

Redução de Bruma Atmosférica Utilizando Técnicas de Processamento de Imagem

Ivan Dornelas Falcone de Melo¹
Ana Lúcia Bezerra Candeias¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Departamento de Engenharia Cartográfica – DECart
Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação
Avenida Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária – Recife/PE
ivandornelas@uol.com.br - analucia@ufpe.br

Abstract. This paper shows a digital image processing to reduce atmospheric noise in multispectral HRV-SPOT image. Principal Components, HSI and linear high pass filtering are used to generate two new synthetic images. The test area is in Recife-PE, Brazil. Hydrography, vegetation and urban area can be better discriminated in these new synthetic images.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

1. Introdução

O litoral do estado de Pernambuco possui um grande recobrimento de nuvens em todo o ano, que dificulta a análise de imagens de Sensoriamento Remoto. Muitas vezes existe apenas uma bruma, mas que altera os níveis de cinza para uma classificação supervisionada.

Este trabalho mostra como reduzir o efeito atmosférico (brumas) de imagens de sensoriamento remoto utilizando técnicas de processamento de imagens. No caso aqui abordado tem-se as imagens multiespectrais do sensor HRV (*Haut Resolution Visible*) do SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*). Geram-se duas imagens sintéticas, uma que utiliza principais componentes e a banda 3 HRV SPOT e outra que utiliza filtro passa-alta, principais componentes e a banda 3 original. Este trabalho foi desenvolvido a partir da necessidade de mapear a rede hidrográfica do município do Recife e que não era totalmente visível devido a bruma existente na imagem (**Figura 5**).

2. O Sistema SPOT

O programa SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) foi planejado e projetado desde o início como um sistema operacional e comercial de observação da Terra.

Estabelecido por iniciativa do governo francês em 1978, com a participação da Suécia e Bélgica, o programa é gerenciado pelo Centro Nacional de Estudos Espaciais - CNES, que é o responsável pelo desenvolvimento do programa e operação dos satélites. Já foram lançados com sucesso os SPOT 1, 2, 3, 4 e 5 (ENGESAT, 2004). A seguir tem-se as faixas espectrais deste sensor.

Tabela 1 – Faixas Espectrais do Modo Multiespectral do Sensor HRV a Bordo do SPOT

	Banda 1	Banda 2	Banda 3
Faixa Espectral	0,50 – 0,59	0,61 – 0,68	0,79 – 0,89

Adaptado de NOVO, 1998

3. Transformação RGB - IHS

O monitor de computador usado para exibir imagem no sistema de processamento de imagem é baseado no modelo RGB e possui três canais correspondentes as cores primárias, o vermelho (*red* – R), o verde (*green* – G) e o azul (*blue* – B). Este modelo pode ser representado por um cubo unitário (**Figura 1b**). Entretanto, é possível definir um outro modelo de representação de cores. Em Sensoriamento Remoto, além do modelo RGB utiliza-se o modelo IHS (intensidade: *intensity* – I, matiz: *hue* - He saturação: *saturation* - S) como os três parâmetros de posicionamento (**Figura 1a**). Este sistema, denominado transformação IHS, é interessante por se basear na percepção do olho humano.

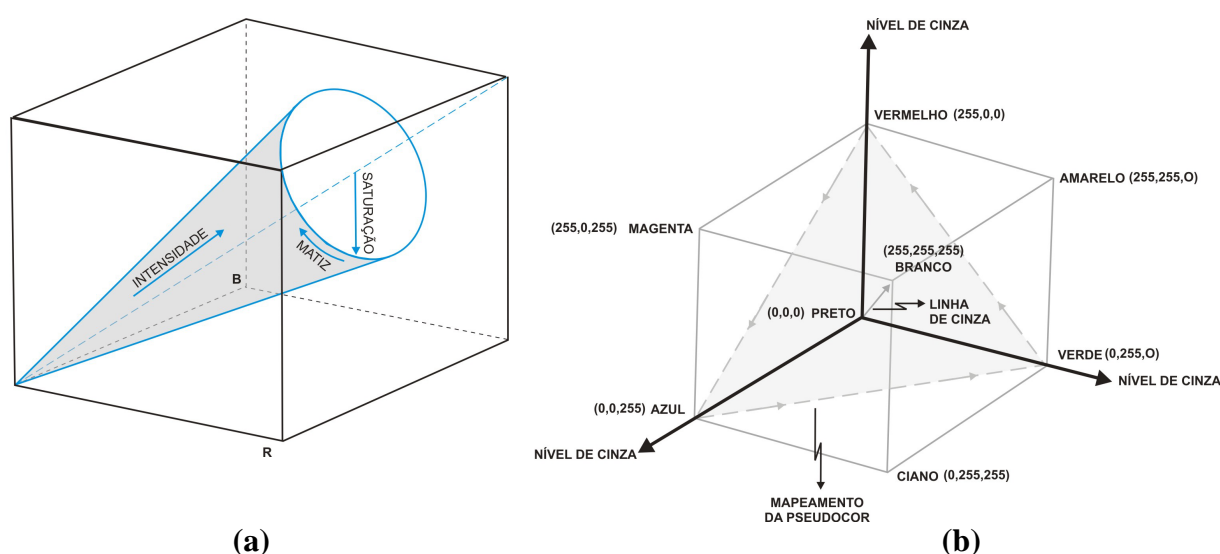


Figura 1 – Representação da cor. (a) Modelo IHS (Adaptado de GONZALES (2000)) (b) Modelo RGB. (Adaptado de CROSTA (1992)).

Tem-se para a transformação IHS que:

- ◆ A Intensidade é o brilho total da imagem e varia de 0 (preto) a 1 (branco).
- ◆ A Saturação representa a pureza da cor e também varia linearmente de 0 a 1.
- ◆ O Matiz é representativo da cor ou comprimento de onda dominante do pixel. Seus valores variam de 0 até 180 sendo uma dimensão circular.

Segundo GONZALEZ E WOODS (2000), as cores no espaço IHS são definidas com respeito aos valores normalizados do vermelho, verde e azul, dados em termos das cores primárias do modelo RGB:

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad (1)$$

$$g = \frac{G}{R + G + B} \quad (2)$$

$$b = \frac{B}{R + G + B} \quad (3)$$

Considerando que R, G e B estejam no espaço unitário, ou sejam, todas variando no intervalo [0,1], a partir das equações (1), (2) e (3), tem-se:

$$r + g + b = 1 \quad (4)$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (5)$$

A equação 4 representa a equação do plano que contém o triângulo IHS (mapeamento da pseudocor). E a equação 5 representa o brilho da imagem, ou seja, a componente Intensidade.

Para a determinação do Matiz, que é representativa da cor ou comprimento de onda dominante do pixel, é necessário a observância do triângulo de cores IHS (**Figura 2**) que por deduções matemáticas nos dá a relação:

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\left[\frac{1}{4}[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)] \right]^{1/2}} \right\}, (6) \quad S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R,G,B)], (7)$$

Onde, H está definido para o intervalo $[0,180^\circ]$, no entanto se se $(B/I) > (G/I)$ encontraremos valores acima de 180° , sendo necessário subtrair o valor encontrado pela equação 6 de 360° . Para normalizar o matiz opera-se o quociente do valor obtido da equação 6 por 360° obtendo-se um valor no intervalo $[0,1]$.

Para se determinar uma expressão para a Saturação, que é definido como o grau no qual uma cor não está diluída pelo branco (GONZALEZ, 2000), são necessárias, novamente, as relações encontradas no triângulo IHS (**Figura 2**).

Destas relações, após relações trigonométricas e vetoriais, encontramos a expressão para a Saturação (equação 7).

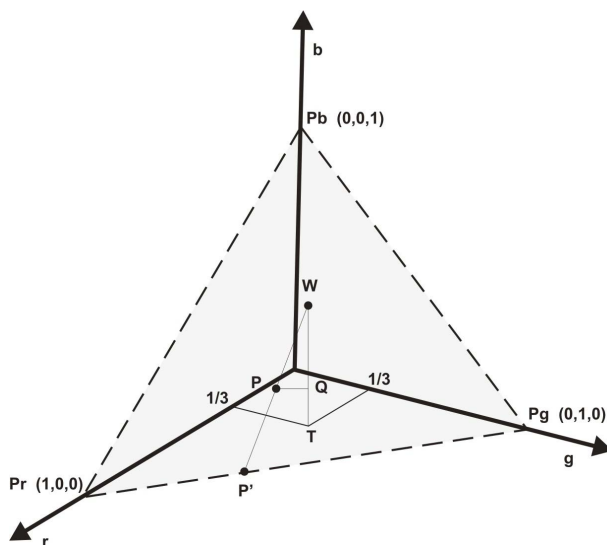


Figura 2 – Triângulo de cores IHS
Adaptado de GONZALES (2000)

4. Análise por Componentes Principais

A grande correlação entre bandas multiespectrais em uma imagem de Sensoriamento Remoto é dada pela própria estrutura de aquisição dessas imagens. Tem-se uma certa similaridade entre as bandas por expressarem essencialmente a mesma informação (LILLESAND, 1994).

A Análise por Componentes Principais (*Principles Component Analysis* - PCA) é usada como um método de compressão de dados. Ela permite que dados redundantes sejam compactados em poucas bandas, isto é, a dimensão dos dados é reduzida. As bandas de dados PCA são não-correlacionadas e independentes, e são freqüentemente melhor interpretadas que

os dados fonte (JENSEN, 1996). Esta técnica tem sido empregada em várias aplicações de sensoriamento. A utilização de Principais Componentes em imagens hiperespectrais é um exemplo deste tipo de aplicação.

No processamento de imagens a principal tarefa executada pela PCA pode ser descrita da seguinte forma: dadas n imagens brutas (sem qualquer outro tipo de processamento), são analisadas as correlações entre elas e produzido um novo conjunto de n novas imagens, com nenhuma correlação entre si. De modo geral, esse novo conjunto de imagens terá as seguintes características: a primeira delas, chamada de Primeira Componente Principal (PC1) irá conter a informação que é comum a todas as n bandas originais; a Segunda Componente Principal (PC2) irá conter a feição espectral mais significativa do conjunto e assim sucessivamente as PCs de ordem mais alta irão conter feições espectrais cada vez menos significantes, até a última PC, que concentrará então a informação de ruído (CROSTA, 1992).

A primeira componente principal é o autovetor associado ao maior autovalor, a segunda componente principal é o autovetor associado ao segundo maior autovalor, e assim por diante.

Os valores dos dados da análise por componentes principais são resultantes de simples combinações lineares de valores de dados originais (LILLESAND, 1994). Para uma imagem com duas bandas podemos exemplificar a combinação pelas equações 8 e 9:

$$\boxed{DN_I = a_{11}DN_A + a_{12}DN_B} \quad (8)$$

$$\boxed{DN_{II} = a_{21}DN_A + a_{22}DN_B} \quad (9)$$

Onde:

- DN_I e DN_{II} : número digital (nível de cinza) no novo sistema de coordenadas;
- DN_A e DN_B : número digital (nível de cinza) no sistema de coordenadas original;
- a_{11} , a_{12} , a_{21} e a_{22} : coeficientes de transformação.

A PC1 contém o sombreamento topográfico da cena deixando as demais PCs desprovidas de informações topográficas enquanto que a última PC irá conter toda concentração de ruídos, podendo ou não ser descartada.

5. Filtragem

As imagens digitais geradas por sensores remotos possuem freqüentemente imperfeições que são inerentes ao processo de imageamento e transmissão (CROSTA, 1992). Uma maneira de eliminar estes ruídos, ou ressaltar bordas é a partir da utilização do processo de filtragem linear (convolução de uma imagem com um máscara) ou por filtragem não linear (mediana, moda, filtros morfológicos) (GONZALEZ e WOODS, 2000,). No caso aqui estudado deseja-se ressaltar bordas, e utiliza-se uma filtragem linear passa alta que será mostrado no item 8.3.

6. Área de Estudo

Para a realização desta pesquisa foi escolhida a cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco, por estar totalmente inserida na imagem disponível e conter uma bruma no centro da imagem (**Figura 5**).

A Cidade do Recife está localizada na Região Metropolitana do Recife, possuindo uma área de 220 km² (**Figura 4**). Segundo os dados do último censo demográfico (IBGE, 2000), possui uma população de 1.422.905 habitantes, o que corresponde a uma densidade demográfica de aproximadamente 6,5 mil habitantes/km² (64,78 habitantes/ha).



Figura 4 – Região Metropolitana do Recife (marrom) e outros municípios

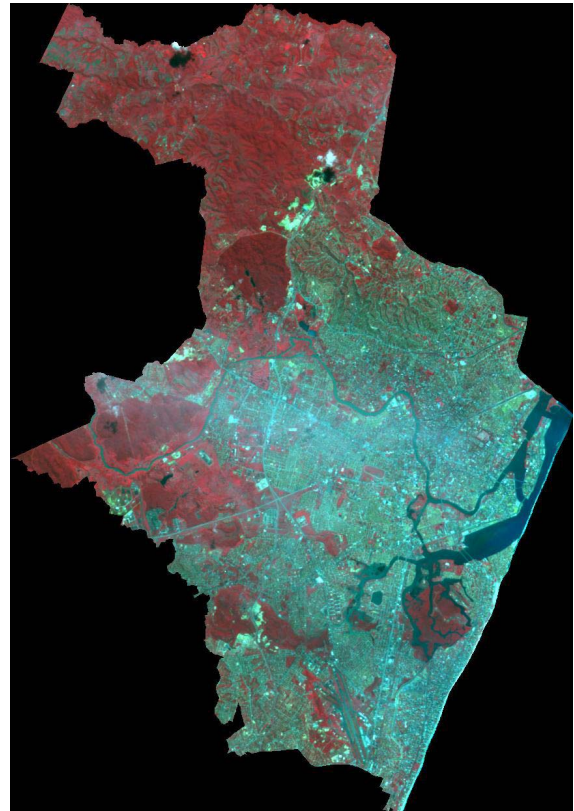


Figura 5 – Recorte da Cena HRV Spot 732/366 Cidade do Recife

7. Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos segundo o diagrama apresentado na Figura 6.

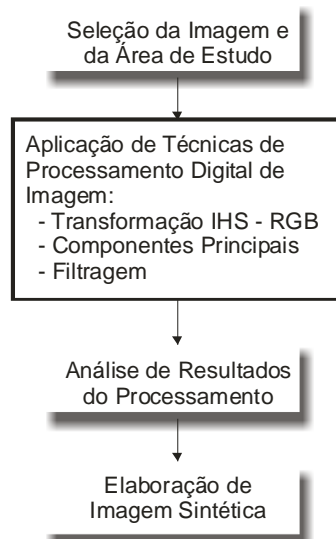


Figura 6 – Diagrama dos Procedimentos Metodológicos

Inicialmente foi escolhida a área de estudo na cena HRV Spot 732/366. Em seguida foi realizado o recorte da imagem de acordo com os limites municipais da Cidade do Recife.

Após testes preliminares, foi comprovado que a resposta em uma classificação, supervisionada por Máxima Verossimilhança não era satisfatória, principalmente pela

existência de uma bruma no centro da área de estudo, desta forma, a alternativa escolhida foi a aplicação de técnicas de realce e transformação na imagem.

Neste sentido, foram aplicadas algumas técnicas de processamento digital de imagens previamente selecionadas: Componentes Principais, Transformação RGB – IHS e Filtragem por Convolução que serão vistos no próximo item.

8. Resultados Obtidos e Conclusão

8.1 Componentes Principais

Como resultados da transformação por componentes principais foram obtidas as imagens PC1, PC2 e PC3 (**Figura 7**). As bandas produzidas mostram uma correlação maior na banda 1 (**Figura 7a**) enquanto que os ruídos estão concentrados na banda 3 (**Figura 7c**) e a banda 2 mostra uma situação intermediária de correlação radiométrica (**Figura 7b**).

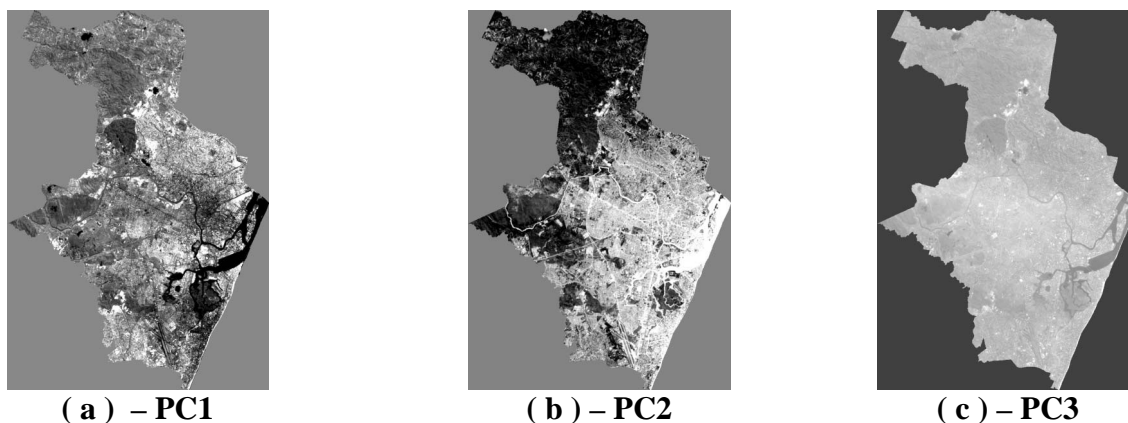


Figura 7 – Transformação por Componentes Principais

8.2 Transformação IHS

Outra técnica de Processamento Digital de Imagem empregada foi a transformação do espaço RGB para o espaço IHS. Nesta fase o resultado adquirido mostrou uma melhora no contraste entre a área urbana, os cursos d'água e a vegetação (**Figura 9**).

Nota-se ainda um quase que total desaparecimento da bruma existente na imagem original (**Figura 5**). A área urbana é apresentada em ciano, a drenagem em amarelo e a vegetação em tons de magenta e azul.

8.3 Filtragem por Convolução

Foi aplicado a técnica filtragem linear na imagem transformada para o espaço IHS (**Figura 9**), sendo utilizado um filtro de realce de borda (**Figura 8**). O resultado obtido nesta etapa, **Figura 10**, realçou as bordas que foi o objetivo da aplicação desta técnica.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Figura 8 – Filtro de Realce de Bordas Utilizado

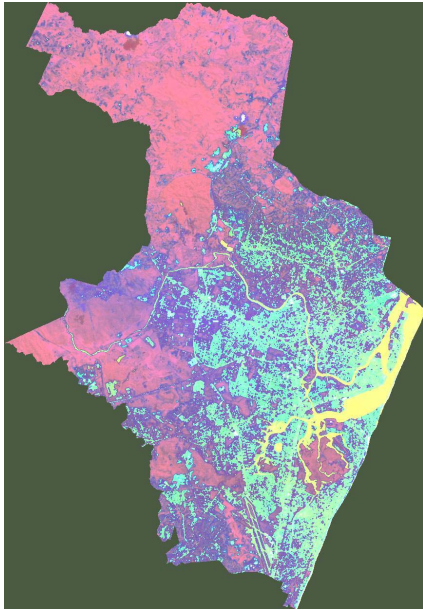


Figura 9 – Transformação RGB - IHS



Figura 10 – Filtragem passa alta

8.4 Imagens Sintéticas

Como procedimento final foram realizadas algumas combinações entre as bandas dos diversos produtos do processamento da imagem, resultando em imagens sintéticas que auxiliam a identificação de alvos mesmo sem conservar os valores radiométricos originais.

A imagem sintética S1 (**Figura 11**) foi construída pela combinação das bandas PC2, PC1 da Análise por componentes principais e da banda 3 da imagem HRV SPOT.

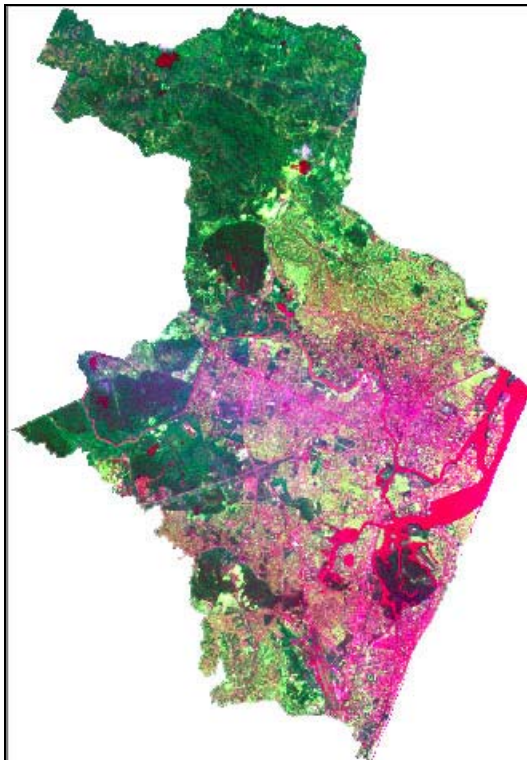


Fig 11 – Imagem Sintética S1

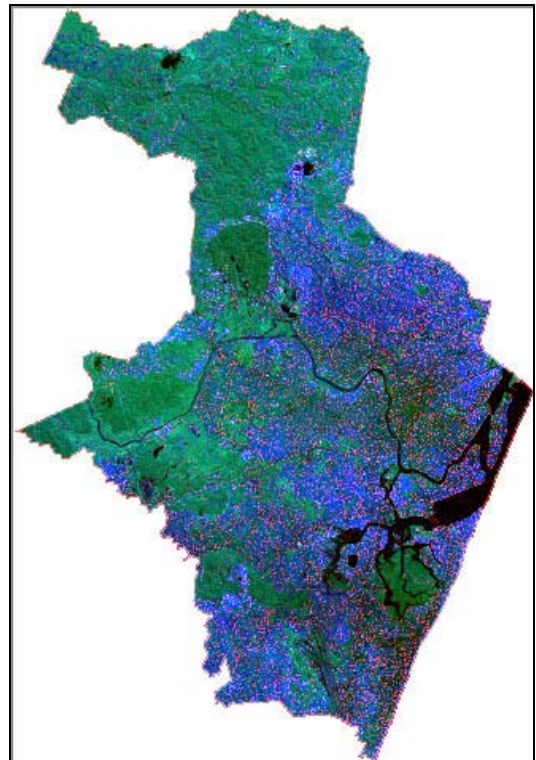


Figura 12 – Imagem Sintética S2

Esta combinação foi adotada para eliminar os ruídos que se concentraram na PC3, substituindo-a pela banda do infravermelho próximo da imagem original. A banda 3 não sofre interferência da bruma atmosférica. Além do resultado minimizar o efeito atmosférico, tem-se uma melhor separabilidade dos alvos.

O resultado obtido na Imagem Sintética S1 (**Figura 11**) apresenta uma valiosa fonte de informações para a caracterização dos diversos tipos de vegetação, sendo possível distingui-las pela diferenciação de padrões, que apoiada por visitas a campo possibilita a sua discretização.

A imagem sintética S2 (**Figura 12**) foi construída com a banda 3 da filtragem por convolução (banda S – filtrada), com a banda 3 do HRV-SPOT e a banda PC1. Este processo resultou em destaque para a hidrografia principal do Recife (em preto), para a vegetação densa (em verde) e para a área sob ação antrópica (em azul). Nesta imagem pode ser observado, ainda, a eliminação completa da bruma que cobria a parte central da imagem (**Figura 5**).

A análise das imagens sintéticas elaboradas, possibilita concluir que a utilização destas imagens mostrou-se uma importante ferramenta para a eliminação de ruídos indesejáveis para a interpretação de imagens de sensoriamento remoto e identificação dos alvos desejados.

Referências Bibliográficas

CROSTA, A. P.; **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**; Campinas; Editora UNICAMP; 1992. 170 p.

GONZALES, R. C. E WOODS, R. E.; **Processamento de Imagens Digitais**; São Paulo; Editora Edgard Blücher Ltda; 2000. 509 p.

LILLESAND, T. M.; **Remote Sensing and Image Interpretation**; New York; Wiley; 1994. 750 p.

JENSEN, J. R.; **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**; New Jersey; 1996.

IBGE; **Censo Demográfico Brasileiro**; Brasília; IBGE, 2000.

NOVO, E. M. L. M.; **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**; São Paulo; Editora Edgard Blücher Ltda; 1998. 308 p.

Website: <http://www.engesat.com.br/satelites/spot.htm>; ENGESAT; 2004.