

MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL DE ÁREAS DE GRANDE EXTENSÃO ATRAVÉS DE MOSAICOS DE IMAGENS DO NOAA-AVHRR

Maria G. Almeida¹, Bernardo F. T. Rudorff², Yosio E. Shimabukuro²
graca@dppg.cefetmg.br, bernardo@ltdid.inpe.br, yosio@ltdid.inpe.br

1- CEFET-MG/DPPG, Av. Amazonas 7675, 30510-000 Belo Horizonte MG, Fone: 0XX (31) 3195210

2- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Av. dos Astronautas, 1758, 12227-010 São José dos Campos SP, Fone: 0XX (12) 345-6447

Resumo:

Neste trabalho, a técnica de composição de imagens pelo valor máximo (MVC) do índice da vegetação com diferença normalizada (NDVI) é utilizada para obter mosaicos de uma série de imagens multitemporais e multiespectrais do satélite NOAA-AVHRR, livres de nuvens. A partir destes mosaicos é feito o mapeamento da cobertura vegetal do estado de Minas Gerais bem como a identificação da vegetação como a caatinga, floresta tropical e cerrado.

Palavras-Chave: Mapeamento, Cobertura Vegetal, Mosaico, Processamento de Imagens, NOAA-AVHRR.

Abstract:

In this work, the maximum-value composite (MVC) of images technique from normalized difference vegetation index (NDVI) is used to get cloud-free image mosaics from a serie of multipemporal and multiespectral images of NOAA-AVHRR satellite. The mosaics are used to make the vegetation-cover mapping of Minas Gerais state, Brazil, in which vegetation targets like tropical forest, savanna and caatinga were identified.

1.0 Introdução

As aplicações dos satélites de meteorologia não se restringem apenas à previsão e monitoramento do tempo e avaliação da temperatura. Pesquisadores e cientistas, na busca de informações sobre o mundo em que vivemos, tem encontrado varias aplicações para os dados destes satélites, que apesar de oferecerem uma baixa resolução espacial comparado a outros satélites de observação da terra, podem cobrir uma área de grande extensão com uma resolução temporal muito alta de até quatro vezes ao dia, dependendo do satélite meteorológico.

Dentre os satélites meteorológicos atuais encontra-se o NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. As imagens orbitais de sensoriamento remoto através do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), a bordo do satélite NOAA tem sido amplamente utilizadas para estudos ambientais (Ehrlich et al., 1994), para o monitoramento e mapeamento e da vegetação a nível regional (Shimabukuro et al., 1997 e 1999; Rodriguez Yi, 1998). O sensor AVHRR possui 5 bandas espectrais distribuídas nas faixas do vermelho (0,58 a 0,68 μm), infravermelho próximo (0,72 a 1,1 μm), infravermelho médio (3,53 a 3,93 μm) e infravermelho termal (10,3 a 11,3 μm e 11,5 a 12,5 μm) do espectro eletromagnético. As imagens possuem resolução radiométrica de 10 bits (1024 níveis), e resolução espacial, a nadir de 1,1 km, chegando a aproximadamente 6x6 km nas bordas das imagens. Atualmente, dois satélites da série NOAA, AVHRR-12 e AVHRR-14 fazem cobertura global, gerando dados com uma resolução temporal de no máximo 6 horas entre si. O NOAA-12 cruza a linha do equador numa orbita matutina, no sentido nortesul, enquanto o NOAA-14 faz este mesmo percurso num orbita vespertina. No Brasil, a coleta de imagens do NOAA-AVHRR é feita pelo INPE, através das estações de coletas de dados localizadas em Cachoeira Paulista (SP) e Cuiabá (MT).

Neste Trabalho, os dados do NOAA-AVHRR são utilizados para fazer o mapeamento da cobertura vegetal em áreas extensas. A vegetação possui características espectrais particulares nas faixas do vermelho e infravermelho próximo. Na faixa do vermelho, a clorofila absorve a energia solar, ocasionando uma baixa reflectância, enquanto que na faixa do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação ocasionam uma alta reflectância da energia solar incidente. A combinação destas duas faixas espectrais, através dos chamados índices de vegetação, realça as áreas de vegetação nas imagens. Um

dos índices mais utilizados nos estudos de caracterização da vegetação tem sido o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index; Tucker, 1979).

No monitoramento dos alvos da superfície terrestre, a nível regional, através das imagens do AVHRR, nota-se que a presença de nuvens impede que os alvos da superfície terrestre sejam observados de forma completa. Através da utilização da técnica de composição de imagens geo-referenciadas pelo valor máximo do NDVI é possível obter imagens livres de nuvens, devido à alta resolução temporal do satélite NOAA (Holben, 1986). Esta técnica consiste na análise de diversas imagens, obtidas dentro de um certo período (semana, quinzena, mês, etc.), no qual os valores de máximo NDVI são mantidos enquanto que os pixels com nuvem (mínimo NDVI) são descartados gerando uma nova imagem composta ou mosaicada, livre de nuvens.

O estado de Minas Gerais foi escolhido como área de estudo para o desenvolvimento deste trabalho. Devido à sua vasta extensão, a cobertura vegetal do estado de Minas Gerais é constituída predominantemente pela floresta tropical, cerrado e caatinga, variando de acordo com o solo e clima da região onde se encontram (IGA, 1985). O processamento digital das imagens NDVI do AVHRR foi realizado utilizando o SPRING, Sistema de PProcessamento de INformações Geo-referenciadas, INPE, versão 3.3. Como resultado foram obtidos a identificação e o mapeamento da cobertura vegetal do estado de Minas Gerais.

O restante deste artigo é organizado da seguinte forma. Na seção 2, a fundamentação teórica é apresentada, na seção 3 tem-se a metodologia utilizada, na seção 4, os resultados são mostrados e finalmente na seção 5, a conclusão é feita.

2.0 Fundamentos Teóricos

2.1 Índice de vegetação com diferença normalizada.

A vegetação é caracterizada por uma intensa absorção devido à clorofila na região do vermelho (0,58 a 0,68 μm) e por uma intensa reflexão na faixa do infravermelho próximo (0,76 a 1,35 μm) causada pela estrutura celular das folhas. Várias transformações matemáticas dos dados das bandas 1 e 2 do AVHRR mostraram-se indicadores sensitivos da presença da vegetação verde e são referidos como índices de vegetação nestas bandas. A diferença dos valores dos dados das bandas 1 e 2 são proporcionais à reflectância da cena vista, sendo a medida do grau de vegetação verde na imagem. Um índice básico é o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI), como definido em (Tucker, 1979):

$$\text{NDVI} = \frac{B2 - B1}{B2 + B1} \quad (1.0)$$

O NDVI é preferido para monitoramento da vegetação global por que compensa parcialmente a variação nas condições de iluminação, inclinação da superfície terrestre e aspectos das visadas do sensor em função da ampla largura da órbita (2.700 km). Nuvens, água e neve têm reflectâncias maiores no visível do que no infravermelho, sendo que nestas condições o NDVI tem valores negativos. Rochas e solos expostos têm reflectâncias similares nestas duas bandas e o resultado no índice de vegetação é aproximadamente zero. Em cenas com vegetação o NDVI varia de 0,1 a 0,6, onde os valores mais altos são associados com maior vigor e densidade da cobertura vegetal. Efeitos atmosféricos como o espalhamento por poeira, aerossóis e nuvens de tamanho dos subpixels agem para aumentar a reflectância na banda 1 em relação à banda 2 e reduzir o valor do índice da vegetação (Holben, 1986).

2.2 - Imagens compostas do máximo valor de NDVI

Ao observar a superfície terrestre através dos dados orbitais do AVHRR, nas bandas do visível e do infravermelho próximo, percebe-se que a análise fica restrita a poucas imagens devido à presença de nuvens e condições de interferência atmosféricas. O procedimento para obtenção de imagens compostas, ou seja, geração de um mosaico, é baseado no NDVI de uma série de imagens multitemporais (Holben, 1986). Sendo o NDVI uma medida de capacidade fotossintética da vegetação, quanto maior o NDVI mais ativa fotossinteticamente é a cobertura vegetal. O procedimento de imagens compostas do máximo valor (CVM) do NDVI, como é referido em (Holben, 1986), requer que uma série de dados de satélites de uma mesma área, geo-referenciados, sejam processados de acordo com o NDVI. Pixel a pixel, cada valor de NDVI é examinado, e apenas o valor mais alto é retido para cada ponto.

Pode-se avaliar a composição das imagens identificando o tipo de cobertura existente na região em estudo, através da quantificação da magnitude da vegetação verde em vários níveis e separando-as de outros alvos, como nuvens, solo exposto, rochas e superfícies de água, sabendo que a cobertura das classes são funções do NDVI, de acordo com (Holben, 1986). Os valores médios do NDVI calculados para vários tipos de alvos são -0,257 para água, -0,046 para neve e gelo, 0,002 para nuvens densas, 0,025 para solo exposto, 0,090 para vegetação de baixa densidade de folhas verdes, 0,140 para vegetação com média densidade de folhas verdes, e 0,500 para vegetação com média densidade de folhas verdes, onde estes valores foram baseados em dados orbitais do NOAA-7. Nota-se a consistência da estratificação verificando que a vegetação verde possui valor de NDVI mais alto que solo exposto, nuvens opacas, neve e gelo, e água (Holben, 1986).

3.0 Metodologia

3.1 – Área de estudo

O estado de Minas Gerais abrange uma área de 582 586 km², sendo o quinto do Brasil em extensão. Tem uma população de 16 672 613 habitantes, de acordo com o IBGE, senso de 1996. Limita-se com todos os demais estados da região Sudeste (Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro), com dois do Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul e Goiás, incluindo um pequeno trecho do Distrito Federal) e com um estado do Nordeste (Bahia). Inteiramente contido dentro da zona intertropical, entre o trópico de capricórnio e o equador, tem como coordenadas ao norte 14° 13' 57'' S, ao leste 39° 51' 24'' W, ao sul 22° 55' 47'' S e oeste 51° 02' 56'' W (IGA, 1985).

3.2 Pré-processamento

No pré-processamento tem-se as etapas de aquisição de imagens através do INPE, que são processadas e coletadas no formato da NASA. Para fins deste projeto foram utilizadas imagens multitemporais e multispectrais do NOAA-AVHRR do estado de Minas Gerais, que estavam processadas e disponíveis, nas datas de 2-8-89, 3-8-89, 12-8-89, 13-8-89, 21-8-89, 22-8-89 e 23-8-89, nas bandas 1 e 2. O software utilizado para o desenvolvimento deste trabalho é o SPRING. Um banco de dados para o estado de Minas Gerais foi criado bem como um SIG contendo mapas temáticos digitais de vegetação, hidrografia, limite estadual e de municípios. Estas imagens são posteriormente geo-referenciadas e calculados os valores do NDVI de acordo com a equação (1.0).

3.3 – Mosaicos do AVHRR

Os mosaicos de imagens do AVHRR foram obtidos utilizando a técnica de formação de novas imagens a partir de uma série de imagens geo-referenciadas, do estado de Minas Gerais, processadas e comparadas pixel a pixel, onde cada pixel de uma imagem NDVI de uma devida data é examinado, e apenas o pixel de valor mais alto é retido para cada localização de pixel e formação da nova imagem NDVI.

Os mosaicos das novas bandas b1 e b2 são formados baseando-se também no pixel de maior valor de NDVI, onde a nova banda b1 terá o pixel da banda b1 da data da imagem que possui o maior valor de NDVI. O mesmo é feito para a banda b2, até que tenha esgotado a comparação entre todas as imagens NDVI de todas as datas. Ao final obtêm-se os mosaicos das imagens, livres de nuvens na imagem NDVI e em todas as bandas.

Atribui-se de cores às imagens NDVI a fim de gerar o mapeamento colorido. A atribuição de cores é feita utilizando um programa na linguagem LEGAL do SPRING, que faz o fatiamento da imagem NDVI desejada, e atribui cores às faixas de pixels geradas. Estas cores estão associadas ao grau de verde da cobertura da área envolvida.

4.0 Resultados

Aplicou-se a técnica de obtenção de mosaicos, livres de nuvens. A Figura 1.0 mostra o resultados dos mosaicos das imagens NOAA-AVHRR, livres de nuvens, nas bandas b1, b2 e NDVI.

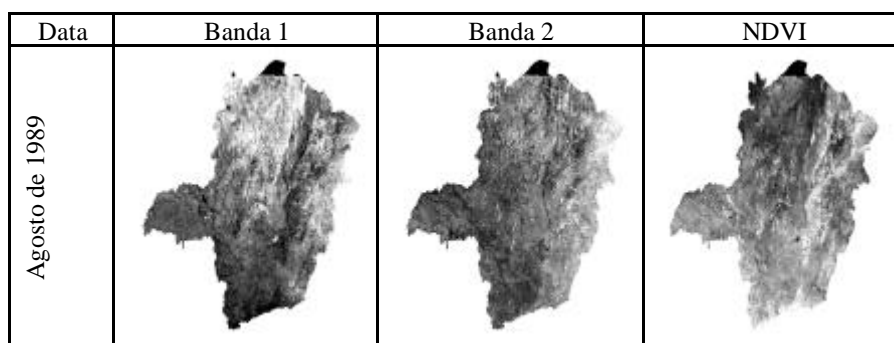


Figura 1 Mosaicos de imagens NOAA-AVHRR, livres de nuvens, nas bandas b1, b2 e NDVI

Calculou-se as estatísticas de amostras de diferentes áreas das regiões do cerrado, caatinga, floresta tropical e água pelo SPRING, a fim de verificar a variação das estatísticas nestas áreas, encontrando que de modo geral tem-se que o valor médio dos pixels da floresta tropical é 160, correspondente a uma área de vegetação de média densidade; o valor médio de pixels na região do cerrado é 152 demonstrando ter uma vegetação de média densidade; a caatinga possui valor médio de pixels 141 e uma vegetação de densidade baixa; finalmente as águas do estado de Minas possuem valor médio de pixel 126.

O mapa da cobertura de vegetação do estado de Minas Gerais foi feito atribuindo cores às faixas de pixel à imagem NDVI livre de nuvens, conforme explicado no item 3.9. O mapa de vegetação é mostrado na Figura 2.

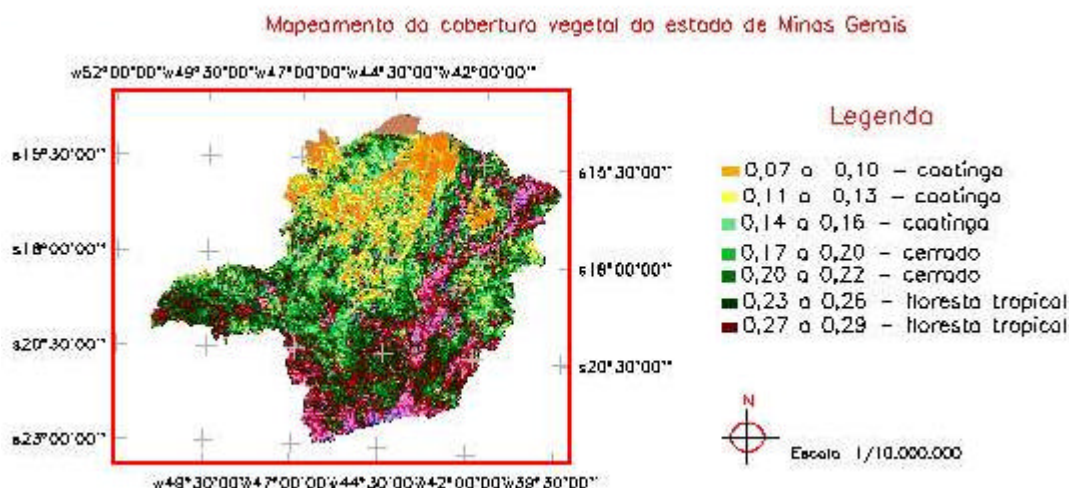


Figura 2. Cobertura vegetal do estado de Minas Gerais.

Pode-se estratificar o tipo de cobertura do mapeamento na figura 2, encontrando os componentes da cena através da análise das faixas dos valores do NDVI, representados pela coloração da imagem. Esta análise foi feita e é mostrada na tabela 1.

TABELA 1 – TIPO DE ALVO E PSEUDO-CORES ASSOCIADAS AOS CORRESPONDENTES INTERVALOS DE NDVI

Componente	NDVI	Pseudo-cores
Vegetação com alta densidade de folhas verdes	0,6 a 0,500	Azulão, azul marinho, azul escuro, preto e branco
Vegetação com média densidade de folhas verdes	0,49 a 0,140	Verde escuro, verde médio, marrom, vermelho, rosa escuro, rosa claro, lilás
Vegetação com baixa densidade de folhas verdes	0,13 a 0,090	Verde água, amarelo claro

Solo exposto	0,089 a 0,025	Amarelo escuro
Nuvens	0,024 a 0,002	Amarelo escuro
Água	0,0019 a -0,260	Laranja escuro

5.0 – Conclusão

Neste trabalho realizou-se o mapeamento do estado de Minas Gerais utilizando a técnica de composição de imagens pelo valor máximo de NDVI. Esta técnica mostrou ser eficiente, pois além de eliminar as nuvens de uma série de imagens do AVHRR multitemporais e multiespectrais, torna possível o mapeamento e identificação dos componentes de uma vasta área, pela associação de cores às faixas dos valores do NDVI.

Foram realizadas as estatísticas das imagens digitais, como meio de facilitar a análise de cada tipo de vegetação característica do estado de Minas Gerais. Finalmente, pode-se recomendar este tipo de técnica para se fazer o mapeamento contínuo do tipo de cobertura vegetal para todas as estações do ano, como forma de monitoramento da vegetação no estado.

Referências Bibliográficas:

Shimabukuro, Y. E.; Carvalho, V. C.; Rudorff, B. F. T. AVHRR Data Processing For the Mapping of Vegetation Cover, **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n° 3, p. 671-677, 1997.

Shimabukuro, Y. E.; Rodriguez Yi, J. L.; Carvalho, V. C. **Classificação e Monitoramento da Cobertura Vegetal do Estado do Mato Grosso através de Imagens AVHRR**, Relatório INPE, Abril de 1999.

Ehrlich, D., Estes, J. E.; Singh, A. Applications of AVHRR 1 km Data for Environmental Monitoring. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 1, p. 145-161, 1994.

Holben, B. N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 1417-1434, 1986.

Tucker, C. J. Red and Photographic infrared combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of environmental*, 8(1): 127-150, 1979.

Rodriguez Yi, J. L. **Classificação e Monitoramento da Cobertura Vegetal do Estado do Mato Grosso Através de Imagens AVHRR**, (INPE-6816-TDI/638). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998.