

# O POTENCIAL DAS IMAGENS HIPERSPECTRAIS

Mestrando Mauro José Alixandrini Jr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Florianópolis/SC  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – ECV  
Mestrado em Cadastro Técnico Multifinalitário  
alixandrini@web.de

**Resumo:** A tecnologia das imagens hiperspectrais, permitem avaliar e monitorizar contaminação em diferentes ambientes, a um custo muitas vezes menos dispendioso. No Brasil a literatura disponível sobre o tema é um tanto escassa. Este artigo tem como objetivo apresentar uma revisão de literatura sobre a utilização das imagens hiperspectrais, descrevendo as atuais possibilidades dessa ferramentas nas mais diversas áreas de atuação.

**Palavras-chaves:** Hiperspectral imagem, Sensoriamento Remoto

**Abstract:** The technology of hyperspectral images, allow evaluate different contamination in different environments, with one price, many times not so expansive. In Brazil, the literature about this subject is vary scarce. This paper have for objective to show a revision of literature about hyperspectral images, about this tools in many different areas.

**Key-words:** Hyperspectral image, Remote Sensing

## 1. Introdução

Atualmente, a gestão responsável do ambiente terrestre é uma preocupação permanente. Uma gestão ambiental completa evita custos elevados de remediação, que freqüentemente ficam a cargo dos fundos públicos. Compreender e monitorizar possíveis processos de alteração do ambiente é um grande interesse de uma vasta comunidade, incluindo agências e órgãos governamentais, indústrias e grupos ambientais. Esta é uma grande justificativa para a abordagem desta tecnologia, as imagens hiperspectrais permitem avaliar e monitorizar diferentes tipos de contaminação em diferentes ambientes, a um custo muitas vezes menos dispendioso.

Os dados Hiperspectrais tem sido usados segundo KRUSE et al, (1998 p.1-2) para mapeamento de materiais superficiais a mais de 15 anos em:

- Geologia;
- Constituição de gases;
- Vegetação;
- Neve e gelo;
- Materiais dissolvidos e suspensos em lagos e outros corpos de água;
- Qualidade da água;
- Meio ambiente costeiro.

Através da espectroscopia de laboratório podem ser discriminados diferentes componentes da matéria a partir da análise dos espectros resultados de sua interação com a energia incidente. O mesmo princípio se aplica ao imageamento hiperspectral: para cada pixel do terreno, podem ser obtidos espectros de energia refletida ou emitida. A análise desses espectros e a comparação de suas feições com bibliotecas espectrais possibilita diagnosticar e investigar sobre as propriedades dos objetos presentes numa dada cena.

O principal impedimento da maior difusão do uso desses dados estava até recentemente na disponibilidade dos dados. A NASA com o programa AVIRIS (Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer) forneceu um volume considerável de dados para a comunidade científica, mas muito pouco se desenvolveu quanto ao seu uso comercial. Existe também uma primeira geração de sistemas disponibilizados comercialmente (CASI, DAIS, TRWSIII, Probe-1), eles todavia, foram disponíveis para um

seleto grupo de investigadores, operando em limitados comprimentos de onda ou não demonstrado uma verdadeira viabilidade comercial. Com o desenvolvimento de novos sistemas privados tem-se ampliado em muito as possibilidades do uso do imageamento hiperspectral.

## 2. Sensor Hiperspectral

Os sensores hiperspectrais são caracterizados pela alta resolução espectral contínua numa gama vasta do espectro electromagnético.

Um espectrometro imageador, é formado basicamente pelos seguintes componentes:

- espelho oscilatório para 'varrer' ou 'escanear' a superfície da terra;
- um sistema de lentes (objetiva) para focalizar a radiação proveniente da superfície;
- espectrômetros responsáveis pela dispersão da radiação em diferentes comprimentos de onda, uma matriz de detetores responsável pela detecção da radiação incidente de cada ponto do terreno e cada intervalo de comprimento de onda;
- um sistema de calibragem responsável pela estabilidade da qualidade radiométrica e espectral dos dados durante a aquisição;
- uma plataforma de estabilização, que registra informação sobre a geometria;
- um sistema de posicionamento diferencial, responsável pela correção posicional.

Atualmente, a maioria dos sistemas sensores hiperspectrais operam sob plataformas aéreas, todavia, existe a chance de, em um curto espaço de tempo, poder se utilizar mais satélites com sensores hiperspectrais.

Os Japoneses e o Governo Norte Americano desenvolvem juntos um avançado sistema de plataforma espacial (ASTER) Este instrumento coleta dados no infra vermelho próximo e média, bem como 5 bandas no termal. O mais importante deste instrumento é alcançar um melhor entendimento das interações entre a biosfera, hidrosfera, litosfera e atmosfera.

**Tabela 1 – Sensores Hiperspectrais**

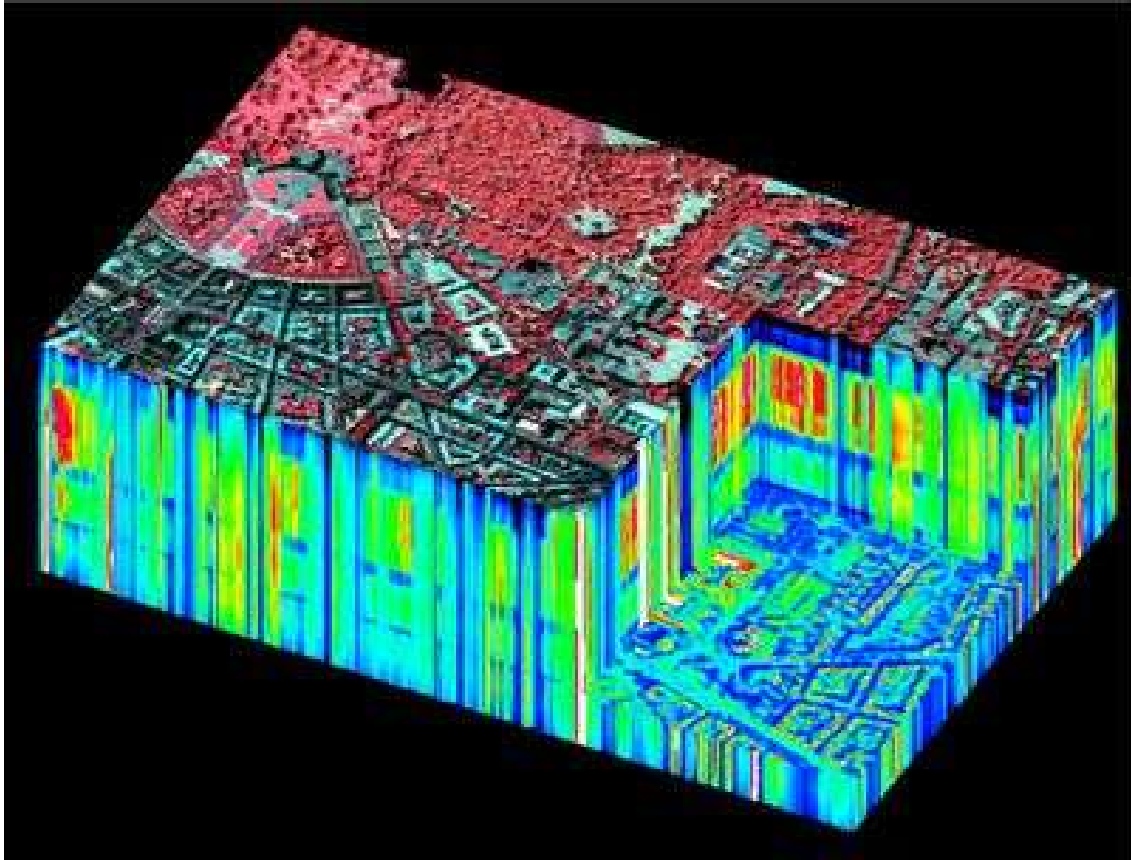
Nome	Região do espectro (µm)	Numero de bandas	Largura das bandas (nm)	Resolução (mrad)	Abertura (graus)	Desenvolvimento	Ano
MAIS	0,44-11,8	71	20/600	3	90	SITP, China	1991
PHI	0,4-1,0	244	5	1,5	21	SITP, China	1997
OMIS	0,4-12,5	128	10/60/15/500	1,5	70	SITP, China	1999
AVIRIS	0,38-2,5	224	10	1	30	JPL, USA	1987
GERIS	0,4-2,5	63	25/120/16	2,5	90	GER Corp. USA	1986
CASI	0,4-1,0	288	2,9	1	35	ITRES Research, Canada	1989
MAVIS	0,43-12,7	102	20/50/400	2	70	Daedalus Enterprise Inc., USA	1993
HyMap	0,45-2,48	126	15/15/1/17	2,0/2,5	61,3	Integrated Spec-tronics, Australia	1997
AHS-160	0,45-13	160	25/16,7/12,5/ 8,3/ 6,25	2,5/1,25	90	SenSyTech, USA	2002

Fonte: Zhang et al, 2000(p.605). Adaptado por Alixandrini

## 3. Imagem Hiperspectral

Este tipo de imagens devido a sua complexidade e o grande volume de dados exigem software adequado para a sua análise, com algoritmos mais apropriados, uma vez que permitem o mapeamento a nível mineralógico e/ou químico.

As altas resoluções espectrais e espaciais dos dados Hyperspectrais geram um grande potencial para identificação de diferentes tipos de superfícies baseada nas suas características das reflectâncias espectrais específicas, a figura 1 mostra um tipo de visualização de dados onde é mostrada a complexidade de uma imagem hiperspectral. Esses dados contém potencialmente mais informação que os dados multispectrais devido a sua alta dimensionalidade (Roessner et al, 1998).



**Figura 1:** Visualização Cubica 3D de uma Imagem Hiperspectrais, (Karlsruhe/Alemanha)Fonte: IPF Intitut für Photogrammetrie und Fernerkundung

#### 4. Técnicas de Processamento

As técnicas mais comuns de processamento são:

Análise de pixels puros;  
Redes neurais.

Os dados hiperspectrais precisam ser reduzidos. Para isso, pode-se utilizar a transformação MNF (*Minimum Noise Fraction*). Análise dos componentes principais (PCA) também é uma alternativa. Então os dados espaciais comprimidos e seus pixels puros selecionados usando o PPI. Primeiramente, os pixels puros são extraídos, suas ocorrências e suas abundâncias podem ser mapeadas por pixel baseando-se na MTMF (*Mixture-Tuned Matched Filtering*)

##### 4.1 Correção Atmosférica

Especialmente quantidades de vapor d'água diminuem com a elevação dos terrenos, então diferentes transmitâncias requerem cálculo do coeficiente de absorção do vapor d'água para diferentes elevações. Um método foi desenvolvido pela Universidade do Colorado (Gao et al, 1991), onde as bandas de absorção do vapor d'água são usadas para definir a concentração separando de cada pixel, para dar a cada um a própria correlação da absorção. A elevação do modelo da terra torna-se desnecessário.

Se os parâmetros atmosféricos tal como distribuição da humidade, distúrbios de densidade, etc., e o MDT é conhecido, softwares como o ACORN e ATRCOR podem ser usados. O ATREM (Programa para

remoção da Atmosfera) é usado para modelagens atmosféricas e de reflectância da superfície dos dados CASI (Jacobsen et al, 2000). TREM tem sido usado em correções de dados Hymap.

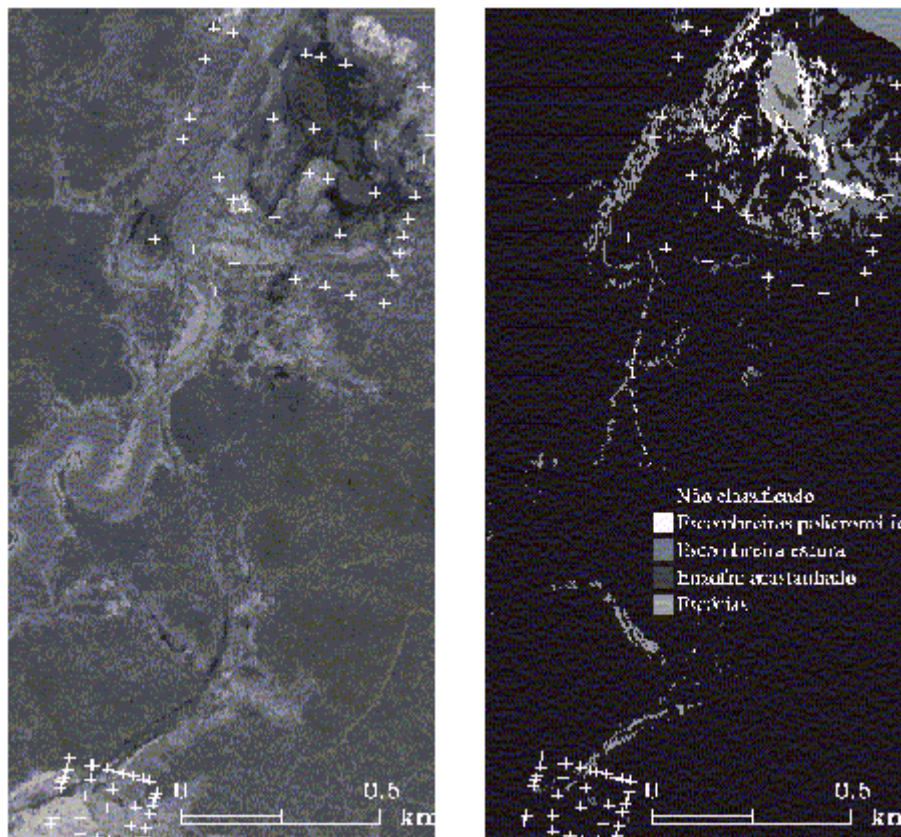
#### 4.2 FRM

Fração de Ruído Mínimo (*FRM, Minimum Noise Fraction-MNF*). Este método permite a redução da dimensionalidade das imagens, minimizando e/ou anulando o ruído nos dados e reduzindo os requisitos computacionais para o processamento subsequente (Boardman & Kruse, 1994). consiste essencialmente na aplicação de duas transformações de Análise em Componentes Principais (ACP), das quais a primeira é baseada na matriz de covariância do ruído estimado e a segunda utiliza os dados minimizados da fração de ruído. O resultado é a obtenção de imagens nítidas e sem ruído, correspondentes a vectores próprios elevados, resultantes da eliminação de bandas espectrais com ruído predominante e vectores próprios baixos.

#### 4.3 MAE

O Mapeamento de Ângulo Espectral (*MAE, Spectral Angle Mapper-SAM*), é um dos algoritmos possíveis de classificação de imagens e consiste na determinação da semelhança entre dois espectros de origem distinta. Este algoritmo considera os dois espectros como dois vectores no espaço com dimensão igual ao número de bandas (Kruse *et al.*, 1993, Boardman, 1992). Os espectros de referência ou termos extremos, por exemplo medições espectro-radiométricas de campo, são comparados com as assinaturas espectrais de cada pixel da imagem aérea e classificados consoante o seu grau de similitude. Ângulos pequenos representam semelhanças maiores com o termo extremo de referência, enquanto que pixels que não são abrangidos pelo ângulo limite especificado não são classificados.

A Figura 3 ilustra o mapeamento resultante da aplicação deste algoritmo para a zona da Achada do Gamo. Foram utilizados como espectros de referência medições espectro-radiométricas de campo (realizadas pelo BGR) relativas a diferentes tipos de escórias e escomboreiras.



**Figura 2:** a) Fração do ruído mínimo de uma área mineira as margens do Rib. S. Domingos em escala de cinza, com os pontos de amostragem, evidenciando o potencial de discriminação neste tipo de imagens. b) Mapeamento de Ângulo Espectral, utilizando medições espectro-radiométricas de campo.

Extraída de QUENTAL [SD]

#### 4.4 PPI (Pixel-Purity-Index)

É uma técnica de redução espacial dos dados, separando pixels espectralmente puros e misturados reduzindo o número de pixels analisados para a determinação dos chamados *endmembers* ou pixels puros, facilitando então, a identificação dos mesmos.

O *Pixel-Purity-Index TM* (PPI TM) é uma média dos pixels encontrados mais espectralmente puros ou extremos, numa imagem espectral, isto é demonstrado em Boardman et al. (1995). Os pixels mais espectralmente puros comumente correspondem a mistura dos demais pixels.

O PPI é calculado através do seu espalhamento numa projeção de n-dimensões frente a um vetor unitário aleatório, n é o número de bandas da imagem. Os pixels puros em cada projeção são registrados e o número total de vezes que cada pixel é marcado. Uma PPI imagem é criada se cada pixel corresponde ao número de vezes que este é gravado como puro.

#### 4.5 Geoestatística

São utilizados algoritmos de geoestatística multivariada (cokrigagem, krigagem com deriva externa e krigagens da indicatriz) que permitam integrar dados, nomeadamente concentrações químicas, medidos em amostras pontuais de solo com a informação das imagens hiperespectrais da totalidade das áreas em estudo.

O resultado deste estudo será a caracterização da concentração dos poluentes estudados para os diferentes níveis de contaminação, a quantificação das zonas de incerteza associadas e a localização espacial dos respectivos valores extremos de contaminação - fatores estes de primordial importância numa fase posterior de reavaliação e remediação dos terrenos.

#### 5. Conclusão

O Sensoriamento Remoto Hiperspectral adiciona-se a uma série de ferramentas as quais os pesquisadores podem utilizar atualmente. O campo tem crescido nos últimos anos abrindo novos caminhos para a análise e pesquisa. O desenvolvimento de sensores com tecnologias mais robustas é a entrada de recursos e interesses civis é o principal motivo deste crescimento.

Esta tecnologia está tendo um imenso impacto em muitos campos devido ao volume de dados que essas imagens são capazes de conter as possibilidades de análise da superfície da terra em muitos campos ainda é pesquisada.

#### 6. Referências Bibliográficas

**Boardman J. W., and Kruse, F. A.,** *Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada:* in Proceedings, Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, 1994, p.407.

**Boardman, J. W., Kruse, F. A., and Green, R. O.,** *Mapping target signatures via partial un-mixing of AVIRIS data:* in Summaries, Fifth JPL Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication 95-1, v. 1, 1995, p. 23-26.

**Cocks T., R. Jenssen, A. Stewart, I. Wilson, and T. Shields,** *The HyMap Airborne Hyperspectral Sensor: The System, Calibration and Performance. Proc. 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy* (M. Schaepman, D. Schläpfer, and K.I. Itten, Eds.), 6-8 October 1998, Zurich, EARSeL, Paris:1998.

**CSSES Atmosphere REMoval Program (ATREM) User's Guide,** Version 3.1, Center for the Study of Earth from Space, Boulder, Colorado, 31 p. 1999.

**Gao, B., Goetz, A.F.H. and Zamudio, J.A.,** *Retrievals of surface reflectances from AVIRIS data.* Proceedings of the 1991 International Geoscience and Remote sensing symposium, Espoo: 1991, Vol. II. pp. 669-672.

**Jacobsen, A., Heidebrecht, K.B., and Goetz, A.** *Assessing the quality of the radiometric and spectral*

*calibration of casi data and retrieval of surface reflectance factors*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 66, No. 9, September 2000. p.1083.

**Kruse, F. A., J. W. Boardman, A. B. Lefkoff, J. M. Young, K.S. Kierein-Young.** *Hymap\*: an Australian Hyperspectral Sensor Solving Global Problems – Results from USA Hymap Data Acquisitions*. Workshop on Imaging Spectroscopy, Zurich, October 1998.

**Kruse, F. A., Lefkoff, A. B., and Dietz, J. B.,** *Expert System-Based Mineral Mapping in northern Death Valley, California/Nevada using the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)*: Remote Sensing of Environment, Special issue on AVIRIS, May-June 1993, v. 44, p. 309.

**Quental, L.; et all.** *Imagens hiperespectrais para avaliação e monitorização ambiental em áreas mineiras: resultados preliminares do projecto MINEO na mina de São Domingos, Alentejo*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa: [S.D.]

**Roessner, S., Segl, K., Heiden, U., Munier, K. and Kaufmann, H.,** *Application of hyperspectral DAIS data for differentiation of urban surface in the city of Dresden, Germany*. In: 1st EARSel Workshop on Imaging Spectroscopy, Zuerich, 1998.pp. 463-472.

**Tong, Q., Zheng, L. and Xue, Y.** *Development and application of hyperspectral imaging in China*. EARSel, Zuerich, 1998.p. 14

**Zhang, B., Wang, X., Liu, J., Zheng, L., Tong, Q.** *Hyperspectral Image processing and analysis system (HIPAS) and its applications*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 66, No. 5, 2000. pp. 605-609.