



Comportamento espectral de diferentes tipos de vegetações obtido pelo sensor hiperespectral AisaFENIX em aerolevanteamento

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. Advances in sensor technology, allowed a much more understanding detailed of the various types of targets such as environmental targets, highlighting the discrimination of the 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, leading to better understanding and detailing of targets of interest. Based on that, the objective of this study is evaluates the potential of using hyperspectral system in determining different environmental targets through the use of portable sensor AisaFENIX observing the spectral data. 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 flight altitude was 600 meters to collect images with spatial resolution of 0,5 meters. It was noted wide variation in the spectral behavior due to differences in morphological, biochemical and structural composition in different species analyzed, therefore being able obtain estimates of biodiversity and species, being fundamental to provide useful information for conservation planning and management.

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). Utiliza-se de sensores de forma conjunta, e equipamentos para o processamento de dados com a finalidade de estudar de forma analítica as interações entre a radiação eletromagnética e as diversas coberturas vegetais e geológicas que compõe o globo terrestre (Novo, 1989).

Por meio de diferentes princípios de sensoriamento, é possível a identificação e o mapeamento de variados parâmetros de solo e de vegetações. 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 as variadas espécies de vegetações presente em uma determinada área, estágio de desenvolvimento de culturas agrícolas, bem como a observação da presença de espécies invasoras em áreas de preservação permanente.

Os sensores multiespectrais, por operarem em poucas bandas espectrais, apresentam limitações para a identificação mais detalhadas dos alvos desejados. A resolução espectral limitada desse tipo de sensor restringe a identificação genérica dos atributos desejados (Vane e Goetz, 1993). 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.

De acordo com Alixandrini (2004), dados hiperespectrais tem sido usados para mapear os materiais superficiais há mais de 15 anos. Para Richards (1993) a assinatura espectral de um objeto ou alvo terrestre designa as características de sua reflectância e as variáveis de reflectância nas diversas faixas do espectro eletromagnético, são conhecidas como atributos. Um conjunto de atributos define o padrão de uma classe de alvos, de natureza espectral ou espacial. As feições espectrais de um material correspondem às porções das curvas de reflectâncias em determinado comprimento de onda, com formas e intensidade muito bem definidas e características daquele material em estudo (Meneses et al. 2001). Estas feições demonstram absorções da energia eletromagnética pelos diferentes constituintes do material, em diferentes intensidades e comprimentos de onda, o que é de interesse ao sensoriamento remoto.

Diversos trabalhos vêm sendo realizados para levantamento e caracterização espectral de diferentes espécies vegetais com objetivo em formar bibliotecas espectrais para identificação destas espécies, como relata Paz et al. (2009) que observaram diferenças nos comportamentos espectrais de diferentes espécies de gramíneas utilizando espectroscopia de laboratório.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo adquirir curvas espectrais e características espectrais de diferentes espécies vegetais, buscando identificar as características específicas das diferentes espécies vegetais analisadas, obtidas pelo sensor imageador hiperespectral 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 compreendeu as regiões Norte Central e Noroeste do Paraná. O desenvolvimento da agricultura na região Noroeste do Estado é caracterizado por culturas com

ciclo relativamente mais longo do que a região Norte Central devido às condições químicas dos solos de origem arenítica, sendo pobre nutricionalmente, onde há predomínio do desenvolvimento de culturas como eucalipto, cana-de-açúcar, pastagens, citros e mandioca. Na região Norte Central, devido às condições dos solos serem relativamente mais férteis, há predomínio no desenvolvimento de culturas como soja, milho e, em menor escala, trigo.

O clima das regiões é classificado de acordo com Köppen (1978), como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com concentração das chuvas no período do verão e sem estação seca definida. A temperatura nos meses mais frios são inferiores a 18 °C com geadas pouco frequentes. Nos meses do verão as temperaturas são superiores a 22 °C e apresentam precipitações em torno de 1200 mm e 1500 mm.

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 (Figura 1), 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 áreas de vegetações como pastagens, eucalipto, cultivo com mandioca, milho e grama conforme pode ser visualizado na Figura 2 e 3.



Figura 1. Sistema hiperespectral montado no avião para realizar o aerolevanteamento.

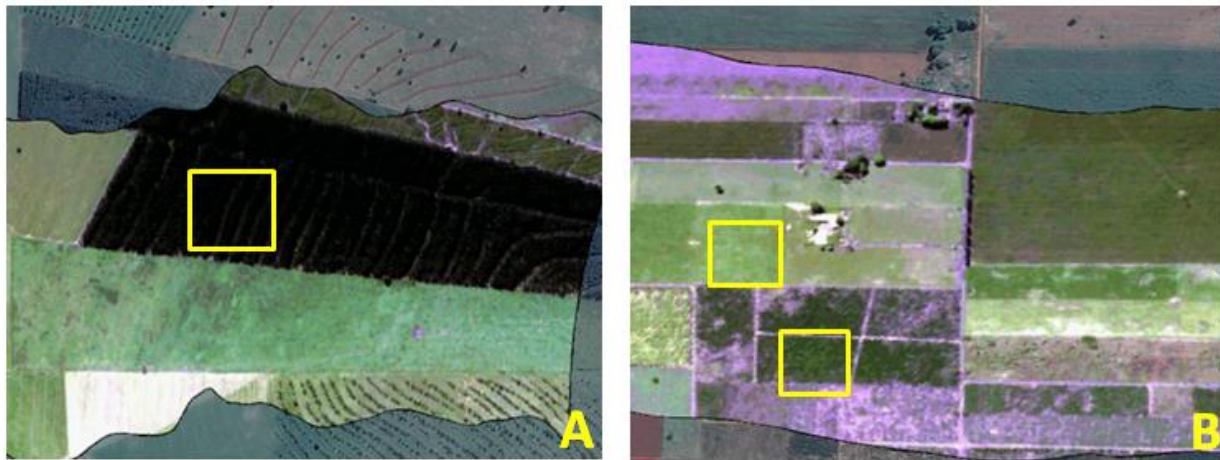


Figura 2. Imagem hiperespectral obtido com o sensor imageador AISAFenix sobreposta no Gogle Earth[®]. Os quadros amarelos representam as regiões de interesse (ROIs) selecionadas para a coleta do espectro de reflectância dos alvos. A – *Eucalyptus* spp. B – Pastagem (quadro superior) e Mandioca (quadro inferior).

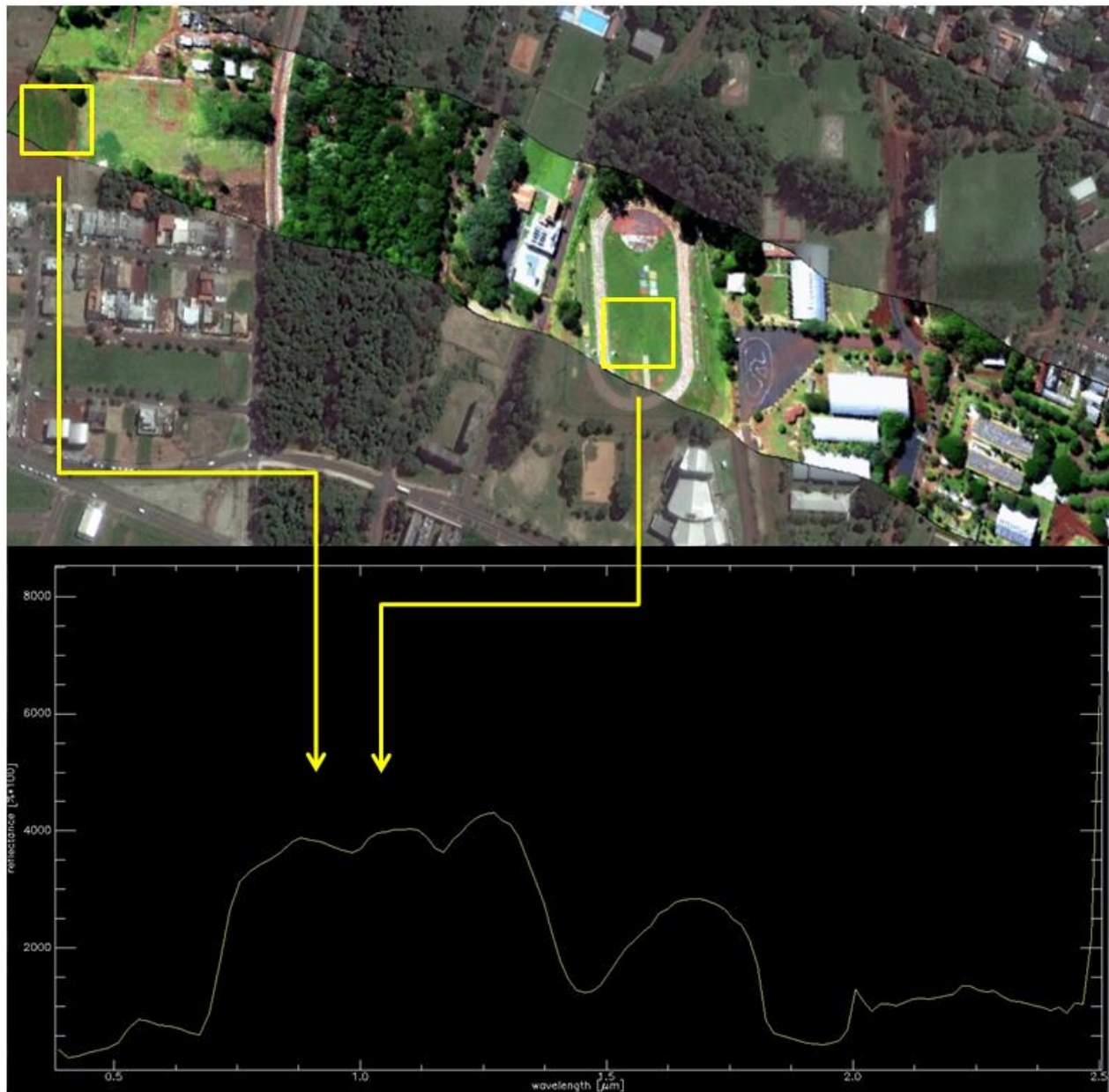


Figura 3. Imagem do aerolevanteamento sobreposta no Google Earth[®]. Os quadrados amarelos indicam às regiões de interesse (ROIs) dos alvos selecionados para estudo. Alvo da esquerda representa a cultura do milho, alvo da direita representa a grama. As setas ilustram a curva espectral obtida no software ENVI[®].

3. Resultados e Discussão

Entre as espécies vegetais estudadas, nota-se na Figura 4 o comportamento espectral das plantas de mandioca, pastagens, eucalipto, grama e milho. Podem-se observar pontos de absorção na região do visível do espectro eletromagnético, resultado da interação da energia eletromagnética pelos pigmentos constituintes das plantas. Os pontos de observação mais importantes referem-se aqueles decorrentes da absorção na região de 650 nm e 450 nm. Observam-se variações na intensidade da absorção para cada espécie vegetal sendo que as áreas de grama apresentaram maior reflectância na região do verde, em relação às demais. Tal fato

deve-se a estrutura do mesófilo foliar desta espécie, com poucos espaços interlamelares e menor teor de água em relação às demais.

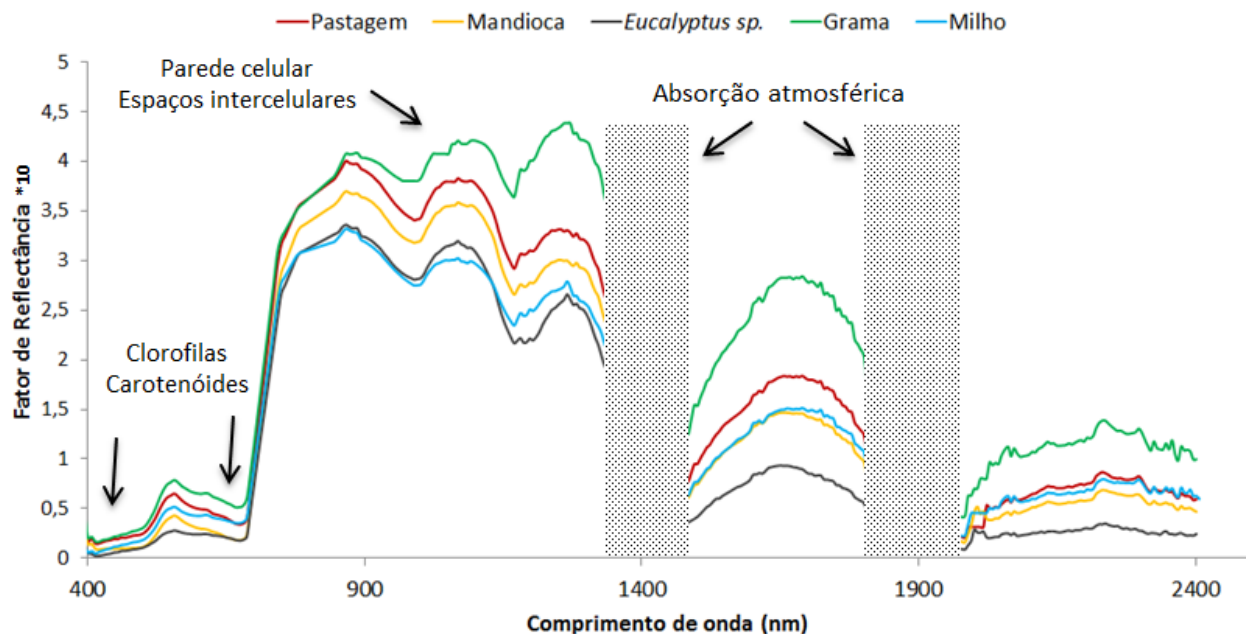


Figura 4. Espectro de reflectância obtido com sensor imageador hiperespectral AISAFenix de pastagem, mandioca, *Eucalyptus* spp., grama e milho. As colunas entre os comprimentos de ondas próximas de 1400 nm e 1900 nm indicam fortes absorções pela atmosfera.

Devido às características na constituição bioquímica das plantas, no comprimento de onda da região do visível do espectro eletromagnético, grande parte da energia é absorvida pelos pigmentos, sendo muito pouco transmitido para o dossel inferior da mesma. No comprimento de onda da região verde (550 nm) ocorre grande reflectância causando a sensação de tonalidade verde na vegetação que observamos. A alta absorção do comprimento de onda vermelho e azul é devido às grandes concentrações de clorofilas nas folhas, sendo a amplitude dessa absorção variável de espécie para espécie, devido às variações nas concentrações de pigmentos entre as diferentes espécies vegetais. Já na região do infravermelho ocorre um aumento significativo da reflectância quando comparado à região do visível, este aumento é devido às propriedades ópticas das folhas decorrente de sua morfologia, onde de modo geral, quanto mais lacunosa for à estrutura interna foliar, maior será o espalhamento interno da radiação incidente, e conseqüentemente, maior será também a reflectância. Nessa região ocorre alta transmitância e baixa absorbância. Esta característica pode ser observada entre as diferentes espécies vegetais estudadas, onde a vegetação com grama apresentou aumento da reflectância na região do infravermelho em relação às demais espécies. Para *Eucalyptus* spp. a região do infravermelho foi a que apresentou menor reflectância, assim foi observado para o milho também, porém, na região de 1400 a 1600 nm houve aumento na reflectância no milho, fato este não observado para o *Eucalyptus* spp. Devido a estas características, as espécies são mais facilmente identificadas na região do infravermelho próximo do que no visível. Para Verbyla (1995), a reflectância no infravermelho próximo poderá ser influenciada pelas variações na forma e na orientação das folhas das plantas e pela quantidade de ar existente dentro da célula de cada folha. As variações dos valores de reflectância no infravermelho próximo são mais úteis do que os valores de

reflectância no visível. De acordo com Muhammed e Larsolle (2003) as diferenças na reflectância entre as vegetações podem ser utilizadas para a discriminação das espécies vegetais, além da avaliação da condição em que as plantas se encontram. Fato este observado na Figura 6, onde na região do infravermelho próximo (700 nm a 1400 nm) para a espécie de *Eucalyptus* spp. houve diminuição na reflectância nessa região, devido possivelmente pela constituição celular das folhas desta espécie, ou seja, apresenta mesófilo foliar com maior número de células paliçádicas e menor número de células no parênquima lacunoso, ocasionando menor espalhamento interno da energia incidente, além disso, fatores externos às folhas como disponibilidade de água por exemplo, podem causar alterações ocasionando alteração da reflectância nessa região. Já para a pastagem e a grama, devido suas características foliares internas, ou seja, estrutura mais lacunosas, maior será o espalhamento interno da radiação incidente, e conseqüentemente, maior a reflectância, como observado nesta região (Gates et al. 1995).

Na região do infravermelho médio (1400 nm, 1900 nm e 2400 nm), observam-se feições de absorção que são provenientes principalmente da ligação de O-H da água, que pode estar associada a feições de outros compostos químicos (Dank et al. 1984; Curran, 1989), além presença de água líquida nas folhas, ocorrendo bandas de absorção nos respectivos comprimentos de onda mencionados.

4. Conclusões

Este trabalho permitiu o conhecimento das características de diferentes espécies vegetais, onde a resposta espectral obtida pelo sensor imageador hiperespectral AISAFenix apresentou grande capacidade em demonstrar diferenças no espectro de reflectância em pastagem, mandioca, grama, milho e *Eucalyptus* spp., especialmente na região do infravermelho. Deste modo, com os resultados obtidos é possível diferenciar espécies vegetais com a utilização deste novo sensor aerotransportado adquirido pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, porém, são necessários trabalhos futuros buscando formar bibliotecas espectrais para o conhecimento dos alvos ambientais.

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 AISAFenix (nº 01.12.0185.00 e 01.12.0469.00).

Referências Bibliográficas

Alexandrini Jr, M. J. **O potencial das imagens hiperespectrais**. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário (COBRAC), 10-14 Out. 2004, Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2004.

Curran, P. J. Remote sensing of foliar chemistry. **Remote Sens. Environ.** 30:271-278. 1989. DOI:10.1016/0034-4257(89)90069-2

Dank, S. M., Evans, E. H. & Whittaker, P. A. **Photosynthetic Systems: Structure, Function and Assembly**. Willey, New York. 1984.

Gates, D. M; Keegan, H. J.; Schleter, J. C.; Weidner, V. R. **Spectral properties of plants**. Applied Optics, 4(1): 11-20, 1965.

Köppen, W. **Climatologia**. Mexico: Fundo de Cultura Economica, 1978. 478p.



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

Meneses, P. R.; Netto, J. S. M. **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 262p. ISBN: 85-230-0656-7.

Muhammed, H. H.; Larsolle, A. **Feature vector based analysis of hyperspectral crop reflectance data for discrimination and quantification of fungal disease severity in wheat**. Biosystems Engineering. v. 86, p 125-134, 2003. DOI:10.1016/S1537-5110(03)00090-4.

Novo E. M. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo. Edgard Blucher. 1989. 308p.

Paz, C. R.; Saquet, D. B.; Ferraz, R. C.; Giroto, J.; Pereira, R. S.; Costa, V. P. Discriminação de diferentes espécies de pastagens com uso da espectrorradiometria. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., Natal, 2009. **Resumo...** [Brasília, DF]: INPE, 2009. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.20.43/doc/1175-1181.pdf>> Acesso em: 10 novembro. 2016.

Richards, J. A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1993. 340p.

Vane, G. & Goetz, A., F. H. **Terrestrial Imaging Spectrometry: Current Status, Future Trends, Remote Sens.** Rem. 44:117-126, 1993. DOI:10.1016/0034-4257(93)90011-L.

Verbyla, A. P. (1993). **Modelling variance heterogeneity: residual maximum likelihood and diagnostics**. J. R. Statist. Soc. B 55, 493--508.