



## ESTUDO TEMPORAL DO CONFORTO TÉRMICO EM PORTO ALEGRE ENTRE OS DIAS 24 DEZEMBRO DE 2012 A 02 JANEIRO DE 2013

SCHUMACHER, VANÚCIA<sup>1</sup>, FOSTER, PAULO R. P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET), Acadêmica do Curso de Graduação em Meteorologia, Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas-RS, vanucia-schumacher@hotmail.com

<sup>2</sup>Meteorologista, Prof. Doutor, Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas-RS.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA.

**RESUMO:** A preocupação pelo bem estar físico e a busca por qualidade de vida da população surgiu com os processos de urbanização e industrialização, principalmente nas grandes metrópoles. Os estudos sobre conforto térmico visam investigar seus efeitos na saúde e produtividade do homem. O objetivo deste estudo foi verificar o conforto térmico para Porto Alegre –RS, através da comparação entre os índices de Temperatura Resultante, Temperatura Efetiva e Temperatura-Umididade entre os dias 24 de dezembro de 2012 - 02 janeiro de 2013, período marcado pela passagem de sistemas frontais associados à forte variação do gradiente de temperatura. As análises das três equações apresentaram resultados semelhantes quanto aos limiares dos índices de conforto e sensações térmicas, variando de grande desconforto térmico devido ao calor e passando para a zona de conforto após a queda de temperatura. Estudos sobre stress térmico provocado por frio ou calor são importantes parâmetros na área da saúde, contribuindo na amenização de possíveis problemas respiratórios e alergias devido à variação da temperatura e umidade acentuadas pelo desconforto térmico.

**PALAVRAS CHAVES:** Conforto térmico

### TEMPORAL STUDY OF THERMAL COMFORT IN PORTO ALEGRE BETWEEN DAYS 24 DECEMBER 2012 02 JANUARY 2013

**ABSTRACT:** The concern for the physical well-being and the search for quality of life emerged with the processes of urbanization and industrialization, especially in large cities. Studies on thermal comfort aimed to investigate its effects on the health and productivity of man. The purpose of this study was to evaluate the thermal comfort for Porto Alegre-RS, by comparing the rates of Resultant Temperature, Effective Temperature and Temperature-Humidity between 24 de December 2012 - January 2, 2013, a period marked by the passage of frontal systems associated with strong variation of the temperature gradient. The analysis of the three equations showed similar results as the thresholds of comfort indices and thermal sensations, ranging from large thermal discomfort due to heat and moving to the comfort zone after the temperature drop. Studies on thermal stress caused by cold or heat are important





parameters in health, contributing to the mitigation of possible respiratory problems and allergies due to the variation of temperature and humidity accentuated by thermal discomfort.

**KEY WORDS:** Thermal confort

## INTRODUÇÃO

A sensação do conforto térmico é definida como estado de espírito, do qual expressa a satisfação com o ambiente térmico, relacionado com os aspectos físicos (ambiente) e subjetivos (cada indivíduo) (ARAÚJO, 2009). O conforto térmico pode ser entendido como as trocas térmicas do corpo humano com o meio externo, relacionado com os fatores físicos, psicológicos e também pelas características climáticas, que variam conforme o local. A sensação térmica é relativa de pessoa para pessoa, sendo que cada pessoa tem uma resposta diferente em relação à variação do tempo e clima. Visando a importância do conforto térmico na qualidade de vida para a população e seus efeitos benéficos relacionados à saúde do corpo físico e mental, o objetivo deste trabalho é verificar o conforto térmico através dos índices de Temperatura Resultante, Temperatura Efetiva e Temperatura-Umididade para a cidade de Porto Alegre, entre os dias 24 de dezembro de 2012 ao dia 02 janeiro de 2013, do qual foi marcado por expressivas variações de temperatura.

## MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados dados horários (00, 12, 18 UTC) de temperatura do bulbo seco (°C), temperatura do bulbo úmido (°C), umidade relativa (%) e temperatura do ar (°C) referente ao período de 24 dezembro de 2012 a 02 janeiro de 2013 para Porto Alegre (30,05°S, 51,16°W), obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para ensino e pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia -BDMEP-INMET. São inúmeras as equações para conforto térmico com limiares que variam conforme a região e outros fatores associados aos processos físicos, fisiológicos e psicológicos de cada indivíduo. Para se obter um limiar adequado à região de estudo, diversos fatores precisariam ser considerados, como vestimenta, cor da pele, estado de saúde entre outras, das quais precisariam ser medidas em laboratórios. Neste estudo optou-se pelo cálculo do Índice de Temperatura Resultante (TR) em comparação com os Índices de Temperatura Efetiva (TE) e Índice de Temperatura-Umididade (THI). O Índice de Temperatura Resultante é dado por:

$$TR = T_s - 0,4 (T_s - 10) (1 - UR / 100) \quad (1)$$

Onde TR é a temperatura resultante (°C),  $T_s$  é a temperatura do ar (bulbo seco) (°C) e UR a umidade relativa do ar (%). Os limiares do TR será a classificação empregada por Funari (2006), conforme a Tabela 1.

Tabela 1- Limiares dos Índices Temperatura Resultante.

Classe	ITR (Celsius)	Sensação térmica	Resposta fisiológica
--------	---------------	------------------	----------------------





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



1	>6,0	Resfriamento muito elevado	Estresse térmico pelo frio
2	6,0 a 8,9	Resfriamento elevado	Estremecimento forte
3	9,0 a 11,9	Frio	Estremecimento
4	12,0 a 14,9	Desconforto pelo frio	Vaso constricção
5	15,0 a 17,9	Leve desconforto pelo frio	Ligeiro resfriamento do
6	18,0 a 20,9	Limite inferior –zona	Conforto térmico
7	21,0 a 23,9	Centro zona de conforto	Conforto térmico
8	24,0 a 26,9	Limite superior – zona	Conforto térmico
9	27,0 a 29,9	Leve desconforto pelo calor	Transpiração fraca -
10	30,0 a 32,9	Desconforto pelo calor	Transpiração intensa
11	maior que	Aquecimento elevado	Problemas de regulação

O Índice de Temperatura Efetiva dado por:

$$TE = 0,4(T_s + T_u) + 4 \quad (2)$$

Onde  $T_s$  é a temperatura do bulbo seco e  $T_u$  do bulbo úmido, e limiares na Tabela 2.

Tabela 2- Limiares da Temperatura Efetiva.

TE	Sensação		Resposta física
10°C	Muito frio	Incomodo	Estremecimento
15°C	Frio	Pouco	Vaso-constricção das mãos e pés
20°C	Fresco	Cômodo	Aumento da perda de calor seco
25°C	Neutro	Cômodo	Regulação vascular
30°C	Temperado	Incomodo	Regulação normal por transpiração/troca
35°C	Quente	Incomodo	Aumento das perdas de calor seco
40°C	Muito	Muito	Problemas de regulação

Fonte: COSTA, SARTORI e FANTINI (2010).

O calculo do Índice de Temperatura- Umidade, Sendo T a temperatura em °C, UR a umidade relativa.

$$THI = T - 0,55(1-UR/100)(T-14) \quad (3)$$

Tabela 3- Limiares do Índice de Temperatura e Umidade.

T(°C)	Umidade Relativa (%)										Sensação térmica
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	<i>Sensação de frio</i>
21,1	64	64	65	66	66	67	68	68	69	70	<i>Nenhum desconforto</i>
23,9	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	<i>Pequeno desconforto</i>
26,7	69	70	71	72	73	75	76	77	78	80	<i>Desconforto considerável</i>
29,4	71	73	74	76	77	79	80	82	83	85	<i>Grande desconforto</i>
32,2	74	75	77	79	81	82	84	86	88	90	<i>Máximo desconforto</i>
35	76	78	80	82	84	86	88	90	92	95	
37,8	79	81	83	86	88	90	93	95	97	100	
40,6	82	84	87	89	92	95	97	100	102	105	





Fonte: COSTA, SARTORI e FANTINI (2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise temporal da Temperatura (Figura 1a) percebe-se um forte gradiente da temperatura, entre os dias 24 e 25 dezembro de 2012 ocorreu um aumento significativo da temperatura do ar, e no dia 26 a 29 dezembro é notável a forte diminuição da temperatura, do qual retorna a aumentar no dia 30 se mantendo até o dia 31 dezembro, decaindo novamente no dia 01 janeiro de 2013. Segundo Pinheiro e Kondraski (2012) nos dias 24 e 25 dezembro de 2012 uma onda de calor se estabeleceu em todo o estado do Rio Grande do Sul seguido de um sistema frontal associado à queda de temperatura observada a partir do dia 26, o mesmo quadro também é observado nos dias posteriores, com diminuição significativa da temperatura do ar no dia 01 de janeiro de 2013 devido a outro sistema frontal que atingiu o estado. O comportamento da temperatura visto na Figura 1a também é observado na Figura 1b e Figura 1c. O cálculo do Índice de Temperatura Resultante (TR) (Figura 1b) apresenta um pico às 00 UTC de 29,14 °C no dia 26 dezembro, resultando em uma sensação térmica de desconforto leve e resposta fisiológica de transpiração fraca e vasodilatação, de acordo com a Tabela 1. Ainda no mesmo dia, ocorre uma pequena diminuição de TR para 23,32 °C às 12 UTC e uma queda significativa às 18 UTC para 19,83 °C, uma diminuição de quase 10°C passando para o limite inferior da zona de conforto causando a sensação de conforto térmico, como mostra a Tabela 1. O mesmo padrão pode ser notado na análise temporal dos outros índices quando comparados. Em um dia anterior, no dia 25 dezembro às 18 UTC, o TR apresentava um índice de desconforto pelo calor associado à transpiração intensa, o índice de TE também se mostrou semelhante ao índice de TR, com sensação de conforto incomodo, conforme a Tabela 2, e o índice de THI um grande desconforto (Tabela 3), com temperatura do ar igual 38,5°C e umidade relativa igual a 38%. A evaporação do suor é um processo natural de resfriamento do corpo, sendo reduzido (perda calor) na presença de ar muito úmido, por isso, em um dia quente e úmido a sensação térmica parecerá estar muito mais quente e desconfortável que em dias quentes e secos (NOGUEIRA et al., 2012). Um quadro semelhante ocorreu nos dias 31 dezembro e 01 janeiro de 2013, onde o TR às 12 UTC e 18 UTC foi igual a 26,8 °C e 30,4°C, respectivamente, variando de um leve desconforto pelo calor a um grande desconforto e aumento da transpiração para o dia 31, e passando para zona de conforto e sensação de conforto térmico no dia 01. O TE e THI apresentaram um comportamento semelhante para ambos os dias.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia

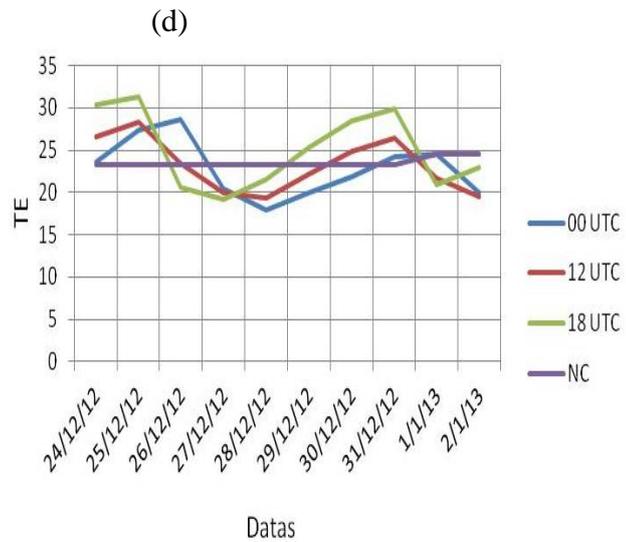
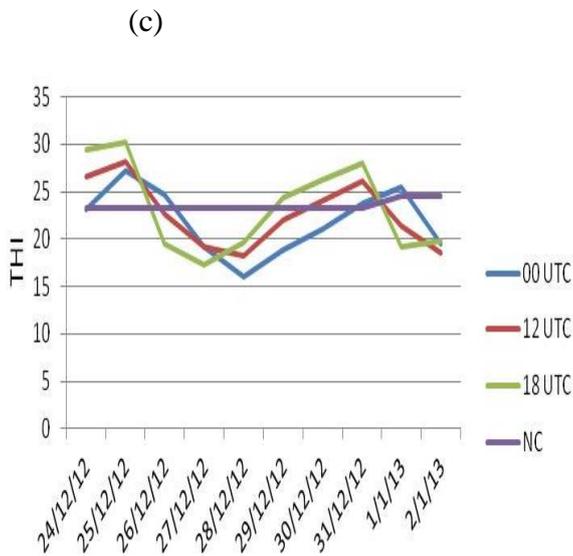
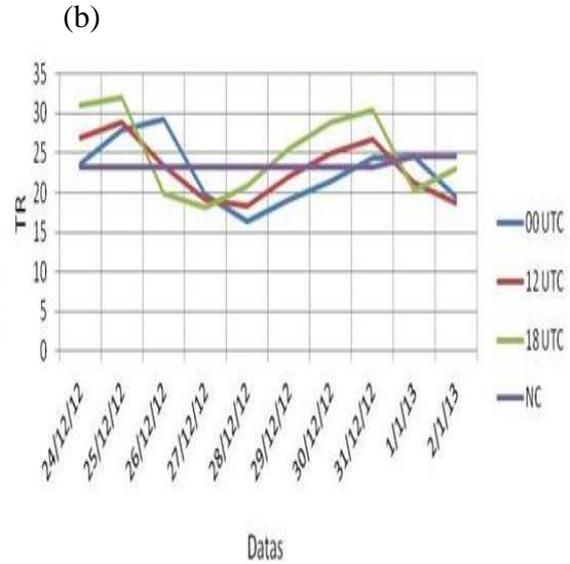
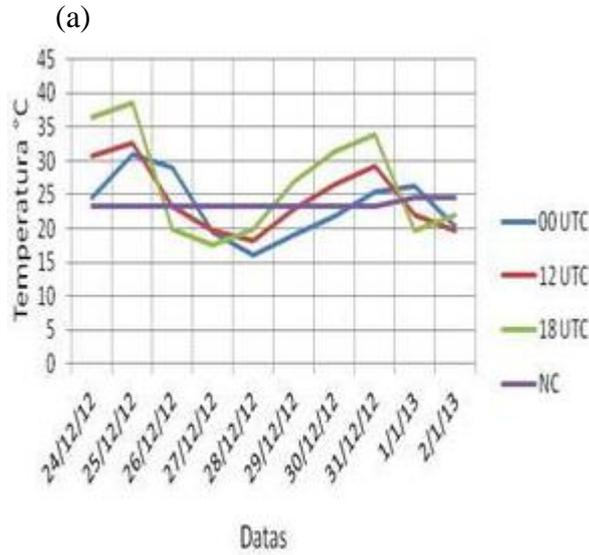




Figura 1- Análise temporal da Temperatura do ar em °C (a), Índice de Temperatura Resultante (TR) (b), Índice de temperatura-Umididade (THI) (c) e Índice de temperatura Efetiva (TE) (d) para Porto Alegre durante o período de 24 dezembro de 2012 a 02 janeiro de 2013 nos horários 00, 12 e 18 UTC.

Avaliação de índices de conforto térmico humano associado a grandes variações da temperatura do ar e umidade relativa num pequeno período de tempo como observado neste estudo podem resultar em diversos problemas de saúde, além do desconforto pelo calor e perda de rendimento do trabalho. Diversos trabalhos sugerem que altos valores de UR aumentam a ocorrência de doenças alérgicas e infecções respiratórias (ARUNDEL et al. 1986; MAIA e GONÇALVES, 2002; GONÇALVES, NEDEL e ALVES, 2010).

## CONCLUSÃO

A análise do conforto térmico utilizando as três equações apresentou resultados semelhantes quanto aos índices de conforto e sensações térmicas, variando de grande desconforto térmico devido ao calor e passando para a zona de conforto após a queda de temperatura, embora o conforto térmico seja subjetivo, podendo variar de pessoa para pessoa, estima-se um limiar considerado satisfatório para a maioria das pessoas. A previsão de estresse térmico provocado por frio ou calor é essencial como medida preventiva na área da saúde, contribuindo na amenização de possíveis problemas respiratórios e alergias devido à variação da temperatura e umidade provocada pelo desconforto térmico.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R. R. **Ciências Humanas em Revista**, São Luis/MA, v.7, n.2, 2009.
- ARUNDEL, A. V.; STERLING, R. M.; BIGGIN, J. H.; STERLING, T. D. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. **Environmental Health Perspectives**, v.65, p.351-361, 1986.
- COSTA, E.R.; SARTORI, M.G.B.; FANTINI, V. Análise do conforto térmico do parque Itaimbé-Santa Maria-RS sob condições atmosféricas de domínio da massa polar velha em situação sazonal de primavera. **Geografia: ensino e Pesquisa**, Santa Maria, v.14, n.2, p.16-26, 2010.
- FUNARI, F.L. **O índice de sensação térmica humana em função dos tipos de tempo na região Metropolitana de São Paulo**. Tese de doutorado em Geografia física-Universidade de São Paulo, 2006.
- GONÇALVES, F.L.T.; NEDEL, A.S.; ALVES, M.R.C. Uma análise da umidade relativa do ar em ambientes internos e externos na cidade de São Paulo: deve-se umidificar ou secar os





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



ambientes internos? **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v.69, p. 1-20, 2012.

MAIA, J.A.; GONÇALVES, F.L.T. Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorológicas na cidade de São Paulo - Parte 1. **XII congresso Brasileiro de Meteorologia**, foz do Iguaçu-PR, 2002.

NOGUEIRA, C.E.C.; SIQUEIRA, J.A.C.; SOUZA, S.N.M.; NIEDZIALKOSKI, R.K.; PRADO, N.V. Avaliação do conforto térmico nas residências convencional e inovadora do “Projeto CASA”, Uniãoeste, Campus de Cascavel. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v.34, n.1, p. 3-7, 2012.

PINHEIRO, H.; KONDRASKI, L. **Síntese sinótica mensal dezembro de 2012**. Centro de Previsão de Tempo e Estudos climáticos, 2012. Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br/>> Acessado em: 02 março 2013.



Secretaria do XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia – 2013  
Rua Augusto Corrêa, 01. Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto  
CEP 66075-900 Guamá. Belém - PA - Brasil  
<http://www.sbagro.org.br>

