

DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE COM USO DO SENSOR TERMAL DO LANDSAT 8

Liliane Maria de Souza Almeida

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Claudemir Massami Takahashi

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Thayná Teodoro Menezes dos Santos

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Luciano Grechia

Mestre em Geografia – UFMS;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Renato Alberto Momesso Franco

Doutor em Agronomia – UNESP; Pós-Doutorado em Agronomia – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

Aplicações de sensoriamento remoto com dados de sensores orbitais acoplados em satélite permite a observação da superfície terrestre. As cidades apresentam um clima urbano específico com condições meteorológicas diferenciadas em relação ao clima rural. O objetivo do estudo foi a determinação da temperatura de superfície terrestre em áreas urbanas e periférica da cidade de Três Lagoas – MS, com o uso do sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) do satélite Landsat 8 e verificar a influência do uso e ocupação do solo urbano na distribuição da temperatura de superfície. O maior valor médio de temperatura de superfície ocorreu na classe de densidade de construção de denso a muito denso, 37,16°C e máximo de 40,44°C. Os menores valores médios ocorreram nos usos lagoas e vegetação, com valores médios de 30,57°C e 33,43°C, respectivamente. Foi possível observar a influência no uso e ocupação do solo na temperatura de superfície, os maiores valores de temperatura de superfície ocorreram na área urbana e com redução nos valores em áreas que apresentam cobertura de vegetação, como os fragmentos existente na região de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura de superfície; Sensoriamento remoto; Landsat 8

e-mail: bioramfranco@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

As cidades apresentam um clima urbano específico com condições micrometeorológicas diferenciadas em relação ao clima rural. A elevação da temperatura e a redução da umidade são condições evidenciadas em regiões urbanas, formando o fenômeno climático denominado de Ilhas de Calor. Este

fenômeno está associado as modificações no uso e ocupação do solo urbano que vai mudar o comportamento do balanço de energia (SHINZATO, 2009).

As informações sobre a temperatura da superfície podem ser obtidas através do uso do sensoriamento remoto. O calor interno dos alvos presente na superfície terrestre é convertido em energia radiante e apresentam uma alta correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira e o fluxo radiante emitido pelos alvos (JENSEN, 2009; PIRES e FERREIRA, 2015).

A temperatura de superfície é determinada através do fluxo de energia que chega e sai de um alvo na superfície terrestre e essa condição tem uma interação entre a atmosfera e a superfície terrestre.

Estudos frequentes que utilizam o sensoriamento remoto dispõem de tecnologias que possibilitam a quantificação e o monitoramento dos ambientes urbanos (WU, 2004), sendo uma das mais relevantes formas de detectar alterações no uso e na cobertura do solo urbano com baixo custo (YANG e LO, 2002; SONG, 2005). O uso do sensoriamento remoto via satélite no estudo urbano é uma aplicação que possibilita as identificações espectrais, espaciais e temporais dos diferentes alvos presente na área urbanizada. Uma ferramenta eficiente que identifica as alterações do uso e ocupação do solo devido ao crescimento populacional em muitas cidades, identificando outros dados como os efeitos do aquecimento das áreas urbanizadas, alterações no balanço de energia e a formação de ilhas de calor.

O estudo da temperatura de superfície utilizando imagens de satélites permitem aplicações em diferentes áreas científicas como a meteorologia, o balanço de energia, a bioclimatologia e a identificação de ilhas de calor em áreas urbanas.

O satélite Landsat 8 possui um sensor OLI (*Operational Land Imager*), com nove bandas espectrais e o sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), com duas bandas espectrais na faixa do infravermelho termal. A banda 10 (10,6 – 11,19 μm) e 11 (11,5 – 12,51 μm) com resolução espacial de 100 metros, entretanto com a possibilidade de reamostrada para 30 metros.

2 OBJETIVO

O objetivo foi a determinação da temperatura de superfície terrestre em áreas urbanas e periférica da cidade de Três Lagoas – MS, com o uso do sensor

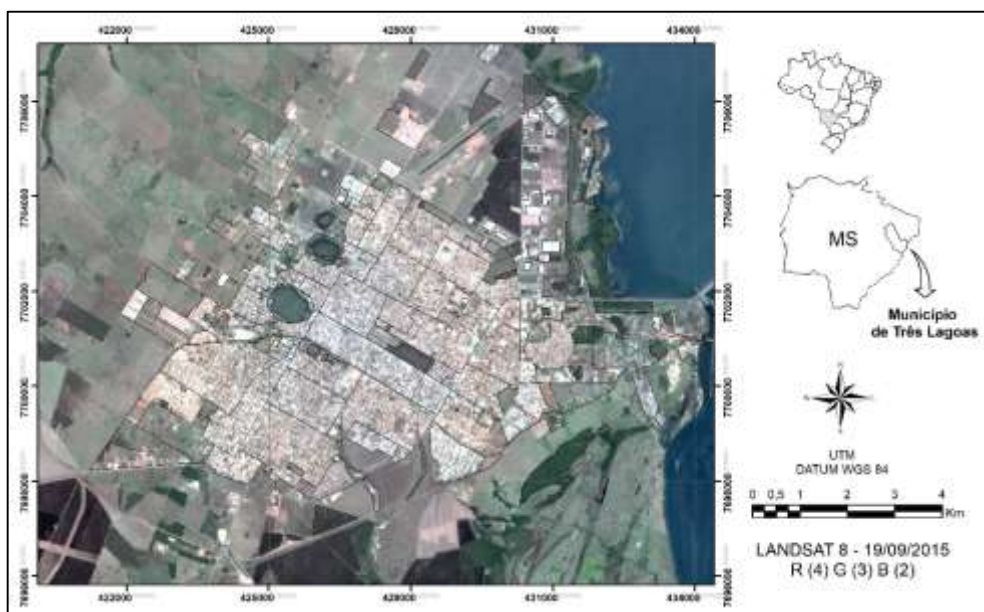
TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) do satélite Landsat 8 e verificar a influência do uso e ocupação do solo urbano na distribuição da temperatura de superfície.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A área de estudo localiza-se na área urbana de Três Lagoas, incluindo a região periférica da cidade (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

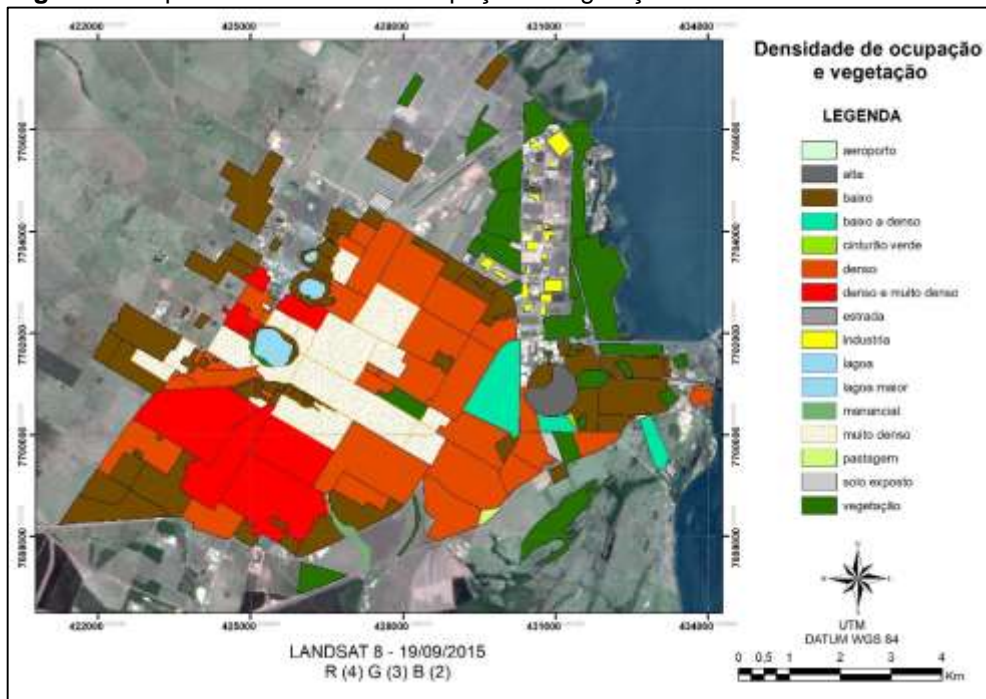


Fonte: Elaborado pelos autores.

A área urbana foi dividida em classes de densidades, conforme o estudo desenvolvido por Decco et al. (2007) e Ponso et al. (2012), com adaptações para o presente estudo.

Através da digitalização vetorial via tela do computador foi elaborado um banco de dados com as informações do uso do solo urbano e posteriormente a confecção do mapa de classes de densidade de construção com as seguintes classes de densidade de construção: alta; baixo; baixo a denso; denso; denso e muito denso e muito denso. Além de outros tipos de uso, com a vegetação, solo exposto, pastagem, manancial, lagoas, aeroporto e industrial (Figura 2).

Figura 2. Mapa de densidade de ocupação e vegetação.



Fonte: Adaptado de Decco et al. (2007) e Ponso et al. (2012).

3.2 Obtenção da temperatura de superfície via sensoriamento remoto

A radiância espectral (L_λ) ($W.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$) foi determinada a partir dos números digitais (ND), de cada banda espectral do satélite Landsat 8 e foi obtido conforme descritos em Teixeira et al. (2017).

Após a determinação da radiância calcularam os valores de albedo planetário (α_p) para cada banda e foram obtidos através da equação abaixo:

$$\alpha_{pb} = \frac{L_\lambda * \pi * d^2}{R_{ab} * \cos\theta} \quad (1)$$

L_λ - radiância espectral na banda b, $W.m^{-2} . sr^{-1} . \mu m^{-1}$

d^2 - distância Terra-Sol, unidades astronômicas;

R_{ab} - irradiância solar espectral média para cada banda no topo da atmosfera, $W.m^{-2} . \mu m^{-1}$, adotou-se os valores de Teixeira et al. (2017);

θ - ângulo zenital solar.

Em seguida o albedo planetário (α_p) é calculado através da soma dos valores obtidos em α_{pb} , conforme descrito abaixo:

$$\alpha_p = \sum W_b \alpha_{pb} \quad (2)$$

O valor de albedo de superfície foi obtido conforme procedimento adotado em diferentes trabalhos e que executa correções atmosférica (TEIXEIRA et al., 2008; TEIXEIRA et al., 2009a; TEIXEIRA, 2010).

A radiação espectral das bandas termais do satélite Landsat 8 (bandas 10 e 11) é transformado em temperatura radiométrica utilizando a inversão da Lei de Plank para a obtenção da temperatura de brilho (T_b) em Kelvin (K) (TEIXEIRA et al., 2017), conforme equação abaixo:

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_b + 1}\right)} \quad (3)$$

onde K_1 ($774,89 \text{ W.m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ e $480,89 \text{ W.m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$) e K_2 ($1321,08 \text{ W.m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ e $1201,14 \text{ W.m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$) são constante de calibração para as bandas 10 e 11, respectivamente; L_b é a radiância para as bandas 10 e 11 calculado na etapa anterior.

As T_b para cada banda termal obtidas na etapa anterior foram somadas e dividida, para a obtenção da média.

Na etapa seguinte, tem a transformação da temperatura radiométrica em temperatura aerodinâmica na superfície com correções entre a temperatura radiométrica e a aerodinâmica, esta condição foi obtida em TEIXEIRA et al. (2009), conforme equação abaixo:

$$T_s = 1,0694 \times T_b - 20,173 \quad (4)$$

Em seguida, a T_s foi transformada de Kelvin para °C através da subtração 273,14.

Após o processamento dos dados de temperatura de superfície, os diferentes tipos de uso e a densidade de ocupação foram analisados através de estatística descritiva, com a descrição dos valores mínimos e máximos, médias e desvio padrão (DP).

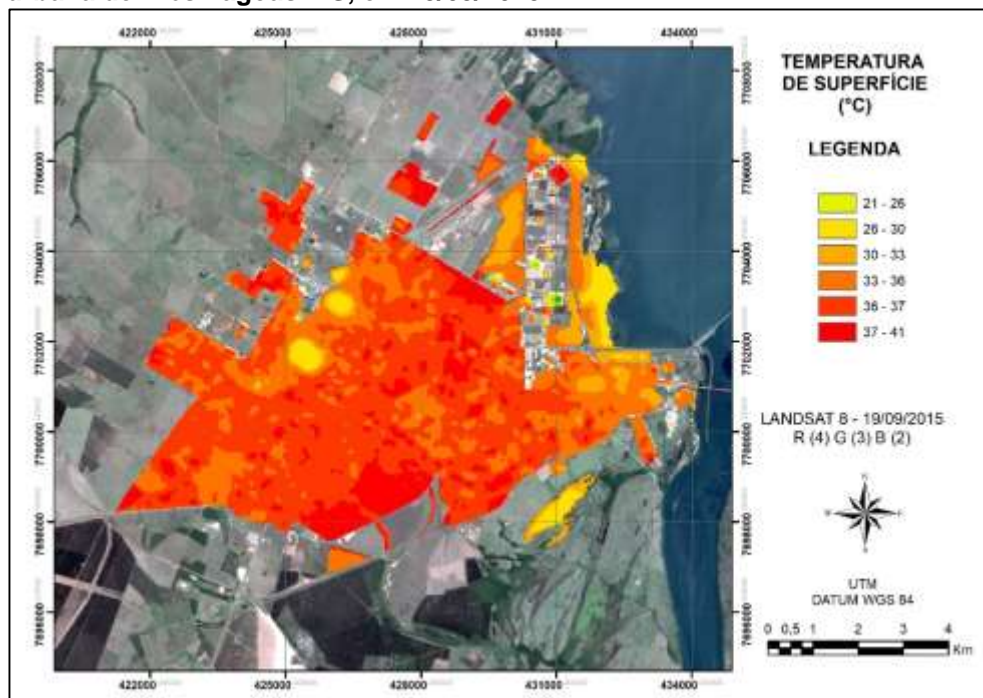
Para o estudo utilizou-se informações de temperatura do ar da rede de estações meteorológicas da UNESP/Ilha Solteira (UNESP, 2017) e com as

informações temperatura do ar foram interpolados os dados através do método de *moving average*, formando uma malha de pontos (*grid*) com as informações de temperatura do ar para a região de Três Lagoas. Este método extrai tendências intermediárias de um número mínimo de pontos definidos dentro de uma “Elipse de Procura” (*Search Ellipse*), associada a cada um dos pontos do *grid*. O valor final de cada um dos pontos do *grid* é igual à média aritmética de todos os pontos vizinhos identificados. Se dentro da elipse de procura não houver o número mínimo de pontos definidos para o cálculo, aquela área aparecerá em branco (SILVA et al., 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3, a distribuição espacial dos valores de temperatura de superfície da área urbana de Três Lagoas e regiões periféricas, em 19/09/2015.

Figura 3. Distribuição dos valores de temperatura de superfície da área urbana de Três Lagoas-MS, em 19/09/2015.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 1 estão os valores de temperatura de superfície e distribuídos em valores médios, mínimo e máximos e desvio padrão. A média da temperatura de superfície para a área de estudo foi de 35,26°C e a média da temperatura do ar

obtida por interpolação dos dados da rede de estação meteorológica da UNESP foi de 29,4°C.

Tabela 1. Valores de temperatura de superfície (médias, máximos e mínimos e desvio padrão) de densidade de construção e tipos de uso da área urbana de Três Lagoas obtidos em 19/09/2015, através do uso de sensoriamento remoto termal.

Classes de Densidade de construção	Valores médios	Valores máximos	Valores mínimos	Desvio padrão (DP)
	(°C)			(±)
Alta	36,97	37,93	35,23	0,6
Baixo	35,42	41,8	28,43	3,6
Baixo a denso	36,86	40,51	34,42	1,3
Denso	36,72	40,82	30,07	2,2
Denso a muito denso	37,16	40,44	33,6	1,5
Menos denso	35,52	37,4	31,36	1,6
Muito denso	36,55	39,25	31,93	1,4
Tipos de uso				
Aeroporto	38,67	39,1	38,03	0,3
Cinturão verde	37,51	39,29	34,9	1,2
Estrada	35,65	37,56	31,45	1,2
Industria	31,56	38,8	21,00	4,0
Lagoas	30,57	35,16	28,77	1,4
Manancial	37,93	39,28	36,98	0,6
Pastagem	38,75	39,89	37,59	0,6
Solo exposto	37,57	38,93	35,45	0,7
Vegetação	33,43	39,31	28,16	2,9

Fonte: Elaborado pelos autores.

A maior média registrada ocorreu na classe de densidade de construção de denso a muito denso, com valor médio de 37,17°C (DP: ±1,5°C), máximo de 40,44°C e mínimo de 33,6°C. Vale destacar que pequenos valores de desvio padrão representam um cenário no qual a maioria dos dados está próximo da média e um desvio padrão com valor elevado representa uma situação na qual os valores apresentam uma variabilidade em torno da média. As áreas urbanizadas apresentam materiais, como asfalto e concretos e influenciam nos processos radioativos, térmicos e aerodinâmicas das áreas urbanas, repercutindo no aumento da temperatura (OKE e MAXWELL, 1975; OKE, 1987; CHRISTEN e VOGT, 2004).

A classe de ocupação de construção baixa a denso ficou com valor médio de 36,86°C (DP: ± 1,3°C), com valor máximo e mínimo de 40,51°C e 34,42°C, respectivamente. A classe de densidade de construção alta apresentou valor médio de 36,97°C (DP: ± 0,6), valor máximo de 37,93 e mínimo de 35,23°C.

A classe densa ficou com valor médio de 36,72°C (DP: ± 2,2), máximo de 40,82°C e mínimo de 30,07°C. A classe de construção baixa ficou com valor médio

de 35,42°C (DP: 3,6°C), máximo de 41,8°C e mínimo de 28,42°C. A classe menos denso ficou com valor médio de 35,52°C (DP: $\pm 1,6$), valor máximo de 37,4°C e mínimo de 31,36 °C. A classe muito denso apresentou valor médio de 36,55°C (DP: $\pm 1,4$ °C), máximo de 39,25°C e mínimo de 31,93°C.

Nos tipos de uso identificado, os menores valores de temperatura de superfície ocorreram nos usos lagoas, que englobam as três lagoas analisadas e apresentaram valores médios de 30,57°C (DP: 1,4°C), com máximo de 35,16°C e mínimo de 28,77°C. O uso vegetação apresentou valor médio de 33,43°C (DP: $\pm 2,9$ °C), máximo de 39,31°C e mínimo de 28,16°C. O maior valor ocorreu no uso aeroporto apresentou valor médio de 38,67°C (DP: $\pm 0,3$ °C), máximo de 39,1°C e mínimo de 38,03°C.

Os resultados analisados na imagem do dia 19/09/2015 estão de acordo com informações obtidas na literatura científica sobre o assunto, que demonstram que a urbanização influencia na formação de ilhas de calor e existe uma diferença entre a área urbanizada e as regiões com coberturas de vegetação (WENG et al., 2004; XIAN e CRANE, 2006). Entretanto, cabe salientar que é importante a avaliação de um maior número de imagens, ao longo dos anos, para avaliar o comportamento da temperatura de superfície na área urbana.

4 CONCLUSÕES

Foi possível observar a influência no uso e ocupação do solo na temperatura de superfície, os maiores valores de temperatura de superfície ocorreram na área urbana e com redução nos valores em áreas que apresentam cobertura de vegetação, como os fragmentos existente na região de estudo.

Os resultados analisados mostram que, na área urbana de Três Lagoas apresentam temperatura de superfície elevadas em diferentes tipos de uso e ocupação do solo urbano. Essa condição, permite aos planejadores urbanísticos, subsídios para amenizar os efeitos da temperatura.

REFERÊNCIAS

Atmospheric Environment, Oxford, v.9, p.191-200, 1975.

CHRISTEN, A.; VOGT, R. Energy and radiation balance of a Central European city. *International Journal of Climatology*, Chichester, v.24, p.1.395-1.421, 2004.

DECCO, H. F.; NEGRÃO, W. H.; SAKAMOTO, A. Y. O clima urbano em Três Lagoas (MS): investigação preliminar da temperatura do ar intra-urbana (Outono/Inverno). In: XV Encontro Sul Mato-Grossense de Geógrafos. 15, 2007, Corumbá. Anais... Corumbá, 2007, p. 274-295.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2ª Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São Paulo, Parêntese, 2009. 672 p.

OKE, T. R. *Boundary layer climates*. 2nd ed. London: Methuen, 1987. 435 p.

OKE, T.R.; MAXWELL, G.B. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver.

PIRES, E. G.; FERREIRA, L. G. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, IE,p.7421–7428, Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1671.pdf>, Acesso em: 09 set, 2017.

PONSO, A. G.; FERREIRA, G. G.; SALVI, L. L.; SAKAMOTO, A. Y. Campo Térmico da cidade de Três Lagoas (MS): Comparação urbano/rural. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.2, N.4, p.770 – 781, 2012.

SHINZATO, P. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos. Dissertação (mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SILVA, Y. F.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.; NUNEZ, D. N. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; BRUNINI, O. ILWIS como ferramenta para geração de mapas de chuva por interpolação. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013, INPE. p.5338-5344.

TEIXEIRA, A. H. C.; LEIVAS, J. F.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Large-scale radiation and energy balances with Landsat 8 images and agrometeorological data in the Brazilian semiarid region. *J. Appl. Remote Sens.* 11(1), 016030 (2017), doi: 10.1117/1.JRS.11.016030.

TEIXEIRA, A.H. de C.; Determining regional actual evapotranspiration of irrigated crops and natural vegetation in the São Francisco River Basin (Brazil) Using Remote Sensing and Penman-Monteith Equation. *Remote Sensing*, v.2, p.1287-1319, 2010.

WENG, Q.; YANG, S. Managing the adverse thermal effects of urban development in a densely populated Chinese city. *Journal of Environmental Management*, Oxford, v.70, n.2, p.145-156, 2004.

WU, C. Normalized spectral mixture analysis for monitoring urban composition using ETM+ imagery, *Remote Sensing of Environment*, v. 93, p. 480 – 492, 2004.

XIAN, G.; CRANE, M. An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using Landsat satellite data. *Remote Sensing of Environment*, Oxford, v.104, p.147-156. 2006.

YANG, X.; LO, C. P. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n. 9, p.1775 – 1798, 2002.