



Feições espectrais de solos obtidos pelo sensor hiperespectral AisaFENIX por aerolevantamento

Renato Herrig furlanetto¹
Marcos Rafael Nanni¹
Luis Guilherme Teixeira Crusio¹
Guilherme Fernando Capristo Silva¹
Anderson Antonio da Silva Gualberto¹
Mônica Sacioto¹
Jéssica Saldanha Souza¹
Taiana Loan de Lima Campos¹

¹Programa de Pós Graduação em Agronomia – PGA, Universidade Estadual de Maringá – UEM.
Avenida Colombo, 5790 – CEP 87020-900 – Maringá – PR, Brasil

renatohfurlanetto@hotmail.com

marcos.nanni@gmail.com

luisguilherme_crusio1@hotmail.com

capristouems@yahoo.com.br

anderson_agrouem@hotmail.com

monicasacioto@gmail.com

jessicasaldanha.souza@gmail.com

taianacampos@hotmail.com

Abstract. The remote sensing is an important tool for the monitoring of targets of the Earth surface. Advances in sensor technology, allowed a much more understanding detailed of the various types of targets such as environmental targets, highlighting the discrimination of spatial variability of soil, varieties and diversity of plant species, spectral behavior of agricultural crops in different stages of development, water resources and other possibilities. The use of the radiometers hyperspectral imager sensor AisaFENIX, captures information in many contiguous and narrow spectral bands, ranging from 380 – 2500 nm, with high spectral and spatial resolution, providing image scene with its respective spectral curve. Based on that, the objective of this study is evaluates the potential of using hyperspectral system in determining different environmental targets. To this end, aerial surveys by airplane model PA -34-200T Seneca II with the sensor on board, were performed May 1st and 2nd of 2016, covering areas of the north central and northwest regions of Paraná State, Brazil. The results obtained in basalt and sandstones soils, denote wide differentiation in the spectral curves due to the composition and influence of oxides and sesquioxides of iron denoted mainly by the inflection in the curve near 900 nm, due to the absorption of energy by iron oxide (Fe_2O_3), thus as other characteristics caused by other components. In sandstones soils, due the composition, increase was observed in all spectral curve in relation to the basaltic soil. It was also observed the inflection of the Kaolinite around 2200 nm in both soils.

Palavras-chaves: AisaFENIX, spectroradiometry, environment mapping, hyperspectral sensor, AisaFENIX, espectrorradiometria, mapeamento ambiental, sensor hiperespectral.

1. Introdução

O sensoriamento remoto pode ser definido como uma tecnologia na qual se adquire informações sobre objetos sem que haja contato físico com os mesmos (Lillesand e Kiefer, 1994). Atualmente é uma das áreas com maior potencial para desenvolvimento devido aos avanços na tecnologia embarcado nos sensores, com equipamentos de altíssima resolução espectral em equipamentos portáteis, podendo ser utilizado em plataformas aéreas e terrestre, onde sua aplicabilidade tem aumentado com a evolução do ramo da ciência que estuda a espectrorradiometria de reflectância. Uma das grandes vantagens do uso de sensores



hiperespectrais portáteis é a capacidade de coletar, dentro de uma mesma área, uma quantidade muito maior de dados do que aquela permitida pelo uso de sensores multiespectrais. Isso permite uma caracterização muito mais detalhada, e conseqüentemente, confiável da variabilidade espacial de uma determinada área de estudo, como exemplo, inferências sobre os tipos de solos, composição mineral, variação nos teores de matéria orgânica e água na superfície do solo em uma dada região, baseando-se principalmente no seu comportamento espectral (Bellinaso et al. 2010), entre outras possibilidades de estudo.

Buscando o conhecimento mais detalhado e confiável, os sensores hiperespectrais imageadores torna-se uma importante ferramenta para preencher esta lacuna. Um dos sensores hiperespectrais atualmente disponível para pesquisa no Brasil, é o sensor imageador aerotransportado AisaFENIX – SPECIM – *Spectral Imaging*, localizado na Universidade Estadual de Maringá – UEM, este sensor apresenta características de imageamento e produção de hipercubo com 344 bandas na porção do vis/NIR (380 a 970 nm) com resolução espectral de 3.5 nm e 276 bandas espectrais na porção do SWIR (970 – 2500 nm) com resolução espectral de 10 nm, num total de 620 bandas, podendo ser aerotransportado, acoplado em tripé com base rotativa ou em laboratório em sistema de plataforma deslizante. O FOV e abertura focal do sensor permitem obter imagens com 0,35m de resolução espacial com altura de voo de 600 metros e assim sucessivamente. O sensor pode capturar até 130 frames/s o que permite velocidades de voo de até 470 km/h e produção de imagens em 16 bits, com correção automática por sistema GPS/IMU. A alta resolução espectral torna a informação de um dado pixel próxima à obtida por meio de medições espectrorradiométricas realizadas em laboratório e/ou campo (Abrams, 1986; Vane e Goetz, 1988; Kruse et al. 1990), obtendo informações precisas sobre as características espectrais dos alvos desejados.

No Brasil não há informações sobre o potencial de uso de dados hiperespectrais obtidos com o sensor imageador AisaFENIX em atividades de levantamentos aéreos buscando a identificação de curvas espectrais de diferentes classes de solos, o que compreende um amplo campo de pesquisa através do uso deste novo sensor imageador hiperspectral.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo adquirir curvas espectrais de solos de origem arenítica e basáltica, buscando caracterizar as feições espectrais advindas das diferentes composições entre os mesmos, obtidas pelo sensor imageador hiperspectral AisaFENIX por meio de aerolevantamentos no estado do Paraná, Brasil.

2. Materiais e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende as regiões Norte Central e Noroeste do Paraná (Figura 1) que abrange cerca de 25% da área territorial do Estado do Paraná. Trata-se de áreas caracterizadas geologicamente pelo contato entre as rochas eruptivas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral com os arenitos da Formação Caiuá, os quais conferem particularidades relacionadas à composição dos solos e desenvolvimento das espécies vegetais, em especial as culturas agrícolas exploradas.

A Formação Serra Geral é composta em sua maior parte por rochas vulcânicas de caráter básico, provenientes dos eventos magmáticos fissurais ocorridos durante a era Mesozoica. Os basaltos representam a maior parte das rochas que compõem referida a Formação (Pinese e Nardi, 2003). A Formação Caiuá é formada por arenitos Vermelho-Aroxeados altamente friáveis, com estrutura cruzada acanalada que evidenciam exposições fluviais em algumas áreas e estrutura cruzada de grande porte com característica eólica (Fernandes, 1997).

Os solos de origem da mineralização das rochas da Formação Serra Geral, compreendem solos com características de grande profundidade, alta capacidade de absorção de água, boas características físicas, elevado teor de argila e extremamente intemperizados. Por outro lado, os solos da origem da formação Caiuá são caracterizados por solos com textura arenosa à média, com elevado teor de areia (quartzo), podendo atingir 90% da composição da fase sólida do solo, baixa porcentagem de argila e silte, matéria orgânica e nutrientes, sendo restrito o desenvolvimento de algumas espécies vegetais. Em relação à mineralogia, são constituídos basicamente por quartzo, feldspato potássico e óxidos de ferro.

Segundo EMBRAPA (2006), nas regiões predominam as seguintes classes de solos: Latossolos Vermelho eutróficos e distróficos, Nitossolos Vermelhos eutróficos, Argissolos Vermelho-amarelo eutróficos e distróficos, Cambissolos, Neossolos Quartzarênicos.

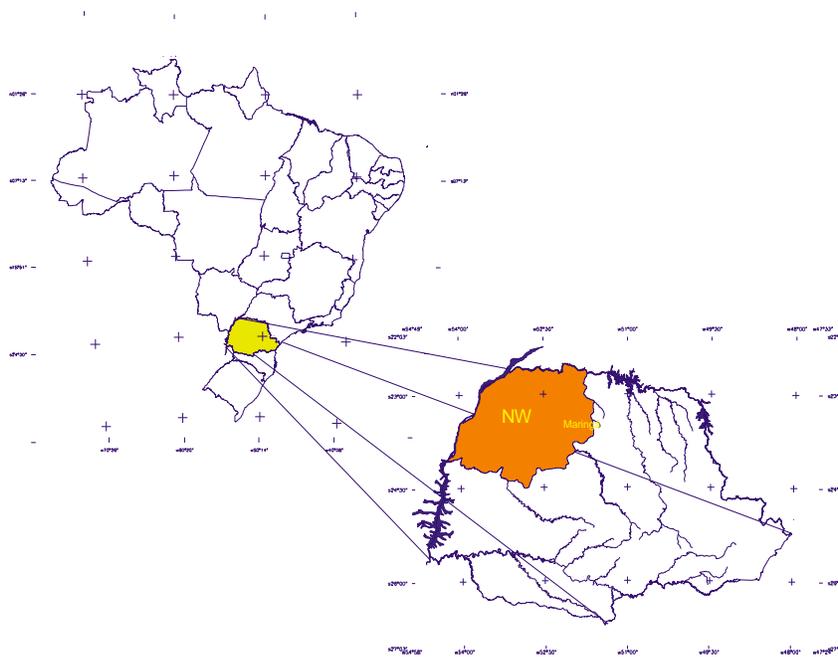


Figura 1. Localização das regiões Noroeste e Norte Central do Paraná realizados os aerolevantamentos.

2.2 Obtenção dos dados espectrais

Para obtenção dos dados espectrais dos alvos, foram realizados aerolevantamentos nos dias 1 e 2 de maio de 2016, nas regiões citadas anteriormente, partindo do Aeroporto Regional de Maringá - Sílvio Name Júnior, na cidade de Maringá – Paraná, utilizando de um avião bimotor modelo PA-34-200T Seneca II (Piper Aircraft) onde foi instalado o sensor imageador hiperespectral AisaFENIX junto com a unidade GPS/IMU, para coleta de dados referentes à correção geométrica das imagens, captando a cena conforme o voo prosseguia. Os voos foram realizados nos horários entre 12:00 e 15:00 em condição de céu limpo, sem presença de nuvens, com radiação intensa sendo 3.011 kJm². A altitude de voo foi de 600m para a coleta de imagens com resolução espacial de 0,5 metro. Como padrão foi utilizado de três placas de madeira pintadas com sulfato de bário (BaSO₄) dispostas uniformemente em um gramado onde foi realizado um sobrevoo para coletada da radiância das mesmas, onde os dados foram utilizados para a conversão da imagem, posterior ao voo. As imagens obtidas, assim como os dados

espectrais, foram corrigidas em laboratório geometricamente, utilizando dados de voo da unidade GPS/IMU, e radiométricamente com correções para presença de aerossóis da atmosfera e vapor d'água. Das imagens obtidas, foram selecionadas regiões de interesse (ROIs) no software ENVI[®] onde foram convertidas e exportadas para o Software ATCOR[®] (ATCOR-4). Neste software, foram criados parâmetros do sensor imageador hiperespectral utilizado através de dados de voo da unidade GPS/IMU e fatores de correção para presença de aerossóis da atmosfera, onde os produtos finais foram às imagens convertidas de radiância para reflectância. Posteriormente as imagens convertidas foram abertas no software ENVI[®] para a coleta de dados de reflectância, aleatoriamente, dos alvos desejados. Os alvos selecionados para estudo foram solos expostos de origem basáltica e arenítica conforme pode ser visualizado na Figura 2.



Figura 2. Imagem hiperespectral obtido com o sensor imageador AISAFenix sobreposta no Google Earth[®]. Os quadros amarelos representam as regiões de interesse (ROIs) selecionadas para a coleta do espectro de reflectância dos alvos. A – Solo de origem basáltica (Solo argiloso – S. Arg.) e B – Solo de origem arenítica (Solo arenoso – S. Are.).

3. Resultados e Discussão

Após a obtenção das curvas espectrais dos solos, pode-se observar na Figura 3 a variação da resposta espectral entre as distintas classes, onde nota-se claramente um pico de inflexão na curva próximo a 2200 nm em ambos os solos analisados (Solo argiloso – S. Arg., Solo arenoso – S. Are.), característica de solos onde sua composição por minerais como a caulinita é significativo, neste caso o ponto de inflexão é devido à presença deste elemento na composição do solo. A caulinita é um argilo-mineral frequentemente encontrado nos solos tropicais, trata-se de um mineral formado nos solos pelo intemperismo ou pela alteração hidrotermal de aluminossilicatos, como feldspato, ou como constituinte de rochas sedimentares. As feições características deste elemento são visíveis na região do infravermelho (Hunt e Salisbury, 1970, Hunt et al. 1971), no infravermelho próximo, as feições mais perceptíveis estão associadas as combinações o alongamento do OH e as curvaturas de ligação entre Al-OH em 2200 nm (Hlavay et al. 1977).

Observou-se também feições espectrais da gibbsita, assim como a caulinita, devido às vibrações das hidroxilas, sendo observada tal feição no infravermelho próximo ao redor de 2300 nm (Hunt et al. 1971).

Na região próxima a 900 nm observou-se feição devido à presença de óxidos de ferro como, por exemplo, hematita, característica semelhante à encontrada por Vitorello e Galvão (1996)

onde relataram que a forma côncava da curva espectral em 850 - 900 nm indica a presença de óxidos de ferro. Por outro lado, próximo à região do visível, houve diminuição da reflectância causada possivelmente pela presença de magnetita (Fe_2O_3FeO) que contribui para a baixa intensidade de reflectância no visível.

Na região próxima a 500 nm, e também em regiões menores do espectro eletromagnético, ocorrem absorções que podem ser atribuídas à presença de ferro em forma trivalente (Fe^{3+}), onde Hunt et al. (1971) relata que a presença desta forma de ferro é responsável pela absorção devido a transferências de carga metal-ligante centralizada na região do ultravioleta, mas cuja tendência de baixa energia situa-se na região do visível.

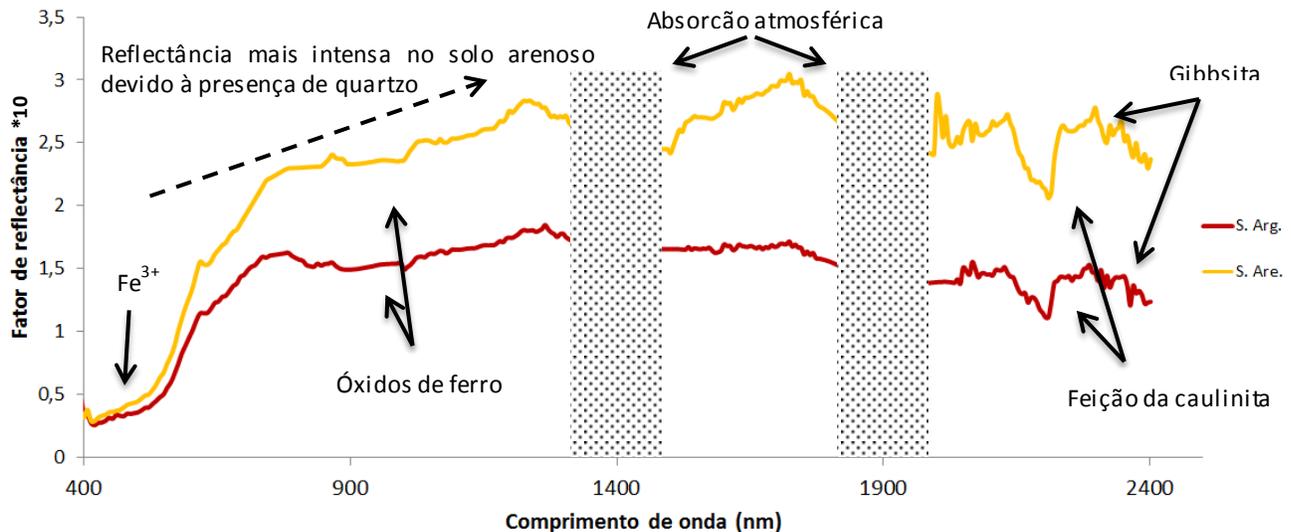


Figura 3. Espectro de reflectância do solo de origem basáltica (S. Arg.) e solo de origem arenítica (S. Are.) obtidos com sensor imageador hiperespectral AISAFenix. As setas indicam feições de absorções observadas para diferentes elementos e compostos. As colunas entre os comprimentos de ondas próximas de 1400 nm e 1900 nm indicam fortes absorções pela atmosfera.

Para o solo de textura arenosa, originados do material de origem Arenito Caiuá, apresentou maior reflectância em todo o espectro eletromagnético estudado, resultado de sua composição elevada em quartzo, sendo um mineral altamente refletivo, além de ser, em geral, uma superfície mais uniforme formada por areias mais finas que apresentam reflectância mais alta, porque tem alta possibilidade de formar uma superfície mais suave e menos espaços vagos que refletem mais a luz, por outro lado, nos solos argiloso com textura mais fina, a reflectância diminui, por causa de maior presença de material orgânico, umidade no solo, cor do solo, que diminuem as reflectâncias (Liu, 2007).

Demattê e Nanni, 2003, trabalhando com espectrorradiometria em solos de origem arenítica, encontraram respostas semelhantes em seus trabalhos, onde observaram que solos com textura mais arenosa tiveram maior reflectância em todo o espectro eletromagnético, que os solos de textura mais argilosa, onde observaram menor reflectância.

4. Conclusões

Com o surgimento de sensores hiperespectrais tem surgido novas possibilidades para a discriminação espectral de solos e assim aprimorar o conhecimento da variabilidade espacial dos mesmos com base na sua reflectância. Este trabalho permitiu o conhecimento das características



de solos de origem arenítica e basáltica, onde a resposta espectral obtida pelo sensor imageador hiperespectral AISAFeenix apresentou grande capacidade em demonstrar feições espectrais características dos mesmos, sendo observado feições específicas de elementos constituintes como a caulinita, óxidos de ferro e gibbsita.

Deste modo, com os resultados obtidos é possível a utilização deste novo sensor aerotransportado adquirido pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, porém, são necessários trabalhos futuros buscando extrair informações a partir das curvas espectrais de modo que possam fornecer parâmetros precisos para a classificação de solos.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Estadual de Maringá – UEM, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PGA, Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, pela aquisição do sensor hiperespectral imageador AISAFeenix (nº 01.12.0185.00 e 01.12.0469.00).

Referências Bibliográficas

Abrams, M. G. Imaging Spectrometry: Aircraft and Space Program. **Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, Zurich, ESA, v.1, 1986, pp.231-234.

Bellinaso, H.; Demattê, J. A. M.; Romeiro, S. A. Soil spectral library and its use in soil classification. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 34, p. 861-870, 2010. ISSN 1806-9657. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300027>.

Demattê, J. A. M.; Nanni, M. R. Weathering sequence of soils developed from basalt as evaluated by laboratory (IRIS), airborne (AVIRIS) and orbital (TM) sensors. **International Journal of Remote Sensing**, v.24, p.4715-4738, 2003. ISSN 0006-8705. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000200025>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 412p.

Fernandes, L. A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Bauru, 1997.

Hlavay, H.; Jonas, K.; Elek, S.; Inczedy, J. Characterization of the particle size and crystallinity of certain minerals by infrared spectrophotometry and other instrumental methods – I. Investigations on clay minerals. **Clays and Clay Minerals**, Boulder, CO, v.25, p.451-456, 1977.

Hunt, G. R.; Salisbury, J. W.; Lenhoff, C. J. Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: III. Oxides and hydroxides. **Modern Geology**, 2:195-205. 1971.

Kruse, F. A.; Lefkoff, A. B. & Diez, J. B. Expert system – based mineral mapping in Northern Death Valley, Callifornia/Nevada, using the Airborne/ Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS). **Remote Sensing of Environment**, 44(2/3):309-336, 1993. DOI:10.1016/0034-4257(93)90024-R.

Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. 1994. **Remote Sensing and Photo Interpretation**, 3rd. ed. John Wiley & Sons: New York. 750 p.

Liu, W. T., **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande, MS: Editora UNIDERP, ISBN 85-7704-040-0, 2007, 908p.

Pinesi, J. P. P; Nardi, A. J. R. Contexto geológico da Formação Serra Geral no terceiro planalto paranaense. Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, 1., 2003, Maringá. **Anais....** Maringá: UEM, 2003.



Vane G. & Goetz, A., F. H. Terrestrial Imaging Spectrometry, **Remote Sensing of Environment**. Rem. 24:1-29, 1988.

Vitarello, I.; Galvão, L.S. Spectral properties of geologic materials in the 400 to 2500 nm range: review for applications to mineral exploration and lithologic mapping. **Photo Interpretation**, Paris, v.34, p.77- 99, 1996.