

Comparação entre índices de vegetação para análise da vegetação de caatinga no cariri paraibano

Glauciene Justino Ferreira da Silva ¹

Lidiane Cristina Félix Gomes ²

Mário Henrique Medeiros Cavalcante de Araújo ²

¹ Universidade Federal da Paraíba – UFPB/PPGG
Cidade Universitária, 58051-900, João Pessoa -PB
glauc.geo@gmail.com

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB
Av. João da Mata, 256, Jaguaribe, 58015-020, João Pessoa - PB
{ mario.geotecnologo, lidiane.geo }@gmail.com

Abstract. Soil degradation from human activities or even natural processes have aroused the interest of researchers and institutions over the years. Knowing the causes, the reasons for the aggravation of the phenomenon as well as the characteristics of the regions affected by the process is extremely important for understanding the phenomenon. Systemic and integrated approaches should lead to research on consequences of short, medium and long term. The present study was conducted in the municipality of São José dos Cordeiros - PB, located in the northeastern semi-arid and its objective was find what best vegetation index to use for the region in question. To research execution techniques of remote sensing and the SEBAL algorithm - Surface Energy Balance Algorithm for Land- were used. This region showed little presence of vegetation and a large quantity of exposed soil, denoting evidence of environmental fragility and requires greater attention from government agencies for proper soil management. Between the four vegetation indices tested in the study, Index Normalized Difference Vegetation - NDVI, the Vegetation Index Adjusted for the Effects of Soil - SAVI, the Enhanced Vegetation Index - EVI and the Leaf Area Index - LAI, EVI showed better sensitivity and better delineation of vegetation and their characteristics, followed by SAVI and LAI.

Palavras-chave: Remote Sensing, Vegetation Cover, Semiarid, SEBAL, Sensoriamento Remoto, Cobertura Vegetal, Semiárido, SEBAL

1. Introdução

O processo de desertificação têm sido objeto de estudo de inúmeros pesquisadores ao longo dos anos. Conhecer seus componentes, bem como as características das regiões afetadas pelo processo é de extrema importância para sua compreensão. Abordagens sistêmicas devem nortear as pesquisas, dada a complexidade do fenômeno e suas consequências a curto médio e longo prazo.

O sensoriamento remoto possui, dada a sua natureza fundamental, a capacidade de coletar informações primárias que podem ser convertidas, diante de um processamento adequado, em informação útil para o entendimento do processo de desertificação.

A região do semiárido nordestino apresenta características que apontam para um processo de desertificação avançado. Compreendendo 969.589,4 Km², cerca de 11% do território nacional apresenta temperaturas elevadas em sua média anual (27°C). Seu regime de chuvas se concentra de três a cinco meses do ano com ocorrências esparsas tanto espacialmente

quando temporalmente. Seu solo geralmente se apresenta raso, pedregoso, com inúmeros afloramentos rochosos. Esses elementos culminam com um balanço hídrico de caráter negativo, e secas prolongadas que castigam seus habitantes. (SOLOMON et al., 2007).

O bioma caatinga, predominante da região, demonstra ser extremamente afetado por mudanças climáticas, devendo ser monitorado. (OYAMA; NOBRE, 2003)

Técnicas de processamento de imagens consolidadas possibilitam a obtenção e índices de vegetação, proporcionando assim um entendimento maior do problema em questão. NDVI, SAVI, e IAF são índices que podem ser obtidos e podem auxiliar na compreensão do comportamento da vegetação nativa frente ao fenômeno.

Desse modo, este trabalho se propõe, sem a intenção de esgotar o tema, a realizar uma comparação entre os índices de vegetação citados, utilizando o algoritmo SEBAL, observando suas diferenças na caracterização da vegetação na região do cariri paraibano.

2. Metodologia de trabalho

2.1 - Delimitação da área de estudo

A área de estudo corresponde ao município de São José dos Cordeiros localizado entre as coordenadas na porção central do estado da Paraíba, mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Ocidental. Possui área total de 416,30Km². O clima é do tipo Bsh - Semiárido quente com chuvas de verão, com 11 meses secos. A pluviometria média anual é de 554,5mm, de distribuição irregular, com 78% de seu total concentrando-se em 04 meses. A vegetação é do tipo Caatinga e a temperatura média anual situa - se próximo a 24°C (CPRM, 2005; IBGE, 2014).

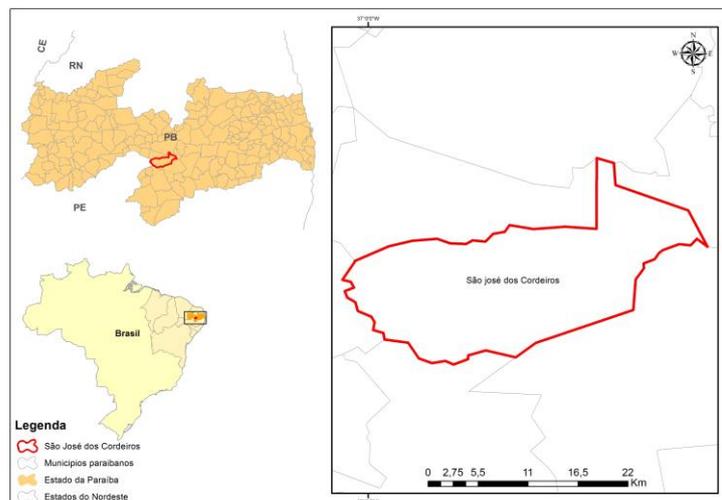


Figura1: Localização da área de estudo

2.2 - Materiais e procedimentos metodológicos

Para a obtenção dos índices de vegetação utilizou-se o algoritmo SEBAL - *Surface Energy Algorithm for Land* (BASTIAANSEN, 1995), em ambiente SIG. Além da imagem do sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 de 23/09/2008, disponibilizada gratuitamente pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Como referência para coleta de pontos de controle, foi utilizada a imagem ortorretificada do Landsat 5/TM de 18/06/1990 disponibilizada pelo USGS (*Service Geological United States*).

Foi realizado o cálculo da radiância espectral de cada banda (L_{λ_i}), ou seja, a calibração radiométrica, em que o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral, foi efetivado segundo a equação (MARKHAM e BAKER, 1987):

$$L_{\lambda_i} = a_i + \left(\frac{b_i - a_i}{255} \right) ND \quad (1)$$

onde a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($W/m^2/sr/\mu m$), ND é a intensidade do pixel (0 a 255); e i corresponde as bandas do satélite Landsat 5/TM.

O cálculo da reflectância planetária monocromática de cada banda (ρ_{λ_i}), definida como sendo a razão entre o fluxo da radiação solar refletido e o fluxo da radiação solar incidente, foi obtido segundo a equação:

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

no qual L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda, k_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($W/m^2/mm$), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA), que de acordo com Iqbal (1983), é dado por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos(DSA \cdot 2\pi / 365) \quad (3)$$

Com a realização da calibração radiométrica e o cálculo das variáveis acima descritas seguiu-se com o cálculo dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF). O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é obtido através da razão entre a diferença das refletividades do IV-próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V), pela soma das mesmas:

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (4)$$

sendo ρ_{IV} e ρ_V correspondem, respectivamente, as bandas 4 e 3 do Landsat 5 – TM.

Para o cálculo do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (SAVI) que é um índice que busca amenizar os efeitos do “background” do solo, tem sido utilizada a expressão (HUETE, 1988):

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)} \quad (5)$$

onde o fator L é uma função do tipo de solo. Na pesquisa o valor atribuído a L foi igual a 0,1.

O Índice de Área Foliar (IAF) é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. O IAF é um indicador da biomassa de cada pixel da imagem e o mesmo foi obtido pela equação empírica (ALLEN et al. 2002a; ALLEN et al. 2002b):

$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (6)$$

O EVI (*Enhanced Vegetation Index*) foi concebido com a finalidade de atenuar os efeitos do solo e da atmosfera sobre o monitoramento da vegetação, a partir da combinação do SAVI e do AVRI (*Atmosphere Resistant Vegetation Index*) (KAUFMAN e Tanré, 1992), de acordo com a equação (7):

$$EVI = G * \frac{(NIR - Vermelho)}{(L + NIR + C1 * Vermelho - C2 * Azul)} \quad (7)$$

em que, NIR = reflectância no infravermelho próximo; Vermelho = reflectância no vermelho; Azul = reflectância no azul. C1 = 6 o coeficiente de correção dos efeitos atmosféricos para a banda do vermelho; C2 = 7,5 o coeficiente para a banda azul; L = 1 o fator de correção para a interferência do solo; G= 2,5 o fator de ganho.

Dadas as formulações acima procedeu-se com a comparação dos resultados obtidos, que serão demonstrados na sequência.

3. Resultados e discussões

A variação espacial dos índices de vegetação da diferença normalizada (NDVI), do índice de vegetação melhorado (EVI), de vegetação ajustado ao solo (SAVI) e de área foliar (IAF) podem ser visualizadas na Figura 2.

O NDVI variou de -1 a 0,705, sendo os maiores valores apresentados na cor verde referente às áreas com vegetação sadia robusta ou arbustiva. Valores negativos são atribuídos a presença de áreas com corpos hídricos ou úmidas. E os valores medianos usualmente são encontrados na presença de solo exposto, que no caso, refere-se ao intervalo entre 0,138 a 0,137.

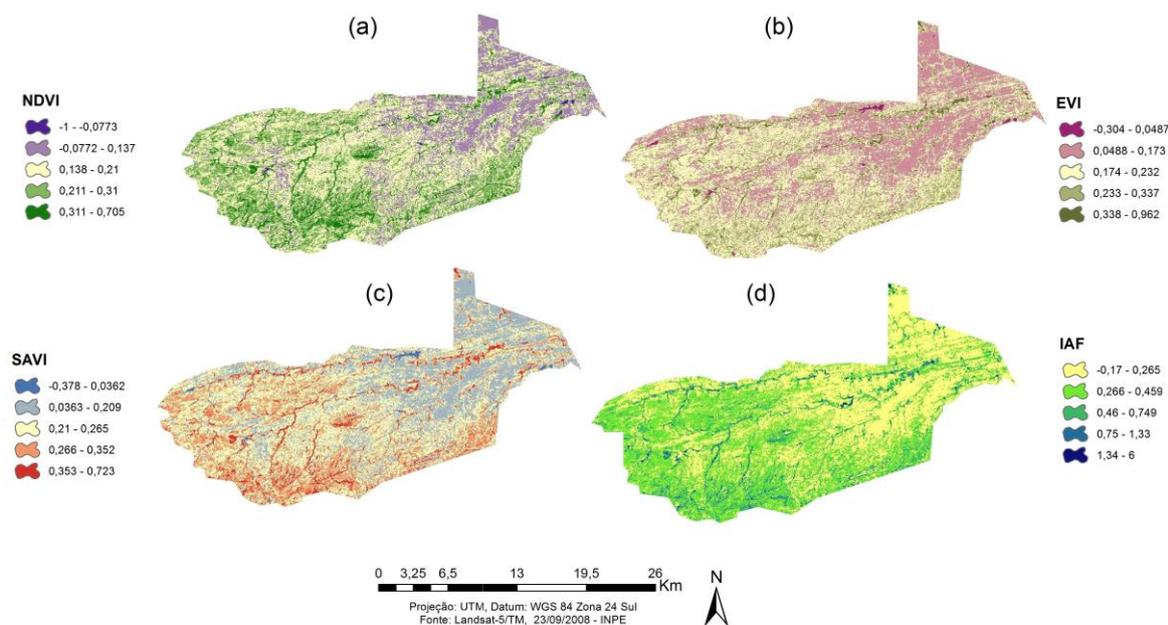


Figura 2: a) Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, b) Histograma do Índice de Vegetação Melhorado c) Histograma do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo e d) Histograma do Índice de Área Foliar

O EVI que usualmente apresenta sensibilidade aos vários tipos de vegetação destacou melhor a presença de vegetação e seus respectivos portes. O intervalo entre 0,338 a 0,962 representa a presença de vegetação mais densa, o que no NDVI apresentou uma homogeneidade maior, o que dificulta a interpretação da realidade.

Ainda no EVI podemos observar o intervalo que vai do 0,233 a 0,174 representa uma vegetação mais esparsa, de pouca folhagem e/ou de pequeno porte. O intervalo de classe 0,048 a 0,173 está destacando o solo exposto e na classe de -0,304 a 0,048 estão sendo representados os corpos hídricos presentes no local.

Resultados similares ao EVI podem ser observados no produto SAVI, que em sua concepção corrige os efeitos de background do solo. O intervalo 0,353 a 0,723 representa a presença de vegetação mais sadia, sem deficiência hídrica. Os valores entre -0,378 a 0,036 representam os corpos hídricos, o solo exposto está representado no intervalo entre 0,036 a 0,209 e os demais intervalos referem-se a faixas de transição entre solo exposto e vegetação esparsa e de pequeno porte.

Já no IAF que é um indicador da biomassa, cuja espacialização é apresentada na Figura 2 d, variou entre 0 a 6, sendo 0 (zero) atribuído a ausência de vegetação e 6 o valor máximo, onde há vegetação mais adensada. Este índice apresenta claramente a presença de mata ciliar próximo a corpos hídricos, sejam eles permanentes ou intermitentes.

Para melhor avaliar as classes que apresentam-se maior quantidade, podemos verificar o histograma dos índices apresentados, conforme Figura 3.

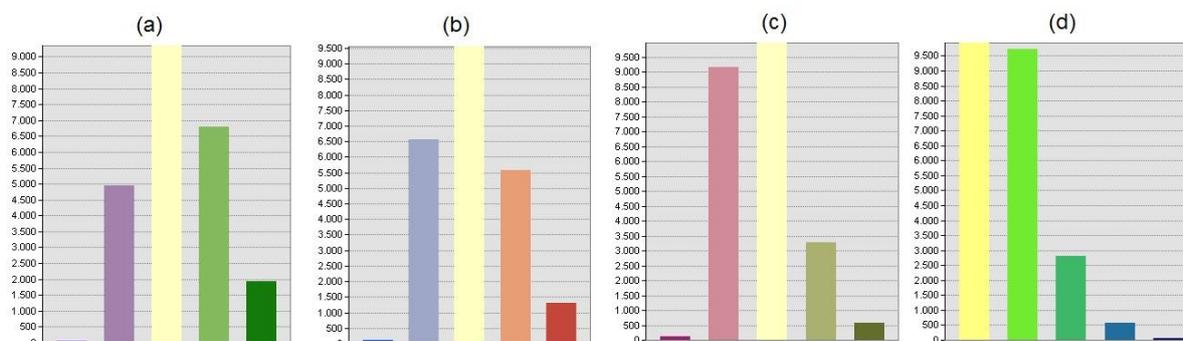


Figura 3 -a) Histograma do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, b) Histograma do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo, c) Histograma do Índice de Vegetação Melhorado e d) Histograma do Índice de Área Foliar

Conforme histogramas (Figura 3) é unânime a presença de uma pequena quantidade de vegetação robusta, sadia ou até mesmo de grande porte, o que condiz com a região estudada, visto que se trata predominantemente de vegetação do tipo caatinga. Assim como a forte presença de solo exposto na região. A presença dos corpos hídricos também apresentou-se em pequenas proporções em todos os métodos estimados.

4. Conclusões

As técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de desertificação no acompanhamento da dinâmica da vegetação apresentaram-se como ferramenta promissora nos estudos ambientais.

Os índices de vegetação indicados no estudo apresentaram-se altamente efetivos na extração de informações da vegetação existente no local.

Porém o EVI e o SAVI apresentaram melhor sensibilidade no delineamento dos tipos de vegetação e seus estágios de senescência, o que possibilita a aplicação da metodologia em regiões semiáridas e áridas, proporcionando um melhor resultado dos produtos de vegetação.

O IAF também representou uma separação de classes bem delineada, pois permitiu relacionar a presença de áreas úmidas com a presença de vegetação de mata ciliar.

Com isso, podemos afirmar que os índices de vegetação apresentados constituem como indicativos importantes tanto no monitoramento ambiental quanto na quantificação da vegetação.

Sugere-se, para pesquisas futuras a elaboração de procedimentos metodológicos de campo para validação dos resultados obtidos.

Referências

- ALLEN, R. G.; MORSE, A.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; BASTIAANSEN, W.; RIGHT, J. L.; KRAMBER, W. **Evapotranspiration from a satellite-based surface energy balance for Snake Plain aquifer in Idaho**. Presented at the meeting of United States Committee on Irrigation, Drainage, and Food Control at San Luis Obispo, CA, 2002a.
- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) – **Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0**, 2002b.
- BASTIAANSEN, W.G.M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1995, 273 p.
- CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São José dos Cordeiros, estado da Paraíba** / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Morais, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- HUETE, A.R. **A soil adjusted vegetation index (SAVI)**. Remote Sensing of Environment, v. 25, p. 295-309, 1988.
- IBGE. **Dados básicos dos municípios brasileiros**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251480&search=paraiba|sao-jose-dos-cordeiros>>. Acesso em: 03. nov.2014.
- IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. New York: Academic Press. 1983. 212p.
- KAUFMAN, Y. J.; TANRÉ, D. Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 30, n.2, 1992.
- MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. (1987). Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 8, n. 3, 517-523p.
- OYAMA, M. D., C. A. NOBRE. 2003. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. **Geophysical Research Letter**, 30, 23, 2199.
- SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR AND H.L. MILLER, 2007: **Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.