

Análise conceitual dos Índices de vegetação e sua relação com a natureza espectral dos vegetais

Wendell Santana Fagundes¹
Maxuel de Luna Torres¹

¹ Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP
57072-900
{wendell-16, maxueltorres}@hotmail.com

Abstract. Remote sensing is a science that provides information on targets of study through the interactions between electromagnetic radiation and these targets. Through this information it is possible to carry out various studies related to ground targets, and thus assist in environmental management, monitoring of vegetative crops, urban planning, etc. The vegetation, one of the most common targets, is of great importance to human life, and its study in remote sensing is aided by vegetation indexes. These indexes, according to Rodrigues *et al.* (2010) are important digital image processing techniques to decrease the amount of spectral data and enhance the spectral component of the vegetation, as well as reduce soil contribution, solar angle, plant senescence and the atmosphere. Therefore, this work listed some of the most important vegetation indexes, showing their characteristics and applications, and provides the foundation and the prerequisites to calculate them.

Palavras-chave: remote sensing, vegetation index, sensoriamento remoto, índice de vegetação.

1. Introdução

Os objetos na superfície da terra como água, solo, vegetação entre outros, absorvem, refletem e emitem radiação eletromagnética em diferentes proporções, dentro do espectro eletromagnético, de acordo com suas características bio-físico-químicas (Florenzano, 2011). Baseado nisso, em sensoriamento remoto a aquisição de dados é feita em função da variação de energia refletida por esses objetos, cuja principal fonte é o sol, sem a necessidade de um contato físico com os mesmos.

A vegetação, um alvo importante no sensoriamento remoto, assenta-se sobre um substrato constituído de solo e matéria orgânica, os quais possuem propriedades de reflexão próprias. Este fato, aliado a geometria da coleta de dados e influências atmosféricas, interferem na identificação do dossel vegetativo em imagens de sensoriamento remoto (Florenzano, 2011). Diante disso, com o objetivo de realçar a vegetação numa imagem de satélite, são realizadas operações aritméticas com as bandas que compõem esta imagem, tendo como referência para os equacionamentos a assinatura espectral das plantas, a este processo é dado o nome de índice de vegetação.

De acordo com Epiphanyo *et al.* (1996) vários tipos de agrupamento entre bandas como as razões simples de normalizações e distâncias no espaço cartesiano e suas variantes, vêm sendo desenvolvidos para realçarem o componente espectral da vegetação pois se correlacionam com parâmetros biofísicos dos vegetais. Cabe ressaltar que muitos destes índices minimizam os efeitos indesejáveis do solo ou da atmosfera, também, por meio de fatores de correção.

Assim, o objetivo do presente trabalho será expor alguns dos índices de vegetação mais conhecidos, mostrando sua obtenção, características e aplicações efetuadas por alguns autores, bem como sua relação com o comportamento espectral dos vegetais. Para tal, foram realizados levantamentos bibliográficos em livros e artigos científicos da área de sensoriamento remoto.

2. A vegetação em natureza espectral

A vegetação, assim como qualquer outro objeto na superfície terrestre reflete, absorve e emite radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com suas características biofísicas e químicas. Esta interação particular de cada objeto é conhecida como assinatura espectral, que, na prática, é o gráfico da função cujas variáveis são o comprimento de onda e a quantidade de energia refletida pelo objeto nesse comprimento. Abaixo, a Figura 1A mostra o gráfico do

comportamento espectral ou assinatura espectral da vegetação, da água e do solo, e a figura 1B as assinaturas da folha verde, folha seca e do solo:

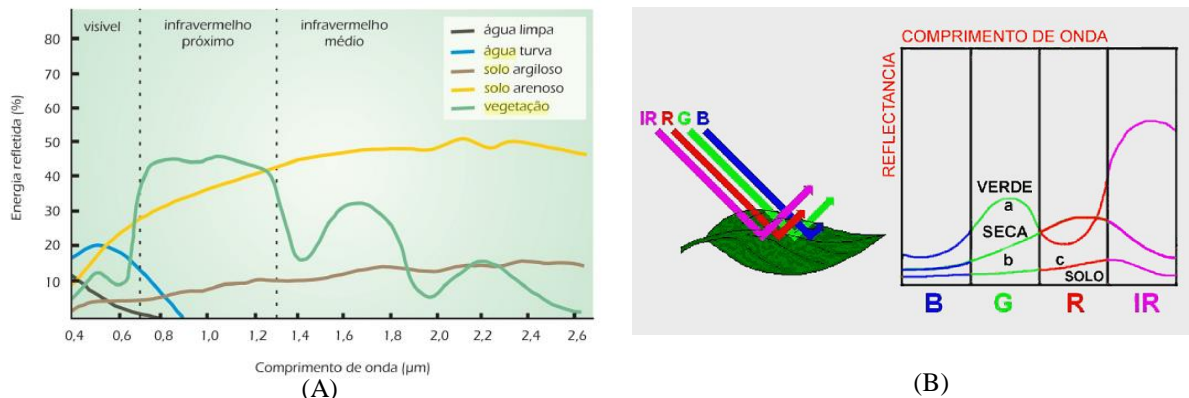


Figura 1: (A) Curva Espectral da vegetação, da água e do solo. Fonte: Florenzano (2011);

B) A assinatura espectral da folha verde (a), na faixa do visível (BGR) e infravermelho (IR), junto das assinaturas da folha seca (b) e do solo (c). Fonte: Steffen (2008).

Na curva espectral dos vegetais, de acordo com as figuras 1a e 1b, podem ser observados alguns pontos de inflexão. Na faixa do visível eles ocorrem pela significativa absorção de radiação, como energia para o processo da fotossíntese (FIGUEIREDO, 2005); já no infravermelho médio, as inflexões estão associadas á absorções de água (NOVO, 1992).

Diante da dualidade no comportamento da radiação eletromagnética, cuja propagação se dá sob a forma ondulatória e corpuscular ao mesmo tempo, Meneses *et al* (2012) explicam que a textura dos objetos tem maior interação com o modelo ondulatório da energia incidida, enquanto que as propriedades composicionais destes objetos interagem com o modelo corpuscular. Steffen (2008) indica outras duas grandes características da assinatura espectral das plantas, sendo elas:

- 1- A maior reflectância na banda do infravermelho se dá por causa dos aspectos fisiológicos da folha e varia com o seu conteúdo de água na estrutura celular superficial, interferindo diretamente na textura do dossel vegetativo;
- 2- A aparência verde dos vegetais, está pautada no fato de que os mesmos possuem elevada reflectância na faixa da luz verde do espectro, efeito produzido pela clorofila, ou seja, está ligado às propriedades composicionais das folhas.

3. Reflectância

Para se calcular os índices de vegetação de forma apropriada faz-se necessário converter os números digitais das imagens em valores de radiância e reflectância (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Segundo Steffen (2008) a reflectância é o fator que mede a capacidade de um objeto refletir a energia radiante. Desse modo, percebe-se que o cálculo da reflectância é dado em função da energia radiante, que por sua vez é expressa matematicamente como radiância. A radiância, de acordo com Meneses *et al.*, (p.22, 2012) “é a medida feita pelo sensor da densidade de fluxo radiante que deixa um elemento de área da superfície do terreno, e que se propaga em uma direção definida por um cone elementar de um ângulo sólido contendo aquela direção”.

3.1. Cálculo da Radiância (Calibração radiométrica)

Na prática, a obtenção dos valores de radiância é possibilitada pela calibração absoluta de um sensor, a qual relaciona os números digitais (ND) dos pixels das imagens com medidas de radiâncias originárias de alvos no solo, que por sua vez têm caracterização espectral bem definida (SILVA e ANDRADE, 2013). Sabendo que tal calibração fornece parâmetros da relação linear entre número digital e radiância, e que os responsáveis pelo satélite fornecem os valores de radiância mínimo e máximo que o sensor é capaz de

registrar, a conversão de número digital em radiância é resolvida a partir de uma interpolação linear, conforme mostra a Equação 1:

$$L = \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{ND_{max} - ND_{min}} \right) \cdot (ND - ND_{min}) \cdot L_{min} \quad (1)$$

Onde L é a radiação espectral aparente (radiância); L_{max} e L_{min} representam radiância máxima e mínima que o satélite registra; ND_{max} é o número digital correspondente a L_{max}, ND_{min} é o número digital correspondente a L_{min} e ND número digital que é função de L.

Outro fato importante é que a radiância calculada na equação 1, referente a sensores orbitais, não é exclusiva dos alvos observados, mas sim da mistura de sinal de vários objetos na superfície terrestre, devido a travessia desses sinais pela atmosfera até o sensor. Desse modo, a reflectância obtida em função da radiância aparente é também denominada aparente, por ser calculada a partir do topo da atmosfera (SILVA e ANDRADE, 2013).

3.2. Cálculo da reflectância aparente (ρ)

Com os valores de radiância em mãos, o próximo passo é calcular a reflectância. Segundo Meneses *et al.* (2013) reflectância é a razão entre a quantidade de energia radiante que deixa uma unidade de área no terreno (Radiância), pela quantidade de energia incidente naquela área, calculadas no mesmo momento. Os fatores citados (energia radiante e incidente) podem ser bidirecionais, pois, frequentemente existem duas geometrias envolvidas: geometria de iluminação ou incidência, formada pelos ângulos zenital e azimutal da fonte de iluminação e a geometria de visada, formada pelos ângulos zenital e azimutal do sensor (SILVA e ANDRADE, 2013). Para calcular a reflectância pode ser utilizada a Equação 2, a seguir:

$$\rho = \frac{\pi \cdot L \cdot d^2}{ESUN \cdot \cos\theta} \quad (2)$$

Sendo, ρ a reflectância aparente; L é a radiância bidirecional aparente (W/(m².sr.μm)); d é a distância Sol-Terra em unidades astronômicas; ESUN é a irradiância solar exoatmosférica média no topo da atmosfera (W/(m². μm)); e θ é o ângulo zenital solar (°).

3.3. Cálculo do ângulo zenital solar (θ)

Observando a equação 2, percebe-se a necessidade de se calcular o ângulo zenital solar, obtido pela equação

$$\cos(\theta) = \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(h) \quad (3)$$

Onde φ é a latitude, h o ângulo horário e δ a declinação solar calculada a partir da Equação 4 a seguir:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[\frac{360}{365} \cdot (284 + n) \right] \quad (4)$$

Sendo n o dia do ano para a data da aquisição dos dados.

4. Índices de Vegetação

Nota-se que o sensoriamento remoto é de grande valia para o estudo da vegetação, e para um maior aprimoramento desse estudo, criou-se os índices de vegetação. Esses índices consistem em combinações matemáticas das reflectâncias em várias faixas espectrais da radiação eletromagnética. Segundo Silva *et al.* (2009, p. 3081, *Apud* FONTANA *et al.*, 1998), os índices de vegetação representam uma técnica muito usada em sensoriamento remoto, pois indicam a presença e as condições da vegetação em monitoramento, e o sucesso de sua aplicação se deve ao fato de que a produção primária de uma comunidade vegetal tem uma relação muito próxima com a energia solar absorvida. Numa perspectiva de Figueiredo (2005), o índice de vegetação reflete o estado de desenvolvimento de uma cultura vegetal e, conseqüentemente na expectativa de rendimento da mesma, porém o uso dos índices é recomendado para monitoramento de grandes áreas, pois em regiões de pequenas dimensões há muita mistura de sinal de outros alvos num só pixel, dificultando e até mesmo inviabilizando esta prática. A seguir, serão apresentados alguns dos mais importantes índices de vegetação:

4.1. Índice de vegetação por razão simples (*Ratio Vegetation Index – RVI*)

Também tratado por alguns autores como *Simple Ratio – SR*, é o mais primitivo índice, o qual consiste na razão entre a banda do infravermelho próximo (IVP), na qual a vegetação apresenta maior reflectância, e a banda do vermelho (V), “onde a vegetação possui a mais alta absorção da luz solar visível devido à presença em sua constituição do pigmento verde clorofila, indicativo de uma vegetação sadia” (MENESES *et al.*, p. 148, 2012), a Equação 5 descreve o cálculo do RVI:

$$RVI = \frac{IVP}{V} \quad (5)$$

A divisão da banda na faixa de maior reflectância pela banda com menor reflectância, traz sempre valores maiores que 1, os quais, quanto maior forem, mais indicam a presença de vegetação.

4.2. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*)

Proposto por Rouse *et al.* (1973), “é um indicador da densidade de biomassa verde e está relacionado com parâmetros de crescimento e desenvolvimento das plantas” (CANÃ *et al.*, p. 2803, 2013). Com resultados que variam de -1 a 1, o NDVI é calculado a partir da diferença de reflectância entre as bandas do infravermelho próximo (IVP) e vermelho (V), dividido pela soma destas mesmas reflectâncias, como pode ser observado na Equação 6:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (6)$$

Os maiores valores de NDVI são encontrados quando a vegetação apresenta baixa reflectância na banda espectral do vermelho e maior reflectância na banda do infravermelho próximo. Porém, quando o pico de reflectância é deslocado para a banda do vermelho, em função da degradação da clorofila e, a reflectância no infravermelho próximo diminui devido à degeneração das membranas celulares do mesófilo durante a senescência, ocorre uma diminuição nos valores de NDVI (FONSECA *et al.*, 2007).

Canã *et al.* (2013) demonstraram a relação entre a biomassa verde e o NDVI no estudo de caso do bioma Pampa. Utilizando imagens do sensor MODIS, concluíram que há queda nos valores de NDVI nos meses de inverno, e crescimento nos meses de verão, acompanhando o verdor da vegetação, como pode ser observado na Figura 2:

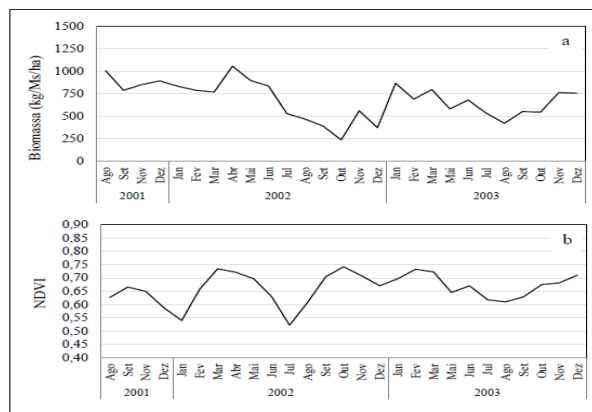


Figura 2 - Variação mensal da biomassa aérea da vegetação (a) e do NDVI (b) no bioma Pampa no período de estudo. Fonte: Canã *et al.*(2013).

4.3. Índice de Vegetação Perpendicular (*Perpendicular Vegetation Index – PVI*)

Richardson e Weigand (1977) propuseram o PVI que representa a distância perpendicular entre a reflectância de um dossel vegetativo e a linha espectral de solos, num plano cartesiano de origem do par ordenado reflectância do vermelho vs reflectância do infravermelho próximo (V vs IVP). A Equação 7 representa o cálculo do PVI:

$$PVI = \frac{IVP - a.V - b}{\sqrt{a^2 + 1}} \quad (7)$$

Sendo **a** e **b** coeficientes da linha de Solo.

O PVI tem como maior vantagem a diminuição dos efeitos do solo nos valores de reflectância da vegetação (LEBLON, 1997). A Figura 3 esquematiza o PVI no gráfico V vs IVP:

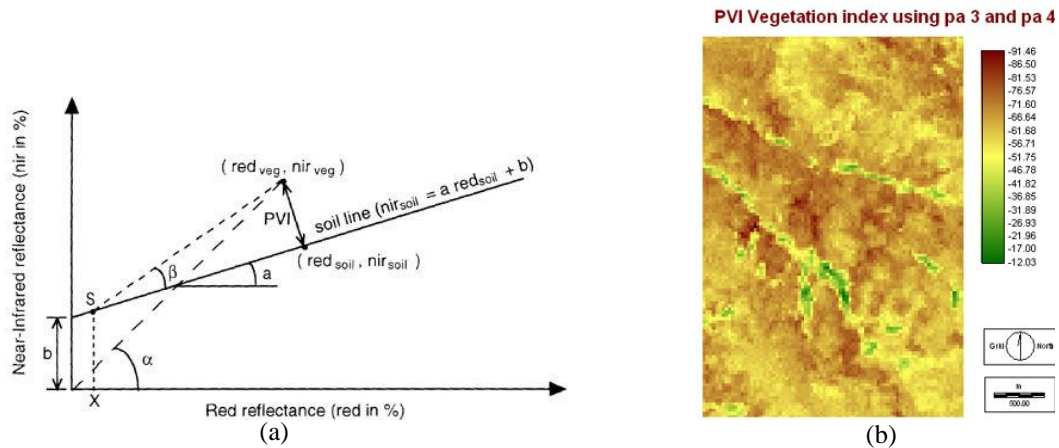


Figura 3 – (a) Representação geométrica do PVI. Fonte: Leblon (1997). (b) PVI na Região de Varvarco e Invernada Vieja. Fonte: Bertani (2011).

A Figura 3b mostra o PVI aplicado nas regiões de Varvarco e Invernada Vieja, Nauquén-Argentina, realizado por Bertani (2011).

4.4. Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (*Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI*)

O SAVI foi proposto por Huete (1988) para minimizar os efeitos de reflectância do solo existentes no NDVI. Desse modo, foi adicionado, na equação do NDVI, um coeficiente L que desloca a origem do par ordenado V vs IVP, para o ponto de encontro da linha do solo com a linha de vegetação (EPIPHANIO *et al.*, 1996). A Equação 8 que descreve o SAVI pode ser observada a seguir:

$$SAVI = \left(\frac{IVP - V}{IVP + V + L} \right) \cdot (1 + L) \quad (8)$$

Os valores ótimos de L são: L = 1 (para densidades baixas de vegetação); L = 0,5 (densidades médias); L = 0,25 (densidades altas), tais valores foram estimados de acordo com considerações feitas por Huete (1988) (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

Dentre as muitas utilizações do SAVI, a Figura 5 traz uma aplicação realizada por Silva *et al.* (2009), para a microrregião de Itamaracá – PE:

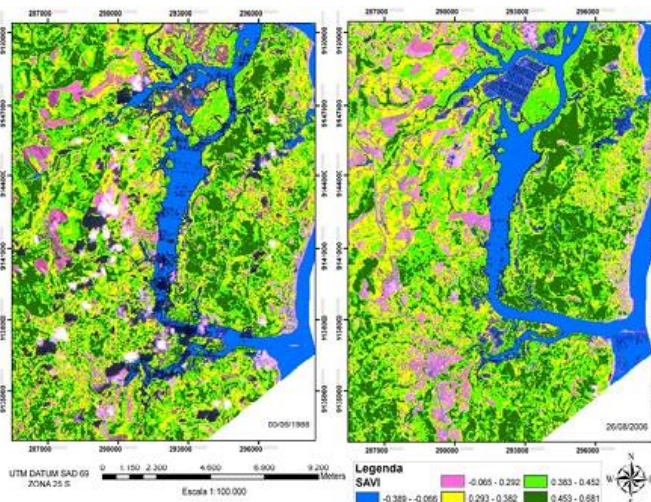


Figura 5 – SAVI da microrregião de Itamaracá – PE. Fonte: Silva *et al.* (2009).

4.5. Índice de Vegetação Resistente a Atmosfera (*Atmospherically Resistant Vegetation Index – ARVI*)

Como o próprio nome sugere, o ARVI foi desenvolvido para reduzir as interferências atmosféricas enfrentadas pelo NDVI. Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2007) o ARVI foi criado por Kaufman e Tanré (1992) no intuito de aplicá-lo no sensoriamento remoto da vegetação no sensor “*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*” (MODIS - EOS), e a novidade, em relação ao NDVI, fica por conta da adição da reflectância da banda do azul na formulação do ARVI, como pode ser observado na Equação 9:

$$ARVI = \frac{IVP + \gamma(A - V) - V}{IVP - \gamma(A - V) + V} \quad (9)$$

Onde γ é o parâmetro que depende do tipo de aerossol, cujo objetivo é reduzir o efeito atmosférico; A é a reflectância na faixa Azul da radiação eletromagnética.

Em aplicações de sensoriamento remoto o valor ótimo para γ é 1, segundo estudos empíricos realizados pelos desenvolvedores do ARVI (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Cabe salientar que a inovação do ARVI em relação ao NDVI está na substituição da reflectância do vermelho (V), pela reflectância normalizada vermelho-azul [$V - \gamma(A - V)$], a qual sofre menos interferências dos efeitos atmosféricos.

4.6. Índice de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index* – EVI)

O EVI é resultado da combinação de outros dois índices, o SAVI e o ARVI. Sugerido por Justice *et al.* (1998), o EVI tem como principal vantagem promover a redução das influências atmosféricas e do solo sobre a resposta do dossel vegetativo (RISSO *et al.*, 2009, *Apud* JUSTICE *et al.*, 1998), dessa forma otimiza o sinal de vegetação, principalmente em áreas de biomassa mais densa. Na sua fórmula há fatores de correção do solo e dos aerossóis da atmosfera, como visto na Equação 10:

$$EVI = \frac{G(IVP - V)}{IVP + C1 \times V - C2 \times A + L} \quad (10)$$

Onde: A é a reflectância no Azul, L é fator de ajuste para o solo; G é o fator de ganho; C1 e C2 são coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera. Os valores dos coeficientes adotados pelo algoritmo do EVI são: L=1, C1=6, C2=7,5 e G= 2,5 (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

Os coeficientes C1 e C2 são fatores de correção dos efeitos atmosféricos para a banda do vermelho e azul, respectivamente, e podem ser alterados a depender das condições regionais, sendo que os produtos do MODIS disponibilizados pelo EOS (*Earth Observing System*) utilizam os valores já citados (RISSO, 2009). Rodrigues *et al.* (2013), dentre os seus estudos aplicaram o EVI e o RVI para região da sub-bacia do rio Itapecerica, como pode ser observado na figura 7:

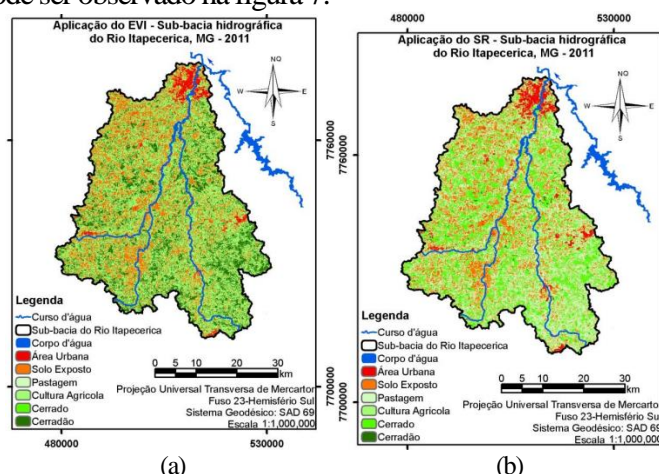


Figura 7 – Aplicação do EVI (a) e RVI (b) na sub-bacia do rio Itapecerica, MG, no ano de 2011. Fonte: Rodrigues *et al.*, 2013.

4.7. Índice de Umidade por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Water Index* – NDWI)

NDWI foi proposto por GAO (1996), e é obtido através da razão entre a diferença das reflectância do infravermelho próximo (IVP) e do infravermelho médio (IVM) e a soma das mesmas, em que os valores

negativos representam áreas com vegetação seca e valores positivos para vegetação verde. A Equação 11 apresenta o cálculo do NDWI:

$$NDWI = \frac{IVP - IVM}{IVP + IVM} \quad (11)$$

Cabe ressaltar o fato de alguns autores, como Meneses *et al.* (2013), tratarem o NDWI como índice de água, não é atoa que Cardozo *et al.* (2009) afirmam que o NDWI se relaciona com o conteúdo de água presente nas folhas, mostrando-se relevante na avaliação do vigor vegetativo.

5. Conclusão

Os índices de vegetação, como ferramentas de realce da vegetação em imagens de sensoriamento remoto, têm aplicações diversas. Há uma quantidade razoável destes índices que podem ser utilizados de acordo com as particularidades do estudo, não é atoa que muitos trabalhos fazem comparações entre índices de vegetação, comprovando a maior eficácia de alguns em detrimento das condições do ambiente e de coleta dos dados.

O principal objetivo dos índices de vegetação é transformar os valores de reflectância de várias bandas espectrais em números normalizados, cujo valor tem a capacidade de informar particularidades relacionadas a biomassa, saúde, umidade e outras características dos vegetais.

O sensoriamento remoto como ciência, facilita o estudo de grandes áreas, pois além de agilizar o processo, reduz os custos. A análise da variação da biomassa de uma grande floresta, por exemplo, se feita em campo, a nível de solo, seria muito mais cara e demorada, mas com o auxílio do sensoriamento remoto aliado aos índices de vegetação, que nos dão informações ainda mais precisas de áreas vegetadas, esse estudo torna-se bem mais rápido e menos oneroso.

6. Referências Bibliográficas

- BERTANI, L. A. *Evaluación geoecológica de los paisajes del Departamento Minas (Provincia de Nauqué), para el estudio de la degradación de la tierra [em Línea]*. 2011. 246p. Tese (Doutorado) La Plata: Universidad Nacional de La Plata., 2011.
- CAÑA, B. B.; TRENTIN, C. B.; FONSECA, E. L. Relação entre biomassa aérea vegetal e NDVI no bioma Pampa. *In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Foz do Iguaçu-PR. *Anais*. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p 2802-2808.
- CARDOZO, F., PEREIRA, G., SILVA, G. B. S., SILVA, F. B., SHIMABUKURO, Y. E.; MORAES, E. C. Discriminação de áreas alagadas no Pantanal sul-matogrossense a partir de imagens orbitais. *In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá-MS. Anais*, Corumbá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009, p.99-106.
- EPIPHANIO, J.C.N.; GLERIAN, J.; FORMAGGIO, A.R.; RUDORFF, B.F.T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura de feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.31, n.6, p.445-454, 1996.
- FIGUEIREDO, D. *Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto*. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília – DF, 2005. 30p.
- FONSECA, E. L.; FORMAGGIO, A.R.; PONZONI, F. J. Estimativa da disponibilidade de forragem do bioma Campos Sulinos a partir de dados radiométricos orbitais: parametrização do submodelo espectral. *Ciência Rural*, v. 37, p. 1668-1674, 2007.
- FLORENZANO, T. G. *Iniciação em Sensoriamento Remoto - 3ª Ed. Ampl. e atual.* – São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, A. Relação entre índice de vegetação global e condições hídricas no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.8, p. 1399-1405, 1988. In: SILVA, C.A.V.; SILVA, H.A.; OLIVEIRA, T.H.; GALVINCIO, J.D. Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Natal-RN. *Anais*, Natal: INPE, 2009, p. 3079 – 3085.

JUSTICE, C. O.; et al.. *The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 36, n. 4, p.1228-1247, 1998. In: RISSO, J.; RIZZI, J.R.R.; EPIPHANIO, R.D.V.; RUDORFF, B.F.T.; FORMAGGIO, A.R.; SHIMABUKURO, Y.E.; FERNANDES, S.L. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Natal, RN, *Anais*. Natal: INPE, 2009, p. 379-386

LEBLON, B. *Soil and vegetation optical properties. Faculty of Forestry and Environmental Management University of New Brunswick, Fredericton (NB), Canadá, 1997. 6p.* Disponível em: <<http://www.r-s-c-c.org/rscc/Volume4/Leblon/leblon.htm>>. Acessado em: 07 Jul. 2015.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.; SANTA ROSA, A. N. C.; SANO, E. E.; SOUZA, E. B.; BAPTISTA, G. M. M.; BRITES, R. S. *Introdução ao processamento de imagens digitais de satélites e sensoriamento remoto.* Brasília, DF: Universidade de Brasília. 2012. 266 p.

NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações.* – 2ªEd. (1992), 6ª Reimpressão (2006) - São Paulo: *Edgard Blucher*, 1992.

PONZONI, F. J. & SHIMABUKURO, Y. E. *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.* São Jose dos Campos: *Editora Parêntese*, 2007. 127p.

RISSO, J.; RIZZI, J.R.R.; EPIPHANIO, R.D.V.; RUDORFF, B.F.T.; FORMAGGIO, A.R.; SHIMABUKURO, Y.E.; FERNANDES, S.L. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Natal, RN, *Anais*. Natal: INPE, 2009, p. 379-386.

SILVA, C.A.V.; SILVA, H.A.; OLIVEIRA, T.H.; GALVINCIO, J.D. Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Natal, RN, *Anais*. Natal: INPE, 2009, p. 3079 – 3085.

SILVA, M. A. O.; ANDRADE, A. C. Geração de Imagens de Reflectância no Topo da Atmosfera e na Superfície de um Ponto de Vista Geométrico. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, *Anais*. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 8238 – 8245.

STEFFEN, C. A.. *Introdução ao sensoriamento remoto*, 2008. 11p. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>> Acesso em: 06 Jul. 2015.

RODRIGUES, E. L.; FERNANDES, D. H. F.; ELMIRO, M. A. T.; FARIA, S. D. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na sub-bacia do Vale do Rio Itapeçerica, Alto São Francisco, em Minas Gerais. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, *Anais*. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 1472-1479.