

# INTEGRAÇÃO DE DADOS DE MODELOS NUMÉRICOS DE TERRENO E IMAGENS DE SATÉLITE UTILIZANDO-SE TRANSFORMAÇÃO IHS

Virginia R.M. Correia  
Carlos Alberto Felgueiras  
Luciano Vieira Dutra

Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE  
Departamento de Processamento de Imagens-DPI  
Caixa Postal 515  
12201 - São José dos Campos - SP

## RESUMO

Apresenta-se neste trabalho um procedimento de integração de dados de modelo numérico de terreno e imagens de satélite utilizando-se a técnica de transformação IHS (transformação no espaço de cores). Com essa combinação produz-se uma imagem cujas cores representam a altimetria do terreno e a intensidade de cada cor está associada a radiometria da imagem de entrada.

## ABSTRACT

This work reports a procedure to combine digital elevation models and satellite images using the IHS transformation technique (color space transformation). This combination produces an image of which colors represent terrain altimetry and each color intensity is associated to the radiometric characteristics of the input image.

## 1 - INTRODUÇÃO

As informações representadas em uma imagem de satélite são planimétricas, ou seja, seus valores de refletância estão associados à projeção dos pontos do espaço tridimensional (x,y,z) no espaço bidimensional (x,y).

Outras informações referentes à mesma região abrangida pela imagem, como por exemplo, altimetria, poderiam enriquecer o conteúdo de informação da imagem bem como facilitar sua interpretação. Para que isto seja possível, as imagens de satélite bem como as informações de altimetria devem ser integradas a um mesmo referencial cartográfico. Duas operações devem ser, portanto, realizadas: a) registro da imagem com uma base cartográfica e b) geração (a partir de um mapa topográfico) de um modelo numérico de terreno (MNT) compatível com a imagem de satélite (correspondência ponto a ponto) e no mesmo referencial.

Neste trabalho, uma imagem de satélite e um MNT são integrados em uma

única base de dados. A imagem de satélite com três bandas - nominalmente R, G e B - (cada uma associada a uma das cores primárias: vermelho, verde e azul) é transformada para o espaço de cores IHS ("intensity", "hue" e "saturation"), gerando assim três novas bandas - nominalmente I, H e S. A banda I é mantida, H é substituída pelo MNT e S é substituída por uma banda de valor constante. A nova composição (IHS) assim obtida, é inversamente transformada para o espaço original, gerando novas bandas R, G e B.

Observando a composição colorida das bandas resultantes R, G e B verifica-se que a imagem obtida mantém suas características de brilho e textura mantendo portanto sua informação original. Por outro lado verifica-se um ganho quanto a informação de altimetria que é observada pelas cores da imagem. Pode-se notar a variação do espectro de cores com a altura.

## 2 - MODELO NUMÉRICO DE TERRENO (MNT)

Um modelo numérico de terreno, MNT, representa a distribuição espacial de uma característica vinculada a uma superfície real. Dentre essas características podemos citar: temperatura, batimetria, altimetria, etc...

O modelo numérico é gerado a partir de um conjunto de pontos  $((x_i, y_i, z_i), i = 1, \dots, n)$  amostrados da superfície real. As coordenadas  $(x_i, y_i)$  desses pontos representam as posições de amostragem na superfície e as coordenadas  $z_i$  estão associados à característica da superfície que se quer modelar.

O processo de geração de um MNT, envolve duas fases: a aquisição das amostras e elaboração do modelo propriamente dito.

A fase de aquisição das amostras compreende a digitalização de um conjunto de pontos,  $((x_i, y_i, z_i))$ , da superfície real de trabalho. Esta fase é determinante na qualidade final do modelo gerado. A amostragem pode ser regular ou irregularmente espaçada mas não deve ser aleatória. Deve-se escolher como amostras aqueles pontos cujos valores de cota sejam representativos do comportamento da característica do terreno que se quer modelar.

A fase de elaboração do modelo, envolve a geração de uma grade regular retangular a partir do conjunto de amostras que foi digitalizado. Como os pontos da grade não necessariamente coincidem com as amostras, um processo de interpolação deve ser utilizado. Para que o MNT possa ser utilizado de forma integrada com a imagem de satélite, deve haver uma correspondência "pixel" a "pixel" entre ambos. Para tanto a grade regular gerada deve ter o mesmo número de linhas e colunas e mesma resolução (tamanho do "pixel") da imagem de satélite. Além disso, os valores altimétricos devem ser quantizados para a faixa 0-255 (Felgueiras et Erthal, 1988).

## 4- TRANSFORMAÇÃO IHS

As composições coloridas de imagens multiespectrais, usadas em processamento digital são apresentadas em monitores de vídeo, onde a representação básica dessas cores se dá através das cores fundamentais vermelho, verde e azul.

Tal codificação é denominada RGB e se refere aos valores triestímulos associados aos monitores de tv, e que correspondem às intensidades de energia total gerada pelos canhões de elétrons no tubo de imagem para cada cor básica.

Neste processo, uma cor é associada a uma determinada banda de uma imagem de uma forma um tanto empírica, isto é, não foi estabelecida uma relação entre os valores triestímulos dos monitores de tv com as cores naturais dos objetos presentes nas imagens.

Nesta representação, qualquer objeto é composto por uma combinação de vermelho, verde e azul em diferentes proporções sendo, por exemplo, impossível de se perceber a quantidade de azul existente em uma superfície cyan.

A percepção visual trabalha com características independentes destas cores fundamentais que são intensidade, I, matiz, H, e saturação, S, ou seja, é possível perceber cada um desses atributos independentemente. A intensidade é o atributo utilizado em imagens preto e branco e está relacionado com a energia total de luz que chega aos olhos. A matiz transmite a sensação de cor e está relacionada com o comprimento de onda dominante. A saturação é o atributo que mede a quantidade de branco existente em uma cor pura. Portanto é possível, ao observar uma superfície colorida, notar se ela é brilhante ou não, se é pastel ou vívida, ou qual a sua cor básica.

Pode-se, através de fórmulas matemáticas, passar uma imagem representada no espaço RGB para IHS com o objetivo de manipular suas componentes, independentes, de tal forma que ao se retornar a imagem RGB, através da transformação inversa, a imagem tenha uma qualidade melhor (Dutra et al., 1988).

Devido a independência entre seus atributos, a transformação IHS tem sido largamente utilizada em integração de dados. Uma das aplicações é a integração de dados de sensores diferentes, como por exemplo do sensor TM (resolução de 30 metros) com a banda pancromática do SPOT (resolução de 10 metros). Como as bandas TM são ricas em cores e mais pobres em resolução a banda I, após a transformação RGB → IHS, é substituída pela pancromática já registrada com as bandas TM. No retorno ao espaço original RGB obtém-se uma imagem de ótima qualidade visual tendo

o brilho da banda pancromática e o espectro de cores fornecido pelas bandas do TM.

Neste trabalho dados de satélite são integrados com o modelo numérico de terreno através da banda "H", como será visto no próximo item, e o resultado apresentado em uma foto colorida.

#### 4- EXPERIMENTO

Uma região de Leme, estado de São Paulo, foi escolhida para dar suporte ao trabalho. A motivação dessa escolha foi simplesmente a disponibilidade do mapa topográfico e imagem dessa região. Observando-se o mapa topográfico verificou-se que as cotas, alturas, da região de interesse estavam entre 550 metros e 800 metros.

Inicialmente fez-se o registro da imagem de satélite, com tres bandas e resolução de 30 metros, com o mapa topográfico da mesma região da imagem, à fim de colocá-los na mesma base de dados.

Em seguida, com o auxílio do Sistema de Informações Geográficas, SIG (Alves et al, 1988) o mapa topográfico foi digitalizado e, com os recursos disponíveis no sistema e descritos na seção 3, foi transformado em uma imagem altimétrica. Evidentemente fez-se necessário o mapeamento das cotas presentes no mapa para cotas de 0 a 255 que são a representação dos pontos de uma imagem.

Numa próxima etapa foi escolhida uma banda da imagem de satélite já registrada para representar a banda "I", intensidade. A banda referente a saturação, S, foi gerada com valores constantes e iguais a 0.7. A imagem altimétrica entrou como a banda "H", matiz.

Devido a independência das componentes I, H e S foi possível, através de manipulações na banda "H" (atributo relativo à cores), fazer com que o espectro de cores variasse do vermelho ao violeta, através de um escalonamento linear. A banda intensidade, I, foi realçada por aumento linear de contraste. Quanto à banda "S", saturação, foram feitas algumas tentativas para escolher o valor constante adequado, à fim de que o resultado final, após transformação inversa, tivesse uma imagem mais suave. O valor escolhido foi 0.7.

Finalmente, aplicou-se a transformação IHS → RGB, obtendo-se a

imagem resultado, ou seja, uma imagem com as características originais de brilho e textura mas também com informações de altitude presentes nas cores.

Pode-se observar que as cotas mais baixas estão representadas por tons de vermelho, as intermediárias por tons de verde e as mais altas em tons de azul, verificando-se então uma passagem suave pelo espectro de cores.

A Figura 1 apresenta o resultado da composição colorida realizado segundo o processo descrito.

#### 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A imagem final apresentou uma variacao contínua nas cores não fornecendo o sentimento de transição de uma cota para sua vizinha. Em um trabalho futuro pretende-se estudar uma tabela de forma a associar uma cota à uma tripla (r,g,b) de modo a se ter uma transição menos suave de tal forma que se saiba ao observar uma determinada cor sua cota correspondente.

Pretende-se também observar o experimento com outras transformações do espaço de cores como VHS e MUNSELL (Correia e Dutra, 1989).

Sugere-se também fazer rotações na banda "H" para obter uma imagem final com cores mais representativas como, por exemplo, os rios, lagos e regiões baixas com cor azul e regiões mais altas de vermelho.

Pretende-se também sugerir uma escala hipsométrica para uso em cartas-imagem na escala 1:250000, caso em que o dado de imagem seria gerado automaticamente pelo modelo descrito neste trabalho.

#### 6 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as valiosas sugestões e discussões com Júlio Cesar Lima d'Alge e Guaraci José Erthal que muito colaboraram com os resultados apresentados.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- FELGUEIRAS, C. A.; ERTHAL, G. J. "Aplicações de modelos numéricos de elevação e integração com imagens digitais". V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, RN, outubro, 1988.
- II, F. A. M.; d'ALGE, J. C. L.; II, S. S.; CASTELLARI, S. P., CORREIA, V. R. M. "Geocodificação de imagens orbitais para utilização em sistemas de informações geográficas". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 14, Anais, Brasília, julho de 1989.
- FELGUEIRAS, C. A.; ERTHAL, G. J.; DIAS, L. A. V.; PAIVA, J. A. C.; CAMARA NETO, G. "Um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores". XIV Seminário integrado de Software e Hardware, Salvador, BA, Julho 1987.
- CORREIA, V.R.M.; DUTRA, L.V.; "Comparação de métodos de transformações do espaço de cores para realce de imagens coloridas". In: LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 4, San Carlos de Bariloche, Argentina, 20 a 24 de novembro de 1989 Proceedings, (Aceito para publicação). Também publicado como relatório INPE-4977-PRE/1542.
- DUTRA, L. V.; FORESTI, C.; MENESES, P.R.; KURKDJIAN, M.L.N.O. "Utilização de transformação IHS para integração de imagens de diferentes resoluções; estudo do uso do solo urbano". In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, I, Anais, Rio de Janeiro, 19-20 de abril de 1988. (INPE-4606-PRE/1329, JUNHO/1988).
- ALVES, D.S.; ERTHAL, G.J.; CÂMARA NETO, G.; FELGUEIRAS, C.A.; PAIVA, J.A.C.; OLIVEIRA, E.A.; DIAS, L.A.V.; GODOY, M.; ABRAHÃO, A. "Sistemas de Informação Geográfica". XXI Congresso Nacional de Informática Rio de Janeiro, RJ, agosto de 1988.

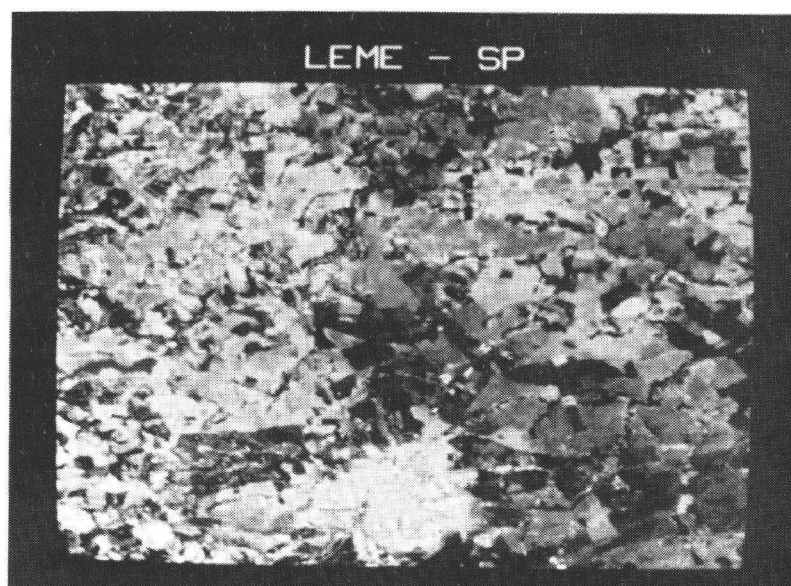


Fig. 1 - Composição colorida de integração DTM e imagem digital