

## **A utilização de informações de temperatura da superfície, do NDVI e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental urbana**

Valéria Lima<sup>1</sup>

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim<sup>2</sup>

Universidade Estadual Paulista - FCT/UNESP

Rua Roberto Simonsen, 305 - 19060-900 - Presidente Prudente/SP

<sup>1</sup>val\_unesp@hotmail.com; <sup>2</sup>mccta@fct.unesp.br

**Abstract:** In cities, the vegetation constitute an important indicator of environmental quality, as it ensures permeable areas, reduce of the air pollution, contribute to the regularization of urban microclimate, among others. The objective of this study was to use the data information obtained through of remote sensing techniques such as surface temperature and vegetation index data of air temperature to assist in the analysis of environmental quality in the city of Nova Andradina/MS. For elaboration of the map of the surface temperature were used calculations for conversion of digital values of the image of the thermal channel (band 6 - thermal channel of Landsat 7, spatial resolution of 60 meters) of temperature in degrees Celsius (°C) in the software Idrisi. The vegetation mapping was prepared by the calculation of the vegetation index of normalized difference (NDVI), following a supervised classification in the Spring software. With air temperature data generated in the software Surfer the map of isotherms with data representative of summer. Analyzing the results it was perceived clearly the influence and importance of vegetation to the increase or not of surface temperature and of air, especially in the analyzing the vegetation mapping and spatial distribution of temperatures presented in the map of the isotherm.

**Palavras chave:** surface temperature, NDVI, air temperature, environmental quality, remote sensing temperatura da superfície, temperatura do ar, qualidade ambiental, sensoriamento remoto.

### **1. Introdução**

As discussões e análises expostas neste artigo fazem parte da pesquisa de doutorado: “A Sociedade e a Natureza na paisagem urbana: análise de indicadores para avaliar a qualidade ambiental”. O objetivo deste trabalho foi utilizar as informações de dados obtidos por meio de técnicas de sensoriamento remoto, como temperatura da superfície e índice de vegetação com dados de temperatura do ar para auxiliar nas análises de qualidade ambiental da cidade de Nova Andradina/MS.

Nas cidades, a vegetação constitui um importante indicador de qualidade ambiental, pois garante áreas permeáveis, reduz a poluição atmosférica, contribui para a regularização do microclima urbano.

Dados obtidos por meio de técnicas de sensoriamento remoto, como temperatura da superfície e índice de vegetação, podem ser relacionados com estudos de clima urbano auxiliando nas análises de qualidade ambiental, considerando que esta refere-se ao padrão estabelecido de satisfação ambiental, considerando os elementos naturais (meio físico e biológico) e os antrópico (economia, cultura, relações sociais).

A análise de qualidade ambiental depende da escolha dos parâmetros, ou seja, dos indicadores que representam a paisagem urbana, relacionados aos aspectos sociais, econômicos, culturais, do clima, da vegetação, da hidrografia e do relevo. Os estudos de clima urbano incorporar informações das ilhas de calor, de conforto térmico, de temperatura da superfície, da qualidade do ar e da precipitação.

Os dados de temperatura da superfície sobrepostos com as informações de uso e ocupação do solo configuraram-se em um indicador importante para a análise de qualidade ambiental urbana. Estes foram obtidos com o uso de técnicas de sensoriamento remoto através da

conversão dos valores digitais da imagem termal (banda 6, canal termal do satélite Landsat 7 que possui resolução espacial de 60 metros) para temperatura.

Como a vegetação tem um papel importante na paisagem urbana, principalmente para o clima urbano, conforto térmico e qualidade ambiental, utilizou-se o NDVI para mapear as diferenças na densidade de vegetação na cidade de Nova Andradina/MS.

Utilizou-se também os dados de temperaturas do ar intraurbana, adquiridos através de medidas em transectos móveis na cidade. Conforme Amorim et al (2009, p. 79), a resposta térmica da estrutura urbana pode demonstrar que as características do uso do solo são responsáveis pela distribuição da temperatura do ar gerando ilhas de calor nos bairros densamente construídos, ou com a concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e reflectância.

### 1.1 Área de Estudo

A cidade de Nova Andradina/MS possui 45.916 habitantes<sup>1</sup>, o município foi fundado em 1958<sup>2</sup> e está entre as maiores cidades do estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1)



Figura 1 – Localização do município de Nova Andradina/MS. Organização: LIMA. V.. 2009.

A cidade possui muitas disparidades sociais e ambientais em sua paisagem que pode ser constatado em trabalho de campo realizado em maio de 2010, como ausência de vegetação em alguns bairros, inadequado sistema de coleta de águas pluviais, muitos processos erosivos entre outros. Nova Andradina/MS não possui grande diferença em sua declividade, com altitude média aproximada de 360 metros<sup>3</sup>

## 2. Metodologia de Trabalho

Os dados de temperatura da superfície, vegetação e temperatura do ar contribuem para as análises de qualidade ambiental, já que estes podem representar a relação do tipo de uso do solo e forma de organização da cidade com o aumento ou não da temperatura. Portanto, elaborou-se a carta de temperatura da superfície, mapeamento da vegetação e a carta de isoterma da cidade de Nova Andradina/MS.

### 2.1 Temperatura da Superfície

Para elaborar a carta de temperatura da superfície, utilizou-se a imagem do canal do infravermelho termal (faixa espectral de 10,4 a 12,5  $\mu\text{m}$  - micrômetro) do sensor ETM+ do satélite Landsat-7 de 06 de maio de 2001, com resolução espacial de 60 metros, adquirida no site do *United States Geological Survey*.

<sup>1</sup> Conforme estimativa da população em 2009. Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

<sup>2</sup> Fonte: IBGE Cidades, 2010.

<sup>3</sup> Dados adquiridos no trabalho de campo realizado na cidade em 2010 através da coleta de pontos de controle com o uso de GPS.

Os procedimentos para a obtenção das temperaturas em grau Celsius (°C) foram realizados no software IDRISI Andes versão 15.0, com a utilização de parâmetros fixos de conversão de níveis de cinza da imagem (NC) para radiância, depois para temperatura Kelvin e finalmente para graus Celsius obtidos no site do satélite Landsat. Portanto, a primeira etapa, refere-se a conversão dos níveis de cinza para radiância com a aplicação da seguinte equação (Equação 1):

$$L_{\lambda} = ((\text{Imax}_{\lambda} - L_{\text{min}}) / (\text{QCALMAX} - \text{QCALMIN})) * (\text{QCALMIN} - \text{QCAL}) + L_{\text{min}}_{\lambda} \quad (1)$$

O significado e os valores dos elementos que compõe esta fórmula estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Elementos da fórmula de conversão para radiância

$L_{\lambda}$	Radiância espectral em sensor de abertura de em Watts
QCAL	Valor quantizado calibrado pixel em DN
$L_{\text{min}}_{\lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMIN em Watts = 0.000
$L_{\text{Max}}_{\lambda}$	Radiância espectral, que é dimensionado para QCALMAX = 17.040
QCALMIN	O mínimo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\text{min}}_{\lambda}$ , em DN = 1
QCALMAX	Máximo valor quantizado calibrado pixel (correspondente a $L_{\text{Max}}_{\lambda}$ no DN = 255

Organização: LIMA, V., 2010. Fonte: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>

Conforme Dumke (2007, p. 411) “os valores de Lmax e Lmin podem se alterar em função da data do imageamento e do tipo de sensor”. Para as imagens do sensor ETM+ devem-se utilizar os parâmetros apresentados na Tabela 2. Nesta tabela, destacaram-se os valores incorporados nos procedimentos para a elaboração da carta de temperatura da superfície de Nova Andradina/MS:

Tabela 2 - ETM + Faixa de radiância espectral

N. Banda	Processada antes de 01 de julho de 2000				Processada depois de 01 de julho de 2000			
	Baixo ganho		Alto Ganho		Baixo ganho		Alto Ganho	
	Lmin	LMax	Lmin	LMax	Lmin	LMax	Lmin	LMax
1	-6,2	297,5	-6,2	194,3	-6,2	293,7	-6,2	191,6
2	-6,0	303,4	-6,0	202,4	-6,4	300,9	-6,4	196,5
3	-4,5	235,5	-4,5	158,6	-5,0	234,4	-5,0	152,9
4	-4,5	235,0	-4,5	157,5	-5,1	241,1	-5,1	157,4
5	-1,0	47,70	-1,0	31,76	-1,0	47,57	-1,0	31,06
6	0,0	17,04	3,2	12,65	0,0	17,04	3,2	12,65
7	0,35	16,60	0,35	10,932	0,35	16,54	0,35	10,80
8	-5,0	244,00	-5,0	158,40	-4,7	243,1	-4,7	158,3

Fonte: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>

Após a conversão dos níveis de cinza em radiância, é aplicada a equação a seguir para converter os valores em temperatura Kelvin (Equação 2):

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (2)$$

Considerando que:

T = Temperatura efetiva no satélite em Kelvin;

K2 = Constante de calibração 2, conforme valores da Tabela 3;

K1 = Constante de calibração de 1, conforme valores da Tabela 3;

L = Radiância espectral, em Watts

A tabela 3 apresenta os valores que foram substituídos na fórmula para conversão em temperatura Kelvin.

Tabela 3 - ETM + térmica constantes de calibração

	Constant 1 - <b>K1</b> Watts / (metro quadrado ster * * mm)	Constant 2 - <b>K2</b> Kelvin
Landsat 7	666,09	1.282,71
Landsat 5	607,76	1.260,56

Fonte: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>

Para gerar a grade de temperatura da superfície em graus Celsius [°C], os valores de temperatura Kelvin foram subtraídos de 273,15. Finalmente, para a seleção da área urbana e do meio rural próximo da cidade, importou-se a malha urbana georreferenciada. (Figura 2)

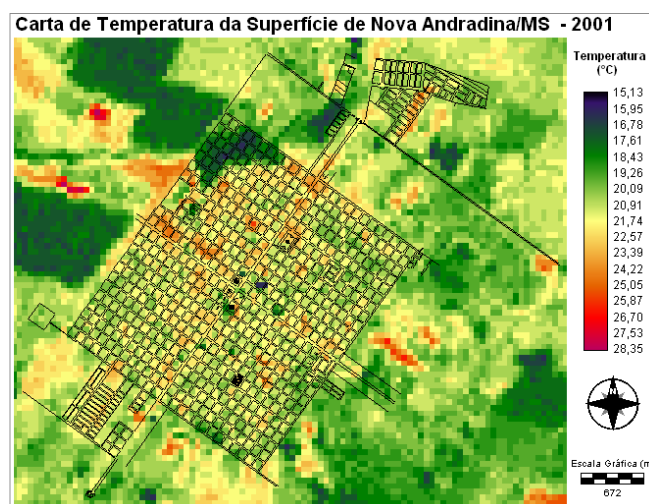


Figura 2 – Carta de temperatura da superfície de Nova Andradina gerada a partir da imagem do infravermelho termal do sensor ETM+ do satélite Landsat-7 de 06-05-2001. Fonte da imagem: *United States Geological Survey (USGS)*. Elaboração: LIMA, V. (2010)

## 2.2 Mapeamento da vegetação utilizando o NDVI

Rouse et al (1973) apud Shimabikuro e Ponzoni (2007, p.82), propuseram a normalização do índice de vegetação para o intervalo de -1 a +1, sendo que “ para os alvos terrestres o limite inferior torna-se aproximadamente zero (0) e o limite superior aproximadamente 0,80”.

Esta normalização é realizada através da Equação 3, utilizando-se as faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. A aplicação desta fórmula faz com que a vegetação na imagem seja evidenciada com valores próximos a +1. Na prática essas áreas são representadas com tons mais claros, ao contrário, as áreas com ausência de vegetação com tonalidade escura.

$$NDVI = (P_{IVP} - P_V) / (P_{IVP} + P_V) \quad \text{Onde: } P_{IVP} \text{ é a reflectância no infravermelho próximo;} \quad (3)$$

$$P_V \text{ é a reflectância no vermelho.}$$

O índice de vegetação normalizada, conforme Shimabikuro e Ponzoni (2007, p.83) é uma ferramenta muito utilizada para monitoramento da vegetação através da construção de perfis

sazonal e temporal de suas atividades. Mas salientam que sua interpretação deve considerar os fatores limitantes, como a interferência atmosférica, a resolução espacial entre outros.

No entanto, para este trabalho, aplicou-se o NDVI com a intenção de mapear as áreas com alta concentração de vegetação na cidade de Nova Andradina/MS para auxiliar nas análises com as informações de temperatura da superfície e do ar.

Utilizou-se imagens do sensor CCD do CBERS-2B de 01 de abril de 2009, que possui resolução espacial de 20 metros, sendo as bandas 3 e 4, referente ao vermelho (faixa espectral de 0,63-0,69  $\mu\text{m}$ ) e infravermelho próximo (faixa espectral de 0,77-0,89  $\mu\text{m}$ ) respectivamente. As imagens deste satélite que recobrem a área de Nova Andradina estão na órbita 161 e ponto 125.

No software Spring 5.1.6 (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) foi organizado o banco de dados e toda integração das informações para o mapeamento da vegetação.

### 2.2.1 Pré-processamento das imagens do sensor CCD do CBERS-2B

As imagens foram convertidas no Impima 5.1.6 para serem registradas no Spring com base na malha urbana georeferenciada através de pontos de controle adquiridos por GPS em trabalho de campo realizado na cidade em maio de 2010.

Após o registro, as imagens foram importadas para o Spring e algumas técnicas de correção nestas foram aplicadas. A utilização de técnicas de correção de imagens orbitais constitui uma das mais importantes etapas do processamento digital, pois diversos fatores podem influenciar nas informações e resolução espacial.

A primeira técnica foi a correção radiométrica por meio da “restauração da imagem” no Spring que tem a finalidade de corrigir as distorções introduzidas pelos sensores, ou seja, diminui o efeito de “borramento”. Este processamento é realizado sobre a imagem original sem qualquer outro tipo de processamento.

A correção da imagem é baseada nas características do sensor, por isso, no software Spring para este processamento foi selecionado a opção: sensor CBERS2-CCDX e associado a banda correspondente. As imagens originais com 20 metros foram restauradas com 10 metros (pixel). Após essa etapa, foi aplicada a técnica de realce que visa melhorar a qualidade visual destas imagens através da transformação da escala de cinza – contraste.

### 2.2.2 Cálculo do índice de vegetação – NDVI

Para mapear as áreas de vegetação da cidade de Nova Andradina/MS, foi necessário aumentar o contraste entre solo e vegetação, utilizando-se a razão entre bandas referentes ao vermelho e infravermelho próximo que está implementado no Spring através da operação aritmética (Equação 4):

$$\text{NDVI} = \text{Ganho} * ((A-B)/(A + B)) + \text{OffSet}$$

A = banda infravermelho próximo  
B = banda vermelho  
Utilizou-se os parâmetros: Ganho = 127 e OffSet = 128 (4)

O índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) aumenta o contraste espectral entre a vegetação e o solo; os efeitos de iluminação, declividade da superfície e geometria de "visada" são parcialmente compensados pelo índice. (Figura 3)



Figura 3 – Resultado do NDVI da cidade de Nova Andradina/MS. Elaboração: LIMA, V., 2010

Visando extrair as feições de interesse, ou seja, a vegetação urbana, realizou-se alguns testes de segmentação na imagem NDVI. Com a técnica de segmentação da imagem pelo método “crescimento de regiões”, utilizou-se os parâmetros de similaridade “10” e área (pixels) de “20”. Posteriormente foi elaborada a classificação supervisionada da imagem NDVI segmentada, com o classificador *Battacharya*. Este classificador necessita de amostras da imagem segmentada adquiridas através da ferramenta treinamento.

Por fim, aplicou-se o procedimento de “pós-classificação” com o objetivo de uniformizar os temas, ou seja, eliminar pontos isolados e, com o mapeamento, transformar uma imagem classificada (categoria Imagem) para um mapa temático (categoria Temático). (Figura 4)

Este mapa temático possui 4 classes, sendo: “mata” (referente a área que apresentou tons mais claros de cinza), “média densidade de vegetação” (áreas com tons intermediários de cinza), “baixa densidade de vegetação” (áreas com tons de cinza escuro) e “inexistente vegetação” (áreas em que os pixels apresentavam valores perto da cor preta). A área de mata coincidiu com a reserva florestal da cidade; as de média densidade de vegetação são áreas com menor densidade de construção e com uma cobertura vegetal representativa; as de baixa apresentam pouca cobertura vegetal e maior densidade de construção. Por fim, as áreas com inexistente vegetação localizaram-se na parte central da cidade.

### 2.3 Temperatura do ar

Para a verificação das temperaturas do ar intraurbana realizaram-se medidas em transectos móveis na cidade, em um dia representativo do verão (mês de março de 2009) com a utilização de termômetros digitais presos em haste de madeira com 1,5m de comprimento, acoplado na lateral de um veículo. As medições foram efetuadas às 7h, 15h e às 22h.<sup>4</sup>

Foram elaboradas cartas de isotermas (para cada horário de coleta), através do Software *Surfer for Windows*, permitindo assim a identificação da variação da temperatura nos diferentes pontos da cidade. As informações de temperatura do ar espacializadas podem indicar a formação de ilhas de calor e inferências sobre o conforto térmico.

<sup>4</sup> As medições foram realizadas pela mestrandia Gabriela Narciso Lima para sua pesquisa “O Clima urbano de Nova Andradina/MS”, sob orientação da Profª. Dra. Margarete Cristiane Trindade de Costa Amorim.

Como o objetivo deste estudo foi relacionar as informações destes diferentes procedimentos para auxiliar na análise de qualidade ambiental, utilizou-se apenas os dados da carta de isotermas representativo de verão da 7h. (Figura 5)

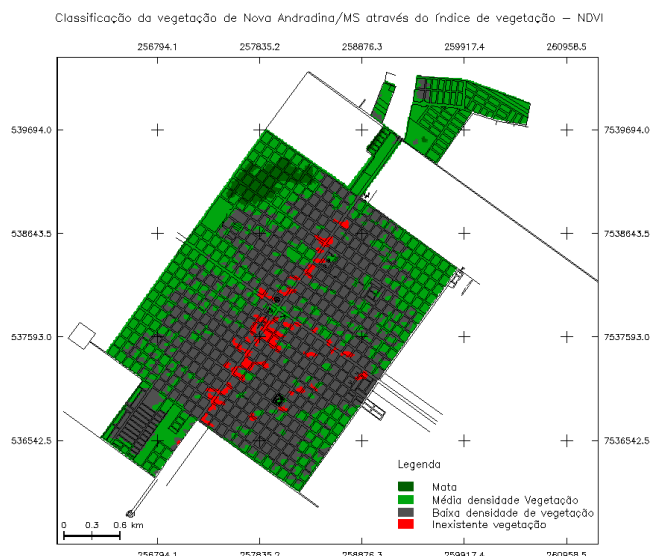


Figura 4 – Mapeamento da Vegetação de Nova Andradina/MS através do NDVI. Elaboração e edição: Lima, V. (2010)

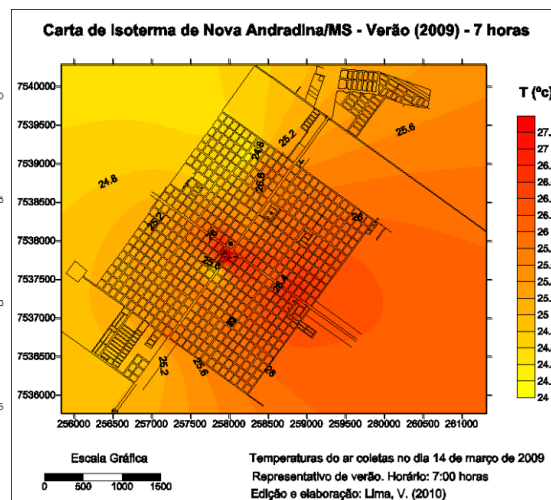


Figura 5 – Carta de isotermas de Nova Andradina/MS. Representativo de verão – 7 h. Elaboração e edição: Lima, V. (2010)

### 3. Resultados e Discussão

O sensoriamento remoto auxilia cada vez mais em análises e na aquisição de informações da superfície terrestre. Com sensores que são sensíveis a radiação é possível monitorar características térmicas da paisagem. Conforme Jensen (2009, p. 251) os elementos da paisagem possuem características termais previsíveis com base em suas características e capacidades de absorverem a energia solar. Por isso é possível usar essas informações para determinar o tipo de material, assim como diagnosticar as mudanças significativas que ocorrerem nas características termais dos objetos.

Neste contexto, as informações da carta de temperatura da superfície da cidade de Nova Andradina são resultados tanto da influência da distribuição espacial da cobertura vegetal arbórea como dos tipos de uso do solo. Estes fatores interferem na formação do clima urbano dependendo de suas características e densidade. Isso pode ser comprovado com o mapeamento da vegetação através do NDVI, indicando também que a vegetação assume grande importância para o clima urbano, conforto térmico e qualidade ambiental.

Os dados de temperatura do ar apresentados na carta de isotermas pode ser analisado juntamente com o índice de vegetação. As temperaturas mais baixas na carta de isoterma estão associadas às áreas classificadas como “mata” na Figura 4. Neste local existe um Parque Florestal, assim chamado pela Prefeitura Municipal, fazendo com que a vegetação densa amenize as temperaturas das proximidades. As áreas com ausência de vegetação, na parte central da cidade, apresentadas com a cor “vermelha” na Figura 4, influenciam o aumento da temperatura (Figura 5).

A temperatura da superfície que resulta do fator de emissividade dos objetos depende de características como a cor (de cor escura absorvem mais energia), composição química, rugosidade superficial, teor de umidade, compactação entre outros. Observou-se que as temperaturas de superfície da cidade, na imagem escolhida para estudo, variaram entre 15°C e 28°C. As áreas com temperatura da superfície entre 25°C e 26°C, representadas na Figura 2,

configuram-se em locais com baixa densidade vegetal, diferente da área com menor temperatura, entre 15°C a 17°C, referente ao Parque Florestal.

#### 4. Conclusões

As informações da temperatura da superfície adquiridas através de técnicas de sensoriamento remoto com o uso do canal termal do Landsat 7, mostraram-se relevantes para as análises de qualidade ambiental. Percebeu-se claramente a influência e a importância da vegetação para o aumento ou não da temperatura da superfície ao analisar a classificação do índice de vegetação através do NDVI e das temperaturas apresentadas na carta de isotermas.

A grande dificuldade foi a adaptação destas informações de diferentes bases e datas e da dificuldade de acesso a imagens atuais com resolução aceitável, pois as mudanças no uso e ocupação do solo podem alterar os resultados. Considerou-se que o uso das informações da cobertura vegetal arbórea, a forma de organização no espaço urbano e o uso do solo, enriquecem os resultados e o uso destes para a análise de qualidade ambiental torna-se viável e um importante instrumento.

#### Referências Bibliográficas

AMORIM, M. C. de C. T. et al. **Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 em cidade tropical**. Revista de Geografía, núm. 43, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009, p. 65-80.

DUMKE, Eliane Müller Seraphim. **Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba**. Tese de Doutorado. Curitiba: UFPR, 2007.

FROTA, Anesia Barros. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2007.

GARCÍA, F.F. **Manual de climatologia aplicada**. Madrid: Editorial Síntesis, 1995.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Apostila de introdução ao sensoriamento remoto**. Disponível em: <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Apostila do curso de Fundamentos em Geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Apostila do curso de Processamento digital de imagens**. São José dos Campos: INPE, 2010.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2 ed. São José dos Campos: Parenteses, 2009.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilhas de Calor nas metrópoles**. São Paulo: Hucitec: 1985.

LUCHIARI, Ailton et al. **Aplicações do sensoriamento remoto na Geografia**. In: VENTURI, Luis Antonio Bittar. **Praticando a Geografia: técnicas de campo laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MACHADO, Lucy Marion Calderini Philadelpho. **Qualidade ambiental: indicadores quantitativos e perceptivos**. In: Indicadores Ambientais. MARTOS, Henry Lesjak; MAIA, Nilson Borlina. **Indicadores Ambientais**. Sorocaba: [s.n.], 1997.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: USP/IG, 1976.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yoshio Edemir. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: A. Silva Vieira Ed., 2007.