

Análise comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS-2 e TM/LANDSAT-5 em área urbana

Roberta Rosembach
Andreia Maria Silva França
Teresa Gallotti Florenzano

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 – 12201-970 – São José dos Campos – SP - Brasil
robertarosembach@yahoo.com.br
{andrea, teresa}@ltid.inpe.br

Abstract: This work compares the CCD sensor of the satellite CBERS-2 to the TM sensor of the satellite LANDSAT-5. This comparison concerns the performance of these sensors in detecting urban green areas. A TM scene and four CCD scenes, merged in a mosaic, covering the urban area of Goiânia municipality - central west of Brazil - were adopted for the analysis. The Normalized Difference Vegetation Index was applied to the images from both sensors for a better discrimination of the targets and classification optimization. The difference obtained between the overall classification NDVI images was relatively small. This comparative analysis shows that CBERS-CCD provides quite similar results to those derived from LSS-TM regarding the assessment of urban green areas. More tests are needed to determine the comparative accuracy of the NDVI images classification.

Palavras-chave: NDVI, Urban Analysis, CBERS-2/CCD, Goiânia, Mosaic, Análises Urbanas, Mosaico.

1. Introdução

O zoneamento urbano é uma das muitas ferramentas utilizadas por planejadores no controle do desenvolvimento das cidades. Em cada zona são impostas diferentes restrições em variáveis como altura máxima de edificações (densidade de construção), extensão de área impermeabilizada e uso do solo (tipo de atividades), ou seja, a ordenação do solo é setorizada. Como essas variáveis influenciam os processos atmosféricos e de trocas de energia do ambiente, regimes climáticos e o sistema hidrológico superficial e subterrâneo, são também setorizados os problemas ambientais, ecológicos e sociais (Wilson et al., 2003).

Em ambientes construídos (espaços intra-urbanos) as áreas de cobertura vegetal constituem um importante indicador de sustentabilidade pois garantem áreas permeáveis, reduzem a poluição atmosférica, contribuem para a regularização do microclima urbano, aumentam a circulação do ar, retêm até 70% da poeira em suspensão e, se bem projetadas, constituem espaços de lazer (Paranaguá et al., 2003).

Dados obtidos por sensoriamento remoto são fundamentais no estudo da maioria dessas variáveis, possibilitando análises que subsidiam o processo de planejamento e gestão urbana. Existem várias técnicas de processamento de imagens que otimizam a exploração dos dados de sensores remotos como aquelas, por exemplo, referentes aos índices de vegetação.

Segundo Moreira e Shimabukuro (2004), na literatura são encontrados mais de cinqüenta índices de vegetação sendo quase todos obtidos de medidas da reflectância nas

faixas espectrais do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Os dois tipos mais comumente utilizados, no entanto, são: Razão Simples (RVI) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Utilizou-se neste trabalho o NDVI que é definido por:

$$\text{NDVI} = (\rho_{\text{ivp}} - \rho_{\text{v}}) / (\rho_{\text{ivp}} + \rho_{\text{v}}) \quad (1)$$

Onde: ρ_{ivp} é a reflectância no infravermelho próximo;
 ρ_{v} é a reflectância no vermelho

Para o estudo de áreas urbanas o NDVI tem sido aplicado em imagens LANDSAT (Gallo, K. P., e Tarpley, J. D., 1996; Nichol, J. E., 1996; Jardim-Lima, D. e Nelson, B. W., 2003; Wilson et al., 2003). Neste trabalho o objetivo é avaliar a aplicação deste índice de vegetação, para diagnóstico urbano, em imagens do sensor CCD (Charge-Coupled Device) do CBERS-2 (China-Brazil Earth Resources Satellite), satélite sino-brasileiro lançado recentemente. Para tanto, foi feita uma análise comparativa entre a quantidade de vegetação em cada zona urbana da cidade de Goiânia, a partir dos resultados de NDVI obtidos das imagens dos sensores CCD e TM.

2. Área de estudo

A área selecionada para este estudo foi o município de Goiânia, devido à disponibilidade de dados, localizada entre os paralelos 16°27' e 16°50' de latitude Sul e os meridianos 49°26' e 49°04' de longitude Oeste de Greenwich (Figura 1).

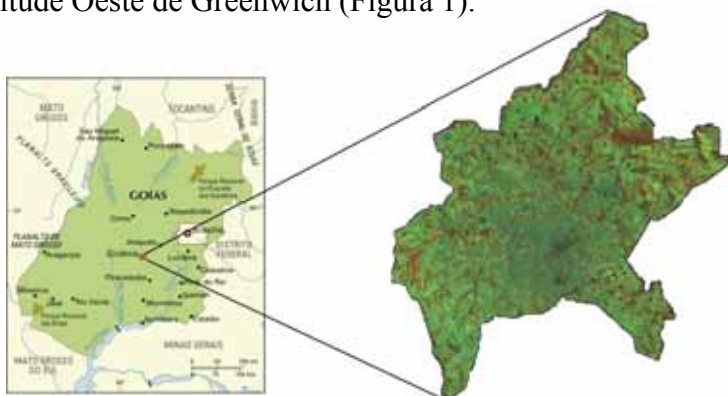


Figura 1: Área de estudo. Município de Goiânia.

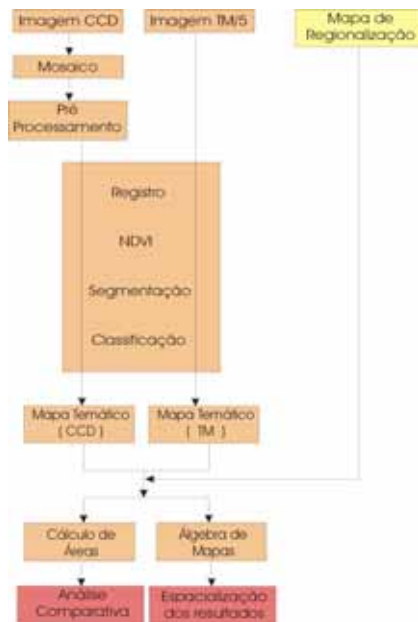
3. Metodologia

Para a realização deste estudo foram utilizadas: (1) uma cena do sensor TM/ LANDSAT-5, deslocada 50% para o Norte; (2) mosaico composto por quatro cenas do sensor CCD/CBERS-2; (3) mapa de regionalização, contendo as zonas urbanas do município de Goiânia. As especificações das imagens estão apresentadas na Tabela 1, a seguir. Como pode ser observado nesta tabela, a diferença de datas entre as imagens CCD e TM é pequena, embora seja suficiente para provocar alterações na paisagem.

Tabela 1 – Características das imagens TM/LANDSAT-5 e CCD/CBERS-2

	LANDSAT -5 (TM)	CBERS-2 (CCD)
Bandas espectrais	0,63-0,69 μm (vermelho-B 3)	0,63-0,69 μm (vermelho-B 3)
	0,76-0,90 μm (infravermelho próximo-B 4)	0,77-0,89 μm (infravermelho próximo-B 4)
Resolução espacial	30m X 30m	20m X 20m
Órbita/Ponto	222/72 (deslocada 50% para o Norte)	(1) 159/119
		(2) 158/118
		(3) 159/118
		(4) 158/119
Data	28/06/2004	(1) 12/07/2004
		(2) 15/07/2004
		(3) 12/07/2004
		(4) 19/06/2004

Utilizou-se o software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) na construção do banco de dados geográfico e na integração de todas as informações disponíveis da área de estudo. As etapas desenvolvidas nesta pesquisa estão resumidas na Figura 2 e descritas na seqüência.



3.1. Pré-processamento das imagens CBERS-2

Diversos fatores no processo de aquisição de imagens orbitais podem levar à degradação de sua resolução espacial (Boggione e Fonseca, 2003). Assim, visando melhorar a qualidade dos dados, optou-se pela restauração das imagens CBERS-2.

Para este processamento utilizou-se o programa Restau - Image Restoration 0.0.15 (2002), ainda em fase de teste, por meio do qual é possível redefinir o EIFOV (Effective Instantaneous Field of View), que é o valor da resolução espacial efetiva do sensor, a fim de refinar o dado sem fazer uso das informações da vizinhança de cada pixel.

Figura 2: Fluxograma de metodologia.

3.2. Registro das imagens (TM e CCD) e Mosaico CCD

Nesta etapa, as imagens CBERS e LANDSAT foram registradas com a base cartográfica (UTM/WGS84), através de pontos de controle selecionados na imagem georeferenciada adquirida no servidor de imagens: <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>. Com as quatro imagens CBERS que cobrem a área de estudo, após serem georeferenciadas, gerou-se um mosaico (Figura 3).

3.3. Cálculo do índice de vegetação - NDVI

Geraram-se as Imagens Índice de Vegetação (NDVI), através da equação:

$$\text{NDVI} = [(banda\ 4 - banda\ 3) * \text{ganho} / (banda\ 4 + banda\ 3)] + \text{offset} \quad (2)$$

Nas imagens NDVI, os níveis de cinza mais claros expressam valores que representam altos índices de vegetação, enquanto os níveis de cinza mais escuros representam baixos índices de vegetação com níveis de cinza próximo a zero. Estes valores baixos correspondem a alvos urbanos como área construída, solo exposto e água.

3.4. Segmentação e Classificação das imagens

Realizaram-se vários testes de segmentação nas imagens NDVI geradas, visando extrair as feições de interesse, ou seja, áreas de vegetação urbana.

Utilizou-se a técnica de segmentação de imagem: “crescimento de regiões”. Esta técnica é um processo interativo pelo qual os pixels vão sendo agrupados, segundo um critério de similaridade, formando regiões (Bins et al., 1996).

Após a segmentação, foram realizadas as classificações das imagens NDVI CBERS e NDVI LANDSAT. A classificação não-supervisionada, na qual o algoritmo de classificação avalia em que classe alocar cada região em função de seus atributos estatísticos, mostrou um melhor desempenho neste experimento. Para classificar as regiões nas imagens segmentadas utilizou-se a técnica de classificação não-supervisionada ISOSEG.

3.5. Álgebra de mapas

Para identificar as disparidades entre as classificações obtidas nas imagens NDVI CBERS e NDVI LANDSAT, utilizou-se uma operação booleana que permitiu cruzar os planos de informação “Classificação_CBERS” versus “Classificação_LANDSAT”.

As funções booleanas utilizam operadores lógicos (booleanos) e permitem realizar cruzamentos entre dois ou mais planos de informação (Câmara et al., 1998). As operações lógicas utilizadas neste trabalho foram: (1) A AND B que retorna todos os elementos contidos na intersecção entre A e B, ou seja, foram retornadas todas as áreas com/sem vegetação identificadas tanto na imagem NDVI CBERS quanto na imagem NDVI LANDSAT e; (2) A NOT B que retorna somente os elementos contidos exclusivamente em A, ou seja, todas as áreas com/sem vegetação identificadas somente na imagem NDVI CBERS.

3.6. Análise dos dados

Nesta etapa foi realizada uma análise quantitativa das classes de vegetação urbana, obtidas a partir da classificação das imagens NDVI LANDSAT e NDVI CBERS.

Para a comparação objetiva desses produtos procedeu-se ao cálculo da área da classe em cada zona urbana determinada pelo mapa de regionalização de Goiânia (SEPLAM/Goiânia). Assim, foi possível avaliar o desempenho do CCD-CBERS-2 e observar quais zonas urbanas são mais ou menos providas de vegetação.

4. Resultados e discussões

Ao optar pelo uso de imagens CBERS-2, para estudos urbanos, o usuário depara-se com algumas limitações. Uma delas é a questão da temporalidade, pois este satélite só está em órbita há um ano, o que impossibilita análises de séries históricas.

As imagens são adquiridas de maneira fácil e quase instantânea pelo catálogo (www.dgi.inpe.br/catalogo) mas apresentam dois problemas, como ilustrado na Figura 3, que requerem uma solução mais adequada do que a encontrada neste trabalho. São eles:

1) As imagens apresentam um ruído nas bordas, o que compromete a qualidade do mosaico. A solução encontrada foi o recorte de uma estreita faixa das bordas de cada imagem, contando com a área de sobreposição.

2) Algumas imagens disponíveis no catálogo vêm recortadas, o que é notado na elaboração do mosaico, pois uma faixa da área de estudo fica sem informação. Contornou-se este problema utilizando-se uma imagem de outra data para a mesma órbita/ponto.

Elaborado o mosaico, os processamentos referentes à segmentação e classificação das imagens foram aplicados com os parâmetros apresentados na Tabela 2:

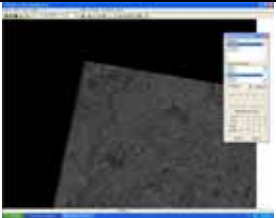
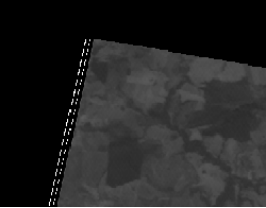
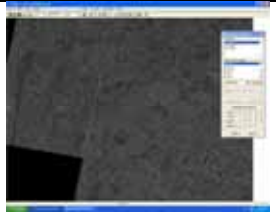
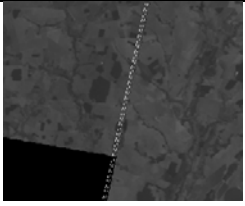

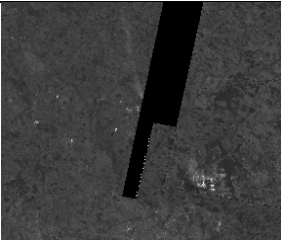
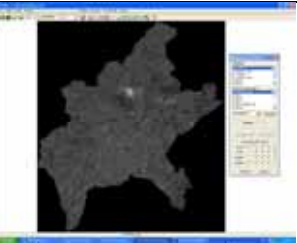
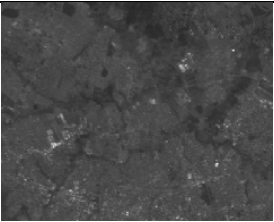
	IMAGEM	DETALHE
CENA 159/119 BANDA 3		
MOSAICO COM RUÍDO		
MOSAICO (IMAGEM RECORTADA)		
MOSAICO FINAL		

Figura 3: Problemas nas imagens CCD/CBERS-2

Efetuada o mosaico, os processamentos descritos na metodologia foram aplicados com os seguintes parâmetros, apresentados na Tabela 2:

Tabela 2: Parâmetros utilizados no processamento das imagens (TM e CCD)

NDVI	Ganho = 127	Offset = 0
Segmentação	Similaridade = 10	Área (pixel) = 30
Classificação	Limiar de aceitação = 95%	Classes temáticas = "urb_com_veg" e "urb_sem_veg"

A partir das imagens NDVI (CBERS-2 e LANDSAT-5) classificadas, calculou-se a área da classe vegetação em cada imagem, obtendo-se um resultado de disparidade média em torno de 5% na zona urbana total. A zona urbana que apresentou maior disparidade de resultados foi a “Norte”, com 13,59% de áreas não concordantes. Já na zona “Sudoeste”, apenas 0,23% das áreas foram discordantes. No Gráfico da Figura 4, isto está demonstrado em área (Km²). A espacialização das disparidades entre os mapas temáticos pode ser visualizada na Figura 5.

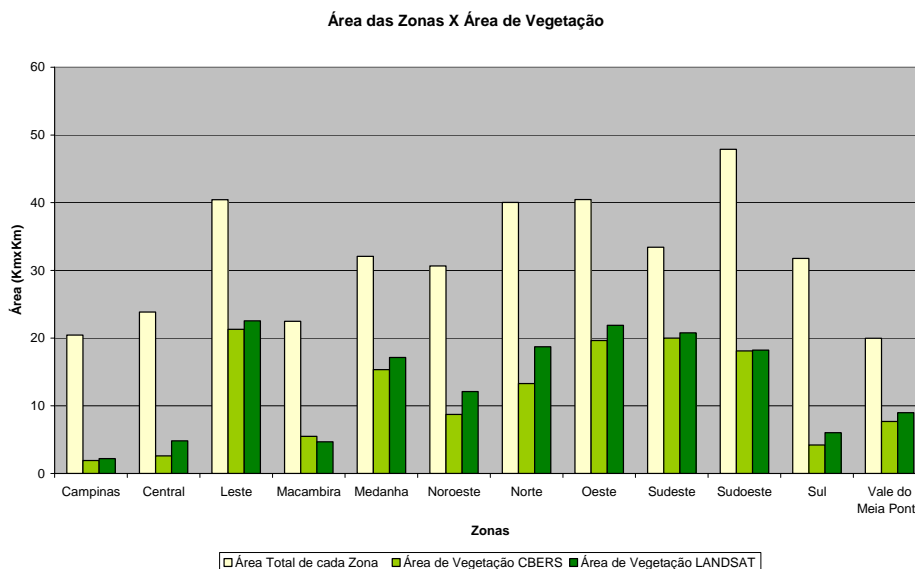


Figura 4: Relação entre as áreas das zonas urbanas e suas respectivas áreas verdes.

Tendo em vista que comparar as zonas segundo a quantidade de vegetação é uma das fases do processo de diagnóstico de impactos ambientais, pode-se formular também, a partir desses resultados, uma análise primária, na qual são determinadas as zonas que provavelmente estão sofrendo maior impacto.

A região que apresentou menor quantidade de vegetação em relação à sua área total foi a zona “Campinas”, com 9% de vegetação, aproximadamente. A que apresentou maior porcentagem de vegetação (quase 60% de sua área) foi a zona “Sudeste”. Esses resultados foram obtidos para ambos os sensores (CCD e TM).

A espacialização das disparidades entre os mapas temáticos pode ser visualizada na Figura 5.

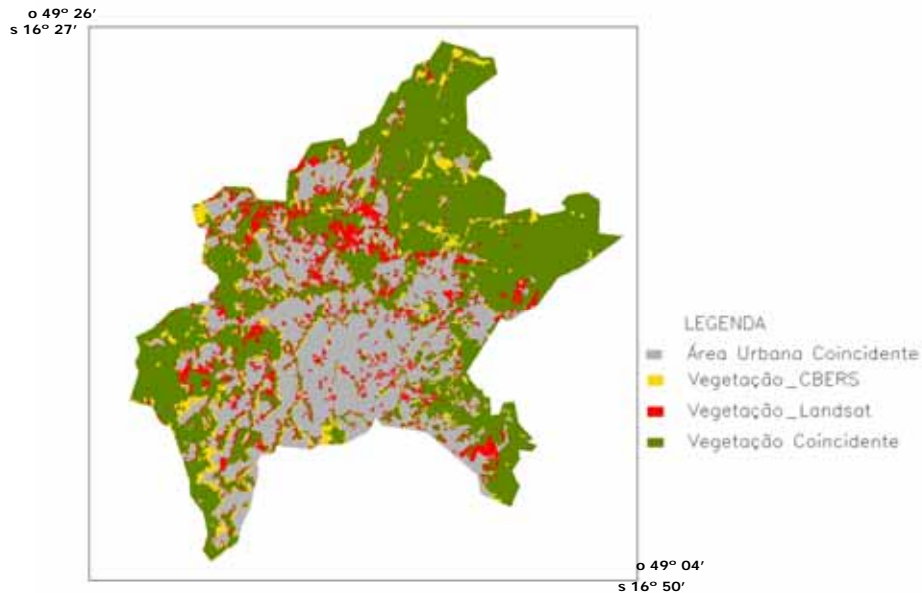


Figura 5: Mapa de disparidade entre os resultados obtidos.

5. Conclusão

A partir dos resultados alcançados, conclui-se que a capacidade do sensor CCD de detectar a vegetação nas zonas urbanas analisadas mostrou-se eficiente quando comparada ao desempenho do sensor TM. Entretanto, outros estudos devem ser realizados para avaliar a precisão desses resultados.

Considerando a área urbana total, obteve-se um valor médio de disparidade aproximadamente de 5% entre as classes resultantes das imagens NDVI CCD e TM. Entre as zonas urbanas este valor variou de 0,23%, na zona Sudoeste, a 13,59% na zona Norte.

As diferenças entre os sensores, resolução, calibração, etc. explicam parte desta discrepância, que provavelmente seria ainda menor se a data de aquisição das imagens fosse a mesma.

Recomenda-se que esforços sejam realizados no sentido de encontrar uma solução mais adequada, do que aquela utilizada neste trabalho, na elaboração do mosaico das imagens CCD-CBERS-2.

Esse trabalho é apenas parte de um estudo maior destinado a avaliar as características ambientais das diferentes zonas de uso definido pela legislação urbana. Os dados de NDVI obtidos serão relacionados aqueles das bandas termais (CBERS e LANDSAT) visando à detecção de ilhas de calor.

6. Agradecimentos

Agradecemos: Claudia Almeida, Valéria Abrão, Madalena Niero Pereira, Flávia Feitosa, Márcio de Morisson Valeriano, André de Lima, Veraldo Liesenberg, Ramon Moraes de Freitas, Nuno Cesar da Rocha Ferreira e a Banda Boneca Inflável.

7. Referências Bibliográficas

Bins, L. S.; Fonseca, L. M. G.; Ertahl, G. J.; Mitsuo II, F. Satellite Imagery Segmentation: A region Growing Approach., VII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Salvador. Brasil, 1996. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1996. Repositório da URLib: <sid.inpe.br/deise/1999/02.05.09.30>. Disponível em:

<<http://lagavulin.ltid.inpe.br:1905/col/dpi.inpe.br/lise/2002/03.25.17.22.28/doc/mirror.cgi>>. Acesso em: 10 jun. 2004.

Boggione, G.A.; Fonseca, L.M.G. Restoration of Landsat-7 Images. International Symposium on Remote Sensing of Environmental (ISRSE), 30., Nov. 2003, Honolulu, Hawai. **Proceedings**.

Câmara, G. Medeiros, J. S.; Geoprocessamento para projetos ambientais. In: Câmara, G.; Barbosa, C. C. F.; Freitas, U. M (ed.) **Operações de Análise Geográfica**. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/3opera.pdf> Acesso em: 20 out. 2004

Earth Science Data Interface (ESDI).Global Land Cover Facility. Imagem da cidade de Goiânia. 2 imagens de satélite. LANDSAT 5/ Sensor TM – Órbita 222 Ponto 72. Disponível em: <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>. Acesso em 10 set. 2004.

Gallo, K. P., Tarpley, J. D. The comparison of vegetation index and surface temperature composites of urban heat-island analysis. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 15, p. 3071-3076, 1996.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de Imagens (INPE/DGI). **Imagem da cidade de Goiânia**. Cachoeira Paulista: INPE/DGI, 2004. 4 imagens de satélite. CBERS 2 / Sensor CCD – Base 159/ Ponto 118/119. Disponível em: www.dgi.inpe.br/catalogo. Acesso em 10 set. 2004.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Geração de Imagens (INPE/DPI). **Imagem da cidade Goiânia**. Cachoeira Paulista: INPE, 2004. 1 imagem de satélite deslocada 50% para o Norte. LANDSAT 5 / Sensor TM. Órbita 222 / Ponto: 72.

Jardim-Lima, D.; e Nelson, B. W. Uso de índices de vegetação no monitoramento da cobertura verde no perímetro urbano da cidade de Manaus., XI Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte. Brasil, 2003. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2003. Repositório da URLib: <tid.inpe.br/sbsr/2002/11.16.12.13>. Disponível em: <http://lagavulin.ltid.inpe.br:1905/col/dpi.inpe.br/lise/2002/03.25.17.22.28/doc/mirror.cgi>

Moreira, M.A.; Shimabukuro, Y.E. Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR In: **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo, Oficina de Textos, 2004, cap.4: 79-101

Nichol, J. E. Analysis of the urban thermal environmental with LANDSAT data. **Environment and Planning B: Planning and Design**. v. 23., p. 799-747, 1996.

Paranaguá et al., **Belém Sustentável**. Belém : Imazon, 2003. 112 p.

Restau – Image Restoration 0.0.15. Dmitry Fedorov, Leila M. G. Fonseca © 2002. Divisão de Processamento de Imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Restau – Image Restoration 0.0.15. São José dos Campos, SP: Fedorov, D.; Fonseca, L. M. G. © Divisão de Processamento de Imagens. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2002.

Secretaria Municipal de Planejamento (SEPLAM). **Regionalização de Goiânia – 2003**. Base Cartográfica: IBGE/BASEGEO-2000. SEPLAM/DPGEO. 1 mapa Escala 1: 300 000. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <dpse@pop.com.br> em 19 out. 2004.

SPRING 4.0 (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas). 2003. Disponível em: www.dpi.inpe.br/spring/ Acesso em: 05 março 2003

Wilson, J.S.; et al. Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v.86, n.3, p. 303-321, 2003.