

# Análise da Ocupação Urbana em Área de Mananciais na Bacia do Altíssimo Iguaçu Utilizando Imagens Landsat5 e Dados de Consumidores de Energia Elétrica

Lindsay Thais Arndt <sup>1</sup>  
Prof. Dr. Cristina de Araújo Lima <sup>2</sup>  
Prof. Dr. Hideo Araki <sup>3</sup>  
Msc. Milton Luiz Brero de Campos <sup>4</sup>  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wilhelm Philips <sup>5</sup>

UFSC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC)  
81530-900 Florianópolis SC  
<sup>1</sup> lindsayarndt@gmail.com – <sup>5</sup> philips@ecv.ufsc.br

UFPR – Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU)  
Curitiba PR  
<sup>2</sup> cristinalimazk@ufpr.br

UFPR – Universidade Federal do Paraná  
Curitiba PR  
<sup>3</sup> haraki@ufpr.br

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba  
82630- 900 Curitiba PR  
<sup>4</sup> miltonlcampos@gmail.com

**Resumo** : A Região Metropolitana de Curitiba – RMC é constituída por 26 municípios e, segundo os dados do Censo Demográfico IBGE, contava no ano 2000 com 2.768.394 habitantes e apresentava taxa de crescimento em torno de 2,5% ao ano. O processo acelerado de urbanização induzido pelo crescimento do número de habitantes não ocorre de maneira uniforme em toda a RMC, mas de maneira mais concentrada em algumas regiões e apresenta várias conseqüências sócio-ambientais, dentre elas o avanço da urbanização sobre área de mananciais com risco de esgotamento das condições para abastecimento público. O objetivo deste trabalho consiste na proposta da geração de informações georreferenciadas para a verificação das projeções realizadas e analisadas inicialmente por Gerson Jacobs a respeito da ocupação do espaço físico da bacia do altíssimo Iguaçu, área de mananciais, em função do crescimento da área urbanizada.

**Palavras-chave** : Ocupação em Área de Mananciais, Urbanização, SIG – Sistema de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto.

**Abstract** : The Curitiba Metropolitan Region (RMC - *Região Metropolitana de Curitiba*) consists of 26 counties and, according to IBGE Census data, had 2,768,394 inhabitants in 2000 and had growth rates around 2.5% per year. The accelerated process of urbanization doesn't induced uniformi increasement across RMC, concentrated more in some regions with several social and environmental consequences. Among them the progress of urbanization in fountainhead areas with the risk of depletion of public supply conditions. The objective of this work is to engender georeferenced informations to verify the projections accomplished and analyzed first by Gerson Jacobs regarding the physical space occupation of higher Iguaçu basin, fountainhead areas, due the increasement of urbanized areas.

**Keywords** : Fountainhead areas occupation, Urbanization, GIS - Geographic Informational System, Remote Sensing.

## 1 Introdução

Este trabalho consiste na proposta de verificação das projeções da ocupação do espaço físico da bacia do altíssimo Iguaçu realizadas inicialmente por Gerson Antonio Jacobs para os anos de 2002, 2005 e 2010 (Jacobs/Rizzi, 2003). Através de imagens Landsat e da utilização do software ArcGis será possível a visualização do aumento da área em estudo e a comparação com a projeção inicial. O resultado esperado é um mapa temático onde o usuário possa fazer a verificação de quais foram as áreas mais afetadas pelo aumento populacional.

## 2 Região Metropolitana de Curitiba – Desafios da Expansão Urbana e Condições Sócio-Ambientais

A Região Metropolitana de Curitiba – RMC é constituída por 26 municípios aglomerados ao redor da capital paranaense somando um total de 2.768.394 habitantes (Censo Demográfico IBGE 2000), com uma taxa de crescimento em torno de 2,5% ao ano. No entanto, 14 municípios, incluindo Curitiba, conformam um núcleo urbano de Curitiba - NUC altamente urbanizado e de intensas relações diárias de trocas de produtos, bens, funções que viabilizam um contexto metropolitano de crescimento em torno de 5,63% ao ano Comec (2006). Esse processo acelerado de urbanização apresenta várias consequências sócio-ambientais, dentre elas o avanço da urbanização sobre área de mananciais com risco de esgotamento das condições para abastecimento público.

Apesar da região metropolitana contar com um plano de organização territorial desde os anos 1970 (PDI – Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Curitiba - 1978), não foram implementadas na proporção suficiente para orientar a ocupação urbana de forma a causar baixos impactos ambientais. Entre 1980 e 1991, segundo COMEC (2006), houve a continuidade do incremento populacional estabelecido ao redor de Curitiba e a criação de áreas periféricas ampliando a extensão de mancha de ocupação contínua que atingiu municípios sem infraestrutura e serviços urbanos adequados à demanda crescente. Até meados dos anos 1990, segundo Lima (2000) em torno de 50% dos loteamentos legalmente aprovados na região, se situavam na vertente leste do NUC, onde estão os mananciais de maior capacidade de contribuição para o abastecimento da população desse conjunto de municípios polarizados por Curitiba. Desde então, se observam taxas de crescimento populacional maiores nos municípios periféricos a Curitiba do que no pólo metropolitano, sendo que o NUC sem Curitiba, apresentava no ano 2000 Comec (2006) uma taxa de urbanização de 86,09% que significa a relação da população urbana com a população total.

Considerando a água um recurso indispensável para a vida nas suas diversas manifestações, e aqui representado pelos mananciais de abastecimento público, e também que a localização dos mananciais do leste da RMC, na bacia do altíssimo Iguaçu apresenta uma posição estratégica de alto valor para o desenvolvimento econômico e social da população afetada e ainda, que a conservação desses mananciais representa um fator relevante para o equilíbrio ecológico-ambiental da área, entende-se que o estudo aqui proposto se justifique como de interesse para a sustentabilidade em seu sentido amplo. (Sachs, 2009). A proposta é de verificar a dinâmica espacial da ocupação urbana da bacia do altíssimo Iguaçu, nos anos de 1991, 1997, 2000 e 2005, por meio da análise multitemporal de imagens TM Landsat 5 e processamento das imagens por georreferenciamento e realce de áreas urbanas para propiciar análise comparativa aos resultados apresentados por (Jacobs/Rizzi, 2003).

## 3 Área de Estudo

Os mananciais do altíssimo Iguaçu são fundamentais para o abastecimento da RMC, por representarem 53,01% da oferta de água do potencial da bacia do alto Iguaçu coletados em posição topográfica extremamente favorável que determina custos operacionais bastante reduzidos segundo Andreoli et.al. in Andreoli (2003).

A bacia do altíssimo Iguaçu congrega as captações do Irai e do Iguaçu abrangendo os mananciais do Irai, Iraizinho, do Meio, Piraquara, Itaquí, Pequeno e o Palmital (opcional), produzindo aproximadamente 8100l/s. O sistema de distribuição do Iguaçu, por não ser interligado com o sistema Passaúna, situado a oeste da RMC, apresenta uma vulnerabilidade significativa a acidentes com cargas tóxicas, que ocorram na malha viária próxima ou pela degradação paulatina devido à urbanização acentuada. Uma eventual interrupção no abastecimento de água da captação do Iguaçu representaria corte no abastecimento de água de dois terços dos habitantes da cidade de Curitiba. Andreoli et.al. in Andreoli (2003).

A área de estudo conta com aproximadamente 57.263ha. Jacobs (2003) considera a ocupação urbana com uma tipologia de estudo, a qual, entre 1996 e 1999 apresentou um crescimento de 538% representado por um acréscimo de área de ocupação média de 447ha por ano. *O período com maior crescimento em termos percentuais está compreendido entre 1976 – 1984, no qual ocorreu o crescimento de 138% da área urbana, correspondendo a um aumento médio de 307ha/ano. O período com maior aumento médio estava compreendido entre 1990-1996, com 659,8ha/ano e crescimento de 64%* Jacobs (2003).

## **4 Desenvolvimento Metodológico**

### **4.1 Materiais e Métodos**

Para este projeto, a área de abrangência está composta pelas bacias que compõem a região denominada Alto Iguaçu. As bacias estão divididas em bacias parciais, que compreendem a área de contribuição direta do Alto Rio Iguaçu e Rio Atuba, e as bacias integrais, que compreendem o Rio do Meio, Rio Iraí, Rio Irazinho, Rio Itaquí, Rio Palmital, Rio Pequeno, Rio Piraquara.

Na primeira etapa, os arquivos que serão utilizados, são formados pelo arquivo digital dos consumidores de energia elétrica (residenciais, comerciais, industriais, rurais), dos anos de 1991, 1996, 2000 e 2005, fornecidos pela COPEL (Companhia Paranaense de Energia). Este arquivo foi preparado pela COMEC (Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba) para o Plano de Desenvolvimento integrado da RMC, em formato shapefile, bem como o arquivo digital das bacias hidrográficas em formato shapefile, o arquivo digital dos setores censitários do IBGE, com tabelas de atributos das variáveis levantadas no censo 2000, em formato shapefile e o arquivo em formato raster da área das diversas bacias. O Software Arcview 3.2 foi utilizado para a inserção dos arquivos mencionados anteriormente. Para realizar a transformação afim no plano, foi utilizada a extensão *transform* do software.

#### **4.1.1 Aferição da área de estudo**

A partir da imagem *raster* do mapa do artigo, digitalizaram-se os limites, gerando um arquivo shapefile poligonal. Utilizou-se a extensão *transform*, relacionando-se 4 pontos de controle, do arquivo digitalizado, e do arquivo shapefile das bacias hidrográficas do alto Iguaçu. O programa realizou a transformação normal afim no plano.

#### **4.1.2 Preparação da área de estudo**

As bacias foram aferidas e com a base no arquivo georreferenciado, se delimitou a área do projeto recortando dois segmentos de outras bacias (bacia do Rio Palmital e área de contribuição direta do Iguaçu) com base no arquivo das bacias do alto Iguaçu, da SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental).

#### **4.1.3 Preparação da mancha de urbana para os anos de 1991, 1996, 2000 e 2005**

Na elaboração do Processamento Digital de Imagem, a COMEC utilizou as informações fornecidas pela COPEL, em quadrículas de um hectare da RMC - Região Metropolitana de Curitiba. Realizou a espacialização dessas informações, e gerou um processamento de convolução, utilizando um filtro passa baixa (filtro de média), matriz de convolução 3 x3 ( com células de 1 hectare - 100m x 100 m cada célula. As informações do número de consumidores de energia elétrica são agregadas nas quadrículas, a partir da posição do transformador, com distância entre 100 m a 150 m. Isso provoca uma variação grande no espaço, com o surgimento de picos, e não representando a infra-estrutura e ocupação real. A COMEC utilizou a convolução para eliminar os picos e espalhar os usuários de energia elétrica através da média. O índice de 5 ou mais usuários por hectare, após a convolução foi estabelecido por uma metodologia comparando ortofotos digitais e o arquivo convoluído, para indicar as áreas urbanizadas.

Utilizando essa densidade, realizaram-se cortes para os anos de 1991, 1996, 2000 e 2005, os mesmos utilizados no PDI (plano de desenvolvimento integrado da região metropolitana de Curitiba versão 2006) para estimar a evolução urbana, com posterior recorte das informações de consumidores de energia elétrica, com a área de interesse (interseção espacial). Após a interseção, se utilizou a operação de eliminação de bordas (*merge*), gerando 4 arquivos em shapefile.

#### 4.1.4 Totalização

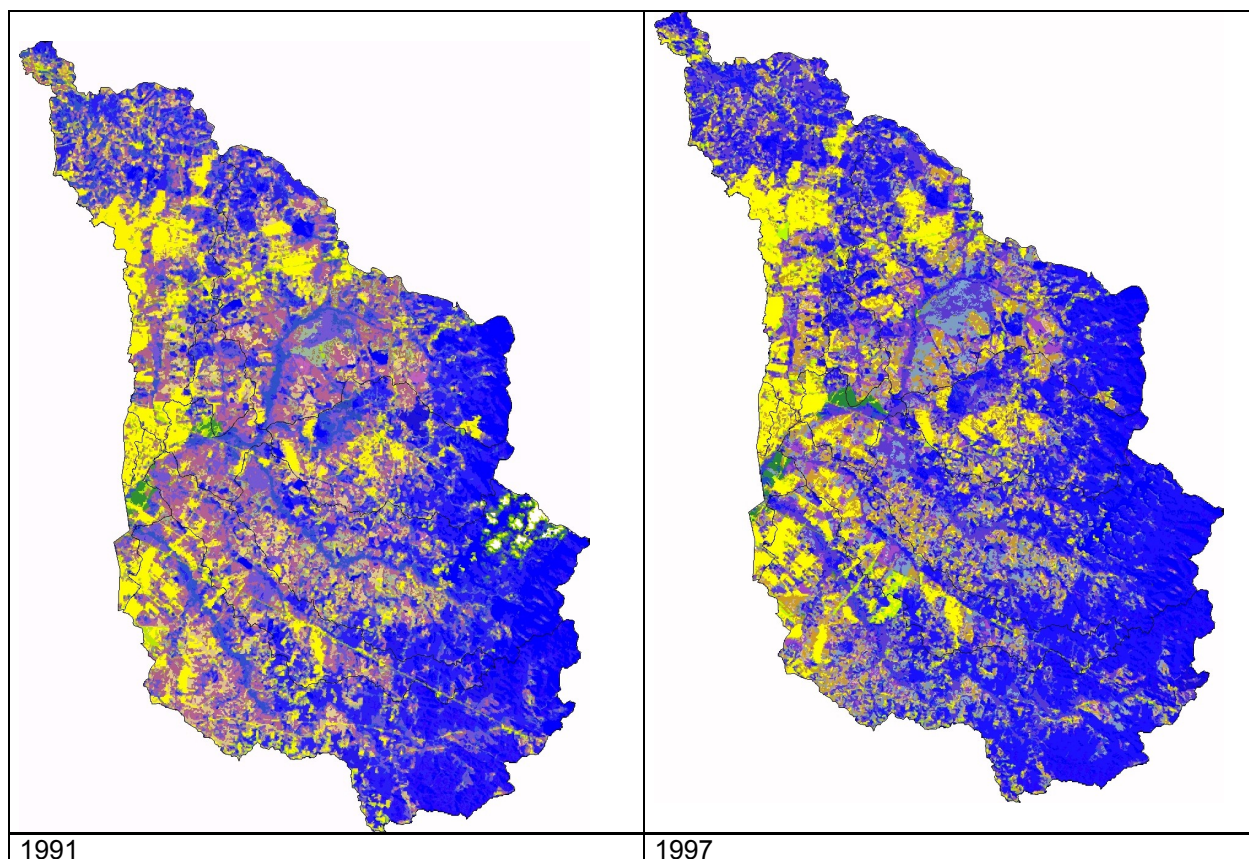
Para a totalização dos consumidores de energia elétrica (não convoluídos) da COPEL e para as informações censitárias, foi utilizado o mesmo método, com a interseção espacial entre a área do projeto, e cada um dos temas (energia elétrica e setores censitários). Com a interseção, algumas quadriculas e alguns setores ficaram com dimensões menores. As informações então foram obtidas pelo percentual da área contido na bacia. Para isso, foi realizado o produto entre a informação de interesse e o percentual da razão entre a área remanescente e a área original. Posteriormente, foi realizada a totalização das informações agregadas para a área do projeto com as normas e recomendações citadas anteriormente.

#### 4.1.5 Produtos Gerados

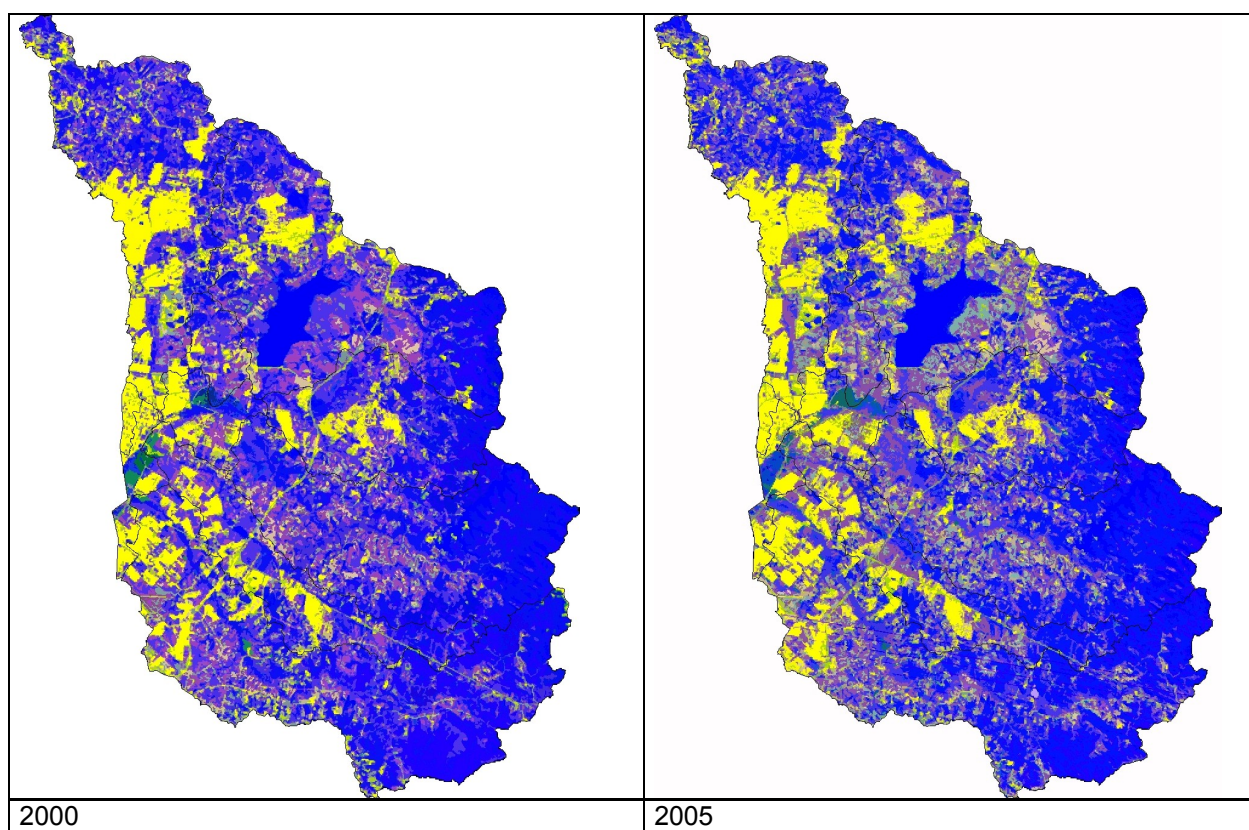
Arquivo shapefile com a mancha urbana obtida por convolução de consumidores de energia elétrica ano 1991; arquivo shapefile com a mancha urbana obtida por convolução de consumidores de energia elétrica ano 1996; arquivo shapefile com a mancha urbana obtida por convolução de consumidores de energia elétrica ano 2000; arquivo shapefile com a mancha urbana obtida por convolução de consumidores de energia elétrica ano 2005; tabela com agregação dos consumidores de energia elétrica para os anos de 1991, 1996, 2000 e 2005 e tabela de informações de população residente e domicílios para o ano 2000.

#### 4.2 Análise multitemporal de imagens TM Landsat5

Para a análise, foram utilizadas imagens multiespectrais adquiridas em 1991, 1997, 2000 e 2005. O processamento das imagens foi realizado através do georreferenciamento das imagens e realce de áreas urbanas. Para a discriminação de áreas urbanas, foram utilizadas as bandas 7 (infravermelho médio) e 3 (vermelho) adquiridas pelo sensor TM. Foi gerado um índice, o grau de artificialidade, descrito por Polidório et al (2003), que contrasta as feições naturais em relação às feições artificiais, e é gerado com a expressão:  $NandA = Verde - (Vermelho + Azul)$ , onde Verde, Vermelho e Azul são as faixas do visível correspondente às bandas B2, B3 e B1 do sensor TM. Ao carregar em RGB as bandas B7, B3 e NandA, tem-se as áreas urbanas destacadas em amarelo, as áreas de cobertura natural (água e vegetação) em azul, e as demais cores mostram as áreas de solo exposto e de solo úmido.







**Figura 1** : Análise multitemporal de imagens TM Landsat5

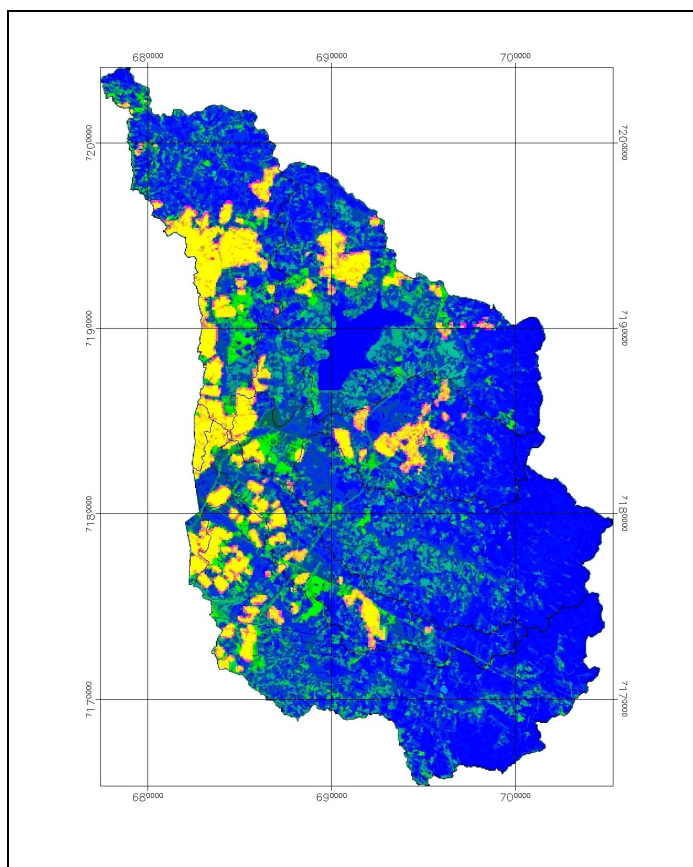
#### **4.2.1 Comparação dos dados da convolução de consumidores de energia elétrica de 2005 com a imagem TM (de 2005)**

Carregando em RGB a convolução, a banda 3 da imagem TM e NandA, tem-se em amarelo as áreas urbanas comuns, e em rosa e verde as diferenças nas áreas provenientes da convolução (rosa) e da imagem TM (verde).

Pode-se observar que a mancha urbana obtida a partir da imagem TM está coerente com a mancha urbana obtida por convolução de consumidores de energia elétrica. A mancha obtida a partir da imagem é maior (em verde), pois existem regiões onde existem menos de cinco usuários de energia elétrica por hectare, e existe uma diferença nas bordas das áreas decorrente da relação entre a dimensão do pixel da imagem TM no terreno (30 m) e a área em hectare na convolução.

## **5 . Conclusão**

O projeto visa a verificação das projeções realizadas para os anos de 2002, 2005 e 2010, se estão de acordo ou não com a realidade encontrada. A visualização se dará através da inserção de imagens Landsat no ArcView 9. e dos dados do crescimento naquela região acrescidos de dados dos consumidores de energia elétrica (residenciais, comerciais, industriais, rurais), dos anos de 1991, 1996, 2000 e 2005, fornecidos pela COPEL. Com esses dados inseridos no software, serão gerados mapas onde será possível a visualização do crescimento urbano na área da bacia do altíssimo Iguaçu e a comparação com a projeção feita por Jacobs (2003).



**Figura 2** : Comparação convolução com imagem TM

## 6 Referências Bibliográficas

**Comec.** *Plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba: propostas de ordenamento e novo arranjo institucional.* Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. – Curitiba, 2006.

**Comec.** *Plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba.* Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. – Curitiba, 1978.

**Jacobs, G. A., Rizzi, N. E.** *O Uso dos Mananciais da Região Metropolitana de Curitiba – A Ocupação do Espaço Físico da Bacia do Altíssimo Iguaçu,* 2003, p. 87-132

**Lima, C. de A.** *A Ocupação de Áreas de Mananciais na Região Metropolitana de Curitiba: Do Planejamento à Gestão Ambiental Urbana-Metropolitana.* Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), UFPR. Curitiba, 2000.

**Polidoro, A. M. et al.** *Realce do Grau de Artificialidade de Feições em Imagens Aéreas Coloridas.* Anais do III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2003.

**Sachs, I.** *A Terceira Margem.* Editora Companhia das Letras. São Paulo, 2009.