

Análise Temporal do Uso e Cobertura do Solo no Estado de Sergipe: Comparação das Condições de Vegetação de 2000 a 2021 Usando Dados MODIS do Google Earth Engine

João Otavio Alves Accioly ¹

Heliofábio Barros Gomes ²

Luiz Soares Neto ¹

José Francisco de Oliveira Júnior ²

Eli Moisés dos Santos Silva ³

Júlia Alves Ferreira de Araújo ¹

Resumo

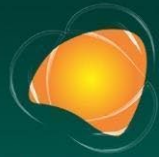
A região Nordeste do Brasil, especialmente o semiárido de Sergipe, tem enfrentado desafios significativos relacionados ao aumento das temperaturas e às alterações nos padrões de precipitação, impactando a qualidade de vida e a saúde da vegetação. Dada a dificuldade de acesso direto às áreas de interesse, o sensoriamento remoto surge como uma ferramenta essencial para monitorar grandes extensões de forma eficiente. Este estudo tem como objetivo mapear e analisar o uso e a cobertura do solo em Sergipe, comparando os anos de 2000 e 2021. Utilizando dados do Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) disponíveis no Google Earth Engine, foram aplicados índices como NDVI, além de dados de temperatura e classificação multiespectral. A metodologia envolveu a análise temporal das imagens para identificar variações na vegetação e no uso do solo. Os principais resultados mostram mudanças significativas na cobertura vegetal e no uso do solo ao longo do período analisado, com algumas áreas apresentando degradação e outras expansões. Constatou-se que o sensoriamento remoto é fundamental para entender e monitorar essas alterações, oferecendo dados precisos que auxiliam na gestão e conservação da vegetação e dos recursos naturais em Sergipe.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Google Earth Engine, Classificação Multiespectral, NDVI

¹ Alunos do Curso de Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas, joao.accioly@icat.ufal.br, luiz.neto@icat.ufal.br, julia.araujo@icat.ufal.br

² Profs. Drs. da Universidade Federal de Alagoas – Campus Maceió, Instituto de Ciências Atmosféricas, heliofabio@icat.ufal.br, jose.junior@icat.ufal.br

³ Defesa Civil de Salvador - CODESAL. Av. Mário Leal Ferreira 82, Salvador, BA, elimois97@gmail.com



INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm exercido significativos impactos na região nordeste do Brasil (NEB), pelo fato de a mesma ser uma região sensível a esse tipo de variabilidade. O aumento das temperaturas e as alterações nos padrões de precipitação não só afetam a qualidade de vida dos indivíduos desta região, como também, têm modificado a saúde da vegetação local exacerbando a seca no semiárido.

A partir da necessidade de obter dados precisos sobre a superfície terrestre e a dificuldade de ter contato direto com o espaço geográfico de estudo, o sensoriamento remoto funciona como uma ferramenta indispensável, que permitiu a coleta de informações sobre grandes áreas de forma eficiente, detalhada e para determinados períodos de tempo, junto a isso, os índices de vegetação foram desenvolvidos com o intuito de serem integrados ao sensoriamento remoto a fim de permitir a caracterização do tipo de vegetação de um determinado local, bem como ser usado na detecção de alterações na superfície (Leite, 2017).

Sabendo disso, é de se esperar que os avanços das tecnologias de imageamento orbital, estejam intrinsecamente ligadas com os progressos nos estudos feitos sobre dinâmica da vegetação (Ponzoni, 2001), onde as imagens de satélite à medida que ficam melhores, auxiliam na tomada de decisão em relação às mudanças que ocorrem na superfície e suas consequências. Segundo Krause et al., 2004; Jensen, 2009, a parte da superfície terrestre que é recoberta com vegetação é tornando um dos fatores com maior relevância dos ecossistemas, a variação de classe e distribuição vegetal, alterações fenológicas, fisiológicas e morfológicas das plantas de uma determinada região podem determinar as características climáticas, geológicas e fisiográficas de uma área.

Ao analisar as condições da vegetação em um espaço temporal, é essencial considerar as mudanças em seu aspecto físico, sabendo que os produtos gerados pelo sensoriamento remoto resultam de um processo que envolve diversas variáveis, sendo influenciado por uma série de fatores ambientais (Ponzoni, 2001). Neste contexto, fica claro que, a tendência é que quanto maior o número de bandas espectrais que um sensor possui, maior o nível de detalhamento espectral dos alvos

imageados (Da Silva, 2009). O comportamento espectral da vegetação na faixa do visível é determinada utilizando as bases de variações na energia eletromagnética pelo alvo imageado é utilizado para representar as características de reflectância da vegetação (Rosendo, 2005). O objetivo deste trabalho é mapear e analisar o uso e cobertura do solo no estado de Sergipe - BR, relacionando o contraste de condições da vegetação no ano de 2000 e 2021 utilizando a base de dados do *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) disponível no *Google Earth Engine* (GEE), aplicando aos dados médias anuais de NDVI, Temperatura e Classificação Multiespectral para a área de estudo.

METODOLOGIA

A área escolhida foi o estado de Sergipe (10° 54' 34" S, 37° 4' 29" O), o qual tem uma alta biodiversidade vegetal por estar inserido na intersecção entre biomas brasileiros, a mata atlântica, a Caatinga, e algumas regiões de cerrado. O clima de Sergipe pode ser definido como tropical litorâneo de regime mediterrâneo, por estar localizado na costa leste do nordeste, sofre grande influência da continentalidade e da maritimidade (Diniz 2014). O relevo caracterizado na figura 1 demonstra um terreno suavemente ondulado, composto por extensas superfícies planas de altitudes consideráveis, que se elevam progressivamente em direção ao interior.

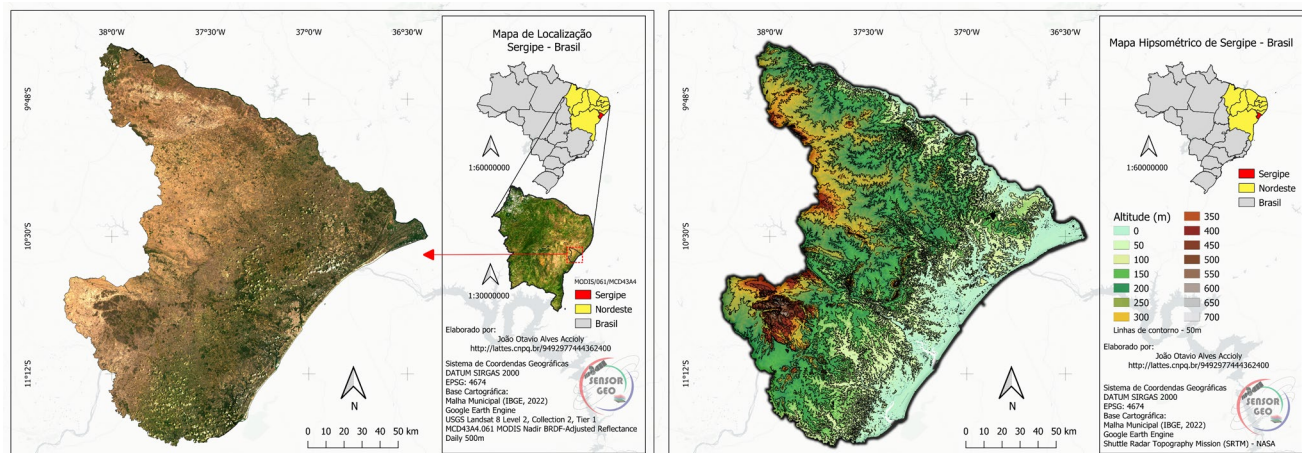
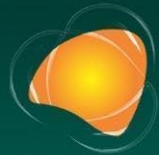


Figura 1 - Localização e Hipsometria do estado de Sergipe - Brasil.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

As imagens e dados foram adquiridos por meio do Google Earth Engine, disponível em <https://earthengine.google.com/>, com base em scripts desenvolvidos em linguagem JavaScript, disponíveis em: <https://github.com/JoaoAccioly>. Esses scripts foram elaborados para utilizar séries temporais e funções de filtragem, permitindo processar as imagens em diferentes faixas de tempo. O sistema geocêntrico de projeção UTM adotado foi o DATUM SIRGAS 2000, com a referência EPSG:4674.

O range de data das imagens compreendeu o período dos dados do *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), divididos entre os seguintes produtos:

MOD13Q1.061 - Terra Vegetation Indices 16-Day Global 250m

MOD11A1.061 - Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km

MOD12Q1.061 - Land Cover Type Yearly Global 500m

A figura 2 mostra o fluxograma do processamento de dados utilizados na análise. O fluxograma é dividido entre duas saídas, incluindo as imagens representativas do NDVI médio anual e Temperatura média anual do período de estudo de 2000 a 2021. Os dados são extraídos da coleção MODIS, seja para qualquer uma das variáveis, o processamento é o mesmo. A base de dados vetorial das unidades federativas de 2022 do IBGE foi utilizada no recorte da área e adicionada ao Google Cloud para ser implementada à automação do algoritmo e pode ser replicada para qualquer outro estado do Brasil.

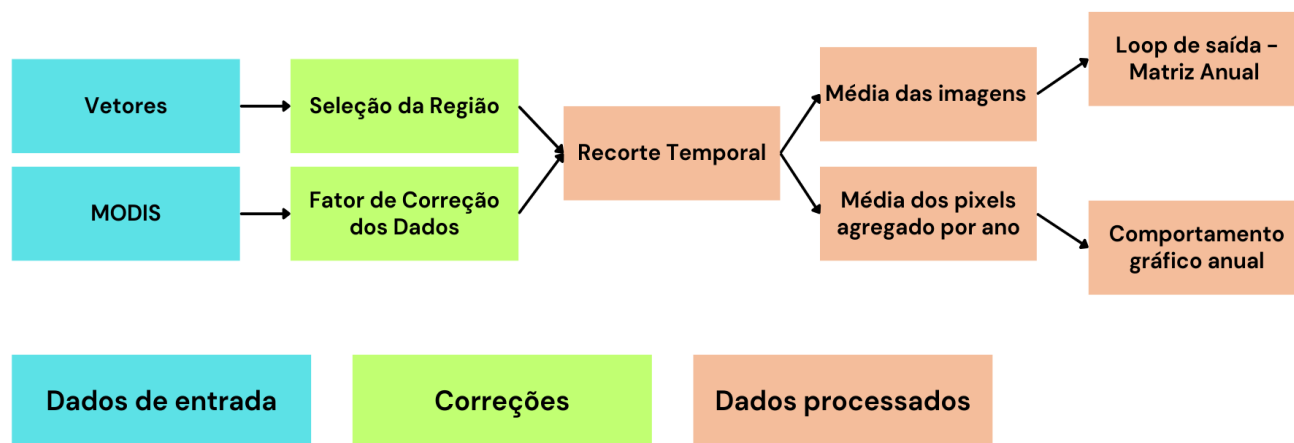
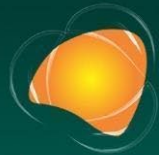


Figura 2 - Fluxograma de processamento dos dados



Na figura 3 está representado o resultado do mapeamento do NDVI para o estado de Sergipe, no período de 2000/2021 com escalonamento de 20 anos para análise dos extremos da série temporal, o mapeamento foi submetido a uma renderização simples com falsa cor em interpolação linear no software QuantumGis, com a variação na saúde da vegetação alocado entre os valores -1 e 1 (Rouse, 1974), considerando o estresse das culturas, escassez hídrica, atividade fotossintética, além de outros fatores biológicos e atmosféricos, pode-se usar essa diferença de valores para quantificar o quão sadia está a vegetação observando a escala de cores variando de verde (sadio) e vermelho (seco).

Para os anos que foram analisados, foram constatados valores máximos aproximados para o NDVI, de 0.8683 e 0.8825, para 2000 e 2021 respectivamente. Com uma média que indica um tipo de cobertura de vegetação com alta atividade fotossintética para os valores próximos a 1 (Rosendo, 2005), comparando os anos de 2000 e 2021 é possível constatar que há uma redução na saúde da vegetação em parte da área do estado, com coloração em tons de laranja/vermelho, indicando um solo com vegetação rala/seca ou até mesmo sem cobertura vegetal, o que indica uma tendência de mudança na faixa central da área de estudo, seja ela por quaisquer fatores que esta área esteja vulnerável.

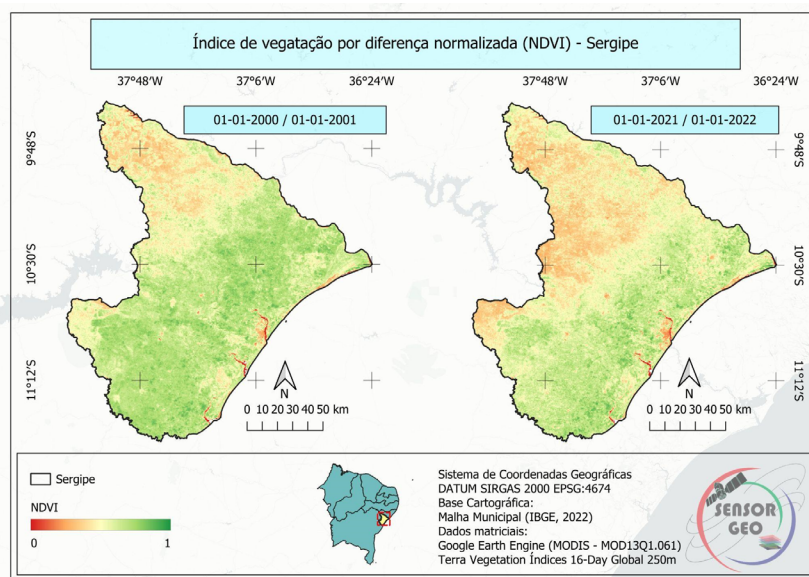
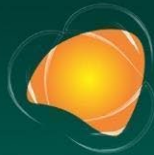


Figura 3 - Condições de saúde da vegetação



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

A figura 4 a seguir apresenta a variação do NDVI ao longo dos anos, juntamente com a tendência desses valores. A partir de 2000, observa-se uma tendência de queda, indicando uma degradação na saúde da vegetação da área em estudo. Essa mudança é mais evidente na Figura 3, onde se destacam as áreas em tons amarelados e alaranjados, em contraste com os tons de verde observados no ano de 2001, também representados na mesma figura.

Diante disso, surgem especulações sobre os fatores que vieram a ocasionar essas mudanças na área estudada. Fatores antropológicos como desmatamento e degradação do solo ou fatores naturais, sejam elas nos padrões de precipitação ou nas temperaturas médias podem facilmente provocar tais mudanças.

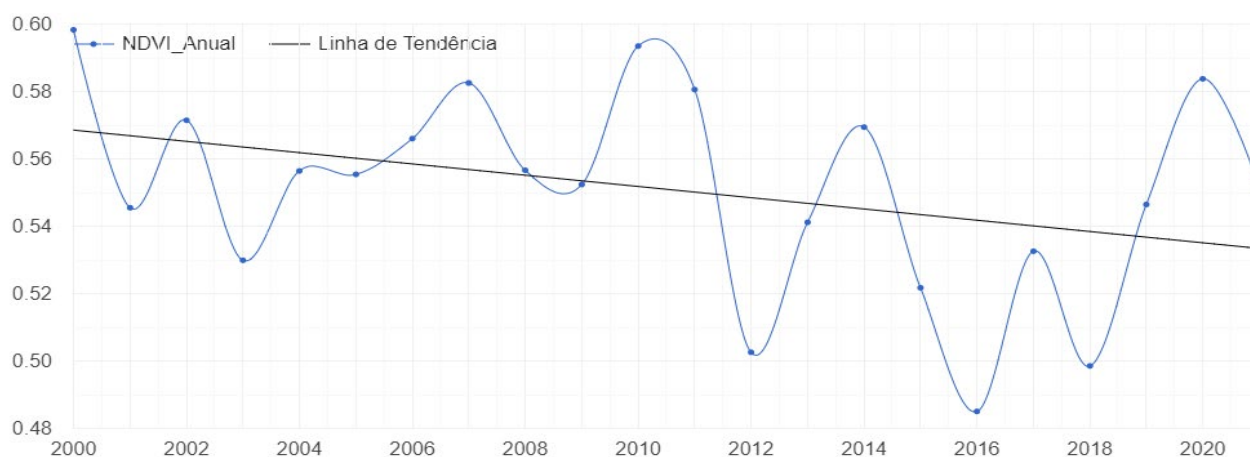


Figura 4 - Série temporal do NDVI médio anual

A temperatura média anual determinada como a média dos pixels com base nos dados diários do MODIS, revelam o comportamento de temperatura da superfície (T_s) nos extremos da série de recorte temporal, indicando a configuração de distribuição espacial da T_s na área de Sergipe. A análise do mapa temático permite observar as mudanças na distribuição de temperatura principalmente na parte superior do estado, região sujeita às alterações na saúde da vegetação analisada no NDVI da figura 3, considerando os fatores físicos da área de estudo e ao tipo de vegetação dominante desta área, onde o comportamento da temperatura depende principalmente da expansão desta área com menor saúde da vegetação ou até mesmo área de solo exposto.

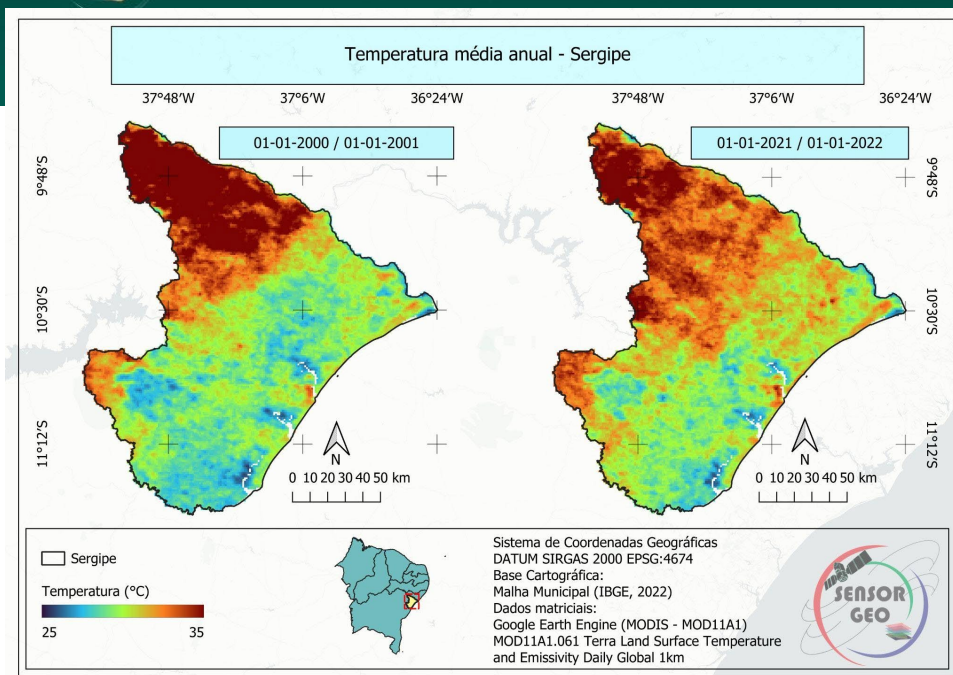
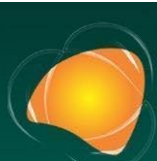


Figura 5 - Média dos valores de Ts

Ao analisar o gráfico da Figura 6, que ilustra as temperaturas anuais ao longo dos anos, observa-se um aumento significativo nas temperaturas. Isso é evidenciado pela linha preta, que apresenta uma tendência positiva, ou seja, de elevação. Tal tendência provavelmente está associada às mudanças climáticas ocorridas na região ao longo do tempo, seja em decorrência de fatores antropogênicos ou naturais.

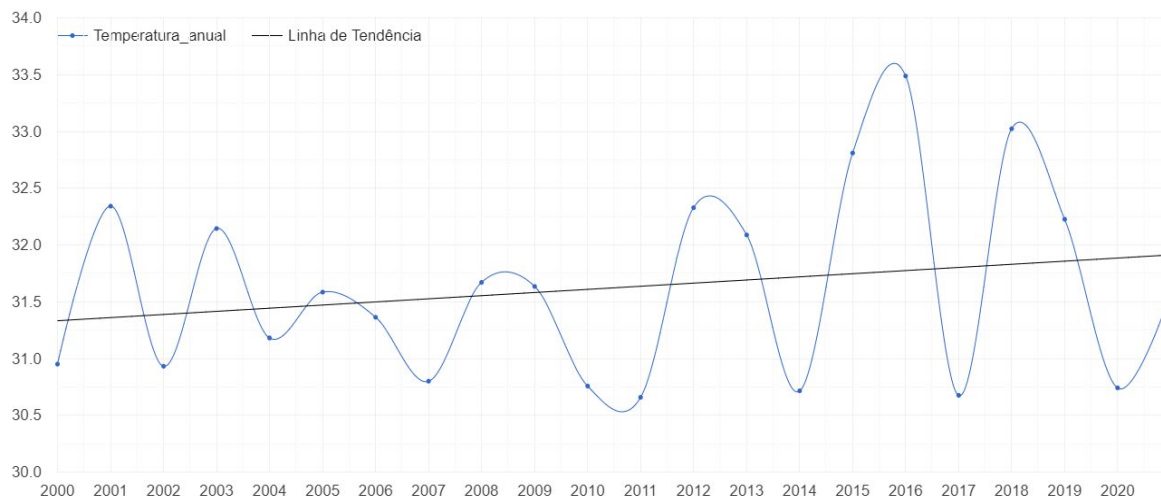
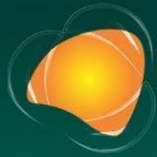


Figura 6 - Série temporal de temperatura média anual



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

As variações para o uso do solo ocorrem principalmente nas áreas de herbáceas

naturais/mosaico de terra agrícola e floresta aberta, segundo a classificação da figura 7. Contrapondo as classificações das datas limites (2000 e 2001) é possível observar que há modificação principalmente na região central do estado, com uma diminuição significativa da classe floresta aberta, corroborando com as análises feitas por Galina (2022), há uma influência antrópica direta na mudança das áreas de Caatinga e Mata Atlântica para áreas de pastagem, onde se destacam as lavouras temporárias de milho e mandioca para a extensão que antes eram ocupadas pela Caatinga, já as áreas que eram nativas de Mata Atlântica (classe denominada como Floresta Aberta), foram substituídas por lavouras de Laranja, coco da baía e cana de açúcar.

Somado a isto, as investigações feitas por Fernandes (2015) já apontavam as mesmas mudanças na região do semiárido de Sergipe, com modificações na área da Caatinga e conversão para áreas de pastagem, cultivos agrícolas e solo exposto. Com o cenário do crescimento dessas transformações na superfície e a predominância das áreas com baixa saúde vegetativa tendem a acentuar as condições do aumento de temperatura provocada pelas mudanças climáticas, tornando esta área suscetível à aridização e desertificação.

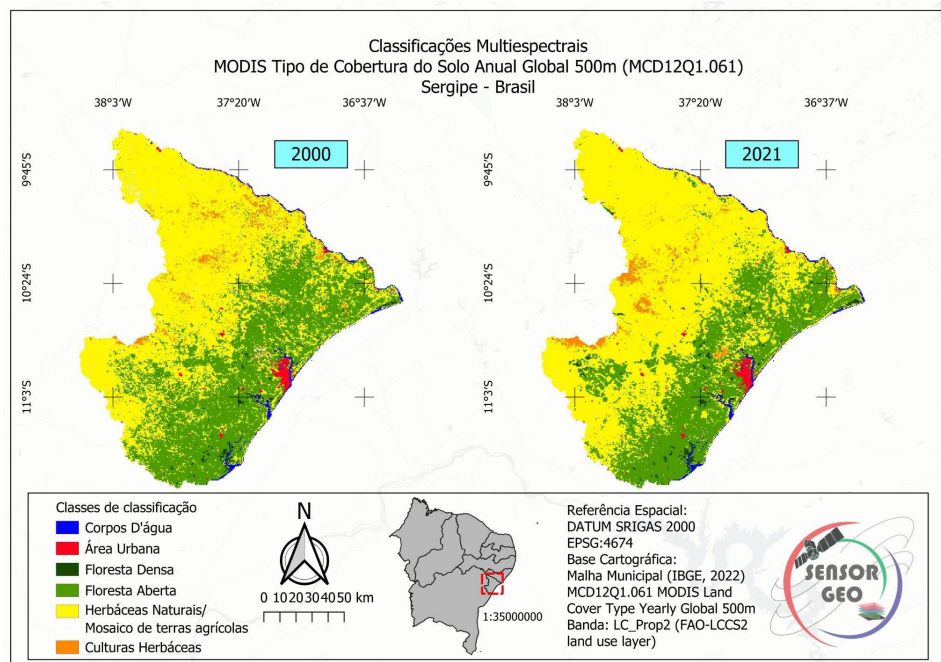
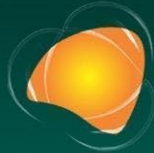


Figura 7 - Classificação Multiespectral LC_Prop2 (FAO-LCCS2 Land Use Layer)



Os mapas temáticos permitem uma análise abrangente realizada utilizando o Google Earth Engine e os dados da linha MODIS, proporcionando uma compreensão profunda da dinâmica da vegetação e das mudanças no uso do solo ao longo de um período de 20 anos no estado de Sergipe - Brasil. A combinação de índices como NDVI juntamente com estimativas de temperatura da superfície e classificações multiespectrais, revelou padrões complexos e interligados que moldam a paisagem desta região.

As transformações no uso do solo reveladas pela comparação das classificações multiespectrais entre as datas limites ressaltam a influência dos fatores físicos nas condições de temperatura, essas observações têm implicações significativas para o manejo sustentável da região e destacam a necessidade de considerar tanto as características naturais quanto às atividades antrópicas, considerando que o aumento das áreas com maior temperatura da superfície podem influenciar diretamente no microclima do estado.

AGRADECIMENTOS

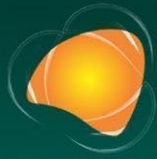
À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) e à Universidade Federal de Alagoas pelo apoio concedido durante a concepção deste estudo, e para a sua publicação.

REFERÊNCIAS

DA SILVA, Cláudio Antônio Vieira et al. Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá-PE. 2009.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; DE MEDEIROS, Sebastião Carlos; DE JESUS CUNHA, Cleidilson. Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 1, p. 17-34, 2014.

FERNANDES, Márcia Rodrigues de Moura et al. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 472-482, 2015.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

GALINA, André Beal, ELHA, Daniel Brondani, FAGOTTO, Mariana Alves. Dinâmica multitemporal da cobertura e uso do solo do estado de Sergipe. *Scientia Plena*, v. 18, n. 6, 2022.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

KRAUSE, G., Bock, M., Weiers, S. et al. Mapeamento de Cobertura do Solo e Estruturas de Manguezais com Técnicas de Sensoriamento Remoto: Uma Contribuição para um SIG Sinóptico de Apoio ao Gerenciamento Costeiro no Norte do Brasil. *Gestão Ambiental* 34 , 429–440 (2004). <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0003-3>

LEITE, Ana Paula; SANTOS, Glaucia Regina; SANTOS, Jannaylton Éverton Oliveira. Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na Estação Experimental de Itatinga utilizando imagens Landsat 8. *Revista brasileira de energias renováveis*, v. 6, n. 4, p. 606-623, 2017.

ROSENDO, J. dos S. Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na bacia do rio Araguari – MG – utilizando os dados do sensor Modis. Uberlândia: UFU, 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

ROUSE, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. and Deering, D.W. (1974) Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS-1 Symposium NASA, NASA SP-351, Washington DC, 309-317.