

## Uso de Dados de Sensoriamento Remoto para Identificação de Ilhas de Calor em Teresina-PI

MONTEIRO, Felipe Ferreira  
SILVEIRA, Ana Lucia Ribeiro Camilo da

### Resumo

As mudanças climáticas globais são uma das grandes preocupações da atualidade e em áreas urbanas o aumento de temperatura é o fenômeno mais percebido. O trabalho objetiva identificar ilhas de calor em bairros da zona leste de Teresina-PI utilizando dados do satélite Landsat-5, para o ano de 2010. Foi possível verificar a relação entre a densidade construída, o padrão de ocupação e a pouca cobertura vegetal com as áreas de maiores temperatura na área estudada. O estudo demonstrou a influência da urbanização no aumento da temperatura e a necessidade das áreas verdes para minimizar os efeitos das mudanças climáticas.

**Palavras-Chave:** Urbanização; Ilhas de calor; Imagens de satélite.

### Abstract

*Global climate changes are one of the major concerns of nowadays and temperature increase in urban areas is the most perceived phenomenon. This work has as objective to identify heat islands in the East side districts of Teresina-PI using data from Landsat-5 for the year 2010. It was possible to verify the relationship between built density, the pattern of occupation and the little vegetation coverage with the higher temperature areas in the studied area. The study demonstrated the influence of urbanization on temperature increase and the necessity of green areas to minimize the effects of climate changes.*

**Keywords:** *Urbanization; Heat islands; Satellite images.*

## 1. Introdução

As mudanças de uso e ocupação do solo nas cidades têm influência direta sobre o clima local. A análise quantitativa e qualitativa desses impactos e a sua aplicação no planejamento urbano é de extrema importância, possibilitando tornar as cidades mais confortáveis e saudáveis para seus usuários.

Como afirma Lombardo (1985) “o processo de urbanização produz uma mudança radical na natureza e nas propriedades da cidade. Essa transformação envolve mudanças na geometria da radiação e da insolação, causando anomalias verificadas na temperatura do espaço urbano e repercutindo, assim, no seu perfil térmico”

As pesquisas iniciais quanto ao clima urbano avaliavam os impactos climáticos da cidade como um todo, observando seu aspecto regional e suas diferenças e impactos com relação à área rural. O avanço em técnicas e métodos permitiu a análise mais pontual, avaliando assim o clima intraurbano, observando as mudanças de diferentes lugares da cidade em uma escala mais detalhada.

As alterações no conforto ambiental do ambiente afetam diretamente seu usuário, prejudicando o seu bem estar e, assim, a capacidade de usufruir do seu meio. Essas alterações no âmbito da temperatura atingem a saúde da população e o seu monitoramento é bastante importante para o bem estar de todos (RORIZ; 1987).

As mudanças climáticas representam uma das grandes preocupações mundiais e são grande parte provenientes da ação do homem sobre o meio ambiente, como é o caso da supressão da vegetação, impermeabilização do solo, uso indiscriminado da pavimentação asfáltica, entre outros fatores. As áreas urbanas são atualmente o grande ambiente de vivência da humanidade e onde as mudanças estão sendo mais percebidas. Dentre as consequências ocasionadas pela urbanização, as mais notáveis no clima são o aumento de temperatura e a diminuição da umidade, causadas pela carência da cobertura da massa vegetal, pela alta densidade construtiva e a crescente verticalização.

O clima urbano possui características particulares muito por conta da influência dos materiais que constituem as superfícies urbanas que possuem capacidade térmica mais elevada que a dos materiais das áreas não construídas. As áreas urbanas também apresentam maior rugosidade, acarretando maior fricção e mudanças na orientação dos ventos, bem como maior difusão da energia refletida e irradiada pelos materiais.

Entre os vários fatores que modificam o clima de uma região e geram o clima urbano, podemos

citar as modificações no revestimento do solo, a diminuição das áreas verdes, o aumento das áreas impermeabilizadas, a presença de obstáculos à passagem dos ventos como as edificações e a produção de calor gerado por atividades humanas.

De acordo com Lombardo (1985), a maior quantidade de vegetação implica na mudança do balanço de energia, devido à necessidade das plantas absorverem a radiação solar em função de seus processos vitais. Todavia, a remoção da vegetação para dar lugar às edificações e superfícies pavimentadas prejudica as condições ambientais, diminuindo, por exemplo, o sombreamento que impede o aquecimento do ar derivado da re-emissão da radiação solar pelas superfícies. O ar quente e seco contribui para o aumento da sensação de desconforto e favorece a incidência de problemas respiratórios.

Em Teresina, devido às características climáticas da região, onde a temperatura média anual do ar é de 27,8°C (de acordo com as Normas Climatológicas 1961-1990) e nos meses mais quentes do ano a temperatura do ar atinge de 36° a 38°C diariamente, o problema do conforto térmico não pode ser desconsiderado no planejamento urbano. Entretanto, o que se verifica na cidade é a falta de adequação dos espaços construídos, com raras exceções, às condições climáticas locais, tendo, como resultado, ambientes termicamente desconfortáveis e que exigem grande consumo de energia para a sua utilização de forma adequada às atividades humanas. (Silveira, 2007)

O uso de imagens de satélite no estudo do clima urbano é um recurso ainda pouco utilizado nos estudos climáticos brasileiros. Os trabalhos de Lombardo (1985), Mendonça (1995) e Collishon (1998) são alguns dos exemplos brasileiros de destaque na análise do campo térmico das cidades. Outros estudos foram desenvolvidos em cidades de médio porte, tendo em vista as preocupações cada vez maiores com relação ao conforto urbano, como, por exemplo, o trabalho de Costa (1999) no qual foi utilizada a banda 6 do satélite Landsat-5 para fazer a análise por bairro quanto à densidade construída e à ocorrência de ilhas de calor na cidade de Uberlândia.

Cunha *et al* (2009) pesquisaram a relação entre o aumento da temperatura do ar da superfície e o crescimento da cidade de Campina Grande - PB, tomando como base os produtos e técnicas do sensoriamento remoto e investigando as possíveis alterações no clima da região. Os resultados mostraram que, ao longo do processo de ocupação da cidade, houve diminuição das áreas verdes, aumento espacial do domínio urbano, elevação da temperatura da superfície do solo e

da do ar, mostrando-se maior, principalmente em 2007, quando comparadas com imagens de anos anteriores.

Para Teresina, esses efeitos já foram estudados, por Feitosa (2010), na escala de toda a área urbana onde foi realizada a análise das alterações na temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica provocadas pela expansão urbana e supressão da vegetação entre 1977 e 2009. A pesquisa observou a alteração nas temperaturas mínimas e das médias de temperatura do ar.

O presente trabalho procura identificar a ocorrência de bolsões ou ilhas de calor nos bairros Ininga, Fátima, Jóquei e Noivos na zona leste na cidade de Teresina/PI, fazendo uso de imagens do satélite Landsat-5. O principal objetivo é verificar a relação entre a densidade construída, distribuição da cobertura vegetal e a formação de ilhas de calor na região.

## 2. Caracterização da Área de Estudo

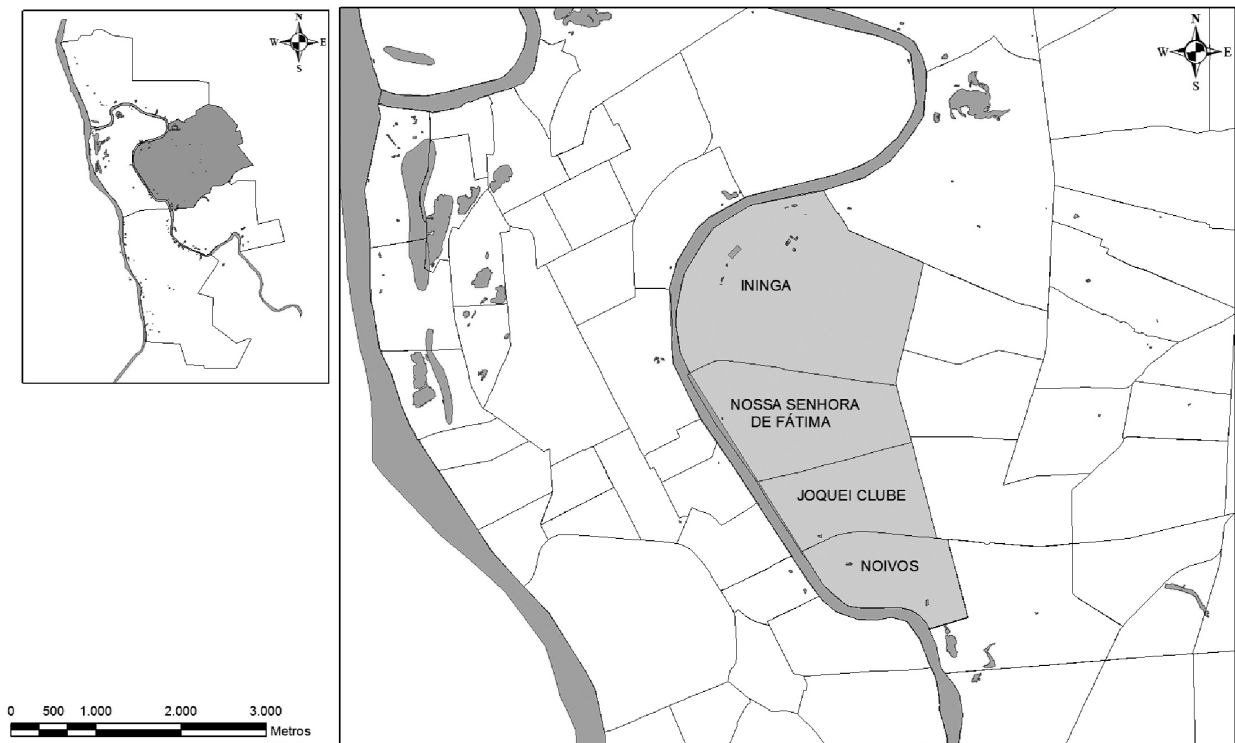
O estudo foi desenvolvido na cidade de Teresina (05°05'20" S, 42°48'07"W), localizado na região centro norte do estado do Piauí, com área aproximada de 1.756 Km<sup>2</sup>, sendo 284 Km<sup>2</sup> de área urbana (IBGE, 2010) (Figura 01).

O clima da região caracteriza-se por ter duas estações bem distintas. Durante o primeiro semestre o clima é quente e úmido, com a média das

temperaturas máximas entre 30 a 32°C e umidade relativa média entre 75 a 85%. No segundo semestre, praticamente não há precipitações, o clima é quente e seco, com temperaturas médias máximas entre 33 a 36°C e umidade relativa do ar entre 55 a 65%.

A cidade de Teresina não se encontra diferente das grandes cidades do restante do país, apresentando um acelerado processo de crescimento e de densificação urbana. Segundo o Censo 2010 (IBGE, 2010), o município de Teresina possui 814.230 habitantes e aproximadamente 94% moram na zona urbana. Sua população teve um aumento de quase 100% em 25 anos, o que se reflete na procura por habitações. Para suprir essa necessidade de habitação o processo de adensamento da cidade tem crescido bastante a cada ano, causando muitas modificações nos padrões de ocupação na cidade e na paisagem urbana. Essas alterações causam um impacto direto sobre o clima da cidade e poucos são os estudos relacionados às mudanças climáticas e diretrizes a fim de mitigar esse problema.

A ocupação da zona leste da cidade de Teresina pode ser considerada como recente, ocorreu a partir dos anos 1960, quando se iniciaram as vendas voltadas para a população de alta renda dos primeiros loteamentos na região. A área foi destinada inicialmente para uso habitacional, com grandes lotes e com residências que possuíam grandes áreas verdes.



**Figura 01** – Teresina – Mapa geral com indicação da delimitação administrativa da zona leste e dos bairros pesquisados.

**Fonte:** Prefeitura municipal de Teresina. Adaptado por Felipe Monteiro (2012).



**Figura 02** – Área de Estudo – Bairros Ininga, Nossa Senhora de Fátima, Jôquei Clube e Noivos

**Fonte:** Composição RGB do satélite Landsat 5, resolução espacial 30 metros obtidas no site do INPE.

Atualmente os bairros em estudo apresentam-se num acelerado processo de verticalização, levando a um aumento na densidade construída e à conseqüente diminuição da cobertura verde e aumento das superfícies impermeabilizadas com cobertura asfáltica (Figura 02).

O objeto de estudo são os bairros Ininga, Fátima, Jôquei e Noivos, áreas que inicialmente marcaram a ocupação da zona leste, a partir da década 1960, quando da inauguração dos primeiros loteamentos na região. Esta região foi sendo então gradativamente urbanizada, com a incorporação de outros bairros, loteamentos e conjuntos habitacionais, com a modificação do uso do solo e com a substituição gradativa das áreas com cobertura verdes pelas superfícies construídas e pavimentadas.

### 3. Metodologia

O trabalho estudou os diferentes padrões de uso do solo e a superfície de temperatura, baseado em mapas gerados a partir de imagens do Satélite Landsat - 5. Para isso foram utilizadas as

bandas 2, 3 e 4 do satélite Landsat 5, de resolução espacial de 30 metros e a banda 6, de resolução espacial de 120 metros. As imagens utilizadas foram obtidas junto ao INPE e a cena utilizada foi capturada no dia 07/07/2010.

Para a análise de mudança da temperatura de superfície, foi utilizada a banda 6 do satélite Landsat 5, que capta dados na faixa do infravermelho termal. Essas imagens foram manipuladas no Software SPRING, software de Geoprocessamento desenvolvido pelo INPE. Para que fosse possível a conversão da banda 6 em valores de temperatura de superfície, utilizou-se a ferramenta LEGAL, que possibilita a geração de uma rotina executada pelo

software, onde foi possível aplicar equação de regressão quadrática de Malaret *et al.*(1985), a qual permite que os seus níveis de cinza captados, sejam convertidos para temperatura de superfície durante a captura da imagem (Equação 1).

$$T = 209,931 + 0,834 \text{ DN} - 0,00133 \text{ DN}^2 \text{ (1)}$$

Onde:

T= Temperatura na escala de Kelvin

DN= Número Digital de cada pixel

Após a conversão, foi feita uma nova subtração, por 273,15, para obtenção dos valores de temperatura em graus Celsius e em seguida aplicada uma escala de cores para melhor identificação das variações de temperatura.

Para a análise do uso e ocupação do solo, também através do software SPRING, foram utilizadas as imagens das bandas 2, 3 e 4, com o objetivo de gerar uma composição colorida e assim realizar a classificação supervisionada das imagens do satélite, onde foram identificadas as classes: vegetação, área urbanizada, asfalto, solo exposto, cobertura metálica e água.

## 4. Análise das Imagens

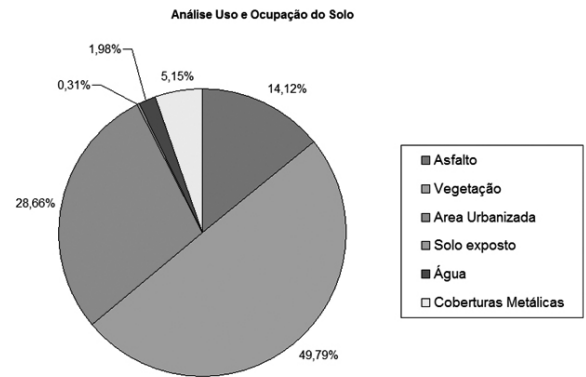
Para atingir os objetivos deste trabalho foi feita a análise de uso e ocupação do solo da região, em seguida, a análise das imagens de campo térmico.

### 4.1. Análise do uso e ocupação do solo

As imagens de satélite foram classificadas, delimitando as áreas ocupadas pelo asfalto, solo exposto, vegetação, área urbanizada, para cada ano estudado (figura 03). Após a classificação foi possível estimar a área ocupada por cada classe e, desta forma, observar a ocupação do solo na área de estudo.

O gráfico abaixo apresenta os resultados em termos percentuais da variação da ocupação do solo na região, dos 4 bairros. (figura 04)

A análise dos dados gerados através da classificação permite perceber a concentração das áreas com cobertura vegetal na região norte da área de estudo, o que corresponde ao campus da Universidade Federal do Piauí, no bairro Ininga. O total de 50%, equivalente a 513,39 ha da



**Figura 04:** Gráfico com a variação do uso do solo na área de estudo

**Fonte:** Dados da imagem classificada resultante – SPRING. Adaptado Felipe Monteiro (2012)

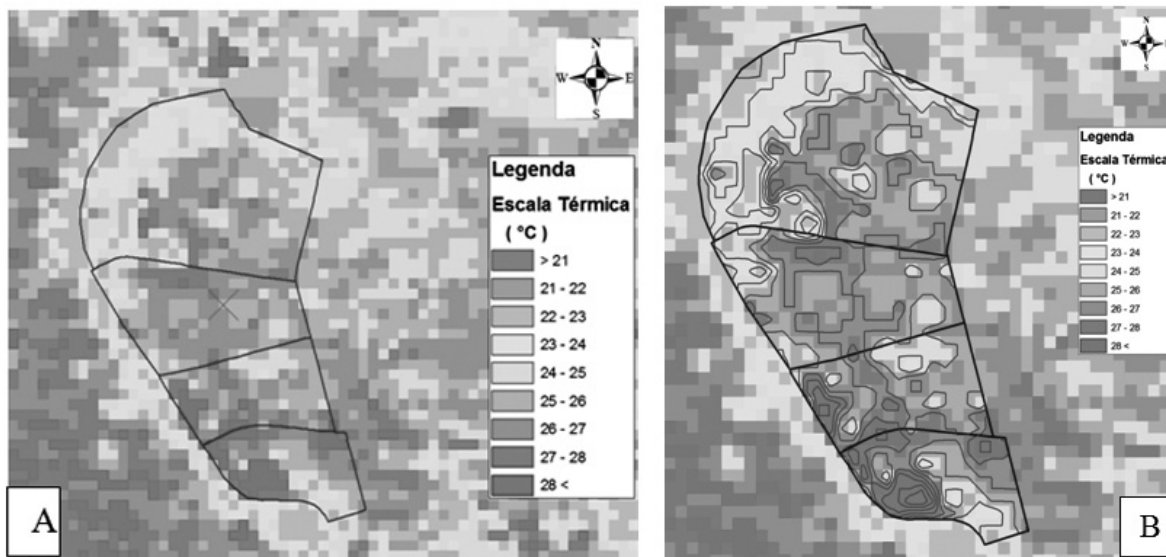
área ocupada pela vegetação, apresenta uma distribuição irregular, quando comparada entre os bairros.

As áreas com cobertura asfáltica correspondem às principais vias e estacionamentos existentes, com destaque para os dois grandes *shoppings centers* da região que possuem mínima área verde.



**Figura 03:** Imagem resultado da classificação supervisionada do recorte da imagem Landsat-5

**Fonte:** Imagem classificada resultante – SPRING. Adaptado: Felipe Monteiro (2012)



**Figura 05:** Superfície Térmica para os bairros em estudo  
**Fonte:** Dados da imagem térmica resultante – SPRING. Adaptado Felipe Monteiro (2012)

Visualmente, as áreas urbanizadas estão adensadas, sendo que à classe cobertura metálica corresponde as grandes edificações comerciais nos bairros, bem como os edifícios de apartamentos que estão aos poucos substituindo as antigas residências, aumentando também a área impermeabilizada. Quanto aos valores encontrados, às áreas mapeadas como coberturas metálicas se incluem assim como área antropizada, que somadas a área urbanizada e com cobertura asfáltica, totalizam 48 % de toda a área de estudo, o equivalente a um total de 497,34 ha do total dos bairros estudados.

#### 4.2 Análise do campo térmico

Para extração dos valores de temperatura de superfície foi utilizada a banda 6 do sensor, o qual captura comprimentos de onda na faixa do infravermelho termal. A conversão e aquisição dos valores de temperatura foram feitas com a equação de Malaret *et al.* (1985), para fazer a conversão direta do nível de cinza para temperatura de superfície observada durante o captura da imagem. O satélite que capta as imagens passa sobre a região nos horários entre 12:00 e 13:00 GTM, o que equivalente a horários entre 10 e 11 horas da manhã no horário local.

Pela temperatura de superfície se observam áreas de maior temperatura, ou seja, bolsões de alta temperatura nas áreas ao sul da área de estudo, as quais correspondem a dois grandes *shopping centers* da cidade, com grandes áreas de estacionamento com revestimento em asfalto, apresentando médias de temperatura acima de 28°C.

Na região ao norte, no bairro Ininga, a grande área com as temperaturas mais baixas, na faixa

de 21 a 22 °C, corresponde à extensa área verde ainda existente dentro do campus da Universidade Federal do Piauí.

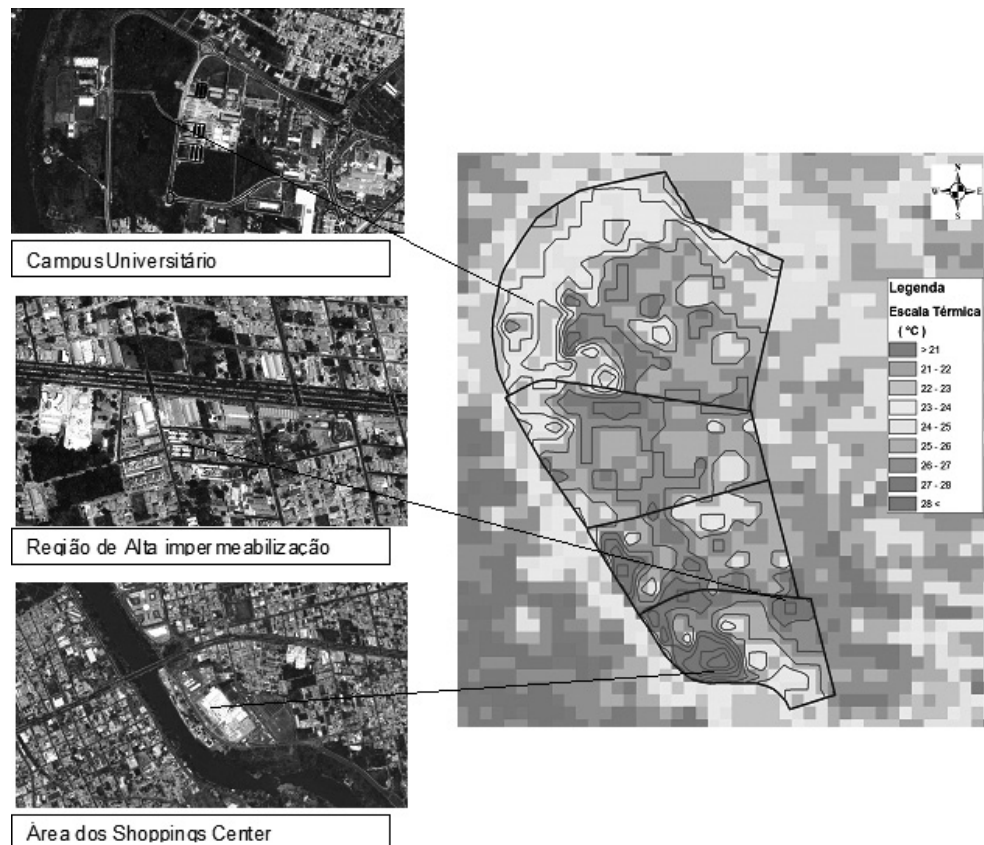
Seguem abaixo as modelagens das superfícies de temperatura referente ao ano de 2010, onde a Figura 5A, à esquerda, representa o campo térmico resultante da conversão; a Figura 5B, à direita, representa o campo térmico com isolinhas de temperatura, o que facilita a delimitação das áreas de influência das altas temperaturas; e a Figura 6, demonstra o uso do solo de algumas áreas de destaque na superfície térmica.

#### 5. Conclusões

A análise do uso do solo dos bairros mostra que a pouca distribuição das áreas verdes e grandes áreas urbanas de alta densidade, com regiões impermeabilizadas, são o grande foco de maiores temperaturas.

O campo térmico mostra que o adensamento das construções e a pouca cobertura vegetal causam aumentos na temperatura local e uma homogeneização na temperatura de superfície, com grandes contrastes em relação ao seu entorno.

O estudo demonstra a necessidade urgente de ações no sentido de evitar a expansão dos padrões atuais de ocupação do solo, onde fica clara a formação de uma ilha de calor em relação às áreas circunvizinhas. É evidente a necessidade de manutenção das áreas verdes ainda existentes e o controle do aumento da densidade construída e das áreas pavimentadas e impermeabilizadas, principalmente nas áreas de maiores temperaturas.



**Figura 06:** Detalhamento do Uso do Solo em regiões dentro da área de estudo

**Fonte:** Dados da imagem térmica resultante – SPRING e Google Earth Adaptado Felipe Monteiro (2012)

## Referências

**CAMARGO, F. F. and PEREIRA, G. (2003).** *Análise multi-temporal da evolução urbana e sua influência na modificação do campo térmico na região metropolitana de São Paulo para os anos de 1985, 1993.* Proceedings of the 13th Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil, INPE.

**COLLISHON, E. (1998).** *O campo térmico da região metropolitana de porto alegre: Análise a partir da interação entre as variáveis ambientais na definição do clima urbano.* Florianópolis, UFSC. (Dissertação de mestrado).

**COSTA, R. A. and ROSA, R. (1999).** *O Uso de Imagens Termiais no Estudo de Ilhas de Calor Urbana: O Caso de Uberlândia - MG.* Proceedings of the 51th Reunião Anual da SBPC. Porto Alegre.

**CUNHA, J. E. B. L. and RUFINO, I. A. A.; IDEIÃO, S. M. A. (2009).** *Determinação da temperatura de superfície na cidade de Campina Grande-PB a partir de imagens do satélite Landsat 5-TM.* Proceedings of the Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. Natal. Brasil. INPE, p. 5717-5724.

**DUARTE, W. O. and BRITO, J. L. (2007).** *Maapeamento da cultura do café no município de Araguari-MG utilizando imagens do sensor CCD do satélite CBERS-2.* Proceedings of the 13th Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil, INPE.

**FEITOSA, S. M. R. (2010).** *Alterações climáticas em Teresina-PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes.* Universidade Federal do Piauí. Teresina. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente).

**LOMBARDO, M. A. (1985).** *Ilha de Calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.* Hucitec. São Paulo.

**MALARET, E., BARTOLUCCI, L.A., LOZANO, D.F., ANUTA, P.E. and MCGILLEM, C.D. (1985).** *Landsat-4 and Landsat-5 thematic mapper data quality analysis.* *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 51, pp. 1407-1416.

**MENDONÇA, F. A. (1997).** *O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno: Proposição metodológica e sua aplicação a cidade de Londrina/PR.* São Paulo: Universidade de São Paulo. (Tese de Doutorado).

**MONTEIRO**, C. A. de F. (1976) *Teoria e clima urbano*. IGEOG – USP. São Paulo.

**OKE**, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of climatology*, v.1, n.1-4, p. 237-254, 1981

**RORIZ** M.(1987) *Zona de conforto térmico: um estudo comparativo de diferentes abordagens*. Universidade de São Paulo. São Carlos. (Dissertação de Mestrado em Arquitetura).

**SILVEIRA**, A. L. R. C. (2007) *Parâmetros bioclimáticos para avaliação de empreendimentos habitacionais na região tropical subúmida do Brasil*. Universidade de Brasília. Brasília. (Tese de doutorado).

**WUTHER**, J. D. and **SILVA**, R.(2006). *Geotecnologias e suas aplicações para Gestão Territorial*. In: Proceedings of the 7° COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis.