

USO DO CONTRASTE PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CORREÇÃO  
ATMOSFÉRICA EM IMAGENS LANDSAT

L. A. V. Dias, A. E. C. Pereira e G. C. Neto

Instituto de Pesquisas Espaciais

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Caixa Postal 515, 12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

A presença da atmosfera terrestre prejudica a identificação dos alvos, podendo até mudar sua assinatura espectral a ponto de provocar uma identificação errônea. Foi desenvolvido no INPE um procedimento, baseado em parâmetros atmosféricos, para a correção atmosférica de imagens LANDSAT. A transmissão atmosférica é calculada a priori, no B6800, e a radiância da trajetória é por meio de tabelas, diretamente no sistema IMAGE-100. O objetivo deste trabalho é testar o uso do contraste na avaliação da melhora de qualidade de classificação das imagens. Como se sabe, o contraste  $C = (I_a - I_r) / (I_r + L_p/T)$  melhora quando  $L_p$ , a radiância da trajetória, diminui ou  $T$ , a transmitância atmosférica, aumenta ( $I_a$  e  $I_r$  são respectivamente a radiância do alvo e da redondeza dele). Foram utilizadas imagens LANDSAT do Vale do Paraíba, em dias em que se conheciam as propriedades atmosféricas por meio de radiossondagens de balões em Congonhas, São Paulo (SP), variando-se a concentração de aerossóis. Chegou-se ao seguinte resultado: o contraste melhora quando a concentração de aerossóis é próxima da esperada. Deve ser alertado que o contraste pode melhorar artificialmente; neste caso, sugere-se um segundo teste, utilizando-se mais de uma imagem da mesma cena, para eliminação da ambiguidade. Não podem ser utilizadas cenas que tenham sido modificados no tempo, como por exemplo, as de safras em diferentes estágios.

ABSTRACT

The presence of the terrestrial atmosphere may confuse the target classification, for it may change the spectral signature to the point of causing a wrong identification. A procedure was developed at INPE (Institute for Space Research), based on atmospheric parameters, for LANDSAT image atmospheric correction. The atmospheric transmittance is calculated off-line on a B-6800, and the path radiance calculation is done on-line, using table look-up, on the IMAGE-100 system. The objective of this paper is to report on tests for the use of contrast to evaluate atmospheric correction quality for image classification. It is known that the contrast  $C = (I_a - I_r) / (I_r + L_p/T)$  improves when  $L_p$ , the path radiance, decreases or  $T$ , the atmospheric transmittance, increases ( $I_a$  and  $I_r$  are, respectively the target radiance and that of its neighborhood). Paraíba Valley images were used, on days in which atmospheric conditions were known by means of radiosondes at Congonhas Airport, in São Paulo, SP, changing the aerosol concentrations. It was noted that the contrast improves when the aerosol concentration is near the estimated one. It should be emphasized that the contrast may improve artificially; in this case, a second test is suggested, using another image for the same scene to eliminate ambiguity. Scenes that have changed with time, such as those of crops on different stages, cannot be used.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas na correção atmosférica é o da avaliação da sua qualidade. Idealmente, deve-se corrigir uma imagem e comparar sua classificação com a classificação feita na imagem não-corrigida. Para uma classificação altamente confiável, é preciso

que se tenha uma verdade terrestre dispendiosa. Além disso, alguns dados de entrada do modelo atmosférico não são totalmente conhecidos, principalmente, no caso do Brasil, a concentração de aerossóis.

O sistema de correção atmosférica em uso no INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) é baseado na expressão

$$L = L_I T + L_P \quad (1)$$

onde

$L$  é a radiância medida pelo satélite LANDSAT,

$T$  é a transmitância atmosférica,

$L_P$  é a radiância de trajetória e

$L_I$  é a radiância intrínseca do alvo, que é o que se quer.

Os procedimentos usados para a correção atmosférica no INPE são descritos por Dias et alii (1981a, 1981b). A radiância de trajetória depende do albedo do terreno estimado visualmente, do ângulo zenital e da profundidade ótica de aerossóis,  $\Gamma_A$ . Um fator desconhecido, para o caso do Brasil, e de fundamental importância é o da estimação de  $\Gamma_A$ .

O presente trabalho propõe uma maneira de escolher o melhor valor para  $\Gamma_A$ , consistentemente avaliando-se a qualidade da correção atmosférica, sem que se dependa apenas da dispendiosa verdade terrestre.

## 2. MÉTODO UTILIZADO

O procedimento utilizado é bem simples. Escolhe-se uma imagem cuja transmitância atmosférica possa ser calculada pelo programa LOWTRAN-4 (Selby et alii, 1978) utilizando-se a opção de escolha de modelo atmosférico a partir de dados de radiossondagem. Calcula-se a radiância de trajetória para diferentes profundidades óticas de aerossóis. Faz-se a correção atmosférica para cada caso e determina-se o contraste para a imagem não corrigida e para as corrigidas, com diferentes  $\Gamma_A$ . Nota-se que o contraste melhora para as imagens corrigidas. A escolha da  $\Gamma_A$  recai naquela que produz o "melhor" contraste, sendo este definido como

$$C = \frac{I_a - I_r}{L_P + \frac{L}{T}}, \quad (2)$$

onde

$I_a$  e  $I_r$  são as radiâncias intrínsecas do alvo e da sua redondeza,

$L_P$  é a radiância de trajetória e

$T$  é a transmitância atmosférica.

Para a imagem não-corrigida,  $L_P = 0$ . As unidades de  $I_a$  e  $I_r$  são os números correspondentes ao nível de cinza (de 0 a 255). Para o cálculo de  $I_r$ , usam-se os 8 "pixels" em volta do "pixel" alvo.

## 3. TESTE COM IMAGEM

A fim de testar o método acima, usou-se uma imagem LANDSAT, canal 4 (0,5 a 0,6  $\mu$ m de banda de passagem), do dia 11/7/73. Escolheram-se quatro pontos de teste:

- ponto 1 - via Dutra, próxima a Taubaté;
- ponto 2 - cidade de Cruzeiro;
- ponto 3 - serra do Mar;
- ponto 4 - pista de pouso do INPE em Cachoeira Paulista.

Os valores dos "pixels" e suas redondezas para imagens não-corrigidas e com correção para  $\Gamma_A = 0,12$ ,  $\Gamma_A = 0,24$  e  $\Gamma_A = 0,48$  são apresentadas na Tabela 1.

Na Tabela 1 os "pixels" alvo estão sublinhados. A seguir, calcula-se o contraste para os quatro pontos (escolhidos ao acaso, representando diferentes situações: estrada, área urbana, área montanhosa e área de aeroporto não-pavimentado cercada de área verde), de acordo com a Equação 2. Escolheu-se a maior diferença entre o "pixel" alvo e sua redondeza. Os resultados estão na Tabela 2.

Na Tabela 2 usou-se para  $T$  o valor 0,4965, calculado pelo programa LOWTRAN-4 com os dados de radiossondagem do aeroporto de Congonhas, São Paulo, SP, para o dia 11 de julho de 1973.

## 4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta apenas um método para a avaliação da qualidade de uma correção atmosférica. Os autores reconhecem que ainda há muitos pontos onde aperfeiçoamentos podem ser feitos; há necessidade de mais testes, com número mais significativo de "pixels", e de técnicas estatísticas melhores para sua seleção. Porém, viu-se que este procedimento simples (portanto barato) indica que a melhora do contraste pode ser um dos parâmetros a ser usado no projeto de um sistema de avaliação de correção atmosférica.

Da Tabela 2, nota-se que o contraste médio dos quatro pontos foi melhor nas imagens corrigidas com um máximo em  $\Gamma_A = 0,24$  (que visualmente parecia ser o caso numa região industrial no inverno).

Como dito anteriormente, muito trabalho ainda deve ser feito para reduzir incertezas e melhorar a confiabilidade do método. O modelo de aerossol usado para o cálculo de  $T$  não foi modificado, o que deverá ser feito em estudos futuros. Apenas a radiância de trajetória teve seu valor alterado pelo valor da profundidade ótica do aerossol.

Outros parâmetros também influem; sua influência deve ser levada em conta, como o albedo do terreno, o ângulo zenital solar, os perfis de constituintes atmosféricos e os efeitos meteorológicos como a passagem de uma frente fria e/ou inversões de temperatura. O albedo pode ser estimado pelo tipo de terreno e o ângulo zenital solar é conhecido com precisão, porém os outros fatores devem ser mais bem entendidos.

Finalmente, deve-se ter em conta que o contraste pode ser melhorado artificialmente por meio de filtros, o que falsificaria os resultados aqui descritos; a sugestão para eliminar as ambiguidades é usar mais

de uma imagem da mesma cena. Cenas que se alteram com o tempo, como por exemplo plantações em diversos estágios diferentes, não podem ser usadas. A idéia de usar a mesma cena resulta em que o contraste ótimo deve permanecer constante, enquanto as modificações são atribuídas à atmosfera, ou seja, os valores dos "pixels", se não houvesse atmosfera, seriam os mesmos; se eles se alteram, é devido à atmosfera, uma vez que as condições de iluminação podem ser normalizados. As alterações de contraste são uma consequência natural da correção atmosférica; o inverso não é verdade, ou seja, melhorar o contraste não implica um efeito similar à correção atmosférica.

TABELA 1

VALORES DOS "PIXELS" ALVO E SUAS REDONDEZAS

PONTO	S/CORR.	C/CORR., $\Gamma_A = 0.12$	C/CORR., $\Gamma_A = 0.24$	C/CORR., $\Gamma_A = 0.48$
1. X1 = 2089 Y1 = 709 (Dutra)	18 21 21	41 48 48	45 53 53	51 60 60
	19 19 18	44 44 41	49 48 45	56 56 57
	20 20 18	45 45 42	50 50 47	57 57 53
2. X1 = 2280 Y1 = 410 (Cruzeiro)	25 17 27	58 61 62	64 68 69	72 76 78
	26 26 20	59 59 45	65 65 50	74 74 57
	22 24 19	51 54 43	55 60 48	64 68 54
3. X1 = 2699 Y1 = 562 (Serra)	12 10 12	27 24 28	30 27 32	35 31 36
	10 8 8	24 19 19	27 22 22	31 25 25
	11 11 11	26 26 26	28 29 29	33 33 33
4. X1 = 2273 Y1 = 565 (Pista)	21 28 30	41 64 69	54 72 78	61 81 89
	22 27 29	51 61 66	57 68 73	64 76 82
	18 16 29	48 33 67	49 48 74	53 47 83

TABELA 2

CONTRASTE MEDIDO ENTRE O "PIXEL" ALVO E O DE MAIOR DIFERENÇA EM SUA REDONDEZA

PONTO	S/CORR.	C/CORR. $\Gamma_A = 0,12$	C/CORR. $\Gamma_A = 0,24$	C/CORR. $\Gamma_A = 0,48$
1	9,52 E - 2	8,32 E - 2	9,42 E - 2	6,66 E - 2
2	1,88 E + 0	3,20 E + 0	2,81 E + 0	2,69 E + 0
3	1,00 E + 0	1,10 E + 0	1,19 E + 0	1,26 E + 0
4	1,45 E + 0	1,17 E - 1	2,39 E + 0	1,61 E + 0
MÉDIA DOS 4 PONTOS	1,1063	1,3883	1,6210	1,4066

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Sr. Nandamudi L. Vijaykumar e ao Instituto de Pesquisas Espaciais o apoio e encorajamento que tornou possível esta publicação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIAS, L.A.V.; PEREIRA, A.E.C.; CÂMARA-NETO, G. Algoritmo simplificado para cálculo de transferência radiativa em imagens de satélite. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2169-RPE/385). Apresentado na 33ª SBPC, Salvador, BA, julho, 1981a.

DIAS, L.A.V.; PEREIRA, A.E.C.; CÂMARA-NETO, G.; BENTANCOURT, J.J.V. Correção de efeitos atmosféricos em imagens de satélite. São José dos Campos, INPE, 1981, (INPE-2281-PRE/059). Submetida para publicação na Rev. Bras. de Mat. Aplicada e Computacional, 1981b.

SELBY, J.E.A.; KNEIZYS, F.X.; CHETWYND JR, J.H.; MCCLATECHEY, R.A. *Atmospheric transmittance/radiance: computer code LOWTRAN-4*. Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom AFB, MS, 1978. (AFGL-TR-78-0053).