velocidade do vento, temperatura radiante média, temperatura e umidade do ar; e as variáveis individuais são o tipo de vestimenta e a taxa metabólica.

Os Impactos causados à saúde humana por situações de elevado desconforto, por calor ou frio, por exemplo, podem ser expressas através dos índices referidos acima, assim como, projeções de outras complicações (desde um simples mal-estar, a problemas respiratórios, cardiovasculares, neuroló-

gicos, alergias, e até mesmo a morte) observadas na população mundial nos últimos anos, principalmente em crianças, 0 a 5 anos, e idosos acima de 65 anos.

Com base no exposto acima, torna-se possível avaliar a influência de condições específicas de Tempo e Clima na saúde humana (associando dados meteorológicos e de saúde), viabilizando, futuramente, a construção de modelos para a tomada de medidas mitigativas frente a tais impactos à saúde, contribuindo assim para fornecer uma melhor qualidade de vida para a população. Este estudo visa identificar um índice de conforto térmico humano que possa ser representativo das sensações sentidas no verão na cidade de Pelotas – RS.

2 Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado na cidade de Pelotas – RS, situada na região sul do estado. Segundo Koeppen (1948), Pelotas possui o seu clima representado pelo tipo Cfa – subtropical úmido, com temperaturas moderadas e chuvas bem distribuídas durante todo o ano. Ferreira et al. (2001) define Pelotas como uma área de grande concentração de umidade relativa do ar, caracterizando-a como altamente úmida, sendo observado valores superiores a 75% em todos os meses do ano.

O RS é afetado diariamente por vários sistemas sinóticos entre eles, o mais importante, a passagem de sistemas frontais (Oliveira, 1986). Em média ocorre a passagem de 5 a 7 sistemas frontais por mês durante o ano na região (Andrade, 2005), e são eles que acabam regulando tanto o ritmo dos ventos quanto o das precipitações (Maio et al., 2012).

Nesse estudo foram utilizados dados diários das variáveis meteorológicas, temperatura do ar e umidade relativa do ar, para os meses de verão, na cidade de Pelotas – RS, no período compreendido entre 1985 a 2015. Tais informações foram obtidas através da Estação Agroclimatológica de Pelotas (Embrapa/INMET/UFPel), localizada no município de Capão do Leão – RS, nos horários 9, 15 e 21hs (12, 18 e 00UTC). Será considerado neste estudo o período do “verão meteorológico”, compreendido entre dezembro e fevereiro.

Além das variáveis meteorológicas destacadas acima, utilizaremos a variável temperatura do ponto de orvalho (t_d), calculada utilizando-se a equação a seguir (Equação 1) (Lawrence, 2005), escolhida devido utilizar as variáveis meteorológicas já obtidas para este estudo, tornando-a acessível para ser calculada.

$$t_d = \frac{B \left[\ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{At}{B+t} \right]}{A - \ln\left(\frac{RH}{100}\right) - \frac{At}{B+t}} \quad (1)$$

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

Para o cálculo do Conforto Térmico Humano diário, utilizaremos os índices biometeorológicos: Índice de Calor (HI) e Índice Humidex (HU). Ambos os índices consideram a ação conjunta das variáveis meteorológicas, temperatura e umidade relativa do ar sobre a população, para determinar o grau de satisfação/insatisfação do ser humano com o ambiente no qual ele se encontra.

O índice Humidex (HU), proposto por Masterton & Richardson (1979), é obtido a partir da equação 2, juntamente da equação 3.

$$HU = t_{ar} + (0.5555)(e - 10) \quad (2)$$

$$e = 6.11 \exp^{(5417.7530((1/273.16) - (1/t_d)))} \quad (3)$$

onde, HU é temperatura equivalente Humidex em $^\circ\text{C}$; t_{ar} é temperatura do ar em $^\circ\text{C}$; e é pressão de vapor de água em mb e t_d é temperatura do ponto de orvalho em K.

O índice de Calor ou Heat Index (HI), é proposto por Steadman (1979), e sugere-se utilizá-lo quando $T > 26^\circ\text{C}$ e $UR \geq 40\%$, este índice é representado pela equação 4.

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

onde, HI é a temperatura equivalente ao índice de calor em $^\circ\text{F}$; T_f é a temperatura do ar em $^\circ\text{F}$ e RH é a umidade relativa em número inteiro.

É importante destacar que durante a realização deste estudo, o Índice de Calor (HI) será calculado para os trinta e um verões, sem levar em consideração a “integral” aplicabilidade de seus limiares de recomendação (T superior a 26°C e UR igual ou maior que 40%), devido a ocorrerem períodos, entre esses trinta e um verões, em que a temperatura encontrava-se alta e a umidade baixa ou a temperatura encontrava-se baixa e a umidade alta, o que acabaria por diminuir consideravelmente a série temporal de dados. Salienta-se também que devido a equação do índice HI ser em $^\circ\text{F}$ ela será convertida para $^\circ\text{C}$ para uma melhor compreensão.

Para representar as sensações térmicas sentidas diariamente pela população e/ou o grau de estresse térmico a que está exposta, será utilizada combinação das variáveis T e UR nos horários locais das 9h, 15h e 21h. Dessa maneira pode-se estimar o conforto térmico ao longo das manhãs, tardes e noites representando assim a distribuição dos ICT ao longo dos dias de verão.

Para fins de classificação do conforto térmico percebido serão utilizadas as faixas interpretativas propostas por Monteiro & Alucci (2010), através da Temperatura Equivalente Percebida (TEP) (Tabela 1).

Os índices de conforto (Índice de Calor e Humidex) serão analisados através de sua frequência mensal e anual, de acordo com as sensações sentidas ao longo dos últimos trinta e um verões (1985 a 2015), apresentando a partir de tabelas, as observações das sensações mais predominantes ao longo dos trinta e um verões.

Para representar as situações sinóticas adversas de tempo, representativas de dias com elevado grau de estresse por calor na cidade de Pelotas, serão analisados alguns estudos de caso, utilizando dados de reanálise do MERRA2 (Modern-Era Retrospecti-

TEP (°C)	Sensação
> 42,4	Muito calor
34,9 ~42,4	Calor
27,3 ~34,8	Pouco calor
19,6 ~27,2	Neutralidade
12,0 ~19,5	Pouco frio
4,4 ~11,9	Frio
< 4,4	Muito frio

Tabela 1 Faixas de interpretação do conforto térmico percebido.

ve analysis for Research and Applications, Version 2) (Bosilovich et al., 2015), utilizando as variáveis pressão ao nível médio do mar (PNMM), e componentes *u* e *v* do vento, temperatura e umidade relativa do ar no nível de 850hPa. Posteriormente serão gerados campos meteorológicos dessas variáveis a partir do programa GrADS (Grid Analysis and Display System), considerando o horário das 15 horas local (18UTC), uma vez que é o horário próximo da temperatura máxima registrada. Salienta-se que durante o período do verão é acrescentado 1 hora ao horário local; assim, o que era relativo às 15h passa a ser relativo às 16h.

3 Resultados e Discussão

Serão apresentados, nas figuras 1 a 3 e tabelas 2 a 4, os resultados referentes às variações temporais

e as distribuições das sensações de conforto térmico, de acordo com os Índices de Calor (HI) e Humidex (HU), entre os anos de 1985 a 2015 na cidade de Pelotas/RS, no verão, ao longo das manhãs (9h), tardes (15h) e noites (21h).

Durante as manhãs desta estação (9h), (Figura 1 e Tabela 2), considerando o Índice Humidex (HU), tem-se o maior período de estresse térmico por calor (2243 dias ou 80,16%, predominante nos meses de Janeiro: 832 dias), com valores alcançando 46,1°C no dia 25 de dezembro de 2012. Também é possível encontrar alguns dias de desconforto por frio (16 dias ou 0,57%), onde o mínimo de sensação observada foi de 16,3°C no dia 13 de dezembro de 2010. Por outro lado, de acordo com o Índice de Calor (HI), nota-se uma maior quantidade de dias com temperatura dentro da faixa agradável à população, nas manhãs de verão (2115 dias ou 76%, mais preferencialmente nos meses de Dezembro: 788 dias), entretanto, apresentam-se, também, algumas poucas manhãs com valores de estresse térmico por calor como desconforto por frio (506 e 177 dias. Exemplos foram os dias 25 de dezembro de 2012 com 41,6°C e dia 06 de fevereiro de 1997 com 13,7°C, respectivamente).

Considerando as tardes (15h), (Figura 2 e Tabela 3), nota-se que ocorrem mudanças de sensações comparadas às manhãs: o Índice de Calor (HI)

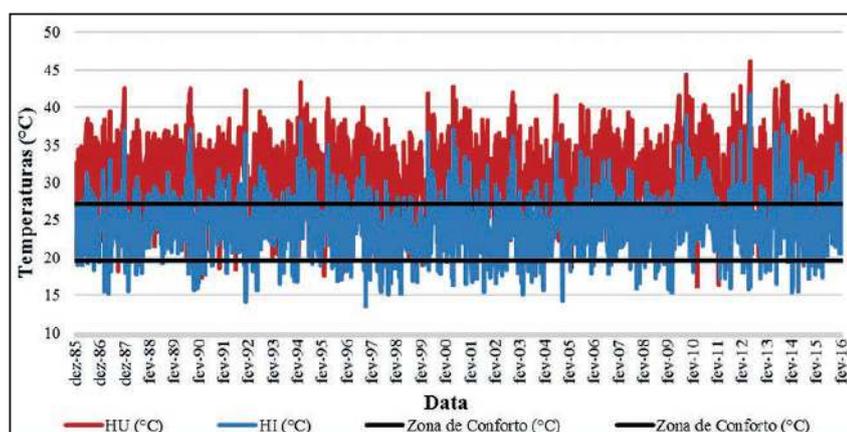


Figura 1 Variação temporal do Índice de Calor (HI) e Humidex (HU), no período de 1985 a 2015 na cidade de Pelotas/RS, às 9h (local).

Sensação	Dezembro		Janeiro		Fevereiro		Total		Porcentagem	
	HU	HI	HU	HI	HU	HI	HU	HI	HU	HI
Muito Calor	5	0	2	0	3	0	10	0	0,36%	0%
Calor	100	9	252	6	199	8	551	23	19,7%	0,8%
Pouco Calor	567	104	578	238	537	141	1682	483	60,1%	17%
Neutralidade	279	788	127	678	133	649	539	2115	19,3%	76%
Pouco Frio	10	60	2	39	4	78	16	177	0,57%	6,3%

Tabela 2 Distribuição de frequência mensal das sensações térmicas durante as manhãs de verão (9h), em Pelotas/RS, segundo os Índices de Calor (HI) e Humidex (HU), entre 1985 e 2015.

apresenta nesse período estresse por calor (1529 dias ou 54,6%) – nas manhãs apresentou sensações agradáveis – principalmente em Janeiro (585 dias), cujo máximo de sensação foi registrado no dia 25 de dezembro de 2012: 46,3°C. É possível observar também algumas tardes (embora poucas) com desconforto térmico por frio (80 dias ou 2,86%), com sensação de 14,1°C no dia 06 de fevereiro de 1997. O Índice Humidex (HU), mostra todas as tardes com sensação acima da zona de conforto, com predominância de estresse térmico por calor (2546 dias; 91%), a maioria nos meses de Janeiro: 904 dias (HU_{máx} de 49,6°C no dia 25 de dezembro de 2012).

Para o período das noites (21h) (Figura 3 e Tabela 4), observam-se semelhanças de sensações com as manhãs, com o Índice Humidex (HU) apresentando-se em maior período de estresse térmico por calor (1857 dias ou 66,35%: HU_{máx} de 44,5°C no dia 19 de janeiro de 2014). Também é possível encontrar algumas noites com desconforto por frio (85 dias), cujo valor mínimo calculado foi de 14°C no dia 01 de dezembro de 1985. Considerando o Índice de Calor (HI), nota-se que este apresenta maior quantidade de dias dentro da faixa confortável para à população (2155 dias ou 77%, mais frequente nos meses de Janeiro: 778 dias), porém, é possível encontrar algumas noites com elevado estresse por calor (exemplo: dia 19 de janeiro de 2014; cuja sensação foi de 38,3°C).

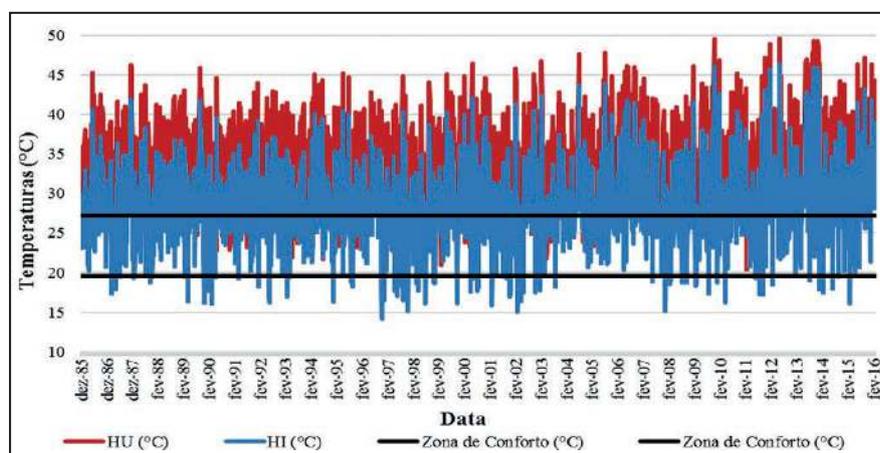


Figura 2 Variação temporal do Índice de Calor (HI) e Humidex (HU), no período de 1985 a 2015 na cidade de Pelotas/RS, às 15h (local).

Sensação	Dezembro		Janeiro		Fevereiro		Total		Porcentagem	
	HU	HI	HU	HI	HU	HI	HU	HI	HU	HI
Muito Calor	24	3	49	6	53	7	126	16	4,5%	0,57%
Calor	261	42	409	90	334	87	1004	219	35,9%	7,83%
Pouco Calor	528	371	446	489	442	434	1416	1294	50,6%	46,2%
Neutralidade	148	519	57	351	47	319	252	1189	9,01%	42,5%
Pouco Frio	0	26	0	25	0	29	0	80	0%	2,86%

Tabela 3 Distribuição de frequência mensal das sensações térmicas durante as tardes de verão (15h), em Pelotas/RS, segundo os Índices de Calor (HI) e Humidex (HU), entre 1985 e 2015.

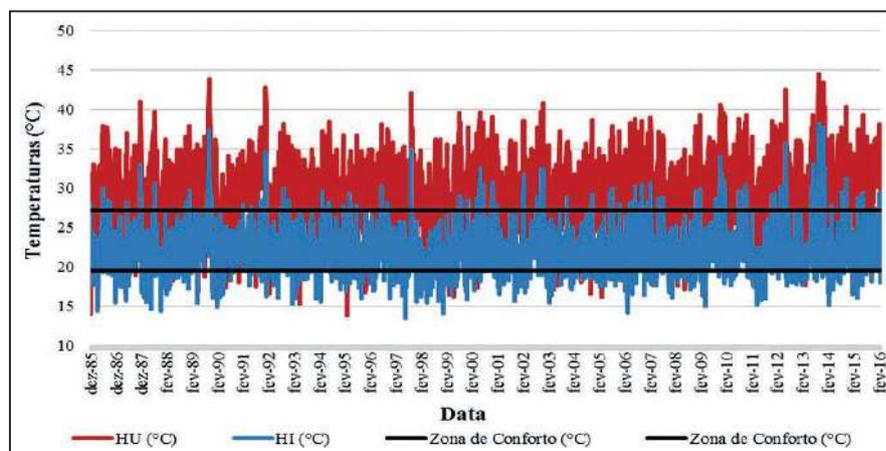


Figura 3 Variação temporal do Índice de Calor (HI) e Humidex (HU), no período de 1985 a 2015 na cidade de Pelotas/RS, às 21h (local).

Sensação	Dezembro		Janeiro		Fevereiro		Total		Porcentagem	
	HU	HI	HU	HI	HU	HI	HU	HI	HU	HI
Muito Calor	1	0	4	0	2	0	7	0	0,25%	0%
Calor	46	1	128	5	122	1	296	7	10,6%	0,25%
Pouco Calor	468	19	564	56	522	57	1554	132	55,5%	4,72%
Neutralidade	381	733	256	778	219	644	856	2155	30,6%	77%
Pouco Frio	65	208	9	122	11	174	85	504	3,04%	18%

Tabela 4 Distribuição de frequência mensal das sensações térmicas durante as noites de verão (21h), em Pelotas/RS, segundo os Índices de Calor (HI) e Humidex (HU), entre 1985 e 2015.

Conforme mencionado anteriormente, não foram utilizados os limiares de recomendação do índice de Calor (HI), este pode ser o motivo da grande ocorrência de dias com sensações diferentes entre os dois índices. Por exemplo: o Índice de Calor (HI) apresentou mais dias compreendido na zona de neutralidade térmica do que o Índice Humidex (HU) (dentre outras classificações).

3.1 Estudos de Caso de Eventos Severos de Calor

Considerando os trinta e um anos estudados, buscou-se analisar os episódios de maior estresse térmico na cidade de Pelotas. Em outras palavras, são analisadas as condições de tempo e os sistemas atmosféricos que favoreceram a ocorrência destes eventos.

As figuras 4A, 5A, 6A, 7A e 8A mostram os campos de pressão ao nível médio do mar (PNMM); as figuras 4B, 5B, 6B, 7B e 8B a sobreposição de linhas de corrente e magnitude do vento; as figuras 4C, 5C, 6C, 7C e 8C a sobreposição de linhas de corrente e temperatura do ar; e as figuras 4D, 5D, 6D, 7D e 8D a sobreposição de linhas de corrente e umidade relativa do ar, relativo ao nível de 850hPa.

A fim de representar da melhor forma os episódios com alto grau de estresse térmico foi utilizado o horário das 18UTC (16h local), visto que este é o registro obtido mais próximo do horário de ocorrência da máxima temperatura diária.

Caso 1: Neste dia, 03 de fevereiro de 2010, observou-se uma temperatura de 37,5°C e umidade relativa de 48%, acarretando em uma sensação térmica de 46,1°C (HI) e 49,4°C (HU), caracterizando tal dia como muito calor (estresse térmico).

Analisando a figura 4, observa-se, no campo de PNMM (Figura 4A) um sistema de baixa pressão

(baixa termo-orográfica) sobre o Noroeste da Argentina (30°S/65°W), associado a um sistema frontal, que aproxima-se ao Uruguai e RS (35°S/55°W). A circulação ciclônica desta baixa, juntamente do escoamento dos Jatos de Baixos Níveis (JBN), proveniente da Amazônia, auxilia o transporte de ar mais úmido e altas temperaturas para a região do RS (Figura 4B, 4C e 4D). Pode-se acrescentar a isso a presença da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) centrada em 1018hPa (30°S/30°W), a qual também favorece este transporte de umidade para o estado do RS.

Caso 2: No dia 18 de fevereiro de 2012, a cidade de Pelotas encontrava-se com temperatura de 33,8°C e umidade de 69%, provocando à população valores aparentes de 45,6°C, segundo HI e 48,8°C através do HU, sensações estas classificadas como muito calor (estresse). Ao analisar os campos meteorológicos (Figura 5), nota-se um ciclone na região da Argentina, denominada Baixa do Noroeste Argentino (25°S/65°W) (Figura 5A), a qual é uma baixa pressão termo-orográfica que apresenta altos valores de temperatura (Figura 5C). A partir do campo de vento (Figura 5B), observa-se um escoamento do quadrante Norte, proveniente da Amazônia, que auxiliado pela Baixa do Noroeste, ajuda a transportar ar com elevadas temperaturas e alto teor de umidade para região de Pelotas (Figura 5C e 5D). De maneira análoga ao caso anterior, temos a ASAS, com núcleo de 1020hPa posicionada em 30°S/35°W, contribuindo também com o aporte de umidade e calor do oceano para a região.

Caso 3: O dia 25 de dezembro de 2012, apresentou-se com umidade de 40% e temperatura do ar de 39,2°C, caracterizando-se como um dia estressante cujo os índices forneceram valores de 46,3°C e 49,6°C (Índice de Calor e Índice Humidex,

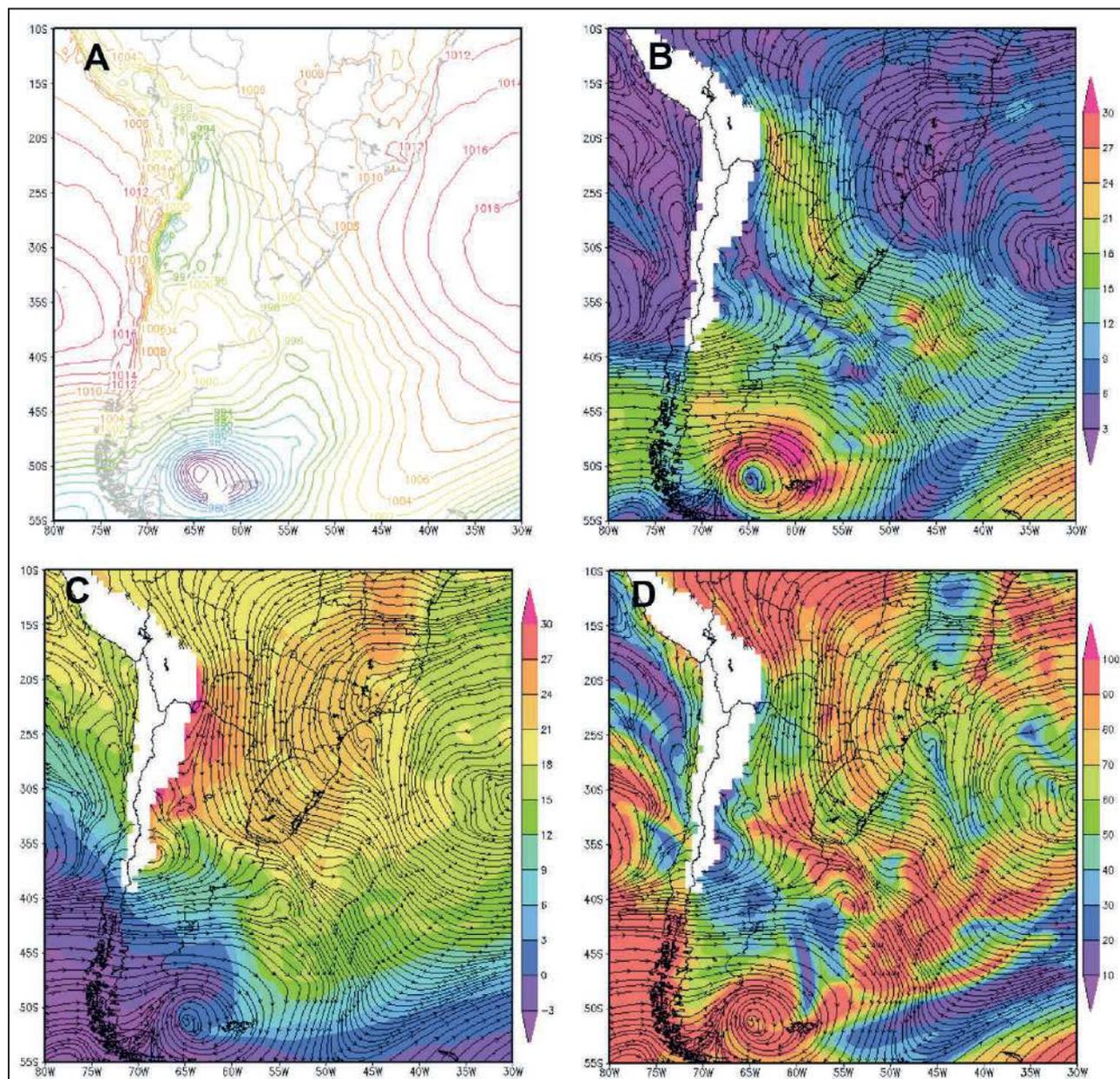


Figura 4 Campos de PNMM (hPa) (A), linhas de corrente e magnitude do vento (m/s) (B), linhas de corrente e temperatura do ar (°C) (C), linhas de corrente e umidade relativa do ar (%) em 850hPa (D), referentes ao dia 03 de fevereiro de 2010, as 18UTC (16h local).

respectivamente), resultando em uma sensação de muito calor.

Ao analisar a figura 6, observa-se uma grande área de baixa pressão sobre o sul da Bolívia, Norte da Argentina e Oeste do Paraguai, tem-se um ciclone centrado em 996hPa, conhecido como Baixa do Chaco (20°S/65°W), associado a um sistema frontal, localizado na fronteira entre Uruguai e RS (Figura

6A). No campo de vento (Figura 6B) tem-se a influência exercida pela baixa do Chaco no transporte de ar quente e seco para o RS. Nota-se também que embora haja a presença do JBN, e algum transporte de umidade, parece não haver grandes escoamentos dessa variável para a região de Pelotas (como havia nos casos anteriores), entretanto, isso torna da mesma forma, esse evento quente, porém, mais seco que os anteriores (Figura 6C e 6D).

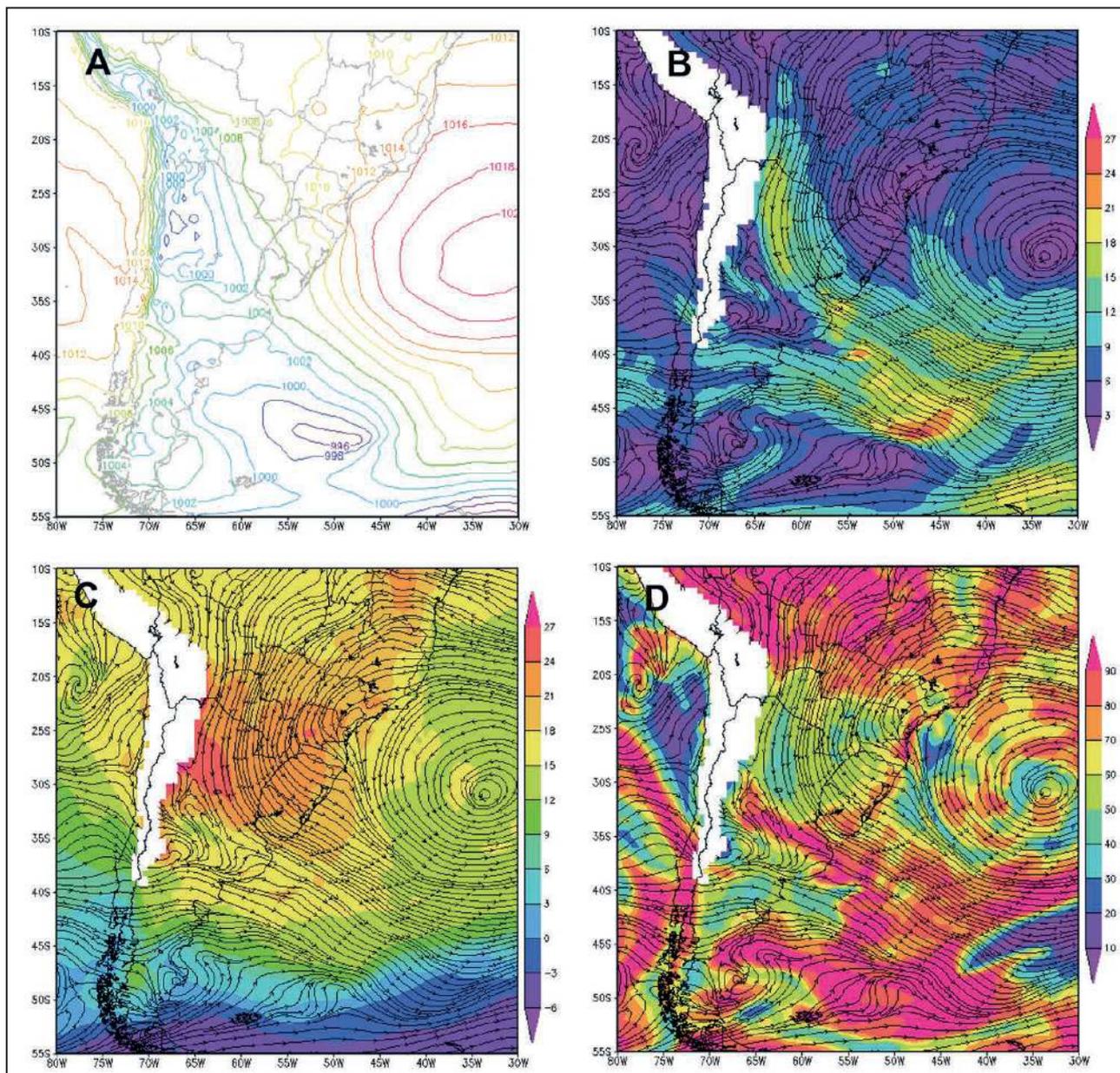


Figura 5 Campos de PNMM (hPa) (A), linhas de corrente e magnitude do vento (m/s) (B), linhas de corrente e temperatura do ar (°C) (C), linhas de corrente e umidade relativa do ar (%) em 850hPa (D), referentes ao dia 18 de fevereiro de 2012, as 18UTC (16h local).

Caso 4: No dia 7 de janeiro de 2014, foi observado um alto grau de estresse térmico em Pelotas, com temperatura de 36,6°C e umidade de 44%, o que ocasionou sensações que variaram de calor a muito calor (HI: 45,8°C, HU: 49,3°C).

Ao analisar a figura 7, observa-se um centro de baixa pressão (baixa termo-orográfica), associado ao sistema frontal, os quais se encontram com pouca in-

tensidade, atuando sobre a Argentina (25°S/70°W). Aliado a ASAS com núcleo de 1020hPa (Figura 7A), esses sistemas deslocam, devido a suas circulações, ar quente para a região de Pelotas. A partir do campo de vento, também observa-se ventos mais fracos provenientes de norte, tornando praticamente todo o estado gaúcho mais seco que casos anteriores (casos 1, 2 e 3), o que é comprovado pelo comportamento

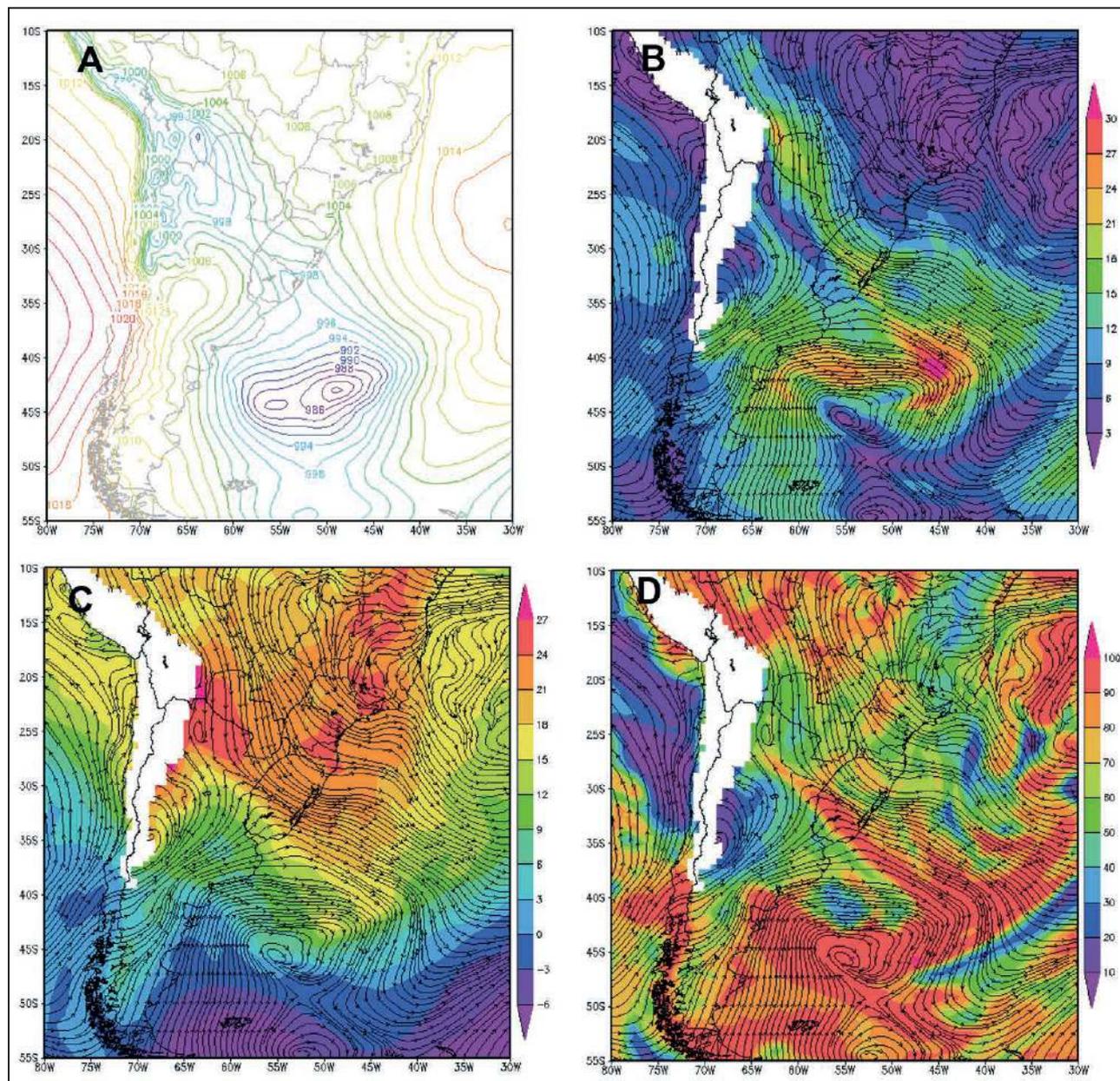


Figura 6 Campos de PNMM (hPa) (A), linhas de corrente e magnitude do vento (m/s) (B), linhas de corrente e temperatura do ar (°C) (C), linhas de corrente e umidade relativa do ar (%) em 850hPa (D), referentes ao dia 25 de dezembro de 2012, as 18UTC (16h local).

do JBN no transporte de umidade da Amazônia, que apresenta-se com pouca efetividade (Figuras 7B, 7C e 7D).

Caso 5: Neste dia, 23 de janeiro de 2016, Pelotas encontrava-se, as 18UTC, sob estresse térmico, com temperatura em 34,8°C e umidade relativa de 57%, acarretando em sensações térmicas de 43,1°C, segundo o Índice de Calor (HI) e 47,2°C, segundo

Índice Humidex (HU), sensações caracterizadas por muito calor. Observando o campo de PNMM (Figura 8A), nota-se a presença de um sistema frontal, que passou pelo RS, associado a um centro de baixa pressão que se encontra sobre o Oceano Atlântico (50°S/35°W). Verifica-se também a presença de um centro de alta pressão, próximo ao Sul do Uruguai com núcleo de 1018hPa e centrada em 40°S/55°W, bem como, a influência de um cavado zonal conti-

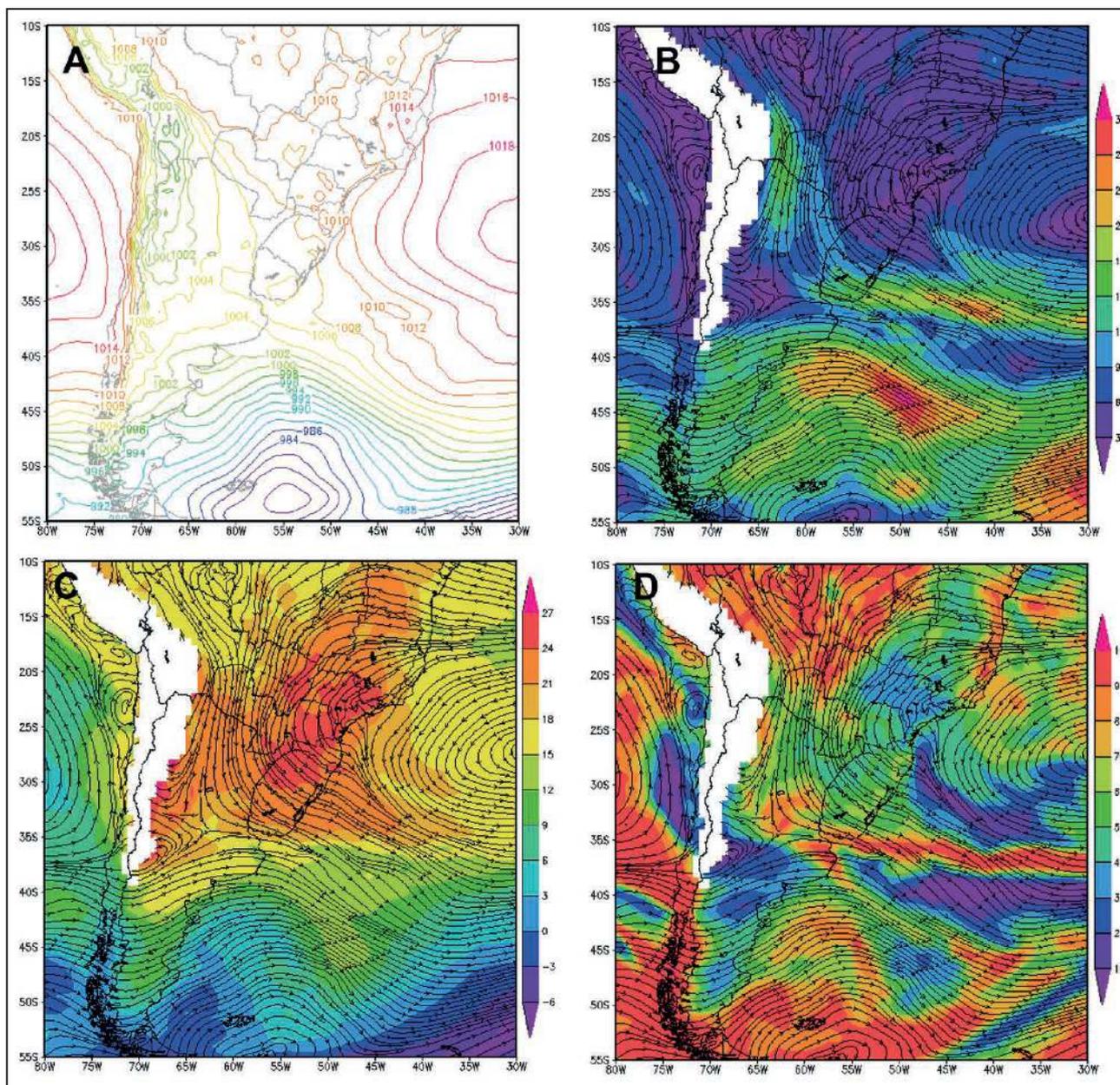


Figura 7 Campos de PNMM (hPa) (A), linhas de corrente e magnitude do vento (m/s) (B), linhas de corrente e temperatura do ar (°C) (C), linhas de corrente e umidade relativa do ar (%) em 850hPa (D), referentes ao dia 07 de fevereiro de 2014, as 18UTC (16h local).

mental sobre a região sul do RS (entre 30°S e 35°S), onde se localiza Pelotas. É observada a influência de um sistema de alta pressão, sobre o Sul do BR, ocasionando ventos fracos de sudoeste e temperaturas amenas, entretanto, favorecendo o transporte de alta umidade relativa sobre a região de Pelotas (que oscilando entre 70% e 80%) (Figura 8B, 8C e 8D). Esta alta umidade deve-se ainda ao sistema frontal localizado sobre o oceano. Salienta-se, que não é necessariamente ter-se alta temperatura para a caracte-

rização de alto estresse térmico, e sim, a combinação de temperaturas (moderadas a altas) com um elevado teor de umidade, que é o caso deste evento.

4 Conclusões

Ao final deste estudo pode-se observar que a população da cidade de Pelotas é afetada pelo Tempo de diferentes maneiras ao longo dos dias de verão.

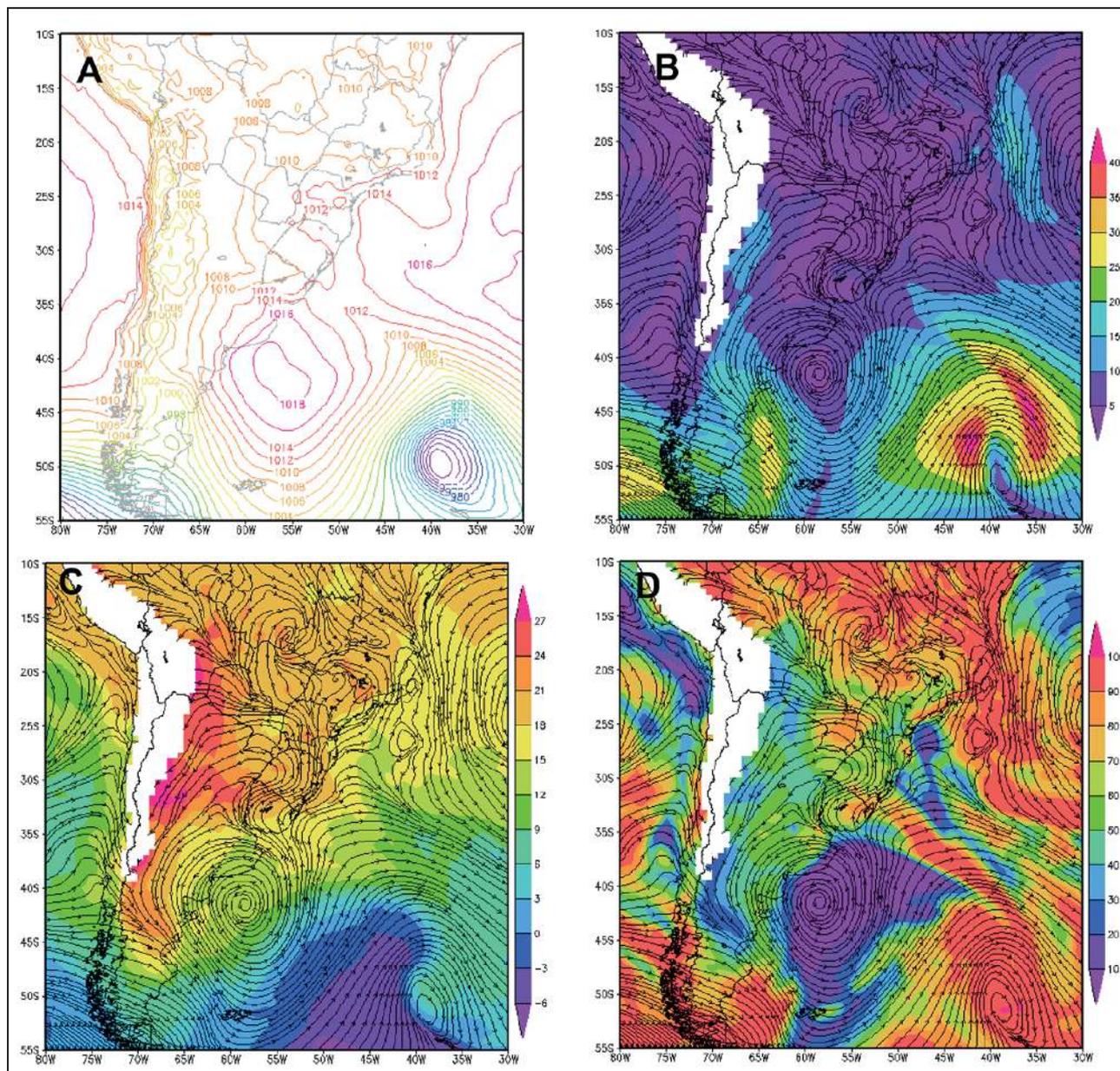


Figura 8 Campos de PNMM (hPa) (A), linhas de corrente e magnitude do vento (m/s) (B), linhas de corrente e temperatura do ar (°C) (C), linhas de corrente e umidade relativa do ar (%) em 850hPa (D), referentes ao dia 23 de janeiro de 2016, as 18UTC (16h local).

Considerando todos os períodos, manhãs (9h), tardes (15h) e noites (21h), tem-se que o Índice Humidex (HU) apresenta, na maioria dos dias, a condição de estresse térmico por calor (considerando as sensações de pouco calor, calor e muito calor), sendo os meses de Janeiro os mais desconfortáveis. Por outro lado, o Índice de Calor (HI) apresenta temperaturas mais confortáveis, durante as manhãs e noites, bem como, alguns períodos de estresse por calor (tardes) e frio (noites).

Ressalta-se que estes resultados, considerando o Índice de Calor (HI), podem não ser completamente exatos/representativos da realidade (e diferirem um pouco aos realmente observados), devido ao fato de, algumas vezes, não terem sido considerados “delimitador” para seu uso (limiares de aplicação). Ou seja, devido a ocorrerem períodos do dia em que a temperatura do ar encontrava-se alta e a umidade baixa (abaixo de 40%) ou a temperatura encontrava-se baixa (abaixo de 26°C) e a umidade alta, e as-

sim, se terem atingidos os limiares recomendados. Essa poderia ser uma hipótese para a grande quantidade de dias com diferentes sensações térmicas entre HI e HU.

Deve ser levado em conta que apesar de ambos os índices foram desenvolvidos para regiões climáticas diferentes de Pelotas, as sensações observadas durante o verão - nas regiões para onde foram desenvolvidos - são semelhantes às de Pelotas, o que faz com que tais índices tenham uma “boa aceitação” e possam ser indicativos da nossa realidade climática no verão. O passo seguinte seria (e necessária) a “validação” deste(s) índice(s) através de entrevistas com a população da cidade.

Em relação aos estudos de casos, verificou-se que as principais causas para a ocorrência desses eventos foi a presença sistemas de baixa pressão localizados, geralmente, no Norte/Nordeste da Argentina, bem como, associados à sistemas frontais ao sul de Pelotas. Observou-se também o deslocamento (transporte) de massas de ar quente e úmida associadas ao JBN, provocando assim sensações extremamente desconfortáveis na região sul do Estado (Pelotas).

Conforme já comentado, é de conhecimento público o impacto ocasionado à saúde por consecutivos períodos de calor (desconforto/estresse térmico), o qual pode ocasionar desde um simples mal-estar, até doenças respiratórias, neurológicas e cardíacas, e morte, principalmente, em idosos e crianças. Assim, esta pesquisa torna-se importante a fim de, posteriormente, servir como um mecanismo de alerta a episódios críticos de estresse térmico à população de Pelotas, mitigando dessa forma, possíveis impactos à saúde humana.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem a Embrapa Clima Temperado pela cedência dos dados.

6 Referências

Andrade, K.M. 2005. *Climatologia e Comportamento dos Sistemas Frontais sobre a América do Sul*. Pós-graduação em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espa-

ciais, São José dos Campos. Dissertação de Mestrado, 185p.

- Bosilovich, M.G.; Akella, S.; Coy, L.; Cullather, R.; Draper, C.; Gelaro, R.; Kovach, R.; Liu, Q.; Molod, A.; Norris, P.; Wargan, K.; Chao, W.; Reichle, R.; Takacs, L.; Vikhliayev, Y.; Bloom, S.; Collon, A.; Firth, S.; Labow, G.; Partyka, G.; Pawson, S.; Reale, O.; Schubert, S.D. & Suarez, M. 2015. *MERRA-2: Initial Evaluation of the Climate*, NASA Technical Report Series on Global Modeling and Data Assimilation, NASA/TM-2015-104606, Vol. 43, National Aeronautics and Space Administration, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA, 136p.
- Braun, S. 2003. *Influências meteorológicas nas doenças cardiovasculares na cidade de São Paulo*. Pós-graduação em Meteorologia. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo. Dissertação de Mestrado, 148p.
- Fanger, P.O. 1970. *Thermal comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. New York, McGraw-Hill Book Company, 244p.
- Ferreira, C.C.; Burgueno, L.E.T.; Pereira, R.S. & Silva, J.B. 2001. Umidade Relativa em Pelotas, RS. I – Análise estatística. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS, 13, PORTO ALEGRE. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, *Anais*, p. 13.
- Höppe, P. 1997. Aspects of human biometeorology in past, present and future. *International Journal of Biometeorology*, 40(1): 19-23.
- Koeppen, W. 1948. *Climatologia: Con un estudio de los climas de la tierra*. México, Fondo de Cultura Económica, 3.ed, 478p.
- 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(2): 225-233.
- Maio, B.M.; Collischonn, E. & Mattos, G.P. 2012. Comportamento noturno de temperatura e umidade do ar na cidade de Pelotas – RS sob diferentes condições de tempo. *Revista Geonorte, Edição Especial 2*, 2(5): 257-270.
- 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, 45p.
- Monteiro, L.M. & Alucci, M.P. 2010. Modelo adaptativo de conforto térmico em espaços urbanos abertos. In: PLURIS2010 – CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, Faro: Univeridade de Algarve. *Actas*, p. 578.
- Nedel, A.S. 2008. *Condições meteorológicas favoráveis à ocorrência de doenças respiratórias em crianças da cidade de São Paulo*. Pós-graduação em Meteorologia. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado, 195p.
- Oliveira, A.S. 1986. *Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia*. Pós-graduação em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. Dissertação de Mestrado, 134p.
- 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(7): 861-873.
- Thom, E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2): 57-60.