

**A IMPORTÂNCIA DA RADIAÇÃO NOS ESTUDOS DE CONFORTO
TÉRMICO HUMANO NO SEMIÁRIDO E O USO DE TERMÔMETROS DE
GLOBO PARA SUA MENSURAÇÃO.**

**THE IMPORTANCE OF RADIATION IN STUDIES OF HUMAN THERMAL
COMFORT IN THE SEMI-ARID AND THE USE OF GLOBE
THERMOMETERS TO MEASURE IT.**

Flávia Ingrid Bezerra Paiva Gomes

Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Professora do IFCE-Quixadá.

flavia.ingrid@ifce.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-8817-5459>

151

Paulo Ricardo Barboza Gomes

Doutor em Engenharia de Telecomunicações. Professor do IFCE-Tauá.

gomes.paulo@ifce.edu.br

<https://orcid.org/0000-0003-0809-4833>

RESUMO

Este trabalho é uma revisão bibliográfica sobre a importância da variável climática radiação em estudos de conforto térmico humano a partir de seu principal modo de mensuração: o uso de termômetros de globo e da fórmula da temperatura radiante média. A partir da revisão realizada viu-se a necessidade de realização de uma exploração teórica da fórmula a fim de oferecer recomendações para o seu uso para além do encontrado na literatura.

Palavras-chave: revisão de literatura, conforto térmico humano, temperatura radiante média.

ABSTRACT

This work is a literature review on the importance of the climatic variable radiation in studies of human thermal comfort, focusing on its main measurement method: the use of globe thermometers and the formula for mean radiante temperature. Through this review, there was a recognized need for a theoretical exploration of the formula in order to provide recommendations for its usage beyond what is commonly found in the literature.

Key words: literature review, human thermal comfort, mean radiante temperature.

INTRODUÇÃO

Na composição espectral, a radiação da faixa visível apresenta cerca de 45% desta composição e a radiação infravermelha representa 46%. Os outros 9% são compostos da radiação ultravioleta. A radiação solar que incide no topo da atmosfera é variável e depende de três fatores: do período do ano, da hora do dia e da latitude. A radiação infravermelha ou termal é emitida por todos os corpos aquecidos pela radiação solar. A emissividade destes corpos, (radiação absorvida e transformada em calor), é liberada em onda longa. A atmosfera e a superfície terrestre também absorvem parte da radiação de ondas curtas e emitem radiação termal (ALVES, 2011).

A temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade do vento e a radiação são alguns dos fatores, segundo Epstein e Moran (2006), que causam estresse térmico. No meio externo, a temperatura média da pele é altamente correlacionada com a temperatura do ar

e a radiação solar em conjunto, explicando cerca de 68% de sua variação (BLAZEJCZYK; NILSSON; HOLMÉR, 1993).

A radiação é considerada a principal forma de perda ou ganho de calor (60%), por isso, a temperatura radiante média é tida por diversos autores, como o parâmetro meteorológico que mais afeta o equilíbrio térmico humano durante condições ensolaradas (GIVONI, 1976; OLGYAY, 1992; BLAZEJCZYK; NILSSON; HOLMÉR, 1993; ROSSI, 2012). Tal premissa faz desse parâmetro importantíssimo para as verificações de conforto térmico humano em ambientes com altos índices de insolação, como o semiárido.

Hodder e Parsons (2007) constatam que um incremento de 200W/m^2 na intensidade da radiação solar direta é responsável por um aumento superior a 2°C na temperatura média da pele e, de uma unidade na escala de sensação térmica. Estas alterações são inicializadas logo nos primeiros minutos de exposição, estabilizando-se após 10 a 12 minutos.

Petalas (2015) resumiu a influência dos principais fatores climáticos relacionados ao conforto térmico e suas respostas fisiológicas no organismo humano, em um ambiente quente. Neste resumo esclarece que a temperatura radiante média, quando alta, associada a uma alta velocidade do vento, resulta em uma sensação de maior calor e quando associada a uma baixa umidade do ar, resulta em uma sensação de pele seca. Nesta condição a pulsação (frequência cardíaca) é pouco afetada pela elevação da temperatura dentro de um limiar de baixo estresse térmico, contudo, pode ser bastante afetada quando o balanço térmico encontra-se no seu limite.

O termo temperatura radiante média (TRM) é comumente utilizado para referir-se à componente climática radiação. Ela pode ser definida como a temperatura ambiente de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra para eliminar o efeito de reflexão, com a qual o corpo (comumente um globo negro) troca tanta quantidade de energia quanto a do ambiente atual considerado (Bond & Kelly, 1955; *Apud* Campos, 1986). THORSSON et al. (2007), tomando como base a ASHRAE (2004) a definem como a temperatura de superfície uniforme de um invólucro imaginário preto ou cinza em que um ocupante trocaria a mesma quantidade de calor radiante, como no espaço real não uniforme e resume a exposição do corpo humano a todos os fluxos de radiação curta e longa (direta, difusa, refletida e emitida) em um determinado ambiente. Eles ainda acrescentam que a temperatura radiante média (TRM) é uma das variáveis mais importantes na avaliação do conforto térmico, especialmente durante condições meteorológicas de tempo quente e ensolarado

Em outras palavras a Temperatura radiante média uma forma metodologicamente definida para mensurar a radiação em um ambiente. A TRM é comumente mensurada através de dois métodos: a partir da temperatura de globo e através de modelos computacionais, tais como RayMan (MATZARAKIS et al., 2007), SOLWEIG (LINDBERG et al., 2008) e ENVI-met (BRUSE, 2011). O uso destes modelos é mais comum em estudos de conforto térmico humano em ambientes urbanos pois necessitam, além de dos dados meteorológicos e geográficos de entrada (como latitude) de dados de morfologia urbana. No trabalho de Petalas (2015) fotografias utilizando a técnica de “olho de peixe” foram realizadas a fim de auxiliar na mensuração da TRM a partir do software Rayman.

A mensuração da intensidade da radiação a partir da medição das variações de temperatura dentro de um globo, sendo posteriormente utilizada uma fórmula matemática para fazer a correlação entre a temperatura do globo e a temperatura radiante média, é a forma mais comum de utilização dessa componente climática em estudos de conforto

térmico humano. A referida fórmula será descrita e explorada nos próximos tópicos deste trabalho.

A normativa da ASHRAE Handbook of Fundamentals (ASHRAE, 2001) é uma referência basilar para a determinação da temperatura radiante média a partir de termômetros de globo, indicando, inclusive, os tipos de instrumentos a serem usados para as medições. A medição da temperatura de globo comumente é realizada em campo em experimentos como os das figuras a seguir.

Figuras 1 e 2: Equipamentos medindo a temperatura de globo em ambiente externo, na primeira imagem a partir de uma estação meteorológica e a segunda a partir de um termômetro de espeto acoplado a um globo.

153



Fontes: fig.1 - Gobo e Galvani (2016) e fig.2 – Acervo do Autores.

Em um artigo metodológico Gobo e Galvani ordenaram algumas orientações quanto a forma de medição de temperatura de globo para o cálculo da TRM, como a recomendação de um globo de cor cinza médio¹, quando o sensor está exposto à radiação solar direta para melhor concordar com a superfície exterior de pessoas vestidas (ISO 7726, 1998 ;

¹ Em diversos estudos de mensuração da TRM a partir de termômetros de globo, a cor utilizada para o globo é a preta, sendo inclusive o termo “globo negro” bastante comum nessa área. Contudo diversos estudos em ambientes externos concluíram que o globo negro superestimaria a TRM e um globo pintado na cor cinza médio estaria mais próximo da cor de albedo médio de uma pessoa vestida. Assim, ainda que trabalhos em áreas internas (comumente ligados à arquitetura) ainda utilizem o globo negro, em trabalhos em áreas externas ele deve ser pintado na cor cinza.

ASHRAE, 2001), e a orientação de que para ser capaz de registrar as variações bruscas na TRM com um termômetro de globo, o sensor precisa ter um tempo de resposta suficientemente curto para alcançar este objetivo e o globo, portanto, deve ser de tamanho pequeno e ter uma baixa capacidade de calor. (NIKOLOPOULOU et al., 1999).

Em muitos trabalhos são utilizados globos metálicos, sendo esta opção de material, inclusive, a mais usada em estações meteorológicas portáteis como a da figura 1. Contudo, mais importante que o material do qual é feito o globo é a sua espessura, que deve ser bastante fina, sendo o ideal menos de 0,4mm, segundo trabalho de avaliação de materiais alternativos para confecção de termômetro de globo de SOUZA *et al.* (2002). O globo acoplado ao termômetro de espeto mostrado na figura 2, por exemplo, é de material plástico e espessura fina. Muitos trabalhos (Nikolopoulou, 1999; Thorsson et al., 2007; Yalia e Johanson, 2013; Johansson et al., 2014) tem utilizado materiais semelhantes, tendo, em especial, ganhado notoriedade a adaptação de bolas de ping pong para esta finalidade.

Como já explanado, os valores mensurados de temperatura de globo serão utilizados para calcular a temperatura radiante média através de uma fórmula. Nesta fórmula outras variáveis são necessárias, sendo uma delas a emissividade do material do globo. Neste caso, essa variável poderia ser alterada ao se utilizar um globo com material diferente do metálico, contudo, diversos trabalhos (Hirashima e Assis, 2011; Silva e Alvarez, 2015; Fernandes e Masiero, 2018) mesmo usando globos plásticos, mantém o mesmo valor de emissividade de globos metálicos, a saber, 0,9 para globos pintados na cor cinza e 0,95 para globos pintados na cor preta (indicados para estudos em áreas internas ou com a radiação incidindo de forma indireta, comumente vinculados à Arquitetura).

Sobre o uso da radiação como um componente de análise em trabalhos de conforto térmico humano a mesma vem sendo considerada como uma variável importante para as análises desde meados do século XX.

Missenard (1948), por exemplo, desenvolveu o índice de conforto Temperatura Resultante (RT), quando incluiu os efeitos da umidade e movimento do ar em pesquisas com indivíduos com e sem vestimenta. De acordo com Araújo (1996), a primeira definição prática deste índice foi a de que a temperatura de globo reproduzia o comportamento de um corpo humano.

Outra importante contribuição de Missenard deu-se ainda antes, em 1935, quando demonstrou que os coeficientes de transmissão por radiação e convecção do corpo humano são os mesmos para o diâmetro de 90mm do termômetro de globo (para o ar parado). Posteriormente que tamanho menores de globo favoreciam a observação mais rápida de variações da radiação, o que se revelou importante para estudos de variação de conforto térmico humano e correlação de índices de conforto com respostas subjetivas de indivíduos a diferentes situações meteorológicas.

Tais premissas chegaram ao Brasil. O índice de bulbo úmido e termômetro de globo (Yaglou e Minard, 1957), também chamado IBUTG - que inclui os efeitos da radiação, temperatura do ar, umidade e velocidade do vento, foi adotado pela NR15 do Ministério do Trabalho no Brasil, para avaliação de ambientes de trabalho.

Vários trabalhos foram realizados no Brasil enfatizando a importância da componente radiação no conforto térmico humano. Funari (1995), por exemplo, estudou os efeitos da ocorrência do eclipse total do Sol (novembro de 1994), no conforto térmico; o estudo demonstrou que houve significativa variação do índice de conforto se comparado ao dia

anterior ao eclipse – sendo considerados os mesmos horários e tipo predominante de tempo - ; tal fato é associado à queda da radiação solar direta, com o correspondente declínio da temperatura do ar e aumento da umidade relativa. Observe-se que tal influência foi identificada mesmo em médias latitudes, visto que o estudo se deu em Chapecó (SC).

Apesar disto percebe-se uma clara tendência de uso, no Brasil, de índices de conforto que utilizam apenas as componentes mais elementares para o conforto térmico humano: temperatura e umidade relativa do ar, em especial por serem de aplicação mais fácil, tendo em vista estes dados serem amplamente captados e disponibilizados em estações meteorológicas.²

Quanto a esta tendência Epstein e Moran (2006) ao analisarem alguns índices, dividem os mesmos em três grupos: 1 – racionais e 2 - empíricos (com aplicação de variáveis ambientais e fisiológicas, mais complexos, portanto) e 3 – simples, calculados através de variáveis climáticas básicas, como temperatura e umidade relativa do ar. Após o estudo sugerem a adoção do Discomfort Index (DI), desenvolvido por Thom (1959) para estudos de estresse para o calor. De fato, este índice de conforto também chamado de IDT (Índice de Desconforto de Thom) ou simplesmente de ID (Índice de desconforto) é um dos mais utilizados no país.

Essa tendência de utilização de índices mais simples acaba por diminuir consideravelmente os trabalhos que analisam a componente climática radiação no conforto térmico humano, pelo menos em análises em áreas externas ligadas à ciência Geográfica. Trabalhos em áreas internas, comumente ligados à Arquitetura, tem essa variável bem mais presente em suas análises. Tal fato é curioso, visto que a radiação tem, obviamente, uma influência no conforto térmico bem maior no conforto térmico externo, visto a ocorrência da radiação solar direta. Apesar disto, e por isso mesmo, tais trabalhos da arquitetura ajudam a reforçar a importância da análise desta componente nos estudos de conforto em ambientes externos.

Com relação a estudos de conforto térmico no semiárido que contemplem a variável climática radiação (ou TRM) em suas análises percebe-se uma baixa prevalência dos mesmos em relação a estudos que não analisam esta componente.

Em trabalho de revisão bibliográfica sobre os principais índices de conforto térmico humano utilizados na região semiárida Gomes e Zanella (2023) identificaram que menos de vinte por cento dos trabalhos utilizam em suas análises índices que usam a radiação (TRM ou outra forma de mensuração) como uma das variáveis de cálculo; o que é problemático, segundo as autoras, tendo em vista as características naturais da região de intensa radiação solar, ou, nas palavras das mesmas “a partir das próprias características climáticas do semiárido destacamos a importância do uso de índices que levem em conta a radiação (como o WBGT, UTCI e outros índices analíticos) em estudos na região.”

As características regionais do semiárido de elevadas taxas de insolação e altas temperaturas são decorrência da sua posição latitudinal já que a região é submetida a forte radiação solar durante o ano todo. Assim, a maior parte do Nordeste apresenta

² Estações meteorológicas mais completas também disponibilizam dados de radiação, contudo, normalmente em W/m^2 , e não em graus, como a Temperatura Média Radiante, que é variável de entrada para índices de conforto térmico. A correlação entre essas informações é possível, mas não é facilmente encontrada em trabalhos acadêmicos.

temperaturas médias anuais que variam entre 26 e 28° C. Apenas áreas situadas em altitude mais elevadas apresentam médias inferiores a 26° C. (ZANELLA, 2014).

Tais valores médios podem ser alcançados pois, conforme Santos (2009, p. 15), em alguns lugares no semiárido, nos dias de maiores insolações, a temperatura pode ultrapassar os 45 ° C. Além disto, a região apresenta baixa amplitude térmica anual que varia de 5 ° C a menos de 2 ° C, do sul da Bahia ao litoral setentrional (NIMER, 1989). Sabe-se, contudo, que a amplitude térmica diária é considerável, ultrapassando facilmente os 10 ° C.

A precipitação média anual na região semiárida brasileira gira em torno de 750 mm (MARENGO *et al.*, 2011). Em algumas áreas a precipitação média não ultrapassa os 400 mm anuais. A evapotranspiração potencial média pode chegar a 2.500 mm ano, gerando elevados déficits hídricos (MONTENGRO e MONTENEGRO, 2012). Tal fato se dá em decorrência das elevadas taxas de insolação, elevadas temperaturas e baixas amplitudes térmicas anuais, com totais pluviométricos baixos e altamente variáveis no tempo e no espaço. (ZANELLA, 2014).

Sobre a pluviometria da região e a nomenclatura semiárido, Gomes e Zanella (2023), em artigo bibliográfico sobre a região, esclarecem que a nomenclatura semiárido é encontrada em diversas classificações climáticas e a região delimitada como semiárida no Brasil não necessariamente corresponderia a um tipo semiárido em uma classificação climática qualquer. Dependendo da metodologia adotada pela classificação climática a região reconhecida pelos órgãos estatais como semiárido pode apresentar desde condições subúmidas, até núcleos áridos, como tem sido reportado na imprensa nacional nos últimos meses.

No semiárido, em especial durante a estação seca (no norte de região entre os meses de agosto a dezembro), uma conjuntura meteorológica bastante comum é: temperatura radiante média alta, temperatura do ar alta, baixa umidade relativa do ar e alta velocidade do vento.

O objetivo deste trabalho foi realizar análise bibliográfica do uso da variável climática radiação solar dentro da perspectiva dos estudos de conforto térmico humano no Brasil e no semiárido e levantar orientações metodológicas de sua principal forma de mensuração: termômetros de globo e fórmula de temperatura radiante média. Para tanto realizou-se ainda uma exploração teórica da fórmula da TRM a fim de investigar orientações metodológicas adicionais para o uso dessa metodologia de mensuração da radiação.

MATERIAL E MÉTODO

A metodologia utilizada neste trabalho tem duas bases de análise, a primeira é um levantamento bibliográfico exploratório e livre sobre a temática; a segunda é uma exploração teórica de resultados possíveis encontrados para a temperatura radiante média utilizando-se a equação abaixo e dependente, portanto, da temperatura de termômetro de globo.

Na segunda abordagem, exploratória e teórica, foi utilizado o *software* Matlab R2022a para a realização dos cálculos e exportação de gráficos. Nesta abordagem buscou-se analisar a dependência dos valores de TRM calculados pela fórmula abaixo em relação à velocidade do vento, mantendo-se, para tanto as outras variáveis constantes.

$$Trm = \left[(T_g + 273)^4 + \frac{1,1 \cdot 10^8 \cdot V^{0,6}}{\varepsilon_g \cdot D^{0,4}} (T_g - T_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273$$

Em que:

Trm : Temperatura radiante média (°C);

T_g : Temperatura de globo (°C);

T_a : Temperatura do ar (°C);

V : Velocidade do vento (m/s);

ε_g : Emissividade do globo;

D : Diâmetro do globo (m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O viés bibliográfico dessa análise resultou em duas conclusões principais. A primeira é que apesar da radiação ser uma componente climática cuja influência no conforto térmico humano seja bem documentada dentro da evolução os estudos de conforto no século XX, a mesma não é inserida na maioria dos estudos de conforto térmico humano no Brasil, estando aqui incluídos os estudos de conforto térmico no semiárido.

Nos índices de conforto que inserem a componente radiação entre suas variáveis a forma mais usual é através da Temperatura Radiante Média, temos exemplos em UTCI³, PET⁴ e SET⁵; há ainda o WBGT⁶ que utiliza diretamente a temperatura de globo.

A segunda conclusão do viés bibliográfico desta análise é que a forma mais usual de mensuração da radiação em índices de conforto é via TRM, calculada a partir de termômetros de globo. Tal mensuração, para ser eficaz, exige alguns cuidados metodológicos que nem sempre estão sistematizados e expostos nos trabalhos que a utilizam.

Assim, procedemos a ordenação das seguintes orientações metodológicas para mensuração de TRM a partir de termômetros de globo: 1 – tempo necessário de ao menos 20 minutos de ajuste do termômetro de globo antes da primeira leitura (HIRASHIMA E ASSIS, 2011); 2 - diâmetro do globo, sendo quanto menor, mais sensível às variações de radiação (HIRASHIMA E ASSIS, 2011), 3 - cor do globo, que deve ser cinza médio para estudos em ambientes externos (ISO 7726, 1998) e negro para estudos em áreas internas, 4 - material do globo, sendo aceitáveis metal ou plástico desde que de fina espessura - ideal menos de 0,4mm – (SOUZA *et al.*, 2002) ; 5 - emissividade do material, valor que

³ Índice Climático Térmico Universal. Vide Broede *et al.* (2010)

⁴ Temperatura Fisiológica Equivalente. Vide Höppe (1999).

⁵ Temperatura Efetiva Padrão. Vide Gagge *et al.* (1986).

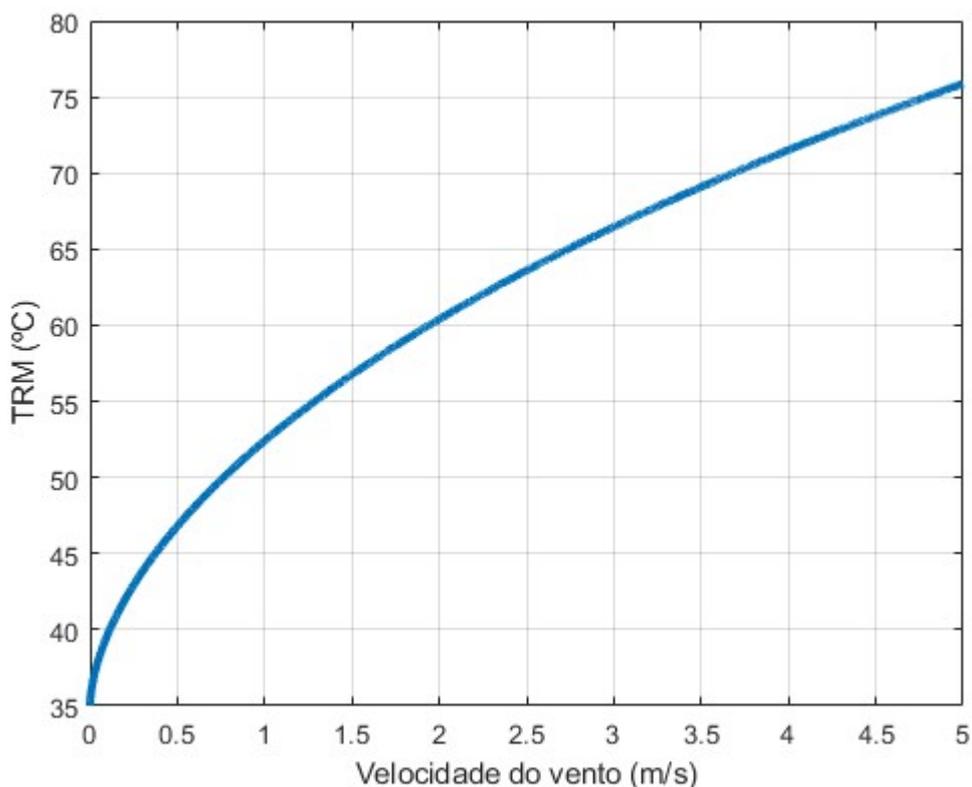
⁶ Mesmo IBUTG, já referenciado neste trabalho em tópico anterior.

é exigido na fórmula da TRM e que costuma nos trabalhos com globo negro ser 0,95 e nos com globo cinza 0,9 (ASHRAE, 1997).

Observou-se, a partir da sistematização bibliográfica realizada e acima apresentada, que não existiam orientações metodológicas no uso da fórmula da TRM para intervalos limítrofes aceitáveis das variáveis da fórmula. A partir, então, de exploração livre e teórica da fórmula buscou-se analisar o resultado de TRM com diferentes condições de velocidade do vento (mantendo-se para isto as outras componentes da fórmula constantes).

A exploração foi feita com a velocidade do vento variando a partir de 0 até 5m/s e os resultados obtidos foram ordenados no gráfico a seguir.

Figura 3: Gráfico com resultados de TRM para diferentes condições de velocidade do vento.



Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da análise da fórmula e do gráfico de resultados observou-se que em situações de total calmaria (quando a velocidade do vento é nula) o comportamento da fórmula não segue o padrão observado quando os valores são diferentes de zero, tendo uma tendência a superestimar o fator de arrefecimento do vento e de fazer a TRM tender ao mesmo valor da Temperatura de Globo, o que desconsideraria toda a perda de calor do globo para o ambiente, que ocorre, mesmo em uma situação de total calmaria.

CONCLUSÃO

A partir do que foi verificado na exploração teórica da fórmula da TRM e exposto acima acrescentamos às orientações metodológicas previamente sistematizadas e expostas nos resultados à conclusão de que a TRM não deve ser calculada a partir da temperatura de termômetro de globo com o valor zero para velocidade do vento em situação de total calmaria.

Recomendamos, nestas condições meteorológicas, que seja considerado um valor de velocidade do vento de 0,1m/s. Tal recomendação fundamenta-se no fato de que situações de total calmaria de ventos são meteorologicamente raras, pontuais e intercaladas com condições de velocidade do vento maiores (ainda que baixas). Saliencia-se que dependendo da orientação metodológica para aferição desta velocidade do vento os valores já não tenderiam a zero mesmo em situações de calmaria, se fossem consideradas as velocidades do vento médias em um intervalo de tempo aceitável para que as rajadas de brisa suave fossem percebidas (vide THORSSON *et al.*, 2007).

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. R. Métodos de avaliação do conforto térmico humano. **Monografia**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- ARAÚJO, V.M.D.A. Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro. São Paulo, **Tese de Doutorado** - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1996.
- ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering. **Handbook of fundamentals: physiological principles, comfort, health**. New York, 1997.
- ASHRAE. **Handbook of Fundamentals**. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc., Atlanta. 2001.
- ANSI/ASHRAE Standard 55.; Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American society of heating, refrigerating, and air-conditioning engineers. 2004.
- BLAZEJCZYK, K.; NILSSON, H.; HOLMÉR, I. Solar heat load on man: review of different methods of estimation. **International Journal of Biometeorology**, v. 37, n. 3, p. 125-132, Sept. 1993
- BOND, T.E.; KELLY, C.F. The globe thermometer in agricultural research. **Agricultural Engineering**, California, v.36, n.5, p.251-255, Apr. 1955.

BRÖDE, P.; JENDRITZKY, G.; FIALA, D.; HAVENITH, G. The Universal Thermal Climate Index UTCI in operational use. In: Conference: adapting to change: new thinking on comfort cumberland lodge, 2010, Windsor, UK. Proceedings... London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2010.

BRUSE, M.; ENVI-met homepage. Disponível em <http://www.envi-met.com>. Acessado em 30 de Janeiro de 2024.

CAMPOS, A.T. Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa - M.G. 1986. 66 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

EPSTEIN, Y.; MORAN, D. S. Thermal comfort and the heat stress indices. **Industrial Health**, v. 44, n. 3, p. 388-398, 2006.

FERNANDES, M. E; MASIEIRO, E. Influência da morfologia urbana sobre o conforto térmico humano em um recorte urbano da cidade de São Carlos-SP. **Anais do 8º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS)**. Coimbra, 2018.

FUNARI, F. L. Observações meteorológicas durante o eclipse total do Sol de 03 de novembro de 1994, em Chapecó-SC. **REA – Rede de Astronomia Observacional – Reporte num.07**, p.7-13, 1995.

GAGGE, AP; FOBELETS, AP; BERGLUND, LG. "A standard predictive index of human response to the thermal environment". **ASHRAE Transactions** (2nd ed.). 92: 709–31. 1986.

GOBO, J. P. A; GALVANI, E. Referencial técnico e teórico-metodológico aplicado a estudos de conforto humano em ambientes externos. **Revista de Geografia (Recife)** V. 33, No. 4, 2016.

GOMES, F. I. B. P; ZANELLA, M. E. Análise sobre os índices de conforto térmico humano mais utilizados no semiárido brasileiro. **Anais do XV SBCG.2023**. Guarapuava-PR.

GOMES, F. I. B. P; ZANELLA, M. E. Histórico, causas e características da semiaridez do Nordeste do Brasil. **Geografares, [S. l.]**, v. 3, n. 37, p. 209–233, 2023. DOI:10.47456/geo.v3i37.41515. Acesso em: 30 jan. 2024.

HIRASHIMA, S. Q. S.; ASSIS, E. S. Confecção e aferição de termômetro de globo e abrigo meteorológico para medição de variáveis climáticas em ambientes externos. **Anais do XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC**, Búzios, RJ, 10 f., 2011.

HÖPPE, P. R. The Physiological Equivalent Temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, Dordrecht, v. 43, p. 71-75, 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). Thermal Environments-Instruments and methods for measuring physical quantities. ISO 7726. Geneva, 1998.

JOHANSSON, E. THORSSON, S. EMMANUEL, R & KRÜGER, E. 'Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies – the need for standardization', **Urban Climate**, vol. 10, no. Part 2, pp. 346–366. 2014.

LINDBERG, F.; HOLMER, B.; THORSSON, S.; SOLWEIG 1.0 – Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. **International Journal of Biometeorology**, 52(7), 697–713. 2008.

MARENGO, J.A., ALVES, L.M., BESERRA, E.A., LACERDA, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, in: **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, 2011.

MATZARAKIS, A.; Modelling radiation fluxes in simple and complex environments— Application of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, 51(4), 323–334. 2007.

MISSENARD, H. Equivalence thermiques des ambiances, équivalences de passage, équivalences de séjour. **Chaleur et Industrie**. Jul-Aug, 1948.

MONTENEGRO, A.A.A; MONTENEGRO, S.M.G.L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. IN: **Recursos hídricos em regiões semiáridas** / editores, Hans Raj Gheyi, Vital Pedro da Silva Paz, Salomão de Sousa Medeiros, Carlos de Oliveira Galvão - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012, 258P.

NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K.; Improvements to the globe thermometer for outdoor use. **Arch. Sci. Rev.** 42, 27– 34. 1999.

NIMER, E. Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências: o fenômeno das secas. In: **Climatologia do Brasil**. Rio de janeiro: IBGE, 1989.

NIMER, E. Climatologia da Região Nordeste. In: **Climatologia do Brasil**. Rio de janeiro: IBGE, 1989.

NR 15 – Atividades e Operações Insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego.

PETALAS, K. V. **Estudo da sensação térmica e definição de limites de conforto para espaços abertos na cidade de Fortaleza, CE**. Tese (doutorado). Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Fortaleza, 2015.

SANTOS, Juvandi de Sousa. **Ocupação humana, caatinga, paleoambientes e mudanças ambientais nos setores nordestinos**. João Pessoa: JRC Gráfica, 2009.

SILVA, F. T da; ALVAREZ, C. A de. A correlação entre variáveis climáticas em diferentes configurações urbanas. **Connecting People and Ideas**. Proceedings of EURO ELECS 2015. Guimarães, Portugal . ISBN 978T989T96543T8T9

SOUZA, C. de F; TINOCO, I. de F. F; BAETA, F. da C; FERREIRA, W. P. M; SILVA, R. S. da. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.26, n.1, p.157-164, jan./fev., 2002.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, Boston, v.12, n.1, p.57-60, 1959.

THORSSON, S., LINDBERG, F., ELIASSON, I., HOLMER, B.; Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. **International Journal of Climatology**. 27, 1893–1983. 2007.

YAGLOU, C P; MINARD, D. Control of heat casualties at military training centers, **American Medical Association Archives of Industrial Health**. Vol.16, pp 302 – 316, 1957.

YAHIA, M.W.; JOHANSSON, E. Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. **International Journal of Biometeorology**. 2013, 57, 615–630.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, 1(36). 2014. P. 126–142.