

# Sistema de imageamento hiperespectral de alta resolução embarcado em plataforma aérea de baixo custo

Luciano Mousinho Rodrigues<sup>1</sup>  
Marcos Ribeiro Resende<sup>1</sup>  
Antonio Pedro Timoszczuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fundação Aplicações de Tecnologias Críticas - Atech  
Rua do Rocio, 313, 11º Andar - São Paulo - SP, Brasil  
{lrodrigues, mresende, antoniop}@atech.br

**Abstract.** This paper presents a new remote sensing system that is being developed in Brazil by the Atech Foundation, which comprises a high resolution near-infrared hyperspectral imaging system installed in a small motorglider named Ximango, with remote control capabilities and image downlink transmission through an RF datalink system. This system is being implemented under the Low Cost Aerial Monitoring System project, conducted by Atech, and is aimed at providing public and private entities with surveillance, monitoring and aerial reconnaissance capabilities. The applications of this type of technology range from forest health and crop vigor assessments to urban and defense monitoring, among many others. The technical characteristics of the sensor and its main applications are outlined in this document.

**Palavras-chave:** hyperspectral imagery, spectral signatures, high resolution images, low cost aerial monitoring, imageamento hiperespectral, assinaturas espectrais, imagens de alta resolução, monitoramento aéreo de baixo custo.

## 1. Introdução

O levantamento de dados por meio de aeronaves dotadas de sensores é uma solução cada vez mais comum para as mais diversas aplicações nas áreas de monitoramento e vigilância. No mercado nacional as soluções disponíveis comercialmente compreendem primariamente sensores do tipo câmera fotográfica. Os altos custos de aquisição e as limitações dessa tecnologia abriram o espaço para que outros tipos de solução pudessem ser exploradas no âmbito nacional.

O projeto do Sistema de Monitoramento Aéreo de Baixo Custo (SMABC), foi concebido com o intuito de suprir essa lacuna e disponibilizar para diversas áreas e organizações do país um sistema de monitoração aérea de baixo custo de aquisição, dotado de um sensor de tecnologia hiperespectral de alta resolução. Esse tipo de sensor, que até então não era disponível comercialmente no Brasil, pode ser aplicado nas áreas de monitoramento ambiental, engenharia florestal, agricultura, hidrologia, levantamento do uso da terra, planejamento urbano, entre diversas outras. Espera-se que, com a introdução da tecnologia hiperespectral, e a decorrente ampliação do leque de aplicações disponibilizadas aos usuários dos serviços de aerolevanteamento, diversos segmentos despertem o interesse no uso desse sistema como uma valiosa ferramenta para gestão da informação geoespacial.

## 2. Projeto SMABC

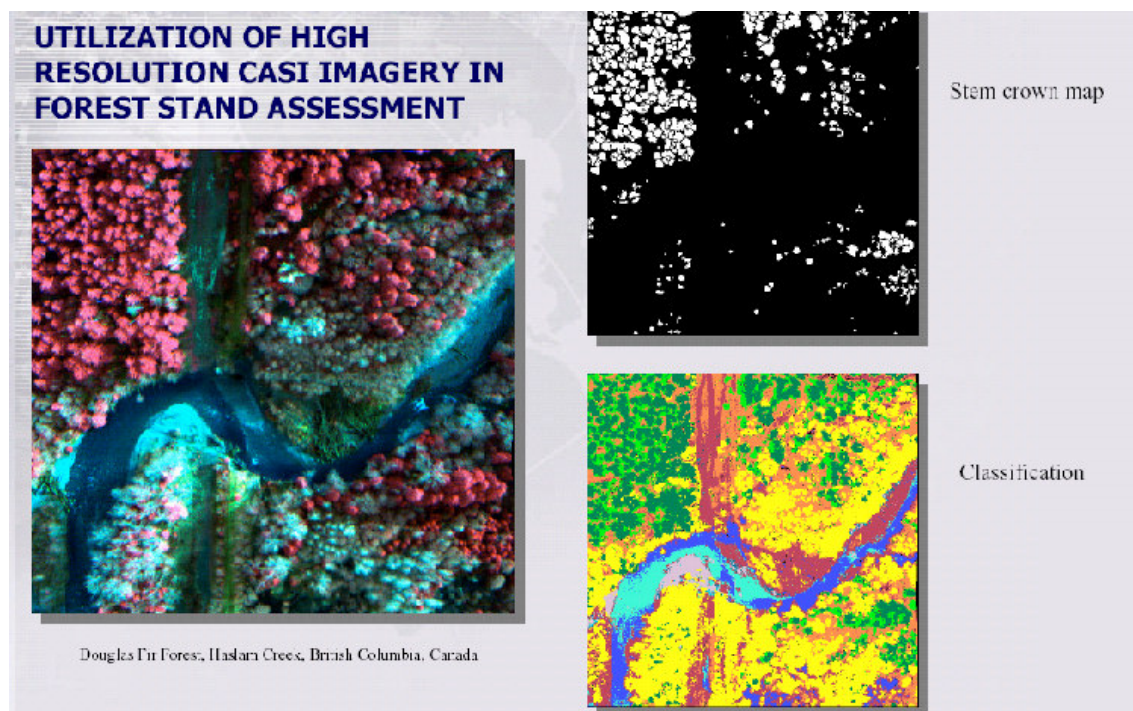
O Projeto SMABC, conduzido pela Fundação Atech, compreende um sistema de baixo custo operacional, capaz de executar missões de monitoramento, vigilância e reconhecimento aéreo. É composto por um segmento aéreo, o qual é responsável pela execução do aerolevanteamento, e um segmento terrestre móvel com capacidade de processamento de imagens. Um sistema *datalink* faz a comunicação entre os dois segmentos, o que permite a troca de mensagens e

comandos entre os mesmos e a transmissão das imagens coletadas pelo segmento aéreo para o segmento terrestre.

### 3. Aplicações da tecnologia hiperespectral

Os sensores hiperespectrais já têm sido estudados há vários anos pela comunidade científica, e existem diversos trabalhos que utilizam dados desses sensores em âmbito nacional e internacional, onde o uso desse tipo de instrumento possibilitou a extração de informações valiosas para aplicações em inúmeros campos do conhecimento.

Uma das experiências bem-sucedidas na aplicação da tecnologia hiperespectral consistiu na avaliação do estado de saúde da vegetação em uma área florestal. Utilizando uma imagem hiperespectral VNIR foi possível analisar as respostas espectrais da folhagem das copas das árvores e classificar automaticamente o estado de saúde da vegetação em quatro níveis: saudável, levemente, moderadamente e gravemente doente (Itres, 2006). Ainda na área florestal uma outra aplicação bastante promissora consistiu no inventário de florestas, onde foi contado o número de troncos de árvores de uma determinada área e identificada sua espécie. Devido às altas resoluções espacial e espectral do sensor adquirido para o Projeto SMABC, esse tipo de identificação torna-se viável na maioria dos casos. Na **Figura 1**, pode ser observado um exemplo desse tipo de mapeamento utilizando imagens hiperespectrais de alta resolução, onde foi realizada a classificação das espécies de vegetação e a identificação das copas individuais de cada tronco de árvore.



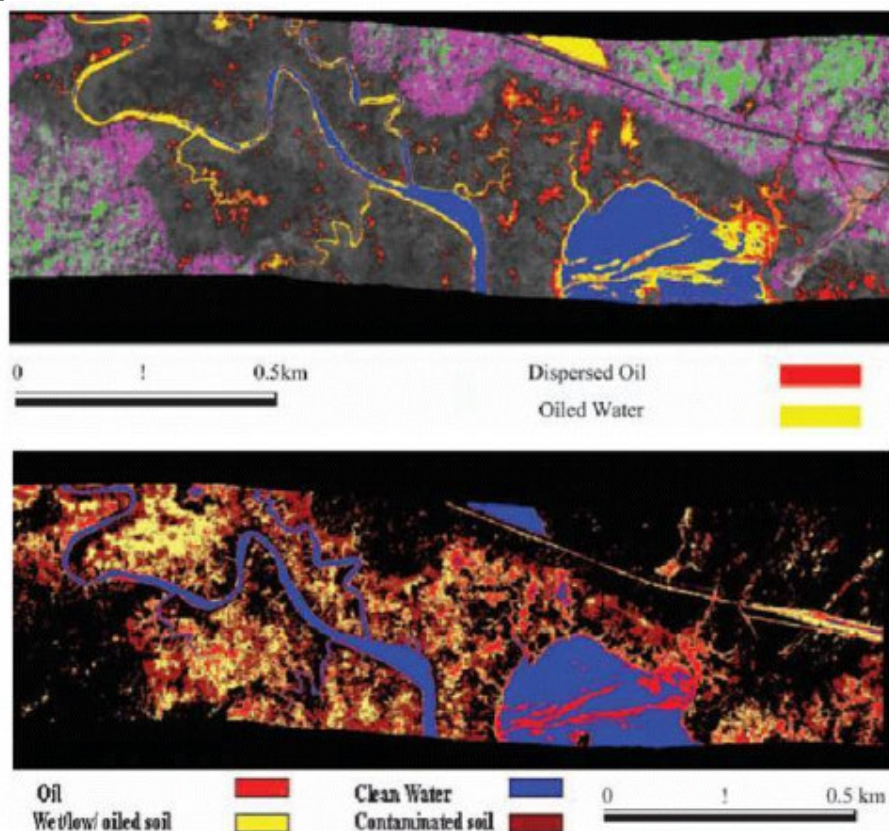
**Figura 1 – Mapeamento para inventário florestal utilizando imagens CASI (Fonte: Itres, 2006).**

Aplicações para as imagens hiperespectrais podem ser desenvolvidas na área de agricultura. Num estudo realizado com imagens hiperespectrais sobre uma área de plantação de batatas, foi possível determinar características como o conteúdo de clorofila, o estado de saúde da vegetação e a concentração de pigmentos nas folhas. O levantamento do conteúdo mineral do solo, a identificação do estágio de crescimento da plantação e a avaliação da

produção agrícola de um determinado período também correspondem a informações que podem ser obtidas por meio da análise de imagens hiperespectrais

Podem ser exemplificadas ainda várias outras áreas para aplicação dos dados coletados por sensores hiperespectrais. Na área de hidrologia pode-se avaliar a qualidade da água, o nível de turbidez e indícios de contaminação. Pode-se mapear o uso das áreas urbanas e identificar tipos de construções, além de apoiar o planejamento urbano. O uso de imagens hiperespectrais também pode ser útil no monitoramento do impacto ambiental causado por refinarias e dutos de gás e óleo, sendo para estes últimos útil também na detecção de vazamentos por meio da identificação das alterações causadas no ambiente (U.S. Department of Energy, 2004).

Na área de impacto ambiental, as imagens hiperespectrais também podem auxiliar na detecção de vazamentos de óleo, pois as alterações provocadas nos corpos d'água modificam significativamente sua resposta espectral. Num estudo utilizando imagens hiperespectrais, foi possível não só identificar as manchas de óleo sobre a água em uma área de vazamento, como também foi possível identificar a contaminação no solo adjacente (Salem, 2005). Na **Figura 2** pode ser verificado o resultado desse estudo.



**Figura 2 – Resultados de um estudo para detecção de derramamento de óleo (Fonte: Salem, 2005).**

#### 4. Resultados iniciais

O sensor hiperespectral do SMABC é um equipamento modelo CASI-1500, que compreende um sensor de tecnologia CCD (*Charge-Coupled Device*) de imageamento do tipo *pushbroom*, ou *along-track*, sensível às faixas do espectro visível e infravermelho próximo (VNIR). O número de bandas que pode ser adquirido durante uma missão de imageamento é



variável e pode ser configurado pelo operador, até um máximo de 288 faixas espectrais. Por possuir um IFOV bastante estreito, e estar instalado em uma aeronave que permite aquisições a baixas altitudes, o CASI-1500 é capaz de gerar imagens em alta resolução, sendo que em seu melhor desempenho operacional podem ser obtidas imagens com resolução de até 15 cm.

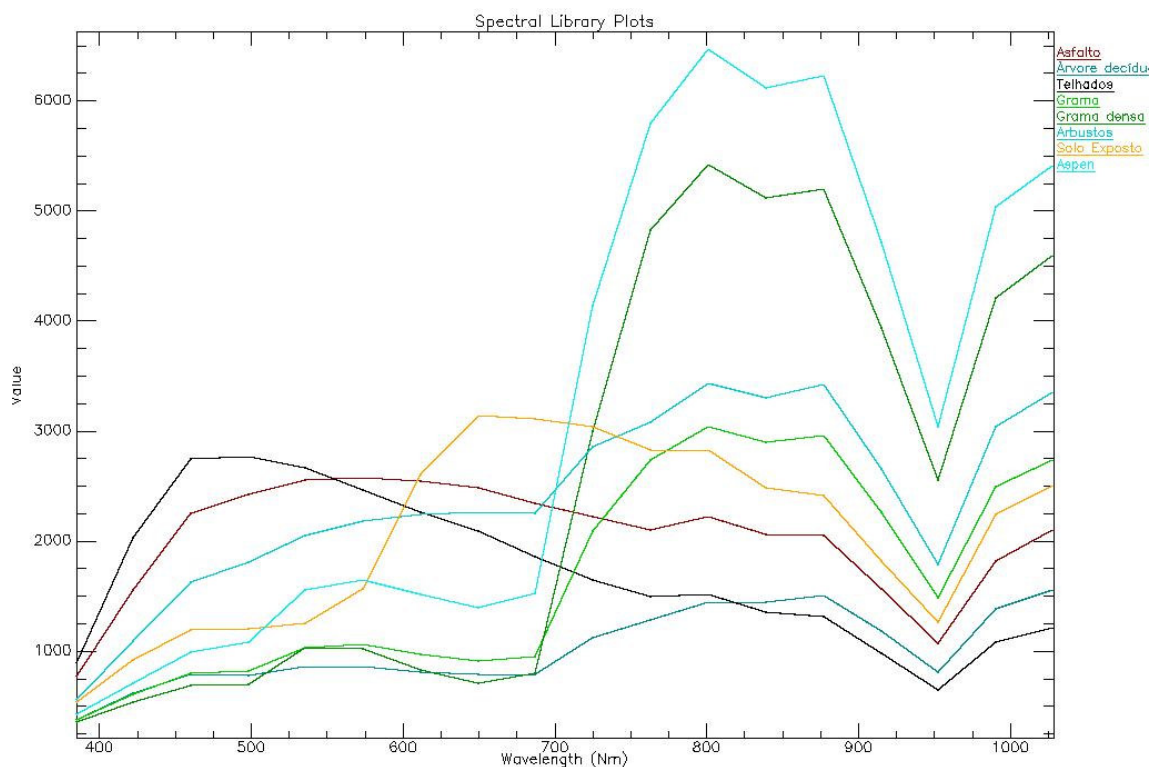
Os testes iniciais do sensor CASI-1500 foram realizados em outubro de 2006 na cidade de Calgary, Canadá. Durante este teste, foram coletadas imagens com 60 cm de resolução e 18 bandas na faixa espectral correspondente ao VNIR. Na **Figura 3** pode ser visualizada uma amostra do resultado dessa aquisição.



**Figura 3 – Imagem de teste coletada com o sensor CASI-1500.**

A partir dessa imagem de 18 bandas, foram exploradas algumas de suas características espectrais, por meio do uso de classificadores automáticos para extração de feições. Foi aplicada sobre a imagem de teste coletada uma classificação do tipo híbrida, com o intuito de verificar a capacidade do sensor de distinguir feições no solo por meio de suas assinaturas espectrais. A classificação híbrida envolve uma etapa não-supervisionada, cujo resultado serve de base para a construção das bibliotecas espectrais, e uma etapa supervisionada, onde as bibliotecas são aplicadas para gerar a classificação final. Na etapa não-supervisionada, foi aplicado o algoritmo *Isodata* na imagem da **Figura 3**, com um máximo de 40 classes e *threshold* de 5%. As classes espectrais resultantes desse processo foram analisadas e designadas para cada uma das categorias de alvos de interesse, tendo ocorrido de mais de uma

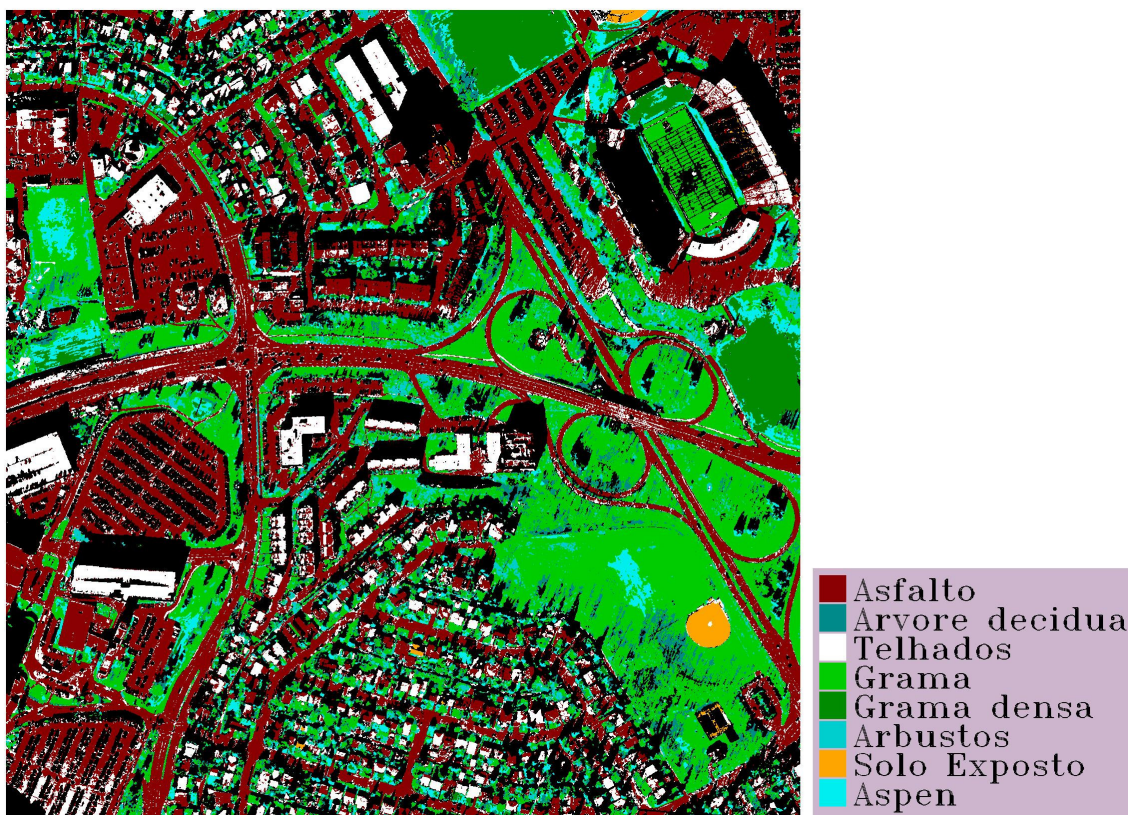
classe espectral ser assinalada para a mesma categoria. As assinaturas espectrais de algumas das classes resultantes são apresentadas na **Figura 4**.



**Figura 4 – Bibliotecas espectrais obtidas a partir da classificação não-supervisionada.**

As bibliotecas espectrais resultantes foram utilizadas na etapa supervisionada da classificação híbrida, que envolveu a aplicação do classificador *Spectral Angle Mapper* sobre a imagem da **Figura 3**. Este classificador é um dos mais utilizados para imagens hiperespectrais, por ser computacionalmente eficiente para processar esse tipo de dado. O resultado da classificação pelo método *Spectral Angle Mapper* corresponde ao resultado final da classificação híbrida, e pode ser visualizado na **Figura 5**.





**Figura 5 – Imagem de teste classificada pelo método *Spectral Angle Mapper*.**

O resultado da classificação mostra que, com um número maior de bandas, uma boa diferenciação entre as diversas categorias de interesse pode ser obtida. As ruas e avenidas, as casas e os prédios na imagem puderam ser bem delineados, e os diferentes tipos de vegetação também foram distinguidos com sucesso pelo classificador. Considerando que o número de bandas utilizado nesse teste (18) ainda está distante da capacidade máxima do sensor (288 bandas), observa-se que existe um grande potencial de utilização desse equipamento para separação de alvos a partir de classificações automáticas.

## **6. Considerações finais**

A tecnologia hiperespectral, em que pese já ser estudada há bastante tempo em âmbito mundial, com comprovado sucesso em diversas aplicações, ainda foi pouco explorada comercialmente no cenário brasileiro. Assim, a introdução de um sensor hiperespectral no mercado nacional representa uma avanço tecnológico e uma excelente oportunidade para o desenvolvimento de novos estudos e aplicações por parte de organizações que sejam atuantes ou usuárias dos serviços de geoprocessamento.

Os resultados iniciais obtidos permitiram comprovar a grande capacidade do sensor hiperespectral para aplicações em extração automática de informações, o que aliado a uma excelente resolução espacial e qualidade radiométrica e geométrica, torna esse instrumento uma ferramenta valiosa para os vários segmentos que se utilizam do monitoramento aéreo no Brasil.

A integração desse moderno sistema sensor a uma plataforma aérea de baixo custo operacional representa um grande diferencial competitivo e uma inovação tecnológica em sintonia com as mais recentes tendências mundiais na área de aerolevantamento, o que

certamente facilitará o acesso das instituições públicas e privadas aos produtos de sensoriamento remoto.

O Projeto SMABC conta com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP.

## Referências

The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. **10 Year Industry Forecast – Phases I-III – Study Documentation**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2004. 58p.

Mello, E.T.O. e Loch, C. Considerações quanto à Utilização de Sensores Imageadores Aéreos Digitais no Mercado Brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2002. Disponível em:  
< [http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2002/137/137.htm](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2002/137/137.htm)>. Acesso em: 10 fev. 2006.

SHAW, G.A. and BURKE, H.K. Spectral Imaging for Remote Sensing. **Lincoln Laboratory Journal**, v.14, n.3, 2003.

Salem, F.; Kafatos, M.; El-Ghazawi, T.; Gomez, R. and Yang, R. Hyperspectral image assessment of contaminated wetland. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 40, p. 811-821, 2005.

U.S. Department of Energy. **Field testing of remote sensor gas leak detection systems**. Casper, Wyoming: Rocky Mountain Oilfield Testing Center, 2004. 261p. (SwRI Project No 18.10485).

Itres CASI-1500 Description. Disponível em:

<<http://www.itres.com/cgi-bin/products.cgi?sensor=11>>. Acesso em 10 fev.2006.

Itres forestry applications for the Compact Airborne Spectrometer Imager (CASI). Disponível em:

< <http://www.itres.com/cgi-bin/applications.cgi?product=50>>. Acesso em: 10 nov. 2006.