

Análise da dinâmica da ilha de calor e uso da terra nas Subprefeituras do Município de São Paulo, SP.

Magda Adelaide Lombardo, email: magdalombardo@yahoo.com.br
Professora Titular.

Resumo

É cada vez mais evidente a ocorrência de extremos climáticos, nas áreas urbanas. Neste contexto, este trabalho visa analisar a dinâmica da ilha de calor e a ocorrência de espaços livres no contexto do uso e ocupação da terra nas Subprefeituras do Município de São Paulo, SP. Serão mapeados e classificados os diferentes usos da terra com base no geoprocessamento, com o uso de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG). Vão ser usadas imagens de alta resolução dos satélites WorldView-2(pancromática de 0,5 m e multiespectrais de 2 m), com presença das bandas RGB e infravermelho próximo, na área de pré processamento das imagens serão tratadas com filtro Kuwahara. Posteriormente será realizado a classificação supervisionada por meio do software MultiSpec 3.4, versão 2016, com as seguintes classes de uso da terra: área construída (incluindo área comercial, residências multifamiliar e unifamiliar, área industrial), asfalto, floresta urbana e outras áreas de vegetação, corpos de água. Também será usada a estatística Kappa calcular a acurácia das classificações. O mapeamento do uso da terra e vegetação será associado à percepção da população em relação à qualidade ambiental urbana.

Palavras chaves: clima urbano, ilha de calor, uso da terra e vegetação.

Introdução

No Brasil, a população é predominantemente urbana, sendo que em 1950, 35% da população viviam em cidades. Em 2010 este número subiu para 85% do total de habitantes. Assim, em 50 anos, foram acrescentados nos centros urbanos 120 milhões de habitantes (IBGE, 2004).

Nas áreas urbanas, após a Revolução Industrial, em meados do século XVIII, o impacto das atividades antrópicas, com intenso uso da ocupação do solo tem contribuído para alteração da atmosfera resultando no aumento da intensidade da ilha de calor e poluição.

As questões climáticas relacionadas ao aquecimento global tem sido alvo de polêmicos debates, sendo as intervenções humanas como as principais responsáveis pela produção de GEE. Os eventos climáticos extremos têm causado repercussões significativas nos cenários ambientais, econômico e social, afetando as populações residentes, especialmente as grandes áreas urbanas.

Dentre as geotecnologias, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é o mais requisitado para a tomada de decisão do poder público municipal, pois, possibilita a transformações de dados e informações.

Analisando a grandeza do fenômeno da geração de ilha de calor urbana, são inúmeros os mecanismos que contribuem para sua formação e muitos são os fatores de sistemas que interferem na sua intensidade, desde sua localização geográfica até as condições climáticas do dia. Existem fatores relacionados às feições específicas da cidade, como tamanho, densidade populacional além das variações diurnas e sazonais (LOMBARDO, 1985).

O fenômeno da ilha de calor caracteriza-se pelo incremento da temperatura nos centros urbanos em relação às áreas de entorno. Isso pode ser explicado pelo fato de os materiais empregados na construção civil armazenarem calor e das áreas mais adensadas e menos arborizadas tenderem a apresentar temperaturas mais elevadas, mesmo durante a noite.

Segundo Voogt (2003), as ilhas de calor podem ser associadas ao excesso de aquecimento da atmosfera urbana em relação ao seu redor não urbanizado, sendo mais expressivas com céu claro e calma, durante a noite, a diferença de resfriamento radiativo é máxima entre a localização urbana e rural.

Segundo Perez (2001), os materiais com suas propriedades térmicas que compõem a superfície do solo são capazes de modificar e moldar as variáveis microclimáticas de modo que há a formação de regiões mais quentes, com fronteiras bem definidas, que as separam de seus arredores.

As cidades contribuem para a alteração do balanço de energia, gerando bolsões sobre as áreas urbanas, denominadas ilhas de calor. Esse fenômeno reflete a interferência do homem na dinâmica dos sistemas ambientais (LOMBARDO, 1985).

De acordo com Lombardo (1995), a apropriação do solo urbano para finalidades individuais, em oposição aos interesses coletivos, tem determinado a forma como se organiza e transforma a natureza urbana. Na maioria das vezes, o resultado é uma paisagem urbana biologicamente estéril e esteticamente deprimente. Como alternativa, torna-se necessário compreender os processos naturais no contexto urbano, suas relações com o planejamento e desenho das cidades.

Os espaços livres e outras áreas verdes constituem o melhor indicador para diminuir os efeitos negativos relacionados à intensa urbanização onde os elementos naturais foram substituídos por elementos estruturais que acumulam calor, como o asfalto, edificações, estruturas metálicas que proporcionam maior desconforto ambiental na população e também ampliam o fenômeno de “ilha de calor” e poluição.

Segundo Magnoli (1982), os espaços livres incluem as áreas não edificadas: quintais, jardins, ruas, avenidas, praças, parques, rios, matas, mangues, praias urbanas, ou simples vazios urbanos. Sua localização, acessibilidade e distribuição formam um complexo sistema de conexões com múltiplos papéis urbanos: atividades do ócio, circulação urbana, conforto, conservação e requalificação ambiental, drenagem urbana, imaginário e memória urbana, lazer e recreação, dentre outros. Podem ser públicos ou privados.

Este trabalho pretende auxiliar no planejamento urbano, tendo como referência vários produtos de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os mapas podem contribuir para a gestão pública municipal.

Objetivo Geral

Analisar o uso da Terra e sua relação com a temperatura, juntamente com o fenômeno da ilha de calor nas Subprefeituras do Município de São Paulo, SP, com base nas geotecnologias.

Objetivos específicos

1. Mapear o Uso e ocupação da terra nas diferentes subprefeituras do município de São Paulo, SP.
2. Com o uso de imagens termais, mapear a ilha de calor do município de São Paulo, SP.
3. Relacionar as classes de Uso e ocupação da terra com as diferentes temperaturas.
4. Subsidiar as políticas públicas locais.

Justificativa

A dinâmica da expansão urbana apresenta diferenças socioespaciais e, deste modo, este trabalho pode contribuir para avaliar as condições ambientais em diferentes áreas, visando uma melhor qualidade de vida.

A realização dos mapas de uso e ocupação da terra auxilia na visualização da intensa urbanização que vem ocorrendo nos últimos anos e a diminuição das áreas verdes nas Subprefeituras do Município de São Paulo, SP.

O recorte espacial da área de estudo nos anos de 2002, 2010 e 2016, visam auxiliar o planejamento urbano com monitoramento constante dos espaços livres e áreas verdes. Sendo assim, o mapeamento pode contribuir para a melhor da qualidade de vida dos habitantes na subprefeitura e conseqüentemente sirvam de apoio para as políticas públicas locais.

Material e Método

Segundo Lombardo (1985), a urbanização interfere significativamente na atmosfera urbana, considerando-se o aumento das superfícies de absorção térmica, impermeabilização dos solos, alteração na cobertura vegetal, concentração de edifícios que interferem nos efeitos dos ventos e poluição da atmosfera por meio da emissão de gases.

Assim, as características do clima urbano estão associadas ao aumento da temperatura, baixa umidade do ar, alterações nos fluxos dos ventos e aumento da intensidade da precipitação, com o surgimento de eventos extremos com tempestades severas, chuva ácida, ilha de calor e inversão térmica.

O clima é um dos principais indicadores da qualidade urbana, pois segundo o Oke (1978) o processo de urbanização modifica a baixa troposfera fazendo com que em cada cidade ocorra uma atmosfera e um microclima distinto, segundo a dinâmica de uso e ocupação do solo (tipo de edificações, de telhas, quantidade de vegetação, permeabilidade do solo).

As ilhas urbanas de calor (Urban Heat Island – UHI) são definidas por indicarem modificações no clima local, sendo seu maior desenvolvimento no início da noite. Segundo Brandão (2003), a ilha de calor representa o fenômeno mais significativo do clima urbano e sua intensidade depende das condições micro e meso climáticas locais das cidades. Assim, é necessário pesquisar o desempenho das diversas edificações do uso do solo, da morfologia, dos materiais de construção, do desmatamento entre outros, como fatores condicionantes do clima urbano.

Um dos fatores mais afetados pela urbanização é o balanço de energia (MONTEIRO e MENDONÇA, 2003). Conforme OKE (1979), as correntes de ar oriundas das áreas rurais quando adentram a cidade elas se deparam com uma atmosfera modificada e com características próprias. Assim, os processos operacionais são identificados em análises de microescala que operam na camada limite urbana (UCL), abaixo do nível dos telhados; e a análise de mesoescala que opera na camada de fronteira urbana (UBL), ou seja, a cima do nível dos telhados.

O desenho urbano, a geometria formada pelas construções, as propriedades físicas dos materiais e o calor antropogênico contribuem intensamente para a alteração microclimática e, por conseguinte, para as formações das ilhas de calor (DOUTOS; SANTAMOURIS, 2004).

As árvores exercem influência positiva para condicionar um microclima mais adequado e proteger as áreas construídas dos diversos efeitos negativos que ocorrem nas áreas urbanas, como a poluição e as ilhas de calor.

Além disso, as arvores amenizam a diferença entre a escala humana e outros componentes arquitetônicos como altos prédios, muros e grandes avenidas (SILVA FILHO, 2004).

Segundo Yahia e Johansson (2014), a vegetação vem sendo utilizada como uma estratégia na melhoria do microclima e conforto térmico nas áreas urbanas, contribuindo para a manutenção da umidade do ar, redução da temperatura e diminuição do consumo energético.

Sendo assim, é importante destacar que as áreas verdes são indispensáveis para assegurar a qualidade ambiental das cidades, pois abrigam a fauna, filtram o ar,

reduzindo os poluentes, atuam na redução da poluição sonora, diminuem a poeira em suspensão, contribuindo para a saúde do homem (NUCCI, 2001).

Furtado (1994), destaca que o sombreamento realizado pelas árvores auxilia na redução da temperatura dos objetos sombreados e contribui para o consumo de energia na superfície da folha pela evapotranspiração. Assim, a vegetação tem grande influência no controle do clima (GOMES e AMORIM, 2003), entretanto é de extrema importância avaliar a sua distribuição espacial em função do seu gradiente de distância com relação ao uso e ocupação do solo, de modo a avaliar o efeito da alteração higrótérmica do entorno (SILVA FILHO, 2016).

Há uma falta de critério para avaliação das florestas urbanas, pela dificuldade de estabelecer proporções sobre sua distribuição nas cidades, entre as mais diversas áreas, sendo públicas ou privadas e a relação destas árvores com a sociedade que se insere e suas diferentes maneiras de ocupar e usar o solo (SILVA FILHO, 2016). No Brasil, as cidades carecem de uma política nacional de arborização urbana, que estabeleça as diretrizes para este planejamento (SILVA FILHO; BORTOLETO, 2005).

O mapeamento da área de estudo para sua interpretação é uma ferramenta fundamental para a análise espacial da região. Os mapas são um meio de comunicação com linguagem própria, e neste sentido deve estimular a atenção e reflexão do usuário em relação à mensagem que se pretende transmitir (MARTINELLI, 1991).

A área de estudo do trabalho, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), é uma complexa região administrativa do Estado de São Paulo reúne 39 municípios com características socioeconômicas e territoriais heterogêneas, 19.867.456 habitantes (SEADE, 2011).

A RMSP está localizada geograficamente no Planalto Atlântico cortado pelo trópico de Capricórnio. Esse relevo é conhecido como Bacia Sedimentar de São Paulo. A área possui uma extensão aproximada de 8000 km² com uma topografia dominada por colinas e que variam entre 650 e 1200 m de altura (CETESB, 1993).

A região é drenada pela Bacia do Rio Tiête no sentido Leste- Oeste e tem como seus principais afluentes os rios Pinheiros e Tamanduateí. Ao longo desses rios, ficam as várzeas, ladeadas por terraços de 725 a 735 m. Mais acima, ficam as colinas que atingem 750 m. No interflúvio dos rios Tiête e Pinheiros encontra-se o Espigão Central (Espigão da Paulista) com altitudes superiores a 800 m .

Toda a complexidade da RMSP associada à proximidade do oceano e a intensa urbanização influenciam muito o padrão da circulação atmosférica criando situações peculiares na RMSP.

O sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm se destacado como importantes ferramentas para qualificar e quantificar diversos processos na mudança do uso e ocupação do solo e na determinação da temperatura aparente de superfície (WENG, 2005).

Lombardo (1995) também destaca que os produtos de sensoriamento remoto, tanto fotográficos aéreos como imagens orbitais, auxiliam no processo de planejamento, permitindo identificar as características e as origens dos agentes modificadores do espaço, além de permitir monitorar a intensidade e extensão das alterações provocadas pela ocupação da terra.

Dentre as geotecnologias, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é o mais requisitado para a tomada de decisão do poder público municipal, pois, possibilita a transformações de dados e informações.

Segundo Noal (1995) define SIG como conjunto de programas e equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuários), integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georeferenciados.

Os sensores de infravermelho termal encontrados no Satélite Landsat 5 são capazes de mensurar a temperatura aparente da superfície “land surface temperature” (LST). A determinação da LST é utilizada para diversas áreas de interesse como, por exemplo, processos termais que ocorrem no oceano (OLIVEIRA, 2001), estudos de ilhas de calor nos centros urbanos (LOMABRDO, 1985).

No trabalho serão utilizados, os sensores de infravermelho termal encontrados no Satélite Landsat 5 que são capazes de mensurar a temperatura aparente da superfície “land surface temperature” (LST). A determinação da LST é utilizada para diversas áreas de interesse como, estudos de Ilhas de Calor nos centros urbanos (LOMBARDO, 1985; GEDZELMAN, 2003 E COLTRI, 2005).

O processo de mensurar a temperatura aparente da superfície exige uma série de cálculos matemáticos (SOBRINHO, 1990) e também a aplicação de algoritmos de softwares. . Dentre os softwares para esse tipo de transformação se destaca o ArcGis 9.3 que possui um algoritmo de transformação termal capaz de fazer conversão dos níveis de cinza das imagens Landsat 5.

No trabalho será realizado o mapeamento do uso e ocupação da terra das subprefeituras do município de São Paulo, SP, nos anos de 2002, 2010 e 2016.

Neste trabalho, serão usadas imagens de alta resolução dos satélites WorldView-2 (pancromática de 0,5 m e multiespectrais de 2 m), com presença das bandas RGB e infravermelho próximo, na área de pré processamento das imagens serão tratadas com filtro Kuwaha desenvolvido em (HAMAMURA, 2013). Posteriormente será realizado a classificação supervisionada por meio do software MultiSpec 3.4, versão 2016, com as seguintes classes de uso da terra: área construída (incluindo área comercial, residências multifamiliar e unifamiliar, área industrial), asfalto, floresta urbana e outras áreas de vegetação, corpos de água. Também será usada a estatística Kappa para calcular a acurácia das classificações como proposto por Congalton et al. (1983).

A supressão da vegetação tem sido intensificada pela urbanização com os grandes centros urbanos. Esse processo tem causado um desequilíbrio na paisagem, tornando essas áreas urbanas vulneráveis e sem qualidade de vida. Sendo assim, a utilização de séries de imagens do satélite Landsat é adequada para interpretar a intensa urbanização que se sobrepõem às áreas de vegetação (SABINS, 1999).

Vários cientistas analisaram a cobertura vegetal, por meio de índices de vegetação utilizando medidas espectrais. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um índice que qualifica e quantifica a cobertura vegetal, e tem sido um dos mais utilizados atualmente. Este índice foi proposto por (ROUSE, 1973), e é utilizado para identificar a presença de vegetação verde na superfície, o que permite caracterizar sua distribuição espacial, bem como a evolução do seu estado ao longo do tempo, a qual é determinada pelas variações das condições climáticas dominantes, bem como pelos ciclos fenológicos anuais (FOLHES, 2007).

Segundo Baret (1991), os índices de vegetação são transformações lineares da reflectância de duas ou mais bandas do espectro eletromagnético, que podem ser obtidos através da soma, diferença e razão da banda (como é o caso do NDVI).

Plano de trabalho e Cronograma de Execução

		Ano 2018						Ano 2019					
	ATIVIDADES/PERÍODOS (meses)	0-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11- 12	0-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1	Revisão Bibliográfica		X	X	X								
2	Mapeamento da área					X	X						
3	Sensoriamento Remoto								X	X	X		
4	Participação em grupo de pesquisas					X	X	X	X				
5	Análise dos Dados										X	X	
6	Relatório Final											X	X

Equipe envolvida no projeto

- Wagner Costa Ribeiro do Departamento de Geografia da USP e do Instituto de Estudos Avançados (IEA), USP
- Gabriela de Gulio da Faculdade de Saúde Pública, USP.

- Denise Duarte da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), USP.
- Demóstenes Ferreira da Silva Filho do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ, USP.
- Jefferson L. Polizel, Antonio Lopez, do Laboratório de Métodos Quantitativos do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ, USP.

O trabalho será desenvolvido junto ao Laboratório de Métodos Quantitativos do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ, USP, com o apoio do técnico Jefferson L. Polizel e do Professor Doutor Demóstenes Ferreira da Silva Filho. Na ESALQ, em Piracicaba, serão dedicados 8 horas semanais. No Instituto de Estudos Avançado da USP, serão dedicados 16 horas semanais.

O orçamento necessário para a realização da pesquisa, incluindo trabalho no Laboratório de Métodos Quantitativos do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ, Piracicaba e trabalho de campo no Município de São Paulo, bem como encontros com a equipe no Instituto de Estudos Avançados da USP. Sendo assim, o recurso necessário é de 2000 reais por mês.

Referência Bibliográfica

BARET, F; GUYOT. G. **Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment.** Remote Sensing of Environment, New York, v. 35, p. 161-173, 1991.

BRANDÃO, A. M.P.M. **O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro.** In: MENDONÇA, Francisco de Assis e MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo (orgs). **Clima Urbano.** São Paulo: Contexto, 2003.

CONGALTON, R.G. Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. **International Journal of Wildland Fire**, Manitoba, v.10, p. 321 – 328, 2001.

DOUTOS, L.M; SNTAMOURIS, L.I. Passive cooling of outdoor urban spaces: the role of materials. In: Solar Energy, número 77, 2004.

FENZL,N. **Mudanças Climáticas – realidade e ficção.** 2010.

FOLHES, M.T. Modelagem da evapotranspiração para a gestão hídrica de perímetros irrigados com bases em sensores remotos. (Tese Doutorado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2007.

FURTADO, A.E. **Simulação e análise da utilização da vegetação como anteparo às radiações solares em uma edificação.** Dissertação (Mestrado em Conforto Ambiental) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 138 p. Rio de Janeiro, 1994.

GOMES, M.A.S; AMORIM, M.C.C.T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 7, n.10, p. 96 – 106.

HAMAMURA, C. Mapeamento de quintais privados por meio de sensoriamento remoto. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável.** Série Estudos e pesquisas: Informações Geográficas. Rio de Janeiro, 2004.

IPCC. Summary for Policymakers. In: SOLOMON, S. et al (Orgs). *Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, United Kingdom; New York, USA: Cambridge University Press, 2007.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, 304:1623-1627, 2004.

LOMBARDO, M. A. **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações de método.** 1995.529 p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

LOMBARDO, M.A. – **Ilha de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de São Paulo.** São Paulo, 244 p. Ed. Hucitec, 1985.

MAGNOLI, M. **Espaços livres e urbanização.** Tese (Livre-docência) – FAUUSP, São Paulo, 1982.

MARTINELLI, M. M. **Curso de cartografia temática.** Contexto, 1991.

MILLER, R.W. **Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces.** 2 ed. New Jersey, Prentice Hall, 1997. 502p.

MOLL, G. Urban Forestry: A National Initiative. In: BRADLEY, G.A., (Ed). **Urban Forest Landscapes: integrating multidisciplinary perspectives.** Seattle and London: University of Washington Press, 1995. P 12-16.

MONTEIRO, C.A de F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano.** São Paulo: Editora Contexto, 2003.

NOAL, R.H. **A natureza dos Sistemas de Informação Geográfica**: aplicabilidade para o estudo da qualidade da água na bacia do Rio Tietê. Tese (Mestrado), Rio Claro, UNESP, 1995.

NUCCI, J.C. Qualidade ambiental e adensamento do urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicada ao distrito de Santa Cecília (MSP). São Paulo, FFLCH/USP, 2001.

OKE, T. R. **Boundary layer climate**. London: Methuen, 1978. 372 p.

OKE, T.R.. Technical Note n.169: **Review of urban Climatology**, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, p.43. 1979.

OLIVEIRA, G.S.; **O El Niño e Você – o fenômeno climático**. Trnastec Editorial – São José dos Campos (SP), 2001.

PEREZ, J.C.; SÁNCHEZ, M. DE LOS.AV.; BARRADAS, V.L. **Clima, urbanizaciós y uso del suelo em ciudades tropicales de Mexico**. Red Nacional de Investigación Urbana, Puebla, México, Ciudades 51, 2001.

ROUSE J.W; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**, Proceedings, 3rd ERTS Symposium, D.C.: NASA, Goddard Space Flight Center, vol.1, p. 309-317, 1973.

SABINS, F.F. **Remote Sensing – Principles and Interpretation**. 3 rd Ed. W. H. Freeman and Company. New York, 1999.

SCARPINELLA, G.A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Kyoto**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2002. 182p. (Dissertação de Mestrado).

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/>> Acesso em: 24 ago.2017.

SILVA FILHO, D.F. **Aplicação de geotecnologias em silvicultura urbana para a melhoria microclimática do ambiente**. 2016. 91 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2016.

SILVA FILHO, D.F. da. Aplicação de videografia aérea multiespectral na avaliação de floresta urbana. 2004. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

SILVA FILHO, D.F.; BORTOLETO, S. Uso de indicadores de diversidade na definição de plano de manejo da arborização viária de Águas de São Pedro – SP. In: **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v. 29, n. 6, 2005. P. 973-982.

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

WENG, Q. **Fractal analysis of satellite – detected urban heat island effect.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v. 69, n.5, p. 555-566, 2003.

YAHIA, M.W.; JOHANSSON, E. Landscape interventions in improving thermal confort in the hot dry city of Damascus, Syria – The example of residential spaces with detached buildings. **Landscape and Urban Planning**, v. 125, 2014, p. 1-16.