

## AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO DE CALÇADAS NO CONFORTO TÉRMICO URBANO DA CIDADE DE JARDIM, MS, POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Juliana Oliveira Cardoso Candia<sup>1</sup>, Diana Carla Rodrigues Lima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Jardim-MS

juliana.cardoso@estudante.ifms.edu.br, diana.lima@ifms.edu.br

### Resumo

Os materiais utilizados para a pavimentação de ruas e calçadas influenciam o microclima de uma região e afetam a sensação térmica dos pedestres. Com base nestas questões, este trabalho visa analisar o conforto térmico de uma determinada área escolhida da cidade de Jardim, Mato Grosso do Sul. A metodologia utilizada se baseia na simulação computacional de cenários com diferentes valores de albedo na pavimentação das calçadas. Um estudo de caso foi realizado em uma região urbana deste município, sendo esta analisada por meio de parâmetros *in loco* e de simulação microclimática computacional. O intuito foi conseguir definir índices de estresse térmico dos pedestres, catalogar os resultados e analisar as causas para tal. Os resultados apontam que o aumento do albedo teve uma contribuição pouco significativa com o conforto térmico dos usuários e a maior diferença foi entre o cenário existente e o cenário proposto foi observada às 15h.

**Palavras-chave:** Conforto Térmico Urbano, Albedo, Calçadas, Simulação Computacional.

### Introdução

A sensação de bem-estar em relação às condições climáticas – conforto térmico – de um determinado ambiente é um fator que influencia muito a condição mental do ser humano (ASHRAE). Esta sensação depende de uma série de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos de cada indivíduo, além de elementos presentes, ou não, na composição do espaço em questão.

Tal conforto térmico é almejado em todos os espaços, sejam eles ambientes internos ou externos. Nos ambientes externos, o meio urbano se faz um fator significativo para alterações climáticas, criando microclimas influenciados pela topografia, vegetação, superfície do solo local e até mesmo a altura das edificações de uma determinada área (RIBEIRO, 1993). Em uma mesma região, mais de um microclima pode existir.

Oke (1987) fornece uma explicação profunda a respeito dos níveis de albedo – coeficiente de reflexão da radiação solar – dos materiais existentes nos espaços urbanos, devido à sua cor e composição. Quanto maior o albedo, ou seja, quanto mais o material devolve a radiação solar incidente, melhor é

a sensação térmica. A geometria do espaço urbano, sua formação e sua disposição afetam de forma significativa os níveis de sensação térmica do microclima local para os pedestres.

Pensando nisso, este projeto buscou analisar um recorte da região urbana de Jardim, município da região sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul. Assim, seria possível observar particularidades que poderiam influenciar os índices de conforto térmico para os pedestres que por ali transitam. Para alcançar isso foi necessário realizar a simulação do microclima urbano por meio de uma ferramenta computacional que possibilitou observar os parâmetros que influenciam, de certa forma, os níveis de estresse térmico.

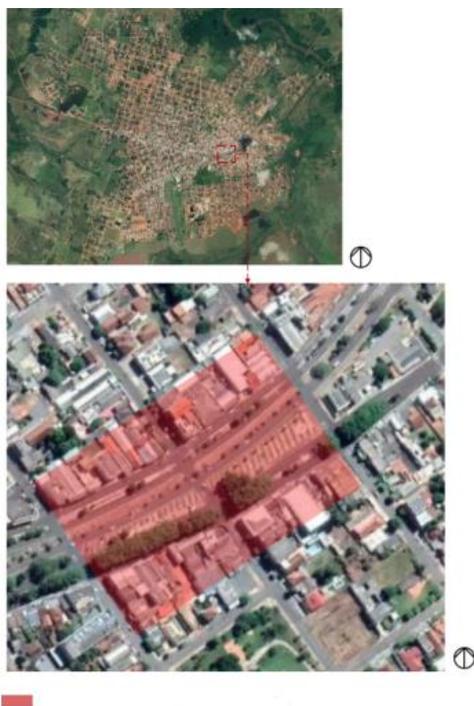
### Metodologia

A metodologia utilizada foi baseada no estudo dos termos que abrangem a temática de conforto térmico urbano e no estudo dos dados obtidos do espaço definido para análise. O trabalho foi feito em, basicamente, cinco etapas: revisão bibliográfica e fundamentação teórica; caracterização da área de estudo; levantamento de dados microclimáticos e sistematização; simulação microclimática com o software ENVI-met; e, por fim, a aplicação do índice de estresse térmico.

A revisão bibliográfica gerou uma fundamentação teórica abordando temas relevantes para todo o restante do estudo de caso. Índices de conforto térmico definidos por Fanger (1970) serviram de base para poder se analisar parâmetros médios de satisfação térmica dos indivíduos. Conceitos de clima (GIVONI, 1978) e a influência da urbanização para a existência do macroclima, mesoclima e o microclima (RIBEIRO, 1993) forneceram a base para entender a diferenças de sensações em diferentes locais próximos dentro de escalas de estudo climáticos e como se dá o balanço energético urbano.

A caracterização da área de estudo definiu o centro da cidade de Jardim, MS, na Avenida Duque de Caxias como ponto principal de estudo, como mostra a Figura 1. Tal área foi definida visto ser a área mais dinâmica da cidade, com maior concentração dos locais de atividades econômicas e, conseqüentemente, da maior concentração de pedestres. Outra peculiaridade da área é a divisão criada por meio de uma rodovia federal, BR 267, com grande tráfego de

veículos grandes, podendo influenciar no conforto térmico local.



**Figura 1.** Localização da área urbana de estudo. (Google Earth, 2022, modificada)

O levantamento de dados microclimáticos e sistematização, buscou coletar informações acerca do detalhamento da malha geométrica definida. Uma visitação *in loco* foi feita e dados das calçadas e edificações do entorno foram coletados. O material e composição das calçadas foi descrito em uma tabela especificando o material e cor, existência de área permeável e existência de vegetação.

A simulação do microclima urbano foi feita por meio da ferramenta computacional ENVI-met, versão 4.4.5 lite. Esse programa executa simulações do microclima urbano através das interações entre superfícies urbanas, vegetação e atmosfera (BRUSE; FLEER, 1998). A modelagem foi realizada utilizando-se como base fotografia aérea, mapa em arquivo digital com extensão .dwg e informações levantadas *in loco* e sistematizadas em planilha no Excel. Foram elaborados dois modelos para efeito de comparação: um chamado de Cenário Existente (CE), com características semelhantes às existentes, e um chamado de Cenário Proposto (CP), onde todos os revestimentos de calçadas aplicados possuem revestimento na cor cinza claro (albedo de 0,75). As paredes e coberturas dos edifícios foram configuradas com materiais padrão do programa. As simulações foram feitas para situação de verão, que corresponde ao dia 04 de janeiro de 2022. A data escolhida corresponde a um dia com altas temperaturas do ar e céu limpo, conforme dados da Tabela 1. Todos esses dados

foram utilizados para posterior cálculo do Índice Temperatura Fisiológica Equivalente (PET).

**Tabela 1.** Configuração dos dados de entrada no modelo.

Dado de entrada	Valor
Data de início	03/01/2022
Início da simulação	08:00:00
Tempo total de simulação (h)	48
Intervalo de saída de dados (min)	180
Velocidade do ar a 10 m de altura (m/s)	1,4
Direção do vento (graus)	300
Temperatura do ar máxima e mínima (°C)	33,6; 20,7
Umidade relativa do ar máxima e mínima (%)	84; 41

Por fim, a aplicação do índice de estresse térmico se deu por meio do cálculo do índice PET através da ferramenta computacional RayMan Pro 2.3 (MATZARAKIS; RUTZ; MAYER; 2010). Os parâmetros de entrada para o programa foram extraídos das simulações microclimáticas de cada cenário pelo ENVI-met, em planilhas do Excel. A avaliação foi feita para os dois cenários para os horários 9h, 12h e 15h, os horários de maior concentração de pedestre e maior desconforto térmico. Para o cálculo do PET, utilizou-se como variáveis pessoais as de um homem padrão conforme a norma ISO 8996 (2004). Foram adotadas as seguintes características: 30 anos de idade, 1,75 m de altura e peso igual a 70 kg. A taxa metabólica adotada foi de 110 W, para atividade moderada, como caminhada, e o valor de isolamento térmico das roupas considerado foi de 0,5 clo, para o verão e 0,9 clo para o inverno (ISO 7730; 2005). Utilizou-se a escala PET calibrada por Monteiro (2008) para a cidade de São Paulo (Tabela 2) por se tratar da cidade com características climáticas que mais assemelham à área de estudo com escala PET calibrada.

**Tabela 2.** Configuração dos dados de entrada no modelo.

PET (°C)	Percepção Térmica	Valor
< 4	Muito frio	Estresse forte ao frio
< 12	Frio	Estresse moderado ao frio
< 18	Pouco frio	Estresse leve ao frio
18 – 26	Neutra	Sem estresse térmico
> 26	Pouco calor	Estresse leve ao calor
> 31	Calor	Estresse moderado ao calor
> 43	Muito calor	Estresse forte ao calor

## Resultados e Discussão

O gráfico na Figura 2 mostra os valores de PET obtidos no Cenário Existente e no Cenário Proposto nos horários avaliados. Os resultados obtidos mostram que no Cenário Existente, em média, o pedestre apresenta estresse forte ao calor para o dia simulado; o resultado médio entre os três horários (9h, 12h e 15h) foi de 46,8 °C. No Cenário Proposto, a média do índice de estresse térmico foi de 46,3 °C, uma redução de 0,5 °C, também resultando em um nível de estresse térmico forte ao calor.

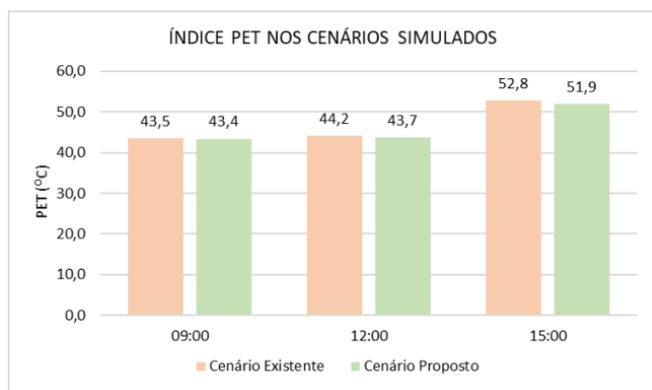


Figura 2. Índice PET para os horários e cenários simulados.

Em todos os horários e cenários o pedestre apresentou estresse forte ao calor. A maior diferença entre o cenário existente e o cenário proposto foi observada às 15h, 0,9 °C horário de maior estresse térmico ao pedestre. A variação está associada a maior diferença de temperatura radiante para esse horário. Os resultados corroboram com as pesquisas que apontam que apesar de haver uma redução da temperatura do ar e da temperatura radiante a que os pedestres estão expostos, o aumento do albedo teve uma contribuição pouco significativa com o conforto térmico dos usuários.

## Considerações Finais

A análise do nível de estresse térmico do pedestre por meio de simulação computacional em Jardim, MS, realizada para um dia de verão, mostrou que o pedestre está exposto a estresse forte ao calor em todas as situações analisadas inclusive no Cenário Proposto, com o aumento do albedo dos revestimentos de calçada. Notou-se uma pequena contribuição da redução do albedo no conforto térmico do pedestre no Cenário Proposto, por esse motivo, acredita-se que o resultado combinado da redução do albedo com outras estratégias de mitigação do desconforto térmico poderá proporcionar uma redução do índice PET. Haja vista a importância da manutenção do conforto térmico ao pedestre e a influência de elementos de desenho urbano ao seu microclima, recomenda-se a realização de novas pesquisas com a proposição de novos cenários.

## Agradecimentos

À professora Diana, pelo convite e orientação prestada durante a realização deste trabalho. Também, ao IFMS pelo fomento financeiro ofertado durante o desenvolvimento do projeto tanto em forma de bolsa, quanto pelo apoio para apresentação no SEMICT.

## Referências

ALI-TOUDERT, F.; MAYER, H. **Effects of street design on outdoor thermal comfort**. In: KISS, A., MEZŐSI, G., SÜMEGHY, Z. eds. *Landscape, Environment and Society. Studies in Honour of Professor Ilona Bárány-Kevei on the Occasion of Her Birthday*, p.45-55, 2006.

ANDREOU, E. **The effect of urban layout, street geometry and orientation on shading conditions in urban canyons in the Mediterranean**. *Renewable Energy*, v. 64, p. 587-596, 2014.

ARNFIELD, J. (1982) **'An approach to the estimation of the surface radiative properties and radiation budgets of cities'**, *Physical Geography*, vol 3, pp97-122

BRUSE, M. **ENVI-met website**. Disponível em: <<http://www.envi-met.com>>. Acesso em: jan., 2020.

BRUSE, M.; FLEER, H. **Simulating Surface-Plant-Air Interactions Inside Urban Environments with a Three Dimensional Numerical Model**. *Environmental Software and Modelling.*, v. 13, p. 373-384, 1998.

CHEN, L.; NG, E. **Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade**. *Cities*, n.29, p.118-125, 2011.

COUTTS, A.M. et al. **Temperature and human thermal comfort effects of street trees across three contrasting street canyon environments**. *Theor Appl Climatol*, 2015. DOI 10.1007/s00704-015-1409-y.

ERELL, E. et al. **Effect of high-albedo materials on pedestrian heat estresse in urban street canyons**. *Urban Climate*, n.10, p 367-386, 2014.

ERELL, E.; PEARLMUTTER, D.; WILLIAMSON, T. **Urban microclimate: designing the spaces between buildings**. Earthscan/James & James Science Publishers, London, 2011.

FANGER, P. O. (1973). *British Journal of Industrial Medicine*, 30, 313-324. **Assessment of man's thermal comfort in practice**.

GÁL, T., Rzepa, M., GROMEK, B. and Unger, J. (2007) **'Comparison between Sky View Factor values computed by two different methods in an urban environment'**, *Acta Climatologica et Chorologica, Universitatis Szegediensis*, Tomus 40-41, pp17

- GARRATT, J. R. (1992) **The Atmospheric Boundary Layer**, Cambridge University Press, Cambridge, UK
- GIVONI, B. (1978). **L'homme, l'architecture et le climat**. Monitur, Paris.
- GÓIS, J. (2002). **Contribuição dos Modelos Estocásticos para o Estudo da Climatologia Urbana**. Dissertação de Doutorado, FEUP.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br>>. Acesso em: jan. 2022.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 7730: Ergonomics of the Thermal Environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Genebra, 2005.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 8996: Ergonomics of the thermal environment: determination of metabolic rate**. Genebra, 2004.
- LAMBERTS, R; XAVIER, A. A. de P. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. Apostila LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- OKE, T. R.. **Boundary Layer Climates**. 2ed. London: Methyen, 1987.7
- POST, D. F., FIMBRES, A., MATTHIAS, A. D., SANO, E. E., ACCIOLY, L., BATCHILY, A. K. and FERREIRA, L. G. (2000) **'Predicting soil albedo from soil color and spectral reflectance data'**, Soil Science Society of America Journal, vol 64, pp1027–1034
- RIBEIRO, A. G. **As escalas do clima**. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro. 1993
- RODRIGUES, N. M. **Caracterização do Conforto Ambiental no Nível do Pedestre ao Longo da Avenida São Carlos 2019**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2019.
- ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. CopyMarket.com, 2000.
- SAILOR, D. (1995) **'Simulated urban climate response to modifications in surface albedo and vegetative cover'**, Journal of Applied Meteorology, vol 34, no 7, pp1694–1704
- SAILOR, D. and FAN, H. (2002) **'Modeling the diurnal variability of effective albedo for cities'**, Atmospheric Environment, vol 36, no 4, pp713–725
- SEAMAN, N. (1989) **'Numerical studies of urban planetary boundary-layer structure under realistic synoptic conditions'**, Journal of Applied Meteorology, vol 28, no 8, pp760–781
- SOUZA, L. C. L., RODRIGUES, D. S. and MENDES, J. F. G. (2003) **'Sky view factors estimation using a 3D-GIS extension'**, Proceedings of the Eighth International IBPSA Conference, Eindhoven, The Netherlands, 11–14 August 2003
- TAHA, H. (1999) **'Modifying a mesoscale meteorological model to better incorporate urban heat storage: A bulk parameterization approach'**, Journal of Applied Meteorology, vol 38, no 4, pp466–473
- TAYLOR, F. W. (2005). **Elementary Climate Physics**. Oxford University Press, cop., New York.
- VECCHIA, Francisco Arthur da Silva; TECH, Adriano Rogério Bruno; NEVES, Gustavo Zen de Figueiredo. **Climatologia dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações**. [S.l.: s.n.], 2020. DOI: 10.11606/9786599048814.

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF PAVEMENT COVERING ON THE URBAN THERMAL COMFORT IN THE CITY OF JARDIM, MATO GROSSO DO SUL, THROUGH COMPUTATIONAL SIMULATION

**Abstract:** *The materials used for paving streets and sidewalks influence the microclimate of a region and affect the thermal sensation of pedestrians. This work aims to analyze the thermal comfort of a certain chosen area of the city of Jardim, Mato Grosso do Sul. The methodology used is based on the computational simulation of scenarios with different albedo values in the paving of sidewalks. A case study was carried out in an urban region of this municipality, which was analyzed using in loco parameters and computer microclimatic simulation. The goal was to be able to define pedestrian thermal stress indices, catalog the results and analyze the causes for this. The results show that the increase in albedo had a negligible contribution to the thermal comfort of users and the biggest difference was between the existing scenario and the proposed scenario was observed at 3 pm.*

**Keywords:** *Urban Thermal Comfort, Albedo, Sidewalks, Computer Simulation.*