

MODELAGEM AMBIENTAL A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO MULTIESPECTRAL PARA A EXTREMIDADE NORTE DA SERRA DO ESPINHAÇO, BAHIA, BRASIL

¹ Luciel Passos de Oliveira

² Saulo Medrado dos Santos

INTRODUÇÃO

Vivemos um período marcado pelo avanço tecnológico, assim como uma revolução dos sistemas computacionais e de sistemas orbitais para fins de observação e monitoramento da Terra e dos seus recursos naturais. O desenvolvimento de plataformas orbitais (satélites) com sensores diversos, embarcados, possibilita uma visualização cada vez mais precisa de fenômenos e objetos na superfície do planeta. A evolução e aperfeiçoamento de técnicas computacionais, quando associados aos dados e informações ambientais gerados por estas plataformas, possibilitam um novo paradigma, no que diz respeito à observação, avaliação e diagnóstico ambiental, assim como o estudo das paisagens na superfície terrestre (PANAREDA, 1973; TROLL, 1976).

Para Oliveira (2021), na busca por esclarecimentos e conhecimentos a respeito de fenômenos e eventos, o homem recorre à reflexão e ao conhecimento acumulado, através da formulação de hipótese e da estruturação de modelos (ALCAMO, 1994). De acordo com alguns autores, um modelo é, antes de mais nada, uma representação de um recorte da realidade que, de acordo com a sua função utilitária e, por meio do seu modo de expressão, sua estrutura e suas igualdades em relação ao seu original, tenta comunicar algo sobre o “real” (CAPRA, 1996, SAYÃO, 2001 e OLIVEIRA, 2021).

Para Demirel e Cetin (2010), os modelos são usados frequentemente para prever panoramas futuros, a exemplo de padrões de cobertura da terra sob diferentes cenários biofísicos e mudanças socioeconômicas. Também são úteis para ajudar na tomada de decisões por órgãos públicos e podem ser usados para descrever as relações espaciais e temporais entre forças que controlam os padrões resultantes da utilização da Terra e suas alterações (CHWIF; MEDINA, 2006, DEMIREL; CETIN, 2010).

O desenvolvimento de modelos espaciais pode surgir como um recurso ferramental imprescindível para identificação, mensuração, avaliação de catástrofes em um dado território e/ou região e auxiliar as tomadas de decisões. No portfólio da modelagem espacial, destacamos a aplicação dos índices de vegetação (IVs), gerados a partir dos dados de sensores

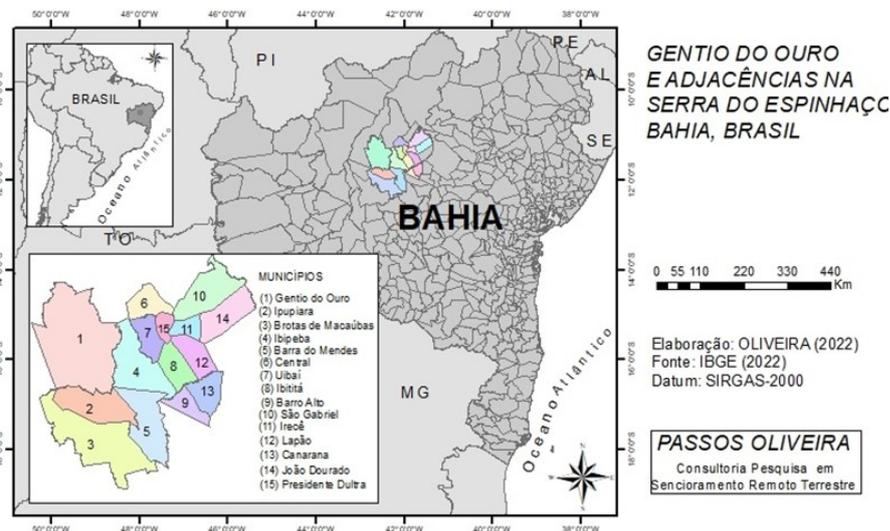
¹ Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Bahia – BA, lucielpassos@gmail.com

² Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Bahia – BA, saulomedrado1@gmail.com

remotos orbitais. Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2009), as pesquisas com sensoriamento remoto da vegetação possibilitam explorações quantitativas e também qualitativas das coberturas vegetais nas áreas as quais deseja-se investigar. Sendo assim, os estudos da vegetação contam com o esforço de vários profissionais envolvidos com a aplicação e o desenvolvimento de metodologias, que possibilitem a geração de dados e informações, capazes de oferecer respostas multidisciplinares tanto para Geografia, Agronomia, Ecologia, Biologia e tantas outras áreas de interesse da temática (CHORLEY e HAGGET,1975; PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

Esta pesquisa visa discutir e propor um modelo gráfico baseado em índices de vegetação que melhor represente as relações geomorfológicas com a cobertura vegetal e uso da terra na região de estudo. A área de estudo desta pesquisa corresponde a um conjunto de 15 municípios vizinhos, localizados na extremidade norte do complexo da Serra do Espinhaço, na região noroeste do estado da Bahia. Fazem parte os municípios de Gentio do Ouro, Ipupiara, Brotas de Macaúbas, Ibipeba, Barra do Mendes, Central, Uibaí, Ibititá, Barro Alto, São Gabriel, Irecê, Lapão, Canarana, João Dourado e Presidente Dutra, conforme ilustra a Figura-1 a seguir.

Figura-1: Localização da área de estudos

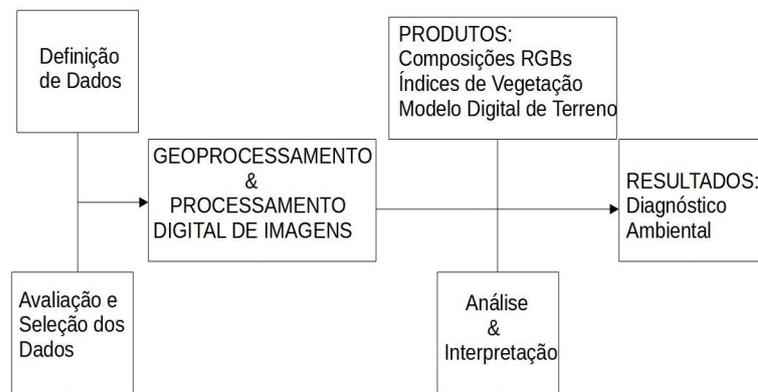


MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os resultados desejados neste estudo, foram empregadas técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) (JENSEN, 2005, 2009; FLORENZANO, 2007) e de Processamento Digital de Imagens (PDI) (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

Inicialmente ocorreu a definição do sensor e das imagens, as imagens adquiridas para o estudo passaram por uma avaliação de qualidade e integridades. Estes dados caracterizam-se principalmente pelas imagens multiespectrais do satélite LANDSAT-9, nas órbitas 218/068, adquiridas no dia 27/09/2023, através do sensor *Operational Land Imager 2 (OLI-2)* em cinco bandas espectrais (*red, green, blue, Infra Red e Near-Infrared*), sendo a resolução espacial de 30m. Também foram empregados dados de modelo digital de terreno produzidos pela missão SRTM com resolução espacial de 90m, remostados para 60m. O fluxo metodológico é o ilustrado na Figura-2:

Figura-2: Fluxograma metodológico da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor

Para construção e execução do modelo espacial baseado nos IVs foram definidos quatro tipos: *Green Leaf Index (GLI)*, *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*, *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)*, *Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)*. Para o cálculo dos IVs, foram usadas as fórmulas matemáticas correspondentes, usando o software QGIS 13.3 (Quadro-1).

Quadro-1: Fórmulas para cálculos de Índices de Vegetação

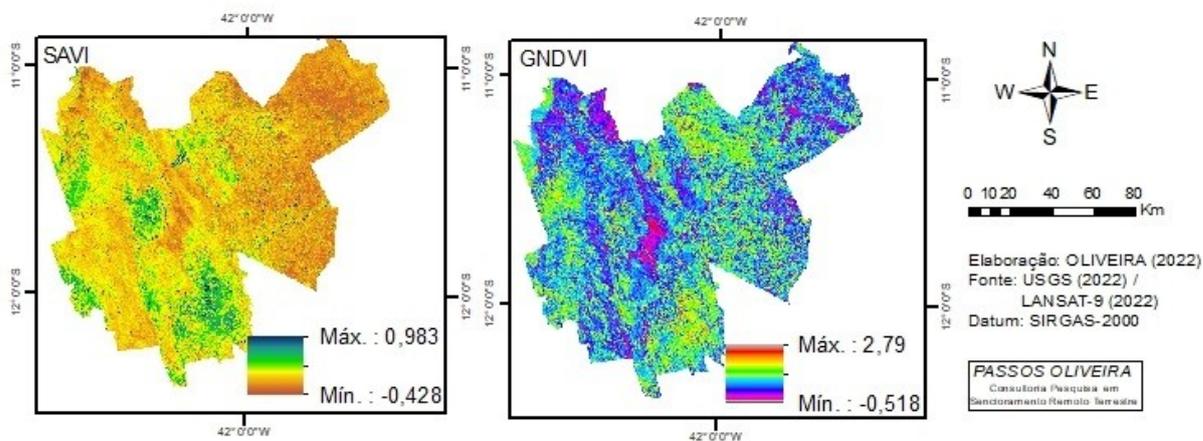
SOIL ADJUSTED VEGETATION INDEX (SAVI)	NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)
$SAVI \quad \Sigma = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{Green})}{(\rho_{NIR} + \rho_{Green} + L)} + (\rho_l + \rho_L)$	$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{red}}{R_{NIR} + R_{red}}$
GREEN LEAF INDEX (GLI)	GREEN NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (GNDVI)
$GLI \quad \Sigma = \frac{(\rho_{2*} \rho_{Green} - \rho_{Red} - \rho_{Blue})}{(\rho_{2*} \rho_{Green} + \rho_{Red} + \rho_{Blue})}$	$GNDVI \quad \Sigma = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Green}}{\rho_{NIR} + \rho_{Green}}$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos produtos gerados (composições coloridas, IVs e MDTs), realizou-se a análise dos IVs por meio da interpretação dos valores estatísticos, assim como a relação visual entre as composições coloridas e o modelo digital de terreno. Desta forma, foi possível realizar um diagnóstico ambiental baseado na construção de um modelo representacional dos produtos mencionados anteriormente e referenciados pela literatura (JENSEN, 2005, 2009; FLORENZANO, 2007; PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

Dos quartos tipos de Índice de Vegetação (IV) empregados neste estudo, primeiramente foi realizada a comparação entre o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), que leva em consideração os efeitos do solo exposto, muito utilizado para ajuste do NDVI quando a superfície não está completamente coberta pela vegetação, e o Índice de Vegetação da Diferença de Verde Normalizado (GNDVI). Este IV trata da atividade “verde” ou fotossintética da cobertura vegetal da área investigada, o qual, apesar das características da vegetação de caatinga que cobre a maior parte do território. Tanto o SAVI quanto o GNDVI apontaram para uma presença marcante de vegetação, com atividade fotossintética mais elevada detectada pelo GNDVI e menores frações de solo e rocha exposta perceptível pelo SAVI. Sendo assim, as áreas com maiores altimetrias e declividades nos terrenos sinalizaram valores mais elevados de SAVI com $0,983\mu$ e GNDVI com $2,79\mu$ (Figura-3).

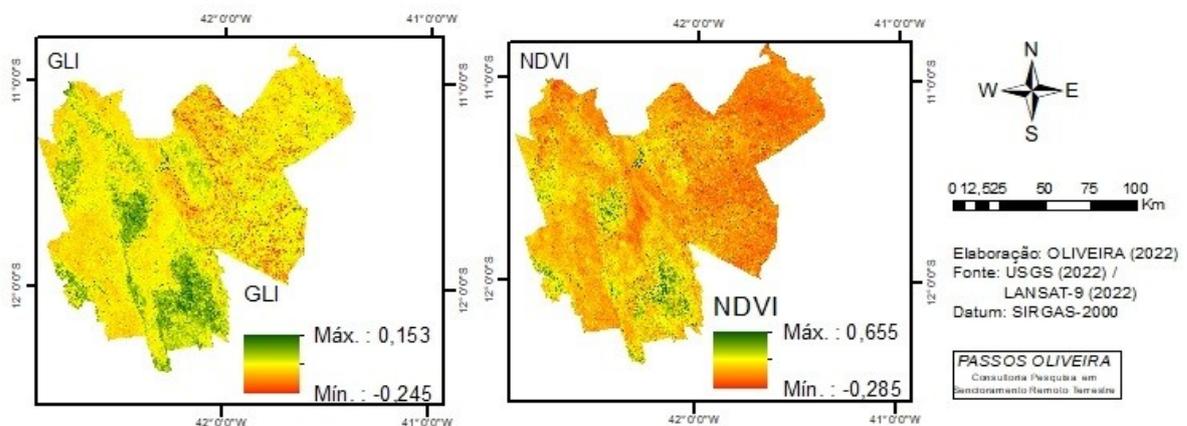
Figura -3: Comparativo entre os índices *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)* e *Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)*



Na sequência, foi avaliado o Índice de Folha Verde (GLI), ou índice vegetativo de clorofila, que indica alteração da vegetação, sinalizando plantas vivas, mortas e o solo exposto

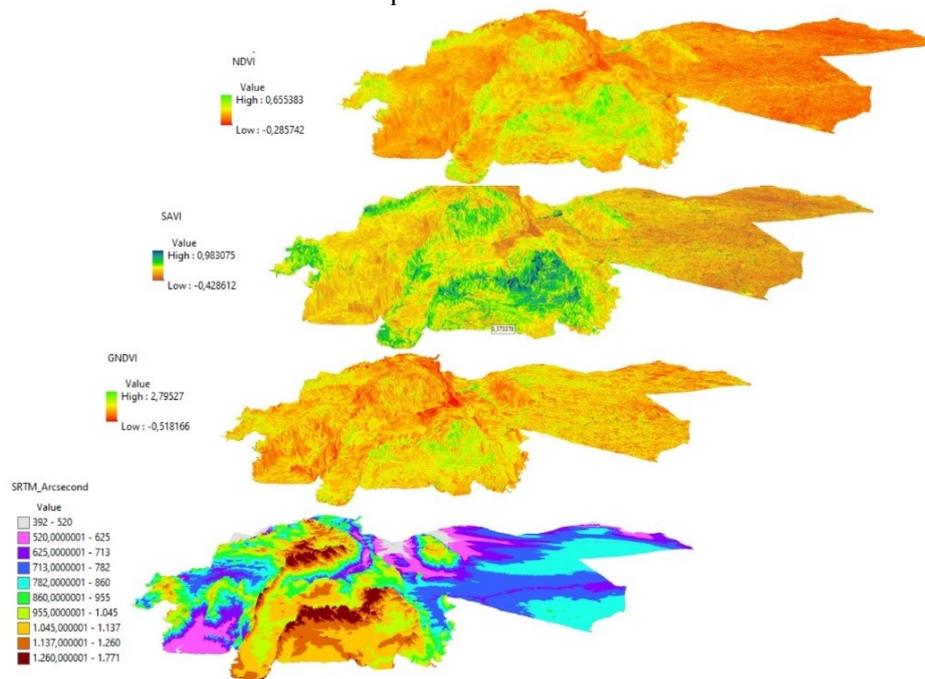
(SILVA, 2022). O GLI, neste estudo, apresentou valores de $0,153\mu$ e $-0,245\mu$, desta maneira foi possível identificar as áreas com vegetação mais verde localizadas nas áreas de topografia mais elevada assim como declividades mais acentuadas. O Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada (NDVI), neste estudo, serviu para validar áreas com cobertura vegetal mais ativa do que outras, assim como detectado pelos índices já discutidos (SAVI e GNDVI). Os valores NDVI para estas áreas apresentaram $0,655\mu$ e $-0,285\mu$ sendo os valores de referência (1μ e -1) (Figura-4)

Figura -4: Comparativo entre índices *Green Leaf Index (GLI)* e *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* para a área investigada



A partir dos IVs (SAVI, GNDVI, GLI e NDVI), os quais apresentaram valores distintos, foi possível evidenciar semelhanças detectadas na paisagem, principalmente aspectos da vegetação e da morfologia da área investigada. Os IVs possibilitaram identificar pontos cuja cobertura vegetal destoa do restante da área, isso se deve às características geomorfológicas, uma vez que o relevo possibilita feições capazes de produzir microambientes com vegetação mais densa, cuja atividade fotossintetizante é mais intensa e a presença de solo exposto é menor. Também foi possível modelar uma representação da relação morfologia x vegetação, através da sobreposição de camadas de informações ambientais, em uma perspectiva de representação tridimensional (3D) (Figura-5).

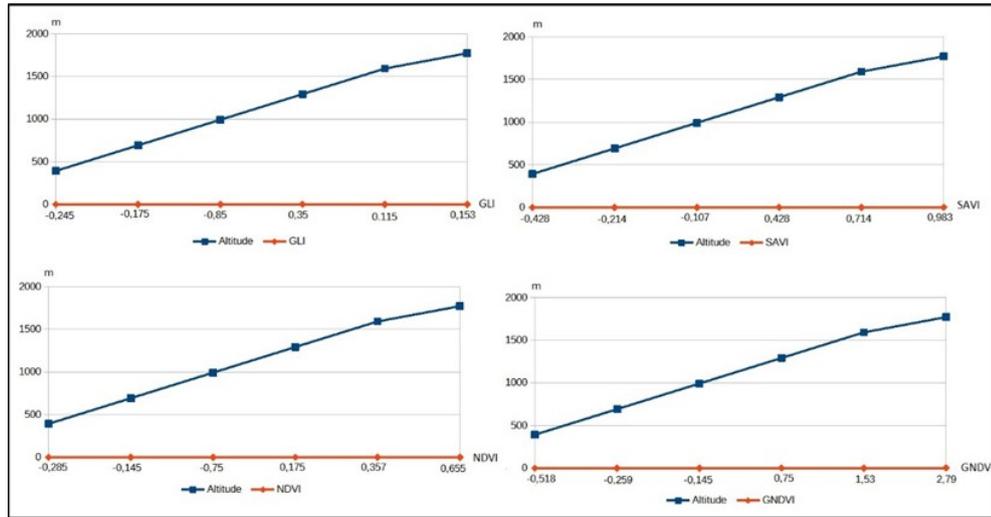
Figura-5: Modelo tridimensional (3D) para composição de Índices de Vegetação e Modelo Digital de Terreno para a área de estudos



Fonte: Elaborado pelo Autor

O modelo representativo 3D indica a posição do potencial vegetativo das áreas de topo e encostas na Serra do Espinhaço (Altitude= 1045 a 1260m). É possível identificar nas áreas mais aplanadas uma baixa atividade fotossintética, assim como presença de vegetação menos vigorosa (Figura 5). Também é possível identificar as áreas mais sensíveis a eventos catastróficos, como queimadas e incêndios florestais, durante estações secas e coberturas vegetais com valores NDVI e GNDVI muito baixos (a partir de $-0,550\mu$). No entanto, as altitudes são fatores determinantes para a caracterização vegetal da região, para os quatro IVs trabalhados (Figura-6).

Figura 6: Gráficos do comportamento Altitude (MDT) x Índices de Vegetação (IVs) individualizados na área de estudos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Destaca-se que, dos quartos tipos de Índice de Vegetação (IV) empregados neste estudo, o que melhor se adequou à geografia da região, considerando o bioma (caatinga) e as características geomorfológicas e pedológicas, foi o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI).

A área investigada é considerada vulnerável a situações catastróficas, principalmente as queimadas, eventos recorrentes nas estações mais secas do ano. As características ambientais, principalmente os níveis de vegetação para a época, podem indicar riscos de incêndios, principalmente decorrentes das altas temperaturas, baixa umidade presentes na região. É importante lembrar que a relação entre geomorfologia, geologia, pedologia e vegetação são relações sistêmicas onde um aspecto depende do outro, para que se materializem na paisagem (BERTRAND, 1971; TRICART, 1977; MACIEL e LIMA, 2011; OLIVEIRA, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Modelagem Espacial de Índices de vegetação para a área de estudos mostrou-se uma aplicação robusta, para identificar pontos sensíveis na paisagem. Desta forma, garante-se a existência de mecanismos tecnológicos, possíveis de apropriação pelo estado, para fins de identificação, avaliação, monitoramento e auxílio às tomadas de decisões, no tocante às ações de preservação, conservação, fiscalização e principalmente planejamento adequado do uso da Terra e demais recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: um esboço metodológico**. Revista IGEOG/USP. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo, USP, n. 13, 1971. pp. 1-27.
- CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução; newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix, 1996. 256p.
- FLORENZANO, T.G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2º ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 101p. 2007.
- GUERRA, A. J. T. MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.
- JENSEN, J.R. **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**, Upper Saddle River: Prentice Hall, 525p. 2005
- JANSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. University of South Carolin. (Tradução) Parentese, São José dos campos, SP, Brasil, 2009
- OLIVEIRA, L.P.. **Evolução da paisagem: tendência para o uso e cobertura da terra nas áreas do entorno da Baía-de-Todos os Santos-BA, Brasil**. / (Tese de Doutorado) Luciel Passos de Oliveira. -- Salvador: UFBA, 2021.
- PANAREDA, J. Maria Clopés. **Estudio del paisaje Integrado**.(Ejemplo del Montseny). Barcelona: Revista de Geografia, v. VII, p.157-165, 1973.
- SAYÃO, L.F. **Modelos teóricos em ciência da informação e método científico**. Ci. Inf., v.30, n.1, Brasília-DF, jan./abr. 2001. pp.82-91
- SILVA, M. H; ELIAS, A. R; ROSÁRIO, L. L. **Análise da cultura da soja a partir de índices de vegetação (ExG – TGI – GLI - VEG) advindos de imagens RGB obtidas com ARP**. Revista Brasileira de Geomática, v. 10, n. 2, p. 140-154, 2022.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977
- TROLL, C. **'Der Stand der geographische wissenschaft und ihre Bedeutung für die Aufgaben der Praxis'**, Forschungen und Fortschritte, 30 Jg., H.