

Uso, ocupação e cobertura do solo nas serras secas do noroeste cearense: uma análise sazonal comparativa entre os períodos seco e chuvoso por meio de sensoriamento remoto

Land use, occupation, and land cover in the dry mountain ranges of northwestern Ceará: a comparative seasonal analysis between the dry and rainy seasons using remote sensing

Uso, ocupación y cobertura del suelo en las sierras secas del noroeste de Ceará: un análisis estacional comparativo entre las estaciones seca y lluviosa mediante teledetección

Moisés Fernandes Matos

Universidade Estadual Vale do Acaraú
moisesfernandes215@hotmail.com

Isorlanda Caracristi

Universidade Estadual Vale do Acaraú
isorlanda_caracristi@uvanet.br

Resumo

As serras secas da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão, localizadas no noroeste do Ceará e inseridas no bioma Caatinga, apresentam especificidades geoambientais relevantes ao entendimento de sua dinâmica natural e antrópica. Este artigo tem como objetivo analisar o uso, ocupação e cobertura do solo na área em questão e seu entorno, comparando os períodos seco e chuvoso. Para esse fim, foram utilizadas imagens de satélite Sentinel-2 processadas no *software* QGIS 3.40, com aplicação do algoritmo Random Forest, além de verificações em campo que possibilitou a validação dos mapeamentos. Os resultados demonstraram um aumento significativo da vegetação natural no período chuvoso, passando de 473,52 km² (62,48%) para 672,06 km² (88,69%). As culturas temporárias, identificadas em 198,54 km², não foram discriminadas no período chuvoso devido a homogeneidade da vegetação densificada. As áreas de ocupação humana e de rocha exposta permaneceram estáveis, já os corpos hídricos apresentaram aumento sazonal e o solo exposto apresentou redução durante as chuvas. Conclui-se que a sazonalidade possui influência direta na configuração da paisagem, revelando fragilidades no período seco, como maior suscetibilidade à erosão, e potencialidades no período chuvoso, como a regeneração da vegetação e a ampliação da disponibilidade hídrica. Nesse sentido, destaca-se a importância de políticas públicas e práticas de manejo sustentável que conciliem a conservação ambiental e atividades produtivas, garantindo a manutenção dos recursos naturais e da integridade das serras secas.

Palavras-chave: Uso, Ocupação e Cobertura do Solo; Serras Secas; Sensoriamento Remoto; Semiárido; Sazonalidade.

Abstract

The dry Timbaúba mountain ranges, São Joaquim and Dom Simão, located in northwestern Ceará and within the Caatinga biome, present geoenvironmental specificities relevant to understanding their natural and anthropogenic dynamics. This article aims to analyze land use, occupation, and cover in the area and its surroundings, comparing the dry and rainy seasons. For this purpose, Sentinel-2 satellite imagery processed in QGIS 3.40 *software* with the Random Forest algorithm was used, in addition to field verification that enabled mapping validation. The results demonstrated

a significant increase in natural vegetation during the rainy season, from 473.52 km² (62.48%) to 672.06 km² (88.69%). Temporary crops, identified in 198.54 km², were not discriminated against during the rainy season due to the homogeneity of the dense vegetation. The areas of human occupation and exposed rock remained stable, while water bodies showed seasonal increases, and exposed soil decreased during the rainy season. The conclusion is that seasonality directly influences the landscape's configuration, revealing weaknesses in the dry season, such as greater susceptibility to erosion, and potentialities in the rainy season, such as vegetation regeneration and increased water availability. In this sense, the importance of public policies and sustainable management practices that reconcile environmental conservation and productive activities is highlighted, ensuring the maintenance of natural resources and the integrity of dry mountain ranges.

Keywords: Land Use, Occupation and Cover; Dry Mountains; Remote Sensing; Semi-arid; Seasonality.

Resumen

Las sierras secas de Timbaúba, São Joaquim y Dom Simão, ubicadas en el noroeste de Ceará y dentro del bioma de la Caatinga, presentan especificidades geoambientales relevantes para comprender su dinámica natural y antropogénica. Este artículo busca analizar el uso, la ocupación y la cobertura del suelo en el área y sus alrededores, comparando las estaciones seca y lluviosa. Para ello, se utilizaron imágenes satelitales Sentinel-2 procesadas en el software QGIS 3.40 con el algoritmo Random Forest, además de la verificación en campo que permitió la validación cartográfica. Los resultados demostraron un aumento significativo de la vegetación natural durante la estación lluviosa, de 473,52 km² (62,48%) a 672,06 km² (88,69%). Los cultivos temporales, identificados en 198,54 km², no se discriminaron durante la estación lluviosa debido a la homogeneidad de la vegetación densa. Las áreas de ocupación humana y roca expuesta se mantuvieron estables, mientras que los cuerpos de agua mostraron aumentos estacionales y el suelo expuesto disminuyó durante la estación lluviosa. La conclusión es que la estacionalidad influye directamente en la configuración del paisaje, revelando debilidades en la época seca, como una mayor susceptibilidad a la erosión, y potencialidades en la época lluviosa, como la regeneración de la vegetación y el aumento de la disponibilidad hídrica. En este sentido, se destaca la importancia de políticas públicas y prácticas de gestión sostenible que concilien la conservación ambiental con las actividades productivas, garantizando así el mantenimiento de los recursos naturales y la integridad de las cordilleras secas.

Palabras clave: Uso, Ocupación y Cobertura del Suelo; Montañas Secas; Teledetección; Semiárido; Estacionalidad.

Introdução

As serras secas do nordeste brasileiro fazem parte do Domínio das Caatingas, que tem como característica principal o clima tropical semiárido quente, com médias anuais de temperatura em torno de 28°C e baixos níveis pluviométricos ao longo do ano (média anual de 800 mm), gerando alto índice de evaporação e deficiência hídrica, resultando na predominância da vegetação xerófila e caducifólia (CARACRISTI, 2000). Contudo, as serras secas são áreas heterogêneas que se diferenciam da predominante caatinga arbustiva, onde os solos são pedregosos e rasos (AB'SABER, 2003). Diferentemente da depressão sertaneja que é coberta pela caatinga arbustiva, o revestimento vegetal predominante das serras secas é de ordem primária, do tipo mata seca e

caatinga arbórea, apesar de fortemente reduzida em razão do uso agrícola, voltado a culturas de subsistência, evidenciando processos de degradação de seus recursos naturais renováveis (SOUZA, 2005).

Os impactos ambientais negativos que ocorrem no Nordeste brasileiro advêm, principalmente, dos usos e manejos inadequados dos solos e dos sistemas hídricos (RABELO, 2021). Ainda conforme Rabelo (2021), as variadas formas de usos geram alterações dos processos naturais de uma determinada área, onde se tem como resultado a degradação desses ambientes. Atividades como o extrativismo vegetal (extração de madeira para queima), mineral (extração de areias fluviais, calcário e granito para construção civil etc.), sobrepastoreio de pastagens e/ou cultivo agrícola (compactação e exposição dos solos a erosão) entre outras atividades, como queimadas (criminosas), com potencial modificador da paisagem e que se constituem fatores que podem gerar diferentes graus de degradação ambiental. Tais formas e fatores de degradação ambiental, ocorrem também, em sua maioria, em áreas que oferecem maior qualidade dos componentes ambientais naturais, como é o caso das serras secas do estado do Ceará, trazendo impactos a dinâmica natural, influenciando a modificações da biodiversidade e as suas características geoecológicas (RABELO, 2021).

Nas áreas de serra em geral, os usos do solo e da vegetação, ocorrem em função dos seus potenciais de fertilidade natural e de sua riqueza vegetal, resultando em um conjunto de atividades com alto nível de exploração ecologicamente incorreta, que geram forte degradação dos recursos ambientais, como do solo, da biodiversidade (fauna e flora) e dos recursos hídricos disposto nessas áreas de exceção.

O conjunto das serras secas da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão e entorno, constituem o objeto de estudo deste artigo a partir da análise dos mapeamentos de uso, ocupação e cobertura do solo e seus distintos diferenciações entre o período seco e chuvoso. Esse conjunto de serras secas, está localizado próximo a Ibiapaba setentrional (noroeste do estado do Ceará), mais precisamente, entre o sopé do Planalto Sedimentar da Ibiapaba e a Depressão Sertaneja, fazendo parte da Área de Preservação Ambiental da Serra da Ibiapaba (APA), gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

A análise ambiental, a partir desse enfoque, possibilitou averiguar os níveis e os processos relacionados à degradação ambiental da área, para que, posteriormente, seja possível criar e aprimorar políticas públicas com foco na preservação e conservação dessas importantes unidades de paisagem, tanto no âmbito do bioma Caatinga, como por suas especificidades e relevância ecológica para o Semiárido nordestino, principalmente em se tratar de uma região específica no contexto ambiental cearense, onde temos a ocorrências de uma dinâmica climática e biogeográfica que se

distingue das condições ambientais predominantes no estado do Ceará.

As serras secas são unidades de paisagem encravadas no sertão semiárido brasileiro de ocorrências longínquas e, por vezes, próximas das faixas litorâneas, como é o caso das serras secas da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão. Essas serras compreendem altitudes que podem variar de 550 a pouco mais de 700 m, e representam áreas que ainda possuem biodiversidade e geodiversidade parcialmente preservadas em relação às áreas de maior predominância da depressão sertaneja (COSTA, 2015). O conjunto de aspectos que justificam o trabalho em questão, está associado às especificidades geoambientais e geoecológicas das referidas serras, pois constituem-se importantes refúgios da fauna e redutos da flora típicos da caatinga arbórea e da mata seca, sendo condicionantes de sistemas hidroclimáticos locais (FREIRE; CARACRISTI, 2020).

Destaca-se ainda, a rede hidrológica relacionada às serras secas, que possuem o fator altimétrico favorável a uma maior condição de drenagem, mesmo que essas áreas tenham pequena abrangência espacial, ainda preservam nascentes fluviais fundamentais no abastecimento de pequenas lagoas e açudes da região, além de ativar riachos que convergem para os principais rios, como o rio Timonha, Itacolomi e Coreaú. Essas áreas necessitam de maior atenção por se tratar de nichos ecológicos e lócus de recurso fundamental à vida, que é a água, e que atende a dessedentação animal e humana, ainda mais em se tratar de um ambiente naturalmente condicionado, em função do clima, à semiaridez, podendo incorrer a eventos longos de secas, sendo essas áreas de maior resiliência ambiental.

Nesse sentido, a produção dos dados/informações a partir da análise proposta, servirá de apoio à gestão territorial e ao aprimoramento dos dispositivos legais relacionados às políticas ambientais, sobretudo por se tratar de uma região inseridas na APA da Ibiapaba. Essas informações também serviram de apoio às ações desenvolvidas junto as comunidades locais, tanto em iniciativas de educação ambiental, voltadas a conscientização sobre a relevância geoecológica da área, quanto no fornecimento de embasamento técnico, contribuindo para práticas de uso e ocupação do solo de forma socioambientalmente sustentável.

Metodologia

As bases teórico-conceituais que este trabalho se pauta, relaciona-se a análise ambiental integrada da paisagem, que se sustenta em uma perspectiva sistêmica advinda dos trabalhos de Bertalanffy (1975) com a elaboração da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) e de Sotchava (1977) com a criação do conceito de Geossistema, e que no campo da Geografia Física serviram de bases para a ampliação e melhor entendimento do conceito de paisagem enquanto unidade de análise.

Bertrand (1972), ao contribui com o conceito de Paisagem no âmbito geossistêmico,

destacou que a paisagem possui elementos físicos, biológicos e antrópicos, os quais devem ser compreendidos a partir de suas interações e fluxos de energia e matéria. Seguindo o mesmo entendimento sistêmico, SOUZA (2000), destaca que a análise ambiental integrada se constitui um instrumento para compreender as dinâmicas ambientais, e na perspectiva deste trabalho se inclui análises voltadas ao uso, ocupação e cobertura do solo e seus efeitos sobre a paisagem. Dessa maneira, enquanto base metodológica, a análise integrada se faz essencial nos estudos ambientais, pois permite a interpretação da paisagem como um sistema complexo que se dinamiza de forma constante no processo de reorganização.

Com vista a elaboração deste trabalho, os materiais consistiram na escolha da área de estudo e entorno (serras secas da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão); na utilização de um microcomputador desktop de configuração (para utilização de *software* e processamento de imagens de satélite): Processador i3-2100 - CPU de 3.10 GHz - memória RAM de 8,00 GB - armazenamento de 120 GB (SSD); GPS para verificação da localização; e Drone com câmera acoplada para registros fotográficos em campo.

Para o processamento das imagens da área de estudo e entorno, do satélite Sentinel-2, foi realizada por meio do *software* QGIS 3.40, utilizando-se do complemento DZetsaka para realização da classificação do uso, ocupação e cobertura do solo referente aos períodos seco e chuvoso. As imagens são referentes as seguintes datas: 17/09/2024 (período seco) e 03/05/2025 (período chuvoso).

Já para as amostras vetoriais escolhidas como amostras das classes existentes nas imagens do Sentinel-2 foram escolhidas com base em verificações de campo (*in loco*) dos tipos de uso, ocupação e cobertura existentes na região delimitada nos dois períodos (seco e chuvoso), assim como a realização de registros fotográficos com uso de drone.

Para a realização dos mapeamentos referentes aos períodos seco e chuvoso para a área de estudo e entorno, foi utilizado a classificação supervisionada no *software* QGIS 3.40, onde utilizou-se o complemento DZetsaka, seguindo um conjunto de procedimentos metodológicos que, de forma consistente e confiável obteve-se os resultados apresentados nos mapeamentos de uso, ocupação e cobertura do solo.

Inicialmente obteve-se a imagem do satélite Sentinel-2, posteriormente foi realizado a preparação das amostras de treinamento, importante para orientar o algoritmo de classificação. Para isso criou-se uma camada vetorial no formato *shapefile* (arquivo do tipo vetorial), onde contém os polígonos representativos de cada classe de uso, ocupação e cobertura do solo estabelecido no estudo: Ocupação Humana, Áreas de Vegetação Natural, culturas Temporárias, Corpos Hídricos, Rocha Exposta e Solo Exposto.

Os polígonos foram criados manualmente sobre a imagem Sentinel-2, referente a cada período (seco e chuvoso), com base nos trabalhos de campo realizados na área de estudo nos respectivos períodos. Cada polígono corresponde a uma determinada classe, onde possui um atributo identificador, o que garante sua correta associação no processo classificatório.

Procedeu-se à configuração do Dzetsaka, onde definiu-se como *raster* (imagem com matriz de *pixels*) de entrada o empilhamento das principais bandas espectrais do Sentinel-2 em conjunto com índices espectrais como NDVI, NDWI, NDBI e BSI, relevantes para distinção das categorias de uso, ocupação e cobertura. Em seguida, o carregamento do *shapefile* com as referidas amostras de treinamento, onde foi selecionado a coluna da classe que contém a referência para o classificador.

A próxima etapa consistiu na execução da classificação por meio do algoritmo Random Forest, contido no complemento Dzetsaka, definição do *shapefile* de treinamento (pontos amostrais) e escolha do *raster* multibanda como entrada. O processo de classificação resultou em um *raster* temático, onde cada *pixel* foi associado as classes correspondentes, estando o produto exportado em formato *GeoTIFF* (arquivo de estrutura matricial), sendo possível então realizar análises subsequentes.

Com a obtenção do raster classificado, foi realizado a quantificação das classes de uso, ocupação e cobertura da área de estudo e entorno. Para esse fim, foi utilizado a ferramenta *Calculadora de Campo* disponível no QGIS 3.40, aplicada sobre a tabela de atributos gerada na conversão do raster classificado em vetor.

Esse processo, possibilita que polígono resultante seja associado aos valores de *pixel* correspondente a sua respectiva classe temática. Nesse contexto é criado um campo do tipo numérico (decimal) na tabela de atributos, onde surge uma *interface* para o cálculo da área. Nessa *interface*, aplica-se a expressão '\$area', que retorna de forma automática os valores de área de cada feição em metros quadrados. Como forma de padronizar os valores, converte-se os valores em quilômetros quadrados dividindo-os por 1.000.000.

Por fim, realizou-se a soma das áreas de codificação correspondente a cada classe, por meio da ferramenta 'Estatística de Campo'. Dessa maneira, obteve-se a quantificação total de cada classe, possibilitando análises comparativas entre as diferentes estações (período seco e chuvoso), bem como a identificação de tendências, fragilidades e potencialidades da região.

Área de Estudo

O conjunto de serras secas formado pelas serras da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão, assim como seu entorno, constitui-se objeto central de análise deste trabalho. Essas unidades de

paisagem estão inseridas no contexto geológico do Médio Coreaú, situando-se na porção setentrional da Ibiapaba a noroeste do estado do Ceará, localizando-se mais precisamente entre o sopé do Planalto Sedimentar da Ibiapaba e a Depressão Sertaneja, estando entre as coordenadas 03°14'03'' S / 41°11'48'' O e 03°27'26'' S / 40°46'49'' O. Integradas à Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Ibiapaba, essas serras secas encontram-se sob gestão do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). As serras em questão, inserem-se no contexto espacial dos municípios de Viçosa do Ceará, Granja, Tianguá, Moraújo e Uruoca (Figura 1).

A região possui grande diversidade geológica que se estende do Paleoproterozoico ao Cenozoico, destacando-se o complexo Granja, formado por rochas metamórficas antigas, seguido pelo Grupo Martinópole no Neoproterozoico, apresentando formações sedimentares e vulcano-sedimentares. No Paleozoico se tem a ocorrência do Grupo Riacho Sairi/Serra Grande, representados pelas formações sedimentares marinhas e continentais. E de idade Cenozoica, predominam as coberturas sedimentares, como o Grupo Barreiras e os depósitos colúvio-eluvionares ligados a processos de intemperismo e acumulação superficial (CPRM, 2021). Essa condição evidencia a complexidade geológica evolutiva e sua influência direta na configuração da paisagem atual, sendo uma região que inclusive, possui grande valor mineral, sobretudo relacionado a exploração de rochas para uso ornamental.

Destaca-se as principais formas de relevo associadas a área de estudo e entorno, sendo os seguintes: Planície Fluviais do rio Timonha e Itacolomi; Tabuleiros Interiores; Escarpa (*front*); Superfície Sertaneja; Níveis Rebaixados de Morros e Cristas; e Serras da Timbaúba (Crista), São Joaquim (Espigão) e Dom Simão (Maciço Residual). Sendo estas últimas associadas diretamente com a área delimitada das serras em análise (SOUZA, 2000; MOURA et al., 2024). Já os tipos de solos encontrados na área de estudo e entorno, conforme a FUNCEME (2024), são: Neossolos Litólicos (Distrófico típico); Argissolos Amarelos (Distrófico plintossólico); Argissolos Vermelhos (Eutrófico típico); Latossolos Amarelos (Distrófico argissólico); Neossolos Flúvicos (Sódico típico); Planossolos Háplicos (Eutrófico típico); e Luvisolos Crômicos (Órtico típico). Nas áreas delimitadas das serras secas da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão, predomina os Neossolos Litólicos (Distrófico típico).

A composição fitogeográfica (distribuição dos tipos de vegetação) da referida área, e entorno é composta pela Floresta Caducifólia Espinhosa, ou Caatinga Arbórea, e classificada pelo IBGE (2012) como Savana-Estépica Florestada. Trata-se de uma variação fisionômica da Caatinga do Cristalino, caracterizada por se adaptar as condições do clima semiárido, que na estação seca, época em que ocorre maior déficit hídrico, grande parte das árvores e arbustos perdem suas folhas,

apresentando adaptações morfológicas e fisiológicas; pela Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial, ou Mata Seca, essa é classificada pelo IBGE (2012) como Floresta Estacional Decidual Submontana. É uma vegetação de caráter semi-caducifólio, pois parte de suas espécies perdem suas folhas a fim de se proteger dos efeitos das secas.

Essa feição se difere da caatinga do cristalino, considerando que os indivíduos arbóreos possuem um porte maior. Essa fisionomia vegetal se desenvolve em áreas de serras secas, em vertentes subúmidas e encostas, assim como, em encostas de algumas chapadas, geralmente em setores a sota-vento apresentando caráter de Mata Seca; e pela Floresta Subperenifolia Tropical Plúvio-Nebular, ou Mata Úmida, é classificada pelo IBGE (2012) Floresta Estacional Sempre-Verde Submontana ou Montana. Refere-se a uma vegetação que ocupam áreas mais elevadas dos topos e encostas das serras úmidas, bordas e reversos de chapadas e planaltos sedimentares, além de setores a barlavento dos maciços residuais.

No caso das serras em análise, nessas predominam uma cobertura de Mata Seca, e no entorno a Caatinga Arbórea. Em relação a vegetação de Mata Úmida, essa tem ocorrência na serra de São Joaquim em área de transição com a serra da Ibiapaba.

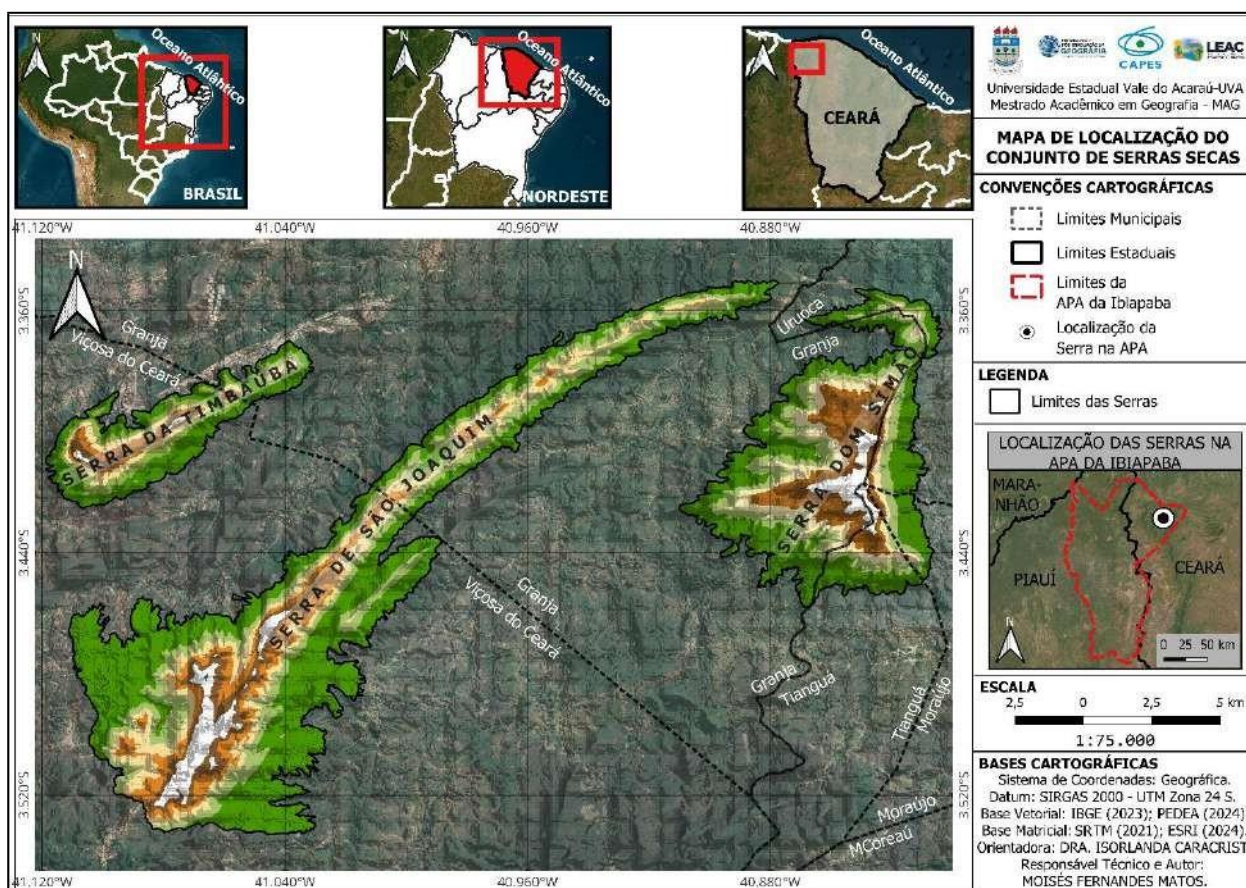


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo e entorno.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Quanto ao clima local da área de estudo, tem-se a ocorrência dos seguintes tipos climático: Tropical Quente Semiárido Brando e Tropical Quente Semiárido (IPECE-FUNCEME, 2010), com temperaturas médias que podem variar entre 21,1 °C e 26,6, e pluviometria anual média variável entre 600 mm e 1400 mm (FUNCEME, 2025). O principal sistema atmosférico responsável pelas precipitações na região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que nessa região atua principalmente entre os meses de janeiro e maio, estando os demais meses condicionados ao período de seca, época em que ocorre maior intensidade de radiação solar, consequentemente a maior índice de evapotranspiração (MONTEIRO J. B., 2022; CARACRISTI, 2000). As variações pluviométricas acima da média anual do quadro de semiaridez, dar-se principalmente pelos fatores orográfico e marítimo em que a área está condicionada, visto estarem a aproximadamente 50 km do litoral norte cearense.

Análise e Resultados: uso, ocupação e cobertura do solo nas serras da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão (noroeste do estado do Ceará)

Tabela 1 – Quantidade de área por classe de uso, ocupação e cobertura (períodos seco e chuvoso).

Tipos de Uso, Ocupação e Cobertura	Período Seco		Período Chuvoso	
	Área/Km²	(%)	Área/Km²	(%)
Área de Vegetação Natural	473,52	62,48	672,06	88,69
Culturas Temporárias	198,54	26,20	-	-
Ocupações Humanas	50,92	6,72	50,92	6,72
Rocha Exposta	32,7	4,31	32,7	4,31
Solo Exposto	1,42	0,19	1,31	0,17
Corpos Hídricos	0,72	0,10	0,83	0,11
Totais	757,82	100	757,82	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

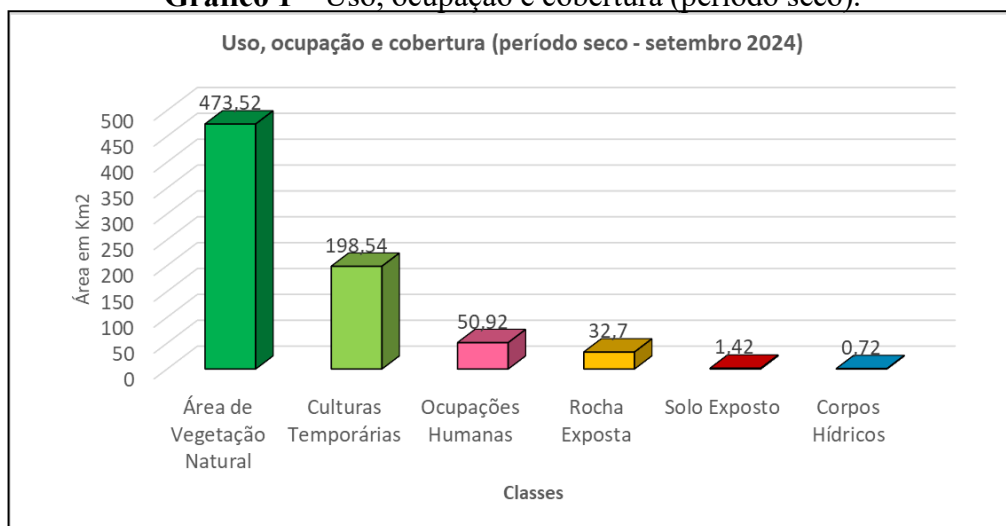
Os dados apresentados na Tabela 1, resultou da quantificação das áreas em km² de cada classe de uso, ocupação e cobertura presente na área de estudo e entorno. Esses cálculos foram realizados por meio da ferramenta ‘Calculadora de Campo’ contida no QGIS 3.40. Os dados apresentados demonstram variações das classes de uso, ocupação e cobertura do entre o período seco e o período chuvoso. Observa-se como principal alteração, o aumento considerável da vegetação natural, que passa de 473,52 km² no período seco para 672,06 km² no período chuvoso, o que por sua vez, evidencia a influência direta da sazonalidade climática sobre a cobertura vegetal.

Quanto as culturas temporárias, essas apresentam 198 km² no período seco, mas não aparecem no período chuvoso, isso se justifica pelo fato de que, no período chuvoso, as culturas temporárias acabam sendo generalizadas por conta da classificação supervisionada em virtude do verde exuberante, contudo, por meio dos trabalhos de campo, foi possível registrar essa classe no

referido período. No caso das ocupações humanas, essas permanecem estáveis apresentando 50,92 km², assim como a rocha exposta, com 32,7 km², o que indica que ambas as classes não sofrem influência direta das condições sazonais.

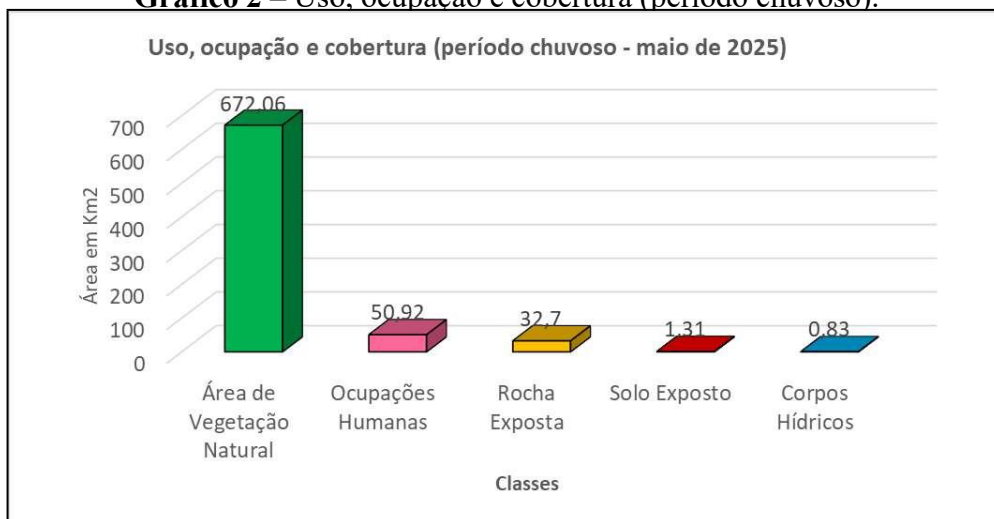
Já a classe que representa o solo exposto, apresenta uma pequena redução de 1,42 km² para 1,31 km² entre os períodos, isso ocorre devido período chuvoso que corrobora na composição da cobertura vegetal. E no caso dos corpos hídricos, esses demonstram um decréto aumento, que vai de 0,72 km² no período seco para 0,83 km² no período chuvoso, resultado da maior disponibilidade hídrica na estação chuvosa. Nos Gráficos 1 e 2, é possível observar as diferenças quantitativas de cada classe referente a cada período.

Gráfico 1 – Uso, ocupação e cobertura (período seco).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Gráfico 2 – Uso, ocupação e cobertura (período chuvoso).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Período Seco

O uso, ocupação e cobertura do solo nas serras da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão (Figura 1), referente ao período seco (setembro / 2024), evidencia um predomínio expressivo de áreas de vegetação natural, sobretudo nas áreas de maior altitude e declividade acentuada (Figura 2 [A]). Essas áreas menos acessíveis ao uso agrícola, possuem um papel importante na manutenção da biodiversidade, na recarga hídrica e na estabilidade do clima local.

As culturas temporárias estão concentradas principalmente no sopé das serras e nas áreas mais planas do entorno (Figura 3 – D; E), em áreas mais distantes das serras e mesmo no sopé, ocorre o preparo da terra para plantios no início do período chuvoso, sendo mais perceptíveis a mapeamento no período mais seco, pois no período chuvoso as classes de vegetação natural e culturas temporárias se tornam generalizadas por conta do verde mais denso. Em função do preparo do solo para plantios, ocorre práticas de desmatamento e queimadas (Figura 2 – B; E). Essas variações na distribuição das culturas temporárias estão condicionadas à disponibilidade de solos mais férteis e à proximidade de recursos hídricos. Contudo, no período seco, essas áreas apresentam menor cobertura vegetal densa, o que deixa parte do solo mais exposto a processos erosivos, principalmente em locais com declividades mais acentuadas (Figura 2 – D).

A ocupação humana, apresenta uma distribuição dispersa e está representada por machas esparsas, que ocorrem principalmente ao longo das vias de acesso, sejam em rodovias pavimentadas ou não (Figura 2 – F). Ainda que essa ocupação seja relativamente fragmentada, ela exerce influência significativa sobre a dinâmica da paisagem, o que pode promover a ocorrência de fragmentação da cobertura vegetal, e alterações ambientais em função das atividades antrópicas, sobretudo das atividades de extrativismo e agropecuária, presentes principalmente no sopé e no entorno das serras. Essas atividades, assim como, a exploração mineral de rochas por parte de empresas mineradoras, influenciam a práticas de desmatamento de áreas com cobertura vegetal mais preservadas, o que pode comprometer os solos a erosão e degradação de nascentes (Figura 2 – C; F).

No período analisado, observa-se a presença de áreas com solos e rochas expostas, mais evidentes em terrenos íngremes e locais onde a vegetação foi removida (Figura 2 – A; F). Essas áreas se tornam expostas a vários agentes erosivos, sejam os de ação física ou química. Essa condição ambiental indica a necessidade de implementação de práticas conservacionistas, como o uso da cobertura morta e reflorestamento, objetivando reduzir o assoreamento em área de canais fluviais e a fortalecer a fertilidade do solo, assim como preservar as nascentes.

Em relação aos corpos hídricos, no período seco se encontram bastante reduzidos em função da evapotranspiração, característica comum as condições do clima para essa região. A diminuição dos volumes de pequenos açudes e lagos, podem impactar no abastecimento humano e principalmente animal, seja os oriundos da agropecuária de subsistência ou aos animais que fazem parte da biodiversidade local e dependem desse ecossistema. Diante desse cenário, o planejamento referente ao uso do solo de forma sustentável se faz essencial, pois equilibra as atividades produtivas com a conservação das áreas naturais, assegurando a integridade ambiental e a resiliência dos diferentes sistemas ambientais das serras secas contidas nessa região.

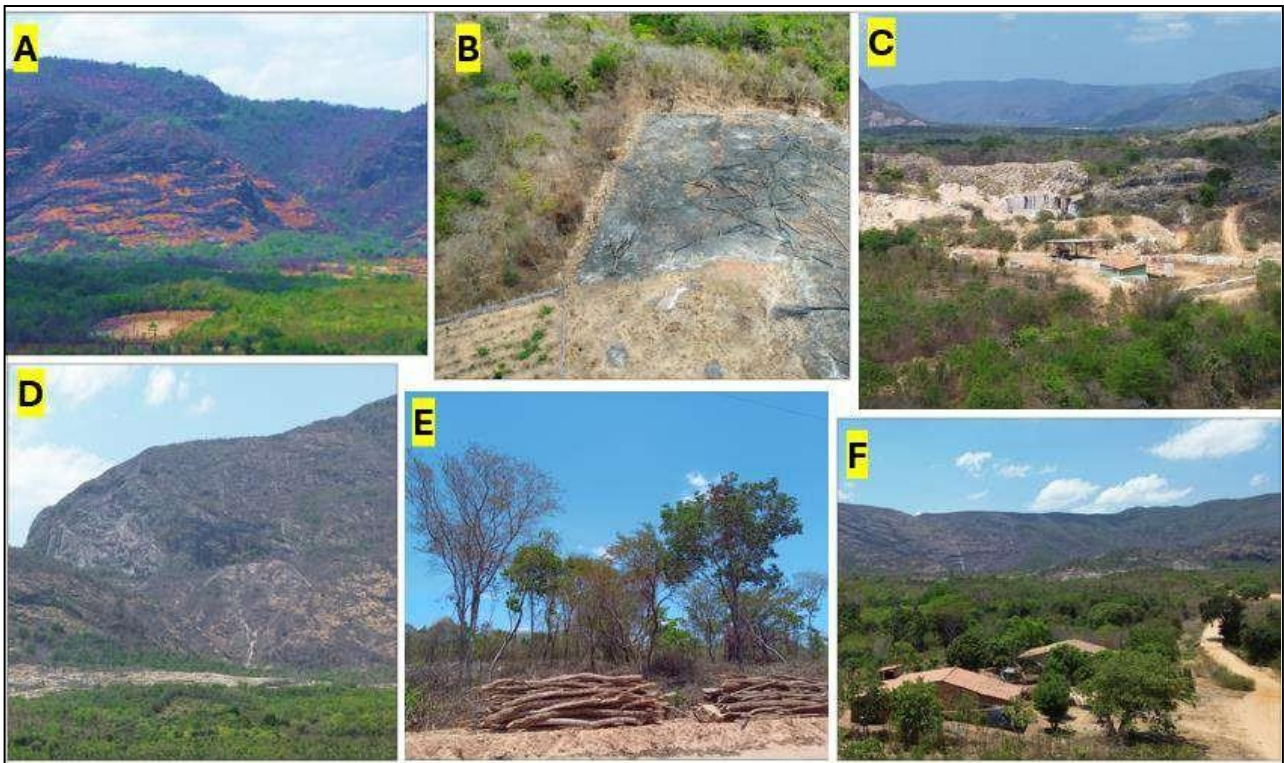


Figura 2 – A: Vegetação em áreas de vales e topo, solos expostos e presença de culturas temporárias; B: Desmatamento e queimadas; C: Exploração de rochas; D: Rochas e solos expostos em áreas íngremes e sopé; E: Ocupação humana; F: Desmatamento para uso da madeira.

Fonte: Registros de campo dos autores (2024).

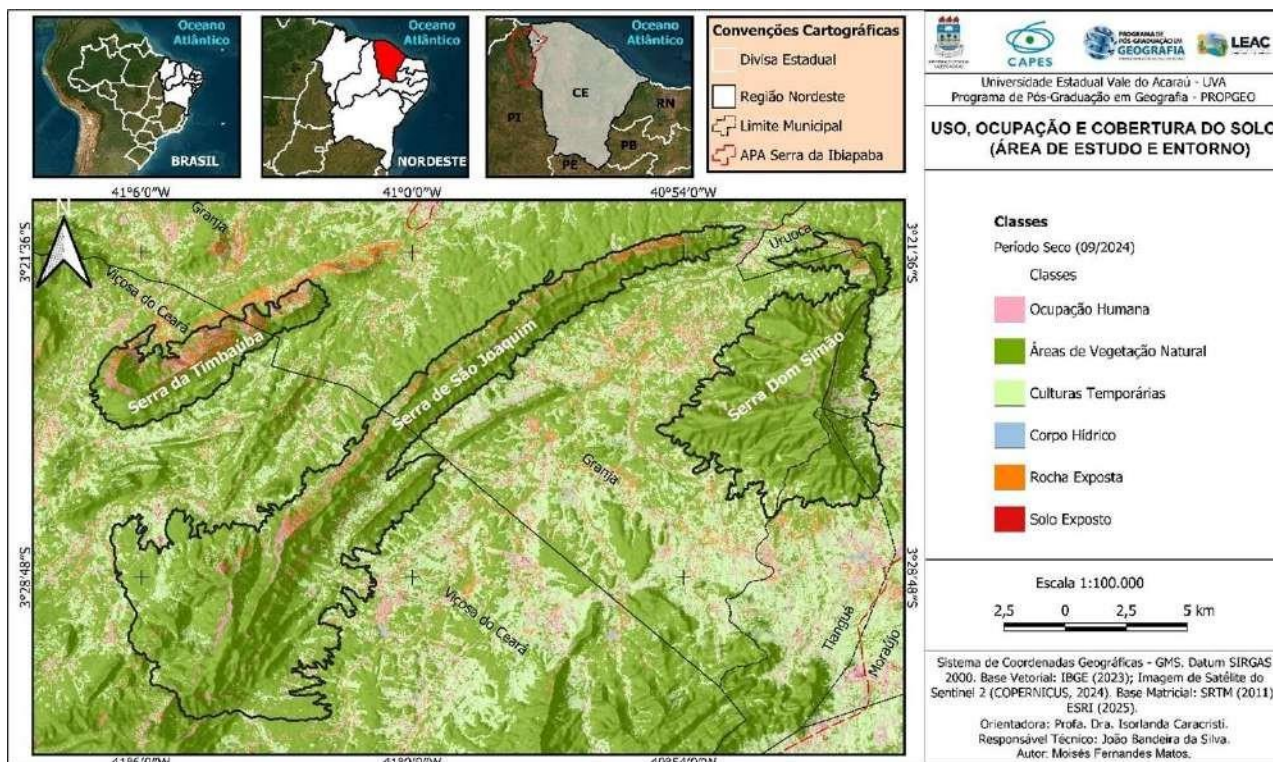


Figura 3 – Mapa de uso, ocupação e cobertura do solo na área de estudo e entorno (período seco – setembro de 2024).
 Fonte: Matos; Silva (2025).

Período Chuvoso

No período chuvoso, o uso, ocupação e cobertura do solo nas serras da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão (maio / 2025) (Figura 5), demonstra um predomínio significativo de áreas de vegetação natural. Durante esse período, a cobertura vegetal se apresenta mais homogênea e densa, recobrando inclusive áreas, que no período seco, demonstravam sinais de degradação. Essa regeneração do aspecto vegetacional desempenha um papel basilar na proteção do solo, o que reduz os processos erosivos potencializando o aumento da infiltração hídrica, o que reforça a importância das chuvas para a manutenção dos ecossistemas associados as serras em questão.

A ocorrência de áreas com solos expostos, apresenta-se significativamente menor em comparação com o período seco (Figura 4 – A; B). A presença de maior umidade em função das chuvas e consequente adensamento da vegetação, obviamente que não se trata de chuvas intensas e torrenciais que em geral podem causar deslizamentos de terra, nesse caso, reduzem a vulnerabilidade das encostas aos processos erosivos, contribuindo com a preservação do relevo. Essa condição favorece a conservação dos recursos, garantindo a proteção e a preservação de seus componentes físicos e químicos a longo prazo, o que minimiza riscos ambientais associados a perda de solo.

Os corpos hídricos, que incluem ambientes lacustres e pequenos açudes associados as

respectivas sub-bacias, e toda a rede de drenagem associada as serras, apresentam maior expressão espacial no período chuvoso, sendo visíveis em maior número e com maior volume (Figura 4 – C; F). A recarga de açudes, reservatórios e cursos d'água apresentam um ganho significativo para o abastecimento humano e animal, como também para atividades de irrigação e para o equilíbrio ecológico dos sistemas ambientais associados a região. A ampliação da disponibilidade hídrica fortalece a resiliência ambiental, principalmente no período de seca, onde as variações sazonais implicam em maior necessidade de suporte ao longo do ano.

Quanto a ocupação humana, mantém-se distribuída de forma dispersa, como citado anteriormente, principalmente nas bordas das serras e ao longo das vias de acesso (Figura 2 – F). Embora sua configuração espacial não sofra alterações entre o período seco e chuvoso, a interação dessas áreas com a vegetação densa pode contribuir positivamente para a melhoria do microclima e para a redução da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais.

De maneira geral, o período chuvoso favorece a recuperação da cobertura vegetal, a ampliação dos corpos hídricos e a proteção do solo, o que aponta a relevância de práticas de manejo adequados que possam colaborar para que se preserve os benefícios oriundos desse período (chuvoso), prolongando-os ao longo do ano. A conservação das áreas de vegetação natural e o controle da expansão das atividades antrópicas em zonas de transição – entre os diferentes sistemas ambientais – podem ser medidas estratégicas essenciais que podem garantir a sustentabilidade ambiental e a manutenção dos processos ecossistêmicos das serras, sobretudo em uma região inserida no contexto de uma unidade de conservação (APA da Ibiapaba), onde a fiscalização ambiental constitui-se ferramenta essencial por parte dos órgãos competentes.

Destaca-se no Quadro 1 as principais diferenças ambientais entre os períodos seco e chuvoso na área de estudo e entorno. Essa análise tem como base os dados obtidos por meio dos mapeamentos e trabalhos de campo realizados nos respectivos períodos (seco e chuvoso).



Figura 4 – A-B: Comparativo da densidade vegetacional entre o período seco (B) e chuvoso (A); C-F: Cursos d'água ativos no período chuvoso (condição que abastece os corpos hídricos da região); D-E: Comparativo das áreas de culturas temporárias entre os períodos chuvoso (D) e seco (E).

Fonte: Registros de campo dos autores (2024 e 2025).

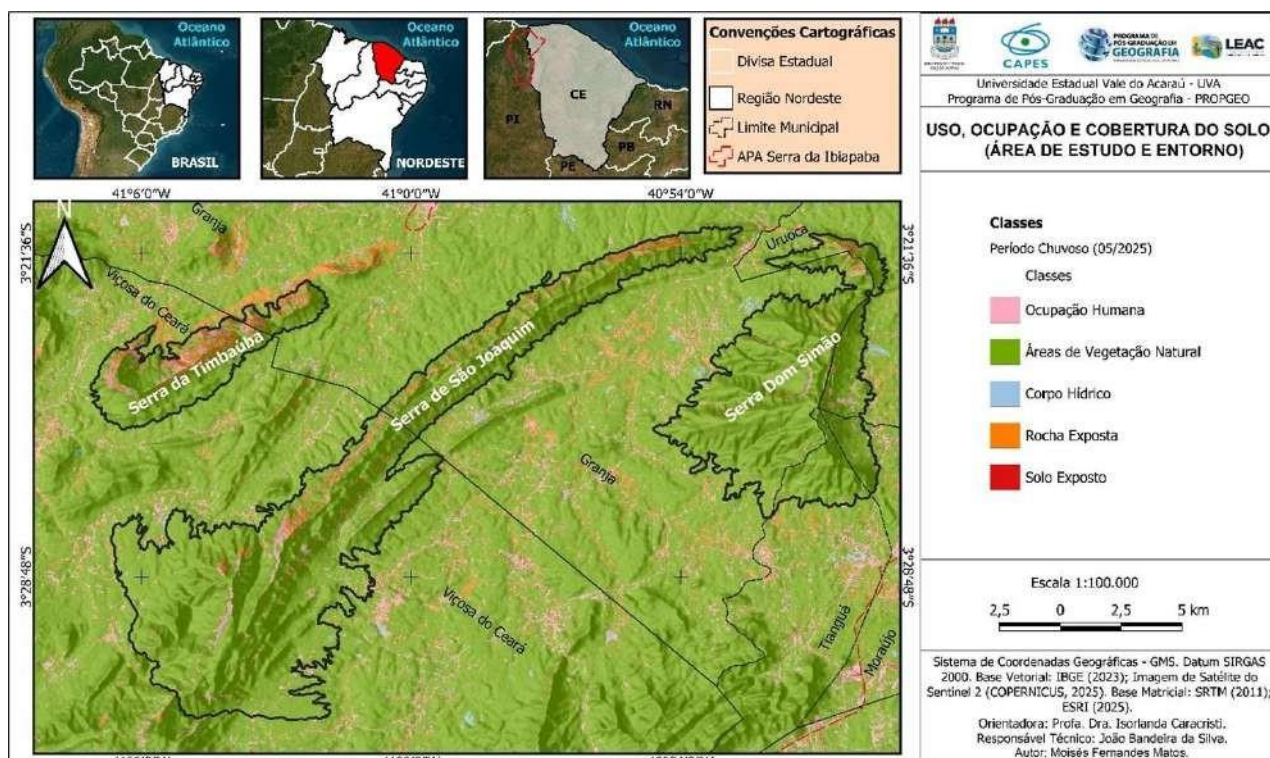


Figura 5 - Mapa de Uso, ocupação e cobertura do solo na área de estudo e entorno (período chuvoso – maio de 2025).

Fonte: Matos; Silva (2025).

Quadro 1 – Principais diferenças ambientais entre a estação seca e chuvosa na área de estudo e entorno.

Tipos de uso, ocupação e cobertura	Características Sazonais		Principais Diferenças Ambientais Observados na Paisagem
	Período Seco (09/2024)	Período Chuvoso (05/2025)	
Cobertura de Vegetação Natural	Predominante, contudo, mais fragmentada no sopé das serras, com clareiras visíveis.	Densa, continua e homogênea, cobrindo áreas antes com indícios de degradação.	Regeneração e maior proteção do solo no período chuvoso.
Solo Exposto	Ocorrência significativa, especialmente em encostas íngremes e áreas de culturas de subsistência em “descanso”.	De ocorrência reduzida, restringindo-se a pequenas manchas isoladas.	Redução expressiva com o retorno das chuvas.
Rocha Exposta	Frequente nas altitudes mais elevadas e encostas declivosas.	Reduzida, com recobrimento parcial pela vegetação.	O adensamento vegetacional no período chuvoso reduz a exposição rochosa.
Corpos Hídricos	Pequenos açudes com redução hídrica, riachos e rios desativados.	Malha fluvial ativa, pequenos açudes e lagoas recarregados.	Disponibilidade hídrica expressiva, sobretudo nas áreas das serras.
Culturas Temporárias	Bastante visíveis, com parte do solo exposto (preparo de plantios)	Menos evidentes nas imagens em função da maior densidade da cobertura vegetal.	Mudança na dinâmica de desenvolvimento das culturas temporárias nos diferentes períodos.

Ocupação Humana	Distribuição dispersa e mais perceptível nas áreas mais aplainadas.	Distribuição semelhantes, porém com maior cobertura vegetal ao redor.	A cobertura vegetal densa atenua o contraste com o entorno.
Condição Geral das Serras Secas	Maior vulnerabilidade em termos de erosão, fragmentação da vegetação e menor disponibilidade hídrica.	Maior integridade ambiental, vegetação mais densa e maior disponibilidade hídrica.	O período chuvoso reverte parte dos impactos ambientais, não substituindo a necessidade de ações de prevenção, conservar e preservação dos componentes ambientais.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025), com base nos mapeamentos do uso, ocupação e cobertura do solo nos períodos seco e chuvoso.

Considerações Finais

Com base na análise apresentada, a área de estudo e entorno (serras da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão), apresenta um quadro em que predominam condições naturais favoráveis à conservação ambiental, pois apresentam condições geoambientais distintas em relação as condições semiáridas onde se insere, mas por outro lado, também apresenta vulnerabilidades associadas à sazonalidade e principalmente pelo uso antrópico.

A principal potencialidade está associada a presença significativa de vegetação natural, especialmente nas áreas mais elevadas e declivosas, como é o caso das serras presentes na área, que cumprem funções fundamentais como a manutenção da biodiversidade, regulação climática local, recarga hídrica e proteção do solo. Considerando que no período chuvoso essa cobertura vegetal torna-se mais densa e continua, o que favorece a redução de processos erosivos, consequentemente amplia por mais tempo a disponibilidade hídrica. A presença de corpos d'água recarregados nesse período, fortalece a resiliência ecológica, garantindo suporte as atividades produtivas e ao abastecimento.

No tocante ao período seco, as fragilidades se manifestam de forma mais evidente, quando a redução da cobertura herbácea e arbustiva expõe solos e rochas, principalmente em encostas íngremes, o que eleva o risco de erosão das encostas e assoreamento dos recursos hídricos nas áreas do entorno. Nessas condições, áreas agrícolas próximas do sopé das serras e de cursos fluviais e a ocupação humana dispersa, exercem maior pressão sobre os recursos naturais, incorrendo em fragmentação de habitats e comprometimento da conectividade ecológica.

Dessa forma, a sustentabilidade da região depende do manejo integrado do uso e ocupação, podendo ser conciliado as atividades produtivas com práticas conservacionistas, como a manutenção de coberturas permanentes do solo, reflorestamento de áreas degradadas e proteção de nascentes. Outro ponto é a fiscalização ambiental, sendo necessário maior efetividade, constância e autonomia, sobretudo relacionado aos empreendimentos irregulares de exploração de rochas

presente nos limites da APA da Ibiapaba, atividade essa detentora de grande potencial degradador, pois compromete de forma direta a fauna e flora. Ressalta-se a importância da atuação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, como órgão responsável pela administração da APA da Ibiapaba, sendo necessário que haja um maior fortalecimento do órgão, para que seja possível a realização ativa e contínua na proteção ambiental.

Essas medidas, quando alinhadas ao controle de práticas de potencial degradador que se constituem desordenadas e à valorização das áreas de vegetação natural, tornam-se fundamentais para minimizar as fragilidades e maximizar as potencialidades ao longo de todo ciclo que se dinamiza sazonalmente entre os períodos seco e chuvoso, principalmente em se tratando de ambiente semiárido.

Destaca-se a importância científica deste estudo em evidenciar o papel estratégico das serras da Timbaúba, São Joaquim e Dom Simão no âmbito da conservação ambiental em meio as condições semiáridas, ao passo em que também expõe vulnerabilidade frente as condições sazonais e o uso antrópico, integrado a análise das potencialidades e fragilidades da paisagem, oferecendo subsídios a elaboração de novos estudos relacionados ao manejo sustentável, a conservação da biodiversidade e a gestão dos recursos naturais.

Dessa forma, o estudo contribui para o fortalecimento do conhecimento científico sobre serras secas em ambientes semiáridos, além de proporcionar caminhos a elaboração de políticas públicas e práticas de conservação em contextos semelhantes.

Referências

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os Domínios de Natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. 4. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 144 p.

BERTALANFFY, L. Von. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução Francisco M. Guimarães. 2ª ed. Petrópolis: Vozes, 1975.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo, n.13, p. 1-27, 1972.

CARACRISTI, Isorlanda. Estudo Integrado do Clima da Região do Médio Curso do Rio Acaraú: uma análise geográfica do clima local. **Revista Essentia**. Ano, v. 1, 2000.

CEARÁ (Estado). Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. **Tipos climáticos do Estado do Ceará**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2010. Mapa.

COSTA, J. S. Análise Geoambiental da Serra da Penanduba (Coreaú/FrecheirinhaCE): bases geográficas voltadas à criação de Unidade de Conservação. Orientador: Isorlanda Caracristi. 2015. 135 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia, CCH, Universidade Estadual Vale do Acaraú - CE, Sobral-CE, 2015.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto mapa geológico e de recursos minerais do estado do Ceará.** Fortaleza: CPRM, 2021. 92 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20418>. Acesso em: 3 jul. 2025.

Figueiredo, M.A. 1997. A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas).: **Atlas do Ceará.** Governo do Estado do Ceará; IPLANCE, Fortaleza. 65p. Disponível em: http://www.funceme.br/wpcontent/uploads/2019/02/15Mapa_CE_Fltoecologico_A2.pdf f. Acesso em: 19 jul. 2025.

FREIRE, R. N. L.; CARACRISTI, I. Serra da Penanduba: a Biogeographical Study Focused on Thebrazilian SemiArid Dry Forest. **International Journal of Humanities and Social Science (ONLINE)**, v. 9, p. 107-118, 2020

FUNCEME. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do Estado do Ceará [livro eletrônico].** Fortaleza, CE: Coletivo Duas Catitas, 2024. ISBN 978- 65-983255-0-3. Pag. 25-181.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272 p.: il. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2025.

MONTEIRO, Jander Barbosa. A influência de teleconexões e sistemas meteorológicos produtores de precipitação no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife: UFPE, ed. 15, ano 2022, n. 1, p. 312-332, 1 fev. 2022. Semestral. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/JanderMonteiro/publication/359530294_A_influencia_de_teleconexoes_e_sistemas_meteorologicos_produtores_de_precipitacao_no_semiarido_nordestino/links/624ad3c857084c718b854c96/A-influência-de-teleconexoes-e-sistemas-meteorologicos-produtores-deprecipitacao-no-semiarido-nordestino.pdf. Acesso em: 24 nov. 2024.

MOURA, et al. Mapeamento geomorfológico como subsídio a gestão territorial e ambiental no município de Viçosa do Ceará. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 13, p. e11475, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n13-052. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11475>. Acesso em: 3 jul. 2025.

RABELO, D. R. Degradação ambiental decorrente do uso e ocupação do solo no município de Junco do Seridó, PB. **PENSAR GEOGRAFIA**, v. 5, n. 2, p. 139-148, 2021. <https://doi.org/10.26704/pgeo.v5i2.3741>.

SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará: bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. **A natureza cearense: Compartimentação geoambiental do Ceará.** In: BORZACCHIELLO, José; CAVALCANTE, Tércia; DANTAS, Eustógio. (Org.). Ceará: um novo olhar geográfico. 1 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. p. 127-140.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas.** Métodos em Questão. São Paulo, p. 1-53. 1977.