

Estudo da evolução de áreas urbanas e aumento da temperatura no Distrito Federal usando imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8

Rafaela Lisboa Costa ¹
Fabrício Daniel dos Santos Silva ²
Gustavo Macedo de Mello Baptista ¹

¹ Universidade de Brasília - UnB
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília - DF - CEP 70910-900
rafaelalisboac@gmail.com; gmbaptista@unb.br

² Instituto Nacional de Meteorologia - INMET
Eixo Monumental Sul Via S1 – Brasília - DF, Brasil – CEP 70680-900
fabricio.silva@inmet.gov.br

Abstract. The main objective of this study was, using remote sensing data from satellites such as Landsat 5 and 8, to analyze the degree of thermal comfort or discomfort suffered by the population over the years to the present day. Furthermore, it had become in order to analyze the growth of urban areas of the Distrito Federal. For this, we used the NDVI to observe the evolution of urbanization and the ID_K to obtain the areas where you hear occurrence of thermal comfort or discomfort. Finally, it can be concluded that with an increase in deforestation and urban areas, there was an increase in local temperature, which can be seen through the ID_K behavior, showing the increased occurrence of discomfort and heat stress, which can cause in several disorders to the health of the population.

Palavras-chave: remote sensing, NDVI, thermal comfort, sensoriamento remoto, NDVI, conforto térmico.

1. Introdução

O crescimento populacional e o aumento desordenado das áreas urbanas no Distrito Federal têm provocado um fenômeno peculiar: as ilhas de calor urbanas. Esse processo caracteriza-se pelo incremento da temperatura nos centros urbanos em relação às áreas de entorno. Isso pode ser explicado devido aos materiais utilizados na construção civil, que armazenam calor, e das áreas mais adensadas e menos arborizadas que tendem a apresentar temperaturas mais elevadas, mesmo durante a noite (Bias et al. 2003).

O Distrito Federal, que está localizado na região Centro-Oeste do Brasil, a uma altitude que varia entre 1000 e 1200m, apresenta um clima tipicamente tropical, com verões úmidos e chuvosos e invernos secos e frios. O Distrito Federal já conta com aproximadamente 3 milhões de pessoas, espalhadas por sua área urbana e cidades satélites (Costa, 2012).

Devido à atividade antrópica, o microclima local está sendo seriamente afetado, com as cidades apresentando, naturalmente, diferenças de temperaturas. Por causa desta diferença, a população acaba sofrendo certo desconforto com noites muito frias ou dias muito quentes. O grau de conforto ou desconforto térmico sentido pelas pessoas deve-se ao efeito conjugado da produção de calor metabólico, de fatores ambientais como a velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa, entre outros, e também do tipo de vestimenta utilizada pela pessoa (Gouvêia, 2006; Maia, 2002).

O conforto térmico é definido como uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico circunjacente. Ter uma sensação termicamente confortável significa que uma pessoa, usando uma quantidade normal de roupas, não sentiria nem frio nem calor em excesso. Alguns fatores podem ser citados como determinantes para avaliar o grau de conforto térmico, como: fatores pessoais (saúde, psicologia, sociologia, etc.), temperatura do ar, radiação térmica, vento, roupas, entre outros (Nedel, 2008).

O objetivo deste trabalho é analisar a evolução do crescimento das áreas urbanas por meio do cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e o grau de conforto ou desconforto térmico, através do Índice de Desconforto de Kawamura (ID_K), sensível pela população em áreas distintas do Distrito Federal, utilizando imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, para diferentes períodos.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Imagens de satélite

Neste estudo foram utilizadas imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5 e dos sensores *Operational Land Imager* (OLI) e do *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) do satélite Landsat 8 para o Distrito Federal, abrangendo as áreas urbanizadas e com vegetação (Figura 1), com o intuito de analisar o conforto térmico em diferentes regiões. Ao todo, foram utilizadas 6 imagens, 4 do Landsat 5 e 2 do Landsat 8, datadas dos seguintes dias: 19 de maio de 1987, 31 de outubro de 1989, 06 de maio de 1994, 13 de outubro de 1994, 29 de julho de 2013 e 04 de outubro de 2014. Essas datas compreendem ao início dos períodos seco (maio e julho) e chuvoso (outubro) dessa região.

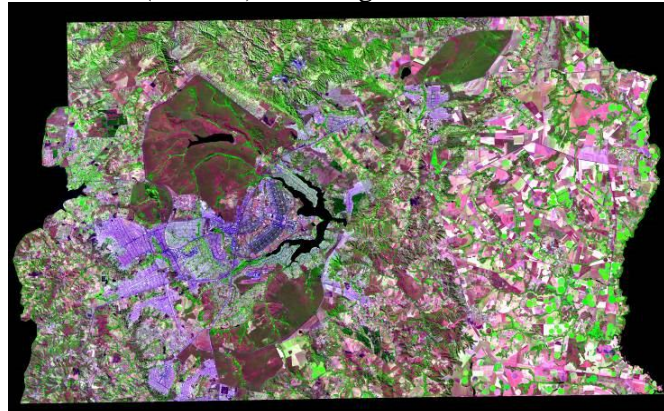


Figura 1: Imagem do Landsat 8 mostrando a área de estudo, em uma combinação R6G5B4.

O Landsat 5 possui 7 bandas, sendo 6, com resolução espacial de 30 m, e 1 banda termal, com resolução espacial de 120 m. Já o Landsat 8 possui 11 bandas, sendo duas bandas no comprimento de onda do infravermelho termal, as bandas 10 e 11, com comprimentos de ondas nos seguintes intervalos: 10,60 – 11,19 μ m e 11,50 – 12,51 μ m, respectivamente, e com resolução espacial de 100 m cada. Como a análise realizada é diretamente relacionada à temperatura de superfícies quentes, somente foi usada a banda 10 do sensor termal, por ser melhor sensor para esses tipos de alvos, pois, de acordo com a Lei de Wien, quanto maior a temperatura do alvo, menor é o pico de excitância radiante.

2.2. Processamento das imagens

Para utilizar imagens de satélite, o primeiro passo foi fazer o processamento da imagem. Os procedimentos realizados foram os de conversão da imagem bruta em radiância e de radiância para temperatura de brilho, para o caso das bandas termais. Como foram usados dois satélites diferentes, o Landsat 5 e o 8, para cada um deles há uma equação e coeficientes de conversão. As informações sobre os satélites, como as equações e os coeficientes usados nesses procedimentos, podem ser obtidas por meio dos seguintes *sites* em: (http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/radiometria_new.php) para o Landsat 5 e

(<http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>) para o Landsat 8. Como a temperatura é dada em Kelvin, esta deve ser convertida em (°C).

2.3. O NDVI e o Índice de Desconforto Térmico

Para avaliar a evolução das áreas urbanizadas, utilizou-se como artifício o cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI – Rouse et al., 1973). O NDVI é um índice que envolve a razão normalizada entre a diferença e a soma das bandas do infravermelho próximo (que no Landsat 5 é a banda 4 e no Landsat 8 é a 5) e o vermelho (banda 3 no Landsat 5 e banda 4 no Landsat 8). Esse índice é linearmente proporcional à biomassa, logo, tende a ser o índice mais apropriado quando se pretende fazer comparações ao longo do tempo de uma mesma área (Meneses e Almeida, 2012).

O NDVI varia de -1 a 1. Quanto mais claro o tom de cinza na imagem, maior a densidade da vegetação; tons de cinza médios indicam pouca vegetação e tons de cinza totalmente escuros indicam a ausência de vegetação. Dessa forma, esse índice torna-se o mais apropriado para avaliar o crescimento de áreas urbanas e desmatamento.

Para se calcular as sensações de conforto ou desconforto térmico sofrido pela população dessas grandes cidades, será utilizado o Índice de Desconforto Térmico Humano (ID_K), proposto por Kawamura (Ono & Kawamura, 1991).

Para se calcular o ID_K , é necessária a utilização dos dados de temperatura ar (°C) e temperatura do ponto de orvalho (°C). O seguinte índice é calculado de acordo com a equação 1:

$$ID_K = 0,99 \cdot T + 0,36 \cdot T_d + 41,5 \quad (1)$$

Onde T é a temperatura do ar e T_d é a temperatura do ponto de orvalho, ambas em °C.

A temperatura do ar (T) é uma expressão usada na meteorologia para traduzir a temperatura reinante em um ponto da atmosfera e a temperatura do ponto de orvalho (T_d) é definida como a temperatura à qual o vapor d'água que está em suspensão na atmosfera condensaria sob uma mesma pressão. Os valores de temperatura do ar (T) e temperatura do ponto de orvalho (T_d), como visto na equação 3, são essenciais para se obter o ID_K . A temperatura do ar (T) foi obtida através da equação de conversão de radiancia em temperatura de brilho na imagem de satélite. Já a temperatura do ponto de orvalho (T_d) foi obtida seguindo o seguinte processo:

- Primeiramente, obtém-se a pressão parcial do vapor d'água (e_a). A pressão parcial do vapor d'água define-se como a pressão do teor de vapor d'água contido no ar, em condições atmosféricas normais. A equação para se obter a pressão parcial do vapor d'água é dada pela equação 2:

$$e_a = 6,1078 * e^{\frac{17,3 \cdot T}{237,2 + T}} \quad (2)$$

- Após obtido a e_a , calcula-se T_d , de acordo com a equação (3):

$$T_d = \frac{237,2 * \log_{10}\left(\frac{e_a}{e_o}\right)}{(17,2688 - \log_{10}\frac{e_a}{e_o})} \quad (3)$$

Onde:

T_d – temperatura do ponto de orvalho (°C);

e_a – pressão parcial do vapor d'água (hPa);

e_o – pressão parcial do vapor d'água quando a temperatura do ar for 0°C = 6,1078 hPa.

- Por ultimo, obtém-se o ID_K , através da equação 1, já descrita anteriormente.

Por meio desse índice, é possível estabelecer condições de conforto, desconforto ou estresse, devido ao frio ou calor sentido pela população, dependendo da faixa atingida pelo índice de acordo com as faixas de valores estabelecida por Ono & Kawamura (1991):

$ID_K > 80 \rightarrow$ estresse devido ao calor;

$75 < ID_K < 80 \rightarrow$ desconforto devido ao calor;

$60 < ID_K < 75 \rightarrow$ confortável;

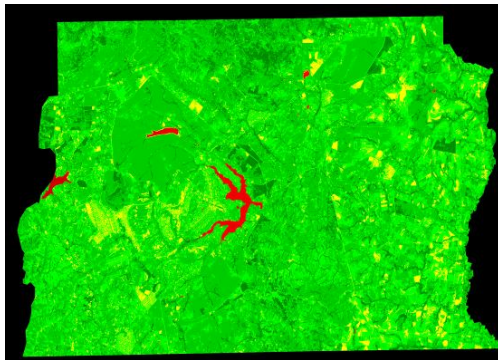
$55 < ID_K < 60 \rightarrow$ desconforto devido ao frio;

$ID_K < 55 \rightarrow$ estresse devido ao frio.

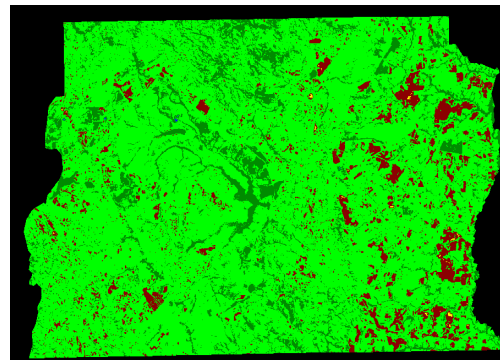
Todo o processamento realizado nesse estudo foi realizado no software ENVI, versão 4.7, por meio da ferramenta *Band Math*, na qual todas as variáveis aqui apresentadas foram obtidas como imagens.

3. Resultados e Discussão

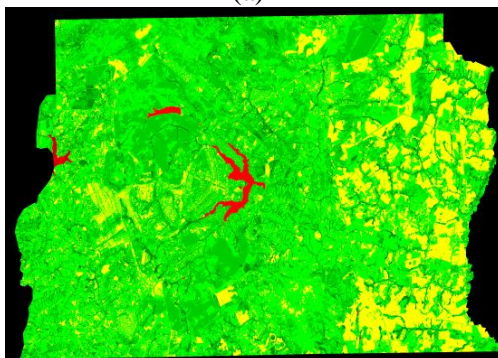
As imagens a seguir mostram os resultados para os índices NDVI (figuras a esquerda) e ID_K (figuras a direita) do Distrito Federal. Nas imagens de NDVI, o vermelho representa as áreas com a presença de água; os tons de verde mostram a vegetação e os tons de amarelo representam as áreas urbanas ou áreas de solo exposto. Já para as figuras do ID_K , os tons em verde escuro ou azul representam as áreas que sofrem com o estresse ou desconforto devido ao frio, pelo fato da grande presença de vegetação e água. As áreas em tons de verde mais claro são as áreas em que a sensação é de conforto térmico e os tons avermelhados são as áreas em que a população sofre com o desconforto ou, até mesmo, estresse devido ao calor.



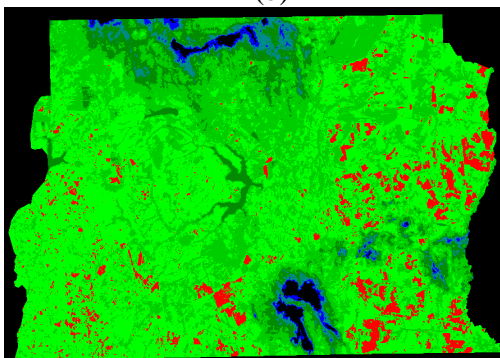
(a)



(b)



(c)



(d)

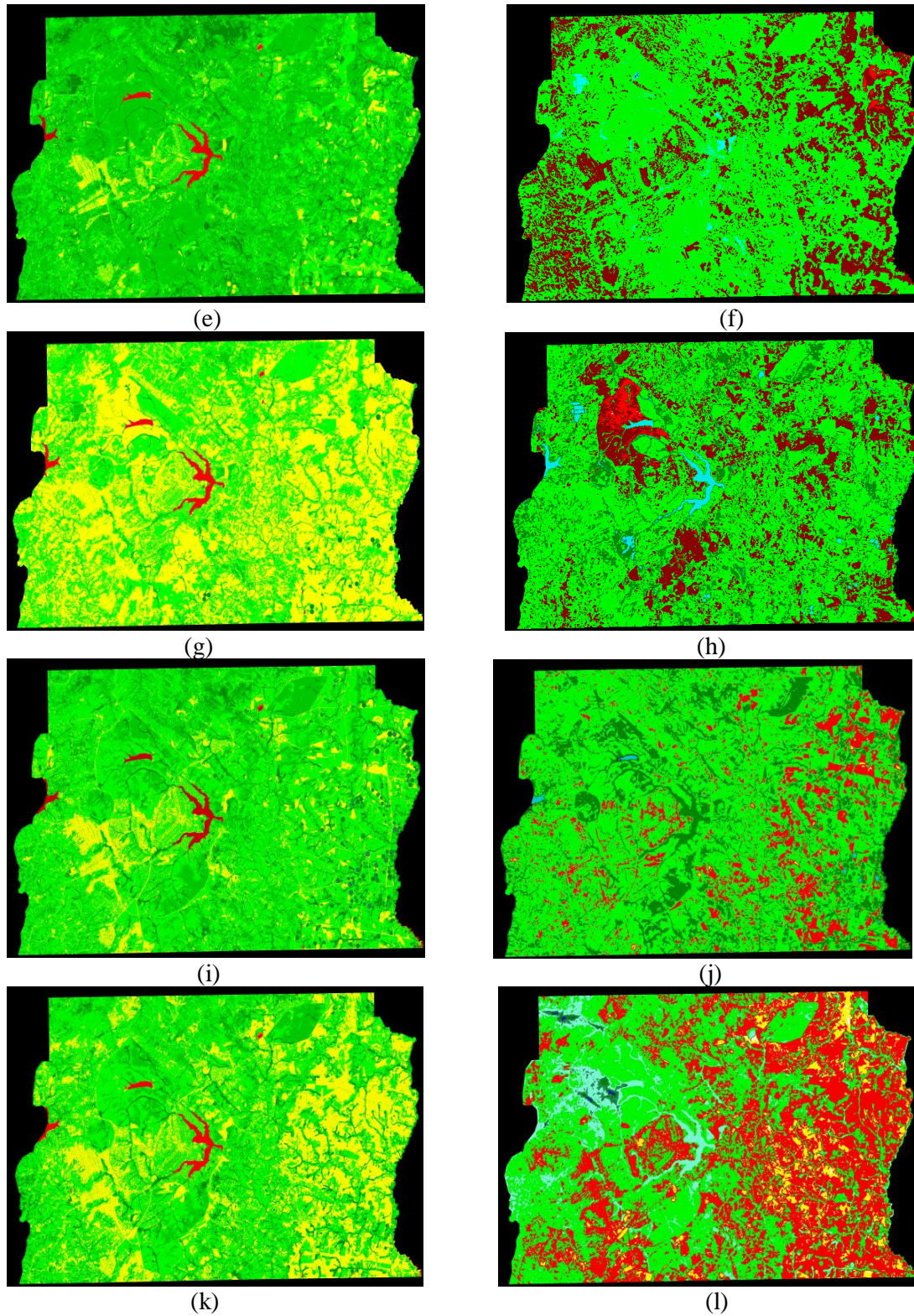


Figura 2: Imagens de NDVI (à esquerda) e do ID_K (à direita) para o Distrito Federal para as seguintes datas: (a) e (b) 19 de maio de 1987, (c) e (d) 31 de outubro de 1989, (e) e (f) 06 de maio de 1994, (g) e (h) 13 de outubro de 1994, (i) e (j) 29 de julho de 2013, (k) e (l) 04 de outubro de 2014.

Analisando o índice NDVI (figuras à esquerda), pode-se observar, nitidamente, a evolução das áreas urbanas, algumas de forma desordenada, no entorno de Brasília que estão representadas em tons de amarelo. As figuras (c), (g) e (k) devem ser observadas com mais atenção. Isso se deve ao fato que, como são datadas do mês de outubro dos anos de 1989, 1994 e 2014, respectivamente, essas imagens representa o período entre o fim da estação seca e início da estação chuvosa. Dessa forma, as áreas, em tons de amarelo, presentes na região leste do Distrito Federal, podem não representar apenas áreas urbanas, mais também áreas que sofreram com as queimadas que ocorrem, frequentemente, no período seco e, ainda, áreas que são usadas para a agricultura.

Em seus estudos, Lombardo (2005), Bias et al. (2003) e Baptista (2002), mostraram que o aumento das áreas urbanas de forma desordenada pode afetar o microclima local, acarretando, principalmente, no aumento da temperatura local. Lombardo (2005) afirma que “uma metrópole sem planejamento adequado de uso do solo, com ausência de parâmetros adequados de verticalização e ocupação, sobretudo onde ela cresce a uma velocidade rápida e com poucos recursos técnicos, pode colocar em risco a qualidade de vida dos seus habitantes”.

As imagens de datas mais recentes (Figuras 2 (i), (j), (k) e (l)) demonstram como os anos de 2013 e 2014 têm sido anos atípicos meteorologicamente. Desde o mês de maio de 2013 até o início do mês de outubro de 2014, foram registradas chuvas muito abaixo do que se é esperado para essa região neste período. Dessa forma, o NDVI mostrou-se com mais áreas que aparentam ausência de vegetação, que podem ter sido afetadas por queimadas, desmatamento e, até mesmo, pelo crescimento de áreas urbanas sem fiscalização. O mesmo pode ter ocorrido no mês de outubro de 1994 (Figura 2g), tendo em vista que o comportamento do NDVI para esta data é muito semelhante ao NDVI de outubro de 2014 (Figura 2k), não com a mesma intensidade do ano de 2014.

Por meio do índice ID_K , nota-se que houve aumento na temperatura da superfície ao longo dos anos. As áreas onde se observava sensação de conforto estão diminuindo, sendo que, atualmente, o Distrito Federal apresenta maior ocorrência de sensação de desconforto e/ou estresse devido ao calor.

Apesar de Costa et al. (2010) ter apresentado que Brasília e sua região metropolitana apresentam alta incidência de sensações de conforto térmico na maior parte do tempo, esse estudo mostra que essa situação está sendo alterada pelo aumento de áreas urbanas, o que acarreta em aumento na temperatura e, assim, aumento nas sensações de desconforto.

4. Conclusões

O presente estudo permitiu mostrar a importância em integrar o uso de dados de sensores termais com sensores multiespectrais e análises das condições meteorológicas, a fim de se compreender como a evolução de áreas urbanas pode influenciar nas condições térmicas de uma região.

Os resultados permitem concluir que existe uma relação entre as propriedades da superfície, que estão associadas às áreas urbanizadas, e condições meteorológicas locais, como a diferença de temperatura, avaliadas por meio do índice de conforto térmico. Com o uso do índice NDVI, foi possível observar crescimentos de algumas áreas urbanas e áreas de uso para a agricultura.

Esse estudo mostrou que o Distrito Federal, ao longo dos anos, vem sofrendo com o aumento da temperatura local, com maior frequência de ocorrência de sensações de desconforto e estresse devido ao calor. Pelo ano de 2014 ter sido considerado um dos anos mais quentes dos últimos tempos, isso explica o fato desta região ter sofrido mais com o

estresse devido ao calor, mesmo em áreas onde há vegetação, devido ao aumento das ocorrências de queimadas. Da mesma forma, pelo comportamento apresentado no mesmo período para o ano de 1994, pode se dizer que este, também, pode ter sido um ano onde as temperaturas se apresentaram mais elevadas, e, assim, apresentou muitas áreas propícias ao desconforto ou estresse devido ao calor.

Não é possível concluir, ainda, que esse aumento na temperatura está relacionado às mudanças climáticas. Entretanto, foi possível observar que, o aumento de áreas urbanas e desmatamento, pode sim alterar o clima local e, assim, provocar diversos distúrbios, principalmente, para a população.

5. Referências Bibliográficas

- Baptista, G.M.M. Estudo Multitemporal do fenômeno Ilhas de Calor no Distrito Federal. **Revista Meio Ambiente**, n. 02, p. 03-17, 2002.
- Bias, E. S., Baptista, G. M. M., Lombardo, M. A. Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e IKONOS. In: **XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Belo Horizonte – MG. 2003.
- Costa, R. L., Silva, F. D. S., Ataíde, K. R. P., Baptista, G. M. Análise do índice de conforto térmico humano na região do Distrito Federal. In: **XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2012, Gramado, Rio Grande do Sul.
- Gouvêia, M. L., Freitas, E. D., Branco, F. V. Estudo do conforto térmico humano na região metropolitana de São Paulo e sua relação com propriedades da superfície urbana. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006, Florianópolis, Santa Catarina.
- Lombardo, M.A. Ilhas de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: **HUCITEC**. 244 p. 1985.
- Maia, J. A. **Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorológicas na cidade de São Paulo**. 2002. 136p. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
- Meneses, P. R.; Almeida, T. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: Parêntese, 2012. 266p.
- Nedel, A. S. **Condições Meteorológicas Favoráveis à Ocorrência de Doenças Respiratórias em Crianças da Cidade de São Paulo**. 2008. 193 p. Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.
- Ono, H. S. P.; Kawamura, T. Sensible Climates in Monsoon Asia. **International Journal of Biometeorology**, Vol. 35, n° XX, pp. 39-47, 1991.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A. and Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In **3rd ERTS Symposium**, NASA SP-351 I, pp. 309–317. 1973.