

Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem

Danielle Cardozo Frasca Teixeira
Unesp – campus Presidente Prudente

Margarete Cristiane de Costa Trindade
Amorim
Unesp – campus Presidente Prudente

p. 239-256

Como citar este artigo:

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 1, p. 239-256, mês. 2017. ISSN 2179-0892.

Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/113406>>. doi: 10.11606/issn.2179-0892.geosp.2017.113406o.

revista

Geo 
USP

espaço e tempo

Volume 21 • nº 1 (2017)

ISSN 2179-0892



Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Ilhas de calor: representações espaciais de cidades de pequeno porte por meio de modelagem

Resumo

Entendidas como bolsões de ar quente que se formam sobre a superfície urbana, as ilhas de calor atmosféricas resultam de alterações no uso da terra, de atividades humanas e de características do relevo em escala local. O monitoramento desse fenômeno se baseia tradicionalmente em procedimentos clássicos, que usam de métodos de interpolação que desconsideram as feições da superfície e produzem relativas generalizações. Este artigo apresenta uma sequência de procedimentos para a modelagem da ilha de calor relacionando a temperatura do ar com categorias de uso da terra em estudo aplicado a Rancharia-SP, cidade de pequeno porte situada no ambiente tropical. O procedimento mostra um avanço significativo no tratamento dos dados de fina escala, pois permite identificar as feições superficiais que concorrem para a formação da ilha de calor e pode orientar intervenções no espaço urbano que atenuem seus efeitos.

Palavras-chave: Clima urbano. Ilha de calor urbana. Modelagem. Rancharia-SP. Verão.

Heat islands: spatial representations by means of modeling for small size cities

Abstract

The atmospheric heat islands, understood as hot air bumps that are formed on urban surfaces, result from changes in land use, human activities and relief characteristics, on a local scale. The monitoring of this phenomenon is traditionally based on classical procedures that use interpolation methods, which do not consider the surface features and produce relative generalizations. The purpose of this article is to show a sequence of procedures for conducting heat island modeling, by relating air temperature with land use categories in a study applied to Rancharia-SP, a small town, located in the tropical

environment. The procedure demonstrates a significant advance in the treatment of fine-scale data, as it allows the identification of surface features that contribute to the formation of the heat island, allowing intervention in the urban space that favors the softening of its effects.

Keywords: Urban climate. Urban heat island. Modeling. Rancharia-SP. Summer.

Introdução

As ilhas de calor são fenômenos urbanos decorrentes da combinação entre a meteorologia e as características urbanas, e, portanto, apresentam variação espacial e temporal (Oke, 1987).

Por definição, entende-se que a ilha de calor é:

Caracterizada por uma cúpula de ar quente que cobre a cidade, a ilha de calor urbana (ICU) é a manifestação do aumento das temperaturas causado por características físicas (alta densidade de construções, concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e reflectância) e as atividades urbanas (Amorim et al., 2009, p. 2).

A representação espacial da ilha de calor, na maioria das vezes, esteve baseada na interpolação de dados por meio de técnicas estatísticas como a *Krigagem*, que apresentam confiabilidade restrita aos pontos medidos. Essa técnica proporciona consideráveis generalizações nas áreas onde não ocorreram registros de dados, além de não relacionarem as informações da temperatura do ar com as características de superfície (Amorim; Dubreuil; Cardoso, 2015).

Assim, o tratamento dos dados climatológicos vem exigindo métodos de interpolação baseados em procedimentos geoestatísticos mais robustos nos aspectos qualitativos e quantitativos. Por meio dos SIG (Geographics Information Systems), os dados podem ser integrados e relacionados entre si, de modo que as informações genéricas se transformem em informações úteis e relevantes (Lang; Blaschke, 2009, p. 42).

Diante do exposto, o presente artigo teve como objetivo demonstrar a combinação de procedimentos que visam a representação espacial da ilha de calor urbana por modelagem a partir dos procedimentos clássicos como o registro por pontos fixos e o transecto móvel, tendo a regressão linear múltipla como método de interpolação. O episódio selecionado para análise foi o dia 20 de janeiro de 2014 às 21 horas.

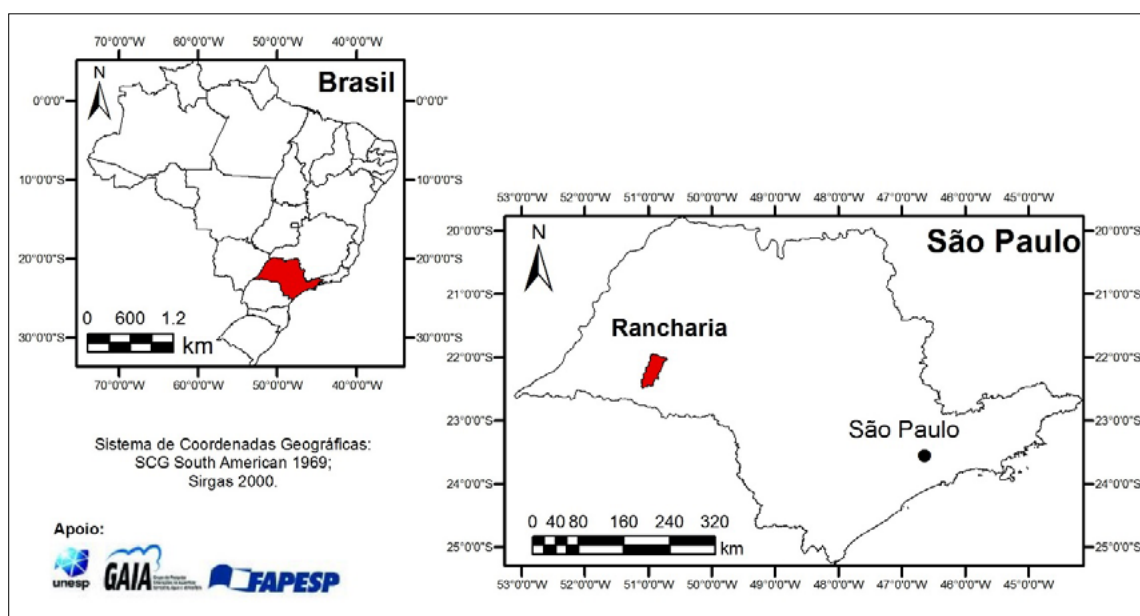
Caracterização da área de estudo

O recorte territorial escolhido para estudo foi Rancharia, cidade de pequeno porte localizada no oeste paulista, distante 520 km da capital do estado de São Paulo (Figura 1).

Segundo censo do IBGE, em 2010, a cidade contava com 28.804 habitantes sendo que destes, 2.976 pessoas eram residentes na zona rural, enquanto 25.828 pessoas residiam na área urbana, que apresentava densidade demográfica de 18,14 hab/km².

Figura 1

Mapa de localização de Rancharia-SP



fonte da base cartográfica: IBGE (2007).

elaboração: As autoras.

Inserido no contexto climático da região Sudeste do Brasil, o município de Rancharia está em uma área de atuação dos sistemas atmosféricos que atingem a América do Sul, “sendo uma faixa de conflito entre massas de ar distintas, com participação de correntes tropicais marítimas de leste-nordeste, correntes polares de sul e correntes do interior de oeste-noroeste” (Nunes; Vicente; Candido, 2009, p. 246).

O traço climático mais marcante do Sudeste é a distribuição espacial e temporal da precipitação, fator ambiental de maior importância da região, que influencia grandemente os aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.

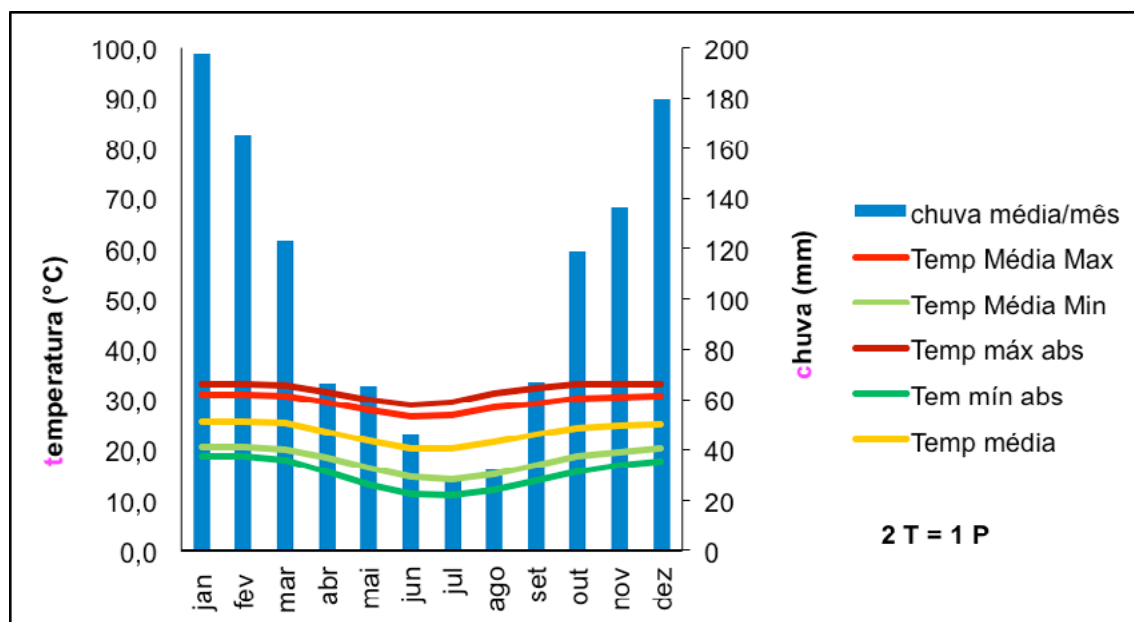
Esse elemento do clima apresenta enorme variação inter e intra-anual, devido aos arranjos entre os controles de grande escala, os distúrbios de mesoescala e condições locais como topografia, exposição de vertentes e uso da terra. As características climáticas da região Sudeste refletem a situação do escoamento atmosférico médio, condições oceânicas vizinhas e a situação dos centros de ação e perturbações gerais, que influenciam a penetração dos sistemas atmosféricos. Atuam na área distintos mecanismos, com invasão de sistemas mais frios, que contrastam com o domínio de Massas mais quentes [...] (Nunes; Vicente; Candido, 2009, p. 244-245).

Outros fatores condicionantes do clima na região Sudeste são a maritimidade e a continentalidade, interferindo na forte oposição na temperatura e na umidade do ar.

A sazonalidade do clima da localidade é evidenciada pela definição de duas estações do ano de forte oposição, o verão e o inverno (Gráfico 1). As maiores temperaturas são verificadas nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, caracterizando o final da primavera e o verão. A partir de maio, as temperaturas mensais vão diminuindo marcando o período de outono-inverno. As amplitudes térmicas são elevadas, mas especialmente no inverno, mostram maior variação entre a temperatura máxima e a mínima diária.

Gráfico 1

Climograma de Rancharia-SP, série histórica (1961-2003)



fonte dos dados: Agritempo ([s.d]).

elaboração: As autoras.

A pluviosidade anual, em média é de 1.215,6 milímetros, sendo que as chuvas estão mais concentradas no verão, com maiores volumes no mês de janeiro. O inverno é a estação com menores valores registrados, caracterizando o período da estiagem.

As atividades econômicas do município restringem-se à policultura e às indústrias de transformação em que se destacam a de metal e madeira, a têxtil, a de extração de óleos vegetais, laticínios e os estabelecimentos frigoríficos. A atividade comercial e a prestação de serviços participam com menor destaque na economia.

Procedimentos metodológicos

O procedimento da modelagem da ilha de calor urbana a partir da classificação do uso da terra tem o objetivo de estimar a temperatura do ar onde não houve pontos de registro pela relação com o uso da terra, delimitando a área de representatividade de um ponto de medida com maior confiabilidade.

Para isso, se utiliza da classificação do uso da terra, da obtenção do NDVI e da técnica estatística de regressão linear múltipla para buscar a correlação entre as categorias de uso da terra e a temperatura do ar em “janelas” que determinam o tamanho da zona de abrangência de um ponto de medida.

O relevo é um fator importante a ser considerado no estudo do clima urbano, contudo, a pequena variação altimétrica e o predomínio do relevo plano no sítio urbano estudado são indicativos de que a altimetria pouco interfere na formação do clima específico de Rancharia. Assim, não foi um fator incorporado na base de dados para modelagem da ilha de calor em questão.

A temperatura do ar é considerada uma variável dependente, enquanto as classes de uso da terra são variáveis independentes.

Segundo Lourenço e Landim (2004, p. 2):

As relações entre duas variáveis X , considerada independente, e Y , considerada dependente, podem ser representadas num diagrama de dispersão, com os valores de y_i em ordenada e os de x_i em abcissa. Cada par de valores x_i e y_i fornecerá um ponto e utilizando-se, por exemplo, o método dos desvios mínimos ao quadrado, pode-se calcular a equação de uma reta que melhor se ajuste à nuvem de distribuição. O método mais comum que pode ser adotado é o da análise de regressão linear simples [...].

Para atingir os objetivos propostos na pesquisa, a aquisição dos dados primários de temperatura foi realizada em 20 de janeiro de 2014, considerando que nesse mesmo dia

coincidiu com a passagem do satélite Landsat 7¹ na área de estudo. Ocorreram registros por meio de rede meteorológica² instalada no perímetro urbano de Rancharia em pontos representativos de diferentes usos e ocupação da terra e um ponto de controle no rural circunvizinho. Para tanto, foram utilizados sensores digitais³ alocados em miniabrigos meteorológicos programados para registros horários da temperatura do ar, ficando selecionado às 21 horas para a análise. A instalação dos abrigos meteorológicos cumpriu com os critérios estabelecidos por Oke (2007) privilegiando os locais com maior exposição solar, distanciamento de árvores e construções que promovessem sombreamento; distanciamento de paredes e telhas que proporcionassem um maior aquecimento dos sensores; seleção de superfícies que não apresentassem revestimento cerâmico; com preferência por lugares onde a segurança de abrigos e sensores não estivesse comprometida pelo extravio ou vandalismo.

Também ocorreu o registro simultâneo de dados a partir de transectos móveis noturnos, em condições atmosféricas estáveis proporcionadas por ventos fracos e céu claro. Utilizou-se um veículo equipado com sensores⁴ de temperatura e umidade fixados na sua área externa por uma haste de 1,5 m que percorreu as avenidas Dom Pedro II e Pedro de Toledo e ruas adjacentes, atravessando de leste-oeste e norte-sul as diferentes feições urbanas e de transição do ambiente urbano-rural de Rancharia. A velocidade média do veículo foi de 20 km/h e a duração da coleta foi de 40 minutos. Pelo hodômetro digital do veículo, o registro da temperatura do ar foi medido a cada 100 m.

O procedimento é descrito como:

A metodologia para a coleta de temperatura do ar [...] consiste na definição de dois transectos, com medidas móveis, utilizando-se de termômetros digitais, com os sensores presos em haste de madeira com 1,5 m de comprimento, acoplados na lateral de dois veículos que saem da periferia (rural), passando pelo centro, chegando ao extremo oposto da cidade (Amorim, 2005, p. 69).

A localização dos pontos fixos com as características do entorno e o trajeto percorrido no transecto móvel são exibidos na Figura 2.

1 O satélite Landsat 7 foi lançado em 1999, equipado com o sensor ETM+, um melhoramento dos sensores anteriores aos Landsat 4 e Landsat 5, constituídos por oito bandas espectrais e uma pancromática. Em 2003, sofreu avarias de *hardware* no sensor Scan Line Corrector (SLC) do sistema ETM+, contudo o Landsat 7 obtém imagens atualizadas nas cenas que incluem Rancharia (ponto 222/075), pois está localizada no centro da cena, onde ainda é possível obter informações de qualidade.

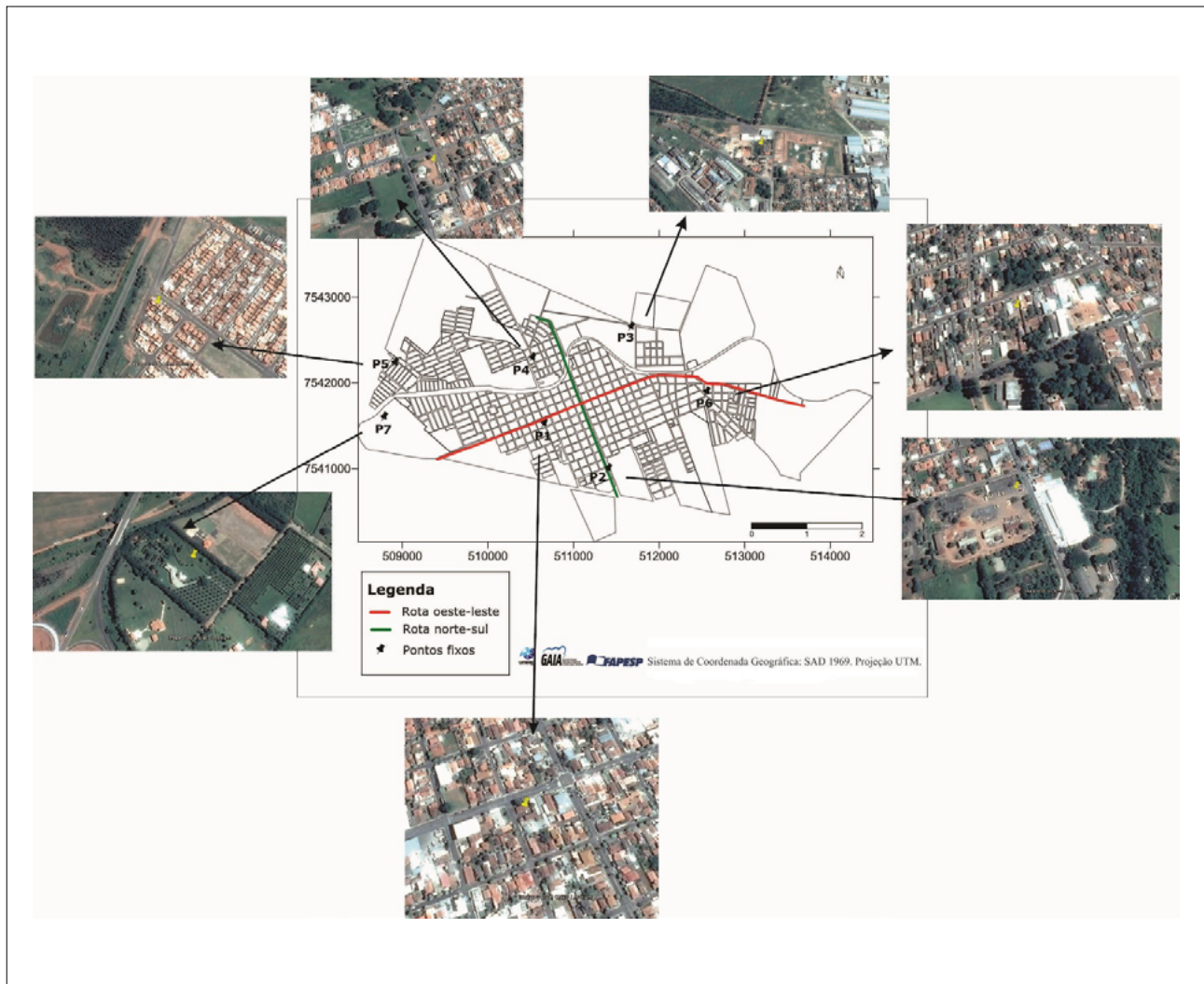
2 Os abrigos meteorológicos de madeira, pintados de tinta branca, tem dupla camada ventilada nas laterais, camada única na parte frontal e na face posterior, e foram fixados com a abertura voltada para o sul.

3 Utilizaram-se os sensores Humidity-temperature logger, da marca ThermaData™ e do modelo HTD D104505072.

4 Utilizou-se o Termohigrômetro Digital, modelo TH-03B da marca Impac.

Figura 2

Localização dos pontos fixos e percursos dos transectos móveis, Rancharia-SP



fonte das imagens: Google Earth (2015).

elaboração: As autoras.

Desse conjunto de procedimentos, foram selecionados 13 pontos de informação da temperatura do ar, priorizando os pontos fixos e as medições realizadas nos extremos dos trajetos do transecto móvel. Foram utilizadas ainda as bandas 3, 4 e 5⁵ da imagem do satélite Landsat 7, tomada no dia 20 de janeiro de 2014 às 10h20 (hora local).

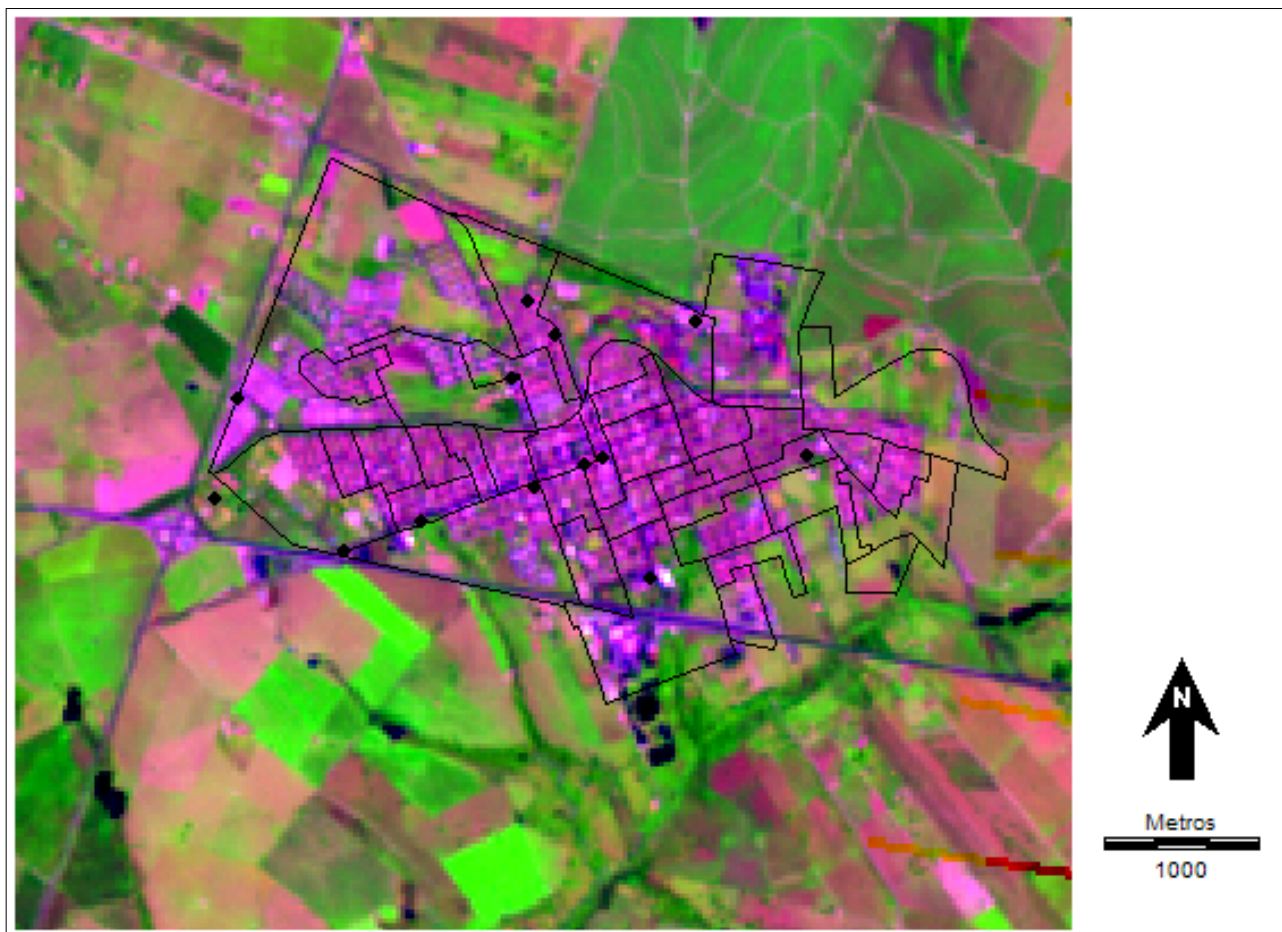
A modelagem da ilha de calor combina a realização de vários procedimentos no aplicativo *Idrisi*.⁶ Inicialmente foi elaborada a composição colorida a partir da fusão das bandas 3, 4 e 5 com o objetivo de reconhecimento da área de estudo, delimitando o perímetro urbano e o entorno rural, conforme é possível observar na Figura 3.

5 As bandas 3, 4 e 5 apresentam as seguintes aplicações: banda 3 discrimina encostas e vegetação; banda 4 distingue conteúdo de biomassa e banda 5 realça conteúdo do solo e da vegetação (USGS, [s.d]).

6 Versão Selva, marca registrada da Clark Labs.

Figura 3

Composição colorida gerada a partir de imagem do satélite Landsat 7, bandas 3, 4 e 5, Sensor ETM+, em 20 de janeiro de 2014



fonte da imagem: Earth Explorer (USGS, [s.d]).

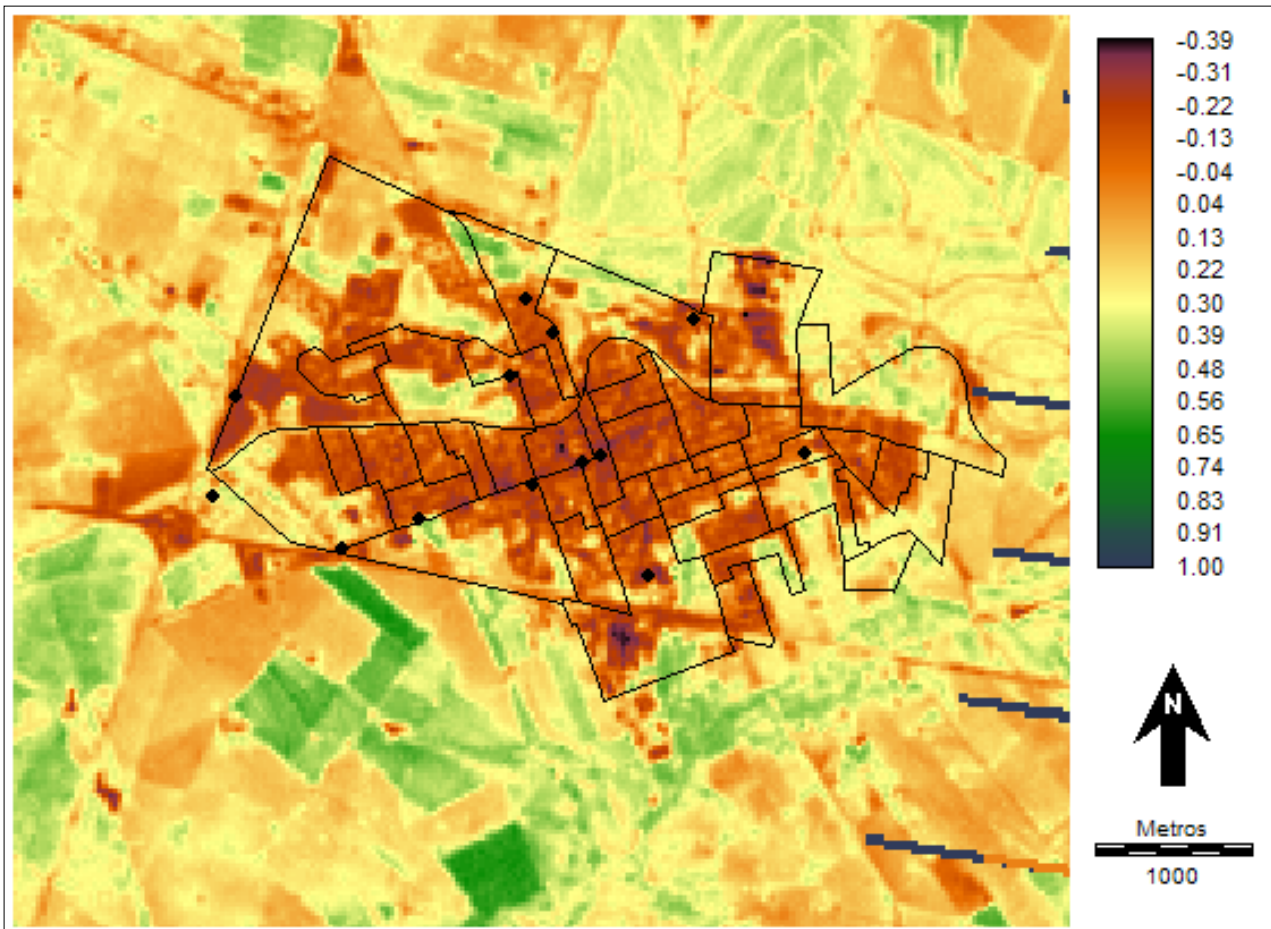
elaboração: As autoras (2015).

Posteriormente, foi realizado procedimento para a obtenção do *NDVI*⁷ (Figura 4) com as Bandas 3 e 4. Por meio deste produto cartográfico foi possível analisar a distribuição do índice de vegetação para a área de interesse, relacionando as áreas que apresentam valores negativos em amarelo, laranja e marrom com áreas de menor densidade de vegetação, correspondendo às áreas urbanas, solos expostos, arruamentos. Já os tons em verdes estão associados aos índices positivos e mostram maior densidade de vegetação na forma da arborização urbana, gramíneas, lavouras de cana-de-açúcar. O NDVI foi um componente utilizado para a distinção das classes de uso da terra, mas não foi incorporado ao modelo pois não apresentou relevância estatística.

7 Índice de vegetação por diferença normalizada que parte da “dependência de diferenças espectrais significativas entre os vários tipos de culturas existentes” (Jensen, 2009, p. 384).

Figura 4

Carta de NDVI de Rancharia-SP, elaborada a partir das bandas 3 e 4 da imagem Landsat 7, em 20 de janeiro de 2014



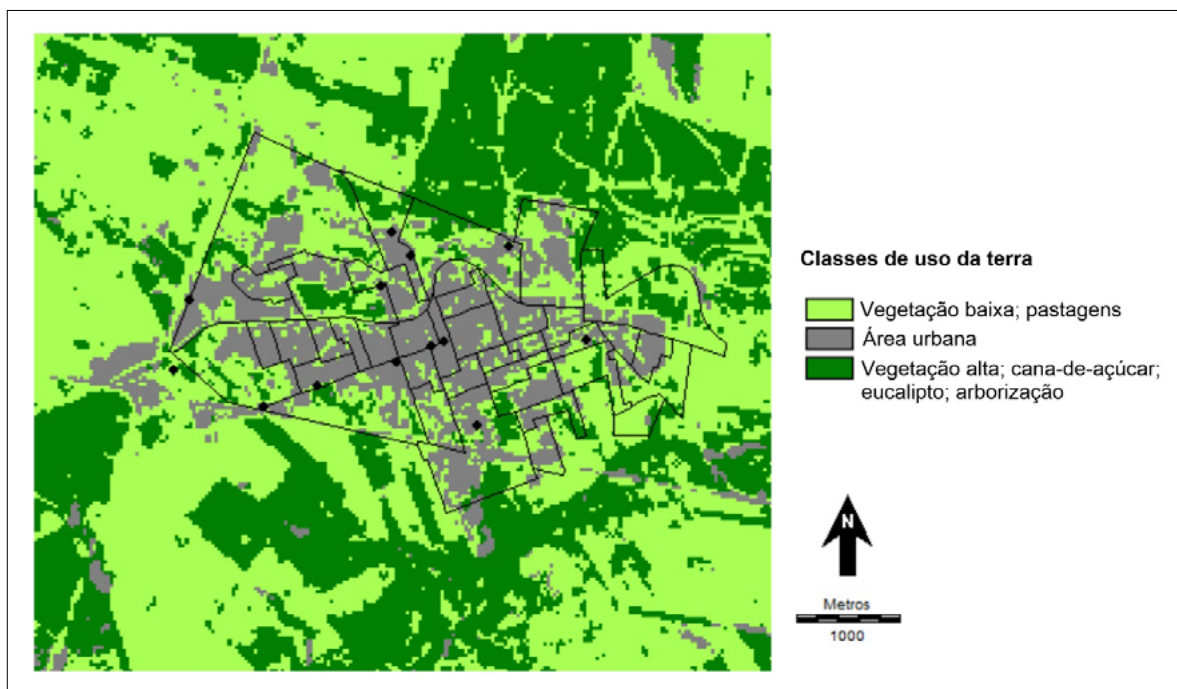
fonte da imagem: Glovis (USGS, [s.d]).

elaboração: As autoras.

Na sequência, foi elaborada a carta de uso e ocupação da terra a partir da técnica *cluster*, método de classificação não supervisionada que sofre refinamento a partir da junção de classes de uso da terra equivalentes. A classificação *cluster* objetiva a extração da porcentagem de representação das categorias de uso da terra em cada ponto de registro de temperatura. As classes de uso da terra resultantes foram: área urbana, vegetação alta e vegetação baixa, exibidas na Figura 5. A classe vegetação alta reuniu as áreas com cana-de-açúcar, eucaliptos, arborização urbana. A classe vegetação baixa refere-se às áreas de pastagens do entorno rural. Por fim, a classe urbana reuniu as áreas densamente construídas, vias pavimentadas e solos expostos.

Figura 5

Carta de uso da terra, Rancharia-SP, elaborada com imagem Landsat 7, em 20 jan. 2014, a partir do método *cluster* de classificação não supervisionada



fonte da imagem: Glovis (USGS, [s.d]).

elaboração: As autoras.

De posse dessas informações, foram relacionadas as porcentagens de cada classe de uso da terra por *pixel*. A frequência de cada classe foi medida em janelas de área de tamanhos variáveis, tais como 3x3 (90x90 metros), 5x5 (150x150 metros), 7x7 (210 x210 metros). Essas janelas mostraram o número de *pixels* por classe de uso da terra, sendo possível expandir o tamanho das janelas. Essa etapa objetivou selecionar a área de abrangência em que a relação estatística entre a temperatura do ar e a classe de uso da terra é melhor estabelecida. Esta estatística foi trabalhada em planilhas do aplicativo *Excel*⁸ a partir de gráficos de dispersão que exibem individualmente os coeficientes de correlação de cada categoria de uso da terra relacionados com a temperatura do ar.

Resultados e discussão

Arnfield (2003) refere-se à ilha de calor como sendo o excesso de calor sobre as áreas construídas em comparação com os arredores rurais e destaca a importância dos elementos da superfície urbana em interação com as camadas adjacentes da atmosfera na manifestação do fenômeno.

As ilhas de calor se caracterizam por sua intensidade, derivada da diferença entre a

8 Excel é marca da Microsoft Corporation.

maior temperatura registrada na área urbana e a menor temperatura no entorno rural e sua magnitude, que consiste na classificação do fenômeno em fraca, moderada, forte e muito forte (Fernández García, 1996).

A configuração espacial da ilha de calor urbana relaciona-se ao uso e a ocupação da terra urbana e com a verticalização da cidade. Sua ocorrência “altera a qualidade ambiental trazendo sérios problemas ao bem-estar da população” (Nucci, 2001, p. 15) e tem efeitos potencializadores da poluição do ar, especialmente nas grandes aglomerações urbanas.

No caso da cidade de pequeno porte, que não conta com fontes poluidoras expressivas e com verticalização excessiva, os efeitos da ilha de calor se relacionam ao desconforto térmico e higrométrico causados pelo aumento da temperatura e diminuição da umidade do ar especialmente em cidades do ambiente tropical, que naturalmente demonstram desconforto térmico pelo calor (Amorim, 2010).

Gartland (2010) destaca que as consequências da ilha de calor refletem na saúde da população e no aumento da demanda por energia para a climatização das infraestruturas.

Quanto aos efeitos sobre a saúde e o desempenho humano, Amorim (2010, p. 74) comenta:

Essa situação de estresse térmico ocorre facilmente nos ambientes tropicais e se intensificam com as ilhas de calor. Pessoas submetidas a essa situação por longos períodos, especialmente as que fazem parte do grupo de risco, como os idosos, as crianças, as mulheres grávidas, os cardíacos, os asmáticos etc., podem ter problemas dos mais simples aos mais graves, como, por exemplo, irritabilidade, desconcentração, inapetência, desidratação, câibras, desmaios, exaustão pelo calor e até a morte.

Medidas mitigadoras das ilhas de calor como a substituição por coberturas frescas, o aumento no sombreamento a partir dos cinturões verdes e o ordenamento dos novos espaços produzidos para se evitar o adensamento urbano são importantes estratégias para amenização dos efeitos da ilha de calor, sendo que o seu monitoramento consiste em importante recurso para o planejamento dos espaços urbanos (Gartland, 2010).

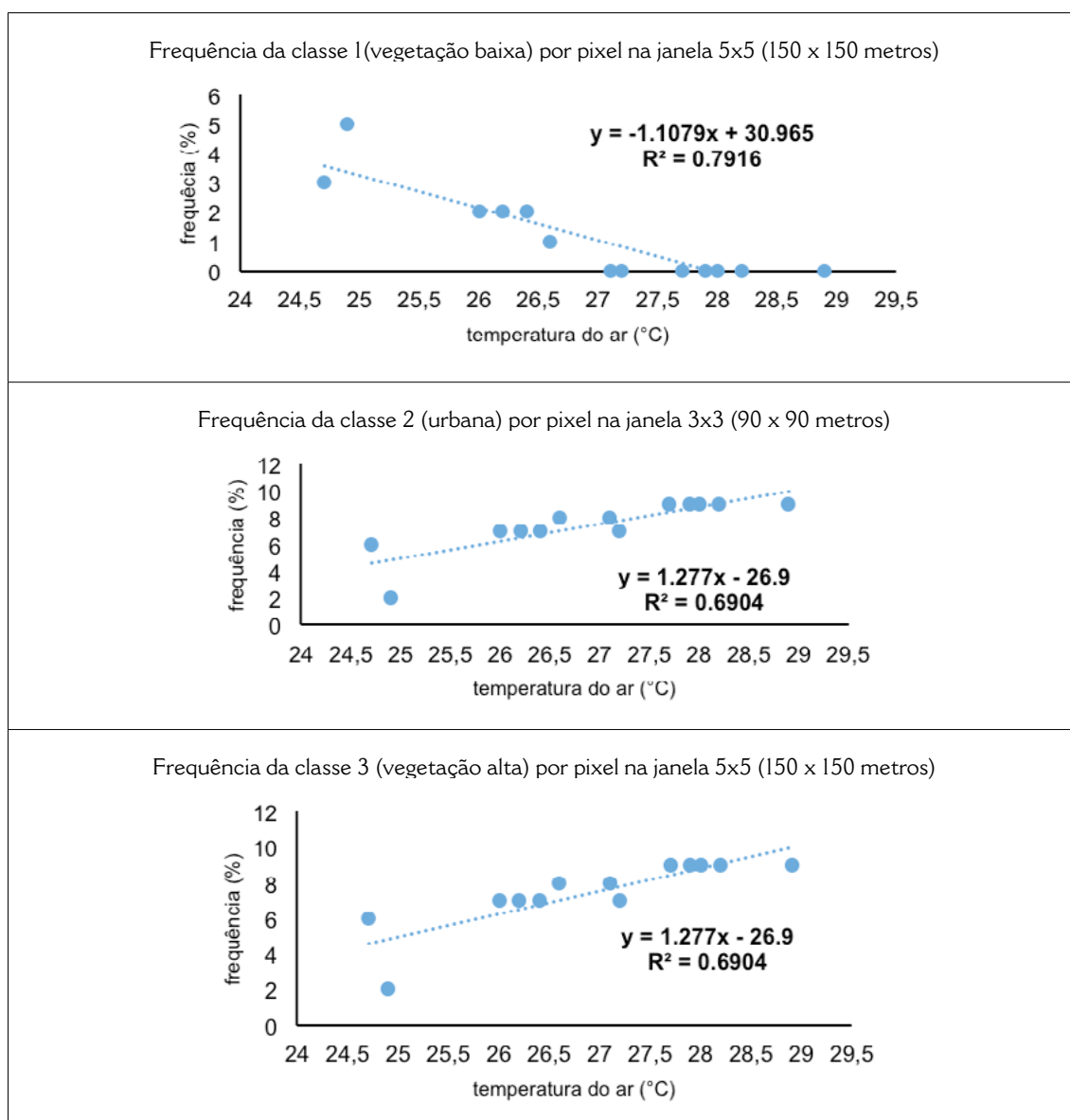
A investigação da ilha de calor está tradicionalmente baseada na observação por meio de rede meteorológica (Monteiro, 1990) e transectos móveis (Fernández García, 1990, 1996; Monteiro, 1997; Amorim, 2005, 2010). A partir da década de 1980, as imagens dos canais termais dos satélites foram incorporadas ao estudo das ilhas de calor, detectando as ilhas de calor de superfície (Lombardo, 1985; Fernández García, 1986; Weng, 2009; Chen et al., 2006; Mendonça; Dubreuil, 2005; Stathopoulou; Cartalis, 2006; Amorim et al., 2009; Fialho, 2009) e significaram um grande avanço na investigação das ilhas de calor, com a ressalva de que identificam alvos mais aquecidos da superfície e não se referem à temperatura do ar.

Buscando-se menores generalizações no tratamento de dados de fina escala, a

modelagem da ilha de calor urbana integra um conjunto de procedimentos que relacionam a variação da temperatura do ar com a variação das feições da superfície. Assim, pela estatística fizeram-se as relações entre as classes de uso da terra e a temperatura do ar analisando-se isoladamente a frequência das classes por *pixel* os coeficientes significativos registrados nas janelas 3x3 (classe 1 – vegetação baixa e classe 2 – urbana), janela 5x5 (classe 3 – vegetação alta), conforme Quadro 1. Estas classes e janelas se mostraram mais representativas na relação entre a temperatura do ar e o uso da terra devido aos coeficientes de regressão e, por esse motivo, foram selecionadas para a composição do modelo.

Quadro 1

Frequência das categorias de uso da terra por *pixel* analisadas individualmente



fonte dos dados: Trabalho de campo.

organização: As autoras.

O modelo gerou uma equação que expressa a relação estatística entre as categorias de uso da terra e a variação da temperatura do ar com a correlação geral de 0,83, explicando 83% da variabilidade dos dados. Os resultados da regressão linear múltipla são exibidos no Quadro 2.

Quadro 2

Resultados da regressão múltipla gerada a partir de dados da temperatura do ar relacionada com classes de uso da terra em Rancharia-SP, em 20 de janeiro de 2014

Multiple Regression Results:

Regression Equation :

$$\text{temperatura-verão} = 26.6886 + 0.1380 \cdot \text{cl2-3x3-verão} - 0.1521 \cdot \text{cl1-5x5-verão} - 0.0270 \cdot \text{cl3-5x5-verão}$$

Regression Statistics :

Apparent R = 0.835796 Apparent R square = 0.698556
Adjusted R = 0.798916 Adjusted R square = 0.638267
F (3, 9) = 6.952088

ANOVA Regression Table

Source	apparent degrees of freedom	sum of squares	mean square
Regression	3	13.38	4.46
Residual	9	5.77	0.64
Total	12	19.15	

Individual Regression Coefficients

	Coefficient	t_test (9)
Intercept	26.688557	16.373344
cl urbana 3x3	0.138017	0.819663
cl veg.baixa 5x5	-0.152140	-1.364772
cl.veg.alta 5x5	-0.027039	-0.219147

A análise conjunta dos resultados sugere que para a variação da temperatura do ar (variável dependente), a variável independente urbana (classe 2) é mais significativa para a geração da ilha de calor no período monitorado. No conjunto dos dados, a vegetação baixa (classe 1) e a vegetação alta (classe 3) apresentaram coeficientes negativos (-0.15 e -0.027, respectivamente), sugerindo que estas duas classes apresentam menor importância para a estimação da temperatura do ar (Amorim Dubreuil; Cardoso, 2015).

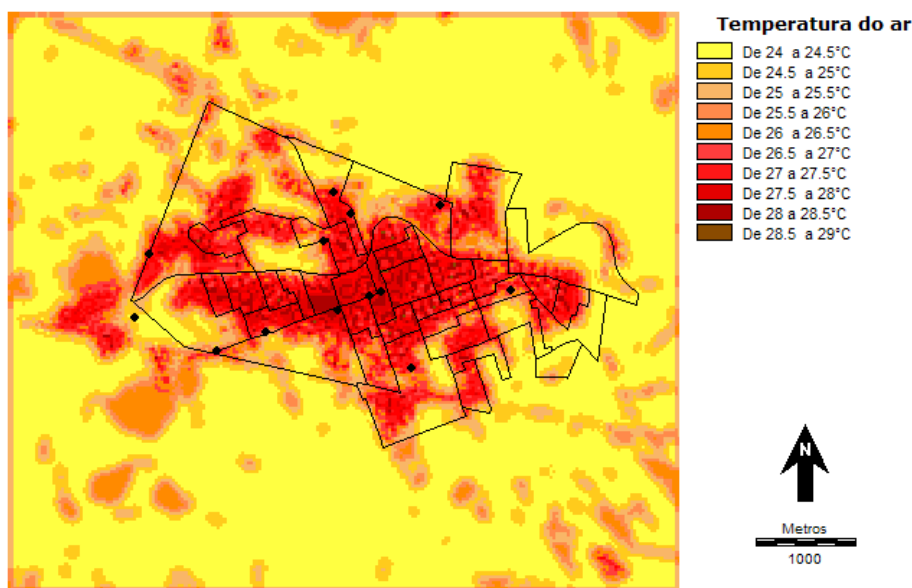
A Figura 6 apresenta os resultados da espacialização da ilha de calor urbana por meio da modelagem com as temperaturas estimadas para a área de estudo no episódio do verão.

No dia 20 de janeiro de 2014, a região de Rancharia estava sob influência da massa Tropical Continental, com ventos fracos e velocidade de até 1 m/s, direção leste e sem precipitação. Nestas condições atmosféricas o gradiente térmico atingiu 5 °C de intensidade, o que caracteriza forte magnitude da ilha de calor (Fernández García, 1996).

A distribuição das temperaturas no intraurbano e no entorno rural se apresentou no intervalo entre 24 e 29 °C. O núcleo da ilha de calor urbana teve a temperatura estimada entre 28,5 e 29 °C no centro densamente construído, configurando o perfil clássico da ilha de calor. As áreas de vegetação baixa e alta demonstraram relativa homogeneização, mas apresentaram as menores temperaturas do intervalo (entre 24 e 24,5 °C), comprovando que a categoria de uso da terra urbana exerce maior influência na configuração da ilha de calor.

Figura 6

Modelagem da ilha de calor urbana, episódio de verão, em Rancharia-SP, elaborada a partir da relação entre temperatura do ar, classes de uso da terra e imagem Landsat 7, em 20 de janeiro de 2014



fonte da imagem: Glovis (USGS, [s.d]).

elaboração: As autoras.

Considerações finais

A modelagem da ilha de calor mostrou que a classe de uso da terra “urbana” tem maior influência na configuração espacial da ilha de calor, comprovando a hipótese de que as áreas urbanas densamente construídas estão relacionadas às áreas de excesso de calor.

No caso da cidade de Rancharia, o perímetro urbano como um todo, caracterizou-se pelo maior aquecimento em relação aos arredores rurais. A distribuição da maior e/ou menor temperatura do ar relacionou-se à característica das feições urbanas e rurais.

Nesse aspecto, a modelagem mostra com maior detalhamento a manifestação da ilha de calor, pois associa-se com as características da superfície, diferentemente dos tratamentos de dados convencionais com métodos de interpolação como a *krigagem* e as isotermas que espacializam a ilha de calor, mas restringem a confiabilidade das informações ao ponto de registro.

Portanto, a modelagem representa um avanço significativo no tratamento dos dados de fina escala, visto que permite identificar as feições superficiais que contribuem para a formação da ilha de calor. Consiste, assim, num importante instrumento para intervir no nível da superfície que auxilie na amenização dos efeitos da ilha de calor.

Referências

AGRITEMPO, [s.d]. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/>. Acesso em: 25 jun. 2013.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 71-90, dez. 2010. Número especial.

_____. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente-SP: episódios de inverno. **Geosul**, Florianópolis, v. 20, n. 39, p. 65-82, 2005.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R. S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente-SP, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 16, p. 29-45, 2015.

AMORIM, M. C. C. T. et al. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins** [Online], n. 7, 2009. Disponível em: <http://confins.revues.org/index6070.html>. Acesso em: 11. abr. 2017.

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, v. 23, p. 1-26, 2003.

CHEN, X. L. et al. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, n. 106, p. 133-146, 2006.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte**: caso de Viçosa, na zona da mata mineira. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FOISSARD X.; QUENOL, H.; DUBREUIL, V. Analyse et spatialisation de l'îlot de chaleur urbain dans l'agglomération rennais. In: COLLOQUE DE L'AIC, COTONOU, 26., 2013, Bénin. **Actes...** Bénin, p. 242-247, set. 2013.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. **Manual de climatología aplicada**: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Síntesis, 1996.

_____. La influencia de la ciudad sobre las precipitaciones: el caso de Madrid. **Estudios Geográficos**, Madrid, p. 397-412, 1990.

_____. **El clima de la Meseta Meridional**: los tipos de tiempo. Madrid: Universidad Autónoma, 1986.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficinas de Textos, 2010.

GOOGLE. **Google Earth**. Versão 7.1.8, 2015. Escala aproximada: 213 metros. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 17 jan. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Sinopse, 2010. Disponível em: http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&cod_mun=354220&idtema=1&search=sao-paulo/rancharia/censo-demografico-2010:-sinopse-. Acesso em: 27 abr. 2017.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base cartográfica vetorial de setores censitários**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: ftp://geofpt.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2007/. Acesso em: 27 abr. 2017. Escala 1: 2500.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. [s.d]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 mar. 2014.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos: Parenteses, 2009.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Trad. Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.
- LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Análise de regressão múltipla espacial. Rio Claro: Unesp/IGCE/DGA/Lab. Geomatemática, 2004. Texto Didático 13. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/Textol3.pdf>. Acesso em: 13 maio 2015.
- MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba-PR). **Revista RA'E GA – O espaço geográfico em análise**, n. 9, p. 25-35, 2005.
- MONTEIRO, A. **O clima urbano do Porto: contribuição para a definição das estratégias de planejamento e ordenamento do território**. Porto: Fundação Calouste Gulbenkian/Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, 1997.
- MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, v. V, n. 9, p. 80-114, 1990.
- NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. São Paulo: Humanitas/Fapesp, 2001.
- NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da região Sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 243-258.
- OKE, T. R. Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites. In: BORREGO, C.; NORMAN, A.-L. (Ed.). **Air Pollution Modeling and its Application XVII**. Nova York: Springer, 2007. p. 615-632.
- _____. **Boundary Layer Climates**. Florence-EUA: Routledge, 1987.
- _____. Review of urban climatology: 1968-1973. Geneva: World Meteorological Organization, 1974 (WMO Technical note, 134).
- STATHOPOULOU, M.; CARTALIS, C. Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: an application to major cities in Greece. **Solar Energy**, n. 81, p. 358-368, 2006.
- TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano de Rancharia-SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Universidade Estadual

Paulista, Presidente Prudente, 2015.

_____; AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. Modelagem da ilha de calor urbana para cidade pequena (Rancharia-SP) a partir de imagens do satélite Landsat 7 e de medidas da temperatura do ar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2015. p. 1-8.

USGS. **Landsat Missions**, [s.d]. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/best_spectral_bands_to_use.php. Acesso em: 3 mar. 2016.

_____. **Earth Explorer**, [s.d]. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 3 mar. 2016.

_____. Earth Resources Observation and Science Center (EROS). **Glovis**, [s.d]. Disponível em: <http://glovis.usgs.gov/>. Acesso em: 3 mar. 2016.

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 64, n. 4, p. 335-344, 2009.