

Aplicação do Índice de Vegetação por Profundidade de Feição Espectral (SFDVI - *Spectral Feature Depth Vegetation Index*) em dados RapidEye

Gustavo Macedo de Mello Baptista¹

¹ Universidade de Brasília – UnB/IG/CEAM
Caixa Postal 4465 - 70910-90 - Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte - Brasília - DF, Brasil
gmbaptista@unb.br

Abstract. The aim of this study is test the Spectral Feature Depth Vegetation Index – SFDVI developed to integrate the Red Edge band with the red band to investigate vegetation behavior by means the spectral feature depth. For this, we used a RapidEye Ortho Level 3A scene to test this spectral vegetation index and compare, by means quick_diff_stats function, with the NDVI and RENDVI. The NDVI results is bigger than RENDVI and SFDVI. The SFDVI show more gradations in the dense vegetation better than the other methods. New studies will be encouraged to test the potentialities of the new spectral vegetation index.

Palavras-chave: Red Edge band, Spectral Feature Depth, vegetation index, Band da Borda do Vermelho, Profundidade de Feição Espectral, índice de vegetação.

1. Introdução

O advento dos sensores remotos orbitais multiespectrais hiperespaciais ou chamados de alta resolução tem disponibilizado uma série de bandas de forma a diferenciá-los dos sensores aerofotogramétricos digitais colocados em plataformas aerotransportadas.

Com isso, sensores têm oferecido bandas como a da região do amarelo, como o WorldView 2, muito útil para quem trabalha com solos tropicais, além da banda do azul costal que está disponível também em sensores de resolução média como o OLI do Landsat 8. Mas uma das bandas mais discutidas nos estudos de vegetação é a da borda do vermelho ou *Red Edge*, disponível em alguns sistemas sensores como o RapidEye, pois ela pode ser afetada devido às alterações nos conteúdos de água e de clorofila (Souza et al., 2009), bem como pelo estresse causado por salinidade (SHIMADA et al., 2014).

Souza et al. (2011) testando a contribuição das novas bandas para vegetação costeira salienta a importância de se utilizar a banda do *Red Edge* para melhor descrever a atividade fotossintética, e com isso, conseguiram separar melhor as áreas de mangue e de floresta tropical sub-perene-folia.

Diversos autores têm testado a potencialidade dessa nova banda e, com isso, vários índices de vegetação têm sido propostos como é o caso do *Red Edge Normalized Difference Vegetation Index* - RENDVI (GITELSON et al., 1996), *Red Edge Position* - REP (CURRAN et al., 1995) e o Vogelmann Red Edge Index 1 - VOG1 (VOGELMANN et al., 1993). Todos os índices citados são anteriores à implementação das bandas do *Red Edge* nos sistemas orbitais multiespectrais hiperespaciais e todos se baseiam na relação do NIR com o *Red Edge* seja por razão simples ou diferença normalizada.

Visando integrar as feições espectrais do *Red Edge* com a da região do vermelho e medir a intensidade da feição espectral a partir da média dos pontos de máxima reflectância na região do verde e do NIR, Baptista (2014) desenvolveu o Índice de Vegetação por Profundidade de Feição Espectral ou SFDVI, sigla em inglês de *Spectral Feature Depth Vegetation Index*. Esse índice permite discretizar as nuances da atividade fotossintética minimizando a saturação que o NDVI (SILVA e BAPTISTA, 2013) e RENDVI costumam causar, principalmente em formações arbóreas.

O presente estudo visa testar índice SFDVI em uma cena RapidEye do Parque Nacional de Brasília (PARNA) e da Floresta Nacional (FLONA) datada de 07/09/2014 e comparar com os

índices NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index* (ROUSE et al., 1973) e com o RENDVI - *Red Edge Normalized Difference Vegetation Index* (GITELSON et al., 1996).

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

A cena RapidEye utilizada nesse estudo abrange parte do Parque Nacional e da FLONA de Brasília (Figura 1).

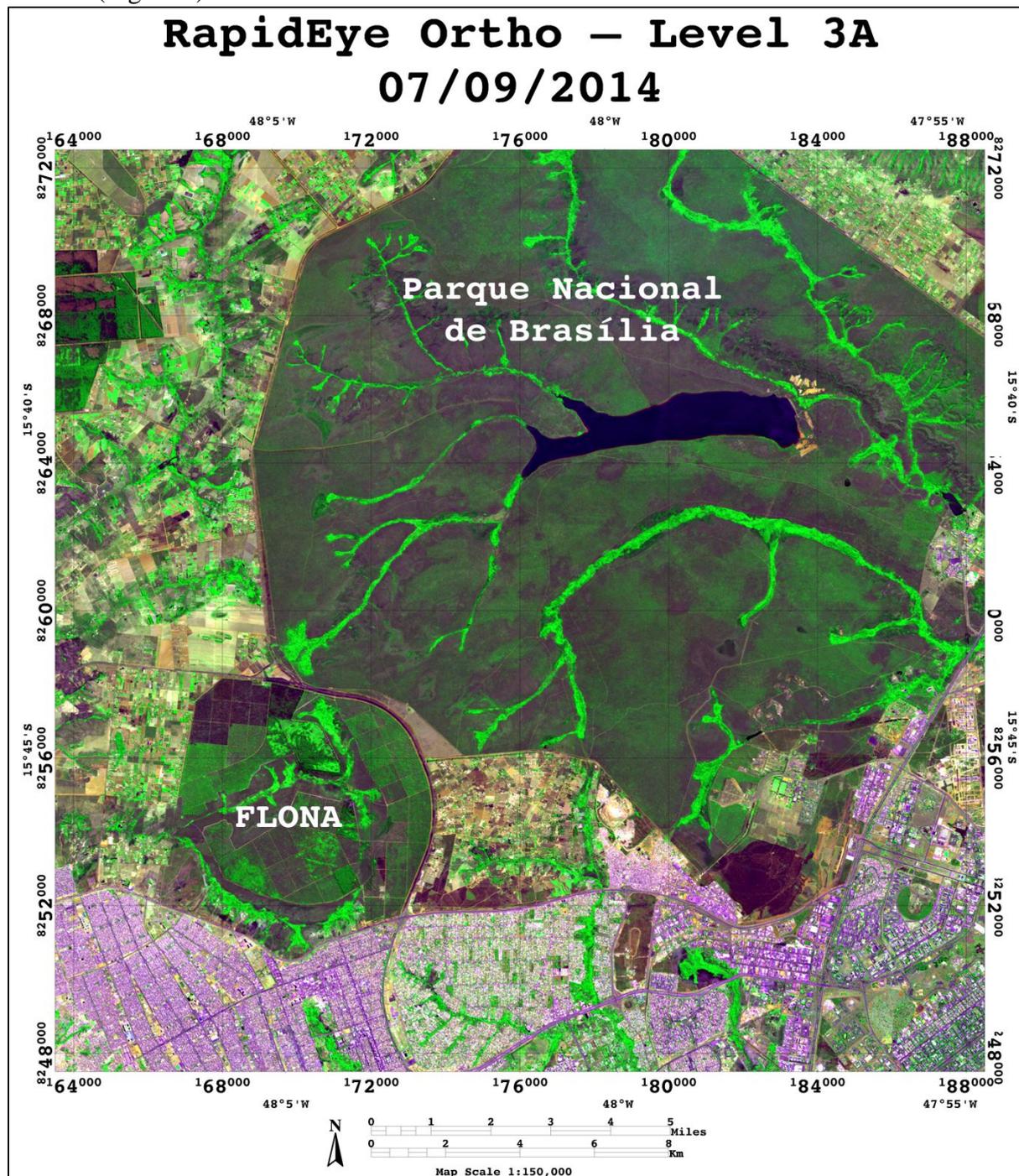


Figura 1 – Composição R3G5B1 RapidEye Ortho – Level 3A datada de 07/09/2014.

Tanto o PARNA Brasília quanto a FLONA são Unidades de Conservação, sendo que no Parque ocorrem espécies nativas do cerrado. Já na FLONA predominam pinus e eucalipto,

pastos abandonados e mata de galeria, bem como campo sujo e campo limpo. O PARNA ocupa uma área de 42.389,01 há, enquanto que a FLONA, 9.336,14 ha. A área estudada nesse trabalho é a gleba 1 da FLONA de Brasília por causa de sua diversidade de espécies nativas e exóticas, bem como pela variação na densidade vegetal. A data da cena representa último mês de estiagem, pois as chuvas retornaram no início de outubro, com isso, o estrato herbáceo, que tem água como fator limitante, ainda se encontrava seco, mas os arbustivos e arbóreos apresentavam-se fotossinteticamente ativos.

2.2. Pré-processamento da Cena RapidEye

Neste estudo foi utilizada uma cena do sensor RapidEye, que representa uma constelação de cinco satélites deslocando-se à 630 km de altitude numa órbita sol-síncrona. Cruza o equador por volta de 11h no horário local, e funciona com um sistema de varredura eletrônica que obtêm cenas com 12 bits de resolução radiométrica. Apresenta cinco bandas cobrindo as regiões do azul (440 – 510nm), verde (520 – 590nm), vermelho (630 – 685nm), *Red Edge* (690 – 730nm) e NIR (760 – 850nm) (BLACKBRIDGE, 2013).

O produto RapidEye Ortho – Level 3A apresenta resolução espacial de 5m, além de correções radiométrica, geométricas e do sensor aplicados às cenas. Eles são distribuídos em 16 bits e apresentam cenas de 25 x 25 km, o que representam uma matriz de 5000 linhas por 5000 colunas (BLACKBRIDGE, 2013).

O pré-processamento foi realizado utilizando a versão 5 do ENVI. Inicialmente, os DN's da cena foram transformados para valores de radiância TOA ou no topo da atmosfera. Para tal, por meio do módulo *band math* a cena foi multiplicada pelo fator de escala 0,01.

Posteriormente, foi realizada a correção atmosférica e conversão dos dados de radiância para reflectância de superfície utilizando-se o módulo FLAASH, que se baseia no modelo de transferência radiativa MODTRAN 4. Para tal, foi necessário converter a cena de formato de banda intercalada por pixel (BIP) para banda intercalada por linha (BIL). Depois foi necessário informar o fator de escala 10 para todas as bandas, pois o FLAASH trabalha com dados de radiância em $\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{sr}.\text{nm}$ e os dados de radiância TOA do RapidEye são em $\text{W}/\text{m}^2.\text{sr}.\mu\text{m}$. Sobre o resultado a cena foi dividida por 10000 para que o fator de reflectância (a escala em Y) variasse de 0 a 1, ou de 0 a 100%.

2.3 Aplicação dos Índices SFDVI, NDVI e RENDVI

Após a correção atmosférica e redução dos dados para reflectância de superfície aplicou-se o SFDVI (BAPTISTA, 2014), conforme a equação 1.

$$SFDVI = \frac{(R_{803,08} + R_{555,74})}{2} - \frac{(R_{658,14} + R_{709,02})}{2} \quad (\text{Equação 1})$$

Como salientado o SFDVI baseia-se na integração das bandas de absorção do vermelho e do *Red Edge* e a intensidade da feição é medida subtraindo-se essa integração da média dos picos de reflectância na região do verde com a do NIR. A figura 2 apresenta graficamente o conceito por trás do SFDVI.

De acordo com Rouse et al. (1973), o índice NDVI originalmente consiste na diferença normalizada pela soma da radiância entre a feição de absorção do vermelho (658,14 nm) e o pico que ocorre nos espectros de vegetação após o início do infravermelho próximo – 803,08 nm. Atualmente, por uma questão de normalização dos dados visando a comparação com outros métodos, utilizam-se dados convertidos para reflectância, sem ou com correção atmosférica.

Como resultado, os valores digitais variam entre -1 e +1, sendo que os positivos relacionam-se às áreas com maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto que os negativos representam áreas não fotossintéticas ou sem vegetação (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

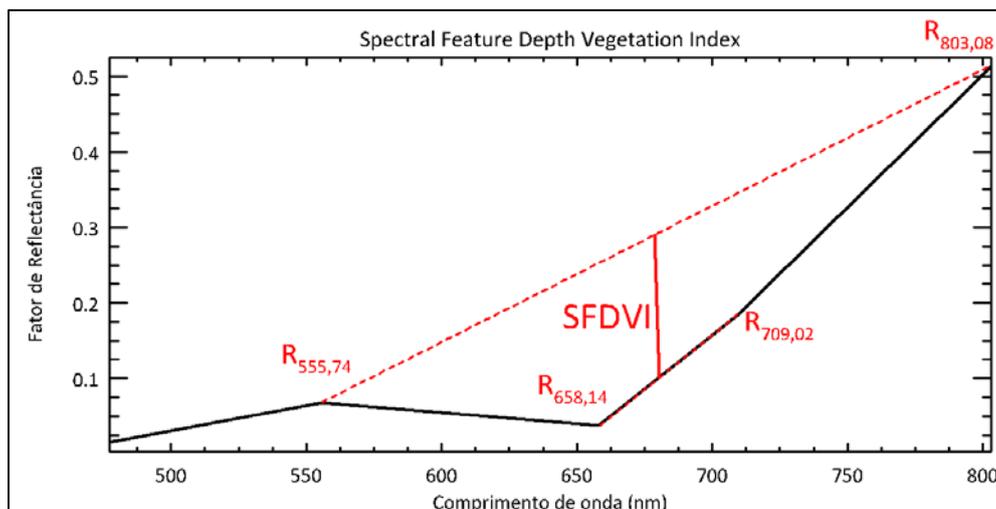


Figura 2 – Spectral Feature Depth Vegetation Index – SFDVI. Adaptado de Baptista (2014).

O RENDVI utiliza a mesma lógica do NDVI, mas substitui a banda do vermelho pela banda do Red Edge (709,02 nm).

Visando comparar as cenas foi utilizado a função `quick_diff_stats` que é um módulo escrito em linguagem IDL desenvolvida pela Research Systems - RSI. Segundo Baptista (2003) essa função é uma forma simples de verificar a similaridade entre duas cenas, pois baseia-se na subtração entre elas e depois são calculados parâmetros estatísticos descritivos. Como resultado são obtidos dois arquivos, sendo uma imagem com a diferença entre os DN's ou entre os valores dos índices e o segundo é um histograma com a distribuição da frequência simples dos pixels em função do valor de diferença, além da porcentagem correspondentes. Quanto mais próximos de zero estiverem todos os pixels, mais idênticas são as imagens. Pixels escuros e pixels brancos representam diferenças positivas e negativas entre as cenas.

3. Resultados e Discussão

A área de comparação visual adotada no presente estudo é porção nordeste da gleba 1 da FLONA que, como salientado anteriormente, é formada por pinus e eucalipto, bem como mata de galeria e campos, além da pastagem abandonada. A Figura 3a apresenta a composição colorida R3G5B1 e a 3b, o resultado do SFDVI.

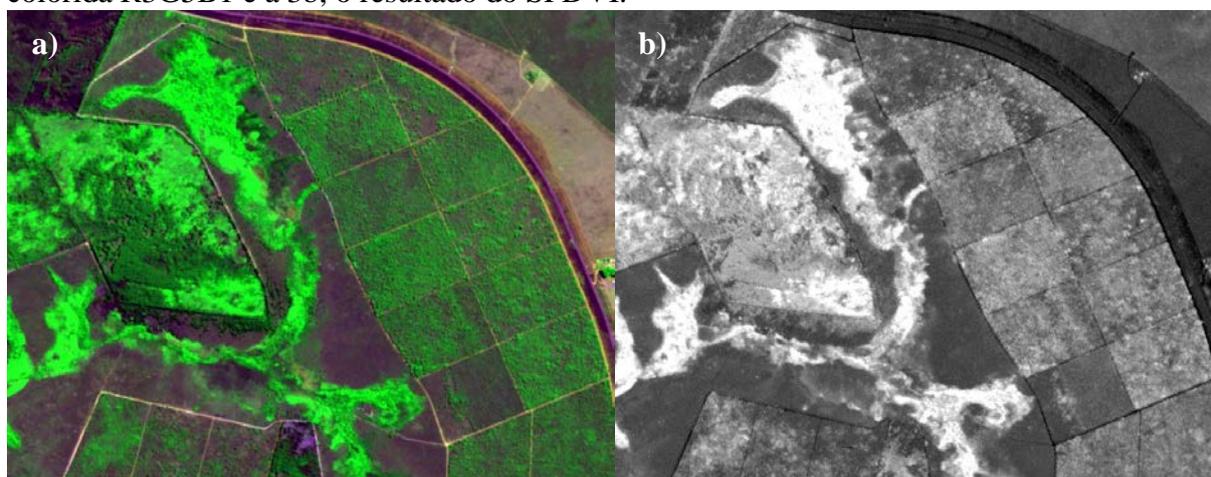


Figura 3 a) composição colorida; b) SFDVI.

Conforme pode-se notar, as nuances de diferença de atividade fotossintética podem ser visualizadas tanto nos talhões com pinos e eucalipto, bem como na mata de galeria. As áreas

mais ativas destacadas em verde mais claro na composição colorida aparecem em tons mais claros de cinza na imagem SFDVI. A variação do índice SFDVI foi de -0,09 a 0,24 e pode ser visualizada por meio de seu histograma (Figura 4).

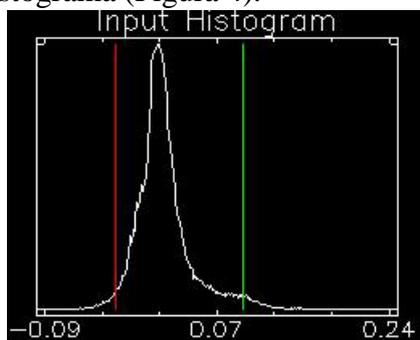


Figura 4 – Histograma da imagem SFDVI.

Ao se comparar visualmente o resultado de NDVI (Figura 5b) com a composição colorida (Figura 5a) nota-se que o índice proposto por Rouse e colaboradores superestima os valores saturando as áreas arbóreas e mascarando as nuances existentes tanto nas parcelas como na mata de galeria. O NDVI variou de -0,29 a 0,96.



Figura 5 a) composição colorida; b) NDVI.

Já a comparação entre a composição colorida (Figura 6a) e a RENDVI (Figura 6b) mostra que o índice é menos saturação que o NDVI, o que pode ser comprovado no seu histograma e mais saturado que o SFDVI. A variação do RENDVI foi de -0,26 a 0,63.



Figura 6 a) composição colorida; b) RENDVI.

A saturação que o NDVI apresentou já havia sido salientado por Silva e Baptista (2013) quando estudando esse índice para o contexto amazônico, numa área predominantemente arbórea da Floresta Nacional do Tapajós, o NDVI não permitiu verificar as nuances existentes e que outros índices, como EVI e EVI2 destacaram. Souza et al. (2011) destacaram que a utilização do *Red Edge* em um índice similar ao RENDVI permitiu separar vegetação de mangue de floresta tropical sub-perenefólia. Esses comportamentos também foram aqui verificados.

Para verificar a similaridade entre os índices, aplicou-se o quick_diff_stats subtraindo o NDVI do SFDVI (Figura 7a) e depois o RENDVI do SFDVI (Figura 7b). As áreas em níveis de cinza mais claro apresentam os locais com valores positivos, ou seja, locais nos quais o NDVI e o RENDVI foram maiores que o do SFDVI, o que representa a saturação destacada anteriormente. Áreas com níveis de cinza médio representam similaridade entre as cenas e as em cinza escuro, locais nos quais o SFDVI apresentou valores maiores que nos dados NDVI e RENDVI. Os histogramas das diferenças são apresentados nas figuras 8a e b, respectivamente.

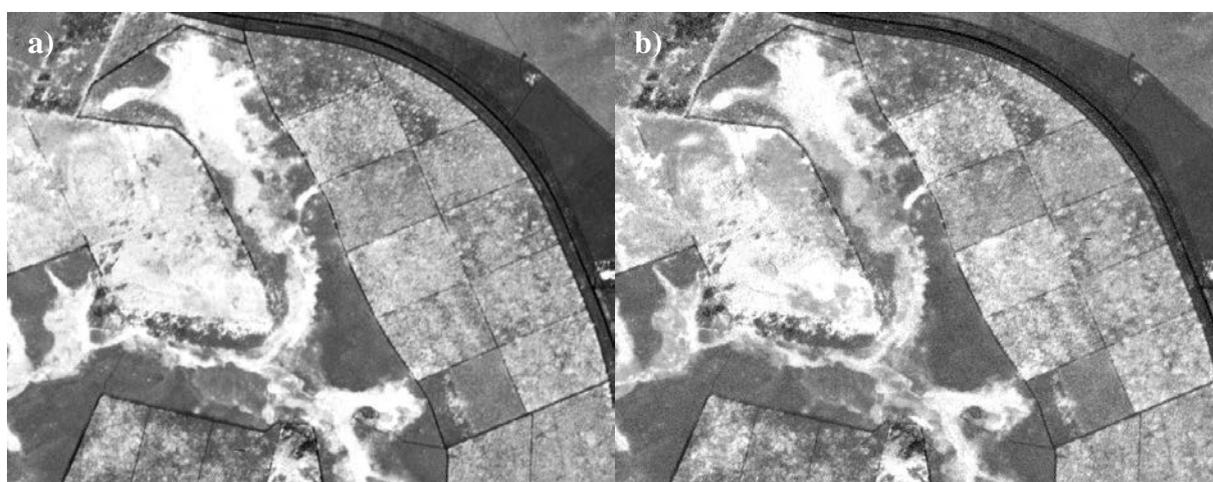


Figura 7 a) NDVI – SFDVI; b) RENDVI – SFDVI.

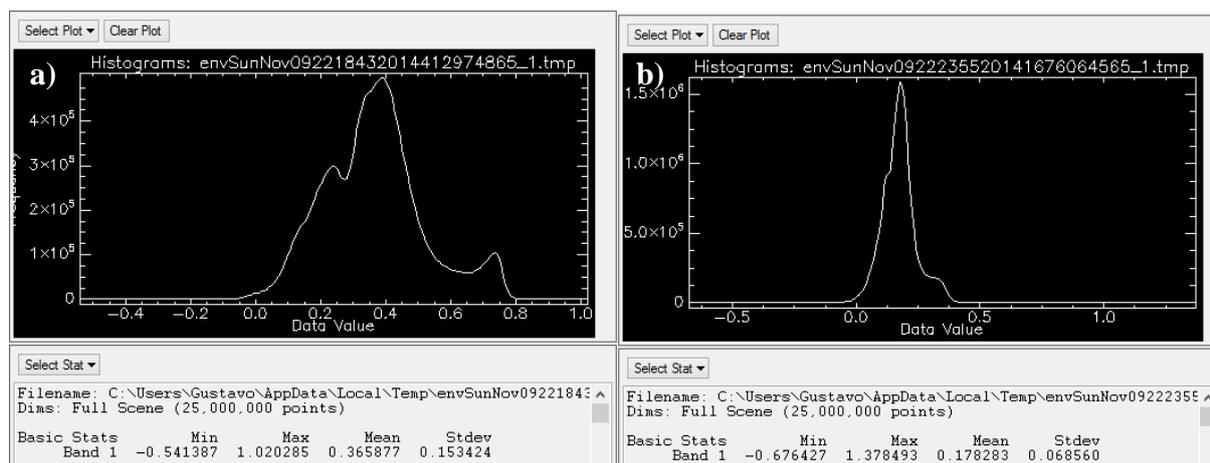


Figura 8 a) histograma NDVI – SFDVI; b) histograma RENDVI – SFDVI.

A análise das imagens e dos histogramas mostram que as maiores diferenças encontram-se em valores positivos, onde tanto o NDVI como o RENDVI foram superiores que o SFDVI, principalmente nos valores fotossinteticamente ativos. O NDVI variou mais chegando à diferenças de até 0,8; já o RENDVI, até cerca de 0,5. Isso corrobora com o comportamento descrito tanto por Silva e Baptista (2013) como por Souza et al. (2011).

4. Conclusões

O presente artigo destacou a potencialidade da integração da banda do *Red Edge* com a da região do vermelho para especializar a atividade fotossintética, por meio do Índice de Vegetação por Profundidade de Feição Espectral, SFDVI - *Spectral Feature Depth Vegetation Index* (Baptista, 2014) sobre dados RapidEye.

Comparando com o NDVI, que avalia os pigmentos das folhas e com o RENDVI, que analisa a variação da borda do vermelho – *Red Edge*, o SFDVI apresentou-se como uma solução viável para destacar nuances de atividade fotossintética, principalmente em áreas nas quais a densidade vegetal é alta.

Tanto o NDVI como o RENDVI saturaram a resposta das áreas arbóreas se comparados ao SFDVI. O comportamento do NDVI apresentou mais contrastante que os demais índices.

Novos estudos devem ser incentivados visando validar essa proposta de índice espectral de vegetação baseado na profundidade da feição espectral.

Agradecimentos

À BlackBridge, na figura de seu Gerente Regional para América Latina, Maurício Braga Meira, pela cessão dos dados RapidEye, sem os quais não seria possível a realização do presente estudo.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Análise Espacial do Instituto de Geociências – UnB, pela utilização da licença do Envi 5 para processamento e análises espectrais dos dados RapidEye.

Referências Bibliográficas

BAPTISTA, G. M. M. Análise Comparativa entre os Dados do Sensor CCD do CBERS e os do Landsat 7 ETM+ para a Região de Brasília. **Anais XI SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 2303 - 2310.

BAPTISTA, G. M. M. Spectral Feature Depth Vegetation Index – SFDVI. **Revista Brasileira de Cartografia**. 2014. (Submetido)

BlackBridge. **Satellite Imagery - Product Specifications**. Version 6.0, November 2013. Disponível em http://www.rapideye.com/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf acesso em 06/11/2014.

CURRAN, P.J.; WINDHAM, W.R.; GHOLZ, H.L. Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll concentration in slash pine leaves. **Tree Physiology**, v. 15, n. 3, p. 203-206, 1995.

GITELSON, A.A.; MERZLYAK, M.N.; LICHTENTHALER, H.K. Detection of red edge position and chlorophyll content by reflectance measurements near 700 nm. **Journal of Plant Physiology**, v. 148, n. 3-4, p. 501-508, 1996.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2009.

ROUSE, J. W.; HAAS, R.H., SCHELL, J.A.; DEERING, D.W., “Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS”. In: **Proceeding of ERTS-1 Symposium**, NASA, United States, n. 3. pp. 309-317, 1973.

SHIMADA, S.; HIROKANE, T.; Ooba, M.; TOYODA, H.; ANDO, F.; TAKARA, Y. Monitoring Salt Accumulation Status and Saline Stress of Iceplant Leaves Using Hyperspectral Camera Imagery. **Journal of Arid Land Studies**, 24-1, 165-168 (2014).

SILVA, S.C.P.; BAPTISTA, G.M.M. Variações na modelagem do sequestro florestal de carbono por meio de dados hiperespectrais na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. In: **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, p. 9020.

SOUZA, A.A.; GALVÃO, L.S.; SANTOS, J.R. Índices de vegetação derivados do sensor Hyperion/EO-1 para estimativa de parâmetros biofísicos de fitofisionomias de Cerrado. **Anais XIV SBSR**, Natal, Brasil, 25- 30 abril 2009, INPE, p. 3095-3102.

SOUZA, U.D.V.; ALFAYA, F.A.V.S.; KUX, H.J.H. Contribuição das novas bandas espectrais do satélite Worldview-II para a classificação de tipos vegetais em habitats costeiros: resultados iniciais. **Anais XV SBSR**, Curitiba, Brasil, 30 abril a 5 de maio 2011, INPE, p. 9040.

VOGELMANN, J.E.; ROCK, B.N.; MOSS, D.M. Red edge spectral measurements from sugar maple leaves. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, n. 8, p. 1563-1575, 1993.