

## ILHA DE CALOR URBANA E SIMULAÇÕES: APLICAÇÃO METODOLÓGICA PARA O REORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

**Elis Dener Lima Alves**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres, GO, Brasil  
[elis.alves@ifgoiano.edu.br](mailto:elis.alves@ifgoiano.edu.br)

*Recebido em: 24/03/16; Aceito em: 03/10/16*

### RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi simular diferentes configurações do ambiente urbano para identificar os fatores que podem minimizar a ilha de calor urbana (ICU) em Iporá – Goiás. Para tanto, foi utilizada regressão linear múltipla para modelar a ilha de calor urbana, posteriormente simulou-se diferentes configurações do NDVI. Os resultados evidenciaram que: 1 - com o aumento do NDVI as ICU foram diminuindo gradativamente, áreas próximas ao córrego Tamanduá apresentaram ICU negativa, também conhecida como ilha de frescor de  $-4^{\circ}\text{C}$  para as simulações com NDVI aumentado em 80% e 100%; 2 - em algumas áreas da cidade houve pouco decréscimo na intensidade da ilha de calor, devido à pouca ou nenhuma arborização; 3 - houve diminuição nas classes de ICU de  $3^{\circ}\text{C}$  a  $4^{\circ}\text{C}$  e  $4^{\circ}\text{C}$  a  $5^{\circ}\text{C}$  e aumento nas classes de menor intensidade, devido à migração das ICU mais intensas para as classes de menor intensidade; 4 - com o aumento do NDVI da área central da ilha de calor máxima ocorreu diminuição significativa de sua intensidade e do seu tamanho (redução de 45% da área). Não obstante, ressalta-se que estas simulações têm caráter prognóstico, o que possibilita ao planejador analisar diferentes configurações do meio urbano.

**Palavras-chave:** Clima urbano; Campo térmico; Modelagem; Planejamento urbano.

## URBAN HEAT ISLAND AND SIMULATIONS: METHODOLOGY APPLICATION FOR REORDERING TERRITORIES

### ABSTRACT

The objective of this research was to simulate different configurations of the urban environment to identify the factors that can reduce the urban heat island (UHI) in Iporá - Goiás. Therefore, we used multiple linear regression to model the urban heat island. Later, different NDVI settings were simulated. The results showed that: 1 - the UHI were gradually diminishing with the increased NDVI, areas close to the Tamanduá stream showed negative UHI, also known as the island of freshness of  $-4^{\circ}\text{C}$  for simulations with NDVI increased by 80% and 100%; 2 - there was little decrease in the heat island intensity in some areas of the city due to a few or no trees; 3 - there was decrease in UHI Classes of  $3^{\circ}\text{C}$  to  $4^{\circ}\text{C}$  and  $4^{\circ}\text{C}$  to  $5^{\circ}\text{C}$  and increase in the classes of lower intensity due to migration of the severe UHI for classes of lesser intensity; 4 - with increasing NDVI in the central area of maximum heat island, there was a significant decrease in its intensity and size (45% reduction of area). Nevertheless, it is noteworthy that these simulations have predictive value, which enables the planner to analyze different configurations of the urban environment.

**Keywords:** urban climate; thermal field; Modeling; Urban planning.

## INTRODUÇÃO

A expansão dos centros urbanos criou, ao longo dos anos, um aquecimento acentuado nas áreas urbanas em relação ao seu ambiente rural (ARNFIELD, 2003; LOPES et al., 2013; OKE, 1973). As transformações no uso do solo, devido a urbanização, podem modificar o equilíbrio de energia nas cidades; este, por sua vez afeta o ambiente térmico urbano, resultando no efeito de ilha de calor urbana (ICU), segundo o qual as áreas urbanas, muitas vezes, apresentam temperaturas superiores às das áreas rurais circundantes (ALCOFORADO et al., 2014; LOPES et al., 2013).

Por isso, atenuar o efeito da ilha de calor urbana (ICU) deve ser considerado elemento fundamental no desenho urbano (OKE, 1987). Na maioria dos lugares, a ilha de calor é fraca durante o dia e aumenta rapidamente após o pôr do sol e leva de 3 a 5 horas para chegar ao máximo (OKE, 1981). Isto se deve a reemissão da energia absorvida durante o dia, pelos edifícios, estradas.

Vários problemas têm sido observados em virtude das ICU, como o aumento da poluição urbana, intensa precipitação, elevado consumo de energia, destacando-se os problemas relacionados ao desconforto térmico, que pode levar a óbito as pessoas já debilitadas fisicamente. Diante desse fato têm sido realizados esforços significativos em pesquisas científicas para avaliar o impacto do fenômeno da ilha de calor sobre o ambiente urbano (ALCOFORADO; ANDRADE, 2006; AMORIM, 2005; BRANDSMA; WOLTERS, 2012; CHARABI; BAKHIT, 2011; KOLOKOTRONI; GIRIDHARAN, 2008; LOPES et al., 2013).

Os estudos das ilhas de calor urbanas têm se mostrado um instrumento importante para a gestão do espaço urbano. A espacialização das diferenças das temperaturas intra-urbanas e rurais próximas pode oferecer subsídios para amenizar a magnitude de tais ilhas de calor (AMORIM; CARDOSO, 2015). Nas quais as simulações das ilhas de calor urbanas têm sido utilizadas em inúmeros trabalhos (MIHALAKAKOU et al., 2002; SAITOH; SHIMADA; HOSHI, 1996; STEWART; OKE; KRAYENHOFF, 2014). As simulações, desde que comparadas com dados reais ou baseadas em estudos e observações de outras pesquisas, podem fornecer perspectivas ao reordenamento ao território.

Esses estudos são antigos, porém, a grande maioria está focada nas grandes cidades, por apresentarem variações nos padrões dos elementos meteorológicos de maneira mais evidente. Sobre as características do clima urbano para as cidades de médio, e principalmente as de pequeno porte, pouco se conhece. Porém, após a detecção das causas do problema, a intervenção torna-se mais fácil, pois nas cidades pequenas a intensidade desses fenômenos é menor, o que facilita a sua resolução (ALVES; SPECIAN, 2010).

As cidades de porte médio e pequeno possuem então características geográficas bastante diferenciadas daquelas de grande porte e metropolitanas e apresentam, portanto, consideráveis facilidades para a identificação de suas paisagens intraurbana; estas, previamente identificadas, permitirão uma melhor compreensão da interação sociedade-natureza na construção do clima urbano. (MENDONÇA; MONTEIRO, 2003, p. 96).

Entretanto, conforme salienta Amorim e Cardoso (2015), muitas vezes os resultados das pesquisas não são devidamente utilizados pelo poder público, devido à falta de detalhamento da distribuição da temperatura do ar ou ilha de calor nos ambientes intra-urbanos, ou simplesmente pela falta de interesse dos governantes.

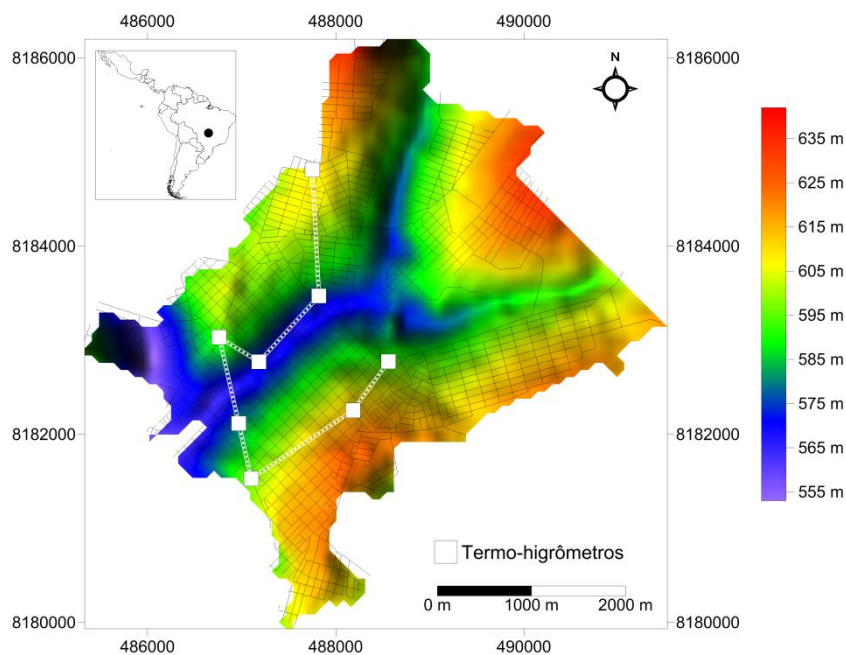
Diante desses fatos, o objetivo deste artigo foi de apresentar simulações das ilhas de calor urbanas baseadas no aumento do *normalized difference vegetation index* (NDVI), com o aporte da regressão linear múltipla obtida para a ilha de calor urbana máxima, para que se possa servir de instrumento para o planejamento urbano da cidade de Iporá – GO.

O NDVI é um indicador da quantidade e da condição da vegetação verde. Os valores variam de -1 a +1, valores positivos são obtidos em áreas com algum tipo de vegetação, e varia de acordo com a atividade fotossintética das plantas nessa área e sua densidade, enquanto que superfícies com água, o NDVI, normalmente, é menor que zero (GIONGO et al., 2010).

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à cidade de Iporá - Goiás (Figura 1), localizada no estado de Goiás. Mesmo com, somente, 31274 habitantes (IBGE, 2011) é a maior cidade do Oeste Goiano. A ocupação, uso do solo, segue a lógica da própria característica do relevo, em Iporá predomina as pastagens. A economia tem sua base na pecuária de corte e de leite desenvolvidas de forma extensiva, além do comércio que atende aos outros municípios da região (SPECIAN; VECCHIA, 2014). A altitude da área urbana varia de 555 m a 640 m.

Figura 1. Localização da área de estudo.



## MATERIAL E MÉTODOS

### ILHA DE CALOR URBANA

A primeira publicação sobre o clima urbano de Iporá foi de Alves e Specian (2009), neste artigo os autores buscaram verificar a existência de variações térmicas e higrométricas em quatro pontos de coleta na área urbana de Iporá - GO, estes pontos se diferenciavam basicamente no uso e ocupação do solo. Neste estudo foi possível observar que, independentemente do período de coleta, os pontos localizados nas áreas mais urbanizadas apresentaram temperaturas mais elevadas, configurando, nestes locais, ilhas de calor, este estudo foi um dos pioneiros acerca do campo termodinâmico em Iporá.

Portanto, já se sabe que a cidade de Iporá é capaz de criar um clima local. Portanto, com o intuito aprofundar os estudos sobre essa temática, foram instalados oito termo-higrômetros na cidade de Iporá (Figura 1). Os aparelhos utilizados são do modelo OM-EL-USB-2-LCD da empresa OMEGA, com exatidão de 0,5°C para a temperatura do ar e 3% para a umidade relativa. Foram instalados em abrigos meteorológicos fixados em postes de madeira pintados com a cor branca, a uma altura aproximada de 1,80 m nas rotatórias e em canteiros centrais.

Os aparelhos foram programados para registrarem dados a cada 30 min, no período de 19 de outubro a 24 de novembro de 2014, foram obtidos 1630 dados de temperatura do ar e umidade relativa. Nos quais permitiram observar a ilha de calor urbana máxima de 3,5°C em Iporá. A ilha de calor urbana foi obtida a partir da equação 1.

$$ICU = T_{Maior} - T_{Menor}$$

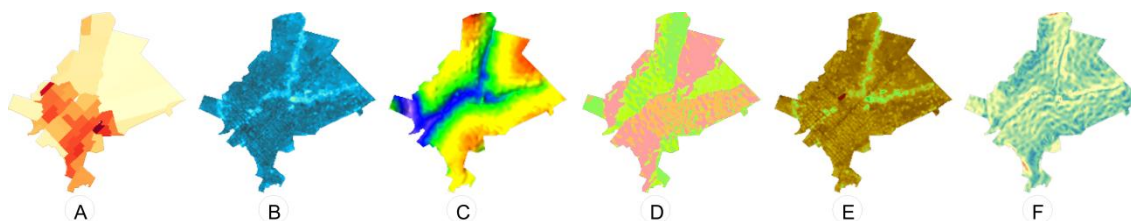
Equação 1

Em que  $T_{Maior}$  é a maior temperatura do ar observada em um dado momento e  $T_{Menor}$  a menor temperatura do ar.

### VARIÁVEIS GEOURBANAS

Com o intuito de se obter uma equação na qual se pudesse estimar os valores da ilha de calor máxima e simulá-la, foram elaborados mapas das variáveis geourbanas: densidade demográfica; índice de urbanização; altitude; orientação das vertentes; NDVI e declividade das vertentes, para toda a área urbana da cidade de Iporá – Goiás, conforme Figura 2.

**Figura 2.** Variáveis geourbanas utilizadas: densidade demográfica (A); índice de urbanização (B); Altitude (C); orientação das vertentes (D); NDVI (E) e declividade das vertentes (F).



A densidade demográfica foi obtida a partir dos dados do censo do IBGE em 2010, as variáveis declividade das vertentes, orientação das vertentes e altitude foram elaboradas a partir dados da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). O índice de urbanização e o NDVI foram calculados por meios das imagens do satélite Landsat 5.

Com a finalidade de verificar estatisticamente quais as variáveis independentes com maior potencialidade de contribuir para o cálculo da ilha de calor máxima, utilizou-se a técnica de regressão linear múltipla passo-a-passo. Porém, antes disso, foram analisados se os dados utilizados atendiam aos pressupostos da regressão linear múltipla. Sanz (2010) ao analisar os pressupostos básicos de modelagens analíticas baseadas na análise de regressão linear destacou a existência de três problemas que podem advir do emprego dessa técnica que, portanto, devem ser testados para a efetiva validação da modelagem pesquisada, ou seja, a autocorrelação residual, a multicolinearidade e a heterocedasticidade.

Para a avaliação da autocorrelação foi utilizada a estatística Durbin-Watson que deve apresentar valores próximos de dois, sendo considerados realmente preocupantes os valores de uma estatística de Durbin-Watson que se apresentarem abaixo de um ou acima de três. A multicolinearidade surge quando as variáveis explicativas (neste caso as variáveis geourbanas) apresentam elevada correlação entre si, para avaliação dos problemas dessa natureza foi utilizada a estatística VIF (*variance inflation factor*), os valores desejados para a estatística VIF devem ser inferiores a cinco. Os resíduos padronizados gerados pelo modelo analítico baseado na regressão linear múltipla devem apresentar distribuição normal para que seja descartada a presença de heterocedasticidade. Nesse sentido, para avaliação da normalidade desses resíduos, foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov.

De posse das variáveis geourbanas foi realizada regressão linear múltipla, que consiste em uma técnica multivariada cuja finalidade principal é obter uma relação matemática entre uma das variáveis estudadas (variável dependente ou resposta) e o restante das variáveis que descrevem o sistema (variáveis independentes ou explicativas), e reduzir o número de variáveis independentes com o mínimo de perda de informação. Sua principal aplicação, após encontrada a relação matemática, é produzir valores para a variável dependente quando se têm as variáveis independentes (LAPPONI, 2005).

De acordo com Montgomery, Peck e Vining (2012) o modelo de regressão linear múltipla (MRLM) com k variáveis de controle pode ser representado pela equação 2.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad \text{Equação 2}$$

Os coeficientes de regressão  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  são descritos por Montgomery, Peck e Vining (2012) como:  $\beta_0$  coeficiente do intercepto, o qual corresponde à média de  $Y_i$  quando todas as variáveis de controle são iguais a zero; os coeficientes  $\beta_1, \dots, \beta_k$  coeficientes de regressão parciais. O coeficiente  $\beta_k$  pode ser interpretado como a derivada parcial de  $Y_i$  em relação a  $X_{ki}$ , ou seja, é a variação de  $Y$  causada por uma variação unitária em  $X_k$  dado que as outras variáveis de controle sejam mantidas constantes.

Conforme descrito por Ribeiro Júnior (2001) e Lapponi (2005), a regressão passo-a-passo é uma ferramenta bastante conhecida, utilizada para verificar quais as melhores variáveis independentes para uma determinada variável dependente, levando em conta apenas a dependência linear entre as variáveis. Neste tipo de análise, um modelo é desenvolvido pela inserção de uma variável independente a cada passo, a partir do conjunto total de variáveis. A primeira variável independente inserida será aquela que apresentar maior correlação com a variável dependente. Isto é, aquela que melhor explica a variância. A partir daí, a cada passo, será inserida nova variável independente que assegure a representação da maior fração de variância que não foi explicada pela inserção das anteriores.

Ao longo do processo, variáveis independentes podem também ser excluídas do modelo, caso a inserção de outras, consiga explicar melhor a variância, tornando-a desnecessária. O critério adotado para entrada e saída no modelo foi o nível de significância de cada variável independente com relação à variável dependente em cada passo, o *software* utilizado foi o Statistica.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A equação resultante da regressão linear múltipla, que melhor estimou a ilha de calor máxima, está representada na equação 3, as variáveis mais influentes foram o índice de urbanização (IU) que explicou 88,41% da variabilidade espacial da ilha de calor e o NDVI que explicou 4,1%, com  $r^2$  de 0,92 (Tabela 1).

$$ICU_{Max} = 28,927 - (7,302 \times NDVI) + (5,508 \times IU) \quad \text{Equação 3}$$

**Tabela 1.** Contribuição das variáveis geourbanas no padrão da ilha de calor urbana máxima (21h30min – 21 de outubro de 2014).

\*Variáveis utilizadas na regressão linear múltipla ( $p\text{-value} < 0,05$ ).

Equação	Variáveis	$r^2$	Influência (%)
Equação	IU	0,884	88,41
	IU, NDVI*	0,925	4,1

O índice de urbanização indica o grau de urbanização de uma determinada área. Devido a dificuldade de se modificar áreas edificadas, nas simulações não se modificou os valores do IU. Apenas o NDVI foi modificado, tendo em vista que o mesmo pode ser aumentado com a criação de áreas verdes, ou simplesmente inserção de árvores nas calçadas e canteiros centrais. As simulações foram realizadas com aumento do NDVI em 20% (Equação 4), em 40% (Equação 5), em 60% (Equação 6), em 80% (Equação 7) e em 100% (Equação 8).

$$ICU_{(NDVI+20\%)} = 28,927 - (7,302 \times (NDVI + 0,2NDVI)) + (5,508 \times IU) \quad \text{Equação 4}$$

$$ICU_{(NDVI+40\%)} = 28,927 - (7,302 \times (NDVI + 0,4NDVI)) + (5,508 \times IU) \quad \text{Equação 5}$$

$$ICU_{(NDVI+60\%)} = 28,927 - (7,302 \times (NDVI + 0,6NDVI)) + (5,508 \times IU) \quad \text{Equação 6}$$

$$ICU_{(NDVI+80\%)} = 28,927 - (7,302 \times (NDVI + 0,8NDVI)) + (5,508 \times IU) \quad \text{Equação 7}$$

$$ICU_{(NDVI+100\%)} = 28,927 - (7,302 \times (NDVI + NDVI)) + (5,508 \times IU) \quad \text{Equação 8}$$

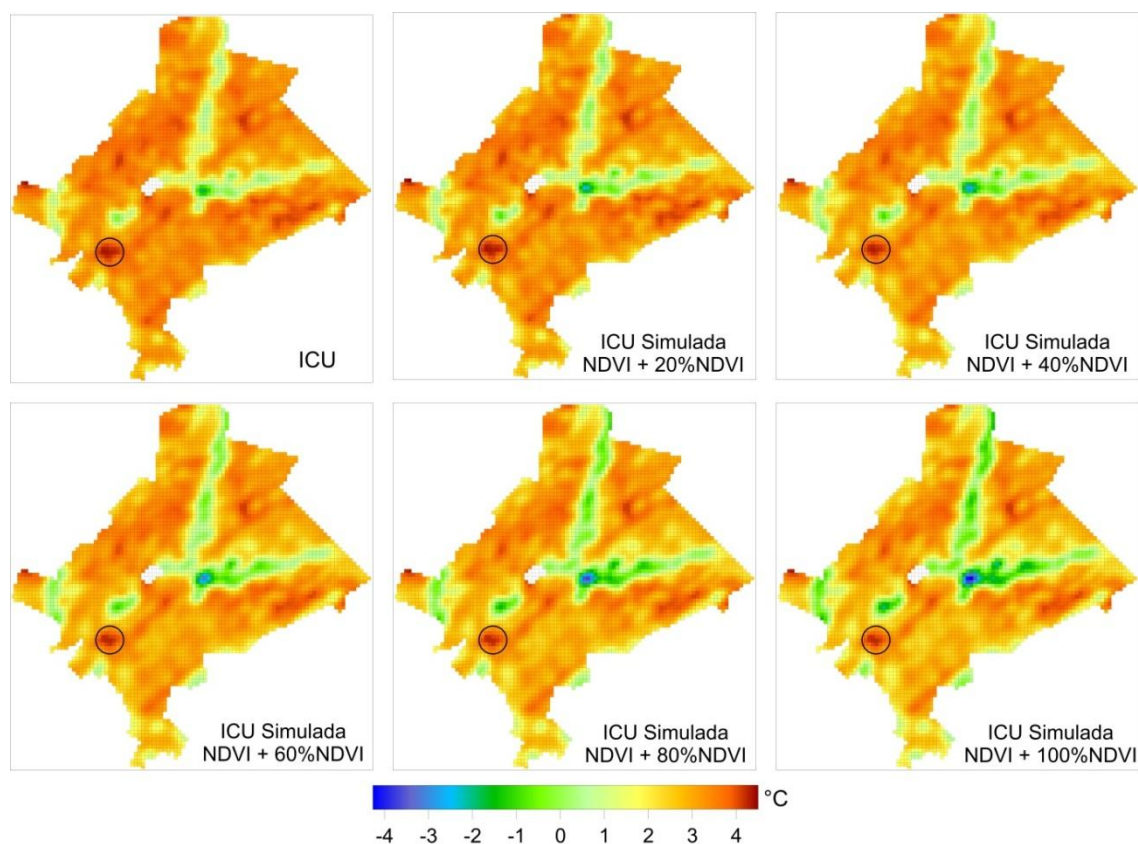
### SIMULAÇÃO DAS ILHAS DE CALOR COM AUMENTO DO NDVI

A modificação do NDVI pode ser uma boa alternativa para minimizar a intensidade das ilhas de calor e excessivas temperaturas nas regiões tropicais, principalmente na região Centro-Oeste que possui elevadas temperaturas em praticamente todo o ano (ALVES, 2011).

As simulações da Figura 3 evidenciam como a intensidade das ilhas de calor pode ser minimizada com o aumento do NDVI. Com o aumento do NDVI as ICU foram diminuindo gradativamente: as áreas próximas ao córrego Tamanduá diminuíram significativamente os valores da ICU, chegando a apresentar ICU negativa, também conhecida como ilha de frescor, de -4°C para as simulações com NDVI aumentado em 80% e 100%. O círculo da Figura 3 corresponde a área de ocorrência da ilha de calor máxima.

Em algumas áreas houve pouco decréscimo na intensidade da ilha de calor, devido a pouca ou nenhuma arborização, portanto, mesmo com o aumento de 100% do NDVI, este seria muito baixo, insuficiente para minimizar significativamente a ICU.

Figura 3. Simulações dos padrões espaciais das ilhas de calor com o aumento do NDVI.

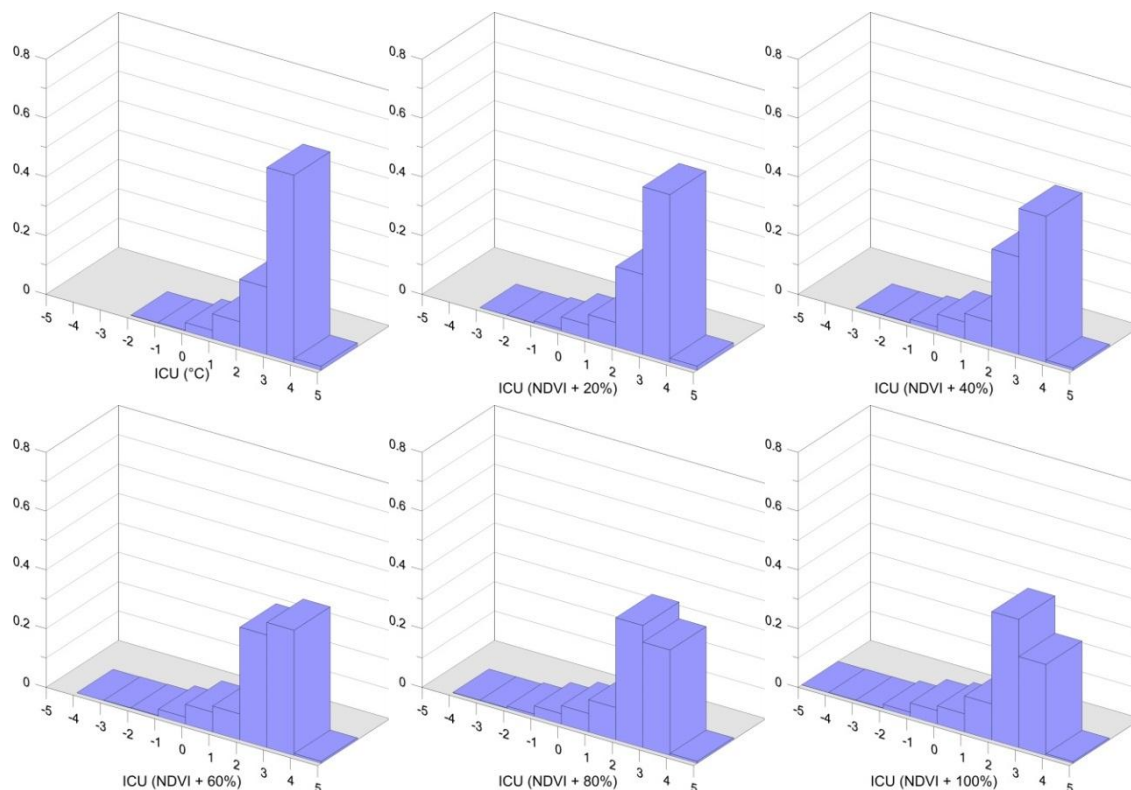


De maneira geral, o aumento do NDVI resultou na diminuição da intensidade da ICU, a frequência

nas classes de ilha de frescor foi aumentando com o aumento do NDVI, ilha de frescor na classe de -5°C a -4°C somente foi verificada na simulação com aumento de 100% do NDVI (Figura 4). Entre as classes de ilha de frescor, a classe de -1°C a -0°C foi a que apresentou o maior aumento na frequência.

Nota-se que nas classes de ilha de calor de 0°C a 1°C, 1°C a 2°C e 2°C a 3°C houve aumento na frequência (Figura 4), isso ocorreu devido a elevada diminuição na frequência das ICU de maior magnitude (3°C a 4°C e 4°C a 5°C), pois com o aumento do NDVI as ICU diminuíram de intensidade, ocupando, portanto, classes inferiores.

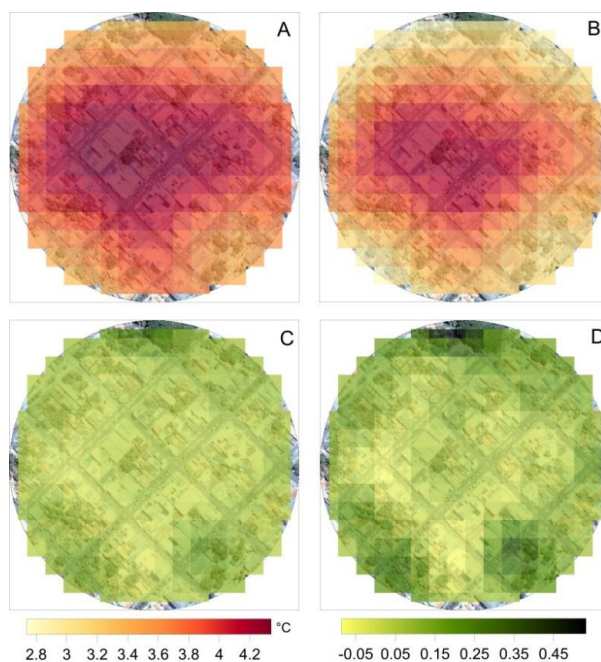
**Figura 4.** Frequência relativa das classes das ICU simuladas.



#### **SIMULAÇÃO DA ILHA DE CALOR MÁXIMA DA ÁREA CENTRAL**

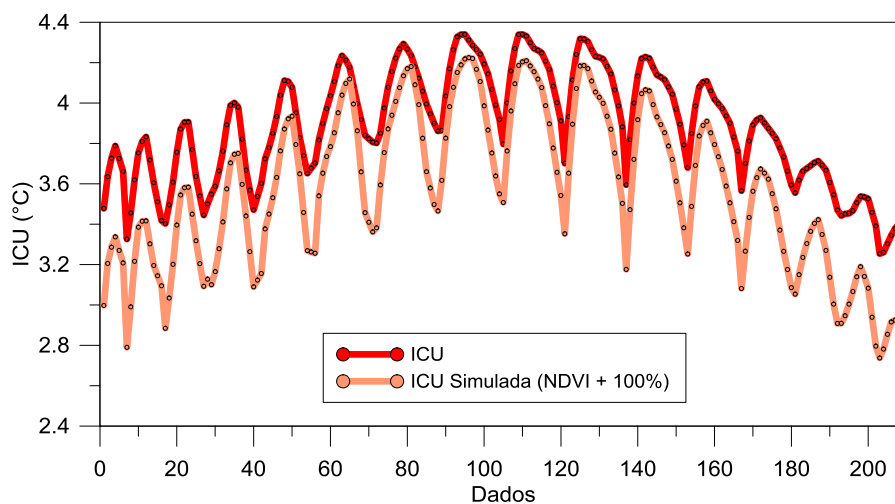
A intensidade máxima da ICU foi verificada no centro comercial de Iporá, conforme marcação na Figura 3. Na Figura 5 estão: a ilha de calor máxima, a ilha de calor máxima com o aumento do NDVI em 100% e os respectivos NDVI (NDVI normal e NDVI simulado). Torna-se perceptível na Figura 5 que com o aumento do NDVI na área core da ilha de calor máxima, a sua intensidade e seu tamanho diminuíram. Observa-se também que em alguns pontos o NDVI praticamente não se alterou, o que não ocasionou uma redução na ICU.

**Figura 5.** Ilha de calor máxima (A), ilha de calor máxima simulada com NDVI aumentado em 100% (B), NDVI (C) e NDVI aumentado em 100% (D).



Na área core da ilha de calor máxima (Figura 5) a intensidade variou de 3,2°C a 4,3°C, enquanto que na ICU simulada os valores mínimos e máximos foram inferiores (2,7°C a 4,2°C), nota-se que a curva da ICU simulada sempre esteve abaixo da ICU observada, sendo que as menores diferenças ocorreram nas maiores intensidades, devido aos baixos valores do NDVI nos pontos de maiores intensidades (Figura 6).

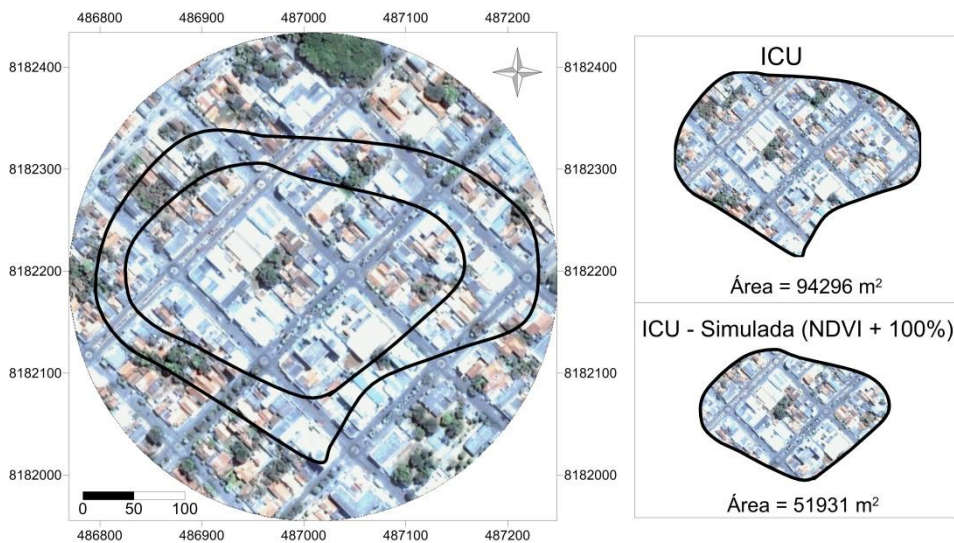
**Figura 6.** Ilha de calor máxima e ilha de calor máxima simulada com aumento do NDVI em 100%.



O tamanho e forma da ICU observada e da ICU simulada podem ser observados na Figura 7, a área da ICU observada foi de 94296 m<sup>2</sup> e a área da ICU simulada foi de 51931 m<sup>2</sup>, uma redução significativa de 45%.

**Figura 7.** Tamanho e forma da ilha de calor máxima observada e simulada.





## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 – Já é sabido que as áreas verdes podem minimizar a temperatura da superfície e do ar pela sua capacidade de interceptar a radiação solar, impedindo-a, em maior parte, de atingir a superfície do solo, também se sabe que estas áreas verdes aumentam a umidade do ar pelo processo de evapotranspiração. Portanto, é de se imaginar que um aumento no NDVI possa diminuir a intensidade da ilha de calor. As simulações realizadas mostraram exatamente isso, que o aumento do NDVI poderá diminuir a magnitude das ilhas de calor em Iporá.

2 – Com o aumento do NDVI as ICU foram diminuindo gradativamente: áreas próximas ao córrego Tamanduá apresentaram ICU negativa, também conhecida como ilha de frescor, de  $-4^{\circ}\text{C}$  para as simulações com NDVI aumentado em 80% e 100%.

3 – Em algumas áreas da cidade houve pouco decréscimo na magnitude da ilha de calor, devido a pouca ou nenhuma arborização, portanto, mesmo com o aumento de 100% do NDVI, este seria muito baixo, insuficiente para minimizar significativamente a ICU.

4 – A frequência nas classes de ilha de frescor aumentou com o aumento do NDVI, sendo que ilha de frescor na classe de  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $-4^{\circ}\text{C}$  somente foi verificada na simulação com aumento de 100% do NDVI. Houve também diminuição nas classes de ICU de  $3^{\circ}\text{C}$  a  $4^{\circ}\text{C}$  e  $4^{\circ}\text{C}$  a  $5^{\circ}\text{C}$  e aumento nas classes de menor magnitude, devido à migração das ICU mais intensas para as classes de menor intensidade.

5 – Tornou-se perceptível que com o aumento do NDVI na área core da ilha de calor máxima houve uma diminuição significativa da intensidade da ICU e também do seu tamanho (redução de 45% da área).

6 – Não obstante, ressalta-se que estas simulações têm caráter prognóstico, baseado, primeiramente, em muitos estudos que já demonstraram a forte relação entre o NDVI e o fenômeno das ilhas de calor, secundamente na equação obtida nesta pesquisa que reforça essa afirmação.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo bolsa de estudos, processo 12/10450-0.

## REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, M. J. et al. Lisbon Heat Island: statistical study (2004-2012). *Finisterra*, v. 49, n. 98, p. 61–80, 2014.

- ALCOFORADO, M.-J.; ANDRADE, H. Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 84, n. 1-3, p. 151–159, 18 jul. 2006. <https://doi.org/10.1007/s00704-005-0152-1>
- ALVES, E. D. L. Frequência e probabilidade de chuvas no município de Iporá-GO. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 37, p. 65–72, 2011.
- ALVES, E. D. L.; SPECIAN, V. CONTRIBUIÇÃO AOS ESTUDOS DO CLIMA URBANO: variação térmica e higrométrica em espaços intra-urbanos. **Mercator**, v. 8, n. 17, p. 181–191, 31 dez. 2009. <https://doi.org/10.4215/RM2009.0817.0013>
- ALVES, E. D. L.; SPECIAN, V. O clima intra-urbano de Iporá-GO: um estudo em episódios. **Revista de Geografia**, v. 27, n. 3, p. 141–154, 2010.
- AMORIM, M. C. DE C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**, v. 20, n. 39, p. 65–82, 2005.
- AMORIM, M. C. DE C. T.; CARDOSO, R. DOS S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, n. 11, p. 29–45, 2015.
- 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, n. 1, p. 1–26, jan. 2003. <https://doi.org/10.1002/joc.859>
- BRANDSMA, T.; WOLTERS, D. Measurement and Statistical Modeling of the Urban Heat Island of the City of Utrecht (the Netherlands). **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 51, n. 6, p. 1046–1060, jun. 2012. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-0206.1>
- CHARABI, Y.; BAKHIT, A. Assessment of the canopy urban heat island of a coastal arid tropical city: The case of Muscat, Oman. **Atmospheric Research**, v. 101, n. 1-2, p. 215–227, jul. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.02.010>
- GIONGO, P. R. et al. Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 em áreas de cana-de-açúcar e cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 279–287, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000300007>
- IBGE. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultados da Sinopse por setor censitário**. Rio de Janeiro: Centro de Documentação e Disseminação de Informações, 2011.
- KOLOKOTRONI, M.; GIRIDHARAN, R. Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer. **Solar Energy**, v. 82, n. 11, p. 986–998, nov. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.05.004>
- LAPPONI, J. C. **Estatística Usando Excel**. 4. ed. Rio de Janeiro: CAMPUS - RJ, 2005.
- LOPES, A. et al. Lisbon Urban Heat Island Updated: New Highlights about the Relationships between Thermal Patterns and Wind Regimes. **Advances in Meteorology**, v. 2013, p. 1–11, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/487695>
- MENDONÇA, F. DE A.; MONTEIRO, C. A. DE F. **Clima Urbano**. 1. ed. [s.l.] Editora Contexto, 2003.
- MIHALAKAKOU, G. et al. Application of Neural Networks to the Simulation of the Heat Island over Athens, Greece, Using Synoptic Types as a Predictor. **Journal of Applied Meteorology**, v. 41, n. 5, p. 519–527, maio 2002. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2002\)041<0519:AONNTT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2002)041<0519:AONNTT>2.0.CO;2)
- MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to Linear Regression Analysis**. 5. ed. [s.l.] John Wiley & Sons, 2012.
- OKE. City size and the urban heat island. **Atmospheric Environment**, v. 7, n. 8, p. 769–779, ago. 1973.
- OKE, T.R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v. 1, n. 3, p. 237–254, 18 jul. 1981.
- OKE, T.R. **Boundary layer climates**. 2. ed. [s.l.] Routledge, 1987. <https://doi.org/10.1002/joc.3370010304>

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2001.

SAITOH, T.S.; SHIMADA, T.; HOSHI, H. Modeling and simulation of the Tokyo urban heat island. **Atmospheric Environment**, v. 30, n. 20, p. 3431–3442, out. 1996. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)00489-0](https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00489-0)

SANZ, P.V. **SPSS 17: extracción del conocimiento a partir del análisis de datos**. [s.l.] Alfaomega, 2010.

SPECIAN, V.; VECCHIA, F.A.S. Distribuição da frequência mensal da precipitação para região Oeste de Goiás: comparação entre dois postos pluviométricos. **Ateliê Geográfico**, v. 8, n. 1, p. 200–214, 2014. <https://doi.org/10.5216/ag.v8i1.22126>

STEWART, I.D.; OKE, T.R.; KRAYENHOFF, E.S. Evaluation of the “local climate zone” scheme using temperature observations and model simulations. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 4, p. 1062–1080, 18 mar. 2014. <https://doi.org/10.1002/joc.3746>