

# **MODELAGEM DA UMIDADE DO SOLO A PARTIR DE DADOS MULTIESPECTRAIS DOS SISTEMAS LANDSAT, ASTER E MODIS**

*Modelling soil humidity from multispectral data from Landsat, Aster and Modis Systems*

Cristina de Queiroz Telles Maffra

Doutorado

Orientador: Jorge Antonio Silva Centeno

Defesa: 28/07/2004

Resumo: Considerando a relevância do estudo da umidade do solo e que as técnicas tradicionais empregadas para o seu levantamento não levam em consideração a variabilidade espacial e temporal típica deste parâmetro, o uso do sensoriamento remoto aparece como uma alternativa, capaz de contribuir para superar estas deficiências. Neste trabalho, a umidade do solo é estudada através da análise multitemporal de imagens multiespectrais em escala de semidetalhe e regional. A área escolhida para o desenvolvimento deste trabalho situa-se na região de Campanha, municípios de Nápoles e Salerno, região sul da Itália, alvo de inúmeros movimentos de massa, mais especificamente deslizamentos de terra, heterogênea do ponto de vista geomorfológico. Dados espectrais dos sensores Landsat ETM, ASTER e MODIS foram obtidos em diferentes tipos de solos e esta informação foi correlacionada a dados pontuais de pluviosidade através da análise multivariada, com a intenção de se gerar um modelo ótimo para cada sensor capaz de contribuir na predição da umidade do solo. Na tentativa de aprimorar os dados espectrais foram gerados índices, tais como NDVI, NDII, Transformação Tasseled Cap e Análise dos Componentes Principais das bandas do infravermelho. Também foram utilizadas imagens da Temperatura Superficial (ASTER) e Temperatura Superficial Noturna (MODIS). Calculou-se o acúmulo de chuva dos quatro dias anteriores à aquisição da imagem e procurou-se obter, quando possível, imagens que representassem períodos mais chuvosos e mais secos para tentar caracterizar espectralmente esta variação. Em cada estação pluviométrica foram selecionados pontos de medida dos dados espectrais em cada tipo de solo, para cada imagem. O

estudo espectral de cada sensor, de acordo com cada tipo de solo visou caracterizar o comportamento espectral individual dos principais solos da região. Procurou-se também estudar grupos de solos com características geotécnicas mais próximas, além de todos os tipos de solos juntos, como forma de se averiguar se mesmo apresentando grande variedade textural e composicional poder-se-ia criar um modelo que fosse sensível à variação da umidade do solo. Na obtenção do modelo foram utilizadas a Análise Discriminante, a Análise de Correlação Múltipla e a GMDH-rede neural polinomial (PNN) buscando-se uma equação ótima que contivesse as bandas/índices espectrais mais sensíveis à umidade do solo para cada sensor. Para a verificação dos resultados obtidos utilizou-se os testes de Kolmogorov-Smirnov e correlação para apontar qual a melhor modelagem para cada sensor. Nas modelagens geradas observou-se a tendência de valorização do comprimento de onda do infravermelho em todos os três sensores analisados. Isso ficou mais evidente no sensor ASTER, cuja resolução espectral no infravermelho é maior. Para o Landsat somente a modelagem realizada para um tipo individual de solo pôde ser considerada satisfatória e o modelo obtido apresentou os índices NDII, Tasseled Cap – umidade e banda termal como variáveis. Já os resultados obtidos com as imagens ASTER revelaram êxito nas modelagens e indicaram como comprimento de onda mais eficiente para a caracterização da umidade do solo o infravermelho entre 2.185 – 2.225 $\mu\text{m}$ , 2.295 – 2.365 $\mu\text{m}$  e 2.360 – 2.430 $\mu\text{m}$ . No caso do sensor MODIS, os resultados podem ser considerados aceitáveis, não obstante a dificuldade em se modelar valores mais elevados do acumulado de chuva e mostram o predomínio dos comprimentos 0.54 – 0.56 $\mu\text{m}$  e 2.10 – 2.15 $\mu\text{m}$ . Tanto para o ASTER como para o MODIS as modelagens mais eficientes indicaram a utilização da Temperatura Superficial. Pode-se concluir que a utilização de imagens ASTER, especialmente da refletância da superfície no comprimento de onda do infravermelho e da temperatura superficial é o método mais eficiente na previsão da umidade do solo sendo que as imagens MODIS, também podem ser utilizadas com êxito na determinação deste parâmetro.

**Abstract:** Considering the relevance of studying the soil moisture and that the traditional measurement methods do not take into account its spatial and temporal variability, the application of remote sensing techniques appear as a valid alternative, able to overcome such limitations. This work concerns the study of soil moisture through multi-temporal analysis of multi-spectral images at regional and local scale. The area of study is located in the Campania Region, counties of Naples and Salerno, in Southern Italy, which is affected by several mass movements, landslides in particular, and geomorphologically heterogeneous. Spectral data from sensors LANDSAT ETM, ASTER e MODIS were obtained for different soil types and this information was correlated to measured rain fall data through multivariate analysis, with the aim of generating for each sensor an optimal model able to predict soil moisture. In the attempt of improving the spectral response, indices such as

NDVI, NDII, Tasseled Cap Transformation and Principal Component Analysis of the infrared bands were generated. Images of Superficial Temperature (ASTER) and Nocturnal Superficial Temperature (MODIS) were also used. Whenever possible, images representative of the driest and wettest period were chosen, in the attempt of characterizing spectrally such variation, and the cumulative rainfall was computed for the four days preceding the image acquisition. For every image, a spectral average was computed at selected locations representative of different soil type in the surrounding of each rain station. The spectral analysis allowed the characterization of the principal soils of the region. Furthermore, soil groups with similar geotechnical characteristics were studied in order to verify if a creation of a model sensitive to soil moisture variations could be determined despite the great textural and compositional varieties. The Discriminant Analysis, the Multiple Regression Analysis and a neural-network GMDH polynomial (PNN) were used for the generation of the model, looking for an optimal equation for each sensor which would include the indices/spectral bands more sensitive to soil moisture. The validation of the results was carried out using the Kolmogorov-Smirnov test and correlation analysis was used to select the best model for each sensor. The models generated showed the tendency to emphasize the infrared wavelength for all three sensors. This was even more evident with ASTER, whose spectral resolution in the infrared is higher. For LANDSAT, just one model for one individual soil type could be considered as satisfactory, and the model obtained presents as variables the index NDII, Tasseled Cap – moisture and infrared band. The results obtained with ASTER images were satisfactory and revealed that the most efficient bands for characterising the soil moisture were between  $2.185 - 2.225\mu\text{m}$ ,  $2.295 - 2.365\mu\text{m}$  and  $2.360 - 2.430\mu\text{m}$ . For MODIS, the results can be considered acceptable, notwithstanding the difficulties at modelling higher values of cumulated rain fall, and show the dominance of the wavelengths  $0.54 - 0.56\mu\text{m}$  and  $2.10 - 2.15\mu\text{m}$ . For both ASTER and MODIS, the most efficient models indicate the use of Superficial Temperature. It could be concluded that the use of ASTER images, especially the surface reflectance in the infrared band and the superficial temperature, is the most efficient method for soil moisture assessment, and that MODIS images could be used as well for the determination of such parameter.