

# UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA A CONSTRUÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE URBANA

Vanessa da Silva Brum Bastos <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{vsbb@dsr.inpe.br}

**Resumo.** O índice de qualidade urbana visa sintetizar diversas variáveis que interagem entre si e determinam a qualidade ambiental urbana de um local. Essa síntese é possível através das ferramentas de geoprocessamento como a AHP, pois as mesmas sintetizam as informações que devem ser consideradas na tomada de decisão, permitindo intervenções de planejamento mais conscientes.

**Palavras-chave:** qualidade ambiental urbana, AHP, geoprocessamento.

## 1. INTRODUÇÃO

Em todo o mundo a população das cidades continua a crescer desordenadamente, causando numerosos problemas ambientais em diversas escalas (LIANG; WENG, 2011). Com esses problemas ambientais e o adensamento das áreas construídas, o ambiente urbano tem se tornado cada vez mais estressante, tendo constante decréscimo de suas condições de conforto; dessa forma vários esforços têm sido realizados com o intento de mensurar e mapear essas condições em um índice integrado de qualidade ambiental urbana (NICHOL; WONG, 2009), buscando torná-lo uma ferramenta efetiva de planejamento urbano (LIANG; WENG, 2011).

Segundo Nichol e Wong (2005, 2009) a quantificação de um índice de qualidade ambiental urbana (UEQ) é uma tarefa complexa, uma vez que a UEQ é função de um grande número de parâmetros que atuam sinergicamente, variando e se combinando continuamente sobre a paisagem urbana em diversas escalas de análise.

Como afirmam Liang e Weng (2011) não há uma forma simples de modelar e predizer as interações de todos os aspectos do UEQ; dessa forma, alguns estudos prévios têm utilizado o método estatístico de análise de fatores, para identificar as relações entre diferentes parâmetros derivados de imagens de satélite (NICHOL; WONG, 2009).

A avaliação dos aspectos da UEQ constitui importante instrumento na definição das prioridades nos investimentos públicos, podendo ser utilizado anteriormente ao orçamento participativo, contemplando procedimentos mais eficazes para o reconhecimento das demandas da população (SOUTO et al., 1995).

As informações necessárias ao planejamento urbano são usualmente extraídas dos Censos demográficos e levantamentos municipais, os quais demoram a ser atualizados e possuem alto custo aquisitivo. Entretanto com os avanços nas tecnologias espaciais o sensoriamento remoto orbital mostra-se cada vez mais apto para a análise e planejamento do meio urbano (OBADE; PAUL, 2007)

O sensoriamento remoto mostra-se muito útil aos estudos urbanos, pois pode oferecer informações cruciais ao planejamento como: extensão e localização espacial das áreas urbanas, distribuição espacial dos diferentes usos e coberturas do solo, rede de transportes e infraestruturas correlatas, estatísticas relacionadas ao censo, monitoramento das mudanças de uso e cobertura do solo ao longo do tempo (CARLSON, 2003; OBADE; PAUL, 2007). Além disso, ele é cada vez mais rentável do que a aerofotogrametria, devido a crescente disponibilidade de dados de sensoriamento remoto, a alta resolução temporal dos sistemas satélites, ao aperfeiçoamento da resolução espacial, espectral e radiométrica (OBADE; PAUL, 2007).

Apesar da rentabilidade e notáveis benefícios do sensoriamento remoto orbital aplicado ao meio urbano, também existem dificuldades, relacionadas principalmente à amplitude de diferentes curvas espectrais, a presença de pixels com objetos misturados, aos efeitos atmosféricos e aos intervalos temporais entre os diferentes sensores, que contribuem para a inexactidão dos mapeamentos urbanos (CARLSON, 2003; OBADE; PAUL, 2007).

Para que essas dificuldades possam ser minimizadas é necessário desenvolver técnicas de geoprocessamento, tais como registro espacial apurado, verificação de campo apropriada, algoritmos de classificação aperfeiçoados, e utilizar imagens de satélite com alta resolução espacial e espectral (OBADE; PAUL, 2007).

Devido à característica variabilidade temporal e espacial do UEQ, o sensoriamento remoto apresenta vantagens para seu estudo, como a cobertura sincronizada de dados sobre uma grande área com detalhamento espacial, alta frequência temporal, baixos custos e a possibilidade de integração com outros dados através dos sistemas de informação geográfica (SIG) (LIANG; WENG, 2011; NICHOL; WONG, 2005).

Atualmente a compreensão da distribuição espacial de fenômenos é um desafio para explicar o cerne de várias questões, no entanto, devido a crescente disponibilidade de sistemas de informação geográfica (SIG) de baixo custo e fácil operação, são cada vez mais comuns os estudos com esse intento, já que os SIG's permitem a visualização espacial das variáveis em análise (DRUCK et al., 2004).

Neste sentido, o uso de SIG possibilita a obtenção e extração de informações de forma rápida, permite uma visão dinâmica para avaliação de riscos, auxilia na tomada de decisões, a identificação de áreas vulneráveis e o entendimento das causas e efeitos dos fenômenos (GILLESPIE et al., 2007).

Segundo Dominguez (2008):

"A carência de informações consistentes dentro das administrações públicas e a crescente demanda por integração dos processos de coleta de dados levaram um grande número de municípios a buscar na tecnologia da informação (TI) recursos para planejar as cidades. O uso desta tecnologia deve ser visto como um meio para um fim social devendo contribuir tanto para a promoção de intervenções políticas adequadas, como para a avaliação das mesmas, uma vez que os governos municipais têm um papel destacado na melhoria da qualidade de vida e no incentivo ao desenvolvimento local."

Dentre os recursos para o planejamento, está a análise espacial de dados geográficos, que tem como ênfase mensurar propriedades e relacionamentos, considerando explicitamente a localização do fenômeno (DRUCK et al., 2004).

No que tange índice de qualidade urbana deste trabalho, serão utilizados principalmente dados do tipo "superfícies contínuas" e "áreas com contagens e taxas agregadas". Segundo DRUCK et al. (2004) "superfícies contínuas" são dados resultantes de levantamentos de recursos naturais estimados a partir de amostras e "áreas com contagens e taxas agregadas" são dados associados a levantamentos populacionais, que por questão de confidencialidade, deixam de ser pontuais e associados a indivíduos, para serem agregados em unidades de análises. A partir da análise dos dados de entrada é escolhido um modelo inferencial, que responda a questão do estudo.

Dessa forma, a inferência da UEQ para São José dos Campos - SP será desenvolvido baseado na metodologia de Liang e Weng (2011), levando em conta as seguintes variáveis ambientais extraídas de imagens de satélite: índice normalizado da diferença de vegetação (NDVI), índice normalizado da diferença de área construída (NDBI), densidade populacional normalizada, porcentagem de domicílios com água da rede, porcentagem de domicílios com coleta de lixo e porcentagem de domicílios com esgotamento adequado.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar o índice de qualidade urbana no município de São José dos Campos para o ano de 2000, utilizando técnicas de geoprocessamento.

## 2.2. Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos estão:

- Aplicação de técnicas de geoprocessamento, como a ponderação, para inferência do índice de qualidade urbana por setor censitário, utilizando o software SPRING 5.2;
- Utilização da técnica de Processo Analítico Hierárquico (AHP) para suporte à decisão;
- Elaboração do mapa de qualidade urbana para o ano 2000, utilizando o Scarta 5.2;
- Utilização de imagens do Google Earth e do conhecimento da área para validar o mapeamento.

## 3. ÁREA DE ESTUDO

O município de São José dos Campos é sede do aglomerado urbano que inclui Jacareí, Taubaté e Caçapava, no interior do estado de São Paulo. Pertence à Mesorregião do Vale do Paraíba Paulista e Microrregião de São José dos Campos, se localiza cerca de 90 km a leste da capital do estado. Possui 94 km<sup>2</sup> em perímetro urbano e 1005 km<sup>2</sup> em zona rural, densidade populacional de aproximadamente 572 hab/m<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

Segundo índices, o produto interno bruto (PIB) de São José dos Campos é o nono maior do país, devido ao seu diversificado parque industrial; no entanto é importante destacar o baixo desempenho do município quanto ao índice de condição de vida, ocupando a trigésima sétima posição no ranking nacional do IDH-M (COSTA, 2007).

Quanto ao desenvolvimento urbano, a cidade deixa a desejar, pois apresenta problemas intra-urbanos como dispersão territorial, barreiras viárias, vazios urbanos, falta de integração viária e falta de uma política habitacional de interesse social.

Assim, é possível observar que todo o desenvolvimento econômico da cidade não teve correspondência no desenvolvimento da qualidade urbana (COSTA, 2007).



**Figura 1 - Localização do município de São José dos Campos**  
Fonte: Adaptado de NEPO (2012)

O presente estudo não englobara o município de São José dos Campos, apenas a cidade, portanto entrarão nas análises apenas os setores censitários classificados pelo IBGE como urbanos, como mostra a Figura 2.

Diferente dos demais centros regionais do estado, São José dos Campos é o único que não esteve ligado ao complexo cafeeiro, assim o centro regional foi determinado quase que totalmente pelo crescimento urbano-industrial, disseminado ao redor da capital a partir dos anos 50 (COSTA, 2007).

Esse crescimento rápido e concentrado é agravante da qualidade urbano, apesar de o município possuir legislação urbanística desde 1920, a articulação das dimensões política, econômica e sociais do desenvolvimento municipal, causaram problemas ainda não solucionados pela legislação (COSTA, 2007).

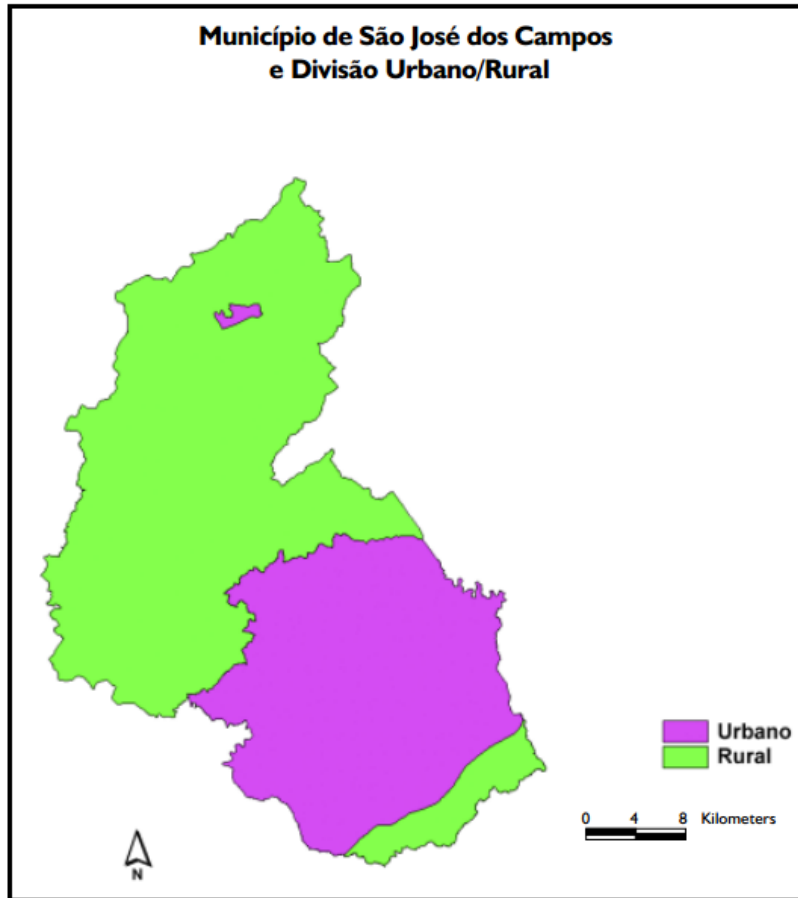


Figura 2 - Localização da área urbana no município de São José dos Campos  
Fonte: CARMO, 2003.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi criado o Banco de dados UEQ, no Spring 5.2, e dentro deste o projeto SJ\_Campos. Foi criada no Banco a Categoria Cadastral Limites, para a qual se importou o plano de informação contendo o limite municipal e o limite dos setores censitários urbanos, com seus respectivos atributos. Foi criada também uma Categoria Imagem, para qual foram importadas as oito bandas de uma Imagem Landsat 7 ETM+ de março de 2012, a partir das quais foram extraídas as variáveis ambientais.

Para prover uma representação completa das condições ambientais do índice de qualidade ambiental urbana, muitos estudos têm considerado a vegetação como fator importante (LIANG; WENG, 2011; NICHOL; WONG, 2005, 2009; WEBER, 2003; WENG, 2009).

Os cientistas vêm extraíndo e modelando, desde a década de 60, parâmetros da vegetação com o uso de sensoriamento remoto para desenvolver índices, medidas radiométricas adimensionais que expressam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde. Um índice de vegetação ideal deve maximizar fidedignamente a sensibilidade a parâmetros

biofísicos das plantas, modelar efeitos externos de ângulo solar e de visada, modelar as interferências atmosféricas, normalizar efeitos do substrato abaixo do dossel e ser acoplável a algum parâmetro biofísico mensurável (JENSEN, 2000; SUN et al., 2011, PONZONI; SHIMABUKURO, 2009).

Jensen (2000) sumariza quinze índices de vegetação diferentes, no entanto, o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) proposto pela primeira vez na literatura por Rouse et al. (1973), é o mais utilizado. Ele representa a magnitude normalizada entre -1 e +1, resultante da diferença entre a reflectância das bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009; DOMINGOS, 2005), conforme a equação 2.1:

$$\text{NDVI} = \frac{(\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{RED}})}{(\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{RED}})} \quad (4.1)$$

onde NIR representa a faixa do infravermelho próximo e RED a faixa do vermelho.

A fundamentação para a utilização dessas bandas reside no comportamento antagônico da reflectância da vegetação nos intervalos de 0,6  $\mu\text{m}$  a 0,7  $\mu\text{m}$  (RED) e 0,7  $\mu\text{m}$  a 1,3 $\mu\text{m}$  (NIR); compreende-se que quanto mais intensa a densidade de cobertura vegetal em uma área menor será sua reflectância no visível, devido à presença dos pigmentos fotossintetizantes, e maior será a reflectância na região do infravermelho próximo, devido ao espalhamento múltiplo da radiação eletromagnética causado pelas camadas das folhas (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009).

A ampla utilização do NDVI é resultante de suas vantagens, como a menor influência de variações atmosféricas, maior sensibilidade a clorofila, a diminuição dos ruídos pela normalização entre -1 e +1 e a possibilidade de monitorar mudanças sazonais; no entanto esse índice também apresenta deficiências que devem ser consideradas, como sua sensibilidade a efeitos ruidosos aditivos, sua alta sensibilidade as variações do substrato do dossel e sua saturação quando o índice de área foliar é muito alto o que o torna pouco sensível a detecção de variações na biomassa (JENSEN, 2000; PONZONI; SHIMABUKURO, 2009).

Outro índice importante é o NDBI (Normalized Difference Built-up Index), um indicador de área construída, constituindo uma recente alternativa aos métodos convencionais de classificação, com a vantagem de estar menos sujeito a subjetividades humanas (ZHA et al., 2003).

Segundo Zha et al. (2003), o NDBI é obtido através da razão entre a diferença de reflectâncias das bandas do NIR e do infravermelho médio (MidIR) subtraída pelo NDVI, como demonstrado na equação 2.3:

$$\text{NDBI} = \left( \frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{MidIR}}}{\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{MidIR}}} \right) - \text{NDVI} \quad (4.2)$$

A coerência desse índice é justificada pela grande disparidade espectral das variadas coberturas de solo; as áreas construídas e o solo exposto sofrem um drástico incremento da faixa do NIR para a do MidIR, enquanto a vegetação tem uma variação muito pequena entre a banda do NIR e MidIR. Esse incremento é maior do que o sofrido por qualquer outro tipo de cobertura do solo, os limites inferiores e superiores dos valores do NIR são muito menores do que os apresentados pela mesma cobertura de solo no MidIR. Portanto a diferença normalizada entre essas duas bandas resultará em valores próximos a zero para regiões arborizadas e de cultura, negativos para corpos d'água e positivos para áreas construídas. Assim torna-se possível a separação das áreas urbanas das demais, com precisão de 92% (ZHAO et al., 2003).

Utilizando as equações 4.1 e 4.2, os índices foram calculados através de um programa LEGAL, sendo armazenadas em Planos de Informação Numéricos.

Através do programa LEGAL, com o comando Espacialize, foram gerados Planos de Informação Numéricos, contendo cada uma das variáveis socioeconômicas: densidade populacional normalizada, porcentagem de domicílios com água da rede, porcentagem de domicílios com coleta de lixo e porcentagem de domicílios com esgotamento adequado.

Com as variáveis devidamente espacializadas, foi necessário pensar sobre o modelo inferencial, qual o modelo que nortearia as decisões a serem tomadas.

Segundo Câmara et al. (2001):

"Decidir é escolher entre alternativas. Com base nesta visão, podemos encarar o processo de manipulação de dados num sistema de informação geográfica como uma forma de produzir diferentes hipóteses sobre o tema de estudo.

O conceito fundamental dos vários modelos de tomada de decisão é o de racionalidade. De acordo com este princípio, indivíduos e organizações seguem um comportamento de escolha entre alternativas, baseado em critérios objetivos de julgamento, cujo fundamento será satisfazer um nível pre-estabelecido de aspirações.

O modelo racional de tomada de decisão preconiza quatro passos que devem ser seguidos para uma escolha apropriada:

- Definição do problema: formular o problema como uma necessidade de chegar a um novo estado.
- Busca de alternativas: estabelecer as diferentes alternativas (aqui consideradas como as diferentes possíveis soluções do problema) e determinar um critério de avaliação.
- Avaliação de alternativas: cada alternativa de resposta é avaliada.
- Seleção de alternativas: as possíveis soluções são ordenadas, selecionando-se a mais desejável ou agrupando-se as melhores para uma avaliação posterior."



Foi escolhida a técnica inferencial do Processo de Análise Hierárquica (AHP), proposto pela primeira vez na literatura por Saaty (1978). A AHP é um modelo empírico baseado em conhecimento (CÂMARA et al., 2001) foi desenvolvida para lidar com problemas complexos, colaborando com a ponderação de critérios de seleção relativos as variáveis envolvidas no problema; acaba por incorporar medidas de seleção objetivas e subjetivas, testando a sua consistência através de uma razão entre 0 e 1, com 0 indicando a completa consistência do processo de julgamento (SAATY, 1986; CÂMARA, 2001).

A AHP se decompõe em três fases principais: hierarquização do problema de decisão, avaliação comparativa ou pareada e síntese de prioridades (SAATY, 1986). A avaliação comparativa é realizada através de uma escala verbal, a qual é atribuída valores numéricos conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 - Escala verbal e valores numéricos correspondentes para a AHP.**  
**Fonte: adaptado de Câmara et al, 2001.**

<b>Escala verbal</b>	<b>Valores numéricos</b>
Igualmente importante	1
Moderadamente importante	3
Mais importante	5
Muito mais importante	7
Extremamente importante	9
Importância intermediária	2,4,6,8

Na avaliação pareada, fatores de Importância igual: contribuem igualmente para o objetivo, de Importância moderada: um fator é ligeiramente mais importante que o outro, de Importância essencial: um fator é claramente mais importante que o outro, de Importância demonstrada: um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática, de Importância extrema: a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível, Valores intermediários entre julgamentos: possibilidade de compromissos adicionais (CÂMARA et al., 2001).

Portanto, utilizou-se a AHP implementada no software Spring 5.2, para ponderar os pesos a serem dados para cada Plano de informação, os graus relativos de importância são demonstrados na Tabela 2.

**Tabela 2 - AHP utilizada para obter os índices de ponderação de cada variável**

<b>Categoria</b>	<b>Escala verbal</b>	<b>Categoria</b>
NDVI	Igualmente importante	NDBI
% de domicílios com água da rede	Moderadamente importante	Densidade populacional normalizada
% de domicílios com coleta de lixo	Igualmente importante	% domicílios com esgotamento
% de domicílios com água da rede	Igualmente importante	% de domicílios com coleta de lixo
NDVI	Extremamente importante	Densidade populacional normalizada

Após essa comparação pareada o software gerou um script base em LEGAL, determinando os pesos a serem dados para cada variável; o que resultou nos seguintes pesos, com uma razão de consistência de 0,058:

- NDVI – 0,2965;
- NDBI – 0,2965;
- Densidade Populacional Normalizada (DPN) – 0,042 ;
- Porcentagem de domicílios com água da rede (DAR) – 0,122 ;
- Porcentagem de domicílios com coleta de lixo (DCL) – 0,122 ;
- Porcentagem de domicílios com esgotamento adequado (DEA) – 0,122 .

Através dos pesos fornecidos, assim como do algoritmo base em LEGAL, foi desenvolvida a equação 4.3, que consiste em uma média ponderada pelos pesos fornecidos pela AHP:

$$IQU = 0,2965 \text{ NDVI} + 0,122 \text{ DCL} + 0,122 \text{ DAR} + 0,122 \text{ DEA} - 0,042 \text{ DPN} - 0,2965 \text{ NDBI} \quad (4.3)$$

Os fatores que contribuem positivamente para uma boa qualidade ambiental urbana foram considerados aditivos, enquanto os que contribuem negativamente foram considerados subtrativos. Através do script em LEGAL essa operação foi realizada, resultando em um novo Plano de Informação Numérico, ilustrado na Figura 3.

Esse plano de informação numérico foi fatiado, através de um programa LEGAL, para um plano de informação temático, segundo os critérios abaixo:

- Muito alta: 0,80 - 1,00
- Alta: 0,60 - 0,80
- Média: 0,40 - 0,60
- Baixa: 0,20 - 0,40
- Muito Baixa: 0,00 - 0,20

O fatiamento culminou no mapa apresentado na sessão 5.0 Resultados e Discussões, Figura 6.

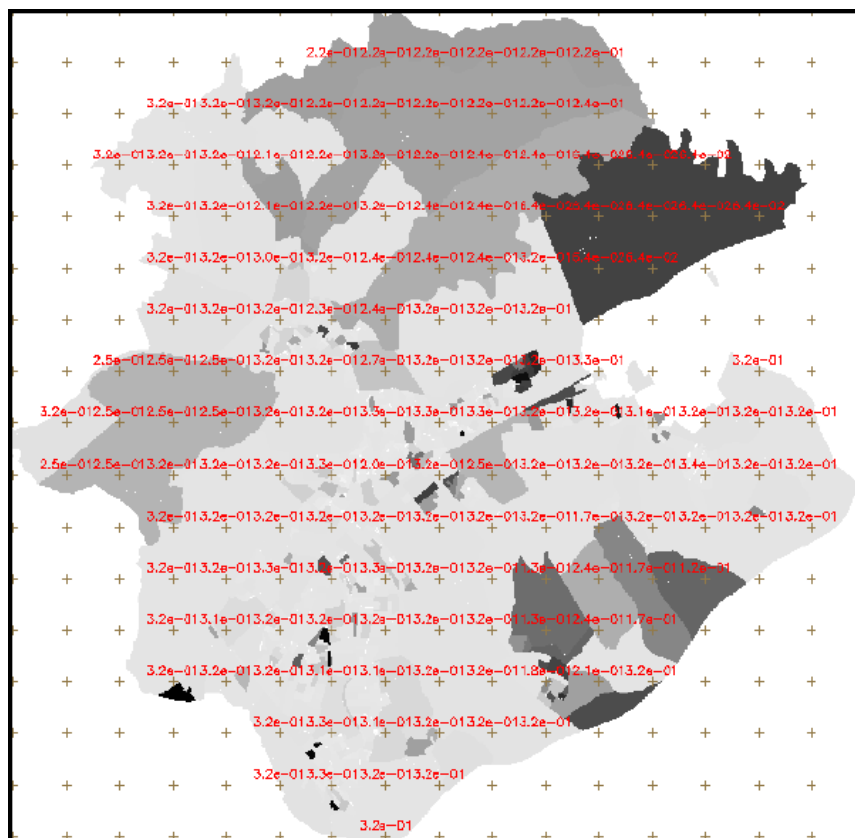


Figura 3 - Plano de informação numérico do índice de qualidade ambiental urbana

Todos os procedimentos realizados estão esquematicamente sintetizados pelo OMTG representado na Figura 4.

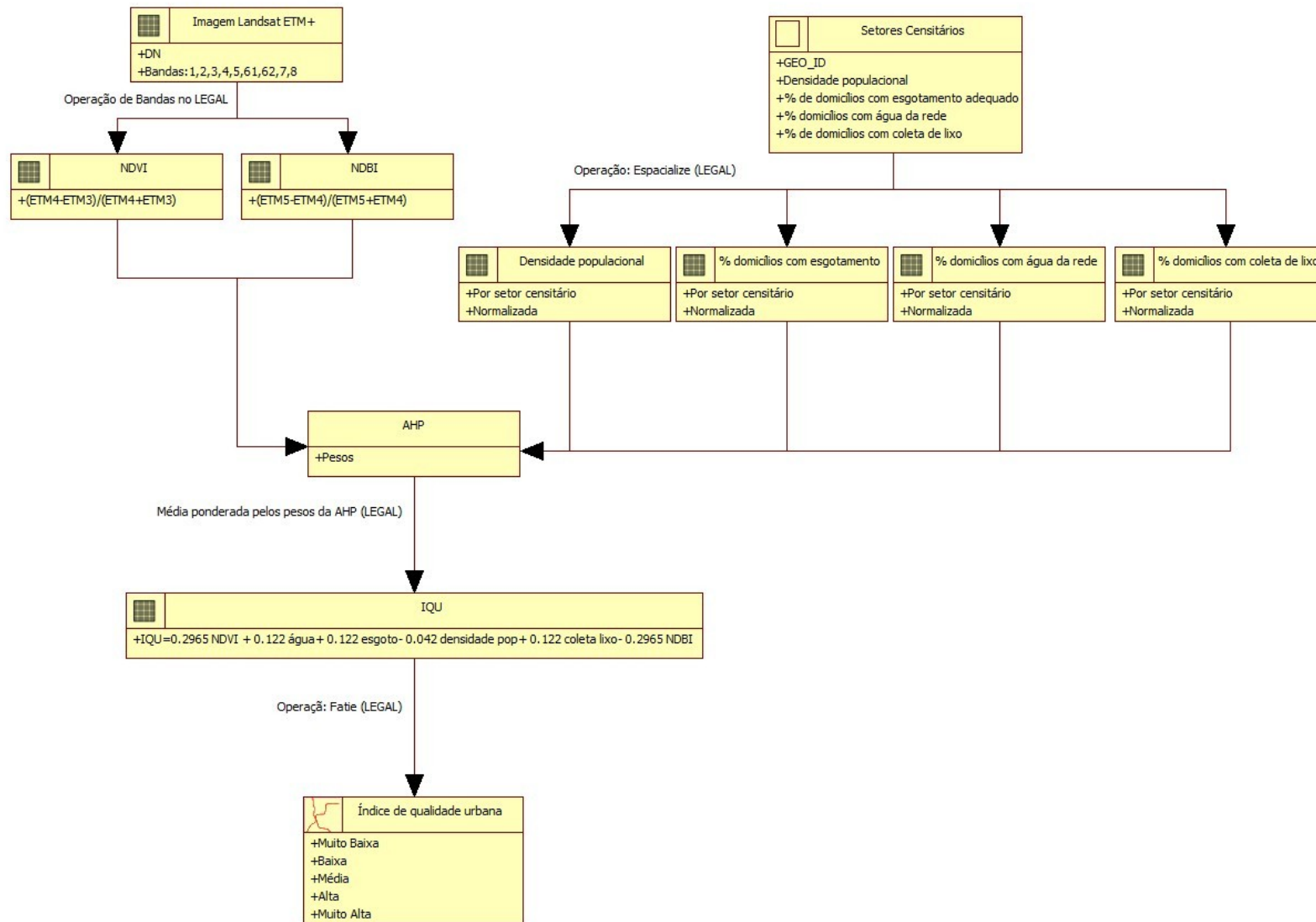


Figura 4 - OMTG

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa abaixo ilustra os resultados obtidos após todo o procedimento, é importante ressaltar que ele não é a verdade, mas sim uma das possíveis representações do fenômeno, definida de acordo com os critérios de um analista, que ressalta ou não certos aspectos de acordo com sua expertise.

Outro ponto importante é que esse mapa contém erros, uma vez que os dados dos qual foi derivado também possui erros. Por exemplo, o NDVI já apresenta deficiências que devem ser consideradas, como sua sensibilidade a efeitos ruidosos aditivos no imageamento, sua alta sensibilidade as variações do substrato do dossel e sua saturação quando o índice de área foliar é muito alto o que o torna pouco sensível a detecção de variações na biomassa (JENSEN, 2000; PONZONI; SHIMABUKURO, 2009), além disso um estudo mais profundo deve considerar a variação sazonal do NDVI; O NDBI possui precisão de 92% (ZHAO et al., 2003), ou seja já engloba um erro mínimo de 8%. Outra fonte de erro são os dados socioeconômicos, no caso deste estudo alguns setores ficaram em branco devido a falta de dados. O olhar do analista também é fonte de erro, pois a consideração incorreta da importância de uma variável pode levar a práticas de planejamento totalmente equivocadas e inexpressivas.

Quanto a técnica utilizada no mapeamento, ela supõe que as variáveis são linearmente relacionadas, o que não é necessariamente a realidade, mas sim uma simplificação, muitas vezes grosseira.

Para analisar os resultados obtidos foi utilizado o mapa de bairros da Figura 5, para localizar no Google Earth os bairros correspondentes aos setores e realizar uma avaliação.



Figura 5 - Mapa dos Bairros Urbanos de São José dos Campos  
Fonte: CARMO, 2003.

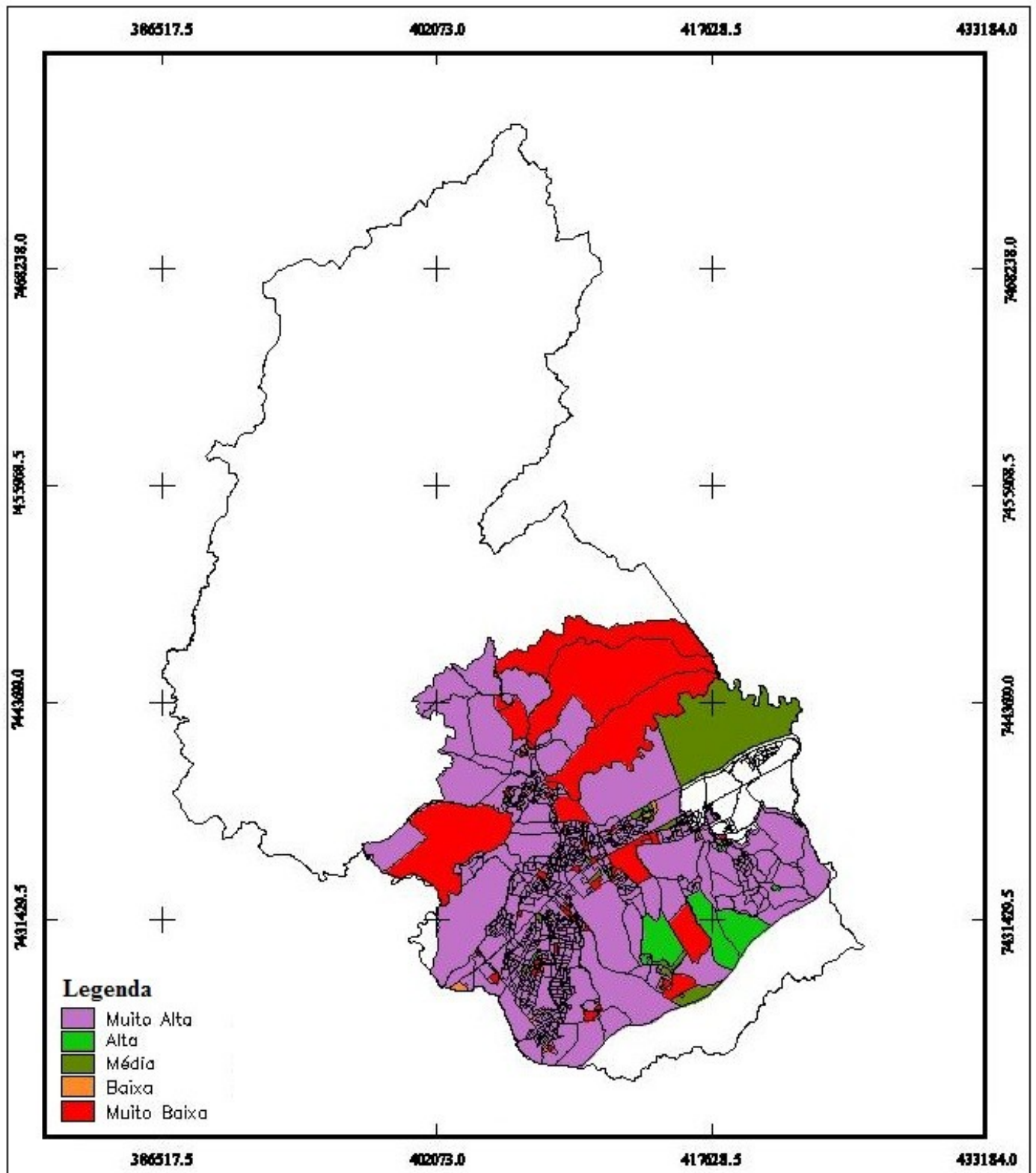


Figura 6 - Mapa de qualidade ambiental urbana para São José dos Campos no ano de 2000



Para realizar a avaliação foram escolhidos os bairros de Eugênio de Melo, Urbanova/Aquários e Bom Retiro.



**Figura 7 - Bairro de Eugênio de Melo**  
Fonte: Google Earth

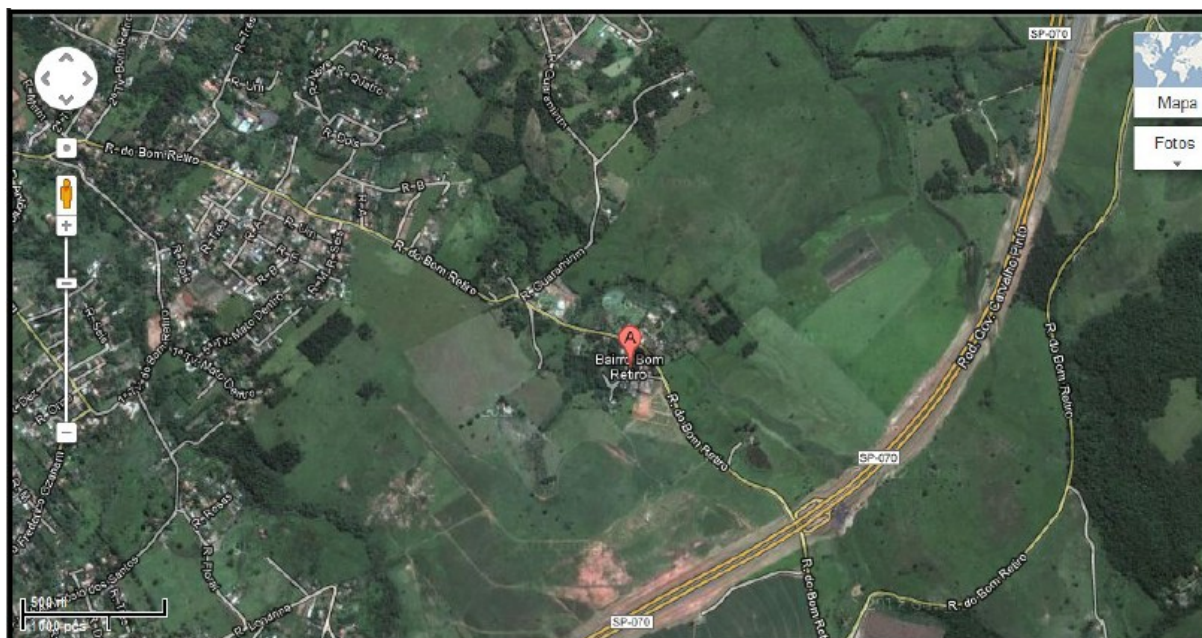
O Bairro de Eugênio de Melo (Figura 7), apresentou qualidade ambiental urbana médio, o que condiz com a realidade; é um bairro mais afastado do centro da cidade, bem arborizado, com padrão de construções de um andar e mais espaçadas; pela imagem é possível perceber que o fator aditivo NDVI contribui para o acréscimo do índice de qualidade urbana nessa área.



**Figura 8 - Bairro do Urbanova/ Aquários**  
Fonte: Google Earth

O Bairro Urbanova/ Aquários (Figura 8) apresentou índice de qualidade urbana muito baixo, isso ocorre principalmente ao fator subtrativo NDBI, uma vez que a área é de intensa

verticalização. O bairro é um dos mais valorizados da cidade, a forte presença de áreas construídas dentro dos setores censitários, a baixa arborização, assim como uma densidade populacional considerável contribuíram para essa classificação, uma vez que o NDBI e o NDVI tiveram maior peso na ponderação dada pela AHP.



**Figura 9 - Bairro Bom Retiro**  
Fonte: Google Earth

O Bairro do Bom Retiro (Figura 9) apresentou índice de qualidade ambiental urbana alto, como se observa na Figura 9, a área possui baixíssima densidade de construções, baixa densidade populacional e intensa presença de vegetação rasteira com algumas arbustivas; esse fatores colaboraram para a classificação na classe alta, apesar da área, ao contrário das demais analisadas, não ser completamente servida por abastecimento de água, esgoto e coleta de lixo adequada.

## 6. CONCLUSÕES

A extração por sensoriamento remoto de variáveis ambientais, essenciais a composição dos índices de qualidade ambiental urbana, tem ganhado cada vez mais precisão, graças aos avanços nos sistemas sensores, principalmente no que tange resoluções espaciais e radiométricas mais finas, e também ao aperfeiçoamento nos algoritmos de geoprocessamento das imagens orbitais. Esses algoritmos processados sobre as imagens permitem sintetizar grande quantidade de informação, criando índices, facilitando assim a análise e planejamento baseada nos dados.

A utilização da AHP cumpriu o objetivo do mapeamento, no entanto além da limitação pela relação linear que é pressuposta, ocorre também uma limitação no número de fatores que



podem ser analisados pareadamente, no máximo cinco pareamentos. Observou-se também que algumas áreas ficaram mascaradas, devido à superestimação do NDBI e do NDVI, pelo analista.

Durante a realização do estudo percebeu-se que o número de variáveis necessárias para estudar a complexidade da qualidade urbana, é maior do que a AHP implementada no Spring suporta, isso em conjunto com outros fatores desfavoráveis apresentados pela técnica, fez com que se pensasse outra técnica.

A utilização da Fuzzy seria adequada nesse caso, assim seria possível analisar mais várias e quebrar a linearidade de suas relações, além disso seria possível visualizar o panorama geral da cidade, através de uma superfície contínua, e posteriormente aplicar uma média zonal para verificar o índice por setor censitário.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 344 p. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43>>. Acesso em: 13 jun. 2012.

SAATY, T.L. Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets. **Fuzzy Sets and Systems**, v.1, n.1, p.57-68, 1978.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetationsystems in the Great Plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium, 1973, Washington DC. **Proceedings ...** Washington DC: NASA, 1973, p. 309-317.

CARLSON, T. Applications of remote sensing to urban problems. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, n. 3, p. 273-274, 2003.

DOMINGOS, P. L. H. **Aplicação de dados de sensoriamento remoto orbital de alta resolução à análise da cobertura vegetal intra-urbana e de seu estado de conservação**. 2009. 127 p. (INPE-14210-TDI/1111). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

LIANG, B.; WENG, Q. Assessing Urban Environmental Quality Change of Indianapolis, United States, by the Remote Sensing and GIS Integration. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 4, n. 1, p. 43-55, 2011.

LIANG, B.; WENG, Q. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. **Remote Sensing of environment**, v. 104, p. 133-146, 2004.

NICHOL, J.; WONG, M. S. Modeling urban environmental quality in a tropical city. **Landscape and Urban Planning**, v. 73, n. April 2004, p. 49-58, 2005.

NICHOL, J.; WONG, M. S. Mapping urban environmental quality using satellite data and multiple parameters. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 36, n. 1, p. 170-185, 2009.

OBABE, B. Y.; PAUL, V. D. E. Remote Sensing: New Applications for Urban Areas. **Proceedings of the IEEE**, v. 95, n. 12, p. 0-1, 2007.

SUN, J.; WANG, X.; CHEN, A. et al. NDVI indicated characteristics of vegetation cover change in China's metropolises over the last three decades. **Environmental monitoring and assessment**, v. 179, n. 1-4, p. 1-14, 2011.

WEBER, C. Interaction model application for urban planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 63, n. 1, p. 49-60, 2003.

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 64, n. 4, p. 335-344, 2009.

JENSEN, J.R. **Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective**. New Jersey: Prentice Hall, 2000.

MANSO, A.P. **Aplicações da tecnologia do sensoriamento remoto em projetos urbanísticos no Brasil**: 1998. 332 p. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

ZHA, Y.; GAO, Y.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **Internacional Journal of Remote Sensing**, v. 24, p. 583-594, 2003.

NEPO. **Regiões metropolitanas e pólos do estado de São Paulo: desigualdades e indicadores para políticas sociais**. Disponível em: <[www.nepo.unicamp.br/simesp/Site/P%C3%A1ginas%20HTML/sjc.htm](http://www.nepo.unicamp.br/simesp/Site/P%C3%A1ginas%20HTML/sjc.htm)>. Acesso em: 03 jun. 2012.

GILLESPIE, T. W.; CHU, J.; FRANKENBERG, E.; THOMAS, D; Assessment and prediction of natural hazards from satellite imagery. *Progress in Physical Geography*, v. 31, n. 5, p. 459-70, 2007.

DRUCK, S; CARVALHO, M.S; CÂMARA, G; MONTEIRO, A.V.M. (eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004.

SOUTO, V. et al. **Como reconhecer um bom governo? O papel das administrações municipais na melhoria da qualidade de vida**. São Paulo: POLIS, 1995.

SAATY, T. L. Axiomatic foundation of the Analytic Hierarchy Process. **Management Science**. v.32 (7), p. 841-855, 1986.

CARMO, R. L. do; ANTICO, C.; LEITE, L. O. de C. **Atlas das condições de vida em Sao Jose dos Campos** Sao Jose dos Campos, SP: Prefeitura Municipal, 2003 52

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data referência em 1º de julho de 2011** . Disponível em: <ibge.gov.br> .Acesso em: 20 mai. de 2012.

COSTA, P. E. O. **Legislação urbanística e crescimento urbano em São José dos Campos**. 2007. 257 p. Dissertação (Mestrado em História e fundamentos da arquitetura e urbanismo) - FAU/USP, São Paulo, 2007.