

Sensor hiperespectral AisaFENIX: um novo produto disponível para pesquisa e desenvolvimento

Marcos Rafael Nanni¹
Mônica Sacioto Chicati¹
Aline de Carvalho Gaparotto¹
Taiana Loan de Lima Campos¹
Jéssica Saldanha Souza¹
Luis Guilherme Teixeira Crusiol¹
Guilherme Fernando Capristo Silva¹
Renato Herrig Furlanetto¹
Marcelo Luiz Chicati¹
Roney Berti de Oliveira¹
Everson Cezar¹
Rafael Moreno Campos¹
Anderson Silva Gualberto¹

Universidade Estadual de Maringá – UEM Avenida Colombo, 1790 –
Jardim Universitário – Maringá – PR – CEP 87020-900
marcos.nanni@gmail.com, monicasacioto@gmail.com, alinegaspa@hotmail.com,
taianacampos@hotmail.com, jessicasaldanha.souza@gmail.com,
luisguilherme_crusiol@hotmail.com, capristouems@yahoo.com.br,
renatohfurlanetto@hotmail.com, mlchicati@hotmail.com, roneybertioliveira@gmail.com,
eversoncezar@yahoo.com.br, rafaelmorenocampos@gmail.com,
anderson_agrouem@hotmail.com,

Abstract: Hyperspectral airborne sensors have high potential for data acquisition due to the high number of spectral bands and the possibility of imaging large areas in a short period of time. This work aims to present the new reality of airborne imaging spectroscopy in Brazil, with the new AisaFENIX airborne sensor / imager that was recently acquired by the State University of Maringá, under the responsibility of Prof. Dr. Marcos Rafael Nanni. Also present the aerial survey route carried out in three days on the States of São Paulo and Paraná, Brazil, with this sensor. As the main characteristics, the imaging and production of hypercube with 344 bands in the vis / NIR portion (400 to 1000 nm) and 275 spectral bands in the SWIR portion (1000 - 2400 nm) totaling 619 bands, being able to be airborne, tripod - coupled With rotating base or in laboratory in system of sliding platform. The FOV and focal aperture of the sensor allow you to obtain images with 0.35 m of spatial resolution with flight height of 600 meters and so on. It is believed that this will be a milestone in airborne hyperspectral imaging in Brazil, and different research institutions may be contemplated with products of high spectral and spatial quality.

Palavras-chave: Hyperspectral sensing, imaging spectroscopy, image acquisition, sensoriamento hiperespectral, espectroscopia de imageamento, aquisição de imagens.

1. Introdução

Sensores hiperespectrais imageadores realizam a aquisição das imagens em centenas de bandas registradas, estreitas e contínuas, fazendo com que cada pixel da imagem derive uma curva de reflectância espectral completa. São denominadas de “imaging spectrometry” (espectroscopia de imageamento) ou “sensoriamento remoto hiperespectral”. Estes medem a assinatura espectral, porém os apresentam em forma de imagens. Estes sensores podem estar a bordo de aviões ou de satélites (Lillesand et al, 2008; Souza Filho e Crosta, 2003).

No Brasil, apesar do grande potencial para uso de imageadores hiperespectrais, há carência de trabalhos com estes sensores. Tal fato é decorrente da limitação de dados uma vez que aqueles disponíveis para os centros de pesquisa se restringem ao sensor AVIRIS cuja passagem ocorreu no ano de 1995 ou o Hyperion cuja aquisição, além do alto custo, é extremamente difícil, pois a disponibilidade de imagens no Brasil é pequena decorrente, principalmente de condições climáticas favoráveis.

Mesmo com essas limitações, Pizarro (1999) avaliou o uso dos dados gerados pelo espectrômetro imageador AVIRIS no ano de 1995, para a caracterização espectral e identificação minerais (hematita/goethita e caulinita/montmorilonita) em solos tropicais de uma área de estudo localizada próximo à cidade de Campo Grande (MS).

Latorre et al., (2001) avaliou no ano de 1995 a reflectância da superfície alvo estimada a partir de dados AVIRIS, considerando os efeitos da geometria de iluminação e correção atmosférica, em imagens da região de Cuiabá (MT). Concluíram que a geometria tem uma forte influência sobre a análise da reflectância da superfície alvo.

Baptista et al., (1998) estudou a determinação da Relação Sílica - Alumina a partir dos dados do sensor AVIRIS (JPL/NASA), para discretização espacial do grau de intemperismo de solos tropicais, no município de São João D'Aliança, Estado de Goiás. Os resultados obtidos permitiram a determinação de três áreas com diferentes graus de intemperismo, em uma área aparentemente homogênea, na faixa visível.

Também foram realizados alguns trabalhos com sensor hiperespectral HYPERION/EO-1, como discriminação de variedades de cana-de-açúcar, na cidade de Franca/SP (Galvão et al., 2005), na discriminação alvos agrícolas da região de Franca/SP (Tisot et al., 2007), na caracterização da composição de águas opticamente complexas na Amazônia, no final do período de cheia (Rudorff et al., 2007), estimativa de parâmetros biofísicos através de índices de vegetação, na região de cerrado em Pirenópolis/GO (Souza et al., 2009), na estimativa de propriedades biofísicas no mapeamento de pastagens, no pantanal brasileiro, no estado do Mato Grosso do Sul (Vicente et al., 2011).

Buscando contornar os problemas de coleta de dados por sensores imageadores hiperespectrais foi adquirido, no final de 2013, com recursos advindos das chamadas Proequipamentos da FINPEP (Financiadora de Estudos e Projetos), o sensor AisaFENIX da Specim-Finlândia.

Este sensor encontra-se no laboratório de geoprocessamento e sensoriamento remoto do Grupo Aplicado ao Levantamento e Espacialização de Solos (GALeS-UEM), afeto ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – Paraná – Brasil, sob responsabilidade do Prof. Dr. Marcos Rafael Nanni, sendo o único sensor hiperespectral aerotransportado existente no Brasil, trazendo uma nova realidade relacionada a espectroscopia de imageamento no país.

A AisaFENIX (Specim, 2016) é uma ferramenta avançada de imagem hiperespectral para implementação eficiente e melhor captação de dados do espectro eletromagnético completo. Com um ótimo desempenho em sua captação, possui flexibilidade operacional e alto potencial, que lhe permite fornecer informações espacial e espectral detalhada em um curto espaço de tempo (Yule et al., 2015).

Pretende-se, com a aquisição deste sensor, enquadrar o Brasil num novo patamar em relação às pesquisas sobre o solo, florestas, mineração, geologia e agricultura, com o uso de imageadores aerotransportados hiperespectrais o que, até o momento, não foi alcançado. As pesquisas já foram iniciadas, a princípio foi realizada uma rota de aeroimageamento hiperespectral nos Estados de São Paulo e Paraná discriminando os principais alvos imageados bem como a disponibilidade de informações espectrais sobre os mesmos.

2. Desenvolvimento

O AisaFENIX é um sensor de imageamento hiperespectral capaz de realizar imagens acoplado em aviação, tripé ou em sistema de scanner laboratorial. O mesmo possui dois detectores integrados sendo um de óxido e silício que captura informações na porção do vis-NIR (380 – 970nm) com resolução espectral de 3,5nm, e outro de Telurite de Mercúrio-Cádmio (MCT), com sistema de refrigeração por hélio líquido capturando informações na faixa de 970-2500nm com resolução espectral de 10nm possibilitando o imageamento com 619 bandas espectrais sendo 344 no vis-NIR e 275 no SWIR (Figura 1).



Figura 1. Sensor AisaFENIX sendo preparado para instalação em aeronave.

O campo de visada é de $32,3^\circ$ e o campo de visada instantânea (IFOV) de $0,084^\circ$. Isto permite a aquisição de imagem com relação 1x1, ou seja, voando-se a 600 metros de altura obtem-se uma faixa de imageando de 600 metros e assim sucessivamente. O tamanho do pixel no terreno nesta altitude é de 1 metro podendo ser reamostrado para 0.35m sem perda da qualidade espectral.

Para aerolevantamentos, o sensor é utilizado juntamente com um sistema de posicionamento global associado a uma unidade de medição inercial GPS/IMU modelo OXTS - RT3050 com erro de 10 cm (Oxts, 2016) (Figura 2).

Seu uso em aeronave possibilita a aquisição de imagens contínuas sobre o terreno. Para tanto se utiliza o software RSCube 3 ou LUMO (Specim, 2016). O sistema possibilita a configuração do sistema em termos de intensidade luminosa e a visualização, em tempo real, do alvo amostrado durante o voo, com grande facilidade de avaliar, em tempo real a qualidade do produto obtido.



Figura 2. Sensor AisaFENIX instalado no avião, juntamente com o GPS/IMU modelo OXTS - RT3050

Para levantamentos de campo, utiliza-se o sensor com tripé, com sistema rotativo, controlado pelo software RSCube e mecanismo manual para controle de direção (pan) e variação lateral (tilt). Possui um sistema de fonte de energia, tanto do sensor como do sistema de controle e coleta de dados contando, ainda, com baterias auxiliares, o que permite grande tempo de trabalho, conforme apresentado na Figura 3. A Figura 3, também apresenta sua utilização em laboratório. O sensor é acoplado na Plataforma Single Core Scanner, com estrutura mecânica de ajuste da altura do sensor composta por sistema de ajuste de estágio de translação, iluminação, placa de referência para o branco e bandeja para amostras de 100 cm x 50 cm. Neste caso, o sensor permanece imóvel, sendo que a bandeja se movimenta no sentido horizontal em dois sentidos sendo os dados adquiridos por varredura.



Figura 3. Sensor AisaFENIX, acoplado no tripé com sistema rotary, para aquisição de dados a campo (esquerda) e, Plataforma Single Core Scanner com o sensor AisaFENIX, para calibração e coleta de dados em laboratório (direita).

Como este sensor apresenta instalação em compartimento fechado e com refrigeração por hélio líquido, o mesmo tem grande estabilidade da temperatura tanto do sistema ótico como dos detectores, inexistente em outros sensores, que permite maior durabilidade e estabilidade na obtenção dos dados. Outra vantagem deste sensor da SPECIM é a correção automática que o equipamento possibilita dos desvios térmicos dos sinais recebidos. O ruído do sinal é muito pequeno quando comparado com outros sensores de mesma faixa espectral de trabalho sendo de 500 - 1000:1.

A Figura 4 apresenta a rota de aeroimageamento, realizada em três diferentes dias.



Figura 4: a rota de aeroimageamento

No primeiro dia, o aerolevantamento teve início no Aeroporto Estadual de Bragança Paulista – Arthur Siqueira, no Estado de São Paulo, Brasil, com direção a região norte do Estado do Paraná, sobrevoando dezenas de municípios até o pouso no Aeroporto de Maringá – PR – Silvio Name Junior. No segundo dia o aeromapeamento foi realizado na região noroeste do Estado do Paraná, retornando ao Aeroporto de Maringá. No terceiro dia, com início no Aeroporto de Maringá, o aeromapeamento foi realizado novamente na porção norte do Estado do Paraná e no interior do Estado de São Paulo, sendo concluído no Aeroporto de Bragança Paulista.

Linhas de cor amarela, vermelha e azul são referentes ao primeiro, segundo e terceiro dia de imageamento respectivamente (Imagem – Google Earth).

O deslocamento completo, nos três dias de aeromapeamento, foi superior a 1500 quilômetros. A altitude de imageamento foi de 1500 metros, entre áreas alvo de interesse, e de 600 e 300 metros sobre áreas alvo de interesse específico.

3. Resultados e discussões

Os primeiros trabalhos de calibração do sensor ocorreram nos anos de 2015 e 2016, donde foram coletados dados aerotransportados (figura 5), em laboratório (figura 6) e no campo (perfis de solos, figura 7).

Os dados obtidos até o momento pelo sensor tem-se mostrado bastante promissor podendo-se destacar suas futuras aplicações:

- a) Na agricultura como na caracterização de solos, vegetação, agricultura de precisão, detecção de insetos, pragas e doenças e de plantas invasoras.
- b) na análise ambiental, ecologia, monitoramento de rios e nascentes, poluições ambientais, monitoramento de desastres ambientais tais como enchentes, poluição de rios e reservatórios, erosão, incêndios, deslizamentos de terras, identificação de áreas de preservação permanente, secas, monitoramento de desmatamentos e da qualidade da água;
- c) Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e Relatórios de Impacto sobre Meio Ambiente (RIMA);
- d) para detecção de áreas com plantas ilícitas, narcóticos, incluindo maconha, coca, papoula;
- e) geologia, mapeamento mineral, defesa e recuperação de áreas degradadas.
- f) Defesa territorial.



Figura 5. Curvas espectrais de água, solo e vegetação extraídas de imagem obtida em aerolevantamento com o sensor AisaFenix.

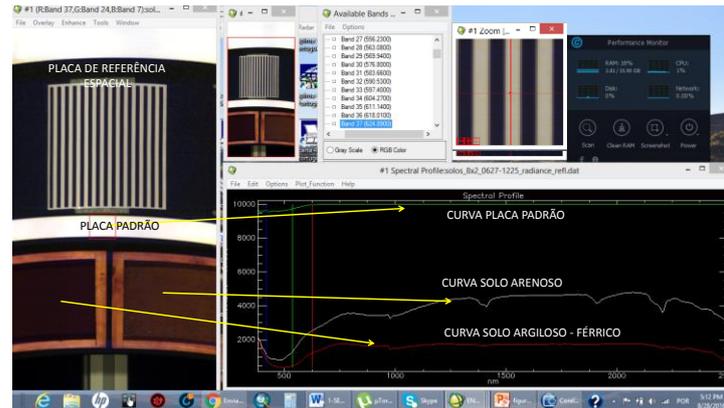


Figura 6. Curvas espectrais de amostras de solo argiloso e arenoso e da placa padrão coletadas em laboratório pelo sistema labscan do sensor AisaFenix.

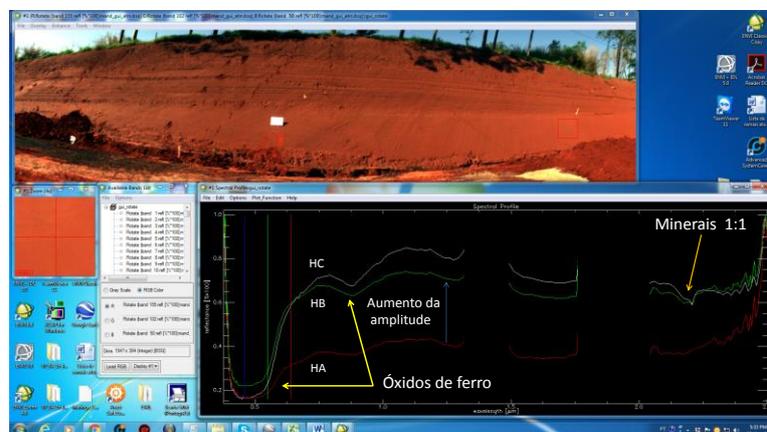


Figura 7. Curvas espectrais em três horizontes de um Latosolo Vermelho distroférico coletadas no campo utilizando-se o sistema de rotação acoplado ao sensor AisaFenix.

Dentre as possibilidades destacadas, Pullanagari, et al, 2012, utilizaram a AisaFENIX para quantificar com precisão a composição bioquímica de pastagens, na Nova Zelândia, em amplas áreas e com grande detalhe espacial. Os autores utilizaram modelos de regressão para a produção de mapas que puderam espacializar as diferentes composições das pastagens. Estes mapas podem ser utilizados para a adoção de práticas de agricultura de precisão, o que melhora a rentabilidade agrícola e sustentabilidade ambiental.

Também na Nova Zelândia, Yule et al., 2015 utilizaram o sensor hiperespectral AisaFENIX para a determinação de teores de nutrientes (N,P,K,S) em pastagem e parâmetros tais como teor de matéria seca e a energia metabolizável. Estes ensaios demonstram a viabilidade da produção de informações, em forma de mapa detalhado, sobre a concentração de pastagem de nutrientes e outros parâmetros para informar as decisões de colocação de fertilizantes, bem como outras tarefas de gerenciamento de fazenda. Os métodos tradicionais para analisar a qualidade do pasto envolvem uma série de dificuldades, tais como a colheita de amostras, transporte e tratamento químico. Além disso, o processo é muito caro, o que limita o número de amostras a analisar.

No caso de mapeamento de minerais de solos, Notesco, et al. 2016 utilizaram AisaFENIX e sensores AisaOWL (ambos da SPECIM) sobre Makhtesh Ramon, em Israel, nas regiões do infravermelho e termal. Os resultados demonstraram a possibilidade de identificação de caulinita, calcita, dolomita, quartzo, feldspato e gesso, e também, a distribuição espacial na superfície.

4. Conclusão

O campo de aplicação para um sensor deste porte é muito vasto uma vez que o imageamento hiperespectral é uma tecnologia muito flexível, que oferece grande número de vantagens sobre as técnicas convencionais de obtenção de dados multi e hiperespectral, uma vez que associa a funcionalidade visual de sistemas de imageamento com grande número de bandas disponíveis em espectrorradiômetros de campo de laboratório. Todas as informações necessárias para obtenção do espectro é captado em uma única operação, facilitando o trabalho realizado no campo hiperespectral.

Dessa forma, ressalta-se a importância da interação da comunidade científica de forma que as informações espectrais obtidas e com potencial de obtenção futura possam ter seu aproveitamento máximo, contribuindo para o desenvolvimento científico e auxiliando na minimização e solução de entraves ao desenvolvimento econômico e social.

Agradecimentos

À Financiadora de Estudos e Pesquisa (FINEP) pelo apoio na aquisição do sensor hiperespectral AisaFENIX (convênios 01.12.0185.00 e 01.12.0469.00).

Referências Bibliográficas

Baptista, G.M.M.; Netto, J.S.M.; Meneses, P.R. Determinação da relação sílica - alumina a partir dos dados do sensor aviris (jpl/nasa), para discretização espacial do grau de intemperismo de solos tropicais. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 1998. **Anais...** Santos/SP. p. 1345-1355. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.08.16.41/doc/6_73o.pdf>. Acesso em 16/11/2016.

Galvão, L.S.; Formaggio, A.R.; Tisot, D.A. Discriminação de variedades de cana-de-açúcar com dados hiperespectrais do sensor HYPERION/EO-1. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 01, n.57, p. 7-14. 2005.

Latorre, M.L.; Dias, A.V.; Shimabukuro, Y.E.; De Carvalho Júnior, O.A. A influência dos efeitos da geometria de iluminação na análise de alvos de superfície terrestre obtidos a partir de dados aviris. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 2001. Foz do Iguaçu. **Anais...** p.1293-1300. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.44/doc/1293.1300.053.pdf>>. Acesso em 16/11/2016.

Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W.; Chipman, J. W. Remote sensing and image interpretation. 6th ed. New York: John Wiley and Sons Press, EUA. 2008.

Notesco, G.; Ogen, Y.; Ben-Dor, E. Integration of Hyperspectral Shortwave and Longwave Infrared Remote-Sensing Data for Mineral Mapping of Makhtesh Ramon in Israel. **Remote Sensing**. V. 8, 318. p.1-8. 2016.

OXTS Inc., Inertial + GPS. **GPS OXFORD RT 3050. User Manual**. Disponível em: <<http://www.oxts.com/products/rt3000-family/>>. Acesso em: 13 maio 2016.

Pizarro, M.A. **Sensoriamento remoto hiperespectral para a caracterização e identificação mineral em solos tropicais**. 1999. 185 p. (INPE-7249-TDI/693). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1999.

Pullanagari, R.R.; Kereszturi, G.; Yule, I.T.; Mathew, R.; Irwin, M.E. Determination of pasture quality using airborne hyperspectral imaging. **Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVII**, Vol. 9637, Massey Univ. (New Zealand). 2012.

Rudorff, C.M.; Novo, E. M. L. M.; Galvão, L.S.; Filho, W.P. Análise derivativa de dados hiperespectrais medidos em nível de campo e orbital para caracterizar a composição de águas opticamente complexas na Amazônia. **Acta Amazônia**. V. 37, N. 2, p. 269 – 280, 2007.

Souza, A.A.; Galvão, L.G.; Santos, J.R. Índices de vegetação derivados do sensor Hyperion/EO-1 para estimativa de parâmetros biofísicos de fitofisionomias de Cerrado. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 2009. **Anais...** Natal RN. 2009. p. 3095-3102. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.14.17.29/doc/3095-3102.pdf>>. Acesso em: 16/11/2016.

Souza Filho, C.R.; Crósta, A. P. Geotecnologias aplicadas à Geologia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33(2-Suplemento): Páginas 1-4. 2003.

SPECIM Inc., Spectral Imaging. **AisaFENIX hyperspectral sensor. User Manual**. Disponível em: <<http://specim.fi/products/aisafenix/>>. Acesso em: 13 mai. 2016.

Tisot, D.A.; Formaggio, A.R.; Camilo D. Rennó, C.D.; Galvão, L.S. Eficácia de dados Hyperion/EO-1 para identificação de alvos agrícolas: comparação com dados ETM+/Landsat-7. **Engenharia Agrícola**. V 27, n 2, p. 511-519, 2007.

Vicente, L.E.; Victoria, D.C.; Bolfe, E.L.; Andrade, R.G. 2011. Estimativa de propriedades biofísicas no mapeamento de pastagens utilizando espectroscopia de imageamento e dados do sensor EO1 – Hyperion. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). **Anais...** Curitiba/PR. p. 8575-8582. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.28.17.26/doc/p1371.pdf>>. Acesso em: 16/11/2016.

Yule, I.T.; Pullanagari, R.R.; Irwin, M.; Mcveagh, P.; Kereszturi, G.; White, M.; Manning, M. Mapping nutrient concentration in pasture using hyperspectral imaging. **Journal of New Zealand Grasslands**. V 77, P 47-50. ISSN 2463-2880, 2015.