

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO AVHRR: MELHOR SIMPLIFICAR SEU CÁLCULO !

Alberto Setzer e Humberto A. Barbosa
Divisão de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
C.Postal 515 - 12.201-970 S. J. Campos, SP
e-mails: (asetzer, humberto) @ltid.inpe.br

Abstract.

This paper shows that the "Vegetation Index" derived from AVHRR images of the NOAA-series satellites can be calculated simply using the raw digital counts, without conversion to albedo or radiance values. Literature data were used to calculate the "Normalized Difference Vegetation Index" (NDVI) from raw AVHRR data, and the "Calibrated Vegetation Index" (CVI) derived from albedoes. The differences between the two methods were in the range of the image noise; they were also smaller than the effects caused by atmospheric interference in the image signals. Lighter image computer processing load results when raw data is used.

1. Introdução

Em 1982, a "National Oceanographic and Atmospheric Administration", ou NOAA, passou a produzir operacionalmente o produto conhecido como "Índice de Vegetação por Diferença Normalizada", o IVDN (NDVI em inglês) usando as imagens dos canais 1 (0,58 a 0,68 μm) e 2 (0,72 a 1,1 μm) das imagens do sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) dos satélites da série NOAA (Kidwell, 1990). O produto final, uma imagem-mosaico composta durante sete dias para minimizar cobertura de nuvens e ângulos exagerados de imageamento, foi definido pela relação $IVDN = (Ch2 - Ch1) / (Ch2 + Ch1)$, sendo Ch2 e Ch1 respectivamente os valores ("counts") indicados pelos sensores dos canais 1 e 2. Embora a quantização original dos dados AVHRR seja em 10 bits, ou 1024 níveis, para o IVDN é usada uma conversão para 8 bits, ou 256 níveis. Sua faixa de variação possível é de -1 a +1, embora na prática seja de -0,2 a +0,6.

A partir de 1990, a NOAA passou também a gerar o "Índice de Vegetação Calibrado", o IVC (CVI em inglês), dado por $IVC = (A2 - A1) / (A2 + A1)$, onde A2 e A1 são os valores de albedo referentes aos "pixel" dos canais 1 e 2 das imagens AVHRR. Estes albedos, por sua vez, são obtidos pelas equações $A1 = I1 + S1 * Ch1$ e $A2 = I2 + S2 * Ch2$, onde I1, I2, S1 e S2, são as constantes de calibração dos sensores medidas antes do lançamento do satélite (Kidwell, 1990) e relacionadas na Tabela 1. A conversão de albedos para radiancias também é dada por uma equação linear, $R = A * F / (100 * \pi * W)$, onde A é o albedo e F e W são constantes fixas para cada satélite NOAA e R, a radiancia, resulta em unidades de $W/m^2 - \mu\text{m} - \text{sr}$ (Kidwell, 1997).

Estes índices de vegetação passaram a ser aplicados mundialmente no estudo da fenologia da vegetação, em particular para regiões semi-áridas. As publicações decorrentes são inúmeras e, como referências gerais sobre o assunto, cabe citar Justice (1986), Kidwell (1990), Prince and Justice (1991), e Gutman e Ignatov (1995). No País, mais recentemente destaca-se o trabalho de França e Setzer (1998).

Nota-se entre usuários de índices de vegetação derivados do AVHRR a opção pelo IVC em relação ao IVDN. Muitos acham que o uso de albedo, uma medida porcentual da refletividade da superfície, faz mais sentido fisicamente que o de um número puro como o "count" dado diretamente pelo sensor. Outros, crêem que um dado é tanto mais confiável quanto mais processado e elaborado.

Neste trabalho mostramos, a partir de dados experimentais, que a preferência pelo IVC sobre o IVDN não se justifica. A principal consequência desta opção é a maior carga computacional no processamento de imagens.

2. Comparação entre IVDN e IVC e a validade da diferença

A Tabela 2 apresenta valores típicos de “counts” dos canais AVHRR 1 e 2 na escala de 0 a 1023 níveis extraídos de referências bibliográficas, assim como os valores de IVDN e IVC, calculados segundo as equações acima e as constantes da Tabela 1 para o satélite NOAA-14; para alguns casos, com os valores mais extremos, foram usados dados simulados. A tabela também apresenta a diferença entre os valores de IVDN e IVC para cada conjunto de dados. Os mesmos dados IVDN e IVC estão apresentados na Figura 1, para efeito de visualização.

Observa-se que na primeira coluna de “diferença”, as discrepâncias entre o IVDN e o IVC para casos típicos de vegetação estão na faixa de 0,02 a 0,08; para vegetação com deficiência hídrica, o objeto principal de estudos de índice de vegetação, a diferença é de cerca de 0,02.

Três aspectos devem ser considerados para determinar se uma diferença de 0,02, ou mesmo 0,08, é significativa em um valor de IVDN: acurácia da medida do sensor, modificações de processamento, e interferências diversas na aquisição dos dados.

Em primeiro lugar, considerando apenas o sensor AVHRR, teoricamente sua acurácia radiométrica é uma unidade de medida, ou um “count”, pois na quantização digital do sinal analógico da saída do sensor, são esperados desvios de um “count”. Desta forma, para valores como por exemplo no caso do ponto 18 da Tabela 2, de “count” 106 no canal 1 e “count” 230 no canal 2, são também válidos os pares 107 com 229, e 105 com 231. Calculando-se o IVDN com estas duas outras possibilidades, obtém-se 0,363 e 0,375, respectivamente, e a diferença entre estes valores é 0,012. Cálculo igual para outros tipos de vegetação da Tabela 2 resulta em valores próximos a este.

Adicionalmente, deve se considerar o tempo de resposta do sensor em relação à taxa com que seu sinal é amostrado. No sensor AVHRR, o sinal de cada canal é lido à taxa de 39.936 leituras por segundo. No caso de alvos radiometricamente irregulares, como no caso de superfícies terrestres, é esperado que o sinal do sensor não tenha tempo de se estabilizar entre uma leitura e outra. Nestas condições, um “píxel” está sempre afetado pelo sinal do “píxel” imediatamente anterior. O AVHRR não foi concebido para estudos de superfícies terrestres, mas sim de nuvens e oceanos onde existe uniformidade muito maior na continuidade dos sinais.

Complicando ainda mais este problema, existe coincidência parcial das áreas registradas em “pixel” consecutivos. Por exemplo, no nadir, os píxeis AVHRR têm resolução nominal de 1,1 km, mas a distância entre o centro de dois “pixels” consecutivos na mesma linha e seqüência de imageamento é 0,7 km (Setzer and Malingreau, 1996).

O resultado destas limitações de imageamento não estão quantificados, mas com toda certeza é de alguns “counts”; somado à variação de um “count” devido a acurácia, a incerteza do IVDN certamente passa a ser superior a 0,02.

O segundo aspecto relaciona-se com o processamento das imagens AVHRR em formato degradado para 8 bits, com escala de 256 “counts”, que é o padrão do IVDN e do IVC produzidos pela NOAA nos Estados Unidos (Kidwell, 1990), assim como por inúmeras outras instituições. A passagem de 10 para 8 bits costuma ser feita desprezando-se os dois bits menos significativos dos dados, ou simplesmente dividindo-se o valor do dado original por 4 e arredondando-se ou truncando-se o resultado. Nesta operação, considerando os 1024 “counts” da escala original, a acurácia dos dados passa a ser ± 4 “counts”, ou mesmo ± 5 , dependendo do método usado. No IVDN esta variação resulta em cerca de 0,04.

Quanto ao terceiro aspecto, devem ser consideradas interferências na radiação eletromagnética provenientes das superfícies imageadas, resultantes de variações da geometria orbital de imageamento e das propriedades atmosféricas. Por exemplo, França e Setzer (1998) mostraram que para uma mesma área de cerrados no sudoeste de Goiás, a variação nos “counts” dos canais 1 e 2 do AVHRR entre os dados de dois dias consecutivos pode ser de 5 “counts” em uma escala de 256, ou seja, 20 “counts” na escala de 1024. Como inexitem dados reais de perfis de aerossóis e de gases troposféricos que permitam a devida correção atmosférica das imagens AVHRR, tais variações são esperadas e estão presentes nas imagens-mosaico IVDN e IVC obtidas pela combinação de imagens de dias distintos para uma mesma área.

Em face dos três aspectos abordados acima, as pequenas diferenças existentes entre os valores IVDN e IVC mostradas na Tabela 2 são desprezíveis, e provam que os dados calculados por qualquer um dos dois modos têm a mesma validade.

Verificando-se a linearidade entre os valores de IVDN e IVC da Tabela 2 obteve-se $r^2=0,976$. Aplicando o método dos mínimos quadrados para os dados da Tabela 2 constatou-se que se os valores de count forem multiplicados por um fator 7, ou maior, o coeficiente de determinação r^2 passa a ser 1,0, com valores IVDN e IVC iguais. A conversão de “counts” dos canais 1 e 2 para albedos é feita com uma equação linear, sem qualquer ganho de informação. Assim, multiplicando-se por 7 ou mais o coeficiente angular nas equações $A_i=I_i+S_i*\text{Chi}$, onde i se refere ao canal 1 ou 2, IVDNs e IVCs tornam-se iguais, como também se vê na Figura 2; nesta situação, da mesma forma, não se estaria ganhando ou perdendo informação. Ao contrário dos números de Reynolds, Prandtl, Mach, e outros, IVDNs e IVCs são números adimensionais que dependem apenas de um parâmetro (radiação), e portanto não têm sentido fisicamente. A modificação das constantes nos seus cálculos é optativa.

3. Conclusões

Nos meios técnicos e científicos é comum a preferência por índices de vegetação obtidos das imagens dos canais 1 e 2 do sensor AVHRR dos satélites NOAA calculados com albedos e radiâncias ao invés dos dados brutos. Dos pontos de vista físico e matemático esta escolha não faz qualquer sentido, e apenas cria uma sofisticação aparente, além de obviamente, sem necessidade, exigir mais dos computadores que geram tais produtos.

4. Agradecimentos

A realização deste trabalho contou com o apoio do CNPq, através do processo 300557/97-3; agradecemos também a Marilene A.Silva pela revisão do texto.

Referências

- Holben, B.N., 1986. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *Int. J. Remote Sensing*, 7 (11): 1417-1434.
- França and Setzer, 1998. AVHRR temporal analysis of a savanna site in Brazil. *Int. J. Remote Sensing*, in press.
- Gutman, G. and Ignatov, A., 1995. Global land monitoring from AVHRR: potentials and limitations. *Int. J. Remote Sensing*, 16 (13): 2301-2309.
- Huete, A.R. and Tucker, C.J., 1991. Investigation of soil influences on AVHRR red and near infra-red vegetation index imagery. *Int. J. of Remote Sensing*, 12 (6): 223-242.
- Justice, 1986. Special Issue. *Int. J. Remote Sensing*, 7 (11).
- Kidwell, 1990. Global Vegetation Index User's Guide. USDS/NOAA/NESDIS. Washington, DC.
- Kidwell, 1997. NOAA Polar Orbiter Data User's Guide. USDS/NOAA/NESDIS. Washington, DC.
- Neckel, H. and Labs, D., 1984. The solar radiation between 3300-12500Å. *Sol. Phys.* 90(8): 205-208.
- Sanders, R.W., 1990. The determination of broad band surface albedo from AVHRR visible and near-infrared radiances. *Int.J. of Remote Sensing*, 11 (6): 49-67.
- Setzer, A.W. and Malingreau, J.P., 1996. AVHRR monitoring of vegetation fires in the tropics: towards a global product. In *Biomass Burning and Global Change*, ed.J.S.Levine, ch.3, MIT Press, pp.48-81.
- Setzer, A.W. and Verstraete, M. M. Fire and glint in AVHRR's channel 3: a possible reason for the non-saturation mystery. *Int. J. Remote Sensing*, 15 (3): 711-718.
- Prince, S.D. and Justice, C.O., 1991. Special Issue. *Int. J. Remote Sensing*, 12 (6).

Tabela 1. Constantes para equações de cálculo de albedo dos canais 1 e 2 do sensor AVHRR dos satélites NOAA vespertinos (Kidwell, 1997).

Satélite	S 1	I 1	S 2	I 2
TIROS-N	0,1071	-3,9000	0,1051	-3,5000
NOAA-7	0,1068	-3,4400	0,1069	-3,4880
NOAA-9	0,1063	-3,8464	0,1075	-3,8770
NOAA-11	0,0906	-3,7300	0,0900	-3,3900
NOAA-14	0,1081	-3,8648	0,1090	-3,6749

Tabela 2. Comparação entre IVDNs e IVCs para diversos alvos.

Pto.	Referência	Alvo	Can. 1 "count"	Can. 2 "count"	IVDN	IVC		IVC	
						s/ fator	diferença	c/fator 7	Diferença
1	simulação	-	265	113	-0.402	-0.483	-0.081	-0.409	-0.007
2	Neckel&L.1984	Nuvens/aeros	520	335	-0.216	-0.229	-0.013	-0.215	0.002
3	Setz.&V.,1994	Reflexo solar	265	212	-0.111	-0.121	-0.010	-0.109	0.002
4	Setz.&V.,1994	Reflexo solar	229	196	-0.078	-0.083	-0.005	-0.075	0.003
5	Setz.&V.,1994	Reflexo solar	1023	895	-0.067	-0.064	0.003	-0.063	0.004
6	Holben,1986	solo exposto	217	210	-0.016	-0.010	0.007	-0.012	0.004
7	Holben,1986	solo exposto	231	230	-0.002	0.007	0.009	0.003	0.005
8	Holben,1986	solo exposto	206	209	0.007	0.019	0.011	0.012	0.005
9	Holben,1986	solo exposto	246	290	0.082	0.103	0.021	0.088	0.006
10	Holben,1986	solo exposto	225	260	0.072	0.093	0.021	0.078	0.006
11	Holben,1986	solo exposto	232	272	0.079	0.101	0.021	0.086	0.006
12	Holben,1986	solo exposto	232	275	0.085	0.107	0.022	0.091	0.006
13	Holben,1986	vegetação	157	202	0.125	0.166	0.041	0.134	0.008
14	Huete&T.,1991	vegetação	130	168	0.128	0.179	0.052	0.137	0.009
15	Huete&T.,1991	vegetação	139	193	0.163	0.217	0.055	0.173	0.010
16	Holben,1986	vegetação	121	214	0.278	0.362	0.084	0.291	0.013
17	Huete&T.,1991	vegetação	108	200	0.299	0.398	0.099	0.313	0.015
18	Saunders,1990	vegetação	106	230	0.369	0.476	0.107	0.385	0.016
19	simulação	vegetação	121	363	0.500	0.591	0.091	0.514	0.014
20	simulação	vegetação	121	484	0.600	0.684	0.084	0.613	0.013
21	simulação	vegetação	121	686	0.700	0.771	0.070	0.711	0.011

Figura 1. Curvas de IVDN e IVC

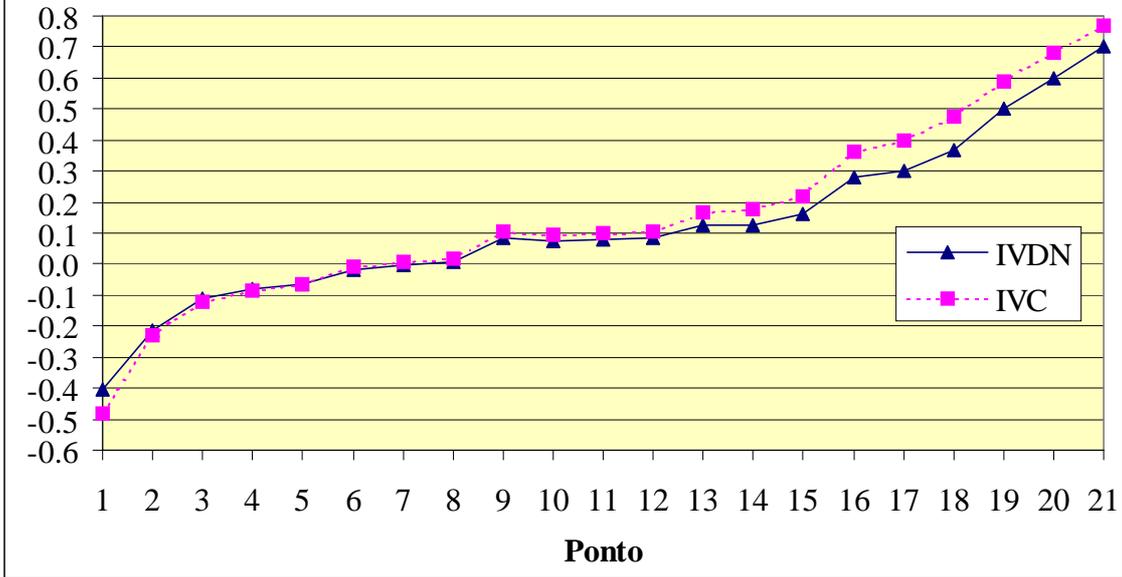


Figura 2. Curvas IVDN e IVC c/ fator 7

