

A UTILIZAÇÃO DE IMAGEM LANDSAT 8 PARA A APLICAÇÃO DO SAVI NA COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE PACAJUS - CE.

Paulo Emanuel Alves Lopes ¹
Gislania de Meneses Silva ²
Lara Lima Lourenço ³
Maria Lúcia Brito da Cruz ⁴

INTRODUÇÃO

A relação entre o homem e a natureza é uma concepção histórica e social que se desenvolve ao longo do tempo. A compreensão do conceito de natureza permite também compreender questões dessas relações e as rupturas que colocam os dois numa posição contraditória. A humanidade vê a natureza como infinita, inesgotável e apenas uma ferramenta para o desenvolvimento e o crescimento econômico, sendo, portanto, em grande parte, responsável pela crise ambiental a partir do século XIX. (SANTOS,1993).

Atualmente a expansão urbana, impulsionada pelo crescimento populacional e pela demanda por moradias e desenvolvimento econômico, leva à degradação das coberturas vegetais, substituindo as áreas verdes por superfícies urbanas como asfalto e concreto. Esse processo não apenas contribui para a elevação das temperaturas urbanas, criando o efeito de ilha de calor (MORO, 1976; CAMACHO e MOSCHINI, 2021), mas também altera significativamente o equilíbrio ecológico e a qualidade ambiental das áreas afetadas.

Nesse contexto, a presente pesquisa tem por objetivo compreender e classificar a vegetação do município de Pacajus, localizado na região metropolitana de Fortaleza – CE, em um espaço temporal de 10 anos, 2014 e 2024. Dessa forma, serão utilizadas as informações de dados obtidas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, levando em consideração a aplicação do índice de vegetação Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI).

O município de Pacajus, tem sua localização ao sul de Fortaleza, possui fronteiras com os municípios de Horizonte e Guaiuba, ao norte; Chorozinho, ao sul; Cascavel, ao leste; e Acarape e Barreira, ao oeste (figura 1), possuindo aproximadamente 250,304 km² de

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará – UECE, pauloemanuel2002@outlook.com;

² Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará – UECE, gislaniameneses@gmail.com;

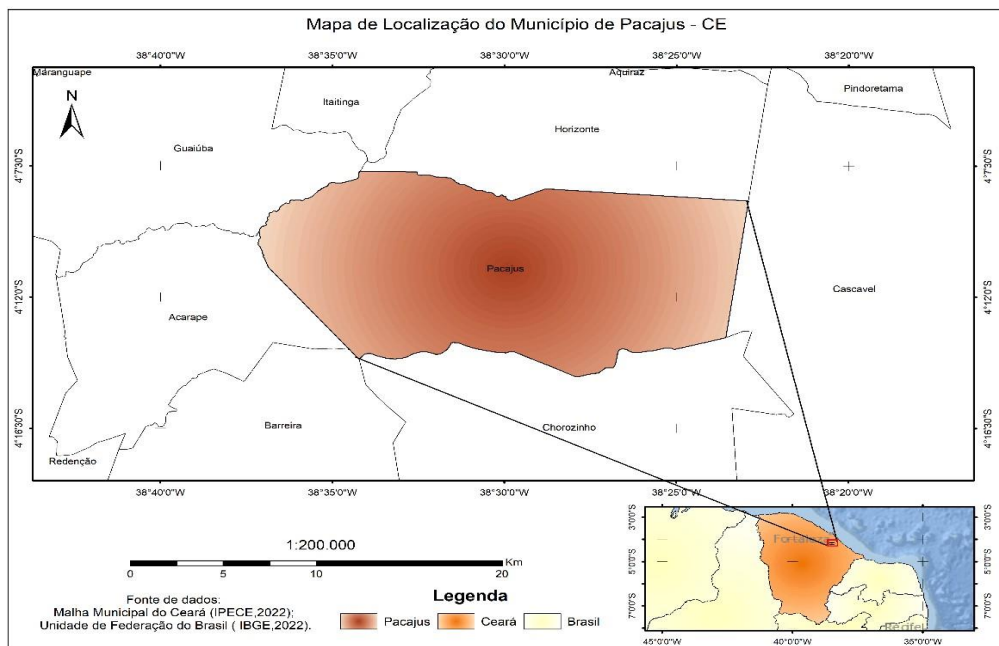
³ Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Ceará – UECE, laralimalourenco@hotmail.com;

⁴ Prof^a. Dr^a. da Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará – UECE, mlbcruz@gmail.com.

área territorial. (IBGE, 2023).

O clima do município é predominantemente semiárido, caracterizado por altas temperaturas e um regime de chuvas concentrado entre janeiro e abril. O restante do ano tende a ser seco, o que influencia a vegetação local, composta principalmente por caatinga e vegetação xerófila, adaptada às condições áridas. Embora a vegetação nativa inclua arbustos e pequenas árvores, a região também apresenta áreas cultivadas com produtos típicos da agricultura semiárida, como milho e feijão, além de atividades pecuárias envolvendo bovinos, caprinos e ovinos.

Figura 1. Mapa de Localização



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2024.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) foi utilizado para analisar e compreender melhor as classificações, a aplicação do SAVI foi uma ferramenta crucial. Com isso, o índice é uma metodologia avançada desenvolvida para melhorar a precisão das medições de vegetação em ambientes onde a influência do solo é significativa.

O SAVI surgiu como uma resposta às limitações dos índices de vegetação tradicionais, como o Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI) e o Índice de Vegetação por Proporção (PVI), que frequentemente apresentam distorções em áreas com baixa cobertura vegetal devido à reflectância do solo (HUETE, 1988).

Os satélites têm se tornado cada vez mais essenciais para diversas aplicações, como transmissão de notícias, comunicações telefônicas, acesso à internet e obtenção de imagens

usadas na previsão do tempo e no monitoramento ambiental. Esses benefícios são viabilizados pelo sensoriamento remoto, uma tecnologia que possibilita a coleta de dados da superfície terrestre sem necessidade de contato direto.

Esta tecnologia utiliza sensores para captar e registrar a energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície terrestre, fornecendo imagens e outros tipos de dados que são fundamentais para diversas aplicações científicas, comerciais e de planejamento urbano e ambiental (FLORENZANO, 2002; MENESES & ALMEIDA, 2012; NOVO, 1998).

METODOLOGIA

Para a elaboração do mapa de localização de Pacajus (mapa 1), utilizou-se o shapefile dos limites municipais do Ceará. Além disso, foram inseridos os shapefiles de unidades da federação, obtidos através das seguintes fontes de consulta: IPECE 2022 e IBGE 2022, respectivamente.

Quanto a elaboração dos mapas de índice de vegetação, os mapas 2 e 3 (figura 3) foram gerados para identificar a cobertura vegetal do município, pois durante esse processo, as bandas vermelhas e infravermelha próxima foram eficazes na captura da maior parte do processo sobre o movimento de fotossíntese da vegetação.

A partir disso foram adquiridas imagens do satélite Landsat 8, em um espaço periódico de 10 anos, conforme demonstram as imagens abaixo.

Figura 2. Imagens do Landsat 8 adquiridas na plataforma USGS



Fonte. USGS 2024.

Destas imagens foram selecionadas 2 bandas, sendo as bandas 4 e 5 utilizadas para a identificação do comportamento da vegetação e uso da terra e cobertura vegetal. Foram utilizadas as imagens do Red (Vermelho) e near infrared (Infravermelho próximo) do sensor OLI para a geração das composições coloridas, com resolução espacial de 30 metros. As imagens foram obtidas através da plataforma Earth Explorer do site United States

Geological Survey (USGS) do serviço geológico dos Estados Unidos, sendo obtidas gratuitamente no formato “.tif”.

No quadro abaixo, é demonstrado a resolução das bandas utilizadas no presente estudo:

Quadro 1. Especificações das bandas utilizadas

BANDAS ESPECTRAIS	RESOLUÇÃO ESPECTRAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL
BANDA 4 – Red/Vermelho	0.630 - 0.680 μm	30 Metros
BANDA 5 – NIR/Infravermelho Próximo	0.845 - 0.885 μm	

Fonte: Embrapa, 2024.

As imagens foram escolhidas em um espaço temporal de 10 anos, com uma imagem coletada em 2014 e outra em 2024. Ressalta-se que as imagens foram obtidas no mesmo período em ambos os anos, entre o inverno chuvoso que vai desde dezembro a junho. Devido a qualidade das imagens e a especificidade em relação a porcentagem (%) de nuvens (30%), foi escolhido o mês de junho. Essas imagens foram processadas e analisadas para calcular o SAVI.

Após a obtenção das imagens, as bandas 4 e 5 foram processadas no software Sentinel Application Platform (SNAP) 9.0.0, um software livre e gratuito. O processamento no SNAP foi realizado com as imagens já inseridas no programa e realizadas a partir das seguintes ferramentas: *Optical > Thematic Land Processing > Vegetation Radiometric Indices > Savi Processor*.

Por fim, com os índices gerados o passo posterior foi migrar os dados para o software ARCGIS 10.8 e inserir os shapefiles para finalizar os mapeamentos. Ambos os softwares utilizados têm como principal função a operação com base de dados geográficos.

Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI)

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) é uma técnica criada para aprimorar a medição da vegetação em áreas onde o solo pode afetar os dados espectrais. O SAVI é desenvolvido para reduzir as variações causadas pelo solo nos índices de vegetação, possibilitando uma avaliação mais precisa das condições vegetais.

Esse índice é particularmente útil em cenários de vegetação escassa, onde a reflexão

do solo pode interferir nas medições, oferecendo uma discriminação mais eficaz entre vegetação e solo. Áreas com vegetação saudável tendem a ter valores de SAVI mais altos, enquanto áreas com pouco ou nenhuma vegetação terão valores mais baixos, ou seja, valores próximos a +1 indicam vegetação densa e saudável, enquanto valores próximos a -1 podem indicar ausência de vegetação ou vegetação não saudável.

Comparada com a grande maioria dos alvos terrestres, a vegetação possui características espectrais específicas, portanto, diversos estudos relacionados à identificação e mapeamento da vegetação baseiam-se na premissa do contraste espectral entre a refletância da vegetação e os elementos de fundo da cena, ou seja, é obtido pela razão entre a diferença da refletância do infravermelho próximo (NIR) e a refletância do vermelho (RED), dividida pela soma dos mesmos (ROUSE, 1973).

A fórmula do SAVI ajusta a refletância nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo usando um fator de ajuste (L), que pode ser modificado conforme a densidade da vegetação.

Neste estudo, o fator de ajuste adotado foi $L = 0,5$ porque se revelou eficaz na redução das variações causadas pelo solo em diversas densidades de vegetação. Esse valor de L demonstrou ajudar a normalizar a influência do solo, melhorando a correlação entre o índice de vegetação e o Índice de Área Foliar (LAI).

Para a realização do cálculo do Índice, adotou-se a seguinte expressão: (HUETE,1988)

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} \times (1 + L)$$

Em que,

- NIR = Near Infrared ou Infravermelho Próximo (refletância na faixa ou região do infravermelho próximo da luz);
- RED = Vermelho (refletância na faixa ou região do vermelho da luz);
- L = fator de ajuste do solo.

A escolha de $L = 0,5$ ofereceu uma solução prática que minimizou a interferência do solo e aprimorou a distinção entre vegetação e solo em diferentes condições. Essa escolha foi respaldada por análises estatísticas e comparações com outros índices, como o NDVI, que mostrou que o SAVI com $L = 0,5$ apresentava um desempenho superior na mitigação da influência do solo.

Enquanto o NDVI não ajusta diretamente a influência do solo, o SAVI, através do fator L, consegue minimizar essas interferências de maneira mais eficaz, especialmente em áreas com vegetação esparsa onde o brilho do solo pode ser mais pronunciado (Huete,1988).

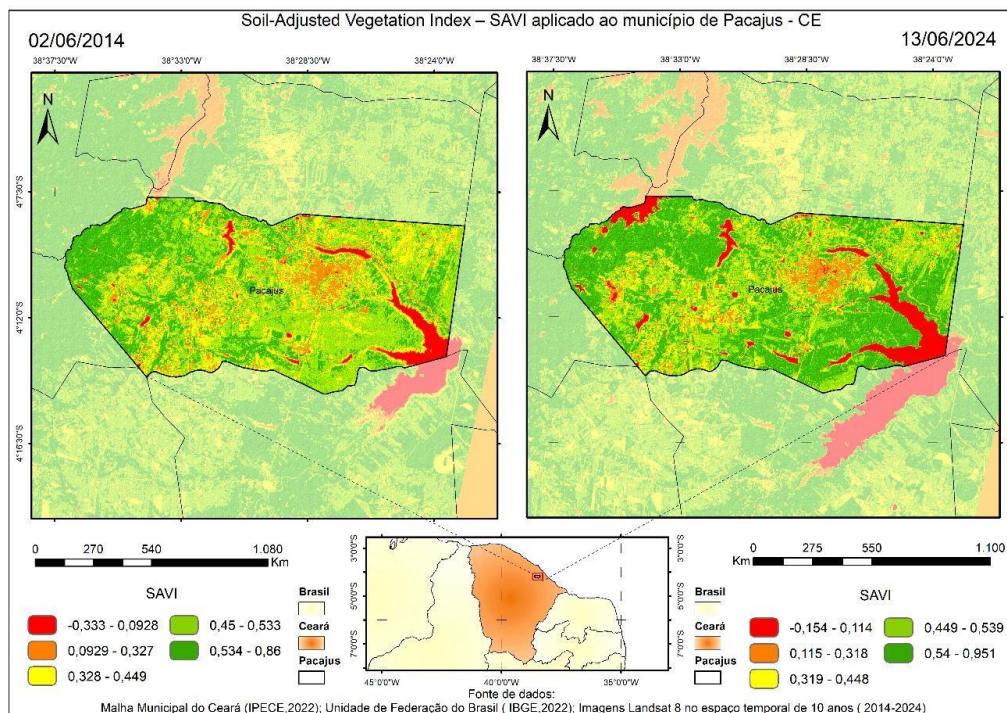
Em comparação com o NDVI, o SAVI demonstrou ser superior em reduzir o ruído do solo e melhorar a linearidade entre o índice de vegetação e o Índice de Área Foliar (LAI), contribuindo para uma análise mais precisa e correta dos resultados esperados egerados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados, foi possível observar que em 02/06/2014, os valores de SAVI mostram uma distribuição que indica uma vegetação variada e locais de degradação ambiental. A faixa de valores mais altos de SAVI (0,534 – 0,86) cobre 26,6% da área, indicando uma quantidade significativa de vegetação densa e saudável. No entanto, a maior parte da área está concentrada em valores intermediários e baixos de SAVI, com 40,6% na faixa de 0,45 – 0,533 e 20,2% na faixa de 0,328 – 0,449.

Essa distribuição revela que, apesar de existir áreas com vegetação densa, uma proporção considerável da área tem vegetação menos densa ou solo exposto. A presença de apenas 3,4% da área com SAVI abaixo de -0,333 – 0,0928 indica uma quantidade limitada de solo exposto ou vegetação significativamente espalhada. Os dados de 2014 refletem uma área que provavelmente estava passando por processos de urbanização, mas ainda mantinham uma proporção considerável de vegetação moderada e saudável, como pode ser observado no mapa da figura 3 a seguir.

Figura 3. Mapa comparativo da vegetação do município de Pacajus, em 2014 e 2024.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2024

Em contraste, a análise de 13/06/2024 apresenta uma distribuição mais otimista. Os valores altos de SAVI (0,54 – 0,951) agora cobrem 43,8% da área, indicando um aumento na proporção de vegetação densa e saudável. Esse aumento é significativo quando comparado com os 26,6% registrados em 2014. A melhoria na cobertura vegetal pode refletir esforços de recuperação ambiental e um período de menor pressão urbana sobre as áreas verdes. Em continuidade, os valores intermediários de SAVI (0,449 – 0,539) representam 28,9% da área, um aumento em relação aos 40,6% de 2014. Com isso, sugere uma possível melhoria na qualidade da vegetação ou uma redução nas áreas de vegetação menos densas.

Além disso, a área com SAVI mais baixo (0,115 – 0,318 e -0,154 – 0,114) diminuiu para 14,2% no total, em comparação com 29,6% em 2014. A diminuição dessas áreas pode manifestar uma redução na vegetação esparsa e um aumento na recuperação de áreas anteriormente degradadas ou urbanizadas. A variação nos índices de SAVI entre 2014 e 2024 sugere que houve mudanças significativas na cobertura vegetal de Pacajus. O aumento da área com SAVI alto em 2024 representa um sinal positivo de recuperação ambiental e uma gestão urbana que prioriza a preservação de áreas verdes.

Por outro lado, a presença significativa de áreas com SAVI intermediário e o aumento da vegetação densa também podem ser atribuídos a um período em que o crescimento urbano se estabilizou ou foi controlado, permitindo que a vegetação existente se recuperasse ou se expandisse. Assim, a diminuição nas áreas com SAVI mais baixo indica que as regiões anteriormente degradadas foram restauradas e o impacto da urbanização sobre a vegetação foi reduzido.

Em suma, a expansão urbana, que ocorreu entre 2014 e 2024, inicialmente levou a uma redução na vegetação densa. No entanto, o aumento da cobertura vegetal densa em 2024 sugere que, após uma fase de urbanização, pode ter havido um foco em recuperação ambiental ou melhoria das áreas verdes urbanas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados de SAVI de 02/06/2014 e 13/06/2024 revelam uma mudança positiva na cobertura vegetal em Pacajus. A melhoria na vegetação densa e a redução de áreas com vegetação esparsa ou solo exposto indicam que, apesar dos desafios da expansão urbana, houve esforços eficazes para promover a recuperação ambiental e a preservação das áreas verdes.

A interpretação dos resultados mostrou que determinadas áreas de Pacajus estão sujeitas a diferentes níveis de pressão ambiental e mudança no uso da terra. Sobretudo, a análise temporal das imagens Landsat 8 permitiu observar mudanças na cobertura vegetal ao longo do tempo, como: o aumento da vegetação densa e saudável, redução da vegetação menos densa e solo exposto, diminuição de áreas degradadas, impacto da urbanização e recuperação ambiental e estabilização e controle do crescimento urbano.

Em suma, este estudo demonstrou a viabilidade e a importância do sensoriamento remoto com imagens Landsat 8 e aplicação do geoprocessamento na avaliação da cobertura vegetal em Pacajus. Os resultados obtidos contribuem para o entendimento da dinâmica ambiental local e oferecem subsídios para iniciativas de conservação e desenvolvimento sustentável na região.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Índice de Vegetação Ajustado ao Solo; Espaço Temporal

REFERÊNCIAS

CAMACHO, Vitor Augusto Luizari; MOSCHINI, Luiz Eduardo. **Planejamento ambiental urbano: a relação entre a cobertura vegetal e temperatura superficial na cidade de São Carlos, São Paulo**, Brasil. *Environmental Science*, v. 10, n. 2, 2021.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**, Oficina de textos, São Paulo/SP, 2002.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Município de Pacajus: localização e características territoriais. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/pacajus.html>. Acesso em: 4 jun. 2024.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: Universidade de Brasília –UNB, 2012.

MORO, D. Á. A. **As áreas verdes e seu papel na ecologia urbana e no clima urbano**. Separata da Revista UNIMAR, Maringá, v. 1, p. 15-20, 1976.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo. 1998.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS**. In: **Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973**. Proceedings... Washington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

SANTOS, MILTON. **O Espaço do Homem**. São Paulo: Editora Hucitec, 1993.