

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE REMOÇÃO DO CONTÍNUO NA ANÁLISE DOS ESPECTROS DE REFLECTÂNCIA DE SOLO

Ayala de Souza Reis Carneiro¹, Erli Pinto dos Santos², Taíse Bomfim de Jesus³

¹ Estudante de Engenharia Agrônômica, UEFS, Feira de Santana-BA, ayala.reis@hotmail.com

² Estudante de Engenharia Agrônômica, UEFS, Feira de Santana-BA, erlitec.agri@hotmail.com

³ Professora Doutora, DEXA, UEFS, Feira de Santana-BA, taisebj@hotmail.com

RESUMO: A viabilidade da quantificação de atributos do solo por meio de sua curva espectral baseia-se na intensidade da curva, assim como nas absorções de energia eletromagnética em pontos específicos ou em intervalos da curva, uma vez que diferentes quantidades de certos atributos presentes no solo podem aumentar ou diminuir a reflectância espectral em diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético. O presente trabalho objetivou analisar dados radiométricos de amostras de solo da estação agroecológica Rio Seco, Amélia Rodrigues, Bahia, com uso da técnica de remoção do contínuo. Sabe-se que a análise dos espectros originais é delicada por não apresentar detalhamento das informações contidas nas curvas espectrais, neste sentido, a aplicação de metodologias de processamento de dados hiperespectrais é imprescindível. A técnica de remoção do contínuo possibilitou avaliar as bandas de absorção e o relacionamento dessas com a presença de determinados constituintes do solo, em especial o teor de matéria orgânica, que apresenta correlação significativa com a intensidade da reflectância em todo o espectro.

PALAVRAS-CHAVE: matéria orgânica, sensoriamento remoto hiperespectral, espectroscopia solos.

INTRODUÇÃO

Estudos recentes demonstram que o sensoriamento remoto vem se constituindo como meio imprescindível no estudo de solos, permitindo a aquisição sistemática de dados hiperespectrais úteis para o conhecimento dos atributos deste sistema. O comportamento espectral do solo é condicionado por todos os elementos que o constitui, em especial o teor de matéria orgânica (MO). A MO é de grande importância em solos tropicais, influenciando diretamente em suas propriedades físicas, químicas, biológicas, mineralógicas e, portanto apresenta forte relação com a reflectância do solo (MADEIRA NEETO, 2001). As curvas espectrais apresentam feições típicas ou bandas de absorção, devido a interação dos átomos e moléculas dos diferentes constituintes do solo com a radiação eletromagnética em um dado comprimento de onda específico. Diversos autores mencionam na literatura a utilização de diferentes intervalos espectrais em algoritmos para prever o teor de MO no solo (DALMOLIN, et.al, 2005). Formaggio (1983); Krishman et. al. (1980); Stoner (1979) citam que as melhores faixas espectrais para a discriminação da MO estão na região do visível, compreendendo o intervalo de comprimento onda de 500 a 700 nm (ALVARENGA, et. al. 2003). A análise dos espectros originais é delicada por não possuir detalhamento das informações contidas nas curvas espectrais, desse modo técnicas de processamento de dados hiperespectrais são de fundamental importância nesse tipo de análise, e a remoção do contínuo proporciona a normalização dos espectros em relação a uma referência comum, possibilitando a identificação das feições de absorção. A técnica de remoção do contínuo proposto por Clark e Roush (1984) fundamenta-se em remover as feições contínuas dos espectros de reflectância. De acordo com Clark (1999) a remoção do contínuo possibilita normalizar os espectros de reflectância, possibilitando a comparação de feições de absorção individuais em decorrência de um valor de base comum, que resulta em um maior

detalhamento dos atributos das bandas de absorção. O contínuo resulta em um espectro de reflectância que é modelada por uma função matemática, isolando as bandas de absorção particulares dos espectros de reflectância além de acentuar as feições. Neste sentido, o presente trabalho objetivou analisar dados radiométricos de amostras de solo da Estação Agroecológica Riso Seco, Amélia Rodrigues, Bahia, com uso da técnica de remoção do contínuo para extrair informações relacionadas ao teor de MO presente no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Centro de Agroecologia Rio Seco (CEARIS - UEFS), no município de Amélia Rodrigues-BA. Foram determinadas duas áreas de estudo, onde são duas áreas que possuem o recobrimento pela mesma cultura, entretanto apresentam estádios de degradação diferente. Procederam-se coletas de amostras da camada superficial do solo durante os meses de dezembro de 2016 e fevereiro de 2017. A determinação analítica de MO seguiu a NBR 13.600 que é a determinação do teor de matéria orgânica por queima em alta temperatura. Foi pesado 2g das amostras em um recipiente porcelanato previamente aquecido na estufa por 100°/ 1 hora, posteriormente a amostra foi levada a mufla e aquecida por 6 horas a 500°C, em seguida as amostras foram pesadas e o teor de MO foi obtido a partir da equação 1.

$$\%MO = (p1 - p2) \times \frac{100}{m} \quad (1)$$

Em que p1 refere-se a massa da amostra mais a massa do recipiente calcinado, p2 é a massa da amostra mais o recipiente após 500° C/ 6 horas e m é a massa da amostra mais recipiente menos a massa do recipiente após 100°C. As medidas radiométricas foram realizadas no Laboratório de Espectrorradiometria do Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM), localizado Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) utilizando o espectrorradiômetro FieldSpec 3 (ASD Inc. – A PANalytical Company®), com faixa espectral de captação de sinal de 350 à 2.500 nm com 2.151 bandas do espectro eletromagnético, resolução de 3 nm até 700 nm e de 8 nm até 1.400/2.100 nm. Prontamente com o sensor, fazem parte do FieldSpec: um computador notebook; baterias de alimentação; interface espectrorradiômetro. Computador: porta bidirecional; RS2; software de interface com o usuário: algoritmo para aquisição, interpretação e armazenamento, processamento de dados, fator de reflectância, radiação da fonte, energia refletida. O preparo das amostras consistiu no quarteamento da amostra, peneiramento em malha de 2 mm e secagem em estufa a 45 °C por 24 horas. Foram realizadas cinco leituras para cada área e posteriormente obteve-se uma média aritmética.

Remoção do Contínuo

A técnica de remoção do contínuo possibilita acentuar feições desejadas, reduzir os efeitos externos e identificar elementos, em estudo o teor de MO, onde o contínuo é uma função matemática aplicada para isolar bandas de absorção específica dos espectros de reflectância, permitindo qualificar a análise espectral (BREUNIG et al., 2007). A formulação matemática para a remoção do contínuo dos espectros de reflectância é dada pela equação 2.

$$\rho_{CRA} = \left(\frac{\rho_{Original\lambda}}{\rho_{Contínuo\lambda}} \right) \quad (2)$$

Em que $\rho_{CR\lambda}$ é o fator de reflectância com o contínuo removido, $\rho_{Original\lambda}$ o fator de reflectância original, e $\rho_{Contínuo\lambda}$ é o espectro do contínuo. Mediante a isto, os pontos de máxima reflectância de um espectro são ligados por uma reta, a qual define o contínuo espectral para cada feição. A sua remoção é feita dividindo-se o espectro original pela curva do contínuo, para normalizar as bandas de absorção, colocando-as em uma referência comum (LONDE, 2008). O espectro contínuo utilizado no presente estudo compreende uma banda espectral referente a região do visível, entre 380 e 700 nm, contudo o espectro do contínuo pode ser formulado matematicamente pela equação da reta, onde o coeficiente angular (k) é definido pela equação 3 e o coeficiente linear (w) é obtido pela equação 4, podendo serem os limites superiores e inferiores de cada banda ajustados pelo analista.

$$k = \frac{y_2 - y_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \quad (3)$$

$$w = \frac{[y_1 \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)] + [-\lambda_1 \cdot (y_2 - y_1)]}{\lambda_2 - \lambda_1} \quad (4)$$

Em que y_2 é a ρ observada no limite superior da banda, e y_1 é a ρ observada no limite inferior da banda; λ_2 é o comprimento de onda do limite superior da banda e λ_1 é o comprimento de onda do limite inferior da banda. Para se obter a profundidade de banda Bd, utiliza-se a equação 05 (Kokaly e Clark, 1999; Noomem et al., 2005). A profundidade da banda de absorção apresentada por Clarck e Rough (1984) está associada à quantidade de energia absorvida (BREUNIG et al., 2007).

$$Bd = (1 - \rho_{CR\lambda}) \quad (5)$$

O contínuo deve ser removido por subtração quando relacionado ao espectro de absorbância e por divisão quando se trabalha com o espectro da reflectância (Clarck e Roush, 1984; Meer, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1, encontram-se os resultados referentes aos teores de MO obtidos em cada área de estudo e em cada mês de amostragem.

Tabela 1: Teores de matéria orgânica encontrados nos solos em estudo.

Teor de Matéria Orgânica (%)		
Local	Dez./2016	Ferv./2017
Área 01	2.84	7.76
Área 02	3.83	4.87

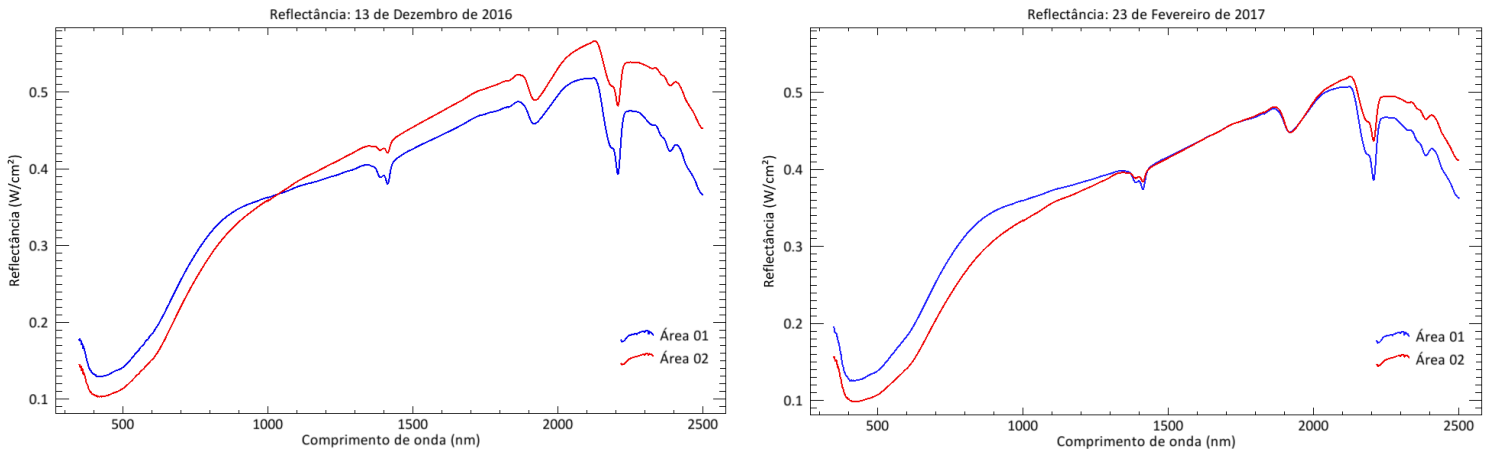


Figura 1: Espectros de reflectância de amostras de solos: dezembro de 2016 (à esquerda) e fevereiro de 2017 (à direita).

Os comportamentos espectrais que ocorram ao longo do espectro de reflectância constituem feições diagnósticas que podem ser utilizados para definir atributos do solo, como em estudo, o teor de matéria orgânica. De acordo com Dalmolin (2005) além de feições particulares de absorção, a reflectância é caracterizada pela forma e pelo albedo da curva espectral. Muitos estudos descrevem o papel da MO no comportamento espectral do solo, Krishman et. al. (1980) e Stoner (1979) apresentam estudos que estabelecem intervalos espectrais que são utilizados em algoritmos para predizer seu teor no solo, estabelecendo características de absorção em bandas na região do visível, compreendendo o intervalo de comprimento de onda de 500 a 700 nm. A figura 1 apresenta as curvas espectrais das áreas e meses em estudo. De modo geral, os espectros de reflectância apresentam curvas com assinaturas semelhantes, entretanto foi registrado, para o comprimento de onda característico, maior albedo na área 01 em ambos os meses, apresentando maiores valores de reflectância. Em estudos para o teor de matéria orgânica do solo, Balena (2011); Dalmolin et al. (2005); Franceschini et al.(2013); Bellinaso (2009), relatam que neste intervalo de comprimento de onda, quanto menor a reflectância maior é o teor de matéria orgânica, indo em concordância com os valores obtidos no mês de dezembro de 2016.

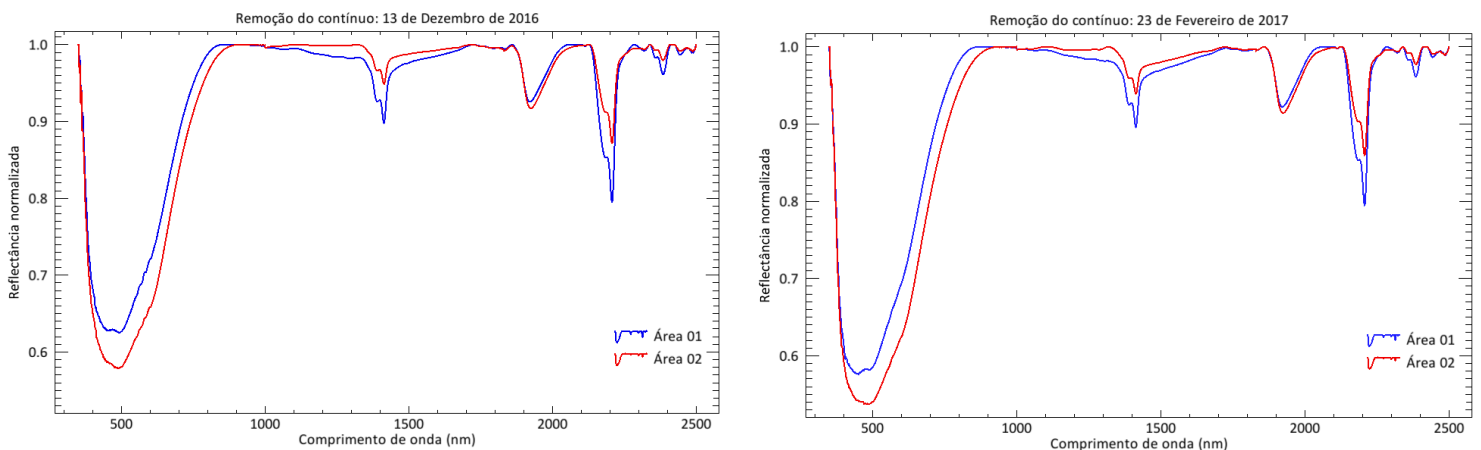


Figura 2: Gráficos de reflectância normalizada dos espectros originais: dezembro de 2016 (à esquerda) e fevereiro de 2017 (à direita).

O método de remoção do espectro contínuo foi utilizado para isolar as características espectrais em comprimentos de ondas específicos, acentuando as diferenças nas

profundidades das bandas de absorção dos principais fatores envolvidos, em especial a matéria orgânica (D'ARCO et al. 2003). Os resultados obtidos após a remoção do contínuo condizem com os espectros originais, apresentados nos gráficos de reflectância da figura 01, pois verifica-se feições de absorção na região do visível relacionadas às concentrações do teor de matéria orgânica.

CONCLUSÕES

Verificou-se uma estreita relação entre o comportamento dos valores de reflectância originais e as curvas espectrorradiométricas obtidas com base na técnica de remoção do contínuo, o que possibilitou uma análise mais precisa das feições de absorção provocadas pelo teor de matéria orgânica. O método de remoção do espectro contínuo mostrou-se como uma eficaz metodologia para o processamento de dados radiométricos hiperespectrais de amostras de solos do CEARIS-UEFS, onde os resultados obtidos a partir da remoção do contínuo foram condizentes com os dados originais, corroborando com outros autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, B. S.; D'ARGO, E.; ADAMI, M.; FORMAGGIO, A. R.; – Manual de Referencia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, Belo Horizonte, 2003. Anais. São José dos Campos: INPE, 1993. p. 2-12.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13600: Solo-Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440°C.** Rio de Janeiro: Globo, 1996.

BALENA, S. P. **Correlação de análises físico-químicas e espectroscópicas de laboratório com dados obtidos em campo por espectrorradiômetro.** 2011. 105 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

BELLINASSO, H. **Biblioteca espectral de solos e sua aplicação na quantificação de atributos e classificação.** 2009. 265 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura " Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2009.

BREUNIG, Fábio Marcelo et al. Aplicação da técnica de remoção do contínuo para a discriminação espectral de diferentes dosagens de Nitrogênio aplicadas ao trigo (*Triticum aestivum*, L. - IAC-370). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Inpe, 2007. p. 91 - 98.

CLARK, R. N. Chapter 1: Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy. In: **Manual of Remote Sensing**, Volume 3, Remote Sensing for the Earth Sciences, (A.N. Rencz, ed.) John Wiley and Sons, New York, p 3- 58, 1999.

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.

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.

DEMATTÊ, J. A. M. Characterization and discrimination of soils by their reflected electromagnetic energy. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p.1445-1458, 2002.

Formaggio, A. R. Comportamento espectral de quatro solos do estado de São Paulo nos níveis orbital, de campo e de laboratório. São José dos Campos. 140 p. (INPE-2878-TDL/144). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1983.

MADEIRA NETO, J. S. **Comportamento Espectral do Solo: Sensoriamento Remoto**. Editora Universidade de Brasília-UnB, Embrapa Cerrados, Brasília, p.127-153, 2001.