

Aplicação do modelo de cores IHS na detecção de plantas aquáticas imersas

Daniel Luís de Lima
Maria de Lourdes Bueno Trindade Galo
Nilton Nobuhiro Imai

Universidade Estadual Paulista - UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT
Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas - PPGCC
R. Roberto Simonsen, 305 - 19.060-900 - Presidente Prudente - SP, Brasil
daniel@pos.prudente.unesp.br, {nnimai,mlourdes}@prudente.unesp.br

Abstract. Infestation by invading aquatic plants in reservoirs has become a factor of disequilibrium in aquatic systems of this nature, whose control has conditioned the accomplishment of mapping of the areas of occurrence of these infestations, mainly when it is about immersed plants. With the aim of to detect in the image the places where infestation for the immersed aquatic vegetation occurs, techniques of digital processing of multispectral images had been tested, specifically IHS transformation, with the perspective to facilitate the mapping and monitoring of these occurrences.

Palavras-chave: remote sensing, digital image processing, immersed aquatic plants, sensoriamento remoto, processamento digital de imagens, plantas aquáticas imersas.

1. Introdução

Infestação por plantas aquáticas invasoras em reservatórios tem se tornado um fator de desequilíbrio em sistemas aquáticos dessa natureza, cujo controle tem condicionado a realização de mapeamentos das áreas de ocorrência dessas infestações, principalmente quando se trata de macrófitas imersas. Essa condição de não emergir na superfície do espelho d'água dificulta tanto o manejo dessas plantas invasoras quanto à detecção das áreas infestadas, uma vez que a resposta espectral da água é muito sutil nos intervalos espectrais para quais se dispõe de imagens multiespectrais, limitando a possibilidade de estimar sua distribuição espacial.

Ainda que plantas aquáticas tenham um papel fundamental no equilíbrio dos ambientes aquáticos abertos, além de sua importância crucial no fornecimento de alimento e refúgio para animais, seu crescimento indiscriminado pode obstruir canais, represas e reservatórios, reduzindo a disponibilidade de água para uso humano e acarretando um desequilíbrio no ambiente aquático. No Brasil, a ocorrência de plantas aquáticas em reservatórios de hidrelétricas tem sido um problema de importância crescente. Alguns reservatórios já têm sua eficiência comprometida pela elevada infestação de plantas aquáticas, decorrentes tanto do descarte de resíduos industriais e esgoto nos recursos hídricos, quanto da ação direta do homem sobre o meio.

Preocupada com uma situação crítica de infestação que perdura alguns anos no canal do rio Tietê, próximo à confluência com o rio Paraná, a CESP (Companhia Energética de São Paulo) vem promovendo o desenvolvimento de intensas pesquisas que visem o controle efetivo dessas plantas. Porém, a aplicação de medidas de controle pode ser mais efetiva com o mapeamento prévio e monitoramento da dispersão espacial das áreas infestadas. Nesse sentido, a tecnologia do sensoriamento remoto pode se constituir numa ferramenta valiosa e fornecer subsídios para o efetivo manejo dessas áreas. Para isso, dados de sensoriamento remoto têm sido usados para avaliar a dispersão espacial de áreas infestadas e orientar a utilização de medidas ou métodos de controle (biológico, mecânico e químico).

No sentido de detectar na imagem os locais onde ocorrem infestações pela vegetação aquática imersa, foram testadas técnicas de processamento digital de imagens multiespectrais, especificamente a transformação IHS, com a perspectiva de facilitar o mapeamento e monitoramento dessas ocorrências. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho envolve a utilização de limiares aplicados às componentes I, H e S, obtidos das componentes R, G e B do modelo de cores original, buscando destacar os locais de infestação em 3 épocas de tomada de imagens de média resolução (TM e ETM+/Landsat) e uma tomada de imagem de alta resolução (Ikonos), nas bandas do espectro visível. Desta forma, pretende-se avaliar uma abordagem mais simples e rápida que facilite o mapeamento e monitoramento das áreas infestadas por plantas aquáticas imersas.

2. Comportamento Espectral da Água e de Plantas Aquáticas

O sensoriamento remoto da água se baseia no fato que as substâncias presentes na água afetam a sua cor, cujas mudanças são decorrentes de alterações na radiância da água. Desse modo, a investigação das características de um corpo d'água usando sensoriamento remoto implica em, primeiramente, entender como a água pura absorve ou reflete, seletivamente, a luz incidente ao longo da coluna d'água. Em seguida deve-se considerar como essa luz incidente é afetada quando a coluna d'água contém materiais orgânicos e inorgânicos (JENSEN, 2000).

Diferente do solo e da vegetação, a maior parte do fluxo radiante incidente sobre a água não é refletido, mas absorvido ou transmitido. Nos comprimentos de onda do visível, pouca luz é absorvida, uma pequena quantidade é refletida e a maior parte é transmitida. Moreira (2001) destaca que a água no estado líquido absorve a radiação eletromagnética abaixo de 380nm e acima de 700nm e que, mesmo nessa faixa intermediária, a reflectância da água é relativamente pequena, ultrapassando pouco mais de 5%. Especificamente para a água pura, a reflectância no espectro visível decresce cerca de 5% no azul para menos de 1% no infravermelho próximo (NOVO et al., 1989). Desse modo, a forte absorção da radiação do infravermelho próximo e médio pela água resulta em um forte contraste entre esta e os limites de terra.

Segundo Robin (1995), a água pura tem uma resposta espectral característica: sua reflectância é elevada no intervalo espectral correspondente à luz azul, diminui no verde, é fraca no vermelho e é quase nula no infravermelho próximo. Na realidade, a água absorve inteiramente a radiação do infravermelho próximo incidente já nos primeiros centímetros da coluna d'água, na ausência de matéria orgânica ou sedimentos em suspensão. Por outro lado, a presença de constituintes orgânicos e inorgânicos na coluna d'água acarreta um aumento significativo na radiação refletida pelo corpo d'água nesse intervalo espectral do infravermelho próximo (JENSEN, 2000).

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto depende, então, da habilidade do sistema sensor medir variações na radiação refletida a partir da água e relacionar tais mudanças com seus constituintes ou parâmetros que indiquem sua qualidade (RITCHIE et al., 1976; SCARPACE et al., 1979). Naturalmente, os comprimentos de onda mais adequados para essas medições dependem das substâncias que estão sendo avaliadas e das características do sensor. Levando em conta que as características dos sensores remotos orbitais, quanto às suas resolução espacial e espectral e os mecanismos de interação da radiação eletromagnética com a água, definem uma variabilidade espectral bastante tênue para os corpos d'água. A maioria dos estudos sobre qualidade da água, utilizando o sensoriamento remoto, tem se limitado à detecção de particulados em suspensão e de vegetação aquática.

Assim, se por um lado existe uma limitação técnica dos dados multiespectrais adquiridos sistematicamente a partir de plataformas orbitais para aplicações com água, a dimensão do

espelho d'água de muitos reservatórios brasileiros pode inviabilizar programas de monitoramento dos corpos d'água, face ao alto custo da implementação de um esquema de levantamento "in situ". Devido ao seu caráter sinóptico e repetitivo, as imagens de satélite podem se constituir em um recurso auxiliar valioso no processo de mapear e monitorar a distribuição espacial de alguns componentes presentes no corpo d'água.

3. Modelo de Cores RGB e IHS

De acordo com Gonzalez & Woods (2000), no modelo aditivo RGB cada cor é representada na sua componente espectral primária vermelho (*Red*), verde (*Green*) e azul (*Blue*) e é baseado no sistema cartesiano de coordenadas. O sub-espço de cores forma um cubo, conforme ilustrado na **Figura 1**:

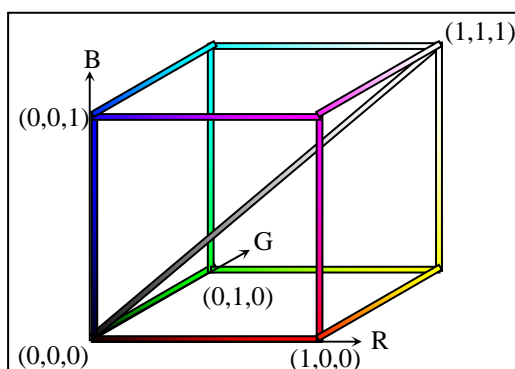


Figura 1 - Cubos de Cores RGB. Pontos ao longo da diagonal principal têm valores de cinza normalizados, a partir do preto na origem (0, 0, 0) na direção do branco (1, 1, 1). Adaptado de Castleman (1996).

O modelo IHS (*Intensity, Hue, Saturation*) é uma representação da cor muito útil em sensoriamento remoto por duas razões principais: primeiro porque a componente intensidade (*I*) pode ser desvinculada da informação de cor de uma imagem (matiz e saturação); segundo porque as componentes de matiz (*H*) e saturação (*S*) estão intimamente relacionadas com o processo pelo qual os seres humanos percebem a cor. Esses atributos tornam o modelo IHS ideal para o desenvolvimento de algoritmos de processamento de imagens baseados nas propriedades sensoriais da cor percebida pelo sistema visual humano.

Neste modelo, as características usadas para distinguir uma cor de outra são suas componentes de intensidade, matiz ou tonalidade e saturação, conforme ilustrado na **Figura 2**, abaixo:

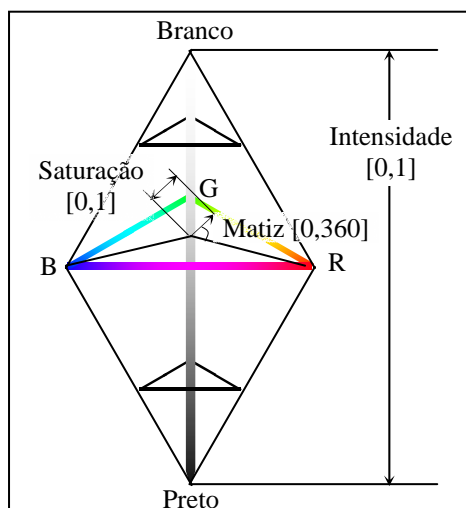


Figura 2 - Representação de cor no modelo IHS. Adaptado de Gonzalez & Woods (2000).

De acordo com Castleman (1996), a intensidade personifica a noção de intensidade de luz e representa a componente acromática da cor; o matiz (hue ou tonalidade) é um atributo relacionado com o comprimento de onda dominante em uma mistura de faixas de luz, ou seja, a tonalidade representa a cor dominante percebida por um observador; e a saturação refere-se à pureza relativa ou quantidade de luz branca misturadas com a cor dominante. As cores do espectro puro são completamente saturadas, sendo que o seu grau de saturação é inversamente proporcional à quantidade de luz branca que foi acrescida. Matiz e saturação, juntas, formam a cromaticidade de uma cor, de modo que esta pode ser completamente caracterizada pelo seu brilho (componente acromática) e pela sua cromaticidade (uma combinação de matiz e saturação).

A transformação ou conversão entre estes modelos de cores é uma técnica de processamento digital de imagens utilizada em muitas aplicações, como por exemplo, em fusão de imagens multiespectrais de diferentes resoluções. Neste trabalho, a conversão RGB-IHS, foi empregada com o objetivo de, através das componentes I, H e S, determinar e aplicar limiares visando realçar na imagem áreas infestadas por plantas aquáticas imersas.

4. Materiais e Métodos

4.1. Materiais

Para a realização do experimento foram utilizadas 4 imagens multiespectrais, 3 de média resolução espacial e 1 de alta resolução espacial, conforme a descrição apresentada na **Tabela 1**:

Tabela 1 – Descrição das imagens utilizadas.

	Imagem	Ano	Resolução espacial	Bandas utilizadas
A	TM/Landsat	1985	30m	1 (azul), 2 (verde) e 3 (vermelho)
B	TM/Landsat	1993	30m	1 (azul), 2 (verde) e 3 (vermelho)
C	ETM+/Landsat	2002	30m	1 (azul), 2 (verde) e 3 (vermelho)
D	Ikonos	2002	1m (fusão c/ banda pan)	1 (azul), 2 (verde) e 3 (vermelho)

No entanto, apenas uma sub-área destas imagens foram utilizadas, referente à área de estudo adotada.

As **Figuras 3, 4, 5 e 6** representam, respectivamente, as sub-áreas das imagens A, B, C e D utilizadas:



Figura 3 - A: Composição colorida 123-BGR, TM/Landsat de 1985.



Figura 4 - B: Composição colorida 123-BGR, TM/Landsat de 1993.



Figura 5 - C: Composição colorida 123-BGR, ETM+/Landsat de 2002.



Figura 6 - D: Composição colorida 123-BGR, Ikonos de 2002.

Os processamentos foram realizados em dois softwares: *SPRING 4.1* e *IDL 5.5*.

4.2 Métodos

A partir de uma análise preliminar das imagens multiespectrais, constatou-se a necessidade de aplicar uma modificação de contraste às bandas espectrais do visível, adotando uma função linear, e trabalhar com essas imagens contrastadas. Esse processamento foi realizado nas três bandas do visível, para todas as imagens (TM e ETM+) de todas as datas de aquisição, como uma forma de garantir a detecção das plantas aquáticas imersas.

A partir dessa constatação, pode-se conceber uma abordagem de análise de dados multiespectrais e multitemporais que pudesse fornecer alguns subsídios para acompanhar as mudanças na quantidade e dispersão espacial da área infestada por plantas aquáticas, visando principalmente detectar e realçar as áreas infestadas por plantas aquáticas imersas.

As etapas desta abordagem, baseada principalmente em técnicas de processamento digital de imagens, incluíram: o georreferenciamento das imagens multitemporais; a delimitação da

área de estudo (trecho do rio Tietê); a transformação entre os espaços de cores RGB para IHS; a detecção das áreas infestadas por plantas aquáticas imersas utilizando-se as componentes I, H e S; e, por fim, a representação destas áreas, no modelo RGB.

A **Figura 7** apresenta um fluxograma das etapas desenvolvidas. A etapa de pré-processamento foi realizada no software *SPRING* e as demais no *IDL*.

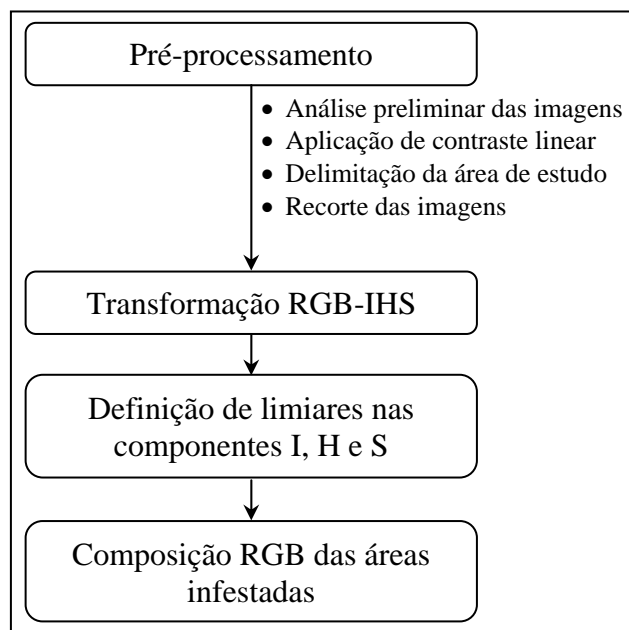


Figura 7 - Fluxograma das etapas desenvolvidas.

As atividades relacionadas com o pré-processamento dos dados de sensoriamento remoto no *SPRING* constaram da criação de banco de dados e projeto; definição de modelo de dados; georreferenciamento do conjunto de imagens multitemporais das datas selecionadas e importação dos dados multiespectrais e multitemporais para o banco de dados/projeto criado.

O georreferenciamento, ou no caso, o registro multitemporal pressuposto para a análise simultânea de cenas adquiridas em diferentes épocas, assegura que os pixels que compõem o conjunto de imagens analisadas contemplem uma mesma região da superfície terrestre e feições espacialmente compatíveis. Como as imagens TM e ETM+ foram disponibilizadas já georreferenciadas (formato *Geotiff*), houve necessidade de realizar apenas um refinamento desse georreferenciamento, adotando umas das datas como referência. No presente caso, para cada época de aquisição de dados, as bandas espectrais foram referenciadas ao sistema de projeção UTM e *datum* WGS 84, através de uma transformação linear e reamostragem dos valores de brilho dos pixels pelo método do vizinho mais próximo.

Ainda no *SPRING*, foi definida a área de estudo, que compreende um trecho do rio Tietê, delimitada pelo retângulo envolvente com coordenadas aproximadas de $E_{\min}= 458.854\text{m}$; $N_{\min}= 7.710.065\text{m}$; $E_{\max}= 469.601\text{m}$; $N_{\max}= 7.715.845\text{m}$, recortando-se as imagens. Deve-se ressaltar que foram utilizadas apenas as três bandas do visível (1, 2 e 3), para todas as imagens.

Em seguida, as imagens recortadas foram importadas no *IDL 5.5* onde foram realizados os seguintes processamentos para todas as imagens: conversão do modelo de cores RGB para o modelo IHS; determinação do intervalo, definido pelo limiar inferior e superior, correspondente a presença de plantas aquáticas imersas nas componentes I, H e S, tendo como resultado três imagens binárias onde a região destacada (com valores igual a 1) representa a

infestação por plantas aquáticas imersas; multiplicação das imagens binárias, ou seja, geração de uma interseção entre estas imagens a fim de se obter uma única imagem binária que represente os locais de infestação; multiplicação desta imagem binária pelas componentes R, G e B. Uma vez feita a composição colorida RGB, obtém-se uma imagem onde é representada somente a região de infestação por plantas aquáticas imersas, preservando-se as variações de brilho originais, sendo que o restante da imagem torna-se fundo.

5. Resultados e Análise

As imagens resultantes dos processamentos com as imagens A, B, C e D (ver **Tabela 1**) são apresentadas nas **Figuras 8, 9, 10 e 11**, respectivamente. As áreas infestadas por plantas aquáticas imersas são destacadas em tons de azul e ciano, decorrentes da própria variação na imagem. O leito do rio é destacado em preto.



Figura 8 - Área infestada por plantas aquáticas imersas em 1985 (TM/Landsat).

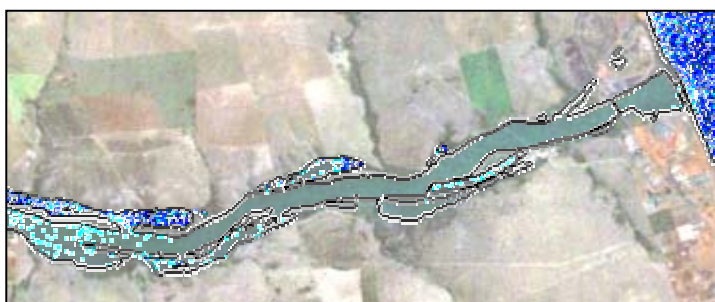


Figura 9 - Área infestada por plantas aquáticas imersas em 1993 (TM/Landsat).



Figura 10 - Área infestada por plantas aquáticas imersas em 2002 (TM/Landsat).

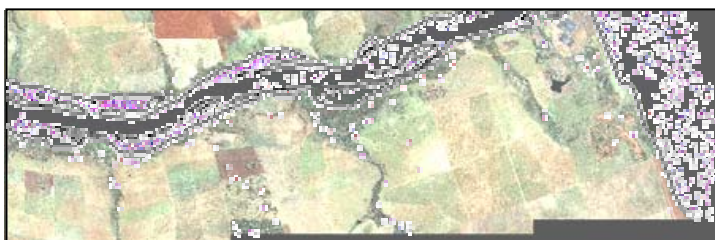


Figura 11 - Área infestada por plantas aquáticas imersas em 2002 (Ikonos).

Nota-se pelas áreas realçadas nas diferentes datas de aquisição o aumento significativo das áreas de infestação no decorrer do tempo.

A **Tabela 2** apresenta os limiares inferiores e superiores utilizados nas componentes I, H e S, para a obtenção dos resultados apresentados nas figuras anteriores:

Tabela 2 – Limiares utilizados.

	Imagem	Ano	I [0,1]		H [0,360]		S [0,1]	
			Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
A	TM/Landsat	1985	0	0,25	180	240	0,75	1
B	TM/Landsat	1993	0	0,25	160	240	0,50	1
C	ETM+/Landsat	2002	0	0,20	205	260	0,55	1
D	Ikonos	2002	0	0,01	250	360	0,26	1

Analisando-se os resultados apresentados, nota-se que nas imagens Landsat (média resolução espacial) o padrão dos intervalos é aproximado para as três datas analisadas. Já na imagem Ikonos (alta resolução espacial) o intervalo difere das demais. O que pode ser percebido durante a realização do processamento é que para as imagens de média resolução as componentes I e S facilitam mais na detecção das áreas infestadas, já na imagem de alta resolução a componente é a componente H que contribui mais na detecção destas áreas.

6. Considerações Finais

Conforme indicam os resultados obtidos, a investigação desenvolvida atingiu o objetivo proposto de facilitar o mapeamento prévio e monitoramento a ocorrência de plantas aquáticas imersas da área de estudos, a partir da utilização de dados orbitais e técnicas de processamento digital de imagens, de uma forma mais simples e rápida. Além disso, a abordagem adotada confirmou a possibilidade de uso das imagens multiespectrais, nos comprimentos de onda do espectro visível, para a detecção de plantas aquáticas imersas, da mesma forma que as operações de processamento e análise das imagens multiespectrais usadas viabilizaram a representação da distribuição espacial destas áreas, a qual pode fornecer subsídios para a elaboração de planos de manejo destas plantas aquáticas.

Referências

- CASTLEMAN, K. R. *Digital image processing*. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 667p.
- CURRAN, P. J. **Principles of Remote Sensing**. London: Longman, 1985.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Processamento de imagens digitais*. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 509p.
- JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: an Earth Resources Perspective**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2000. 544p.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 205p.
- NOVO, E. M. L. M.; HAMSOM, J. D.; CURRAN, P. J. The effect of sediment type on the relationship between reflectance and suspended sediment concentration. **International Journal of Remote Sensing**, 10(7):1283-9. 1989.
- ROBIN, M. **La Télédétection**. Coll. Fac Géographie. Paris: Nathan. 1995. 318p.
- RITCHIE, J. C.; SCHIEBE, F. R.; MCHENRY, J. R. Remote sensing of suspended sediments in surface waters. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 42: 1540-5. 1976.
- SCARPACE, F. L.; HOLMQUST, K. W.; FISHER, L. T. Landsat analysis of lake quality. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 45(5): 623-33. 1979.