

## Aplicação de remoção do contínuo e análise de profundidade de feição para discriminar Goethita e Hematita de um perfil de Latossolos - Vermelho amarelo em Morro do Chapéu-BA.

Roneíse de Jesus Lima<sup>1</sup>  
Joselisa Maria Chaves<sup>1</sup>  
Deorgia Tayane Mendes de Souza<sup>1</sup>  
Washington Franca-Rocha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS  
CEP 44036-900 - Feira de Santana – BA, Brasil

isedelima@gmail.com, josimariachaves@gmail.com, deorgiasouza.geo@gmail.com,  
francarocha@gmail.com

**Abstract.** The present work had as main objective to use the technique of the removal of the continuous and depth of feature to discriminate Goethite and Hematite from a Red-yellow Latossolos profile in Morro Chapéu-BA. To do so, it was anchored in a literature review on the technique, mineralogy and soils, lithology and pedological characterization of the study area, field research, whose purpose was the definition of horizons, and collection of samples, soil-based laboratory analysis. In the methodology of Ben-Dor (1997), using the FieldSpec ASD Spectroradiometers, which cover the range of 350 to 2500 nanometers, analysis of the spectral curves, and application of continuous removal and depth of feature. Through the stripping technique, 470  $\mu\text{m}$  and 674  $\mu\text{m}$  absorption bands were found in goethite and in the 900  $\mu\text{m}$  absorption band, features related to hematite. Among the horizons analyzed, the Bw horizon had a greater depth in the absorption bands of goethite, with a depth of feature of 1,152, referring to the absorption band 470  $\mu\text{m}$  and depth of 689, referring to the absorption band 674  $\mu\text{m}$ . The Bw horizon also had a greater depth of feature in the absorption band with respect to hematite, with a depth of 939. Through the techniques of removal of the continuum and depth of feature it was possible to identify goethite and hematite features in the analyzed profile. Thus, it can be stated that the classification of this profile is due to the greater presence of the mineral Goethite in the horizons.

### 1. Introdução

Com o atual advento das geotecnologias, o sensoriamento remoto vem sendo considerado uma importante ferramenta no monitoramento e avaliação dos recursos naturais, e em especial dos solos (TERRA, 2011). As variações espectrais entre diferentes tipos de solos estão normalmente associadas a processos de absorção da radiação eletromagnética atribuindo aos componentes, minerais, material orgânico e umidade (MADEIRA NETTO, 2001). A análise espectral é, portanto, uma técnica de definição da composição química da substância através do seu espectro.

A técnica da espectrorradiometria tem a função de medir em diferentes comprimentos de onda a energia eletromagnética refletida da superfície dos materiais e representá-la na forma de um gráfico que se denomina de curva de reflectância espectral (PEDROSA, 2010). Essa curva espectral mostra a variação da reflectância de um objeto para cada comprimento de onda, ou seja, a assinatura espectral determinada principalmente pelas diferentes composições físico-químicas dos objetos ou feições terrestres, afirma Figueiredo (2005).

Segundo Epiphanyo et. al. (1992) uma das formas de analisar o comportamento espectral das amostras de solo é fazendo uma divisão espectral em segmentos, definindo, assim, a curva em tais segmentos, visando uma posterior classificação das amostras em função de tais características das curvas. Neste caso são analisadas as características dos solos destacando seus constituintes (EPIPHANIO, 1992).

Para auxiliar na avaliação do comportamento espectral dos solos são normalmente empregados métodos no processamento dos dados espectrorradiométricos, tais a técnica de remoção do espectro contínuo (TERRA, 2011). Que, segundo Breuning et al. (2007), foi proposta por Clark e Rough (1984), e consiste na remoção das feições contínuas dos

espectros, onde o contínuo é uma função matemática utilizada para isolar bandas de absorção particulares dos espectros de reflectância, o que permiti qualificar a análise espectral.

Para Alvarenga et al. (2003), o conhecimento do comportamento dos espectros dos solos, gerados em laboratório, visa proporcionar um melhor entendimento de como cada fator (minerais, umidade, matéria orgânica, óxidos de ferro, entre outros) influencia a assinatura espectral dos diferentes solos. De tal modo, o termo “comportamento espectral do solo” é normalmente aplicado para definir as interações da radiação eletromagnética com os diferentes solos e composição, deste modo, parte da energia incidente é absorvida e outra parte é refletida, gerando uma resposta espectral que é coletada pelo espectroradiômetro.

O estudo do solo é de total relevância para o aperfeiçoamento de um manejo eficiente para esse recurso natural. Além de que, quando se estuda o solo entende-se sua formação, as interrelação da sociedade com esse recurso, colaborando para uma melhor compreensão da questão ambiental.

Segundo Lepsch (2010), o solo pode ser definido como a coleção de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, e resulta da ação do clima e de organismos sobre um material de origem, cuja transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo.

Os Latossolos, em especial, são solos muito intemperizados, com pouca diferenciação de horizontes e desenvolvem-se em marcantes e prolongadas condições de ambientes tropicais quentes e úmidos (LEPSH, 2010).

Conforme Ker et al (2012), esses solos têm como principais processos de formação a dessilicificação ou latossilização (laterização), o primeiro é o processo de remoção de Si liberado na alteração e/ou transformação dos minerais ocorrendo associação processos, já o segundo refere-se a camadas de material duro ou cimentado, constituído pela associação de oxido de ferro, caulinita e quartzo, ou seja, esse processo é a acumulação de oxido de Fe e de Al.

A EMPRABA, afirma que, os Latossolos Vermelho-Amarelos são identificados em extensas áreas dispersas em todo o território nacional associados aos relevos, plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade.

Ancorando-se nas teorias - sobre sensoriamento remoto, espectrorradiometria, comportamento espectral e solos - fundamentos e técnicas acima apresentadas, este trabalho tem como objetivo central utilizar a técnica da remoção do contínuo e profundidade de feição para discriminar Goethita e Hematita de um perfil Latossolos Vermelho-amarelo em Morro do Chapéu-BA.

## 2. Metodologia de Trabalho

Morro do Chapéu (figura 1), área de estudo da presente pesquisa, é um município do estado da Bahia localiza-se na região da Chapada Diamantina, na porção central do estado. Com predominância do clima tropical, fortemente alterado pela altitude variando ente 480 a 1.293m, relevo caracterizado por formas tabulares, com grande diversificação geológica e de vegetação diversificada (CPRM, 1995).

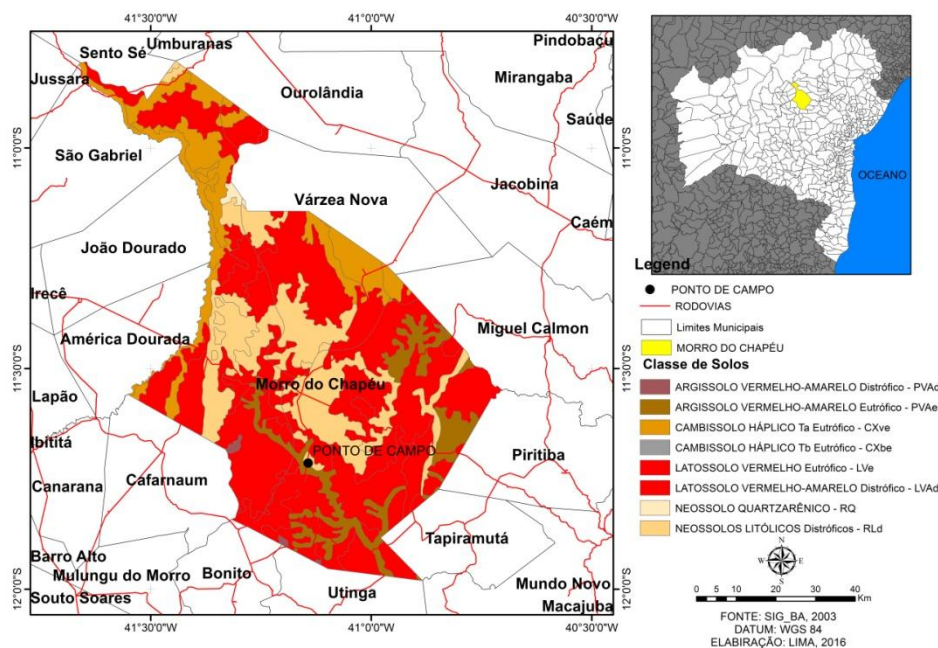


Figura 1. Mapa de localização do município de Morro do Chapéu-Ba.

2.1 Levantamento bibliográfico por meio de livros, artigos e teses como suporte teórico para um melhor desenvolvimento da pesquisa, com base em estudos sobre espectrorradiometria para o estudo de solos, mineralogia e solos;

2.2 Caracterização pedológica e litológica da área de estudo e levantamento de dados pré-existent, utilizando os mapas temáticos produzidos pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, com escala de 1:100.000;

2.3 Pesquisa de campo, que teve como finalidade a definição de horizontes, tendo como base Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e coleta de amostra.

2.4 Análise laboratorial do solo baseada na metodologia de Ben-Dor (1997), utilizando o Espectrorradiômetros ASD FieldSpec, que abrangem o intervalo de 350 a 2500 nanômetros e do software TSG, usado para identificação de minerais, realizada no Laboratório de Espectrorradiometria do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente da UEFS. As amostras de solo coletadas em campo serão secas a 45°C, pesadas, destorroadas e peneiradas com espessura de 2mm;

2.5 Análise das curvas espectrais obtidas pelo Espectrorradiômetros ASD FieldSpec, no software ENVI, e aplicação da remoção do contínuo e profundidade de feição;

2.6 Análise da técnica utilizada.

### 3. Resultados e Discussão

O solo amostrado para análises espectrais, segundo a CPRM (1995), é da classe de solos Latossolo Vermelho-Amarelo álico e distrófico A moderado textura média, argilosa e muito argilosa + Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico álico A moderado textura média, média/argilosa e média/muito argilosa. Inserido em uma área de relevo plano com declives inferiores a 5%, esboçando rampas suavizadas com formações superficiais profundas e rasas. E de predominância litologia de cobertura areno-argilosa e vegetação modificada para agropecuária/agricultura.

No perfil analisado foram identificados quatro horizontes: Horizonte A com 30cm; Horizonte Be (e = escurecimento da parte externada agregada por matéria orgânica) com 40cm; Horizonte Bc (c = concreções e módulos endurecido) com 70cm; Horizonte Bw (w = intensa alteração, com ou sem concentração de sesquióxidos) com 70cm.



Figura 2. Perfil do ponto amostrado: Latossolo-Vermelho amarelo

Sendo o solo constituído de partículas minerais e orgânicas que absorvem e dispersam luz incidente, água (fase líquida) e ar (fase gasosa), os arranjos desses constituintes é que define seu comportamento espectral (Santos et al, 2009). Tendo como principais fatores desse comportamento a constituição mineral, a proporção de matéria orgânica e umidade.

Para tanto, a identificação do contínuo espectral é feita a partir da ligação dos pontos de máxima reflectância do espectro. Sua aplicação é importante na remoção do sinal causado por outras substâncias presentes na amostra que não estão sendo estudadas. Segundo Clark (1999) a remoção do contínuo é um meio de normalizar os espectros de reflectância, tornando possível a comparação de feições de absorção individuais a partir de um valor de base comum, por tanto, cada constituinte do solo tem uma reflectância.

O processo de remoção do contínuo é realizado por meio de uma divisão dentro do espectro para normalizar as bandas de absorção em uma referência comum. Deste modo, os valores de reflectância são normalizados em 1,0 de tal forma que os pontos dos espectros resultantes sejam ajustados entre o contínuo e os espectros menores que 1,0, onde ocorrem feições de absorção (MONTEIRO et al, 2009).



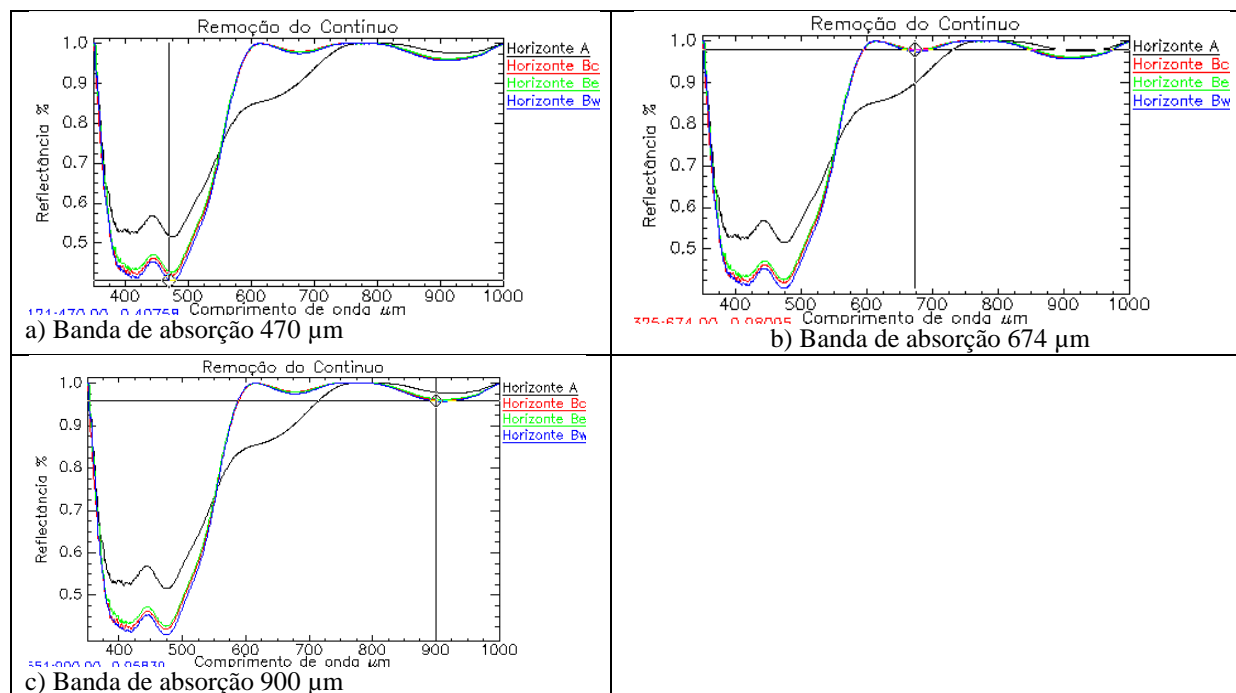


Figura 4. Espectros médios da remoção do contínuo referente ao perfil analisado do Latossolo Vermelho amarelo

As feições espectrais são produzidas como consequência de processos eletrônicos e de processos vibracionais. A razão de estes dois processos ocorrerem em regiões espectrais diferentes vincula-se às exigências de quantidade diferentes de energia radiante para causar ambas as transições (MENESES E MADEIRA NETTO, 2001).

Observa-se nos resultados obtidos que a remoção do contínuo é uma técnica que maximiza os efeitos das feições de absorção espectral de minerais cujas bandas de absorção ocorrem no intervalo do Visível ao Infravermelho Próximo, como é o caso dos óxidos e hidróxido de ferro.

Os diferentes picos que caracterizam o comportamento das curvas na faixa do espectro de 400–1000 μm devem principalmente às interações da radiação eletromagnética com os óxidos e hidróxidos de ferro, especialmente a Hematita e Goethita (TERRA, 2011), que correspondem às transições eletrônicas.

Segundo Meneses e Madeira Netto (2001), algumas dessas feições são responsáveis pela cor que apresentam: vermelho para a hematita e bruno-amarelo para a goethita. Foram encontradas nas bandas de absorção 470 μm e 674 μm feições de goethita e na banda de absorção 900 μm, feições referente à hematita.

A cor do solo é uma propriedade que deriva das características do solo como os óxidos de ferro, e é decorrente disso que é de grande relevância a quantificação desse atributo. Para tanto, a hematita e a goethita são os óxidos de ferro mais comuns, onde solos com hematita são mais vermelhos e com goethita livres de hematita são amarelos. Quando o solo apresenta os dois óxidos de ferro domina a cor vermelha da hematita, afirmam Santos et al. (2009).

A Goethita (FeO(OH)) caracteriza-se por ser um tipo de Óxido de Ferro de cor amarela ou amarelo-laranja, ocorre em solos formados a partir de rochas com baixa concentração de Fe em sua composição, em ambientes oxidantes, é formada nas primeiras etapas do intemperismo dos minerais primários e acumula, portanto nos horizontes mais próximo à rocha. Já a Hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dá a cor característica vermelha e tem um poder pigmentante alta e mesmo a baixas concentrações, ela consegue imprimir a sua cor característica, Concentrações de 1%, desde mineral bem dispersas, tornam solos amarelados em solos vermelhos (ALMEIDA, 2012). Posições mais elevadas na paisagem, solos derivados de

rochas ricas em minerais ferromagnesianos, regiões mais quentes, são algumas situações que favorecem esse óxido de Fe, (MUGGLER, et al, 2005).

A tabela 1 mostra os valores de profundidade de feição para cada banda de absorção, obtidos através da normalização dos espectros, ou seja, da remoção do contínuo. Para poder efetuar divisão o ponto de absorção e a reflectância em cada comprimento de onda, pelo valor equivalente projetado na função linha-reta (CLARK, 1999). Assim, as absorções em um espectro têm dois componentes: contínuo e características individuais. O contínuo é a absorção de fundo sobre a qual outras características de absorção são sobrepostas, afirmam Clark (1999), utilizando a equação 1 para identificar esses valores de profundidade.

$$D = 1 - \frac{R_b}{R_c} \quad (1)$$

Onde D é a profundidade de uma banda de absorção, R<sub>b</sub> é a reflectância no fundo da banda e R<sub>c</sub> é a reflectância do contínuo no mesmo comprimento de onda que R<sub>b</sub> (CLARK, 1999).

Tabela 1. Profundidade de feição por banda de absorção.

Horizontes	Banda de absorção	Banda de absorção	Banda de absorção
	470 μm	674 μm	900 μm
A	907	748	918
Be	1.095	687	933
Bc	1.116	686	935
Bw	1.152	689	939

Segundo Terra (2007), estes parâmetros, associados às bandas de absorção, servem como indicadores quantitativos das propriedades espectrais das amostras analisadas. Dentre os horizontes analisados, o horizonte Bw teve maior profundidade nas bandas de absorção da goethita, com profundidade de feição de 1.152, referente à banda de absorção 470 μm e profundidade de 689, referente à banda de absorção 674 μm, devido a esse horizonte está mais próximo da rocha. O horizonte Bw também teve maior profundidade de feição na banda de absorção referente à hematita (900 μm), com profundidade de 939.

A goethita possui maior profundidade de feição do que a hematita nos horizontes analisado. Segundo Fernandes et al. (2004), a hematita, é menos estável que a goethita e pode não ocorrer nos solos mais amarelados. Porém a goethita pode estar presente nos solos bastante avermelhados, em vista do relevante poder de pigmentação da hematita.

O horizonte A teve menor profundidade de feição em todas as bandas de absorção, devido à quantidade de matéria orgânica presente nesse horizonte, já que esta influencia na forma e no albedo da curva espectral ao longo de todo o espectro óptico, sendo que, na literatura, diferentes intervalos espectrais são utilizados em algoritmos para predizer seu teor no solo (DALMOLIM, et. al. 2005). A presença de matéria orgânica nos horizontes A, provavelmente estão relacionado ao clima mais chuvoso.

#### 4. Conclusões

Através das técnicas de remoção do contínuo e profundidade de feição foi possível identificar feições da goethita e hematita no perfil analisado. Os parâmetros das feições espectrais apresentaram melhor resultado com aplicação dessas técnicas, inferindo em que horizonte há maior e menor quantidade desses óxidos e hidróxidos de ferro no Latossolo – Vermelho amarelo no intervalo do Visível ao Infravermelho Próximo.

Desta forma pode-se afirmar que a classificação deste perfil é decorrente da maior presença do mineral goethita nos horizontes, isso pode ser validado com os dados espectrais.

Assim, é possível afirmar que a aplicação da profundidade de feição é pertinente no auxílio da ciência dos solos e classificação pedológica.

### Agradecimentos

A UEFS, por toda estrutura adequada para elaboração da pesquisa, A PROBIC, pelo apoio financeiro ao projeto, e ao pessoal do grupo de pesquisa por todo apoio. Obrigada!

### Referências Bibliográficas

Almeida, C. D. S. **Espacialização e Quantificação de Sesquióxidos de Ferro (Goethita e Hematita) em Solos Tropicais por Meio de Sensoriamento Remoto Hiperespectral**. Dissertação de mestrado, 67p. Brasília – DF, 2012.

Breunig, F. M.; Camargo, F. F.; Adami, M.; Mantelli, L. R.; Costa, M. C.; Ponzoni, F. J.; Freitas, J. G. Aplicação da técnica de remoção do contínuo para a discriminação espectral de diferentes dosagens de Nitrogênio aplicadas ao trigo (*Triticum aestivum*, L. - IAC-370). **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 91-98.

Ben-Dor, E. et al. The reflectance spectra of organic matter in the visible near-infrared and short wave infrared region (400- 2500) during a controlled decomposition process. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.61, p.1-15, 1997.

Clark, R. N. Spectroscopy of rocks and minerals and principles of spectroscopy. In: Rencz, A. N. **Remote Sensing for the Earth Sciences**. Canada: John Wiley & Sons Inc, 1999. 706 p. Cap. 1, p. 3-58.

CPRM – Serviços Geológicos do Brasil. **Projeto Mapas Municipais - Município de Morro do Chapéu (Ba) : informações básicas para o planejamento e administração do meio físico**/Organizado por Antônio José Dourado Rocha e Iveraldo Vieira Gomes da Costa. — Salvador : CPRM, 1995. 3 v.: il. color. ; 16 mapas anexo, gráficos, tabelas.

Dalmolin, R. S. D.; Gonçalves, C. N.; Klamt, E.; Dick, D. P.; Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.35, n.2, p.481-489, mar-abr, 2005 ISSN 0103-8478.

EMBRAPRA – SOLOS TROPICAIS: Latossolo vermelho- amarelo. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vj04.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vj04.html)>

Epiphânio, 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, SP, INPE, 1992. 132 p. (INPE-5424-PRP/172).

Fernandes, R. B. A.; Barrón, V.; Torrent, J. & Fontes, M. P. F. 2004. Quantificação de óxidos de ferro de Latossolos brasileiros por espectroscopia de reflectância difusa. **R. Bras. Ci. Solo**. 28: 2433-257.

Figueiredo, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Conab – Companhia nacional de abastecimento. Projeto SIGABrasil, setembro de 2005. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf)>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição. Rio de Janeiro, 2007.

Lepsch, I. F. **Formação e conservação dos solos** / Igo F. Lepsch. 2. ed. – São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

Meneses, P. R.; Madeira Netto, J. S. **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais**/ Organizadores Paulo Roberto Meneses, Jose da Silva Madeira Netto - Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrado, 2001.

Monteiro, P. F. C.; Filho R. A.; Monteiro, R. O. C.; Adami, Marcos.; Moreira, M. A. Aplicação da técnica da remoção do contínuo para a discriminação espectral de diferentes doses de Nitrogênio e lâminas de irrigação

aplicadas à cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p.301-308.

Muggler, C. C., Cardoso, I. M., Fontes, M. R. M. P. F., Abrahão, W. A. P., Carvalho, A. F., **Conteúdos básicos de geologia e pedologia para as disciplinas de SOL 213, SOL 215 e SOL 220** Viçosa - Minas Gerais, 2005.

INPE. **Métodos de análise de dados hiperespectrais**, 2008.

Pedrosa, S. A.; Meneses, P. R.; Carmelo, A. C. Espectrorradiometria de reflectância de rochas carbonáticas na região do infravermelho de ondas curtas. **Revista Brasileira de Geociências**. Sandra Aparecida Pedrosa et al.. 40(4): 593-599, dezembro de 2010 Arquivo digital disponível on-line no site [www.sbgeo.org.br](http://www.sbgeo.org.br) 593.

Santos, A. A. et al. Caracterização de óxidos de ferro por espectroscopia de reflectância difusa dos Argissolos e Latossolos de Pernambuco. **Anais IX JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO (IX JEPEX), 2009**. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r0586-1.pdf>

Terra, F. S. **Estudo da contribuição do comportamento espectral de diferentes substratos do bioma pampa na componente espectral dos modelos agrometeorológicos-espectrais**. Dissertação de mestrado, 189 p. Porto Alegre, 2007.

Terra, F. S. **Espectroscopia de reflectância do visível ao infravermelho médio aplicado aos estudos qualitativos e quantitativos de solos**. Tese de doutorado, 374p. Piracicaba, 2011.