

COMPARAÇÃO ENTRE O IVDN E O IVAS PARA VEGETAÇÃO DE CAATINGA NAS SERRAS SERTANEJAS-PB

Elânia Daniele Silva Araújo

Universidade Federal da Paraíba - UFPB
João Pessoa, PB, Brasil
elaniadani@hotmail.com

Célia Cristina Clemente Machado

Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
João Pessoa, PB, Brasil
celiaccmachado@gmail.com

Jonas Otaviano Praça de Souza

Universidade Federal da Paraíba - UFPB
João Pessoa, PB, Brasil
jonasgeoufpe@yahoo.com.br

RESUMO

O semiárido brasileiro se diferencia dos demais do planeta por ser o mais chuvoso e populoso, bem como, pela ocorrência de enclaves subúmidos. Nessas ilhas de umidade podem ser encontradas desde vegetação do tipo floresta perenifólia como florestas subcaducifólias. Para os estudos da vegetação desses ambientes, o Sensoriamento Remoto tem sido uma das técnicas mais utilizadas para coleta de dados. O estudo da vegetação geralmente está associado a aplicações de índices, sendo o IVDN e o IVAS um dos mais utilizados. Diversas pesquisas desenvolvidas no semiárido brasileiro utilizaram o IVAS, devido seu fator de correção ao efeito do solo. Embora o IVAS, seja eficaz para o semiárido, não se pode utilizá-lo como prioridade, as áreas de exceção vão apresentar uma vegetação particular, para tanto, surgiu a necessidade de testar os dois índices e identificar qual traria uma resposta mais eficaz para a área em estudo. Para a análise foram utilizados dados do Landsat 8, para os períodos chuvoso e seco. Para ambos os períodos, a variação dos índices se deu de forma semelhante, demonstrando as mesmas características de vegetação e permitindo concluir que ambos são satisfatórios para a quantificação e representação da vegetação local mesmo essa estando localizada no semiárido.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Enclaves subúmidos. Semiárido.

COMPARISON BETWEEN NDVI AND SAVI FOR VEGETATION OF CAATINGA IN SERRAS SERTANEJAS-PB

ABSTRACT

The Brazilian semiarid is different from the rest of the planet because it is the rainiest and populous, as well as the occurrence of sub-humid enclaves. In these islands of humidity can be found from evergreen-type vegetation like semi-deciduous forests. For the vegetation studies of these environments, Remote Sensing has been one of the most used techniques for data collection. The vegetation analysis is generally associated with index applications, with NDVI and SAVI one of the most used. Several studies carried out in the Brazilian semi-arid region used the SAVI, due to its correction factor to the soil effect. Although the SAVI is adequate for the semi-arid region, it can not be used as a priority, and the exception areas will present particular vegetation. Therefore, it was necessary to test the two indices and identify which would provide a more effective response to the area under study. For the analysis, data from Landsat 8 were used for wet and dry periods. For both periods, the variation of the indices occurred similarly, showing the same characteristics of vegetation and allowing to conclude that both are satisfactory for the quantification and representation of the local vegetation even if it is located in the semiarid.

Keywords: Remote sensing. Enclaves sub-humid. Semi-arid.

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro se diferencia dos demais do planeta por ser caracterizado como o mais chuvoso e o mais populoso, é uma das poucas regiões semiáridas do mundo com clima tropical. Sua proximidade ao equador o singulariza ainda mais, ou seja, não há ocorrência de neve no inverno e de aporte de água de degelo (como é o caso da área semiárida do Chile), além do seu relevo composto por maciços e chapadas acima de 1000 m de altitude que permite alimentar os reservatórios de drenagem exorreica ao seu redor durante cinco a sete meses (MALVEZZI, 2007; FUNDAJ, 2002; PASSOS e DUBREUIL, 2004).

Outro fator que individualiza o semiárido brasileiro é a ocorrência de áreas de exceção, também classificadas como brejos de altitude, serras úmidas e enclaves subúmidos, que irão se diferenciar principalmente por sua disposição orográfica possibilitando um desenvolvimento diferenciado do regime de chuvas, solos e vegetação. Essas áreas representam 5% do sertão e constituem verdadeiras ilhas de umidade propiciando solos férteis em variados pontos conseguindo mudar a monotonia das condições físicas e ecológicas dos sertões secos, enriquecendo a produtividade agrária local, fortalecendo a economia regional e sendo palco de agrupamentos de nascentes ou fontes, dispondo de uma significativa importância (BÉTARD et al., 2007; SOUZA e OLIVEIRA, 2006; AB'SÁBER, 1999).

A cobertura vegetal do semiárido é dominada pelo bioma caatinga, conhecida por perder suas folhas no período seco como forma de adaptação a irregularidade das chuvas na região. Contemporaneamente, a caatinga está dentro da classificação de matas ou bosques secos, e é uma das florestas tropicais mais ameaçadas do mundo, com menos de 10% da sua extensão original, embora essa tenha sido classificada como vegetação de savana, caracteriza-se por ter um dossel fechado, diferenciando-se de uma savana mais aberta e rica em capim (VELOSO et al., 1992; BEZAURY, 2009; BANDA et al., 2016).

Nessas ilhas de umidade podem ser encontradas desde vegetação do tipo floresta perenifólia denominada também de mata úmida ou de matas serranas plúvio-nebulares, que são características de áreas mais úmidas, como também florestas subperenifólia, florestas subcaducifólia ou matas secas, cerrados e cerradões, além das faixas de transição entre caatinga hipoxerófila/cerrado e cerrado/ floresta (SOUZA e OLIVEIRA, 2006; BÉRTAD et al., 2007).

Para os estudos da vegetação desses ambientes, o Sensoriamento Remoto tem se destacado como uma das mais bem-sucedidas técnicas de coleta automática de dados, a partir da energia refletida pelas espécies vegetais, embora a absorção do espectro, a partir dos pigmentos de tais espécies se propaga na faixa do visível (VIS) entre 0,40-0,72. A interação da vegetação com a Radiação Eletromagnética (REM) pode ser descrita a partir de três fenômenos: reflectância, transmitância e absortância, assim, as frações espectrais da radiação incidente que serão refletidas, transmitidas e absorvidas dependerão essencialmente das características físico-químicas da vegetação e a análise conjunta desses três fenômenos compõe o que é denominado de Comportamento espectral da vegetação (SILVA, 2012; PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

O estudo da vegetação geralmente está associado a aplicações de índices que facilitam a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa, além de através do infravermelho facilitar a identificação de importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009; EPIPHANIO et al., 1996). Os índices de vegetação mais utilizados para o semiárido brasileiro são o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN (*Normalized Difference Vegetation Index-NDVI*) e o Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo-IVAS (*Soil Adjusted Vegetation Index- SAVI*).

Diversas pesquisas desenvolvidas no semiárido brasileiro utilizaram o IVAS, devido seu fator de correção ao efeito de *background* do solo. Esse índice já foi citado por diversos autores como o mais eficaz para a vegetação de caatinga, devido ao fato desta vegetação perder as folhas no período seco e o solo interferir no seu processo de reflectância. A atuação do solo estará ligada a absorção da energia emitida e recebida pela superfície terrestre devido a sua constituição mineral, matéria orgânica, umidade e granulometria. Na região do visível, o comportamento espectral do solo apresentará uma característica mais uniforme, o que irá indicar uma variação

menor da energia refletida em relação a vegetação, que por sua vez, possuirá uma maior reflectância nessa mesma faixa espectral, esse motivo indica que ambos os comportamentos espectrais devem estar relacionados (MALDONADO, 2004; FLORENZANO, 2011; MONTEIRO et al., 2013).

Embora o IVAS, seja eficaz para o semiárido, não se pode generalizar e utilizá-lo como prioridade. As áreas de exceção dentro dos espaços secos vão apresentar uma vegetação de caatinga diferente do habitual, para tanto, surgiu a necessidade de testar os dois principais índices de vegetação (IVDN ou IVAS) e identificar qual deles traria uma resposta mais próxima da realidade desta vegetação para a área em estudo.

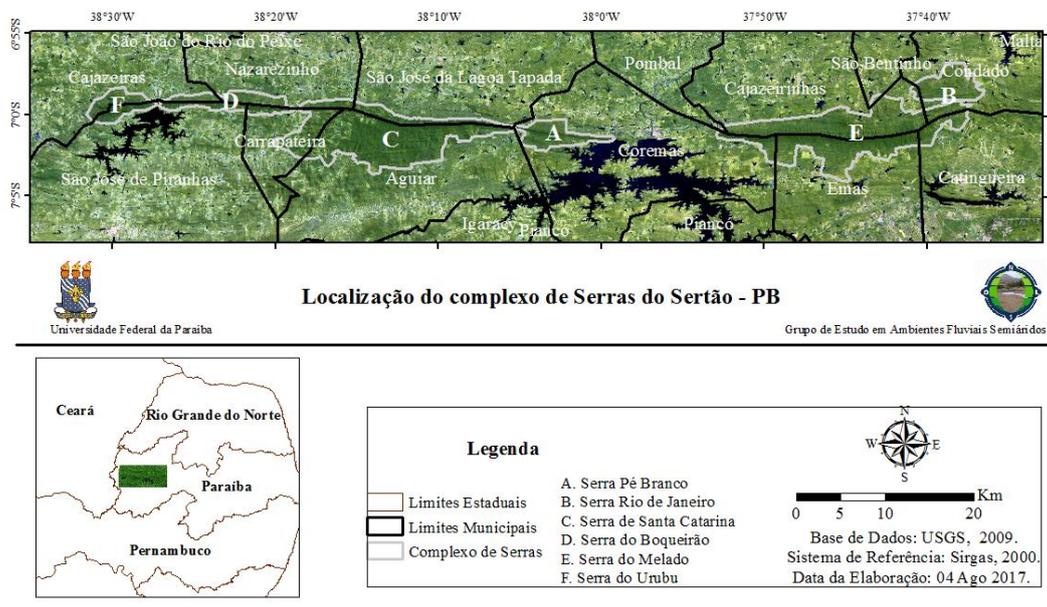
METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O complexo de Serras está localizado na região semiárida brasileira, mais precisamente no sertão do estado da Paraíba, estende-se por uma área de aproximadamente 328,3 km², abrangendo 13 municípios, desde o município de Cajazeiras até Condado e está inserido nas microrregiões de Cajazeiras e Sousa (Figura 1). É uma área de significativa importância dentro do Sertão, visto que, é um dos poucos lugares com caatinga do tipo florestal, graças ao conjunto dos fatores microclimáticos e geomorfológicos que a torna um lugar privilegiado dentro do semiárido. Além de contar com uma grande quantidade de nascentes que alimenta o açude Mãe d'Água/Coremas, maior da Paraíba.

Devido suas características peculiares dentro do sertão de clima seco, o complexo de serras desperta um interesse para a conservação, para o qual já existe uma proposta de criação de um parque estadual, intitulado como Parque Estadual Serras das Águas Sertanejas – PESAS, esse está em fase de implementação e presa pela preservação das fontes de água, tão essencial na região semiárida.

Figura 1 – Localização do complexo de Serras do Sertão – PB.



Fonte – Autoria própria, 2018.

Dentro dos procedimentos metodológicos está a aplicação dos índices de vegetação para identificar qual teria uma resposta mais satisfatória para a vegetação local e as visitas a campo para a coleta de dados e a validação dos dados obtidos por sensores.

Foram escolhidas duas imagens de órbita 215 e ponto 65 do sensor OLI do satélite *Landsat 8* (L8), referentes aos meses de julho de 2016 e setembro de 2017, respectivamente, por terem sido as datas mais próximas dos campos realizados, sendo a primeira no período chuvoso e a última no período seco.

As imagens tiveram as informações presentes em suas bandas do vermelho (ρ_v) e infravermelho próximo (ρ_{iv}) empilhadas. A escolha dessas bandas espectrais se justifica pelo objetivo da pesquisa está relacionado a vegetação, sendo as outras faixas espectrais desnecessárias para tal estudo e, portanto, descartadas. As imagens foram recortadas conforme a delimitação territorial da área de estudo e em seguida reprojetaadas, sendo utilizado o sistema projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e o Sistema de Referência é o Sirgas, 2000.

Para o Landsat 8, o processamento da calibração radiométrica é necessário apenas para a estimativa da temperatura, levando em consideração que esse não é o objetivo do trabalho, esse passo foi descartado seguindo para o cômputo da reflectância, que pôde ser obtido a partir da seguinte fórmula também disponibilizada pelo USGS (2015) (Equação 1):

$$\rho_{\lambda'} = \frac{(M_p * Q_{cal} + A_p)}{\cos Z} \quad (1)$$

onde: $\rho_{\lambda'}$ = refletância planetária, sem correção para o ângulo solar. M_p é o fator multiplicativo (disponível nos metadados), A_p é o fator aditivo (disponível nos metadados) e Q_{cal} = valores de pixel calibrados do produto padrão Quantized (DN).

Foram testados dois índices de vegetação, para identificar qual respondia melhor as condições da vegetação da área. O primeiro foi o IVDN, é obtido por meio da razão entre a diferença das refletividades das bandas do Infravermelho próximo (ρ_{iv}) e do vermelho (ρ_v), pela soma das mesmas, de acordo com a seguinte fórmula (Equação 2) descrita por Rouse et al. (1973):

$$IVDN = (\rho_{iv} - \rho_v) / (\rho_{iv} + \rho_v) \quad (2)$$

O segundo índice testado foi o IVAS, busca amenizar os efeitos do *background* do solo, descrito a seguir (HUETE, 1988) (Equação 3):

$$IVAS = (1 + L) * \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{L + \rho_{iv} + \rho_v} \quad (3)$$

onde L é um fator de função da densidade da vegetação e sua determinação requer um conhecimento *a priori* da quantidade de vegetação, ρ_{iv} é a banda do infravermelho e ρ_v a banda do vermelho. Esse fator de correção pode variar de acordo com três condições distintas de vegetação: usa-se L= 1 para o solo totalmente nu ou com pouca vegetação, L= 0,5 quando há um padrão médio de cobertura vegetal e L= 0,25 se houver uma cobertura completa de vegetação (HUETE, 1998; RIBEIRO et al., 2016). Para a área em estudo, utilizou-se L= 0,5.

A classificação dos índices foi feita no ArcGis 10, licenciado para o laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG através do método por quantil, nesse método cada classe contém um número igual de feições, por exemplo, cinco por classe ou 10 por classe. Não há nenhuma classe vazia ou classes com poucos ou muitos valores (Tabela 1). Essa classificação é bem aplicada para dados

distribuídos linearmente (uniformemente) e se for preciso ter o mesmo número de feições ou valores em cada classe (ESRI, 2016). Nesse caso, para identificar se os índices apresentavam respostas diferentes ou semelhantes, essa foi a classificação que mais se adequou.

Por fim, foram efetuadas as idas a campo. A primeira, referente ao período chuvoso, entre os dias 28-06 e 01-07-2016, a partir dela foram escolhidos 13 pontos. Todas as imagens que estão ilustrando as análises do período chuvoso foram retiradas entre os dias do primeiro trabalho de campo. A segunda visita de campo foi entre os dias 01 e 06-09-2017 no período seco, essa também teve o objetivo de validar os dados obtidos por Sensoriamento Remoto e corroborar os resultados dos índices de vegetação, desse modo, verificou-se se as áreas que apresentavam altos valores e representavam áreas de vegetação eram, de fato, verdadeiros. Todas as imagens que ilustraram as análises do período seco foram retiradas entre os dias do segundo trabalho de campo.

Tabela1 – Cálculo de área referente a cada classe (%).

Período Chuvoso				Período Seco			
Classes de IVDN	Área (%)	Classes de IVAS	Área (%)	Classes de IVDN	Área (%)	Classes de IVAS	Área (%)
-1,014 - 0,285	20,32	-0,351 - 0,166	20,34	-0,952 - 0,243	20,67	-0,367 - 0,146	22,34
0,285 - 0,322	21,44	0,166 - 0,188	20,46	0,243 - 0,271	22,38	0,147 - 0,164	19,44
0,322 - 0,359	20,15	0,188 - 0,214	20,13	0,271 - 0,299	20,25	0,164 - 0,181	20,62
0,359 - 0,425	19,79	0,214 - 0,254	20,48	0,299 - 0,335	19,19	0,181 - 0,207	19,45
0,425 - 0,858	18,30	0,254 - 0,767	18,59	0,335 - 0,851	17,52	0,208 - 0,744	18,15

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em consideração a peculiaridade da vegetação existente na área, surgiu a necessidade de identificar qual dos índices de vegetação (IVDN e IVAS) melhor representa as características de biomassa dessa vegetação. Para tanto, foram analisados s 13 pontos, os quais apresentam área de vegetação. A finalidade foi identificar, a partir, dos dados de campo, qual dos índices se aproximaria mais da realidade desta vegetação específica.

A partir da identificação dos pontos, foi possível comparar os dados de campo com as respostas dos índices de vegetação, calculados para a imagem de satélite. Identificou-se uma semelhança entre a resposta dos índices. O IVAS apresentou sempre um valor mais baixo que o IVDN, esse fato pode ser explicado, devido a inserção do valor de correção do solo em sua equação. Tal fator vai proporcionar um aumento do valor do pixel na banda espectral do vermelho, por conseguinte, devido a sua aplicação na fórmula matemática, ocasionará uma redução nos valores finais do pixel (OLIVEIRA et al., 2009).

Período chuvoso

Para o período chuvoso, a variação dos índices se deu de forma bem semelhante, IVDN apresentou valores mais elevados que o IVAS, um comportamento normal, visto que o segundo tende a apresentar valores inferiores ao primeiro. Para a área toda, o IVDN variou entre -1 e 0,858, importando para a análise da vegetação apenas os valores positivos, uma vez que os valores negativos dizem respeito a corpos d'água. Para os pontos observados essa variação foi entre 0,237 e 0,552. Na imagem do IVAS houve uma variação entre -0,351 e 0,767 para a área em geral e 0,175 e 0,310 para os pontos estudados (Tabela 2). Embora o IVDN apresente valores maiores,

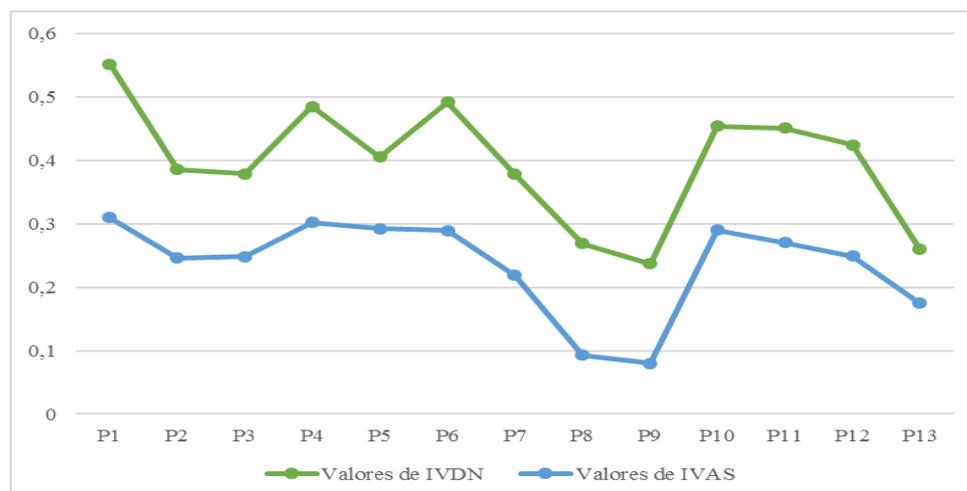
ambos irão se referir a mesma classe de vegetação, fato que é perceptível ao analisar o comportamento dos índices na representação gráfica e na espacialização dos seus valores (Figuras 2 e 3). Rego et al. (2012) também encontraram variações próximas a esses valores para o período chuvoso, numa análise da cobertura vegetal do município de São Domingos do Cariri-PB, porém com valores de IVAS mais elevados o que pode ser explicado pela saturação do índice para esse período.

Para a imagem de IVDN, dos 13 pontos observados, sete foram classificados com valores altos (entre 0,552 e 0,405), três apresentaram valores intermediários (0,386 - 0,379) e três pontos valores mais baixos (0,269 - 0,237), nenhum ponto foi classificado com valor < 0,2. Para o IVAS dois pontos apresentaram os maiores valores (0,310 e 0,302), oito pontos foram classificados com valores intermediários (0,292-0,219), e três pontos apresentaram valores < 0,2.

Tabela 2 – Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período chuvoso).

Pontos	Valores de IVDN	Valores de IVAS
P1	0,552	0,310
P2	0,386	0,246
P3	0,379	0,248
P4	0,485	0,302
P5	0,405	0,292
P6	0,492	0,289
P7	0,378	0,219
P8	0,269	0,093
P9	0,237	0,080
P10	0,454	0,290
P11	0,451	0,270
P12	0,424	0,249
P13	0,260	0,175

Figura 2 – Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período chuvoso).

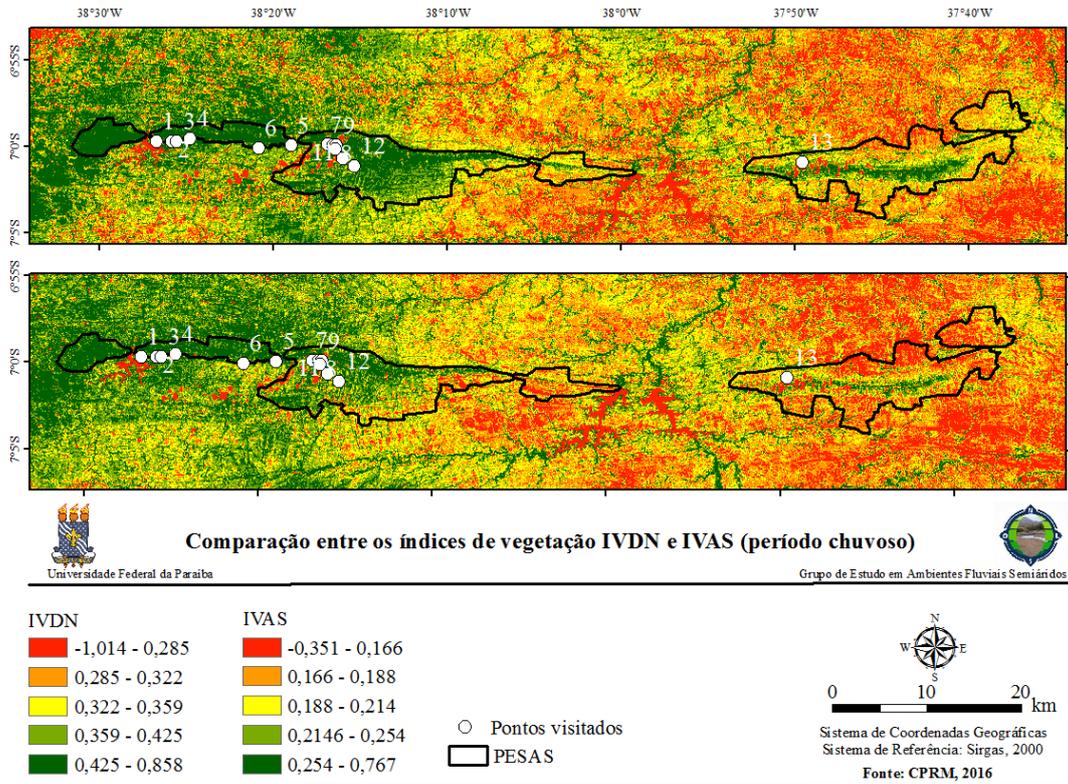


Fonte – Autoria própria, 2018.

O P1 foi destacado no IVDN como o maior valor dentre os pontos (0,552), o que representaria uma vegetação densa e de porte arbóreo, no IVAS o valor também foi máximo (0,310). Na margem esquerda da estrada (onde o ponto foi demarcado) foi possível encontrar vegetação mais densa, de

porte mais fechado, enquanto que a margem direita na localização do açude a vegetação era mais espaçada (Figuras 4 e 5). Embora o Código Florestal (2012) em vigor, estabeleça uma distância de 200 m de mata ciliar para reservatórios com largura mínima entre 200 e 600 m, foi possível identificar na área próxima ao açude um maior grau de degradação.

Figura 3 – Mapa de Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período chuvoso).



Fonte – Autoria própria, 2018.

Figura 4 – Vegetação densa - ponto 1.



Figura 5 – Área degradada - ponto 1.



Os P2 e 3 estão localizados próximos e, por isso, apresentaram valores semelhantes, sendo para o IVDN 0,386 e 0,379 e para o IVAS 0,246 e 0,248, respectivamente. Com valores semelhantes, os índices se mostram com respostas bem próximas para o estudo dessa vegetação. Nessa área há fragmentos um pouco mais densos, mas com boa parte da vegetação mais degradada (Figuras 6 e 7).

Figura 6 – Fragmento de Vegetação do P2.



Figura 7 – Fragmento de Vegetação do P3.



No P4 há uma área de vegetação mais densa, de porte arbóreo e bem preservada (Figuras 8, 9 e 10). O IVDN apresentou valores altos para esse ponto (0,485), o IVAS demonstrou valores semelhantes (0,302), ambos a enquadrariam na classe de vegetação arbórea densa.

Figura 8 – Vegetação densa do P4.



Figura 9 – Porte da Vegetação do P4.

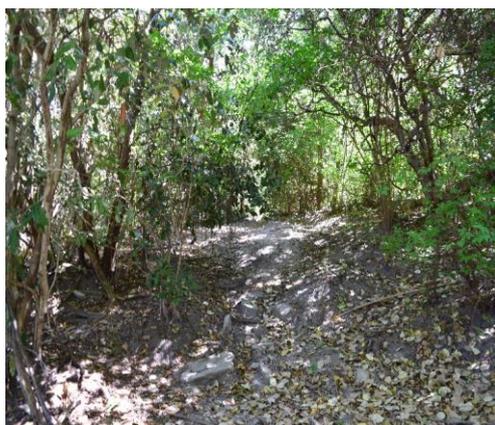


Figura 10 – Porte da vegetação do P4.



Os pontos 5 e 6 apresentam características e valores bem semelhantes. Foi possível identificar uma vegetação de significativa densidade, os valores identificados foram altos para o IVDN (0,492 e 0,405, respectivamente) e intermediários para o IVAS (0,289 e 0,292, respectivamente), mais uma vez os valores de ambos os índices se mantêm próximos, representando a mesma característica de vegetação (Figuras 11 e 12).

Dos pontos 7 ao 12, todos são localizados no topo da Serra de Santa Catarina, porém, no campo efetuado no período chuvoso, não foi possível o acesso a esses pontos, desse modo, não se pôde obter os registros fotográficos desse período. Embora tenha sido a parte de maior grau de vegetação, também foi possível encontrar um alto grau de degradação, em que a vegetação nativa vem sendo substituída por culturas como, por exemplo, de milho.

O ponto 7 foi classificado com valores intermediários de IVDN (0,387) e para o IVAS (0,219). Os P8 e P9 foram os menores valores identificados, para ambos os índices, os valores de IVDN foram 0,269 e 0,237, já os de IVAS foram 0,093 e 0,080, respectivamente. Embora estejam localizados numa área de maior altitude, esses pontos apresentam baixas quantidades de biomassa, devido a substituição da vegetação por culturas agrícolas, para tanto, são utilizados métodos de queimadas, que cada vez mais vai avançando em direção a área da vegetação natural.

Figura 11 – Ponto 5: vegetação densa na encosta.

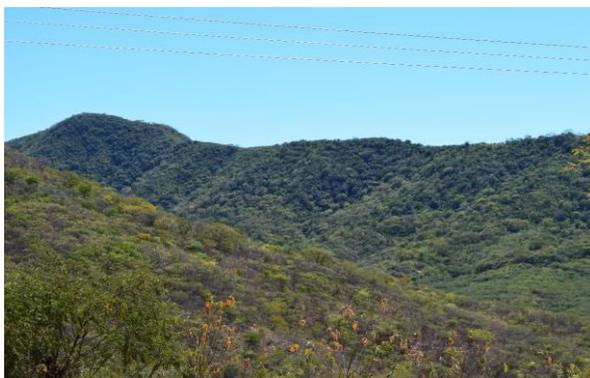


Figura 12 – Ponto 6: área de vegetação densa próximo a crista.



P10, P11 e P12, são pontos bem preservados, com vegetação densa e de grande porte, situam-se na área mais alta da Serra, a qual foi possível acesso. Apresentaram valores de IVDN bem semelhantes (0,454; 0,451; 0,424), bem como valores de IVAS (0,290; 0,270; 0,249). Embora os índices apresentem uma maior distância em seus valores é possível constatar por meio das imagens, do mapa e do gráfico anteriormente apresentados, que eles apresentam as mesmas características da vegetação.

No último ponto analisado, P13, a partir do que foi constatado em campo, pode ser considerado um dos pontos mais preservados do conjunto de serra, infelizmente não foi possível o acesso no período chuvoso, para poder representá-la por meio de fotografia. Sua vegetação de porte arbóreo e denso não o difere da condição dos demais, porém, mesmo se tratando do período chuvoso em que a vegetação se encontra no ápice do ganho de biomassa, porém os índices apresentam valores baixos para essa área.

Alguns autores encontraram resultados em que o IVDN foi mais satisfatório para a análise de vegetação de caatinga no período chuvoso. Francisco et al (2012) utilizaram esse índice em período chuvoso e seco, na Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá-PB e o classificaram como melhor resposta a essa vegetação. O Relatório Parcial da Estação Ecológica do Raso da Catarina realizado pela Fundação Joaquim Nabuco (2015) em comparação entre o IVDN e o IVAS, também constatou que o primeiro obteve respostas mais satisfatórias, especializando individualmente as fitofisionomias da caatinga. Outros, destacaram o IVAS como mais eficaz para o período em análise. Silva e Galvínio (2012), ao fazerem uma comparação entre os IV para o semiárido paraibano, constaram que o IVAS responde melhor que os demais. Monteiro et al. (2013) também afirmou ser o IVAS o que melhor representou a biomassa da área em estudo.

Assim como Silva et al. (2015) ao analisar a vegetação de caatinga em Valente-BA, concluíram que ambos os índices (IVDN e IVAS) conseguem representar a vegetação de caatinga, também foi possível concluir que para o complexo de serras no período chuvoso os dois índices de vegetação em análise também respondem satisfatoriamente no estudo desta vegetação local, por meio de Sensoriamento Remoto.

Período seco

Com relação ao período seco, os dois índices apresentaram o mesmo comportamento, valores bem próximos, demonstrando as mesmas características de vegetação (Figuras 13 e 14). IVDN apresentou uma variação entre os pontos de 0,262 a 0,427, enquanto o IVAS variou entre 0,153 e 0,261 (Tabela 3), a diminuição dos valores do IVAS no período seco tende a ser ainda maior, visto que o solo vai ter uma interferência mais significativa, devido ao estado de dormência e perda de folhas da vegetação nessa época.

Para o período seco também não houve uma diferença entre os valores obtidos dos dois índices. No IVDN, apenas 2 pontos foram classificados com valores altos (0,427 e 0,415), 8 apresentaram valores intermediários (0,301-0,396), 3 pontos apresentaram menores valores (0,262-0,295) nenhum ponto foi classificado com valor abaixo de 0,2. Quanto ao IVAS, 10 pontos apresentaram respostas entre 0,261 e 0,202, os outros 3 variaram entre 0,176 e 0,181.

Figura 13 – Comparação entre os índices de vegetação (período seco).

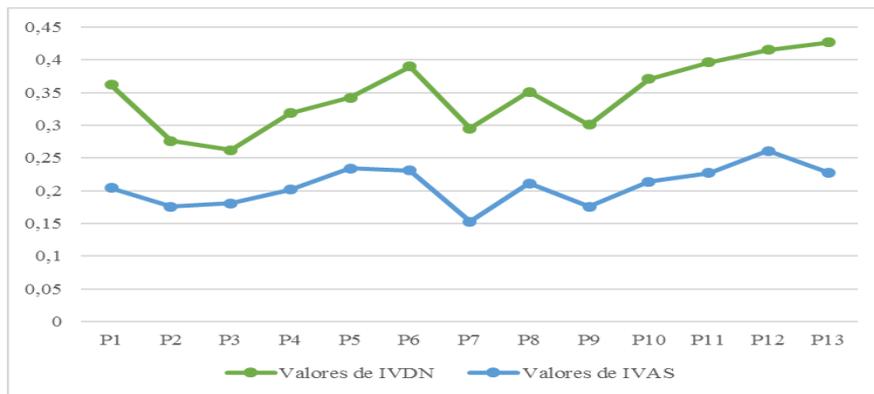
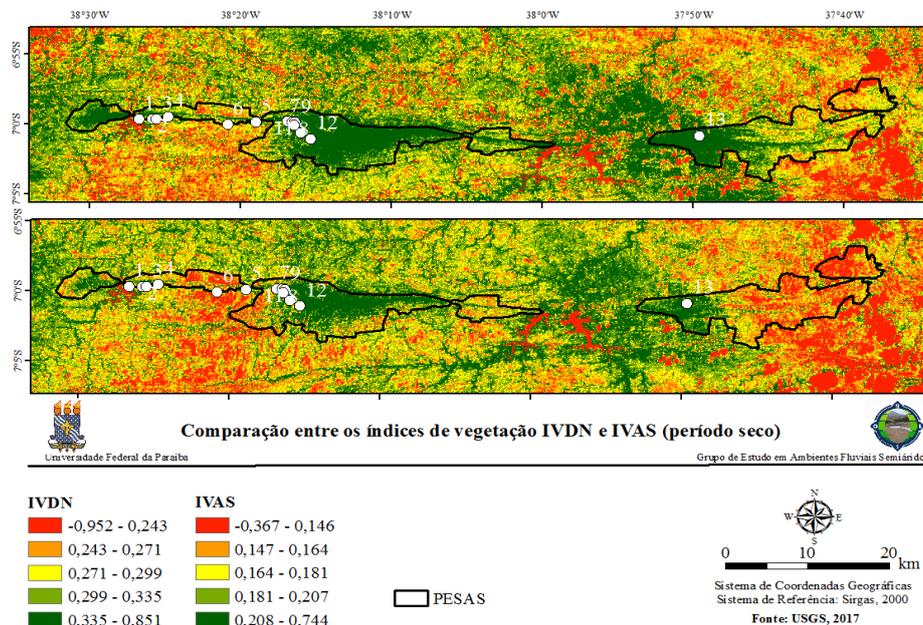


Figura 14 – Mapa de comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período seco).



Fonte – Autoria própria, 2018.

Os P1, P6, P10 e P11 apresentaram para o IVDN valores semelhantes, sendo esses, 0,362, 0,390, 0,371 e 0,396, enquanto o IVAS apresentou valores de 0,204, 0,231, 0,214 e 0,261, mais uma vez é notório a semelhança entre os valores dos índices. De acordo com o que foi obtido em campo todos os pontos, apresentam vegetação de grande porte. Os dois últimos pontos, localizados mais

ao topo da serra, apresentaram apesar de estar no período seco uma folhagem verde, o que a diferencia da vegetação em que foi encontrada na parte inferior das serras que preservam suas folhas verdes apenas no período chuvoso, o fator determinante pode ser explicado a partir da altitude e declividade que irão propiciar um ambiente mais úmido e de difícil acesso, sendo mais fácil manter a vegetação verde, devido a umidade e mais preservada devido ao difícil acesso (Figura 15).

Tabela 3 – Comparação entre os índices de vegetação IVDN e IVAS (período seco).

Pontos	Valores de IVDN	Valores de IVAS
P1	0.362	0.204
P2	0.276	0.176
P3	0.262	0.181
P4	0.319	0.202
P5	0.342	0.234
P6	0.39	0.231
P7	0.295	0.153
P8	0.351	0.211
P9	0.301	0.176
P10	0.371	0.214
P11	0.396	0.227
P12	0.415	0.261
P13	0.427	0.228

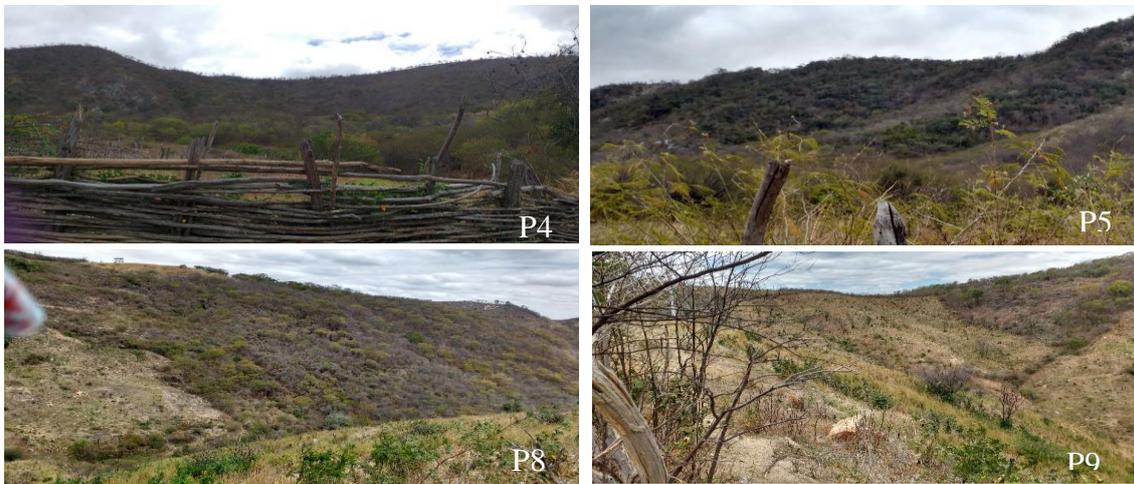
Figura 15 – Representação da Vegetação dos P1, P6, P10 e P11.



Os pontos 4,5,8 e 9 também apresentaram respostas parecidas no IVDN (0,319; 0,342; 0,351; 0,301), com o IVAS também procedeu da mesma maneira (0,202; 0,234; 0,211; 0,176). A partir das observações em campo, foi possível perceber que há a predominância de uma vegetação densa, porém a sazonalidade fez com que os índices de vegetação apresentassem valores mais baixos, se comparado ao período chuvoso, devido à perda de folhas da vegetação nessa época do ano, no

caso do P9, a vegetação vem sofrendo com o processo de substituição por culturas agrícolas (Figura 16).

Figura 16 – Representação da Vegetação dos P4, P5, P8 e P9.



Os P2, P3 e P7 foram identificados com os menores valores, tanto de IVDN (0,276; 0,262; 0,295), quanto para o IVAS (0,176; 0,181; 0,153). Os dois primeiros estão num processo de degradação por meio de queimadas, enquanto que o último sofre com o corte de lenha (Figura 17), provavelmente como fonte alternativa, devido ao período de estiagem prolongada que a área vinha sofrendo.

Os últimos pontos P12 e P13 (Figuras 18 e 19), apresentaram os maiores valores de IVDN (0,415 e 0,427) e um dos maiores valores de IVAS (0,261 e 0,228), apesar da diferença entre os valores dos dois índices, ambos representaram os locais com maior presença de vegetação no período seco, o que mais uma vez vem corroborar que os dois são satisfatórios para o estudo e a representação dessa vegetação local.

Para ambos os períodos (chuvoso e seco) houve uma semelhança nos resultados dos índices, o que permite constatar que os dois foram satisfatórios na representação da resposta espectral da vegetação da área.

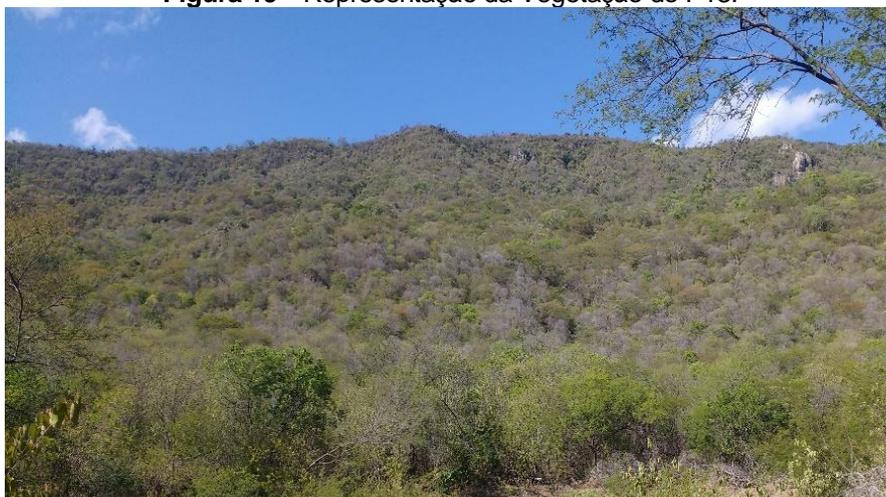
Figura 17 – Representação da Vegetação dos P2, P3 e P7.



Figura 18 – Representação da Vegetação do P12.



Figura 19 – Representação da Vegetação do P13.



Diversos autores afirmaram que o IVAS é o índice mais adequado para o estudo da vegetação de caatinga no período seco (SANTOS et al., 2015; AZEVEDO e ALVES, 2015; SILVA e GALVÍNIO, 2012; RIBEIRO et al., 2016), em contrapartida, Rêgo et al. (2012) afirmam que ambos os índices são satisfatórios e Francisco et al. (2012) utilizaram o IVDN em sua pesquisa sobre a Caatinga, mesmo no período seco e consideram a resposta eficaz. Desse modo, para o complexo de Serras paraibano também foi possível identificar, a partir das observações em campo, que ambos os índices, tanto no período chuvoso quanto no período seco se apresentam como adequados para representar a vegetação local por meio de dados de Sensoriamento Remoto, porém, nenhum dos índices é totalmente eficaz para classificar a vegetação, quanto ao seu porte, bem como a sua densidade, os índices só poderão ser fieis a realidade caso sejam relacionados aos dados de campo, como porte, densidade, altura. A exemplo, pode-se citar a correlação entre o IVDN e o

Índice da Biomassa Lenhosa-IVBL, utilizado na pesquisa de Francisco et al. (2012), a partir da metodologia desenvolvida por Chaves et al. (2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O complexo de Serras possui um regime diferencial quanto aos seus aspectos geoambientais, a interação entre a geologia, geomorfologia e clima da área permite a existência de um ambiente particular dentro do Semiárido, proporcionando um regime de precipitação diferente e por sua vez um desenvolvimento de uma vegetação local, com características de porte e densidade distintas da vegetação habitual de caatinga.

A comparação entre os índices de vegetação (IVDN e IVAS), permitiu compreender que ambos são satisfatórios para a quantificação e representação da vegetação local, e embora o IVDN não seja o mais utilizado para vegetação de caatinga, esse respondeu satisfatoriamente a representação dessa vegetação em particular. Os índices não são totalmente satisfatórios para a classificação dos tipos de vegetação, uma vez que, é necessário a correlação com os dados de campo.

AGRADECIMENTOS

A coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141999000200002>
- AZEVEDO, Pedro Vieira de; ALVES, Telma Lucia Bezerra. Análise da variação espacial e temporal do índice de vegetação e sua relação com parâmetros climáticos na bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba, estado da Paraíba, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 530-553, 2015.
- BANDA, K.; DELGADO-SALINAS, A.; DEXTER, K.G.; LINARES-PALOMINO, R.; OLIVEIRA-FILHO, A.; PRADO, D.; PULLAN, M.; Quintana, C.; RIINA,R.; RODRÍGUEZ, G. M.; WEINTRITT, J.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; ADARVE, J.; ÁLVAREZ, E.; ARANGUREN, A.; ARTEAGA, J.C.; AYMARD, G.; CASTAÑO, A.; CEBALLOS-MAGO, N.; COGOLLO, A.; CUADROS, H.; DELGADO, F.; DEVIA, W.; DUEÑAS, H.; FAJARDO, L.; FERNÁNDEZ, A.; FERNÁNDEZ, M.A.; FRANKLIN, J.; FREID, E.H.; GALETTI, L.A.; GONTO, R.; GONZÁLEZ-M, R.; GRAVESON, R.; HELMER, E.H.; IDÁRRAGA, A.; LÓPEZ, R.; MARCANO-VEJA, H.; MARTÍNEZ, O. G.; MATURO, H.M.; MCDONALD, M.; MCLAREN, K.; MELO, O.; MIJARES, F.; MOGNI, V.; MOLINA, D.; MORENO, N. P.; NASSAR, J.M.; NEVES, D.M.; OAKLEY, L.J.; OATHAM, M.; OLVERA-LUNA, A.R.; PEZZINI, F.F.; DOMINGUEZ, O.J.R.; RÍOS, M.E; RIVERA, O.; RODRÍGUEZ, M.; ROJAS, A.; SÄRKINEN, T.; SÁNCHEZ, R.; SMITH, M.; VARGAS, C.; VILLANUEVA, B.; PENNINGTON, R.T.; Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. **Science**, v. 353, n. 6306, p. 1383-1387, 2016. <https://doi.org/10.1126/science.aaf5080>
- BÉTARD, F.; PIERRE, J.; SALES, V. C. Caracterização Morfopedológica de uma Serra Úmida no Semi-Árido do Nordeste Brasileiro: o caso do maciço de Baturité-CE. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**. n12, 2007. p. 107-126.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Diário Oficial da União, 2012. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm
- CHAVES, L.B.; FRANCISCO, P.R.M.; LIMA, E.R.V.de; SILVA, B.B.da; BRANDÃO, Z.N. CHAVES, L.H.G. **Índices espectrais, diagnóstico da vegetação e da degradação da Caatinga da Bacia do Rio Taperoá-PB**. In: SILVA, B.B.da. (Org), Aplicações ambientais

brasileiras de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Campina Grande: EDUEG, 2013, p.1-31.

CREEL, J.E.B. **El valor de los bienes y servicios que las Áreas Naturales Protegidas proveen a los mexicanos**. México: The Nature Conservancy. 2009.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

ESRI- Environmental Systems Research Institute. **Métodos de classificação – Arcgis**. 2016. <https://doc.arcgis.com/pt-br/maps-for-office/4.0/design-and-use/classification-methods.htm>

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. Oficina de textos, 3ed. São Paulo, 2011. 128p.

FRANCISCO, P.R.M.; CHAVES, I.B.; LIMA, E.R.V.; BANDEIRA, M.M.; SILVA, B.B. Mapeamento da Caatinga com Uso de Geotecnologia e Análise da Umidade Antecedente em Bacia Hidrográfica (Mapping of Caatinga with Use of Geotechnology and Analysis of Antecedent Humidity in Hydrographic Basin). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 3, p. 676-693, 2012. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i3.232864>

FUNDAJ - FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO. **Semi-árido: Proposta de convivência com a seca**. 2002.

FUNDAJ-FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO. **Estação Ecológica Raso da Catarina**. 2015. cap 6.

HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, V 4, nº 4., p. 367-376, 1998.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres (Tradução da Segunda Edição)**. Parêntese Editora, p.251-292. São José dos Campos, 2009.

MALDONADO, F. D. **Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semi-árido**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto), 311 f. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE – São José dos Campos, São Paulo (INPE-12679-TDI/1007). 2004.

MALVEZZI, Roberto. **Semi-árido - uma visão holística**. Brasília, 2007. 140p.

MONTEIRO, P.F.C.; ANGULO FILHO, R.; Xavier, A.C.; Monteiro, R.O.C. Vegetation indices simulated from different sensors for the estimation of biophysical variables of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 433-441, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000400012>

OLIVEIRA, Wagner Máximo de; CHAVES, Iêde de Brito; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de. **Índices espectrais de vegetação de caatinga em um Neossolo Litólico do semi-árido paraibano**. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR-INPE, Natal, 2009. p. 2103-2110.

PASSOS, Messias; DUBREUIL, Vincent. A relação clima-vegetação no semi-árido brasileiro. **Boletim de geografia**, v. 22, n. 1, p. 35-48, 2004.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, v.1, 2007, 127p.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1217-1229, 2012.

RIBEIRO, Gabrielle de Araújo; DE CASTRO SILVA, João Nailson; DA SILVA, Janaína Barbosa. Índice de vegetação ajustado ao solo (IVAS): estado da arte e suas potencialidades (Adjusted Vegetation Index to Solo (SAVI): state of the art and its potential). **Revista Brasileira de**

Geografia Física, v. 9, n. 6, p. 2054-2074, 2016. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160144>

ROUSE, J. W., R. H. HAAS, J. A. SCHELL, D. W. DEERING, J. C. HARLAN. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1973, 371p.

SANTOS, Francineide Amorim. ALVES, T. L., AZEVEDO, P. V., SANTOS, C. Comportamento sazonal do albedo e dos índices de vegetação na Bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba (Albedo Seasonal Behavior and vegetation indices in the upper basin Paraíba River). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 1015-1023, 2015.

SILVA, M. V. R.; CHAVES, J. M.; DE VASONCELOS, R. N.; DUVERGER, S. G.; DA CAPES, B. D. M. **Aplicação do índice de vegetação ajustado ao solo-SAVI para a identificação de fragmentos de caatinga em cultivos de Agave sisalana Perrine na região Semiárida do Brasil**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, 2015. p.5850-5857.

SILVA, L.; GALVÍNCIO, J. D. Análise Comparativa da Variação nos Índices NDVI e SAVI no Sítio PELD-22. Petrolina-PE, na Primeira Década do Século XXI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 6, p. 1446-1456, 2012. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20120085>

SILVA, Janaína Barbosa da. **Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo do Ecossistema Manguezal em Pernambuco**. Pernambuco, 2012. 188p.

SOUZA, M. J. N. de; OLIVEIRA, V. P. V. de. **Os Enclaves Úmidos e Sub-Úmidos do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro**. Mercator, ano 05, n. 09, 2006. 18p.

USGS-United States Geological Survey. **Missões Landsat**. 2015. <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat>

VELOSO, H. P., Rangel-Filho, A L. R. & Lima, J. C. A, **Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janro, RJ.1992.

Recebido em: 26/10/2018

Aceito para publicação em: 24/04/2019