



TÉCNICAS DE REMOÇÃO DO CONTÍNUO POR MEIO DE UMA BIBLIOTECA ESPECTRAL NAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA BARRA DOS COQUEIROS (GO)

Ana Karoline Ferreira dos **Santos**¹, Douglas Stefanello **Facco**², João Batista Pereira **Cabral**³,
Waterloo Pereira **Filho**⁴

(1 - Universidade Federal de Goiás, Mestranda em Geografia, karoljti.santos@gmail.com, 2 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Doutorando em Sensoriamento Remoto, douglas.s.facco@gmail.com 3 - Universidade Federal de Goiás, Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, jbcabral2000@yahoo.com.br, 4 - Universidade Federal de Santa Maria, Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, waterloopf@gmail.com)

Resumo: A biblioteca espectral consiste em organizar um banco de dados com as curvas do espectro de reflectância bidirecional coletadas em campo e inseridas em softwares ou aplicativos computacionais, os quais auxiliam na aplicação de importantes técnicas de análise da informação espectral, como a remoção do contínuo. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo aplicar técnicas de remoção do contínuo com base na construção da biblioteca espectral do software ENVI 5.3 e a do programa computacional Microsoft Excel para 40 pontos de amostragem de águas no reservatório da usina hidrelétrica Barra dos Coqueiros (GO). Para concretização desse estudo utilizou-se espectrorradiômetro portátil de campo modelo FieldSpec® HandHeld, na faixa de 400 nm a 900 nm. Como resultado verificou-se que a faixa com melhor realce da absorção de clorofila “a” e sólidos em suspensão corresponde as bandas de 480 nm a 580 nm. A utilização dos programas ENVI 5.3 e Excel, demonstram resultados eficientes, capazes de representar a reflectância e a remoção do contínuo dos dados coletados em campo.

Palavras chave: Reflectância bidirecional. Parâmetros da banda. Clorofila “a”, Remoção do Contínuo.



CONTINUOUS REMOVAL TECHNIQUES THROUGH THE SPECTRAL LIBRARY OF THE WATER FROM THE RESERVOIR OF THE HYDROELECTRIC BARRA DOS COQUEIROS (GO)

Abstract: The spectral library consists of constructing a database with bidirectional reflectance spectrum curves collected in the field and inserted in software or computer applications, which help in the application of important spectral information analysis techniques, such as the removal of the continuous. In this sense the present work has for objective the application of techniques of removal of the continuum based on the construction of the spectral library in software ENVI 5.3 and Microsoft program Excel to 40 sampling points of water collected in the reservoir of the Hydroelectric Barra dos Coqueiros (GO). For realization the study, a FieldSpec® Hand Held Field Portable Spectroradiometer was used in the range of 400 nm to 900 nm. As a result it was found that the range with the best enhancement of the absorption of chlorophyll a and solids in suspension corresponds to the bands of 480 nm at 580 nm. And the use of the ENVI 5.3 and Excel programs, demonstrate efficient results, capable of representing the reflectance and the removal of the continuous data collected in the field.

Keywords: Bidirectional reflectance. Band Parameters. Chlorophyll a. Continuous Removal.

TÉCNICAS DE LA REMOCIÓN CONTINUA POR UNA BIBLIOTECA ESPECTRAL EN LAS AGUAS DEL RESERVATORIO DE LA USINA HIDROELÉCTRICA BARRA DE LOS COQUEIROS (GO)

Resumen: La biblioteca espectral consiste en organizar una base de datos con las curvas del espectro de reflectancia bidireccional recogidos en campo e insertadas en softwares o aplicaciones computacionales, los cuales auxilian en la aplicación de importantes técnicas de análisis de la información espectral, como la remoción del continuo. En este sentido, el presente trabajo tiene por objetivo aplicar técnicas de remoción del continuo con base en la construcción de la biblioteca espectral del software ENVI 5.3 y la del programa computacional Microsoft Excel para 40 puntos de muestreo de aguas, recogidos en el reservatorio de la Usina hidroeléctrica Barra de los Coqueiros (GO). Para concreción de este estudio se utilizó espectrorradiómetro portátil de campo modelo FieldSpec® Hand Held, en el rango de 400 nm a 900 nm. Como resultado comprobó que la banda con mejor realce de la



absorción de clorofila "a" y sólidos en suspensión corresponde a las bandas de 480 nm a 580 nm. Y la utilización de los programas ENVI 5.3 y Excel, demuestran resultados eficientes, capaces de representar la reflectancia y la remoción del continuo de los datos recolectados en campo.

Palabras clave: Reflectancia bidireccional. Parámetros de la banda. Clorofila "a". Eliminación del Continuo.

1. Introdução

A interação entre a radiação eletromagnética e a superfície terrestre é um processo complexo e que exige o conhecimento de espectrorradiometria, a qual a partir de imagens orbitais e dados do instrumento espectrorradiômetro de campo fornecem importantes informações sobre a padrões espectrais de um determinado alvo, como a água.

Para Barbosa (2005) medidas espectrorradiométricas de reflectância realizadas *in situ* descrevem com maior fidelidade a água e seus constituintes opticamente ativos do que as imagens de satélite, devido a menor influência dos efeitos atmosféricos e de escala. De acordo com Cabral et al.(2003) os estudos de comportamento espectral da água podem ser realizados a partir da aquisição simultânea de dados espectroradiométricos e dados *in situ* de parâmetros de qualidade da água, como clorofila "a" e sólidos em suspensão.

No entanto, para uma correlação eficaz é essencial a interpretação da informação do espectro de reflectância bidireccional da água, um meio para concretização desse processo corresponde a construção da biblioteca espectral, que refere a um banco de dados com todas as assinaturas espectrais de interesse coletadas em campo, que auxiliam na aplicação de importantes técnicas de espectrorradiometria, como a remoção do contínuo, para relacionar com alvos da superfície terrestre.

Desenvolvida por Clark e Rough (1984) a remoção do contínuo refere-se à uma função matemática que isola bandas de absorção particulares dos espectros de reflectância com suas feições de absorção, possibilitando assim, uma melhor compreensão dos diferentes parâmetros das bandas espectrais (CLARK; ROUSH, 1984).

Para remoção do contínuo os pontos de máxima reflectância de um espectro são ligados por uma reta, que corresponde o contínuo espectral para cada feição, sendo que 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, que varia de 0 a 1 (CLARK; ROUSH, 1984). “Esta técnica, portanto, permite que se remova o componente do sinal causado por substâncias que não estão sendo estudadas, mas que estão presentes na amostra” (p.393, LONDE et al., 2005).

Em pesquisas desenvolvidas por Toniolo (2016) aplicou a remoção do contínuo para normalizar espectros de reflectância e comparar as feições de absorção individuais a partir de uma referência comum, sendo utilizado o software ENVI 5.0, mais especificamente a ferramenta “*Continual removal*”, a qual gera o gráfico de forma automática. No entanto, outras ferramentas computacionais realizam a remoção do contínuo de forma manual, como das diversas versões do Microsoft Excel, que por meio da aplicação de fórmulas estatísticas geram além da remoção do contínuo, a largura, assimetria, altura, profundidade da banda.

Nessa perspectiva objetiva nessa pesquisa obter informações sobre o comportamento espectral da água com auxílio da construção da biblioteca espectral para geração da remoção do contínuo e sua comparação com os parâmetros limnológicos clorofila “a” e sólidos em suspensão em 40 pontos de amostragem nas águas do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Barra dos Coqueiros (GO), durante os períodos de 05/fevereiro e 03/agosto de 2016, respectivamente meses de elevada e baixa precipitação no cerrado brasileiro.

A justificativa para desenvolvimento desse estudo refere-se o uso da remoção do contínuo para relacionar bandas de absorção com os Componentes Ópticamente Ativos (COAs) e que determinam o comportamento espectral das águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO).

2 Material e Método

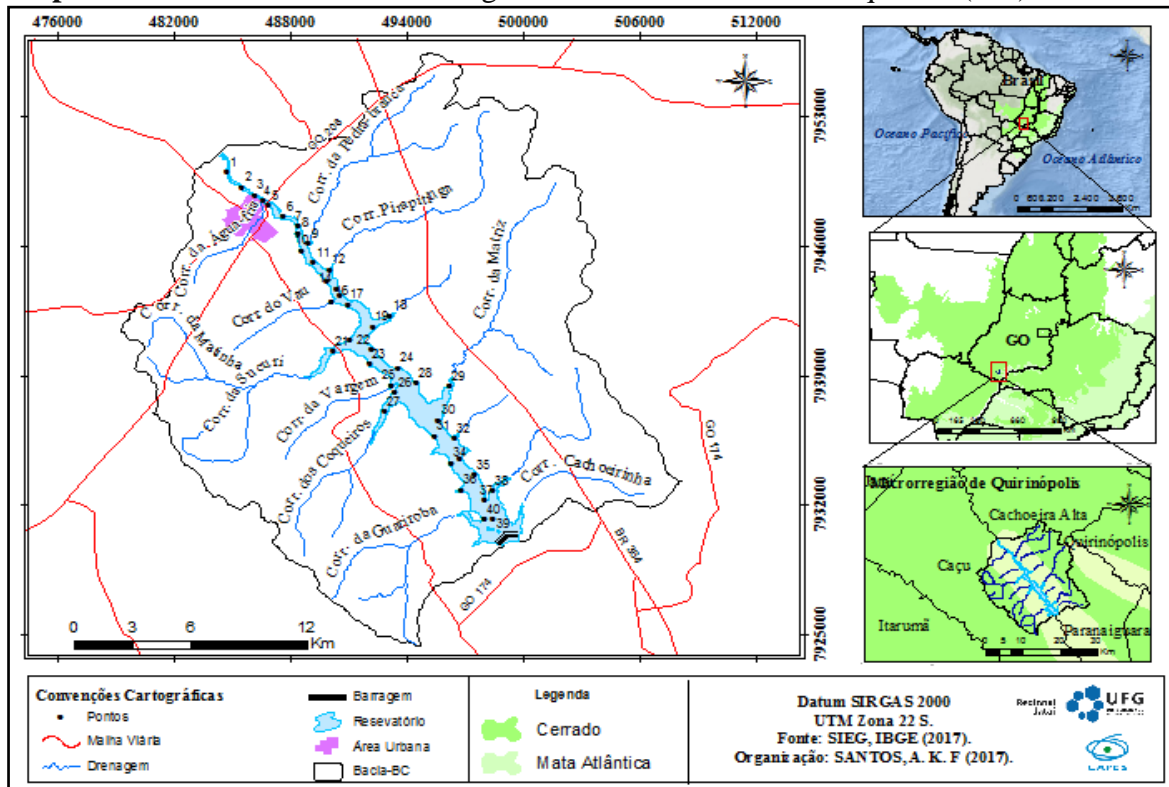
2.1 Localização da área de estudo

O reservatório da bacia hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros apresenta uma área de 25,48 km² e encontra-se localizado na região central do Brasil, especificamente no sudoeste do estado de Goiás, entre os municípios de Caçu e Cachoeira Alta, sendo seu principal curso hídrico o rio Claro, um dos afluentes do rio Paranaíba conforme destacado no mapa 1.

Devido a extensão do reservatório foram selecionados 40 pontos georreferenciados para coleta de dados dos espectros de reflectância bidirecional da água e simultaneamente das

variáveis limnológicas; clorofila “a” e Concentração de Sólidos em Suspensão (CSS), as missões de realizadas nos dias 06 de fevereiro de 2016 e 03 de agosto de 2016.

Mapa 1 -Reservatório da bacia hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros (GO).



Organização: SANTOS, A. K. F (2017)

2.2 Coleta de dados dos espectros de reflectância bidirecional

Para análise dos espectros utilizou-se o instrumento espectrorradiômetro portátil de campo modelo FieldSpec® HandHeld, que produz dados na faixa de 325 nm a 1.075 nm (visível e infravermelho próximo) do espectro eletromagnético, entretanto nesse estudo utilizou-se apenas os comprimentos de onda entre 400nm e 900nm, pelo fato desse intervalo espectral apresentar menor quantidade de ruídos e corresponder à faixa de interesse para identificação dos componentes opticamente ativos da água (PEREIRA FILHO et al., 2005).

Os resultados obtidos por intermédio do espectrorradiômetro são dados em radiância, que são convertidos para fator de reflectância bidirecional com auxílio do software do próprio aparelho, que realiza uma razão entre o fluxo refletido por uma superfície ou alvo terrestre e o fluxo refletido por uma superfície lambertiana ideal na mesma geometria (mesmas condições de iluminação e observação). Nesse estudo utilizou a placa Spectron, segundo Jensen (2009) é

uma resina termoplástica branca (ou cinza) que possui um perfil de reflectância extremamente lambertiano (100% de reflectância). Definida a curva de reflectância bidirecional de cada ponto de amostra aplicou-se a técnica média móvel (com filtros de 5x5), com finalidade de minimizar os ruídos gerados durante a coleta dos espectros.

2.3 Biblioteca espectral (Library Spectral) e a Remoção do Contínuo

A construção da biblioteca espectral ocorreu inicialmente com a importação dos dados do espectro de reflectância da água para o software HH2 Sync, em seguida salvos em arquivos do tipo texto (txt), utilizando o aplicativo *ViewSpecPro™*, da empresa ASD. Posteriormente o documento em “txt” é importado para uma planilha do editor de texto-bloco de notas, sendo organizados em colunas verticais os dados da faixa espectral de 400 nm a 900 nm e em colunas horizontais digitado o valor de reflectância nos 40 pontos de amostragem. Em sequência os dados foram inseridos na ferramenta “*Library Spectral builder*” presente no software ENVI 5.3, com licença para o laboratório de Geotecnologias (Labgeotec) da Universidade Federal de Santa Maria.

A faixa espectral de 400 nm a 900 nm apresenta maior correlação com os componentes opticamente ativos na água, os quais foram mensurados nessa pesquisa com uso da metodologia de Mackinney (1941) para concentração de clorofila “a” (Chl-a) e a proposta de Wetzel e Likens (1991) e APHA (1998) para concentração de sólidos em suspensão (CSS).

Os valores de clorofila “a” e CSS destacados nessa pesquisa equivalem aos pontos com maior e menor concentrações no reservatório e que são utilizados como ponto de referência para cálculo dos parâmetros das bandas espectrais, como assimetria, largura e altura, das feições de absorção com finalidade de realçar as diferenças na assinatura espectral das curvas de reflectância coletadas em ambos os campos.

Na biblioteca espectral no ENVI 5.3 aplicou-se a remoção do contínuo para faixa de 400 nm a 900 nm na ferramenta “*Continual removal*”. Os dados de reflectância organizados no formato “*txt*” foram transferidos para o Microsoft Excel, nesse programa computacional organizou-se a biblioteca espectral e em sequência gerado a remoção do contínuo, sendo

iniciada com o cálculo manual da reta do espectro do contínuo, a qual foi realizada conforme as equações (1) e (2), apresentada em Breunig et al.(2007).

(1)

$$k = \frac{P2 - P1}{\lambda2 - \lambda1}$$

(2)

$$w = \frac{[P1(\lambda2 - \lambda1)] + [-\lambda1(P2 - P1)]}{\lambda2 - \lambda1}$$

Onde: k é o coeficiente angular da reta, w coeficiente linear w , $\lambda1$ é o comprimento de onda do limite inferior da feição de absorção, $\lambda2$ o comprimento de onda do limite superior, $\rho1$ representa a reflectância do limite inferior, e $\rho2$ a reflectância do limite superior.

Com a geração da reta do contínuo calculou-se sua remoção, com base na inserção da equação (3)

(3)

$$\rho(CR\lambda) = \frac{\rhoOriginal(\lambda)}{\rhoContínuo(\lambda)}$$

Onde: $\rho(CR\lambda)$ = é o fator de reflectância direcional cônico com o contínuo removido; $\rhoOriginal(\lambda)$ = Espectro de reflectância; $\rhoContínuo(\lambda)$ = Curva do contínuo; λ = Comprimento de onda.

Outro parâmetro analisado nessa pesquisa refere a profundidade de banda, a qual está associada a energia absorvida, sendo calculada de acordo com a equação 4 (Rough, 1984).

(4)

$$Bd = (1 - pcr\lambda)$$

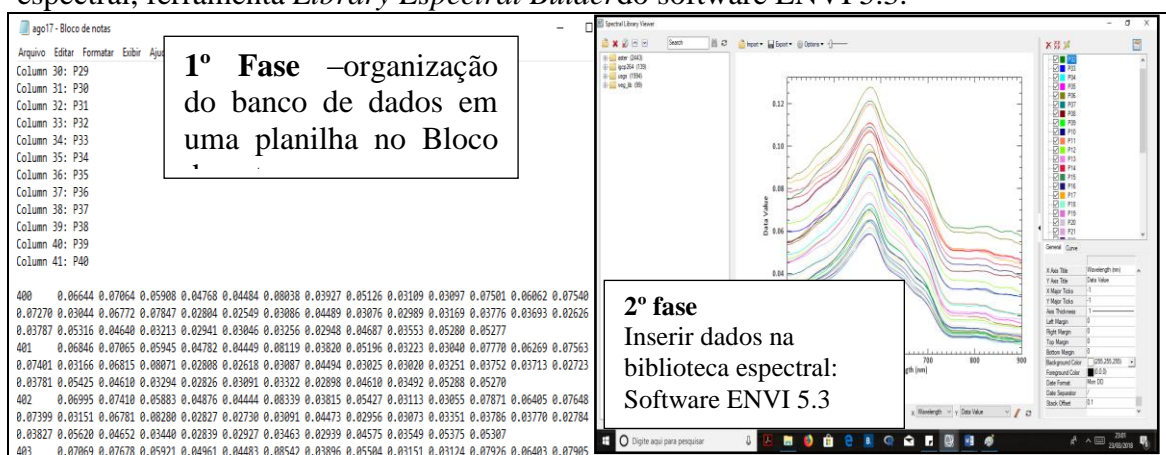
Onde: Bd é a profundidade de banda, 1 é a constante e $pcr\lambda$ representa o fator de reflectância direcional cônico com o contínuo removido.

Posteriormente a geração do cálculo da remoção do contínuo nos aplicativos Microsoft Excel e ENVI 5.3 foram gerados correlogramas de Pearson para verificar semelhanças ou diferenças entre os resultados obtidos em ambos os programas.

3 Resultados e discussões

A construção da biblioteca espectral na ferramenta “*Library Spectral builder*” do software ENVI 5.3, determinou inicialmente um gráfico com as curvas de reflectância bidirecional da faixa espectral de 400 nm a 900 nm para cada período de amostragem, como exemplificado na figura 1.

Figura 1 -Espectros de reflectância bidirecional com média móvel plotados na biblioteca espectral, ferramenta *Library Spectral Buiderto* do software ENVI 5.3.



Organização: SANTOS, A. K.F (2017).

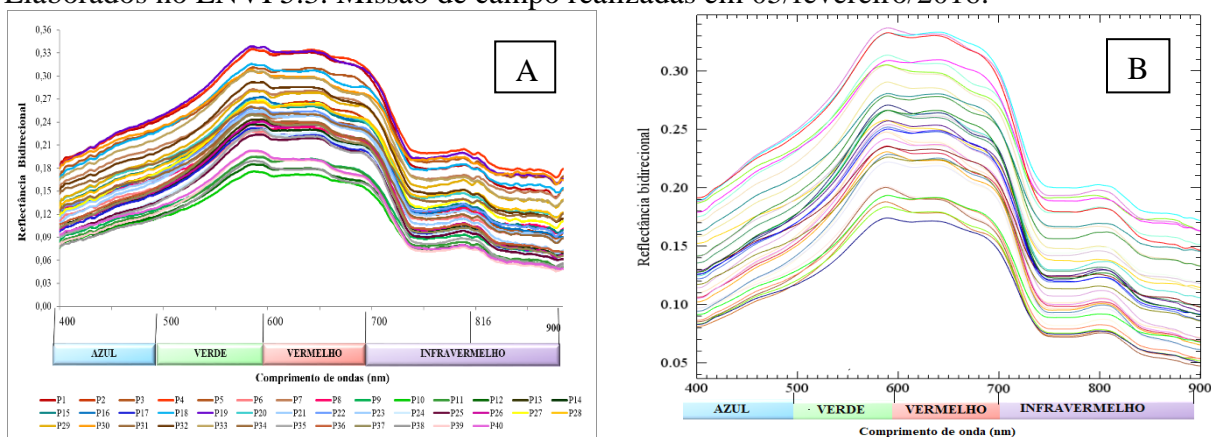
Posteriormente gerou-se a remoção do contínuo na faixa de 400 nm a 900 nm nos programas computacionais Excel e no ENVI 5.3, o que possibilitou diagnosticar maior relação dos componentes opticamente ativos nas águas na faixa espectral de 480 nm (limite inferior) a 580 nm (limite superior) nas campanhas de campo de fevereiro/2016 e agosto/2016.

Para o campo de fevereiro de 2016 a variação de reflectância correspondeu de 0,04% a 0,34%, com ascensão entre as bandas de 480 nm a 580 nm, valores que se mantém elevados na faixa de 600 nm a 700 nm e apresenta um decréscimo acentuado entre 700 nm a 800 nm, fato esse associado aos constituintes opticamente ativos na água, como clorofila “a” e sólidos em suspensão (Figura 2).

Em estudos desenvolvidos por Jensen (2009) é constatado que quando a concentração de clorofila aumenta no curso hídrico, ocorre um decréscimo na quantidade relativa de energia refletida nos comprimentos de onda do azul (entre 400 nm e 500 nm) e do vermelho (aproximadamente em 675 nm), mas um aumento na reflectância do comprimento de onda do

verde, aspectos esses identificados no campo de fevereiro/2016 nas águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.

Figura 2 - Espectros de reflectância bidirecional: A -Gerados no Microsoft Excel.B – Elaborados no ENVI 5.3. Missão de campo realizadas em 05/fevereiro/2016.



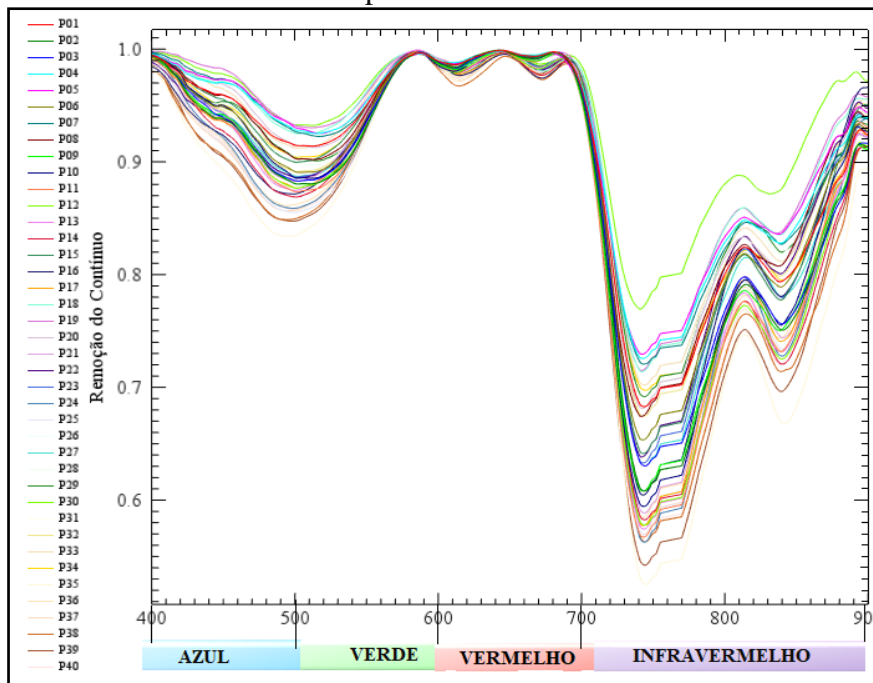
Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Outro constituinte opticamente ativo que influencia o comportamento espectral das águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO) refere-se CSS, que juntamente com a clorofila “a” produzem uma resposta espectral diferenciada e caracterizada por um aumento da reflectância ao longo de toda a curva espectral do verde e vermelho (JENSEN, 2009).

Com a plotagem dos espectros de reflectância bidirecional no aplicativo ENVI 5.3, utilizando a ferramenta “*Continual removal*” gerou-se a remoção do contínuo das bandas de 400 nm a 900 nm, as quais evidenciaram as principais feições de absorção de clorofila “a” e sólidos em suspensão (Figura 3)

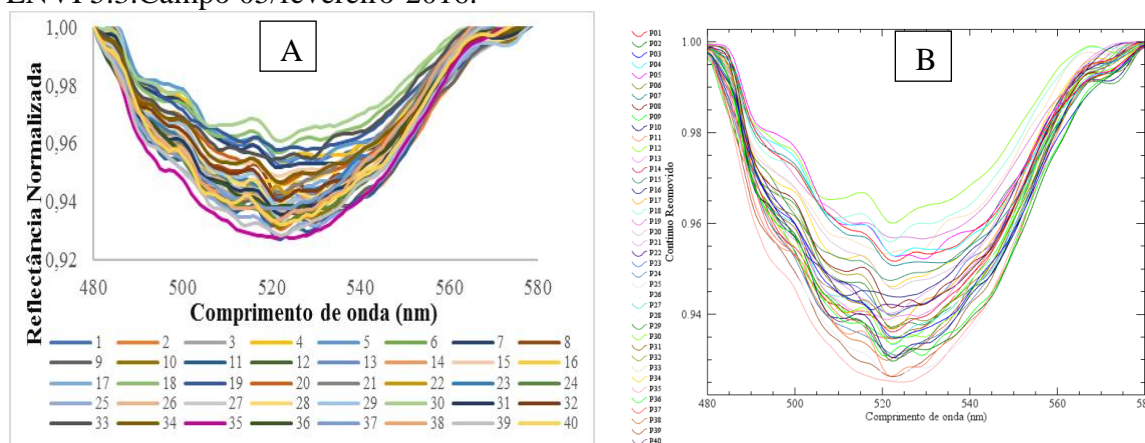
Conforme Monteiro et al., (2009) os limites das bandas de absorção devem ser escolhidos de maneira que ressaltem as feições dos elementos. Desse modo, nesse estudo selecionou a faixa de 480 nm a 580 nm, a qual representa o comprimento de onda (λ) em que ocorre a maior profundidade de absorção nas bandas que influenciam a reflectância de clorofila a e sólidos em suspensão. Na figura 4 é ilustrada a remoção do contínuo gerado no Microsoft Excel para a faixa de 480 nm a 580 nm.

Figura 3 - Remoção do contínuo nas bandas de 400 nm a 900 nm com média móvel gerados no software ENVI 5.3. Campo 05/fevereiro 2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Figura4- Remoção do contínuo nas bandas de 480 a 580 gerados no; A-Microsoft Excel e B-ENVI 5.3.Campo 05/fevereiro-2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Analisando as principais características da banda de 480 nm a 580 nm em relação aos componentes opticamente ativos na água (clorofila “a” e CSS), constatou-se os seguintes parâmetros expostos na tabela 1, que evidencia os pontos com maiores e menores concentrações de clorofila “a” e CSS, sendo que as bandas espectrais nesses pontos apresentam variação apenas na assimetria.

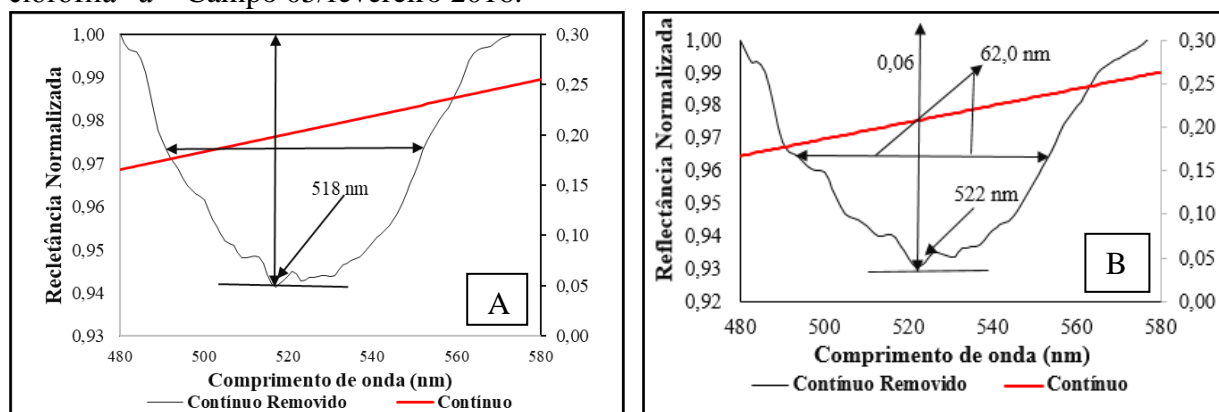
Tabela 1- Parâmetros da banda espectral de 480 nm a 580 nm.Campo 05/fevereiro-2016.

| Parâmetros da Banda entre 480-580 | Ponto 13 (Referência menor concentração de Clorofila “a”- valor 0,0 µm) | Ponto 22 (referência maior concentração de clorofila “a” – valor 25,3µm) | Ponto 36 (Referência menor CSS-valor 5,40 mg/L) | Ponto 01 (Referência maior CSS-valor 11,4 mg/L) |
|-----------------------------------|---|--|---|---|
| Posição Central (λ) | 518 | 522,00 | 520,00 | 523,00 |
| Altura | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 |
| Meia Altura | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| Largura | 62,00 | 62,00 | 62,00 | 62,00 |
| Assimetria | 0,73 | 0,97 | 0,81 | 0,13 |

Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Na figura 5 são destacadas as curvas espectrais com a remoção do contínuo e os parâmetros de altura, largura e Posição Central (λ), respectivamente nos pontos de maior e menor concentração de Clorofila “a” para o campo de fevereiro.

Figura 5 - Parâmetros das bandas entre 480-580; A- ponto 13. B-ponto 22. Feição de clorofila “a”- Campo 05/fevereiro 2016.

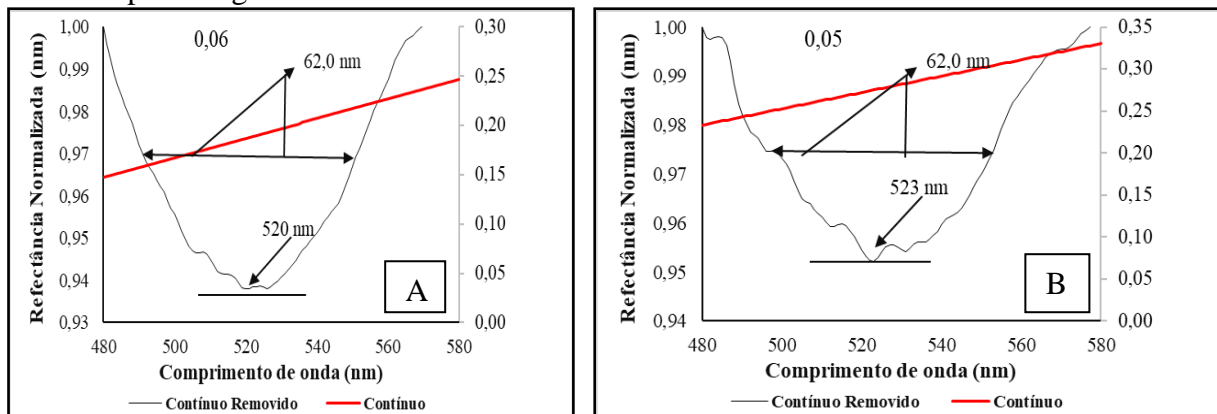


Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

No campo de agosto de 2016 constatou-se também que o ponto 01 é o único com bandas espectrais desiguais em altura e assimetria, fator esse associado as elevadas concentrações de sólidos em suspensão nas águas do reservatório (Figura 6).

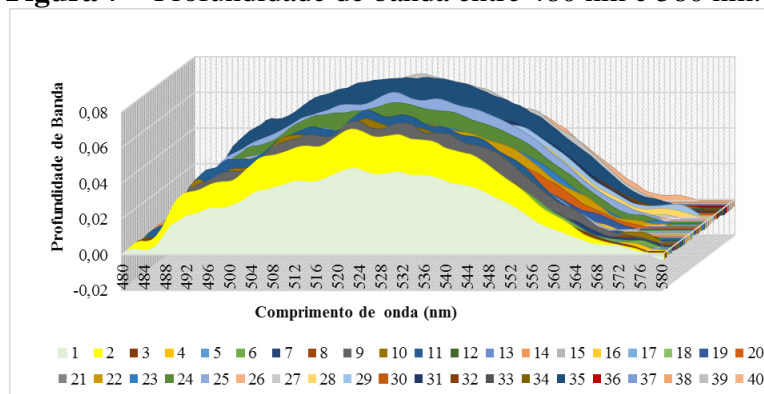
Em relação a profundidade de banda dos espectros de reflectância bidirecional constatou-se uma média de 0,6, conforme destacado na figura 7.

Figura 6 - Parâmetros das bandas entre 480-580;A- ponto 36. B-ponto 22. Feição de clorofila “a”- Campo 03/Agosto 2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Figura 7 – Profundidade de banda entre 480 nm e 580 nm. Campo 05/fevereiro-2016.



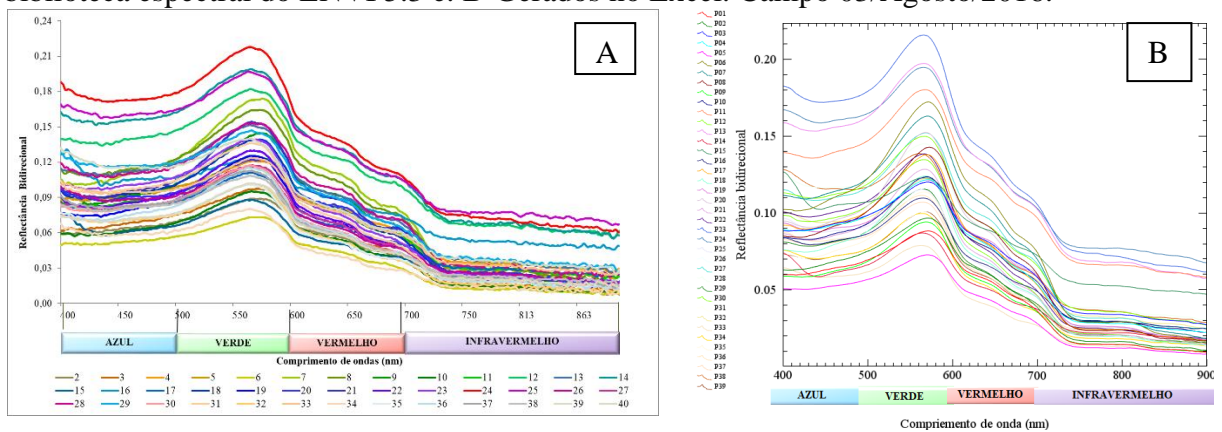
Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Em comparação no campo de agosto/2016 encontra-se menores reflectâncias com picos nas faixas de 480 nm a 580 nm e um decréscimo acentuado de 600 nm a 700 nm (Figura 8-A e B). Em estudos realizados por Ventura (2013) encontrou-se resultados semelhantes do comportamento espectral das águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, como a diminuição dos picos de reflectância após a faixa do verde, atingindo um mínimo, por volta de 625 nm, valor esse associado à absorção pela ficocianina, pigmento presente nas cianobactérias.

Lobo (2009) aponta que a crescente reflectância na região do verde com o aumento da concentração de Chl-a ocorre devido à baixa absorção pelos pigmentos nessa região e ao processo de espalhamento interno nas células do fitoplâncton, fator esse que pode representar uma explicação para os resultados obtidos no campo de agosto/2016 nas águas do reservatório

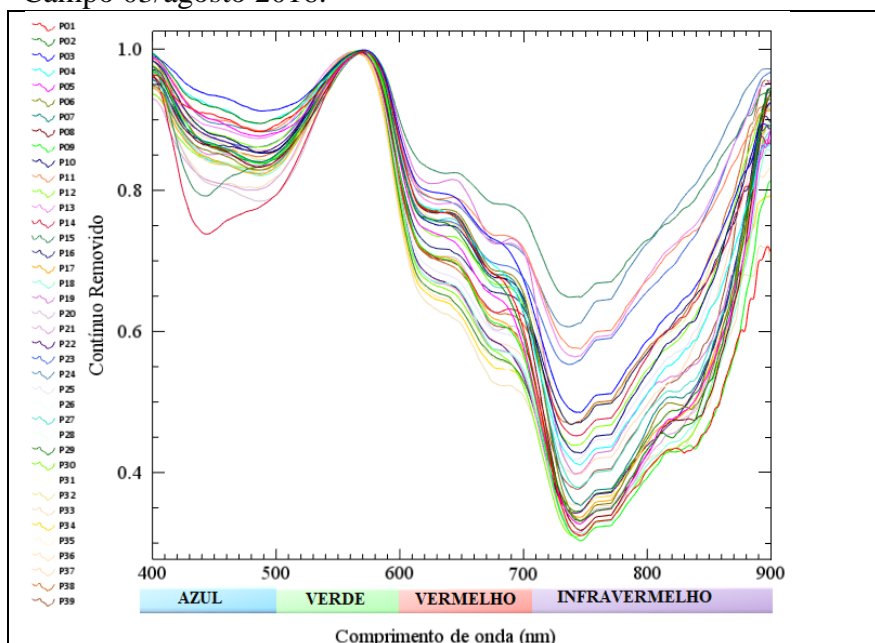
da UHE Barra dos Coqueiros (GO). Dessa maneira ao aplicar a remoção do contínuo para os dados de agosto/2016 na faixa de 400 nm a 900 nm (Figura 9) realçou como principal feição espectral o intervalo associado a reflectância de clorofila “a” (banda do verde de 500 nm a 600 nm).

Figura 8 - Reflectância bidirecional nas bandas de 400 nm a 900 nm; A- plotados na biblioteca espectral do ENVI 5.3 e. B- Gerados no Excel. Campo 03/Agosto/2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

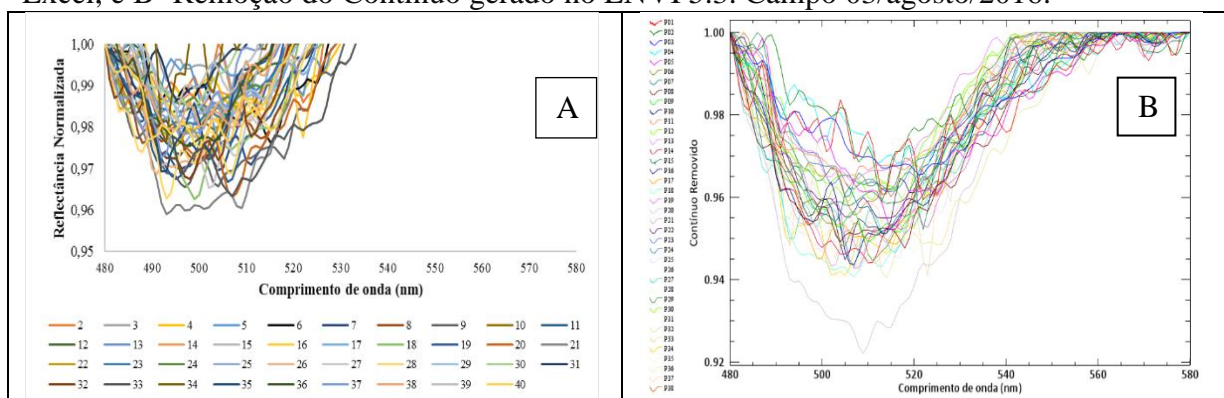
Figura 9- Remoção do contínuo nas bandas de 400 nm a 900 nm gerado no ENVI 5.3. Campo 03/agosto 2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Por meio da remoção do contínuo diagnosticou que as faixa de 480 nm a 580 nm durante a campanha de campo de agosto de 2016, apresenta uma elevação da reflectância nesse intervalo, no entanto em valores inferiores em relação ao campo de fevereiro/2016 (Figura 10- A e B).

Figura 10- Remoção do contínuo nas bandas de 480 nm a 520 nm gerados no; A-Microsoft Excel, e B- Remoção do Contínuo gerado no ENVI 5.3. Campo 03/agosto/2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Por intermédio da aplicação da técnica de remoção do contínuo para as bandas de 480 a 580 é constatado que no período de agosto/2016 ocorreu um maior realce entre as feições das bandas de 480 nm a 520 nm, sendo os principais parâmetros desse intervalo espectral evidencia que o ponto 06 apresenta simultaneamente os menores níveis de clorofila “a” e CSS, tendo uma assimetria (0,04) inferior apenas ao ponto 21 (0,05), como ressaltado na tabela 2.

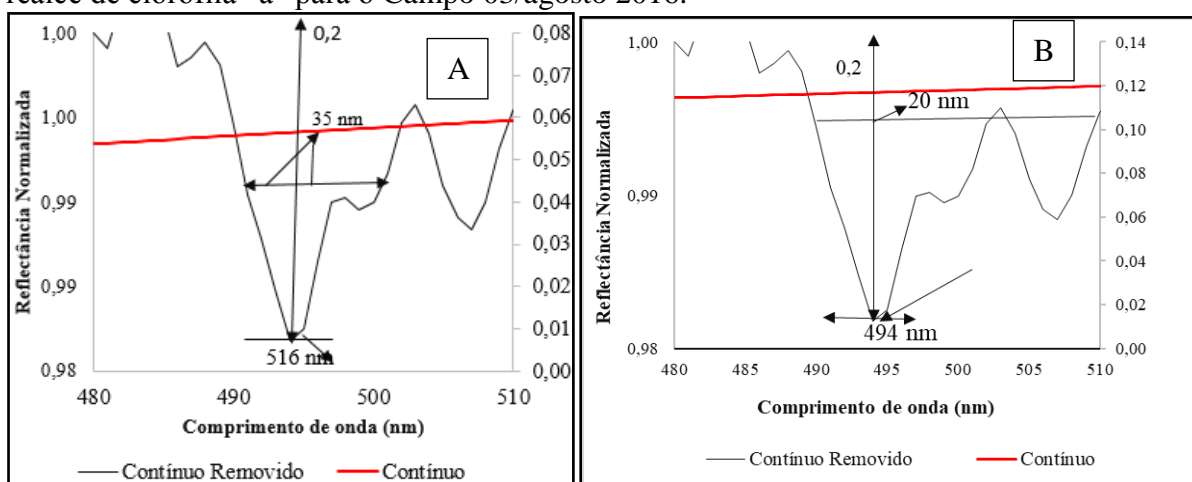
Tabela 2 -Parâmetros das bandas entre 480 nm-520 nm e pontos de referências. Campo 03/agosto 2016.

| Parâmetros da Banda entre 480-580 | Ponto 06 (Referência menor Chl “a” valor 4,6µme CSS- Valor 0,70 mg/L) | Ponto 39 (Referência maior Chl “a” valor 5,47µm) | Ponto 02 (Referencia Segundo menor valor de CSS 1,0 mg/L) | Ponto 21 (Referência maior CSS 5,8 mg/L) |
|--|--|---|--|---|
| Posição central (λ) | 516,00 | 494,00 | 490,00 | 497,00 |
| Altura | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| Meia Altura | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| Largura | 35 | 20,00 | 44,00 | 37,00 |
| Assimetria | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,05 |

Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Em agosto/2016 as larguras das bandas não apresentam similaridades como as verificadas no campo anterior. Na figura 11 são destacados os parâmetros da banda, a linha do contínuo e o contínuo removido para os pontos de maior e menor concentração de clorofila “a”.

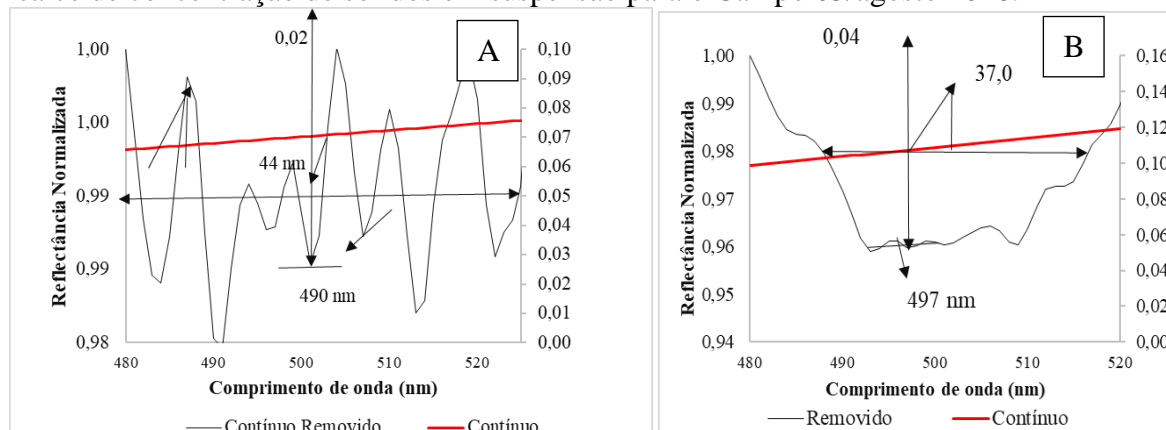
Figura 11-Parâmetros das bandas entre 480 nm-510 nm;A- ponto 06. B-ponto39.- Feições de realce de clorofila “a” para o Campo 03/agosto 2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

A feição espectral do ponto 01 (Figura12-A e B), corresponde ao local com menor concentração de CSS nas águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO), com apenas 1,0 mg/L, enquanto o ponto 21 corresponde ao com maior concentração de sólidos em suspensão com 5,8 mg/L e com uma maior assimetria na curva espectral (0,5 nm).

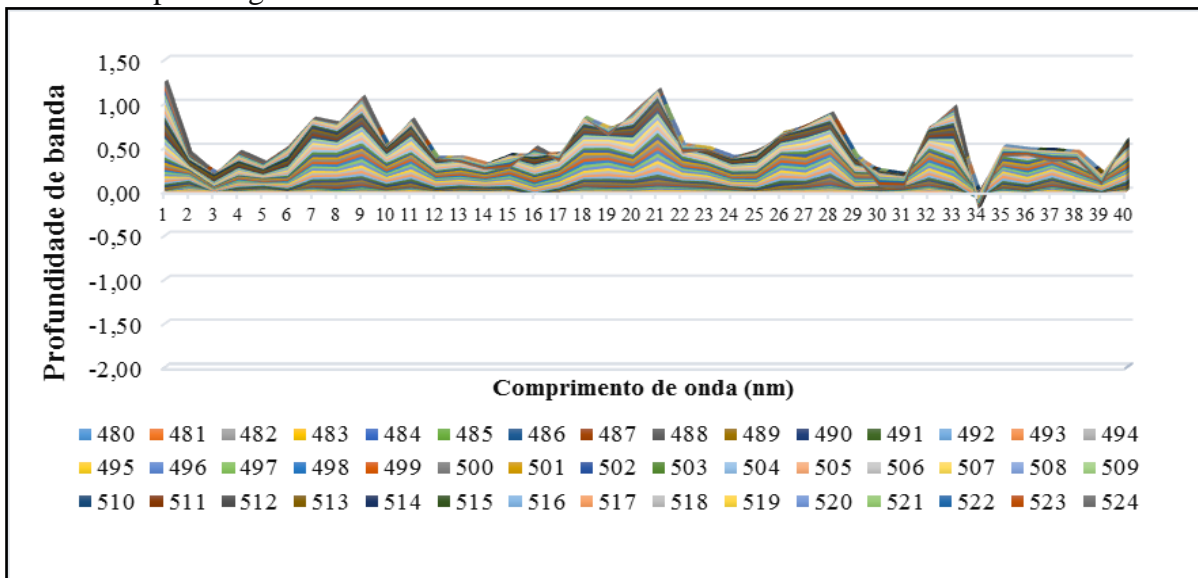
Figura 12-Parâmetros das bandas entre 480 nm-510 nm;A- ponto 02. B-ponto21.- Feições de realce de concentração de sólidos em suspensão para o Campo 03/agosto 2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Dessa maneira com a remoção do contínuo dos espectros de reflectância bidirecional das águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO) possibilitou assim como proposto por Breunig et al. (2007) realizar uma maximização dos efeitos das feições de absorção espectral para as bandas de interesse. Com o cálculo da profundidade de banda para o período de agosto de 2016 detectou-se uma maior absorção de energia na faixa de 480 nm a 524 nm, como é ilustrado na Figura 13.

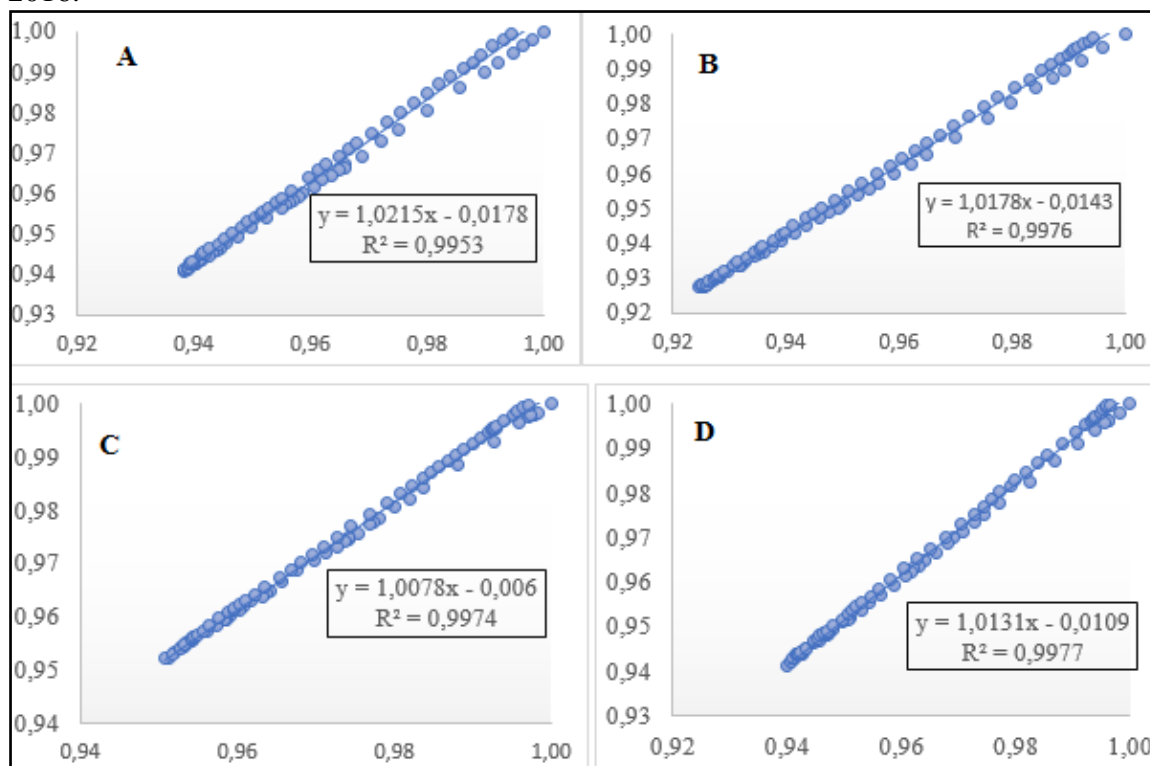
Figura 13 – Profundidade de bandas no intervalo de 480 nm a 524 nm gerados no Microsoft Excel. Campo 03/agosto-2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Portanto as utilizações dos parâmetros das bandas espectrais juntamente com a remoção do contínuo auxiliaram na identificação de características pertinentes sobre o comportamento espectral das águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO). A utilização do software ENVI 5.3 e do aplicativo computacional Microsoft Excel comprovam que ambos são eficazes, uma vez que nesse estudo evidenciou resultados semelhantes para os cálculos da remoção do contínuo gerado nos dois programas, como representado no gráfico 10, no qual é destacado uma correlação de Pearson com uma variação positiva para as variáveis.

Figura 14- Correlograma de Pearson entre remoção do contínuo gerado no ENVI 5.3 e no MicrosoftExcel. A-Ponto13. B-Ponto 22. C-Ponto 36 e D -Ponto 01. Campo 05/fevereiro 2016.



Organização: SANTOS, A. K. F (2017).

Os resultados obtidos da remoção do contínuo no software ENVI 5.3 e no programa Microsoft Excel para o campo de agosto/2016, assim como os de fevereiro/2016, apresentou valores semelhantes entre os aplicativos, revelando que a escolha do programa para a geração da remoção do contínuo geralmente depende da finalidade do estudo, podendo serem utilizados conjuntamente ou individualmente como destacado nessa pesquisa.

4 Considerações Finais

A criação da biblioteca espectral representou nesse estudo uma das principais fases de organização dos dados de reflectância bidirecional coletados em campo e subsidio uma aplicação da técnica remoção do contínuo no software ENVI 5.3 e no Microsoft Excel, os quais através do cálculo estatístico gerou de forma consistente e semelhante a remoção do contínuo, respectivamente de forma automática e manual para intervalo de interesse.

Com essa pesquisa é evidenciada que a remoção do contínuo é um meio para identificar aspectos determinados de um faixa espectral e que pode ser correlacionado com

diferentes variáveis, como os componentes opticamente ativos na água, os quais em períodos com sazonalidade climática distintas apresentam respostas espectrais diferenciadas.

A concentração de clorofila “a” e sólidos em suspensão representados na biblioteca espectral do softwares ENVI 5.3 e Excel evidencia que a faixa espectral de maior reflectância desses componentes opticamente ativos ocorre entre 500 nm a 700 nm, corresponde as bandas espectrais do verde e infravermelho, sendo nas campanhas de campo de fevereiro/2016 e 2017 averiguado os maiores picos de reflectância, explicado pelos maiores níveis de precipitação pluviométrica desse período na região da bacia hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros.

Ao analisar a remoção do contínuo para os pontos de maiores e menores concentração de clorofila “a” e sólidos em suspensão em todas as campanhas de campo, constatou que as principais feições de absorção desses componentes encontram entre as bandas de 480 nm a 580 nm, o que influencia nas curvas de reflectância bidirecional da água.

A remoção do contínuo possibilitou a obtenção dos parâmetros das bandas espectrais, como assimetria, largura, posição central, o que evidenciou aspectos individuais de cada feição de absorção nos pontos com elevadas e baixa Chl-a e CSS.

Portanto, a utilização da técnica de remoção do contínuo é fundamental na análise da informação presente nos espectros de reflectância bidirecional obtido em campo. No entanto recomenda-se a pesquisas com a mesma finalidade dessa, aderirem a diferentes técnicas como; derivadas, razão de bandas e Spectral Angle Mapper (SAM), para resultados mais próximas da realidade do ambiente em análise.

Agradecimentos

“O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil - Nº Processo: 88881.068465/2014/01 - Projeto nº 071/2013 CAPES/PROCAD”.

Ao programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Regional Centro Sul (INPE-CRS). - A equipe do laboratório de Geociências Aplicadas da Universidade Federal de Goiás-Regional Jataí, por auxiliaram na coleta de dados em campo.



Referências

- APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health works association, Water Environmental federation. 20 th ed. Washigton.
- BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto da dinâmica da circulação da água do sistema planície do Curuai / Rio Amazonas**. 2005. p.254. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.
- BREUNIG, F. M, 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: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: INPE, 2007. p. 91 - 98. Disponível em: <<http://martesid.inpe.br/col/dpi.inpe.br>>. Acesso em: 25 out. 2017.
- CABRAL, J. B. P. Utilização de técnicas de segmentação e correlação de Spearman em imagens TM para o estudo da concentração de sedimentos em suspensão no reservatório de Barra Bonita – São Paulo-Brasil. **Geofocus; Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**. p.235-267, 01 dez. 2003. Disponível em: <<http://geofocus.rediris.es/>>. Acesso em: 28 Out 2017.
- CLARK, R. N., CHAPTER, Lectroscopy 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, RN; ROUSH TL. Reflectance Spectroscopy: Quantitative analysis techniques for remote sensing applications. **Journal of Geophysical Research**, 89: 6329-6340. 1984.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2 ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, p.604.
- LOBO, F.L. **Biblioteca espectral: Determinação de espectros de referência para a classificação de tipos de água das áreas alagáveis da Amazônia**. 2009. p. 132. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 2009. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

MONTEIRO, P. F. C. et al. 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.). In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais... Natal: Inpe, 2009.** p. 301 - 308. Disponível em: <<http://martes.sid.inpe.br/>>. Acesso em: 24 out. 2017.

PEREIRA FILHO, W.; BARBOSA, C. C. F.; NOVO, E. M. L. M. Influência das condições de tempo em espectros de reflectância da água. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005. Goiânia. **Anais... Goiânia: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005.** p. 415-422.

TONIOLO, G. R. **Identificação de constituintes opticamente ativos na água do Lago Guaíba, a partir de dados de sensores orbitais e espectrorradiometria de campo.** 2016. p.104. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr>>. Acesso em: 20 Out 2017.

VENTURA, D. L. T. **Uso do sensoriamento remoto para monitoramento da concentração de clorofila “a” em açudes do Semiárido.** 2013. 59 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Pós-graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.pgeclunb.net.br>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analysis.** 2 ed. New York. Springer Verlag. 1991.