

Dinâmica da cobertura vegetal na evolução espaço-temporal de uma paisagem urbanizada

Mirtes Hortency Gonçalves Ferreira¹
Gabriela Macêdo Aretakis de Almeida²
Vanessa Bastos Simões da Costa²
Tiago Henrique de Oliveira³
Josiclêda Domiciano Galvêncio⁴
Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel⁵

¹ Graduanda do Curso de Agronomia-UFRPE
Estagiária do Laboratório de Fitomorfologia Funcional-UFRPE
Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife-PE, Brasil. CEP: 52171-900
misty_hortency@hotmail.com

² Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-UFPE
Laboratório de Fitomorfologia Funcional-UFRPE
Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife-PE, Brasil. CEP: 52171-900
vanessabastos_simoes@hotmail.com; gabiaretakis@htomail.com

³ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-UFPE
Gestor de Análise e Geoprocessamento do Inst. da Cidade do Recife Eng. Pelópidas Silveira-
SDPU/PCR
Rua do Bom Jesus, 227, Bairro do Recife, Recife-PE, Brasil. CEP: 50030-170
thdoliveira50@gmail.com

⁴ Profa. Dra. Departamento de Ciências Geográficas-DCG/UFPE
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife-PE, Brasil. CEP: 50670-901
josicleda@hotmail.com

⁵ Profa. Dra. Departamento de Biologia/Botânica-UFRPE
Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife-PE, Brasil. CEP: 52171-900
pimentel@db.ufrpe.br

Abstract.

The process of urbanization promotes the replacement of vegetated areas in built up areas, resulting in soil sealing and producing consequent “heat islands” in urban centers. Therefore, this study aimed to assess the space-time evolution of a urban landscape of the city of Recife, Pernambuco, considering the trees and the enhanced vegetation index. The TM images were stacked, registered and cropped the edge of the study area. Subsequently, it was radiometrically calibrated, transformed into reflectance values, and the enhanced vegetation index (EVI) and surface temperature calculated. The images of EVI showed smaller areas with higher values at 0.4, and bigger areas with values between 0 and 0.2 EVI. It indicates that the areas with the highest percentage of green areas decreased in this city between the years 1989 and 2010. The local values with lower enhanced vegetation index have higher surface temperatures, regardless of the dry and wet season. The results indicate a decreasing in the vegetation cover, probably been associated with changes of usage of these sites; currently people use it to offer service trade and, in some cases, as parking area without significant vegetation cover.

Keywords: remote sensing, urbanization, heat islands, enhanced vegetation index, sensoriamento remoto, urbanização, ilhas de calor, índice de vegetação ajustado.

1. Introdução

O processo de urbanização é um dos principais atuantes na modificação da paisagem. Este processo teve seu marco inicial no século XIX, com a revolução industrial, que ocasionou a migração de populações humanas das zonas rurais para as cidades, culminando na formação de grandes centros urbanos (Wallerstein, 2006; Silva et al., 2013). O novo modo de vida dessas populações acarretou a substituição da cobertura vegetal por construções habitacionais, promovendo a expansão horizontal e vertical das áreas urbanas (Morais et al., 2007).

Essas mudanças do uso e cobertura do solo envolvem a impermeabilização do solo e o aumento da poluição atmosférica, com consequências nas condições climáticas locais, como o aumento da temperatura e alterações no fluxo de calor da superfície (Nóbrega e Vital, 2010; Oliveira et al., 2013a). Todas essas alterações podem levar à formação de “ilhas de calor”, um fenômeno caracterizado pela elevação da temperatura do ar nos centros urbanos, que gera desconforto em regiões de clima tropical, afetando a qualidade de vida das pessoas nessas regiões (Oke, 1991; Heisler e Brazel, 2010; Silva et al., 2013).

Visando mitigar os efeitos produzidos pelas mudanças climáticas nos centros urbanos, diversos autores apontam como estratégia o reestabelecimento de espécies vegetais nas cidades, visto que estas auxiliam na redução da temperatura e diminuição da poluição atmosférica (Paiva e Gonçalves, 2002; Solecki et al., 2005; Oliveira et al., 2013a; Oliveira et al., 2013b). Segundo Solecki et al. (2005), em contraponto com as ilhas de calor, tanto as florestas urbanas, como as ruas arborizadas, praças, bosques e outros tipos de vegetação estabelecida nos centros urbanos, promovem a amenização climática local através de um fenômeno denominado “ilhas de frescor urbano”.

Atualmente, diversas ferramentas de sensoriamento remoto vêm sendo utilizadas para investigar os efeitos dessas modificações nos centros urbanos, uma vez que permitem a avaliação da evolução espaço-temporal da paisagem, considerando parâmetros climáticos. Nesse sentido, a pesquisa proposta objetiva avaliar a evolução espaço-temporal de uma paisagem urbanizada na cidade do Recife, em Pernambuco, levando em consideração a arborização e o índice de vegetação ajustado.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no município do Recife (Figura 1), em Pernambuco, nordeste do Brasil. Esse município apresenta uma população de 1.537.704 habitantes (IBGE, 2010). A paisagem selecionada está inserida em uma área com intensa urbanização, onde localiza-se uma das avenidas mais movimentadas desta cidade, a Av. Caxangá, que possui extensão de aproximadamente 7km. Esta avenida é um dos principais corredores de ônibus de Recife, apresentando intenso fluxo de veículos.

2.2 Dados Radiométricos

Foram selecionadas três imagens do sensor Thematic Mapper (TM), de órbita e pontos 214/66, a bordo do satélite Landsat 5, adquiridas junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As passagens do satélite na área de estudo datam em 28 de setembro de 1989, 8 de setembro de 2005, 28 de julho de 2007 e 6 de setembro de 2010. Todas as cenas do Landsat foram registradas e ortoretificadas, tomando por base a imagem disponibilizada pelo site *Earthexplorer*, com recorte da área selecionada para estudo e buffer de 200m.

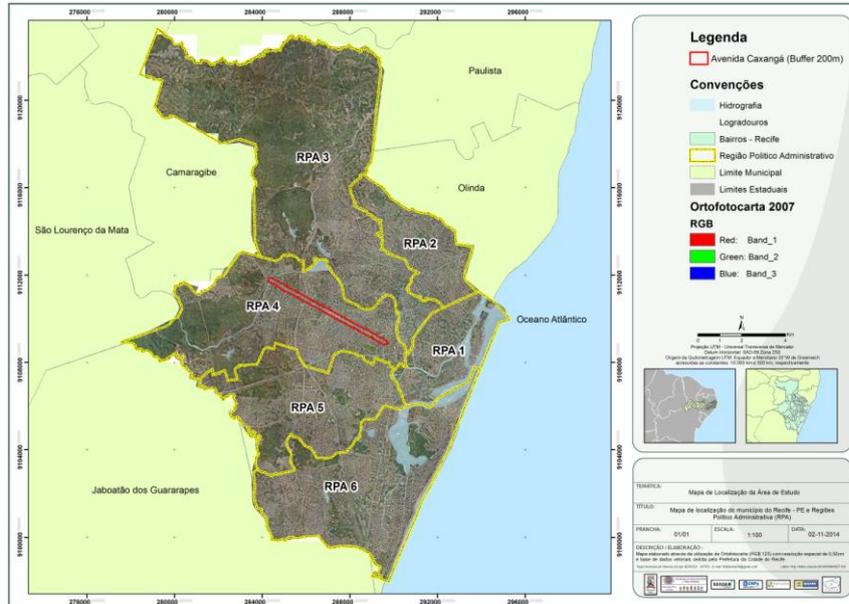


Figura 1. Localização do município do Recife-PE, distribuição das Regiões Político-Administrativas – RPA e buffer da área de estudo.

2.3 Processamento das imagens

Para obtenção da Radiância e Reflectância foi utilizada a metodologia proposta por Allen et al. (2002), conforme descrito abaixo.

2.3.1 Calibração radiométrica

A calibração radiométrica (Eq. 1) consistiu na conversão do nível de cinza de cada pixel e banda, em radiância monocromática, que representa a energia solar refletida, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Para a banda termal, essa radiância representa a radiação emitida por cada pixel, sendo empregada na obtenção da temperatura da superfície. A radiância de cada pixel e banda foi obtida pela equação proposta por Markham e Baker (1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

onde a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$), ND é a intensidade do pixel (valor inteiro entre 0 e 255) e i corresponde às bandas (1, 2, ... e 7) dos satélites Landsat 5 e 7. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003).

2.3.2 Reflectância

A reflectância (Eq. 2) de cada banda ($\rho_{\lambda i}$) é definida como a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, a qual é obtida através da equação (Allen et al., 2002):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos Z_d} \quad (2)$$

onde $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $K_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2} \cdot \mu m^{-1}$), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

Através dos valores de reflectância foi calculado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (Huete, 1988), o Índice de Vegetação Ajustado (Huete et al., 1997) para obtenção do Índice de Área Foliar (IAF) (Allen et al., 2002). Com o IAF foi calculada a Emissividade na Banda do Termal (Allen et al., 2002), que em conjunto com o valor de radiância da banda do termal foram utilizados para

calcular a Temperatura da superfície (Ts), segundo Guimarães et al. (2012) e Oliveira et al. (2013a). Posteriormente, as imagens de temperatura da superfície (120m) foram melhoradas quanto à resolução espacial, admitindo-se uma relação linear entre as cartas de temperatura da superfície e o IVDN, conforme metodologia adaptada de Agam et al. (2007). Deste modo, foram obtidos os valores de temperatura com resolução espacial de 30 metros, seguindo Oliveira et al. (2013c).

Também foram utilizados os dados vetoriais e matriciais da Prefeitura da Cidade do Recife, composto pelos limites de bairros, RPA e logradouros e as imagens Quickbird do ano de 2005, ortofotocarta Recife 2007 e ortofotocarta 2013.

3. Resultados e Discussão

Ao avaliar a evolução da paisagem ao longo dos anos selecionados, observa-se que os valores de EVI diminuíram, enquanto os valores de Ts aumentaram. As imagens de EVI mostram que áreas com valores superiores a 0,40 tiveram seu tamanho reduzido, quando avaliada sua evolução espaço-temporal, principalmente nas áreas localizadas no início da Avenida Caxangá – lado esquerdo da imagem (Figura 2).

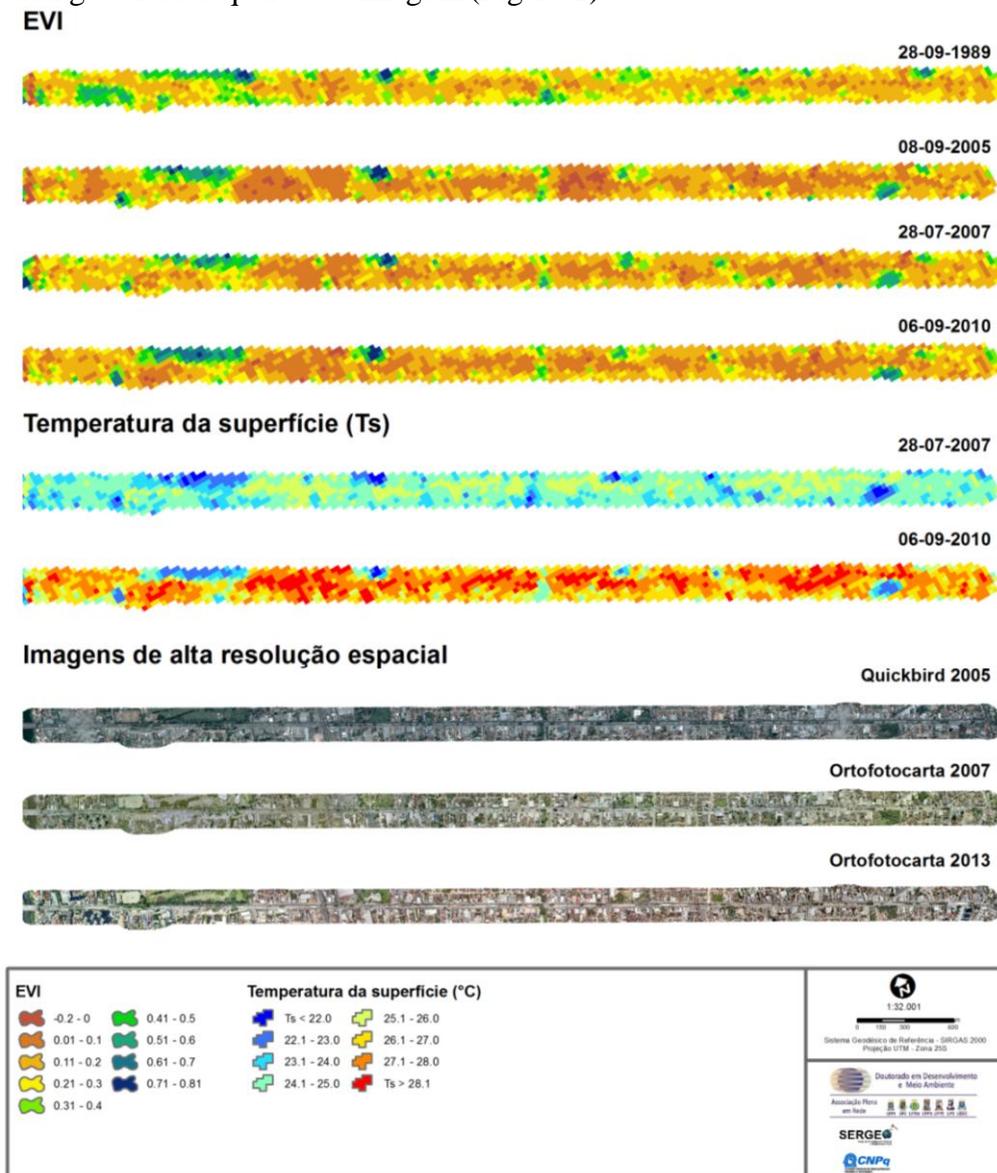


Figura 2. Evolução espaço-temporal do Índice de Vegetação Ajustado e da temperatura da superfície do município do Recife-PE.

As áreas com valores de EVI inferiores a 0,20 aumentaram seu tamanho; este dado é evidenciado na observação das imagens de 1989 e 2010 (Figura 2). Estes baixos valores de EVI estão associados às áreas que apresentam pouca ou nenhuma cobertura vegetal. O processo de urbanização acelerado nas últimas décadas, associado a uma diminuição de áreas disponíveis para a ocupação humana, fez com que a ocupação de áreas impróprias, como as margens de rios e encostas de morros, fossem utilizadas para a implantação de moradias formais ou informais, reduzindo, ainda mais, as áreas verdes.

Deste modo, grandes corredores de transporte público, como a Avenida Caxangá, vêm passando por um processo de mudanças de uso do solo. O número de lotes associados às residências diminuem, enquanto que aqueles associados à prestação de serviços e comércio aumentam. Consequentemente, grande parte dos quintais residenciais que apresentavam áreas verdes começam a se apresentar impermeabilizados e/ou ocupados por construções de novas edificações ou estacionamentos. Como consequências, podem ser apontados o aumento na temperatura da superfície e a diminuição de áreas disponíveis para a infiltração e reabastecimento de aquíferos, aumentando os pontos de acumulação de água e alagamentos nestas avenidas, causando transtornos para a população.

Considerando a T_s , também foi observado que, tanto em períodos mais úmidos, como na imagem de julho de 2007, como em períodos mais secos, na imagem de setembro de 2010, as temperaturas mais elevadas estavam associadas às áreas com menor cobertura de vegetação (Figura 2). Provavelmente, este fato pode estar associado ao aumento na oferta de serviços e do comércio, os quais estimularam um aumento do número de automóveis circulantes e edificações e, consequentemente, um aumento na reflexão da radiação solar incidente na superfície e na temperatura das suas imediações, conforme foi evidenciado nos estudos de Gartland (2010) e Oliveira et al. (2013a).

Considerando a distribuição de pixels por classe, para os anos 1989, 2005, 2007 e 2010, nota-se que a quantidade de pixels das classes variando entre 0-0,20 aumentaram, enquanto aqueles referentes às classes variando entre 0,301 e superior a 0,70 foram diminuindo (Figura 3). O primeiro intervalo de classes representa as áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, enquanto que o último se refere às áreas que apresentam cobertura vegetal mais densa.

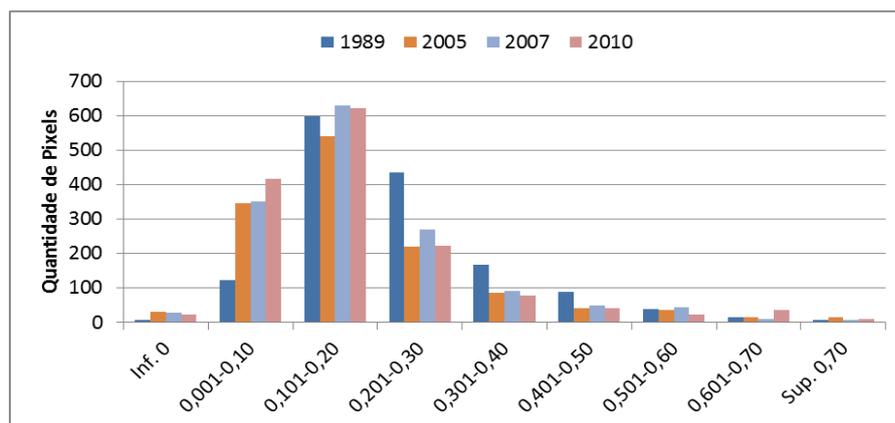


Figura 3. Representação temporal da quantidade de pixels por classe do Índice de Vegetação Ajustado (EVI).

Estes dados corroboram o estudo realizado por Oliveira et al. (2013c) nesta mesma área de estudo, que a define como uma das ilhas de calor inseridas no município de Recife. Para mitigar os efeitos produzidos pela formação de ilhas de calor nas cidades, alguns autores apontam a importância das formações vegetais que promovem o bem-estar climático para a população humana nestes locais (Carvalho, 2001; Meneghetti, 2003).

4. Conclusões

Áreas urbanas que têm sua cobertura vegetal reduzida apresentam aumento da temperatura de superfície. Nesse sentido, merecida atenção deve ser dada para a cobertura vegetal existente nestas áreas, uma vez que a vegetação, qualquer que seja sua fisionomia ou extensão, resulta na amenização da temperatura de superfície, promovendo um maior bem estar para a população que reside, trabalha ou simplesmente transita em suas imediações.

Agradecimentos

À Prefeitura da Cidade do Recife e à Universidade Federal de Pernambuco pelo apoio institucional. Ao Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Ciências Geográficas e ao Catálogo do Imagens de satélite do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial-INPE. Ao CNPq pela Bolsa de Produtividade das professoras Josiclêda Galvêncio e Rejane Pimentel. À Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas.

Referências Bibliográficas

AGAM, N.; KUSTAS, W.P.; ANDERSON, M.C.; LI, F.; NEALE, C.M.U. A vegetation index based technique for spatial sharpening of thermal imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 107, p. 545-558, 2007.

ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation**, version 1.0, p.97, 2002.

CARVALHO, M. Monteiro de. Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 288p. 2001.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Post calibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v. 41, n. 11, p. 2674-2677. 2003.

GARTLAND, L. De Ilhas de calor para comunidades frescas. In: **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas** / Lisa Gatland; Tradução Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GUIMARAES, H.B.; BRAGA, R.A.P.; OLIVEIRA, T.H. Evolução espaço temporal das matas tuteladas ao Exército Brasileiro na Região Metropolitana do Recife através de imagens TM LANDSAT. **Floresta e Ambiente**, v. 19, p. 362-373, 2012.

HEISLER, G.M.; BRAZEL, A.J. The Urban Physical Environment: Temperature and Urban Heat Islands. IN: AITKENHEAD-PETERSON, J.; VOLDER, A. **Urban Ecosystem Ecology**. Madison: American Society of Agronomy, p. 29-56, 2010.

HUETE, A.R.; LIU, H.Q.; BATCHILY, K.; VAN LEEUWEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**. v. 59, p. 440-451, 1997.

HUETE, A.R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v. 4, n. 4, p. 367-376, 1988.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Censo Demográfico 2010**.

MARKHAM, B.L.; BARKER, L.L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987.

MENEGHETTI, G. I. P. **Estudo de dois métodos de amostragem para inventário da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos, SP**. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2003.

MORAIS, L.S.; SILVA, P.C.M.; MEDEIROS, W.D.A. Análise do Processo de Verticalização na Área Urbana do Município de Mossoró-RN: Aspectos Jurídicos e Ambientais. **Revista Verde**. v. 2, n. 2, p. 171-182, 2007.

NÓBREGA, R.S.; VITAL, L.A.B. Influência da Urbanização sobre o Microclima de Recife e Formação de Ilha de Calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p.151-156, 2010.

OKE, T.R.; JOHNSON, G.T.; STEYN, D.G.; WATSON, I.D. Simulation of surface urban heat islands under "Ideal" Conditions at night Part 2: Diagnosis of causation. **Boundary-Layer Meteorological**, v. 56, p. 339-358, 1991.

OLIVEIRA, T.H.; OLIVEIRA, J.S.E.S.; LUZ, E.B.; GALVINCIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M.; SILVA, B.B. Evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e do processo de urbanização no município do Recife PE utilizando o Índice de Vegetação Ajustado. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais do 16 o Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013a. v. 1. pp. 1814-1821.

OLIVEIRA, A.S.; SANCHES, L.; MUSIS, C.R.; NOGUEIRA, M.C.J.A. Benefícios da arborização em praças urbanas - o caso de Cuiabá/MT. **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 9, n. 9, p. 1900-1915, 2013b.

OLIVEIRA, T.H.; GALVÍNCIO, J.D.; PIMENTEL, R.M.M.; SILVA, B.B. Uso e Cobertura do Solo e Seus Efeitos na Distribuição da Temperatura de Superfície em Área Urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 6, n. 6, p. 1598-1616, 2013c.

PAIVA, H.N.; GONÇALVES, W. **Florestas Urbanas: Planejamento para melhoria da qualidade de vida**. Série Arborização Urbana, v. 2. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002.

SILVA, I.A.; VIEIRA, M.L.S.; SANTOS, J.S.; ARAÚJO, J.E. Clima Urbano: uma avaliação do Campo térmico urbano o Campus IV da UFPB\Rio Tinto-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 6, n. 5, p. 1384-1399, 2013.

SOLECKI, W.C.; ROSENZWEIG, C.; PARSHALL, L.; POPE, G.; CLARK, M.; COX, J.; WIENCKE, M. Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. **Environmental Hazards**, Oxford, v. 6, p. 39-49, 2005.

WALLERSTEIN, I.M. The Industrial Revolution: Cui Bono? In: WALLERSTEIN, I.M. **Unthinking Social Science: The Limits of Nineteenth-century Paradigms**. Philadelphia: Temple University Press, 2001. pp. 41-50.