



Clima urbano nas metrópoles e seus impactos ambientais

MAGDA ADELAIDE LOMBARDO

Universidade de São Paulo, USP, Escola Superior de Agricultura, ESALQ

magdalombardo@yahoo.com.br

Amanda Lombardo Fruehauf

Universidade de São Paulo, USP, Escola Superior de Agricultura, ESALQ

amandalombardo@usp.br



CLIMA URBANO NAS METRÓPOLES E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

M.A.LOMBARDO, A.L.FRUEHAUF

RESUMO

Nas metrópoles, as alterações na atmosfera passam a ser exacerbadas e tem influência na escala regional. As propriedades meteorológicas, do ar ficam fortemente modificadas, criando um tipo climático, denominado clima urbano. As características da Ilha de Calor são relacionadas com a natureza intrínseca da cidade e com as influências externas da dinâmica climática regional, condições predominantes do tempo atmosférico e variações sazonais. Neste trabalho, foi utilizada a geotecnologia Quantum Gis, para mapeamento do uso e ocupação da terra, campo térmico e índice de vegetação. Assim, este trabalho visa analisar as características do clima urbano na metrópole de São Paulo, com base nos mapas, a fim de avaliar os impactos ambientais. A modificação do clima pelo homem exerce uma influência mais qualitativa do que quantitativa. Neste contexto destacam-se a importância de estudos integrados e multidisciplinares, visando a qualidade de vida do homem urbano.

1 INTRODUÇÃO

O clima urbano é decorrente do processo de urbanização que interfere diretamente na atmosfera local. Nas cidades, a substituição das superfícies naturais pelas estruturas urbanas, modificam as propriedades físicas e químicas, os processos aerodinâmicos, térmicos, hidrológicos e de intercâmbio de massas que ocorrem na camada limite da atmosfera.

O planejamento urbano é modificado pelas diversas compartimentações urbanas que provocam diferenciações, interferindo no conforto térmico. A evidência mais relevante é o aumento da temperatura nos centros das cidades, com maior densidade de construção que provoca o surgimento de uma circulação de ar centrípeta das periferias urbanas em direção as áreas centrais, fenômeno denominado Ilha de Calor Urbana.

Destaca-se que sem o planejamento urbano adequado, resulta em uma paisagem urbana biologicamente estéril e esteticamente deprimente. Assim, é importante compreender os processos naturais no contexto urbano, suas relações com o planejamento e desenho das cidades (Lombardo, 1995).

Com a intensa urbanização, surge o fenômeno da Ilha de Calor (IC), onde a temperatura é alterada, sendo as áreas urbanizadas mais quentes do que as áreas circundantes menos urbanizadas e verifica-se esse fenômeno principalmente à noite (Voogt e Oke, 2003).

A IC pode ser observada em várias escalas, desde pequenas áreas (corredores de um edifício, no meio da avenida), aos maiores (bairro) ou regiões (muitos bairros ou uma zona) e na cidade inteira (Lombardo, 1985).

A morfologia urbana, as propriedades térmicas dos materiais das superfícies e proporção entre área construída e área verde são os principais fatores que geram a ilha de calor urbana. A condição do clima urbano está relacionada à rugosidade, ocupação, permeabilidade e propriedades térmicas dos materiais existentes.

O fenômeno ilha de calor é relacionado ao clima, topografia e à geometria urbana e provoca uma série de impactos condicionados pela arquitetura, por elementos construtivos e pelo calor antropogênico.

A variação da temperatura superficial nos diferentes tipos de uso do solo indica temperaturas mais altas em locais de intensa verticalização, alta densidade demográfica e pouca vegetação.

As árvores podem modificar as condições de radiação de forma considerável proporcionando sombras durante os períodos mais quentes, pois a radiação solar é a variável que exerce maior influência na sensação térmica humana em áreas livres urbanas.

A arborização urbana ameniza a diferença entre a escala humana e outros componentes arquitetônicos como altos prédios, muros e grandes avenidas (Silva Filho, 2005).

Além disso, as áreas verdes na cidade promovem melhoria no desenvolvimento social dos habitantes e bem estar com benefícios à saúde física e psíquica (Londe e Mendes, 2014).

Sendo assim, a arborização urbana é um importante elemento natural reestruturador do espaço urbano, aproximando as condições ambientais com o meio urbano (Ribeiro, 2009).

Esse trabalho visa analisar as características do clima urbano na metrópole de São Paulo, com base nas geotecnologias, os mapas de uso e ocupação da terra, campo térmico e índice de vegetação, a fim de avaliar os impactos ambientais que podem interferir na qualidade de vida da população.

2 MATERIAL E MÉTODO

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a maior do Brasil, possui 8000 km² de área, é composta de 39 municípios, sendo 32 em conurbação. A área urbanizada é de aproximadamente 2500 km², com cerca de 150 mil quarteirões, é a quarta mancha urbana do mundo. A população atual é de aproximadamente 19 milhões de habitantes, com densidade demográfica de 2.361 hab/km² e PIB que representa aproximadamente 45 % do PIB do Estado e cerca de 15% do PIB país (IBGE, 2014).

A área com maior densidade, ocupada e urbanizada da RMSP está localizada em uma altitude média de 750 m, na Bacia do Alto Tiête, o chamado Planalto Paulista. O Planalto Paulistano foi urbanizado após os anos 1950, com crescimento vertiginoso e desordenado, devido à pressão demográfica e especulação imobiliária, que trouxe como consequência, um elevado grau de degradação do meio físico e social.

O clima na RMSP pode ser definido como seco no inverno e úmido no verão. Nos meses de setembro a abril, a área é caracterizada por um vento úmido do sul e ocorrência frequente de sistemas frontais, resultando em precipitações e nuvens de baixa altitude, com pouca radiação solar. No inverno, sistemas de alta pressão no oceano Atlântico leste, dirigem-se para o norte, produzindo ventos fracos provenientes da costa, forte inversão térmica de subsidência e céu claro. (Tarifa e Armani, 2001).

A RMSP abrange o Planalto Atlântico que se divide em: Planalto Paulistano, onde ocorre maior parte da região, Serra da Cantareira ao norte, Serra de São Roque a oeste, Serra do Mar e de Paranapiacaba, ao sul e Planalto de Paraibuna a leste (Luz, 2010).

O município de São Paulo (Figura 1) possui 11.253.503 habitantes e uma área de 1521 km², com densidade demográfica de 7898, 2 hab/km² (IBGE, 2010).

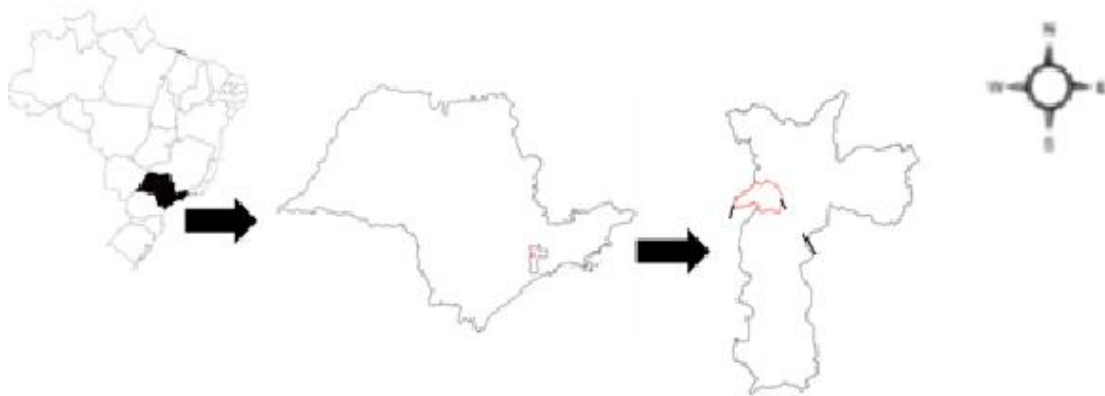


Figura. 1 Localização do Município de São Paulo (Fonte: Amanda Lombardo Fruehauf, 2020)

No município de São Paulo predomina as altitudes de 740 a 800 m, caracterizado pelas “Altas Colinas dos rebordos dos espigões principais” e nos “Patamares e rampas suaves escalonadas dos flancos do Espigão Central” (Ab’saber, 1957), onde ocorre a maior intensidade da urbanização.

Uma parte da RMSP é ocupada pela bacia hidrográfica do rio Pinheiros, sendo que o trecho inferior desta bacia caracteriza-se por uma ocupação densa. Neste contexto, ocorreram modificações fluviais deste rio desde o início do século XX (Luz, 2010).

Com o uso da geotecnologia, foi realizada uma análise georreferencial do município de São Paulo, obtendo o mapeamento do uso e ocupação da terra, mapa térmico, a fim de verificar a ocorrência da ilha de calor na área de estudo e mapa de índice de vegetação (NDVI).

O Sistema de Informações Geográficas se destaca como um instrumento de mapeamento, que fornece respostas para diversas questões sobre coleta de dados do ambiente físico e planejamento de ambiente, destacando ao descrever as mudanças no ambiente de estudo, além de auxiliar no planejamento urbano e nos impactos ambientais.

Neste trabalho, foi utilizada a geotecnologia Quantum Gis (QGIS). O QGIS, que esta dentro do Sistema de Informação Geográfica, tem a vantagem de ser um software livre e a obtenção de imagens de satélite é do GoogleEarth. O QGIS foi criado pela Open Source e Geospatial Foundation (OSGeo), está disponível em código aberto e gratuito na internet desde 2009, para apoiar e criar programas geoespaciais

Todas as imagens utilizadas para os mapeamentos do município de São Paulo são de alta resolução e utilizou-se o filtro Kuwahara. No mapa de uso e ocupação da terra e NDVI de 2010, foram utilizadas as ortofotos digitais com uma resolução espacial de 2 metros. No mapa termal do ano de 2016, foi utilizada uma imagem de Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros.

O mapa de uso e ocupação da terra foi classificado em: copa de árvore, relvado, solo exposto, asfalto, sombra, rio/lago, piscina, telha clara, telha escura, telha cinza, telha cerâmica. A fim de visualizar o planejamento urbano da área de estudo.

A estatística Kappa foi realizada para verificar a acurácia da classificação. O valor da estatística Kappa indica a acurácia da classificação, sendo que de 80% a 100%, a classificação é excelente (Landis e Koch, 1977).

O cálculo da estatística Kappa é:

Equação 2

$$K = \frac{Po - Pc}{1 - Pc} \quad (1)$$

$$Po = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} \quad (2)$$

$$Pc = \frac{\sum_{i=1}^M n_{i+} n_{+i}}{N^2} \quad (3)$$

Onde:

Po= exatidão geral

Pc = proporção de unidades que concordam com casualidade

M = número de classes presentes na matriz de erro

nij = o número de observação na linha i e coluna j

N = número total de unidades amostrais contempladas.

A fim de gerenciar melhor a área de estudo, devem-se compreender as transformações temporais do uso da terra. Desta forma, indica-se a caracterização da qualidade ambiental das paisagens urbanas (Jesus, 2015).

O mapa térmico permitiu destacar a dinâmica do clima urbano e a ocorrência da ilha de calor do município de São Paulo. A ilha de calor urbana, é causada por vários fatores, como as características da superfície, a atmosfera urbana, entre os quais são citados: a alta capacidade térmica de materiais de construção; a redução de áreas verdes com capacidade de evapotranspiração; retenção de radiação de ondas longas devido ao aumento de poluição atmosférica (Gartland, 2010).

Destaca-se que as questões ambientais, assim como o clima urbano se mercantilizou, ou seja, apenas quem pode assegurar um preço alto de moradia, tem acesso a áreas com qualidade ambiental e conforto, que promovam qualidade do ar e serviços ecossistêmicos (Romero e Vásquez, 2005).

Nos estudos de clima urbano e paisagem urbana, é essencial a análise da Ilha de Calor, pois descreve o aumento das temperaturas na área urbana e desta forma interfere na paisagem de forma ecológica e social (Huang; Zhou; Cadenasso, 2011).

No âmbito da ilha de calor urbana, as principais causas estão relacionadas ao uso e cobertura da terra. As cidades com sua alta urbanização, com aumento de áreas impermeáveis e materiais de construções, se estendendo nos solos e competem com as áreas verdes. Assim, estas características urbanas modificam o equilíbrio natural de energia e radiação da superfície da terra, transformando as cidades em lugares mais quentes (Oke 1982 e Lowry, Lowry, 2001).

O sensoriamento remoto é muito utilizado nas pesquisas de clima, incluindo a ilha de calor urbana. Esta técnica permite visualizar o fenômeno com a utilização do sensor infravermelho termal de Temperatura de Superfície Terrestre (TST), copilando a temperatura local (Coltri *et al.*, 2007).

São exigidas uma série de cálculos matemáticos para mensurar a temperatura aparente, assim como a aplicação de algoritmos de softwares. Dentre os softwares, se destaca o QGIS que possui um algoritmo de transformação termal capaz de fazer a conversão dos níveis de cinza das imagens LANDSAT 5 (Jesus, 2015).

No software QGIS, pode-se criar resultados que importam a imagem do infravermelho termal- banda 6, convertendo os níveis de cinza para informação de a radiação a partir da seguinte equação:

Equação 1

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}}{Q_{CALMAX} - Q_{CALMIN}} \right) * (Q_{CAL} - Q_{CALMIN}) + L_{MIN\lambda}$$

Onde:

L_{λ} = Radiância da banda termal

L_{MAX} e L_{MIN} = Parâmetros de radiância espectral para cada banda

QCALMIN = Mínimo nível de cinza a ser calibrado (Landsat geralmente = 1)

QCALMAX = Máximo nível de cinza a ser calibrado (Landsat geralmente = 255)

QCAL = Nível de cinza de cada pixel (dados de entrada, bandas).

Em seguida foi realizado o mapa de Índice de Vegetação (NDVI). Segundo Pollizel (2009), o NDVI é usado para verificar grandes áreas de densidade de vegetação, proporcionando uma visão global da região de estudo.

Também o NDVI, constitui uma metodologia importante para análise da vegetação em determinada área, permite visualizar as variações sazonais e anuais da vegetação (Jensen, 2009).

O NDVI consiste em uma equação, onde a relação entre a diferença de refletividade das bandas no infravermelho próximo e vermelho e a soma das mesmas refletividades (Rouse et al. 1973), obtendo a seguinte equação:

Equação 2

NDVI: $IR - R / IR + R$

Sendo,

IR: infravermelho

R: vermelho

Segundo Rouse et al. (1973), o NDVI determina resultados de vegetação de -1 a +1, sendo que as áreas com maior vegetação aproximam-se do valor +1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O município de São Paulo foi mapeado com base em imagens digitais de ortofoto com infravermelho e para o processamento de imagens foi utilizado o filtro Kuwahara. Para analisar a classificação do uso da terra do ano de 2010 (Figura 2), Índice de Vegetação, NDVI do ano de 2010 (Figura 3) e mapa térmico do ano de 2016 (Figura 4), verificando a dinâmica da paisagem.

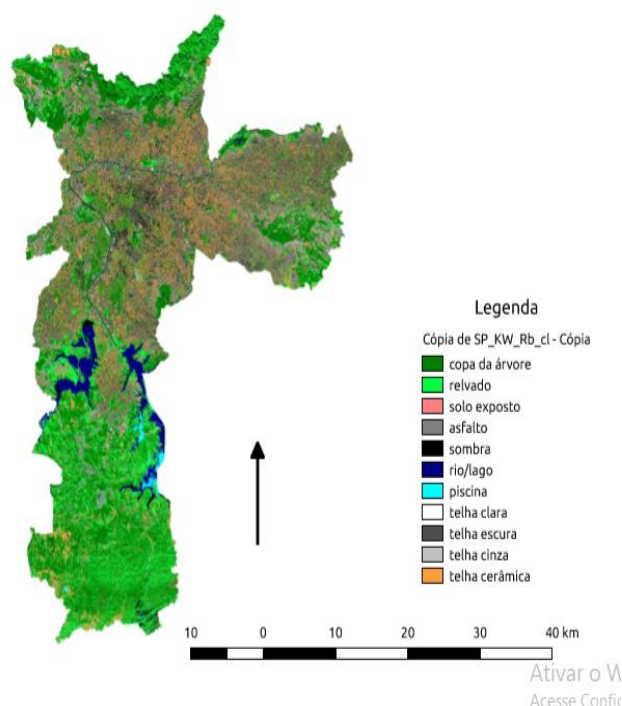


Figura. 2 Classificação do uso da terra, do ano de 2010 (Fonte: Amanda Lombardo Fruehauf, 2018)

No mapa de uso e ocupação da terra, as classes mapeadas foram: copa de árvore, relvado, solo exposto, asfalto, sombra, rio/lago, piscina, telha clara, telha escura, telha cinza e telha cerâmica a fim de visualizar a paisagem da área de estudo.

Neste mapa, utilizando-se da estatística Kappa, a classificação obtida foi de aproximadamente 96%, o que pode ser classificado como excelente.

Na análise do mapa de uso e ocupação da terra, verifica-se uma intensa urbanização em forma de domo, partindo do marco inicial da cidade, “Praça da Sé”, em direção aos arredores da cidade de São Paulo. Assim, o processo de urbanização ocorreu de forma intensa com aumento da verticalização em detrimento da diminuição de espaços livres, destacando-se sua expansão na zona leste, onde nota-se uma supressão das áreas verdes.

Os espaços livres contemplam os espaços urbanos não edificadas. . Esses espaços integram a paisagem, com os serviços de recreação, como jardins, parques e praças, e devem atender aos objetivos dos habitantes do local (Mazzei et al., 2007).

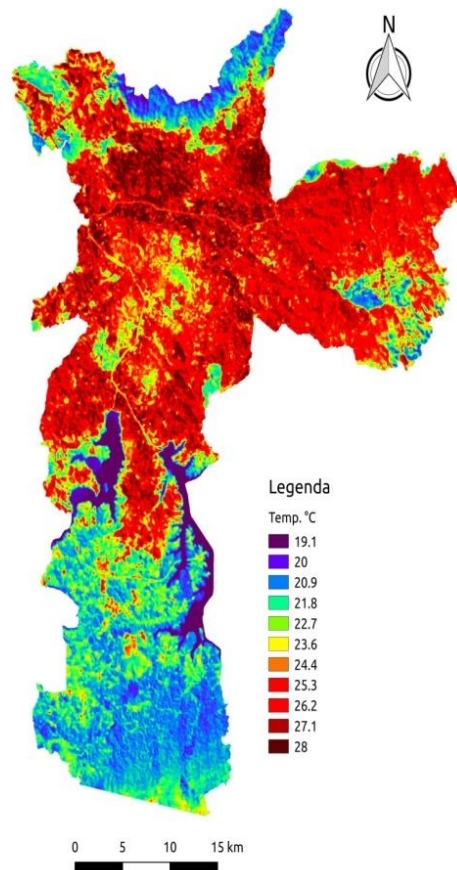


Figura. 3 Mapa termal, do ano de 2016 (Fonte: Amanda Lombardo Fruehauf, 2018).

O mapa do campo térmico apresenta a configuração da ilha de calor da área urbana de São Paulo, com uma distribuição espacial extremamente desigual. As máximas temperaturas de superfície ocorrem na área central, no core do domo e se expande em direção a zona leste, associadas à alta densidade da área construída e concentração da população. Os menores valores de temperatura aparecem nas áreas periféricas da cidade, destacando-se a zona sul e o extremo norte na Serra da Cantareira, onde ocorrem os maiores valores de Índice de Vegetação.

Assim, observa-se que o aumento da área construída demonstrado no mapa de uso e ocupação da terra, concentrado no centro e se espalhando para a zona leste, resulta em uma maior temperatura de superfície, demonstrada na figura 3.

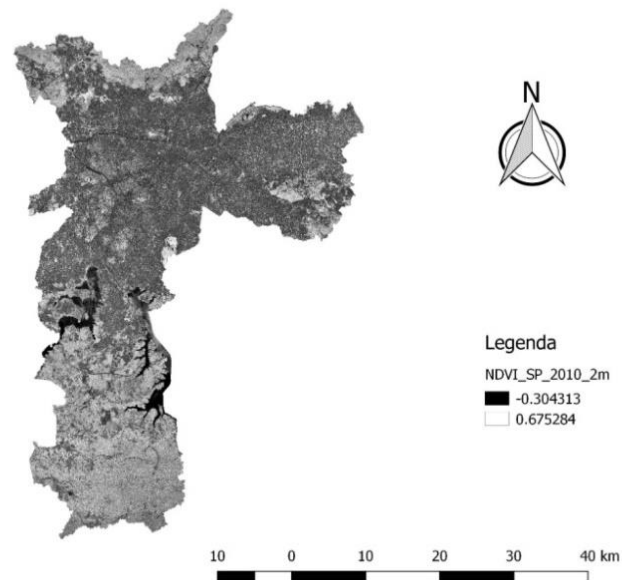


Figura. 4 Mapa do Índice de Vegetação, do ano de 2010 (Fonte: Amanda Lombardo Fruehauf, 2018)

O mapa do Índice de Vegetação (NDVI) apresenta a distribuição espacial das áreas verdes da cidade de São Paulo, onde verifica-se menor NDVI nas áreas com intensa urbanização, zona central, estendendo-se para a zona leste. A expansão da urbanização para zona oeste e centro sul, é desigual e com intensa verticalização. Destaca-se, como exemplo, na zona oeste, a Subprefeitura do Butantã (Figura 5).

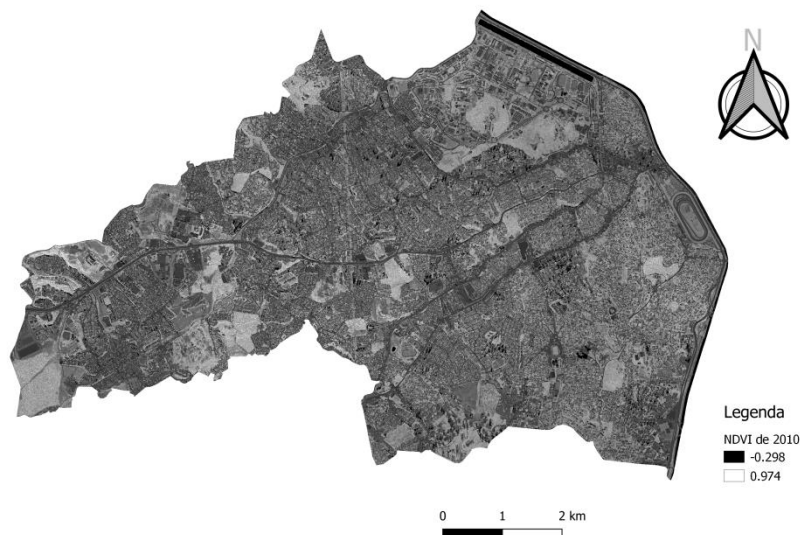


Figura. 5 Mapa do Índice de Vegetação da Subprefeitura do Butantã, do ano de 2010 (Fonte: Amanda Lombardo Fruehauf, 2018)

A Subprefeitura do Butantã, composta pelos cinco distritos: Morumbi, Butantã, Vila Sônia, Raposo Tavares e Rio Pequeno apresentam o índice de vegetação extremamente mal distribuído, sendo que o distrito do Morumbi tem maior concentração de áreas verdes e Rio Pequeno e Raposo Tavares apresentam os menores índices de vegetação. Os distritos de

Butantã e Vila Sônia apresentam o NDVI intermediário. Esta paisagem desigual demonstra aspectos diferenciados da qualidade de vida, sendo que o distrito do Morumbi tem o maior poder aquisitivo e melhor condições de saúde associado a maior ocorrência de área verde. Sendo assim, com a supressão da vegetação em áreas urbanas por superfícies impermeáveis, como o concreto, ocorre o fenômeno ilha de calor (Buyantuyev; Wu, 2009).

Com base no uso de geotecnologias, o mapeamento do uso e ocupação da terra, campo térmico e índice de vegetação mostraram uma alta variação espacial e dinâmica da paisagem.

Na busca da qualidade de vida, devem-se priorizar os benefícios da vegetação no meio urbano com seus serviços ecossistêmicos. Porém, como as áreas verdes demandam alto custo pela instalação e manutenção, eles praticamente não existem nos bairros de baixa renda, sendo que as áreas verdes se concentram nas partes mais ricas da cidade. Demonstrando assim como há uma segregação sócio ambiental nas paisagens urbanas (Romero, 2019).

4 CONCLUSÃO

Com a análise da distribuição espacial do uso e ocupação da terra, campo térmico e índice de vegetação da cidade de São Paulo pode-se verificar a dinâmica da paisagem urbana, com alta concentração da população nas áreas urbanizadas associadas a uma baixa ocorrência e ausência de vegetação, gerando um alto gradiente da ilha de calor urbana.

Com base nos mapas, destaca-se que a ilha de calor de São Paulo tem um desenho que segue a disposição espacial da mancha urbana com uma conformação, conforme o modelo clássico em forma de domo, onde o maior gradiente horizontal de temperatura ocorre no centro da cidade e as menores temperaturas ocorrem na periferia urbana.

A ilha de calor segue o contorno de uso e ocupação da terra em todas as condições sinóticas, tanto no verão como no inverno. Seu desenho pode ser alterado conforme a orientação do vento.

Os maiores índices de temperatura estão associados à concentração de poluentes, principalmente quando predomina a estabilidade de tempo meteorológico com Anticiclone Tropical Atlântico, geralmente associado à inversão térmica e calmaria. Assim, ocorre uma alta relação de ilha de calor com concentração de poluentes.

Este trabalho pode contribuir para o planejamento urbano e a política pública local, visando à melhoria da qualidade de vida da população. A área urbanizada de São Paulo apresenta uma extrema desigualdade socioambiental, evidenciada pelos mapas de uso e ocupação da terra, campo térmico e índice de vegetação. A análise espacial apresentada é de fundamental importância para o planejamento no âmbito da Subprefeitura, da cidade, do Município e na escala regional, contribuindo para a análise da paisagem, com ênfase na sua dinâmica.

REFERÊNCIAS

Ab'saber, A.N. (1957) Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo, **Boletim 219**, Geografia 12, USP, São Paulo, 1957.

Buyantuyev, A. e Wu, J. (2009) Urbanization alters spatiotemporal patterns of ecosystem primary production: a case study of the Phoenix metropolitan region, USA. **Journal of Arid Environments**, 73 (4–5), pp. 512-520.

Coltri, P. P., *et al.* (2007) Ilhas de calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba/SP. **XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis/SC... Anais: p. 5151-5157.

Gartland, L. (2010) **Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos.

Huang, G., Zhou, W., Cadenasso, M. L. (2011) Is everyone hot in the city? Spatial pattern of land surface temperatures, land cover and neighborhood socioeconomic characteristics in Baltimore, MD. **Journal of Environmental Management**, 92(7), 1753–1759.

Jensen, J. R. (2009) Sensoriamento Remoto da Vegetação. In: _____. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Epiphany (coord.) et al. São José dos Campos: Parêntese, p.357-410.

Jesus, B. L.P. de. (2015) **A relação entre a temperatura radiométrica de superfície (Land Surface Temperature – LST), índice de vegetação (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) e os diferentes padrões de uso da terra do município de São Paulo, SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, University of São Paulo.

Landis, J.R.; Koch, G.G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Arlington, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

Lombardo, M. A. (1985) **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. Hucitec, São Paulo. 244. Pp.

Lombardo, M. A. (1995) **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações de método**. Tese (Título de Livre Docência em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Universidade de São Paulo, São Paulo, 529 p.

Londe, R. P. e Mendes, P. C. (2014) A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygeia**, Uberlândia, MG, v. 10, n. 18, p. 264-272.

Lowry, W. P. e Lowry P. P.II.(2001) **The Biological Environment. Vol. 2, Fundamentals of Biometeorology: Interactions of Organisms and the Atmosphere**. Peavine, 680 pp.

Luz, R.A.da. (2010) **Geomorfologia da planície fluvial do rio Pinheiros entre os bairros de Pinheiros, Butantã e Cidade Jardim, São Paulo (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo.

Mazzei, K; Colesanti, M. T. M.; Santos, D. G. (2007) Áreas Verdes Urbanas, Espaços Livres para o Lazer. **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v.19, n.1, p. 33-43.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. (2010) Disponível em: <[http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=355030&search=||info gr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completa](http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=355030&search=||info%20gr%20E1ficos:-informa%E7%F5es-completa)>, Acesso em: 2 abril 2020.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. (2014) Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama>>, Acesso em: 3 abril. 2020.

Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Disponível em: <<http://www.osgeo.org/home>>. Acesso em: 5 abril. 2020.

Polizel, J.L. (2009) **Geotecnologias e Clima Urbano: Aplicação dos Recursos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas na cidade de Piracicaba**. SP. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <:10.11606/T.8.2009.tde-05022010-101157>. Acesso em: 3 abril. 2020.

Ribeiro, F. A. B. S. (2009) Arborização urbana em Uberlândia: percepção da população. **Revista da Católica**, v. 1, n. 1, p. 224-237.

Romero, H. (2019) Urban Climates and the Challenge of Sustainable Development of Chilean Cities. En: HENRÍQUEZ, C. & ROMERO, H. **Urban Climates in Latin America**. Cham: Springer International Publishing, p. 207-256.

Romero, H. e Vásquez, A. (2005) La comodificación de los territorios urbanizables y la degradación ambiental en Santiago de Chile. **Scripta Nova**, 2005, vol. 9, Nº 194, p. 1-68.

Rouse, J.W., *et al.* (1973) **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**, Proceedings, 3rd ERST Symposium, D.C.: NASA.Goddard Space Flight Center, vol.1, p. 309-317.

Silva Filho, D. F *et al.* (2005) Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução, *Scientia Forestali*, Piracicaba, n. 6, p. 88-100. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/68193>>, Acesso em: 3 abril. 2020.

Tarifa, J.R. e Armani, G. (2001) “Os climas naturais” in TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T.T.de,orgs, Os climas da cidade de São Paulo: teoria e prática. **GEOUSP – Novos caminhos**, n.4. Departamento de Geografia, FFLCH, São Paulo.

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.** 108, 1-24.

Voogt, J. A.; Oke, T. R (2003) Thermal remote sensing of urban climates. **Remote sensing of environment**. 86.3: 370-384.