

Contribuição para a biblioteca espectral de solos da região sisaleira

Ramon Oliveira Santos¹

Joselisa Maria Chaves²

Tamires Moraes Oliveira³

Thaiane Bonfim Silva⁴

^{1,2,3,4} Universidade Estadual de Feira de Santana, Avenida Transnordestina, s/n, km 3,
Bairro Novo Horizonte, Feira de Santana-BA, CEP 44054-008.

E-mail: osantos.ramon@gmail.com¹; josimariachaves@gmail.com²;
tamyuefs@gmail.com³; thaiane.thay@hotmail.com⁴

Abstract. The Reflectance spectroradiometry is a technique of remote sensing that allows obtaining spectral data of the soil through the use of hyperspectral sensors. A database with information on spectral curves of soils can contribute to understanding the physical, chemical and mineralogical properties of this non-renewable resource that enables terrestrial life. For this, the construction of a regional spectral library becomes of great utility. The objective of this study was to analyze and characterize the spectral behavior of soil samples from the Sisal region. Spectral data were collected (using a Field Spec sensor, 350-2200nm) for soil samples at depth of 20cm, from the municipality of Santaluz-BA. The samples were sieved in a 2mm mesh to homogenize their roughness and humidity effects, and dried in an stove at 45°C, in a period of 24 hours. Then, the radiometric analysis and interpretation of the results were done, each sample being represented by a single spectral curve plot. The reflectance curve was influenced mainly by iron oxides, smectite and organic matter. The main difference in the curves of the four samples analyzed was the change in reflectance intensity. The use of an innovative technique of soil studies proved to be efficient, fast and effective for the understanding of soil composition, generating data that may contribute to the Spectral library of soils of the Sisal region.

Palavras-chave: Espectroradiometria, semiárido, remote sensing, espectrorradiometria, semiárido, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A Espectrorradiometria ou Espectroscopia de reflectância é uma técnica do sensoriamento remoto que tem a função de medir em diferentes comprimentos de onda a energia eletromagnética refletida da superfície dos objetos e representá-la na forma de um gráfico que se denomina curva de reflectância espectral (Meneses, 2001). Assim, o estudo das características espectrais de alvos naturais, como o solo, é uma aplicação imprescindível para proteção deste recurso não renovável que permite a vida terrestre.

A reflectância espectral do solo nos diversos comprimentos da faixa do espectro óptico é uma propriedade cumulativa atrelada ao comportamento espectral dos componentes mineralógicos, orgânicos e fluidos que, combinados compõem os solos. Além da composição, a granulometria e a textura tem um papel relevante nas propriedades da reflectância dos solos (NETTO, 2001). Assim, a análise e caracterização do comportamento espectral solo pode contribuir para entender as propriedades do mesmo, não só quanto a sua fertilidade, mas também quanto a fatores básicos de compreensão da resiliência ao fenômeno de degradação ambiental e aos tipos de uso.

Um banco de dados com informações de curvas espectrais de solo é denominado Biblioteca Espectral (BE). Segundo Galvão e Formaggio (2007 apud BELLINASSO, 2009, p.23) bibliotecas espectrais servem de referência para estudos de solo usando sensores hiperespectrais orbitais, ou seja, seus dados são necessários para estudos de solos visando detecção de minerais opticamente ativos, por exemplo.

A área de estudo está inserida na região sisaleira, no estado da Bahia, conhecido como o Território do Sisal, localizada na região semiárida do Estado da Bahia. O uso de uma nova técnica para caracterizar as propriedades do solo desta região é bastante viável, uma vez que a partir da espectrorradiometria torna-se mais rápido e menos oneroso do que o consumo de tempo e laboratório nas análises de solos nos métodos convencionais.

O presente trabalho buscou caracterizar o comportamento espectral de amostras de solo do município de Santaluz – BA, na tentativa de compreender características física, química, biológica e mineralógica de amostras de solo da região. Além disso, buscou-se possibilitar a construção da Biblioteca espectral da região Sisaleira, com dados representativos da variabilidade espacial de solos.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área selecionada para o estudo encontra-se no município de Santaluz (Figura 6), que está localizado na região Nordeste do Estado da Bahia, limitando-se a leste com os Municípios de Araci e Conceição do Coité, a sul com Valente, São Domingos e Gavião, a oeste com São José do Jacuípe e Queimadas e a norte com Nordestina e Cansação. A sede municipal tem altitude de 360 metros e coordenadas $11^{\circ}15'00''$ S e $39^{\circ}22'00''$ W.

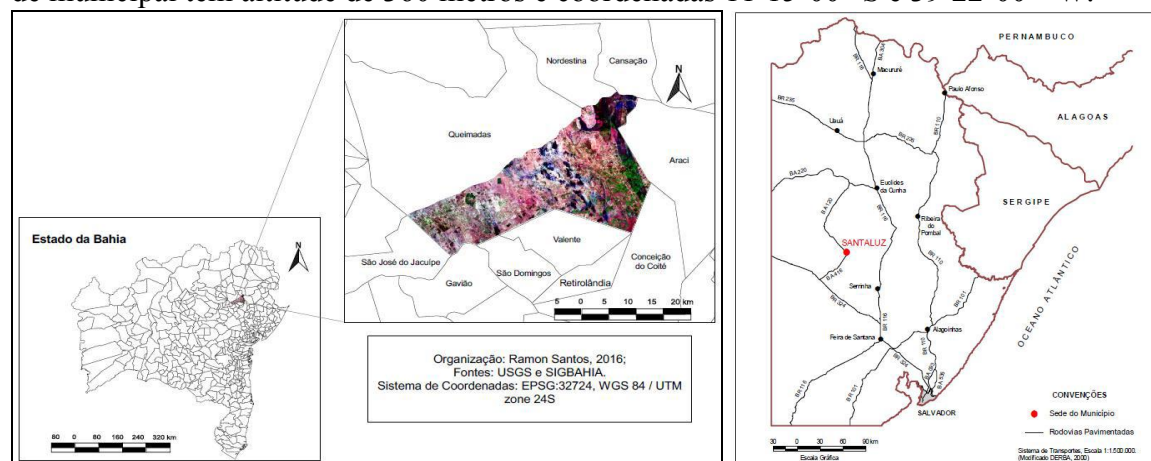


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

O clima da região estudada é do tipo megatérmico semiárido, com temperatura média anual de $23,4^{\circ}\text{C}$, precipitação pluviométrica média no ano de 489 mm e período chuvoso de março a maio (Diagnóstico do Município de Santaluz, 2005). Apresenta solos dos tipos neossolo regolítico eutrófico, neossolo litólico eutrófico, planossolo háplico eutrófico, vertissolo e latossolo vermelho-amarelo, que dão sustento a vegetação nativa do tipo caatinga arbórea e arbustiva. Em grande parte do território observa-se presença de pastagem plantada (agricultura/pecuária).

2.2 Coleta de dados em campo

A viagem de campo foi realizada para o município da pesquisa e foram coletadas amostras superficiais por pontos com auxílio de trado, na profundidade de 0-20 cm. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e contendo as coordenadas geográficas (Tabela 1). Os dados coletados com uso do GPS de navegação (Garmin) com média de erro $\pm 15\text{m}$, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de campo dos pontos de amostragem dos solos.

Ponto	Nome da amostra	Nome da classe	Sigla	Coordenadas	
				X	Y
Ponto A	PPif1	PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico Solódico	SXen	467226	8768362
Ponto B	PPif4			468998	8768160
Ponto C	PPis3			470194	8768178
Ponto D	PPim3			470944	8759820

2.3 Preparação das amostras em laboratório

As amostras de solos foram preparadas para avaliação espectral no Laboratório de Espectrorradiometria (LABESPECTRO) do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do ambiente (PPGM) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). As amostras foram peneiradas em malha de 2 mm para homogeneizar seus efeitos de rugosidade e umidade, e secas em estufa a 45 °C, em um período de 24 h, de acordo com a metodologia de Bellinaso (2009). Após este procedimento, as amostras foram alocadas em placa de petri de 13,5 cm de comprimento e armazenadas no LABESPECTRO.

2.4 Medição em Laboratório (Aquisição dos dados espectrais)

A fim de atingir os objetivos desta pesquisa, foram realizadas as análises radiométricas no LA-BESPECTRO. Este laboratório possui estrutura interna adequada para trabalhos de radiometria, que minimiza os efeitos de luminosidade externa e da atmosfera. Utilizou-se sensor hiperespectral, FieldSpec Spectroradiometer 4, que possui uma resolução espectral de 8 nm e recobre a faixa de 350 – 2500 nm; sonda de contato e placa de sulfato de bário como padrão de referência de alta reflectância difusa. Então foram realizadas três medidas de reflectância de cada amostra de solo, para permitir a geração de gráficos dos comportamentos espectrais. Além disso, foi determinada a intensidade média de reflectância para cada um dos pontos através do Microsoft Excel. Foi efetuada uma média aritmética dos gráficos, de modo que cada amostra foi representada por apenas um gráfico. Por último, as curvas foram plotadas com o auxílio do software Envi Classic, sendo aplicada a técnica da remoção do contínuo e utilizada a biblioteca espectral de minerais para discriminar os minerais presentes nas amostras de solos. Os gráficos correspondem à biblioteca espectral de solos da região.

2.5 Interpretação dos resultados e caracterização dos solos

A interpretação dos resultados foi realizada com apoio da pesquisa bibliográfica sobre bibliotecas espectrais e comportamento espectral de solos, fundamentada nos métodos aplicados por Epiphanyo (1992), Bellinaso (2009), Demmatê (2004). Assim, foi feita uma análise visual das curvas espectrais obtidas, visando a identificação das regiões de absorção e seus valores, feições típicas dos componentes pedológicos que exercem forte influência no comportamento espectral. Então, as informações adquiridas foram comparadas com as baseadas na caracterização das curvas espectrais, para detectar a correlação entre ambas. De forma geral, as etapas de interpretação foram a observação do albedo (intensidade da curva espectral), o aspecto da forma das curvas (plano, convexo, côncavo), o aspecto da inclinação geral da curva (ascendente, descendente, plano), mudanças de inclinação e feições de absorção características de específicos atributos mineralógicos do solo nas diversas faixas de comprimento de onda de 350 a 2500 nm.

3. Resultados e discussão

O primeiro resultado obtido foi a Base Cartográfica da área de estudo, constituída da caracterização regional da geologia, vegetação, geomorfologia, solos, hidrografia, localização da área de estudo e dos pontos amostrais. Para a base bibliográfica foi feita uma descrição dos mapas da base cartográfica com base nas informações acessadas pelo *software* de Sistema de Informações Georreferenciadas (SIG) e em dados de trabalhos já publicados sobre as características da região. Alguns mapas temáticos gerados são apresentados na Figura 2.

O segundo resultado importante da pesquisa tem relação com a caracterização do comportamento espectral das amostras de solo (Figura 3). Com os dados de campo e a comparação com os espectros da biblioteca espectral de referência *do software* The Spectral Geologist (TSG), partiu-se para a interpretação dos resultados da análise radiométrica.

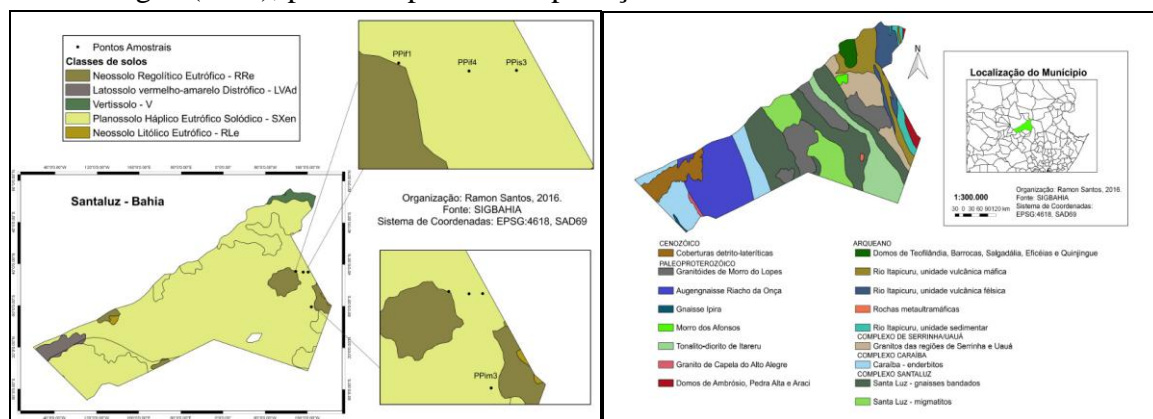


Figura 2- Exemplos de mapas temáticos da área de estudo.

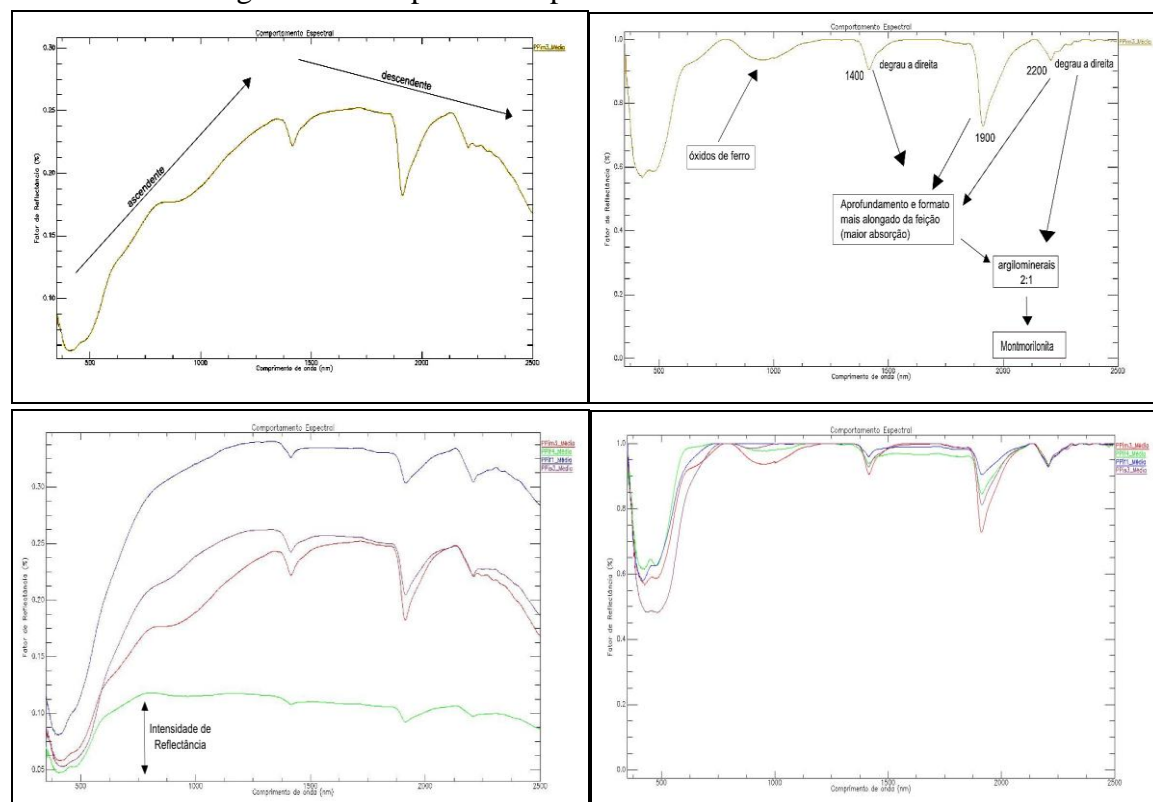


Figura 3 – Gráficos das Curvas espectrais das amostras de solos estudadas.

A descrição do comportamento espectral dos pontos amostrados possibilita estabelecer algumas relações entre as feições da curva, mineralogia, características físicas do solo, tipo de solo e análise da fertilidade. Com a espectrorradiometria de reflectância tem-se uma unidade de análise pequena (amostra de solo), assim a curva espectral obtida é mais detalhada, pois entre a amostra e o aparelho não há absorção da água pela atmosfera.

Como os pontos amostrados pertencem ao mesmo tipo de solo, observa-se um comportamento espectral com semelhança nas bandas de absorção (1400, 1900 e 2200nm) das quatro curvas, mas com algumas diferenças entre si quanto à intensidade, forma, inclinação e feições. No ponto A, na faixa de 1400nm, a banda de absorção não é tão nítida, mas pode ser um indicativo da presença de caulinita, devido à presença de moléculas de água. A banda de absorção em 2200nm, típica de caulinita, aparece no espectro dessa amostra de solo, mas com formato diferenciado, indicando presença também de montmorilonita (Demattê et. al, 1998). A montmorilonita é uma esmectita dioctaedral e a carga em sua camada é originada pela substituição de Al por Mg nos octaedros (Azevedo & Vidal-Torrado, 2009, p.390).

O clima mais seco propicia a ocorrência deste argilomineral do tipo 2:1. Este argilomineral transmite suas características físico-químicas e morfológicas típicas no solo, mesmo quando em baixo teor (Azevedo & Vidal-Torrado, 2009, p.382). Concordando com Oliveira (2007, p.12) que diz: “Nas condições semiáridas, são mais comuns registros de Planossolos com predomínio de minerais 2:1 expansivos ou não ou de composição mista de caulinita e minerais 2:1 (Moreira, 1979; Batista, 1988; Almeida, 1989; Pereira et al., 1991; Parahyba, 1993; Mota, 1997; Mota & Oliveira, 1999; Mota et al., 2002 e Fernandes, 2005)”.

Nos solos em estágio mais avançado de intemperismo, há predominância de caulinita (filossilicato 1:1) e óxidos. Em solos tropicais, a ocorrência de esmectitas é restrita. Elas podem se formar durante a pedogênese ou serem herdadas do material de origem. A montmorilonita, identificada no espectro de três das quatro amostras, é resultante do intemperismo de outros minerais primários oriundos da litologia da região.

A formação e a permanência de esmectitas são favorecidas em terreno plano a levemente ondulado, nas partes mais baixas do relevo como terraços aluviais ou fundos de bacias, e ainda em horizontes B em solos desenvolvidos a partir de rochas básicas sob moderada dessilicacão (Azevedo & Vidal-Torrado apud. Lima et al., 1977; Volkoff & Melfi, 1980).

Grande parte do território de Santaluz apresenta solo háplico eutrófico solódico, porém não se pode afirmar nem supor que amostras de solo em outros locais apresentam a mesma mineralogia, uma vez que de acordo com Valeriano et al. (1995), solos pertencentes a uma mesma classe podem apresentar diferentes tipos de espectros.

O presente plano de trabalho foi intitulado “Biblioteca espectral de solos da região sisaleira”, porém não é possível descrever o comportamento espectral da região sisaleira apenas com o estudo de quatro espectros de PLANOSSOLO, uma vez que a diversidade de solos da região é ampla e os espectros variam mesmo dentro de uma mesma classe de solo. Entretanto, estas amostras analisadas contribuem para o avanço do conhecimento da composição mineralógica do solo, com isto podem-se entender melhor as características físico-químicas do solo.

Em todas as amostras analisadas foram observadas a presença de esmectita no solo. De acordo com Azevedo & Vidal-Torrado; Melo & Alleoni (2009, p.403), esse mineral, “frequentemente, está relacionado com solos poucos ácidos e com alta concentração de cátions básicos em solução, o que favorece o desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas”, o que pode ser um indicativo de uma boa fertilidade potencial dos solos da região de estudo.

O programa TSG indicou a presença de alguns minerais que não foram identificados na análise visual, e esta identificou minerais que não foram indicados pelo software. Essa divergência pode ser devido ao fato de que os espectros obtidos da biblioteca espectral da United States Geological Survey (USGS) são de minerais puros, já as amostras de solo possuem diversos minerais e outros constituintes em diferentes proporções, o que acaba gerando erros que podem ser aceitáveis ou não, fazendo-se necessárias investigações mais aprofundadas dos espectros (Jesus et al., 2013)

A técnica de remoção do contínuo, proposta por Clark & Rough (1984), consiste em remover as feições contínuas dos espectros. O contínuo é demonstrado por uma função matemática empregada para isolar as bandas de absorção particulares dos espectros de reflectância além de acentuar as feições. A aplicação desta técnica de interpretação de espectro de reflectância visa remover o sinal causado por substâncias contidas na amostra que não estão sendo estudadas.

As feições côncavas entre 400 e 450nm e entre 800 e 900nm que indicam presença de goethita foram encontradas nos espectros das amostras do ponto B e D com a ajuda da técnica do contínuo. A goethita é um mineral bastante comum entre os óxidos de ferro e ocorre em grande parte dos ambientes pedogênicos. Devido às partículas dos óxidos de Fe serem extremamente pequenas, estes tem grande capacidade de pigmentação, podendo-se estabelecer relações direta entre a cor de um solo e a presença destes minerais (COSTA; BIGHAM, 2009). As variações na intensidade da reflectância observada nos espectros das quatro amostras podem ser resultado da alteração no teor de matéria orgânica e de óxidos de Fe, pois estes são os principais constituintes que afetam a assinatura espectral dos solos (Dalmolin et al., 2005).

Por fim, identificou-se presença de caulinita, que tem fórmula química dada por $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, somente em uma das amostras. A caulinita não é formada somente a partir do intemperismo de minerais primários, podendo também ser formada a partir de outros minerais secundários. Algumas das condições comuns que possibilitam a presença de caulinita são: clima quente e úmido; diversos materiais de origem; vegetação nativa variável, e tempo de intemperismo de variados minerais (KAMPF; CURI; MARQUES, 2009). Assim, a baixa ocorrência de argilominerais 1:1 em planossolo háplico eutrófico solódico pode ser justificada pelo fato do processo de intemperismo do material de origem do solo não ser tão intenso devido ao clima semiárido da região.

4. Conclusões

O desenvolvimento deste trabalho permitiu aprender sobre a construção de uma base cartográfica e bibliográfica da região do município de Santaluz – BA, além de construir uma Biblioteca Espectral de Solos, permitindo a elaboração de um Banco de Dados que poderão subsidiar posteriores estudos dos solos dessa região.

Na execução dessa pesquisa ficou claro que a espectrorradiometria de reflectância é um método eficiente e amplamente empregado para a compreensão das características físico-químicas e mineralógicas do solo. Porém, é necessário trabalhar com atenção na etapa de aquisição e análise dos dados a fim de evitar dados discrepantes ou tendenciosos.

Embora não tenha se conseguido uma variação dos tipos de solos coletados, foi possível observar através das análises e caracterização das curvas espectrais que as amostras analisadas variam em sua constituição física, química e mineralógica. Contribuindo para a diminuição da carência de bibliotecas espectrais de solo propriamente dito, o que prova a importância de mais trabalhos ligados a espectrorradiometria de solos.

Por fim, conclui-se que a pesquisa realizada foi significativa, pois, permitiu ampliar o conhecimento sobre uma técnica inovadora de estudo de solos, que é a espectroscopia ou espectrorradiometria de reflectância. Os estudos desenvolvidos possibilitaram o conheci-

mento de conteúdos específicos e de diversas disciplinas do curso de graduação em agronomia, gerando uma maior confiança para a realização de trabalhos na área de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Agradecimentos

Agradeço a todos que puderam contribuir de alguma forma com a conclusão do meu trabalho. À minha orientadora Joselisa Maria Chaves pela oportunidade oferecida e apoio durante a pesquisa. À equipe do laboratório de espectrorradiometria Labespectro da U-EFS. Ao CNPq pelo financiamento da bolsa.

Referências

BELLINASO, H. **Biblioteca espectral de solos e sua aplicação na quantificação de atributos e classificação.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 2006.

EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R.; VALERIANO, M.M.; OLIVEIRA, J.B. **Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo.** São José dos Campos: INPE, 1992. 131p. (INPE-5424- PRP-172).

MADEIRA NETTO, J.S.; BAPTISTA, G.M.M. **Reflectância espectral de solos.** Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2000. 55p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de Aplicação.** 3a. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 320p.

SANCHES, I.D.; ANDRADE, R.G.; QUARTAROLI, C. F.; RODRIGUES, C. A. G. **Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat5-TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIA-MENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 7564-7571. ISBN 978-85-17-00056-0. <Disponível aqui> Acesso em: 16 jul. 2015.

VIEIRA, A.T. et al. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Diagnóstico do Município de Santaluz - Bahia.** Salvador:CPRM/PRODEEM, 2005. 14p + anexos.

SOUZA, D.C.L.; FILHO, C.R.S.; SENNA, J.A. **Caracterização espectral VNIR-SWIR de minerais do grupo dos carbonatos e utilização de suas assinaturas como indicadores de processos geológicos em análogos terra-marte.** Disponível em:<<http://www.prp.rei.unicamp.br/pibic/congressos/xxicongresso/paineis/119305.pdf>

MARQUES, F.A. et al. **Solos do Nordeste.** Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114582/1/FOLDER-SOLOS-DO-NE-versao-final.pdf>>. Acesso em: 22 de fev. 2016.

DALMOLIN, R.S.D. et al. **Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral.** Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.2, p.481-489, mar-abr, 2005.

JESUS, T.B. et al. **Caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos como suporte para análise de contaminação ambiental em nascentes do rio Subaé, Feira de Santana (BA).** Geochimica Brasiliensis 27(1): p.49-62, 2013.

LIMA, J.M. et al. **Análise espectrorradiométrica de Neossolos Quartzarênicos do Polo de Jeremoabo-BA.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

OLIVEIRA, L.B. **Mineralogia, micromorfologia, gênese e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro.** 2007. 169f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. MG.

VALERIANO, M. M. et al. **Bi-directional reflectance factor of 14 soil classes from Brazil.** International Journal of Remote Sensing, London, v. 35, p. 113-128, 1995.

MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. **Química e Mineralogia do solo - Parte I - Conceitos Básicos.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2009, 1ª edição, 695p.

KAMPF, N.; CURI, N. & MARQUES, J.J. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. **Química e mineralogia do solo; Conceitos básicos. Parte 1.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.333-371.

COSTA, A.C.S. & BIGHAM, J.M. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. **Química e mineralogia do solo; Conceitos básicos. Parte 1.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.506-520.

AZEVEDO, A.C. & VIDAL-TORRADO, P. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. **Química e mineralogia do solo; Conceitos básicos. Parte 1.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.382-418.

Clark, R.N.; Roush, T.L. **Reflectance spectroscopy: quantitative analysis techniques for remote sensing applications.** Journal of Geophysical Research. v. 89, n. B7, p. 6329-6340, July 10, 1984.

DEMATTÊ, J.A.M.; SOUSA, A.A.; NANNI, N.R. **Avaliação espectral de amostras de solos e argilo-minerais em função de diferentes níveis de hidratação.** Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 1295-1298.