

INFLUÊNCIA DO VENTO NO CONFORTO TÉRMICO EM PELOTAS/RS DURANTE O INVERNO

LUÍS AFONSO PEREIRA ALARCÃO¹; LEONARDO J. G. AGUIAR²;
RODRIGO M. A. B. DA CRUZ³; DIULIO PATRICK PEREIRA MACHADO⁴;
ROSE ANE PEREIRA DE FREITAS⁵

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – lusaafonso626@gmail.com

²UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – veraneiro@yahoo.com.br

³UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – rodrigobartell10@gmail.com

⁴UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – diuliosigne10@gmail.com

⁵UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – freitas.rose@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico refere-se à condição em que os indivíduos percebem o ambiente como agradável, sem sentirem frio ou calor excessivos. Essa sensação é influenciada por diversos fatores ambientais, como temperatura, umidade relativa do ar e, particularmente, a circulação dos ventos. Em regiões onde as correntes de ar apresentam grande variabilidade, o vento desempenha um papel crucial na modulação do clima, afetando diretamente a percepção de conforto dos seus habitantes. (FANGER, P. O., 1970; NEDEL ET AL., 2021; LAI ET AL., 2020)

Durante o verão, o vento pode amenizar as altas temperaturas ao promover a evaporação do suor, proporcionando uma sensação de frescor. Por outro lado, no inverno, a combinação de ventos fortes com baixas temperaturas pode intensificar a sensação de frio, resultando em desconforto térmico, especialmente para populações vulneráveis, como idosos e crianças. Esses efeitos ressaltam a importância do vento como fator que tanto pode melhorar quanto agravar as condições de conforto térmico (DE DEAR, R. J., & BRAGER, G. S., 1998; JIN ET AL., 2019).

Dada a relevância dessas interações, este estudo tem como objetivo analisar a influência do vento sobre o conforto térmico nos meses de inverno na cidade de Pelotas. Compreender essa dinâmica é fundamental para avaliar o bem-estar das populações expostas a condições climáticas variáveis e fornecer subsídios para o planejamento urbano e a adoção de medidas de adaptação às condições climáticas locais.

2. METODOLOGIA

2.1 Região de Estudo

A região deste estudo está localizada em latitudes médias, no extremo sul do Brasil, mais precisamente na cidade de Pelotas, aproximadamente nas coordenadas 31°46'34" S e 52°20'40" (Figura 1).

Situada em uma zona de transição climática, Pelotas é influenciada tanto pela proximidade com o Oceano Atlântico quanto pelas massas de ar vindas da Antártica e do Equador, conforme a estação do ano (NIMER, 1979; PEZZA & AMBRIZZI, 2005). Essa localização torna a região propensa a variações climáticas significativas, especialmente à formação de sistemas que intensificam ventos fortes, o que afeta diretamente as condições de conforto térmico, sobretudo durante os meses de inverno (TRASSANTE ET AL., 2024).

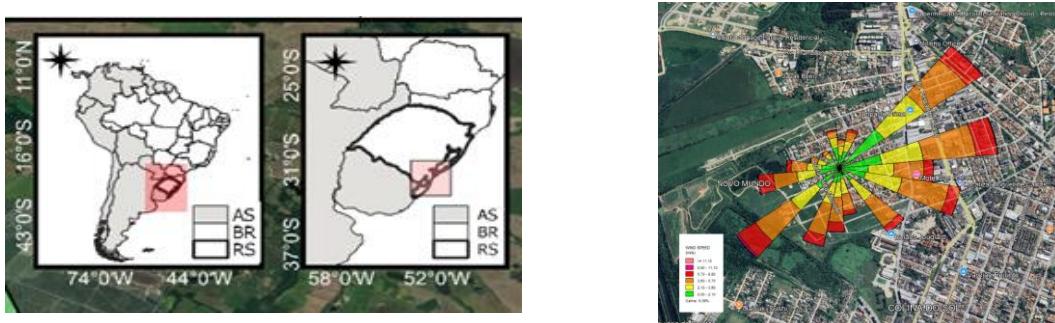


Figura 1. Município de Pelotas: (a) Localização geográfica e (b) Rosa dos ventos representando a direção e intensidade dos ventos sobre a cidade. A rosa dos ventos ilustra a frequência dos ventos provenientes de cada quadrante, com as cores representando diferentes faixas de velocidade: verde (0,50 a 2,10 m/s), amarelo (2,10 a 3,60 m/s), laranja (3,60 a 5,70 m/s) e vermelho (maior ou igual a 11,10 m/s). O comprimento das hastes indica a intensidade do vento, com valores médios registrados durante o período do estudo.

As latitudes médias são caracterizadas por um padrão climático de transição, devido à variação significativa do fotoperíodo ao longo do ano. Essas regiões experimentam grandes mudanças na incidência de radiação solar de uma estação para outra (BARRY & CHORLEY, 2010). Durante o inverno, com poucas horas de luz solar, Pelotas é mais influenciada pelas massas de ar frio vindas da Antártica. No verão, quando o fotoperíodo é mais extenso e há maior incidência solar, as massas de ar quente provenientes do Equador têm maior impacto sobre a região. Essa alternância de padrões climáticos reforça o papel das latitudes médias como zonas de transição (NIMER, 1979; PEZZA & AMBRIZZI, 2005).

2.2 Dados Utilizados

Os dados utilizados neste estudo são parte integrante do Projeto COORTE (2015), realizado em parceria com o Centro de Epidemiologia da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Para a coleta de dados meteorológicos, temperatura e umidade relativa, foi utilizado Termo-higrômetro modelo HOBO com Datalogger (MX2301), instalado no bairro Fragata da cidade de Pelotas entre os meses de janeiro a agosto de 2019.

Como o modelo de sensores utilizados para o monitoramento *in situ* não possui a capacidade de medir a variável de velocidade do vento, essas informações foram obtidas a partir de dados meteorológicos observados pela Estação Meteorológica Automática, de propriedade particular, operada pela Sigma Meteorologia (SIGMA, 2024). Os dados foram coletados de forma regular e cobrem uma variedade abrangente de condições climáticas, garantindo uma representação adequada do clima local durante o período de estudo.

2.3 Índice Biometeorológico

A combinação dos parâmetros meteorológicos coletados foi utilizada para calcular o índice de conforto térmico por meio da Temperatura Efetiva com Vento (TEV). Esse índice considera a interação entre a temperatura ambiente e os efeitos do vento sobre a sensação térmica no corpo humano, proporcionando uma medida mais precisa do conforto térmico em ambientes externos. (GOBO & GALVANI, 2012). A equação da TEV é expressa da seguinte forma:

$$TE_{v=37} = \frac{37-T}{0.68-0.0014RH + \frac{1}{1.7+1.4WS^{0.75}}} - 0.29T(1-\frac{RH}{100}) \quad \text{Equação 1}$$

Onde, T é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), RH a umidade relativa (%) e v a velocidade do vento (m/s).

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) ainda não possui uma classificação específica de zonas de conforto térmico adequado às suas condições climáticas. Portanto, neste estudo, serão utilizados os níveis de classificação da Temperatura Equivalente Percebida (TEP), conforme adaptado por Monteiro e Alucci (2009). Esses critérios de classificação já foram aplicados com êxito em pesquisas anteriores sobre o RS (GOBO E GALVANI, 2012; NEDEL 2021; T, 2024), e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da TEP e as respectivas sensações térmicas.

| TEP | <4 | 4 - 12 | 12 - 18 | 18 - 26 | 26 - 31 | 31 - 41 | >41 |
|------------------|------------|---------|------------|--------------|-------------|----------|-------------|
| Sensação Térmica | Muito Frio | Frio | Pouco frio | Neutralidade | Pouco calor | Calor | Muito calor |

Fonte: Monteiro e Alucci (2009)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da equação da (TEv) calculou-se o índice de conforto térmico durante o inverno de 2019 e através da Tabela 1, pode-se observar as zonas de conforto na cidade. A coleta de dados em intervalos regulares permitiu uma análise detalhada das variações diárias, possibilitando a comparação entre dias com diferentes condições de conforto.

Tabela 2. Correlação entre as variáveis

| | T | UR | V intensidade | V direção |
|-----|-----|-----|---------------|-----------|
| TEv | 58% | 12% | 61% | -21% |

Os resultados indicam que a temperatura do ar e a intensidade do vento são os principais fatores que influenciam a Temperatura Efetiva com Vento (TEV), com correlações de 58% e 61%, respectivamente. Essas variáveis ofereceram maior impacto na sensação térmica nos ambientes externos. Por outro lado, a umidade relativa mostrou uma influência muito baixa (12%) e a direção do vento apresentou uma correlação negativa (-21%), sugerindo que determinadas direções de vento podem estar associadas a maior desconforto térmico. Assim, a temperatura e o vento devem ser priorizados no planejamento de espaços externos para maximizar o conforto térmico, conforme a metodologia de TEV aplicada.

Além disso, a direção do vento também desempenhou um papel relevante, com uma predominância de ventos provenientes do Nordeste durante o período amostrado (Figura 1b). Esses ventos, ao virem de diferentes origens, como regiões marítimas ou continentais, podem influenciar significativamente tanto a umidade quanto a temperatura. Isso reforça que o vento não deve ser considerado apenas um fator isolado no conforto térmico, mas sim um modulador dinâmico que interage com outros parâmetros climáticos, como temperatura e umidade. Essas interações podem gerar mudanças perceptíveis na sensação térmica, dependendo da combinação de fatores presentes.

4. CONCLUSÕES

As conclusões deste estudo destacam que a temperatura do ar e a intensidade do vento são os principais determinantes do conforto térmico em

ambientes externos, conforme avaliado pela Temperatura Efetiva com Vento (TEV). A umidade relativa apresentou um impacto muito menor, e a direção do vento mostrou uma correlação negativa, sugerindo que determinadas direções podem aumentar o desconforto térmico. Esses resultados indicam a necessidade de priorizar o controle da temperatura e a monitoração do vento no planejamento de espaços externos, especialmente em locais sujeitos a condições climáticas extremas. Além disso, a direção predominante dos ventos, especialmente os provenientes do Nordeste, desempenhou um papel importante como modulador do conforto térmico, interagindo com as outras variáveis. Assim, este estudo contribui para uma compreensão mais detalhada das variáveis envolvidas no conforto térmico, oferecendo informações que podem auxiliar em intervenções urbanas que visem otimizar a sensação térmica da população urbana.

AGRADECIMENTOS: Agradeço ao Ministério da Educação (MEC) pela bolsa do Programa de Educação Tutorial (PET).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barry, R. G.; Chorley, R. J. *Atmosphere, Weather and Climate*. 9th ed. New York: Routledge, 2010.
- De Dear, R. J.; Brager, G. S. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Transactions*, v. 104, n. 1, p. 145-167, 1998.
- Fanger, P. O. *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1970.
- Gobo, J. P. A.; Galvani, E. Aplicação do Índice de Temperatura Efetiva com Vento (TEV) nos estudos de conforto térmico para o estado do Rio Grande do Sul. *Revista Geonorte*, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 403-413, 2012.
- Jin, H.; Liu, S.; Kang, J. Thermal comfort range and influence factor of urban pedestrian streets in severe cold regions. *Energy and Buildings*, v. 198, p. 197-206, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.054>.
- Lai, D.; Lian, Z.; Liu, W.; Guo, C.; Chen, Q. A comprehensive review of thermal comfort studies in urban open spaces. *Science of the Total Environment*, v. 742, p. 140092, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140092>.
- Monteiro, L. M.; Alucci, M. P. Territorios y espacios urbanos sustentables: confort ambiental en espacios abiertos. *Ambiente Construído (Online)*, v. 3, p. 1-26, 2009.
- Nedel, A. S.; Mathias, C. R.; Gobo, J. P. A.; Silva, A. R. Analysis of indoor human thermal comfort in Pelotas municipality, extreme southern Brazil. *International Journal of Biometeorology*, v. 65, n. 3, p. 419-428, 2021.
- Nimer, E. *Climatologia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- Pezza, A. B.; Ambrizzi, T. Variability of Southern Hemisphere cyclone and anticyclone behavior: Further analysis. *Journal of Climate*, v. 18, p. 1368-1383, 2005.
- Trassante, F.; Freitas, R. A. P.; Nedel, A. S.; Machado, R.; Medeiros, M. A. F.; Lindemann, D.; Alonso, M. F. Analysis of thermal discomfort associated with synoptic conditions in the city of Pelotas, southernmost region of Brazil. *International Journal of Biometeorology*, v. 68, n. 3, p. 463-477, 2024.