

VIVER NA CIDADE TROPICAL – MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL URBANA À ILHA DE CALOR SUPERFICIAL NOTURNA

Gislene Figueiredo Ortiz Porangaba ¹

Patricia Helena Milani ²

Rafaela Fabiana Ribeiro Delcol ³

INTRODUÇÃO

As cidades produzem um clima local específico, reconhecido como clima urbano (Monteiro, 1976). A camada da atmosfera próxima à superfície urbana é radicalmente alterada por meio de processos antrópicos que substituem os elementos naturais por elementos artificiais (Fernández García, 1995).

As principais características que determinam a formação do clima urbano são o aumento da temperatura do ar, a diminuição da umidade relativa do ar, a concentração das precipitações, a alteração na direção e velocidade dos ventos e o aumento da poluição do ar. O aumento da temperatura do ar gera as ilhas de calor, efeito do clima urbano mais documentado pela comunidade científica (Oke, *et. al.*, 2017).

As ilhas de calor podem ser divididas em quatro tipos, conforme Oke *et al.* (2017), sendo elas: a ilha de calor atmosférica (*Canopy layer urban heat island*), a ilha de calor vertical (*Boundary layer urban heat island*), a ilha de calor de superfície (*Surface urban heat island*) e a ilha de calor de subsuperfície (*Subsurface urban heat island*). O presente trabalho trabalhará com as ilhas de calor de superfície noturna.

As ilhas de calor de superfície são aquelas detectadas a partir do sensoriamento remoto para identificação da temperatura dos alvos urbanos, sendo mapeadas a partir do infravermelho termal. Conforme Gartland (2010, p. 40), “o sensoriamento remoto pode ser usado para medir temperaturas e outras características de superfícies, como, por exemplo, coberturas, pavimentos, vegetação e solo nu, por meio da medição de energia refletida e emitida a partir deles”. Tal técnica é amplamente aplicada em estudos do clima urbano (Amorim, *et al.*, 2009; Frasca Teixeira, Amorim, 2013; Voogt; Oke, 2003).

¹ Professora Doutora de Graduação e Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, gislene.ortiz@ufms.br;

² Professora Doutora de Graduação e Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, patricia_milani@ufms.br;

³ Professora Doutora de Graduação e Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, rafaela.delcol@ufms.br;

As repercussões das ilhas de calor de superfície são percebidas por toda população urbana que se encontra em risco frente a esse fenômeno, mas não são vividas de forma igual. As pessoas mais expostas cotidianamente a ele são aquelas com menores condições socioeconômicas e menores possibilidades de se protegerem, seja por meio de climatização artificial, de construções termicamente eficientes, ou seja, na própria mobilidade, já que se locomover de carro (climatizado) é bem diferente de utilizar bicicleta⁴, muito usada pelos moradores que não possuem automóvel e quase sempre fazem longos deslocamentos pela cidade, sobretudo os moradores das periferias. Estes se encontram em vulnerabilidade socioambiental urbana, que se combina com outras tantas vulnerabilidades que vivenciam os mais pobres nas cidades.

Situações de risco ao desconforto térmico e à formação de ilhas de calor intensas podem ser observadas como condições naturais em todas as cidades brasileiras, mas a vulnerabilidade social a estes eventos é bastante seletiva; ou seja, as repercussões sobre o desconforto térmico se fazem notar sobretudo sobre a população pobre, uma vez que ela não possui as condições econômicas, técnicas e científicas para fazer face à influência do clima sobre suas vidas (MENDONÇA, 2010, p. 158).

Nessa perspectiva, o objetivo do presente trabalho é identificar os setores urbanos em risco e vulnerabilidade socioambiental urbana à ilha de calor de superfície noturna em Três Lagoas, cidade localizada a leste de Mato Grosso do Sul, tendo relevo aplainado, com altitude média de 320 metros, nos biomas de cerrado e de floresta atlântica, com a classificação climática tropical semissecó (Novais, 2023). A população municipal é de 132.152 hab., a densidade demográfica é de 12,93 hab.km², com 48,96 km² de área urbanizada e a renda dos trabalhadores formais é em média de três salários mínimos (IBGE, 2022). A cidade experimentou um crescimento populacional e territorial acentuado nas últimas décadas devido à implantação de indústrias de celulose (Delcol e Milani, 2022), e estudos apontaram a presença de ilhas de calor (Ortiz Porangaba *et al.*, 2021) e situações de risco e vulnerabilidade socioambiental urbana a esses fenômenos (Ortiz Porangaba; Bacani; Milani, 2020), sobretudo nas periferias urbanas, onde se concentra a população de menor renda e capacidade de consumir artefatos de proteção contra as altas temperaturas.

⁴ Diferenças que se são sob vários pontos de vista, especificamente neste caso, do ponto de vista climático, de sentir corporalmente as altas temperaturas ao andar de bicicleta.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Para o mapeamento da vulnerabilidade socioambiental urbana à ilha de calor superficial, foram feitos três mapas-base, sendo mapa de uso do solo, de segmento de rendimento e de temperatura superficial noturna da cidade de Três Lagoas, que sobrepostos geraram o mapa de vulnerabilidade socioambiental.

O mapeamento do uso e ocupação do solo de Três Lagoas se deu no *software* ArcGis 10.8 (marca registrada *Environmental Systems Research Institute - Esri*), a partir de uma imagem de satélite híbrida da cidade estudada foram criados *shapefiles* de cada uma das classes de uso do solo, sendo elas: Urbano – denso com pavimentação, Urbano – denso sem pavimentação, Urbano – esparso com pavimentação, Urbano – esparso sem pavimentação, Espaço sem construção, Vegetação Alta, Vegetação Baixa e Água.

Para a elaboração do mapa da renda domiciliar (Figura 2), foram utilizados dados de renda do Censo IBGE (2010) distribuídos na malha digital territorial de Três Lagoas (Censo, IBGE, 2010).

O mapa da ilha de calor noturna se deu a partir do tratamento de imagem de satélite noturna obtida junto ao serviço geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*), disponibilizada livremente pelo órgão, a partir de solicitação prévia junto ao site <https://landsat.usgs.gov/landsat-data-acquisition-request>. A imagem utilizada é proveniente do satélite Landsat 8 sensor TIRS, banda 10 do espectro Infravermelho termal (faixa espectral 10,6 – 11,19 μm), com resolução espacial de 100 metros e reamostradas para 30 metros, do dia 16 de novembro de 2019, às 21h51min (hora local). O tratamento se deu no *software* ArcGis, com a utilização de fórmulas descritas em Ortiz Porangaba, Bacani e Milani (2020).

Para a determinação da vulnerabilidade socioambiental urbana à ilha de calor superficial em Três Lagoas, foram definidos pesos para as classes de uso do solo, para o segmento de rendimento e para a temperatura superficial conforme tabelas 1 e 2:

Tabela 1 - Conversão das classes de uso do solo de Três Lagoas em pesos.

Classes de uso do solo	Peso
Urbano – denso com pavimentação	3
Urbano – denso sem pavimentação	2
Urbano – esparso com pavimentação	2
Urbano – esparso sem pavimentação	1
Espaço sem construção	0
Vegetação Alta	0
Vegetação Baixa	0
Água	0

Tabela 2 - Conversão do segmento de rendimento e da temperatura de superfície noturna de Três Lagoas em pesos.

Renda domiciliar	Peso	Temperatura de superfície	Peso
Até 2 salários mínimos	3	3,7 – 18,01°C	0
De 2 a 4 salários mínimos	3	18,01 – 21,01°C	1
De 4 a 6 salários mínimos	2	21,01 – 24,01°C	2
De 6 a 8 salários mínimos	1	24,01 – 26,01°C	3
Acima de 8 salários mínimos	0	26,01 – 29,8°C	4

Após a definição dos pesos dos mapas de uso do solo, de renda domiciliar e de temperatura de superfície noturna, os mesmos foram reclassificados e sobrepostos a partir da equação (1):

$$VSU = USO + RENDA + ICUSn \quad (1)$$

Onde:

VSU = Vulnerabilidade socioambiental urbana à ilha de calor noturna;

USO = uso do solo urbano;

RENDA = Renda domiciliar;

ICUSn = Ilha de calor superficial noturna.

Depois desse procedimento, foram definidas cinco classes para a vulnerabilidade socioambiental à ilha de calor de superfície da área de estudo, sendo: Muito Fraca (0-2), Fraca (3-4), Moderada (5-6), Forte (7-8) e Muito Forte (9-10).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da Figura 1 é possível identificar que na cidade de Três Lagoas a classe – Urbano denso pavimentado – localiza-se majoritariamente no eixo central e entorno. As classes Urbano denso sem pavimentação e Urbano esparso com pavimentação estão nos bairros entre a transição do eixo central, pericentral e nas bordas da cidade. Enquanto a classe Urbano esparso sem pavimentação se apresenta apenas nas bordas da cidade, sendo algumas dessas áreas periféricas urbanas – onde se concentra a população mais empobrecida (extremo sul da cidade).

Na Figura 2, observa-se a distribuição da renda domiciliar em Três Lagoas, os setores urbanos com concentração de salários mais elevados coincidem com o eixo central

e bairros ao centro sul. Os bairros em que os moradores possuem os menores salários estão nas bordas do espaço urbano, conformando a periferia.

Figura 1. Mapa de uso e ocupação do solo de Três Lagoas (MS)

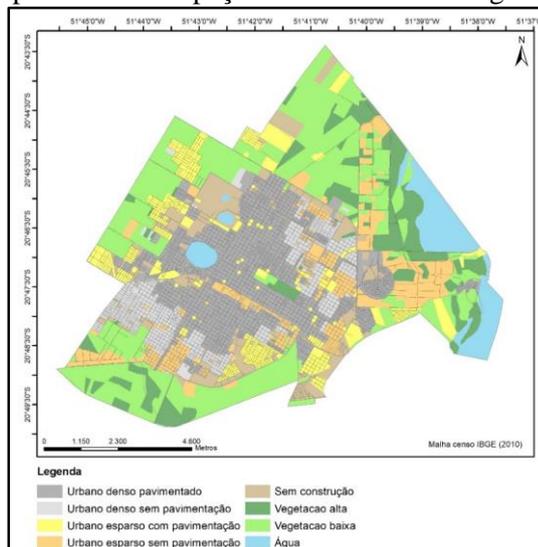
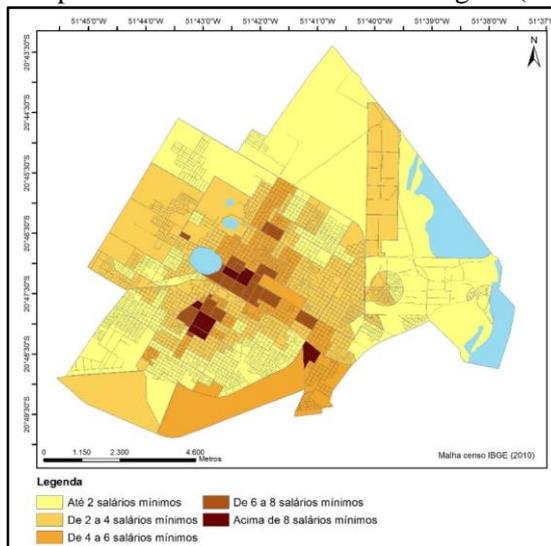
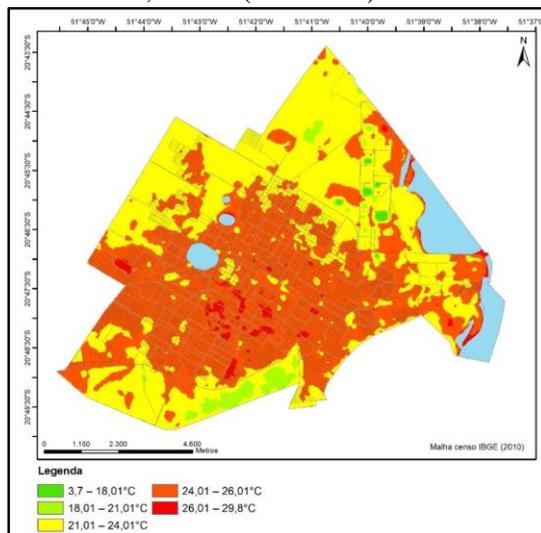


Figura 2. Mapa de renda domiciliar de Três Lagoas (MS)



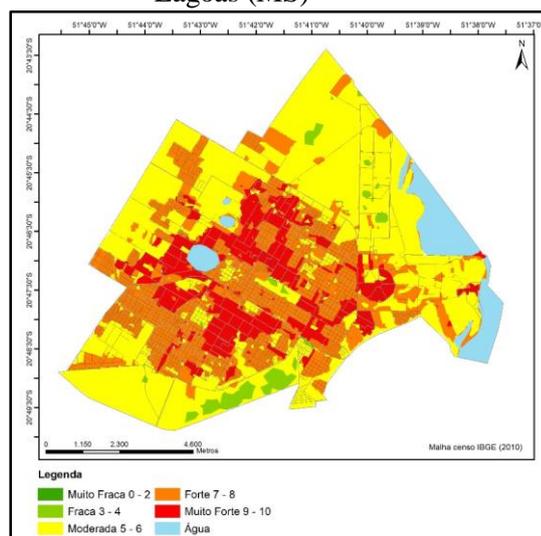
O mapa da Figura 3, referente a temperatura superficial noturna de Três Lagoas em 16 de novembro de 2019, 21h51 (hora local), demonstra que maior parte da cidade se encontrava com temperatura entre 24,01 e 26,01 °C, com pontos mais aquecidos a centro-sul e a noroeste (26,02 a 29,8 °C), enquanto o entorno urbano teve temperatura superficial em aproximadamente 21 °C, sendo esse com uso solo predominantemente de vegetação baixa.

Figura 3. Mapa de temperatura superficial noturna de Três Lagoas (MS), 16 de novembro de 2019, 21h51 (hora local)



Na Figura 4, observa-se que as classes de vulnerabilidade socioambiental Muito Forte e Forte se localizam em setores urbanos em que o uso do solo é classificado como Urbano denso pavimentado e com renda domiciliar abaixo de 4 salários mínimos. Isso pode indicar que a população que reside nessas áreas pode estar exposta aos efeitos diretos das ilhas de calor de superfície devido à baixa capacidade socioeconômica de climatizar os ambientes.

Figura 4. Mapa de vulnerabilidade socioambiental urbana a ilha de calor noturna em Três Lagoas (MS)



As classes de vulnerabilidade socioambiental Moderada, Fraca e Muito Fraca coincidiram com bairros em que a renda é mais elevada e mesmo com o uso do solo

densamente urbanizado a capacidade socioeconômica os protege do fenômeno estudado. Destaca-se que essas classes de vulnerabilidade socioambiental também aparecem em áreas com vegetação alta e/ou baixa, que acabam por reduzir a intensidade da ilha de calor superficial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente trabalho indicam que na cidade de Três Lagoas ocorrem situações de vulnerabilidade socioambiental urbana à ilha de calor superficial noturna, classificadas como Muito Forte e Forte em bairros com o uso do solo denso e pavimentado e com renda domiciliar abaixo de 4 salários mínimos. Indicando que os residentes vivenciam situações de desconforto térmico relacionadas ao uso do solo urbano e devido à baixa capacidade socioeconômica de climatização dos ambientes, corroborando com pesquisa realizada anteriormente na cidade (Ortiz Porangaba, Bacani e Milani, 2020).

As classes Moderada, Fraca e Muito Fraca coincidiram com bairros que, mesmo com o intenso uso do solo urbano, a renda domiciliar mais elevada e/ou a presença de vegetação atenuou os impactos da ilha de calor superficial noturna. Nessas áreas, a renda domiciliar mais elevada indica que, mesmo estando em risco aos efeitos da ilha de calor superficial, os residentes podem climatizar os ambientes e terem melhor conforto térmico.

Nesse sentido, indica-se que o aumento da cobertura vegetal baixa e alta pode ser uma solução eficaz para arrefecimento da temperatura superficial urbana nos pontos mais aquecidos, como também a tomada de ações imediatas por parte do poder público para a climatização dos ambientes da população em vulnerabilidade Forte e Muito Forte.

Palavras-chave: Clima Urbano; Ilhas de calor, Sensoriamento Remoto, Ambiente Tropical.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo n. 422686/2021-2 da chamada CNPq/MCTI/FNDCT Nº 18/2021 – UNIVERSAL.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M.C.C.T., DUBREUIL V., QUENOL H., SANT'ANNA J.L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins** [Online], 7-2009. 16p.

DELCOL, R. F. R.; MILANI, P. H. A Produção do Espaço Urbano em Três Lagoas – MS com base na Dinâmica Demográfica. **Geografia** (Londrina) v. 31. n. 2. pp. 87 – 106, julho/2022.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Síntesis, 1995.

FRASCA TEIXEIRA, D. C.; AMORIM, M. C. C. T. Estudo do Clima Urbano a partir da Análise da Temperatura da Superfície no Município de Rancharia-SP. In: **XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2013, Vitória. Anais... Vitória: UFES, 2013. p. 49- 56.

GARTLAND, L., 2010. **Ilhas de calor: como mitigar zoas de calor em áreas urbanas**. Tradução Silvia Helen Gonçalves, Oficina de Textos, São Paulo.

IBGE, 2022. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. População estimada. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/tres-lagoas/panorama>. Acesso em: 04 de set. de 2023.

MENDONÇA, F. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos a contingência climática. **Mercator**, v 9, n.1, p.153-163, dez/2010.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. Porto Alegre, RS: Totalbooks, 2023, 1 ed.

OKE, T.R., MILLS, G., CHRISTEN, A., VOOGT, J.A., 2017. **Urban Climates**. Cambridge University Press, Cambridge.

ORTIZ PORANGABA, G.F., BACANI, V. M., MILANI, P. H. Risco e vulnerabilidade socioambiental urbana: análise comparativa entre os dados socioeconômicos e a temperatura superficial em Três Lagoas (MS). **Brazilian Geographical Journal**, v. 11, n. 2, p. 100–112, 28 dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/BGJ-v11n2-a2020-57154>. Acesso em: 14 jul. 2023.

ORTIZ PORANGABA, G. F.; FRASCA TEIXEIRA, D. C. ; AMORIM, M. C. C. T. ; SILVA, M. H. S. ; DUBREUIL, V. . Modeling the urban heat island at a winter event in Três Lagoas, Brazil. **Urban Climate**, v. 37, p. 1-13, 2021.

USGS, 2023. **United States Geological Survey**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acessado em: 21 de jul. de 2023.

VOOGT, J. A.; OKE, T.R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, 86, 370-384, 2003.