

Evolução do Crescimento urbano em Blumenau (Santa Catarina) e a sua relação com o aumento do Campo Térmico com dados TM/Landsat

Grayce Suelen de Lima¹
Veraldo Liesenberg²
Cristiane Mansur de Moraes Souza¹

¹ Universidade Regional de Blumenau - FURB
Caixa Postal 1507 - 89012-900 - Blumenau - SC, Brasil
graycesuelendelima@googlemail.com
cristianemansur@terra.com.br

² Freiberg University of Mining and Technology - TUBAF
B-v-Cotta-str. 2, 09596 – Freiberg (Saxony) Germany
veraldo@googlemail.com

Abstract. This study examined the Land apparent temperature of Blumenau city located in South Brazil that was retrieved from a multi-temporal Landsat TM thermal band dataset (January 01, 1990; January 01, 1997; January 01, 2004). The reflectance Landsat dataset was also atmospherically corrected and registered to evaluate the urban heat island effects and its relationship with land use change over the years and normalized difference vegetation index (NDVI). A Quickbird image collected on January 01, 2003 was also used in the analyses and to validation of the results. The result showed that the land apparent temperature obtained from Landsat data over consolidated urban areas defined by the Urban Master Plan was higher than for both suburban one and forested areas. The average difference between urban areas was found to be 8°C higher than forest which demonstrated the prominent relationship between land use cover and apparent temperature. The negative correlation between NDVI and urban areas suggested that the low percent vegetation cover in some urban areas was the main cause of the urban heat island. With the results of this article we can demonstrate that remote sensing could be applied for urban planning, in particular as a climate responsive approach to urban planning.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, urban evolution, urban heat island, sensoriamento remoto, processamento de imagens, evolução urbana, ilhas urbanas de calor.

1. Introdução

A expansão urbana causou uma grande mudança na paisagem natural em grandes cidades, a exemplo da substituição de áreas de floresta por grandes áreas construídas, parques industriais, pavimentações asfálticas, etc., que segundo Lombardo (1985) tem como resultado as ilhas de calor.

Essa superfície urbanizada possui materiais de alta condutibilidade e, associados à poluição, condicionam o aumento da temperatura do ambiente. Ademais, a ausência de áreas verdes e superfícies úmidas agravam a situação. Entretanto, como especificado em Coltri (2007), a formação e intensidade deste fenômeno são dependentes de diversos mecanismos (e.g. localização geográfica, condições climatológicas do dia, tamanho da cidade, densidade de população, dia da semana, cultura local, etc).

O crescimento desordenado das cidades, realidade dos países em desenvolvimento, com uso ilimitado do território pelas atividades urbanas, tende a intensificar o fenômeno da ilha de calor. De acordo com Teza e Baptista (2005), “esse problema ambiental é consequência de um planejamento urbano deficiente ou inexistente, que se desenvolve a partir de pressupostos que poderiam ser mitigados com ações tomadas previamente ao assentamento da população”.

Blumenau (SC, Brasil) é uma cidade que representa a terceira maior aglomeração do estado de Santa Catarina, após as regiões de Joinville e Florianópolis. A cidade cresce rapidamente, mas sempre limitada por suas condicionantes físicas.

Tem se ressaltado progressivamente a importância dos componentes de geoinformação, pois conforme Ehlers (2005) os dados espacializados constituem um plano de informação de

extrema importância para provavelmente todas as tomadas de decisão políticas e de planejamento. Ademais, nas últimas décadas as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento vêm se tornando fortes aliadas ao estudo de clima urbano e ilhas de calor. Informações obtidas dos sensores da série Landsat, por exemplo, permitem o estudo do campo termal em núcleos urbanos.

Ao analisar as relações entre as mudanças na cobertura da terra e no campo térmico de uma região de Blumenau, o objetivo desse trabalho foi realizar uma análise multitemporal para os anos de 1990, 1997 e 2004.

2. Descrição da Área de Estudo

Blumenau (SC, Brasil) é pertencente à mesorregião do Vale do Itajaí. Fundada em 1850, seu desenvolvimento foi fortemente condicionado pelo meio físico da região, configurada por uma paisagem permeada de rios, morros e vales íngremes. De clima mesotérmico úmido, a existência de altas serras a oeste e sul da região também influencia no clima da Bacia do Rio Itajaí, protegendo dos ventos frios vindos do sudoeste no inverno e colaborando para o aumento da temperatura no verão. A temperatura média anual da região configura 20,1°C, apresentando uma relativa amplitude térmica. A Figura 1 apresenta a cidade de Blumenau e seu contexto dentro da Região Metropolitana do Vale do Itajaí.

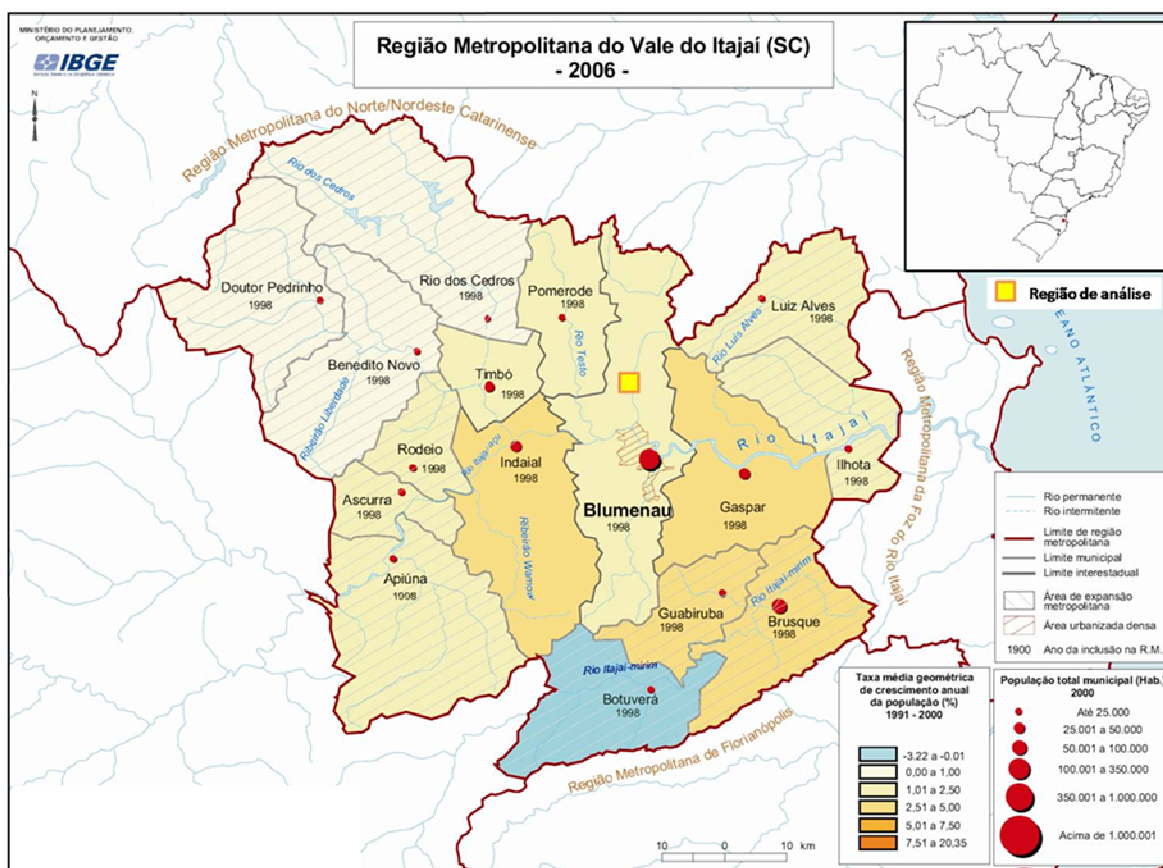


Figura 1. Localização de Blumenau, SC, Brasil. Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000.

3.0 Material e Métodos

Para o presente estudo foram usados dados do sensor TM (Thematic Mapper) a bordo do Landsat-5, escolhidos em três distintas datas, 01/03/1990 (quinta-feira) 05/04/1997 (sábado), e 08/04/2004 (quinta-feira). Para a escolha das imagens utilizadas na análise multitemporal adotou-se a metodologia de Baptista (2003) aonde o uso das cenas captadas próximas a dias de equinócio (21 de março ou 23 de setembro) com intenção de evitar as ilhas de calor mais

intensas foi utilizado. A ausência de nebulosidade também foi crucial para a seleção das imagens.

As imagens do espectro refletido (0,4 a 2,5 μ m) foram convertidas para reflectância de superfície (corrigidos em relação à atmosfera) pelo método do pixel escuro (Chavez et al., 1988). As imagens captadas pelo canal termal (10,4 a 12,5 μ m) foram convertidas para valores de temperatura aparente (graus Celsius) segundo metodologia adotadas por Chen et al. (2006) e Xian e Crane (2006). Posteriormente os dados foram registrados adotando como base o mosaico *Geocover 2000* e os resultados mostraram um erro de registro inferior a um pixel.

Uma classificação supervisionada foi realizada em cada uma das três imagens Landsat, a fim de extrair classes representativas na análise da evolução urbana, a saber: (1) Área urbana, (2) Mata densa, (3) Água, (4) Solo exposto, e (5) pasto/vegetação rasteira. De forma complementar, dados fusionados e ortoretificados de 02/09/2003 (terça-feira) do sensor Quickbird (ver procedimentos em Araújo et al., 2008) foram usados para análise e discussão dos resultados.

Com o intuito de avaliar o índice de vegetação da região em análise, gerou-se uma imagem NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) do ano de 2004, para extração de perfis espectrais e posteriormente de NDVI para fins de comparação com a temperatura aparente das diversas classes em estudo.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise da Evolução Urbana

Apesar de configurar uma cidade pólo, Blumenau não é atualmente o município que mais cresce na região, explicado pela gradual saturação de seu espaço físico, condicionado por enchentes e morros (Universidade Regional de Blumenau, 2006). Embora seja um dos municípios mais densos da região, com 513 hab./km² segundo o censo 2000, é o que apresenta uma das maiores taxas de urbanização, configurando, em 2000, 92,41%, reflexo das sucessivas ampliações de seu perímetro urbano com significativas mudanças no seu plano diretor municipal. Essas transformações trouxeram como consequência mudanças na temperatura média da região, em especial para os centros urbanos consolidados.

Com base nas imagens Landsat adotadas nesse estudo, a Figura 2a mostra a evolução do crescimento urbano em um recorte da área de estudo, que corresponde atualmente ao Bairro Itoupava Central. A Figura 2b mostra uma imagem do sensor Quickbird para a mesma área de estudo, embora com uma defasagem de sete meses. De acordo com a Figura 2a nota-se que a área encontra-se em um constante processo de urbanização, dado inicialmente pelo Aeroporto da cidade (Quero-quero) que é facilmente identificado nas Figuras 2a e b. Embora o maior aumento considerável da população e do número de domicílios nessa área tenha ocorrido entre as décadas de 80 e 90 (correspondente à legenda amarela para Figura 2a), mudanças no perímetro urbano em 1996 fizeram com que o Bairro Itoupava Central aumentasse de 16,4 para 39,8 km². Essa ampliação do perímetro urbano gerou não somente uma ampliação do espaço físico com a supressão de remanescentes florestais bem como a transformação do ambiente rural (Vibrans e Pellerin, 2004), possibilitando segundos aspectos da legislação municipal, a instalação de novas atividades econômicas. Conseqüentemente, surgiram novos conjuntos habitacionais ao longo de duas importantes rodovias que margeiam o rio Itoupava (e.g. Pedro Zimmermann e Gustavo Zimmermann) sendo estes os vetores iniciais para o desenvolvimento do bairro, criando assim, uma larga mancha longitudinal percebido nas Figuras 2a e b. Ademais, a localização destas duas rodovias está historicamente ligada ao Ribeirão Itoupava, já que a colonização de Blumenau se deu às margens de rios da região.

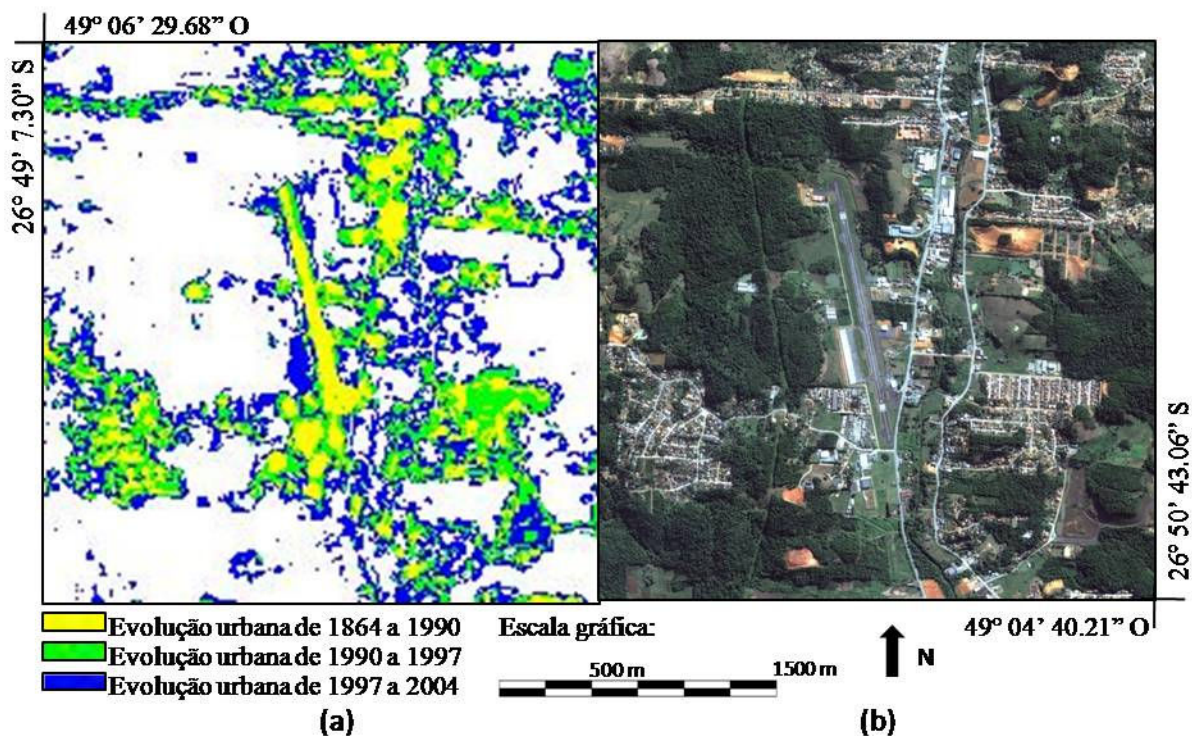


Figura 2. Crescimento áreas urbanas segundo uma análise multitemporal de imagens Landsat até 01/01/2004 (a); e imagem do sensor Quickbird adquirida em 02/09/2003 (b) em um recorte da área de estudo.

3.3 Análise do Comportamento Térmico e sua relação à Evolução Urbana

A Figura 3 ilustra o campo térmico para os anos de 1990, 1997 e 2004. Segundo essa figura, o aeroporto e os núcleos urbanos mais adensados foram as que apresentaram as maiores temperaturas em todas as datas em análise (cor vermelha). Em termos absolutos a amplitude térmica dessas áreas mais adensadas em relação às áreas mais frias da imagem, em geral associadas a remanescentes florestais (cor verde) apresentou-se em média uma diferença de 8°C. A partir de 1997 (Figura 3b) para 2004 (Figura 3c) já é possível constatar que o aumento das áreas urbanas, principalmente com a remoção de áreas verdes e a criação de conjuntos habitacionais está principalmente associado com as vias arteriais. Manchas de calor da Figura 3b podem ser associadas a novos núcleos urbanos (e.g. conjuntos habitacionais no canto inferior esquerdo) e de solo exposto decorrentes da execução de atividades de terraplenagem (e.g. diferentes áreas da imagem Quickbird) em comparação com a Figura 2b. Assim, observa-se a importância da manutenção de áreas verdes que servem também para a minimização do calor. Esse comportamento pode ser observado no canto superior esquerdo da Figura 3. Embora essas áreas também tenham se desenvolvido, as temperaturas médias são menores em comparação com outros núcleos urbanos em função do maior percentual de remanescentes florestais. Esses resultados corroboram com observações de Chen et al. (2006) e Xian e Crane (2006).

Apesar da normalização radiométrica empregada para os dados Landsat em análise, ainda é possível observar que em determinados lugares da Figura 3c (2004) as manchas de calor (cor vermelha) diminuíram em comparação a 1997 (Figura 3b). Presume-se que este fator possa estar relacionado à intensidade dos ventos no dia de captação da cena. Entretanto, informações mais precisas sobre as condições atmosféricas não estão disponíveis para a área de estudo em questão. A existência das faixas brancas de sinalização sobre a pista aérea do Aeroporto, em suas extremidades médias (Figura 2b), também pode ser um aspecto na causa da diminuição das manchas de calor na Figura 3c.

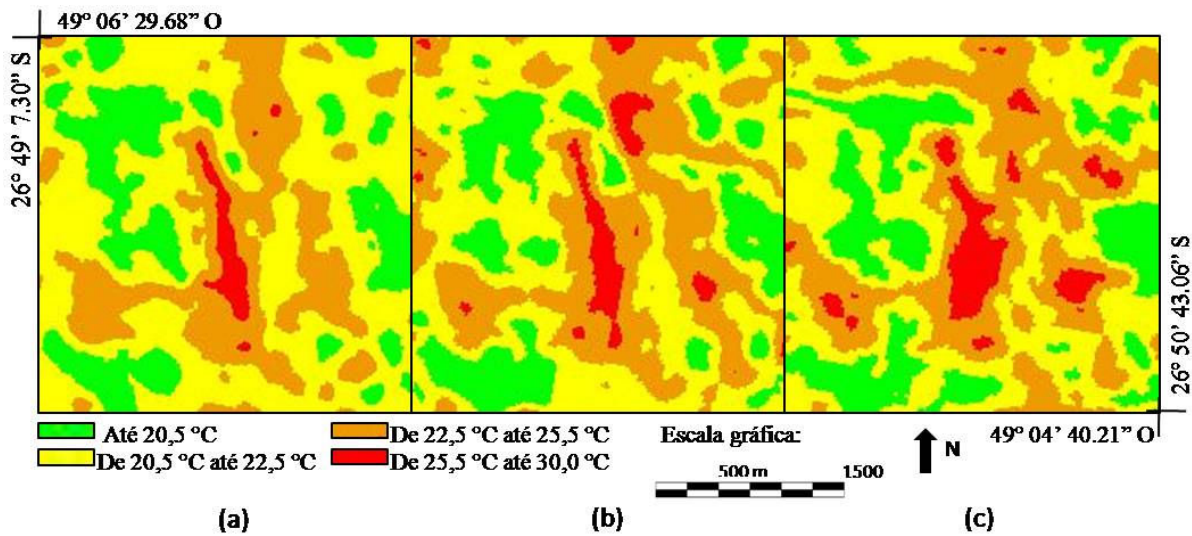


Figura 3. Imagens termais para 01/03/1990 (a), 05/04/1997 (b) e 08/04/2004 (c) no recorte da área de estudo.

Para demonstrar a relação entre o índice de vegetação NDVI das classes de uso do solo e a temperatura aparente, a Figura 4 mostra um perfil para o recorte da área de estudo apresentado na Figura 2 em 08/04/2004 no sentido Oeste-Leste. A correlação entre ambas variáveis foi superior a 70%.

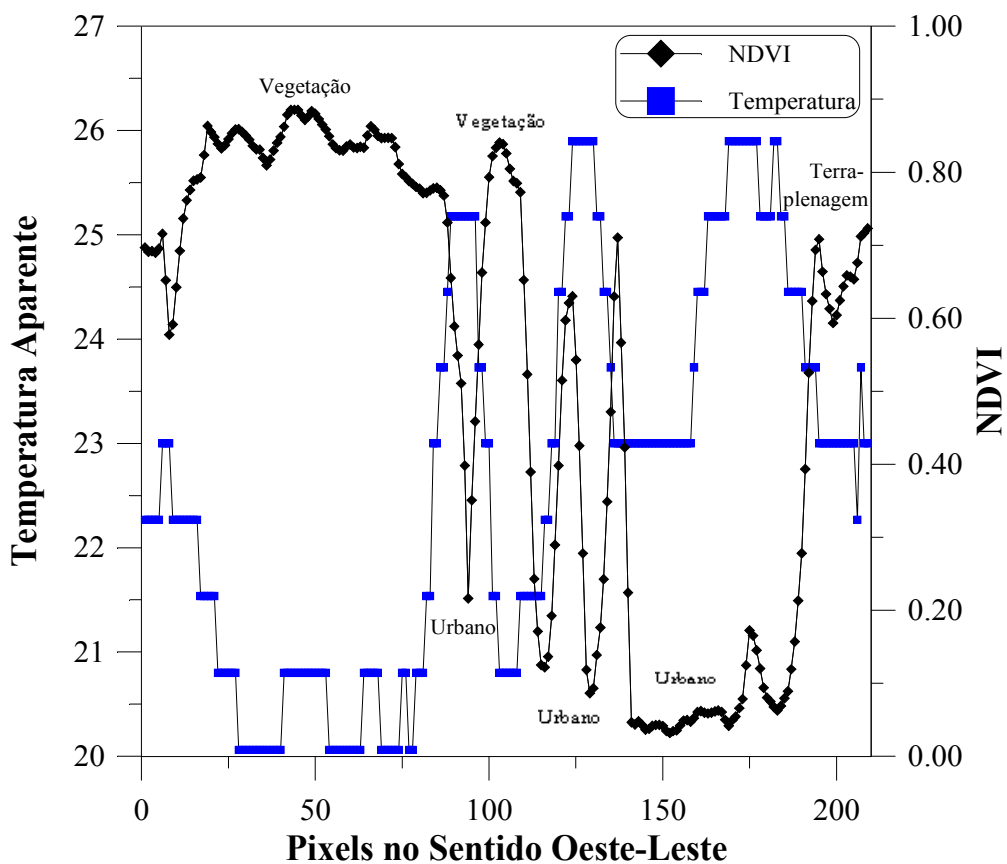


Figura 4. Perfil Oeste-Leste em um recorte da área de estudo com valores de temperatura aparente e o índice NDVI em 08/04/2004.

De acordo com a Figura 4, a presença de áreas remanescentes de vegetação no início da transeção é caracterizada pelos maiores valores de NDVI e conseqüentemente pelos menores valores de temperatura aparente. Ademais, uma queda no NDVI e um significativo aumento da temperatura aparente indicam a pista de asfalto do Aeroporto da região. O NDVI aumenta novamente até encontrar uma região adensada na margem das vias arteriais, que configura novamente um ápice na temperatura. Em seguida, o NDVI cresce até encontrar uma área onde se executa uma terraplanagem que por fim marca o último cume de elevada temperatura. De uma forma geral, a cidade de Blumenau mostra um comportamento semelhante para outras áreas da cidade. Na região Sul da cidade, por exemplo, com o Parque Nacional da Serra do Itajaí e outras unidades enquadradas em outras categorias de conservação contribuem para uma diminuição significativa das áreas urbanas adjacentes.

De acordo com um estudo realizado pela FATMA (Fundação Estadual de Meio Ambiente), a região polarizada por Blumenau detém ainda 77% de vegetação primária e secundária, sendo considerada a maior do Estado (Universidade Regional de Blumenau, 2006).

4. Conclusões

O trabalho permite concluir a estreita relação entre a evolução urbana e o aumento do campo térmico. A percepção do contraste entre áreas adensadas e áreas adjacentes florestadas demonstra a importância da manutenção da vegetação em meio às classes urbanas para a geração do conforto térmico, uma vez que a relação entre dados de NDVI e temperatura também evidenciou a capacidade da vegetação como minimizadora de calor.

O sensoriamento remoto se mostra como uma ferramenta imprescindível no estudo do comportamento térmico, auxiliando no planejamento urbano ao indicar a necessidade de estudos prévios de viabilidade ambiental para o planejamento de ocupações.

Agradecimentos

Os autores são gratos a FAPESC e ao CNPq pelo financiamento do trabalho. Agradecimentos também são endereçados a DSR/INPE pela cessão da imagem ETM+/Landsat, à FURB pela infra-estrutura, e à Empresa Senografia pela cessão da Imagem Quickbird (2003).

Referências Bibliográficas

- Araújo, E. H. G.; Kux, H. J. H.; Florenzano, T. G. Ortoretificação de imagens do satélite Quickbird para aplicações urbanas. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 60/02, agosto 2008.
- Baptista, G. M. de M. Ilhas urbanas de calor. **Scientific American Brasil**, v. 1, n. 8, p. 54-59, 2003.
- Chavez, P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.24, n.3, p.459- 79, 1988.
- Chen, Xiao-Ling; Zhao, Hong-Mei; Li, Ping-Xiang; Yin, Zhi-Yong. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, n. 2, p. 133-146, 2006.
- Coltri, P. P. Ilhas de calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 21-26 abril 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007, p. 5151-5157.
- Ehlers, M. Sensoriamento Remoto para Usuário de SIG – Sistemas Sensores e Métodos: as Exigências e a Realidade. In: BLASCHKE, Thomas (Org.); KUX, Hermann (Org.). **Sensoriamento Remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. Cap. 2, p.19-32.

IBGE. Censo Demográfico 2000. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 10.ago.2008.
Lombardo, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo : Hucitec, 1985. 244p.

Teza, C. T. V.; Baptista, G. M. de M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 - Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 3911-3918.

Universidade Regional de Blumenau. **Observatório do desenvolvimento regional**: diagnóstico da região de Blumenau. Blumenau: FURB, 2006. 212p.

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**, v. 104, n. 2, p. 147-156, 2006.

Vibrans, A. C.; Pellerin, J. R. G. M.. Espaço rural: de espaço de vida a produto de consumo urbano? Observações sobre a bacia do Itajai. **Geosul**, Florianópolis, v. 19, n. 38, p. 99-113, 2004.