

Processamento de imagens hiperespectrais do EO-1/Hyperion para o mapeamento de minerais de alteração hidrotermal na Patagônia Argentina

Diego Fernando Ducart¹
Alvaro Penteado Crósta¹
Carlos Roberto de Souza Filho¹

¹ Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Caixa Postal 6152 - 13083-970 - Campinas - SP, Brasil
ducart@ige.unicamp.br

Abstract. This paper describes the pre-processing and processing steps of hyperspectral Hyperion imagery to map alteration mineralogy at the Cerro La Mina prospect, Patagonia Argentina. Despite the relatively low signal-to-noise ratio of this sensor, and the type of noise inherent to the data (striping), a map showing the spatial distribution of the main alteration minerals (alunite, alunite + kaolinite, highly and poorly crystalline kaolinite, dickite and illite) was produced by using a hyperspectral classification method.

Palavras-chave: Hyperion image processing, hydrothermal alteration mapping, processamento de imagens Hyperion, mapeamento de alteração hidrotermal.

Imagens adquiridas pelo sensor Hyperion (Hyperspectral Imager) foram processadas com o objetivo de mapear os principais minerais de alteração do prospecto de Au epitermal de Cerro La Mina, na região de Los Menucos, Patagônia Argentina.

O Hyperion é atualmente o único sensor hiperespectral orbital em operação, com 242 bandas espectrais cobrindo o intervalo 400–2500 nm, das quais 218 bandas contêm dados e 196 são únicas em sua cobertura espectral (Pearlman et al., 2001). A largura de banda individual corresponde a 10 nm e a resolução espacial do sensor é de 30m. O Hyperion é um sensor de varredura que opera em uma órbita de 705 km (a mesma do Landsat e do ASTER) imageando 256 pixels, correspondentes a uma largura de faixa no terreno de 7,5 km. A relação sinal/ruído (SNR) desse sensor é relativamente baixa (nominalmente de cerca de 100:1), o que limita sobremaneira muitas das aplicações científicas dos dados gerados por esse sensor. Nos dados utilizados, foi observada SNR com cerca de metade dessa especificação nominal, com forte presença de ruído do tipo *striping* principalmente nas bandas do infravermelho de ondas curtas (SWIR).

O sensor Hyperion vem operando desde o final de 2000 a bordo da plataforma experimental da NASA “Earth Observing-1” (EO-1). O satélite EO-1 foi colocado em órbita como parte de uma missão com duração inicial prevista para um ano, com o objetivo de validar e demonstrar novas tecnologias de sensoriamento remoto, inclusive a de sensoriamento hiperespectral, ou espectroscopia de imageamento. Depois que esse período inicial foi completado com sucesso, a comunidade científica e de usuários do sensoriamento remoto expressaram alto interesse na continuidade do programa. Conseqüentemente, foi logrado um acordo entre a NASA e o USGS para permitir a continuidade do programa EO-1, como uma “Missão Estendida”. Por esse motivo, dados da missão EO-1 continuam a ser adquiridos até o presente, o que possibilitou o imageamento da área de Los Menucos.

A imagem processada foi a “EO1H2300882006020110PY_Hyp”, adquirida no dia 20/01/2006, com uma cobertura de nuvens do 10%, localizadas fora da área do prospecto Cerro La Mina.

As etapas de pré-processamento, necessárias à preparação dos dados para a classificação hiperespectral, foram as seguintes:

a) conversão dos dados Hyperion nível 1 no formato HDF para o formato padrão do ENVI, utilizando o módulo "ENVI_Import_Hyperion.pro", disponível gratuitamente em www.itvis.com. Este módulo também define os intervalos nominais de comprimentos de onda das bandas, por meio do *full-width half-maximum* (FWHM) e também as bandas sem dados, bem como oferece a opção de reparar áreas de dados defeituosos usando uma técnica de interpolação.

b) correção atmosférica utilizando o modo "1.5pb" do programa ACORN (*Atmospheric Correction Now*), que foi desenhado para correções de imagens de sensores tipo *pushbroom* com variação na calibração espectral *crosstrack*, como é o caso do Hyperion (ACORN 5.0, User's Manual). Alguns dos parâmetros utilizados na correção foram: modelo atmosférico ML Summer, vapor de água derivado da banda localizada em 1.140 nm e supressão de artefatos de tipo 1, 2 e 3.

c) aplicação do modo 2 do ACORN para a correção de erros residuais na correção atmosférica devido tanto à calibração dos dados como à modelagem atmosférica; para tanto, o ACORN utiliza um espectro extraído dos próprios dados corrigidos atmosféricamente, em conjunto com um espectro obtido em campo. Neste caso foi utilizado um espectro com o espectro-radiômetro FieldSpec Pro. de uma amostra de rocha com intensa alteração caulinitica.

A imagem resultante, com 158 bandas, apresenta efeitos que são relacionados ao tipo de tecnologia de varredura (*pushbroom*) utilizada pelo Hyperion (**Figura 1A**). Estes sensores de varredura geram imagens onde cada coluna numa banda corresponde a um único detector. Quando estes detectores não estão bem calibrados, tanto no espectrômetro do VNIR como do SWIR, aparecerão listras verticais ou "*stripes*" na banda da imagem resultante. Este *striping* não significa que os pixels apresentam valores defeituosos, mas sim que possuem valores de ganho (*gain*) e de compensações (*offset*) diferentes. Somente nos casos mais extremos este problema se apresenta como pixels defeituosos ("*bad*" pixels).

O *striping* representa um obstáculo para as etapas posteriores do processamento dos dados, produzindo um tipo de ruído que se torna evidente quando são aplicadas técnicas tais como razão de bandas, análise por principais componentes ou também MNF (*minimum noise fraction*). A correção deste problema, também chamada *destriping*, deveria ser aplicada anteriormente à correção atmosférica. Existem alguns métodos descritos na bibliografia que aparentemente corrigiriam este problema, mas sua aplicação não é trivial (Jupp e Bisun, 2001; Datt et al., 2003; Goodenough et al., 2003; Kruse et al., 2003).

Apesar desse problema mencionado, foi aplicado o método de classificação hiperespectral *Spectral Angle Mapper* (SAM) com resultados algo satisfatórios. Foram utilizadas somente as bandas do infravermelho de ondas curtas do Hyperion, entre 1.991,96 nm e 2.355,21 nm. Os melhores resultados foram obtidos com espectros derivados da própria imagem e que foram comparados com espectros de campo nos mesmos pontos geográficos. Foi possível identificar satisfatoriamente alguns minerais de alteração hidrotermal, tais como alunita, alunita+caulinita, caulinita de alta e baixa cristalinidade, dickita e ilita (**Figura 1B e C**). Não foram aplicados outros métodos de classificação hiperspectral mais robustos, tais como *Mixture Tuned Matched Filtering* (MTMF), devido ao problema do *striping*.

Apesar dos resultados relativamente satisfatórios obtidos neste trabalho no mapeamento de minerais de alteração, existem ainda vários problemas por solucionar com relação aos dados Hyperion. Existe carência de literatura referente aos métodos de correção destes problemas, assim como fóruns internacionais de discussão referentes ao aproveitamento dos dados deste importante sensor hiperspectral.

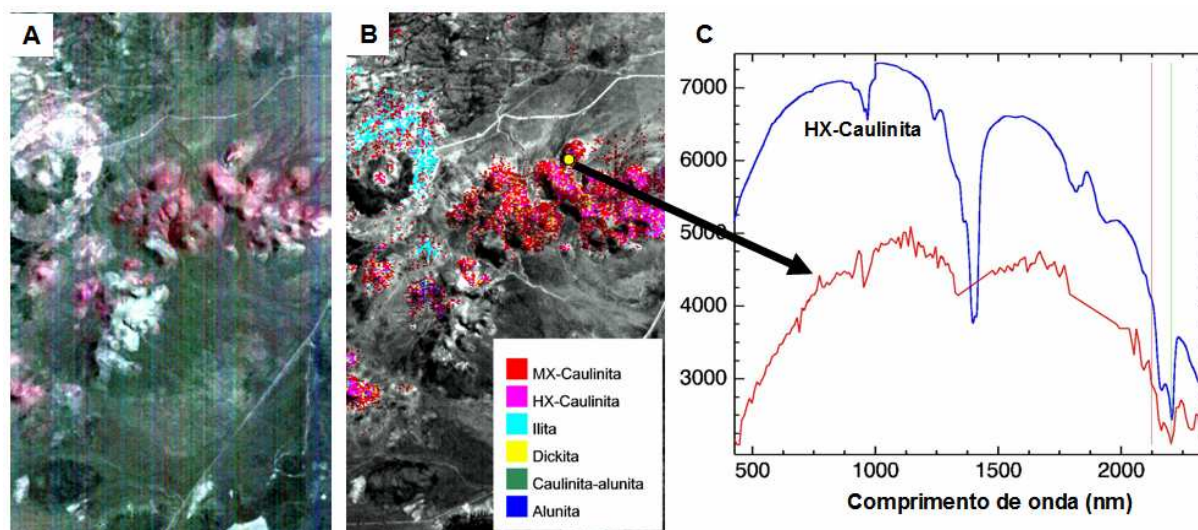


Figura 1: **A.** Composição colorida RGB com as bandas 130, 139 e 151, correspondentes aos comprimentos de onda 2072,65nm, 2163,43nm, 2284,52nm, respectivamente. Nota-se o importante problema das faixas verticais (*striping*) principalmente nestas bandas do SWIR. **B.** Resultado (em cores) do mapeamento mineral utilizando o método SAM nas bandas do SWIR. Como fundo, colocou-se a banda 22 (640,50nm), na qual pode-se observar a ausência do *striping*. **C.** Espectro de reflectancia obtido da imagem Hyperion corrigida atmosféricamente (vermelho) comparado com o espectro de campo do mesmo ponto geográfico (azul) e que corresponde a caulinita de alta cristalinidade. Nota-se a presença de artefactos ou ruído em alguns setores do espectro da imagem.

Referências

ACORN 5.0, *User's Manual*. ImSpec LLC. 2004. 122 p.

Datt, B., McVicar, T.R., Van Niel, T.G., Jupp, D.L.B., Pearlman, J.S. Preprocessing EO-1 Hyperion Hyperspectral Data to Support the Application of Agricultural Indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 6, p. 1246-1259, 2003.

Goodenough, D.G., Dyk, A., Niemann, K.O., Pearlman, J.S., Chen, H., Han, T., Murdoch, M., West, C. Processing Hyperion and ALI for Forest Classification. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 6, p. 1321-1331, 2003.

Jupp, D.L.B., Bisun, D. **Evaluation of Hyperion Performance at Australian Hyperspectral Calibration and Validation Sites (NRA-99-0ES-01)**. 2001. Disponível em: <http://www.cossa.csiro.au/hswwww/oz_pi/ozpi.htm>. Acesso em: 06 de nov. 2006.

Kruse, F.A., Boardman, J.W., Huntington J.F. Comparison of Airborne Hyperspectral Data and EO-1 Hyperion for Mineral Mapping. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 6, p. 1388-1400, 2003.

Pearlman, J.; Carman, S.; Segal, C.; Jarecke, P.; Barry, P.; Browne, W. Overview of the Hyperion Imaging Spectrometer for the NASA EO-1 mission. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '01, IEEE 2001 International, 2001. **Anais** vol. 7, p. 3036-3038. ISBN: 0-7803-7031-7.