

Análise da dinâmica temporal da cobertura vegetal na microrregião de Umarizal (2000 a 2022), semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil

Analysis of the temporal dynamics of vegetation cover in the Umarizal microregion (2000 to 2022), semi-arid region of Rio Grande do Norte, Brazil

Análisis de la dinámica temporal de la cobertura vegetal en la microrregión de Umarizal (2000 a 2022), región semiárida de Rio Grande do Norte, Brasil

Islânia dos Santos Nunes

<https://orcid.org/0009-0007-3599-4438>

islanianunes@alu.uern.br

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, UERN, Mossoró, RN, Brasil

Alfredo Marcelo Grigio

<https://orcid.org/0000-0002-2094-9710>

alfredogrigio@uern.br

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, UERN, Mossoró, RN, Brasil

Marco Antônio Diodato

<https://orcid.org/0000-0002-9088-836X>

diodato@ufersa.edu.br

Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, RN, Brasil

Resumo: A Caatinga, bioma exclusivamente brasileiro que recobre vários estados do Nordeste do país, vem atravessando muitas mudanças ambientais, especialmente no que se refere à sua cobertura vegetal e ao uso e ocupação da terra, o que suscita amplas discussões. Este trabalho visa levantar o uso e ocupação e analisar a dinâmica temporal e espacial da cobertura vegetal na microrregião de Umarizal, através de sensoriamento remoto empregando imagens Landsat 5, 8 e 9, no período seco e chuvoso dos anos de 2000, 2007, 2014, 2017 e 2022. Para a análise da vegetação utilizou-se o índice SAVI. Foi utilizado o *software* de código aberto QGIS v. 3.28.3 “Firenze” com emprego do *Supervised Classification Plugin* (SCP) para a elaboração dos mapas de cobertura vegetal. Para o estudo dos tipos de uso e ocupação do solo, os dados foram obtidos do *site* MapBiomas coleção 7.1. Foram observados valores de SAVI mais elevados no período chuvoso, no entanto o ano de 2017 se destacou pela baixa atividade fotossintética em todo o ano devido aos baixos níveis de precipitação apresentados em toda a microrregião. Os principais tipos de uso dizem respeito à formação arbórea-arbustiva

de floresta decidual, seguido por agropecuária, principalmente na forma de culturas temporárias.

Palavras-chave: Vegetação de Caatinga, SAVI, uso e ocupação da terra.

Abstract: The Caatinga, an exclusively Brazilian biome that covers several states in the Northeast of the country, has been undergoing many environmental changes, mainly about its vegetation cover and land use and occupation, consequently, the study of vegetation dynamics and knowledge of its different types of use has been widely discussed. The general objective of this work is to analyze the temporal and spatial dynamics of vegetation cover in the Umarizal micro-region, as well as knowledge of the main types of use and occupation. The methodological procedures used were satellite images from the Landsat series, specifically Landsat 5, Landsat 8, and Landsat 9, for both the dry and rainy periods of the years 2000, 2007, 2014, 2017, and 2022. For vegetation analysis, the following index was used: SAVI. QGIS Software, version 3.28.3, was used to create vegetation cover maps. To study the types of land use and occupation, data were obtained from the MapBiomias 7.1 website. After the analyses, it can be observed that SAVI values were higher in the rainy season, the year 2017 stood out for its low photosynthetic activity in both periods, due to the low levels of precipitation presented in the year in all municipalities in the micro-region. Regarding use and occupation, it was highlighted that in the micro-region the main types of use concern forest formation (savanna formation), composed of tree-shrub plant formation of deciduous forest followed by agriculture, mainly formed by temporary crops.

Keywords: Caatinga vegetation. SAVI. Land cover.

Resumen: La Caatinga, un bioma exclusivamente brasileño que abarca varios estados del noreste del país, viene sufriendo numerosos cambios ambientales, principalmente en lo que respecta a su cobertura vegetal y al uso y ocupación del suelo. en consecuencia, ha sido ampliamente discutido el estudio de la dinámica de la vegetación y el conocimiento de sus diferentes tipos de uso. En este sentido, la teledetección, junto con los índices de vegetación, se presenta como un instrumento muy eficaz para comprender la cobertura vegetal y analizar su uso y ocupación. El objetivo general de este trabajo es analizar la dinámica temporal y espacial de la cobertura vegetal en la microrregión de Umarizal, así como el conocimiento de los principales tipos de uso y ocupación. Los procedimientos metodológicos utilizados fueron: imágenes satelitales de la serie Landsat, específicamente Landsat 5, Landsat 8 y Landsat 9, tanto para el periodo seco como para el lluvioso de los años 2000, 2007, 2014, 2017 y 2022. Para el análisis de la vegetación se utilizó el Se utilizó el siguiente índice: SAVI. Se utilizó el software de código abierto QGIS versión 3.28.3 "Firenze" utilizando el complemento de clasificación supervisada (SCP) para crear mapas de cobertura vegetal. Para estudiar los tipos de uso y ocupación del suelo se obtuvieron datos de la página web MapBioma 7.1. Luego de los análisis se puede observar que los valores de SAVI fueron mayores en la temporada de lluvias, el año 2017 se destacó por su baja actividad fotosintética en ambos periodos, debido a los bajos niveles de precipitación presentados en el año en todos los municipios del microrregión. En cuanto al uso y ocupación, se destacó que en la microrregión los principales tipos de uso se refieren a la formación forestal (formación de sabana), compuesta por formación vegetal arbórea-arbustiva de bosque caducifolio seguida de la agricultura, formada principalmente por cultivos temporales.

Palabras clave: vegetación de Caatinga; SAVI; cobertura terrestre

INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira é representada por uma vegetação com características morfológicas e adaptativas únicas. Dentre as regiões do Brasil, o Nordeste corresponde à uma área de 1.548.672 km² e cerca de 844.453 km² desta representa o bioma Caatinga, atingindo 86% do semiárido (Dias et al., 2018). A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, que recobre vários estados do Nordeste do Brasil.

O uso da terra, muitas vezes desordenado, acaba gerando um desequilíbrio ecológico e ambiental, trazendo assim muitas consequências ambientais. Verificada a necessidade de mudanças importantes neste cenário os ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável mostram-se como estratégias importantes na mudança desse cenário (Brasil, 2021). Dos 17 objetivos, serão destacados os ODS 13 (combate às mudanças climáticas) e ODS 15 (vida dos ecossistemas terrestres). Tendo em vista que as mudanças climáticas representam uma grande ameaça para o bioma Caatinga, o ODS 13 se concentra em traçar metas para diminuir os problemas causados pelas mudanças climáticas (Brasil, 2021). O ODS 15 se apresenta como um forte aliado para proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, com a finalidade de reverter a degradação da terra (Organização das Nações Unidas [ONU], 2015).

Para que esses objetivos sejam alcançados, o estudo da dinâmica temporal por sensoriamento remoto vem sendo amplamente proposto, pois possibilita a análise da vegetação, da água e do solo, além de identificar as áreas degradadas e as mudanças ocorridas em escalas de tempo diferentes (Macedo et al., 2020; Pereira et al., 2022; Castro & Silva, 2020).

Uma das técnicas utilizadas no processamento remoto de imagens emprega os índices de vegetação, que tornam possível observar as respostas e a resistência da vegetação mesmo em períodos sem chuva (Rigoldi, Sousa & Caraminan, 2020; Silva et al., 2021). Alguns índices que se destacam para a região do semiárido são o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo - NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse et al., 1973) e SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) proposto por Huete (1988). O índice SAVI auxilia na diminuição dos efeitos do solo sobre a resposta da vegetação (Silva, Silva & Silva, 2016), demonstrando ser bastante eficaz quanto a sua estimativa da cobertura vegetal da Caatinga (Diodato et al., 2021). Para este estudo aborda-se a microrregião de Umarizal, um ambiente inserido na região do semiárido no estado do Rio Grande do Norte, com o objetivo de analisar a dinâmica da cobertura vegetal nos últimos 20 anos, seus diferentes tipos de uso e ocupação da terra e a sua taxa de desmatamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

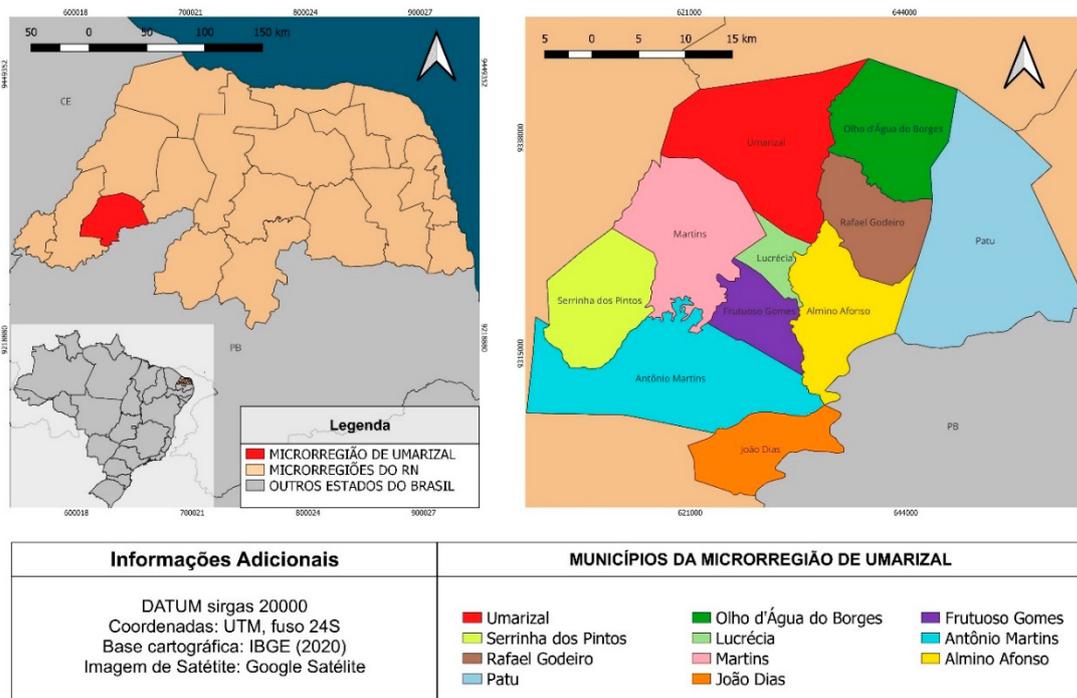
Localização e caracterização da área de estudo

A microrregião de Umarizal, com uma área de 1.621 km² está localizada no interior do Rio Grande do Norte, na mesorregião do Oeste Potiguar (Figura 1). A área compreende, além de Umarizal, os municípios circunvizinhos de Olho D'Água do Borges, Frutuoso

Gomes, Lucrécia, Almino Afonso, Rafael Godeiro, João Dias, Patu, Martins, Serrinha dos Pintos e Antônio Martins (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2019). A microrregião compreende uma população estimada em 61.714 habitantes, distribuídos nos 11 municípios (IBGE, 2019).

Essa região se insere integralmente no bioma Caatinga, numa região conhecida como depressão sertaneja - uma vasta superfície rebaixada que é, em geral, pouco movimentada, típica do semiárido, na qual por vezes, emergem serras e serrotes de forma esparsa (Araújo Filho, 2011). Apresenta uma precipitação anual entre 200 e 400 mm, onde o período chuvoso ocorre nos meses de fevereiro a maio e os meses de agosto a outubro correspondem ao período seco (Melo et al., 2023).

Figura 1: mapa de localização da Microrregião de Umarizal, RN.



Fonte: IBGE (2020).

Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Para esta pesquisa foi utilizado o *software* de código aberto QGIS¹ 3.28.3 'Firenze', que possibilita o pré-processamento e o processamento das imagens de satélite, juntamente com todo o processo de organização, de geração e de interpretação dos dados (QGIS Development Team, 2022). As análises foram feitas em anos diferentes, de acordo com os períodos chuvosos e os secos, numa escala de tempo de aproximadamente 20 anos. Os intervalos entre as imagens não seguiram um padrão fixo devido a inexistência de imagens que atendessem aos requisitos presentes na pesquisa - os anos utilizados foram: 2000,

1 Disponível em https://QGIS.org/pt_BR/site/forusers/download.html.

2007, 2014, 2017 e 2022 (Quadro 1). As imagens correspondentes aos anos de 2000 e 2007 foram obtidas através do satélite Landsat 5², e as imagens que correspondem aos anos de 2014 e 2017 foram obtidas do satélite Landsat 8; as imagens do ano de 2022 foram obtidas do Landsat 9 (USGS³).

Quadro 1: tipo, ano, ponto e órbita das imagens de satélites

Data	IMAGEM ORBITAL	LANDSAT_PRODUCT_ID
2000 28-01-2000 10-10-2000	Landsat 5 - TM Orbita-Ponto (a) 216-064 (b) 215-064 (USGS EROS CENTER, 2000)	(a) LT05_L2SP_216064_20000128_20200907_02_T1 (b) LT05_L2SP_216064_20001010_20200906_02_T1
2007 04-05-2007 29-09-2007	Landsat 5 - TM Orbita-Ponto (a) 216-064 (b) 216-064 (USGS EROS CENTER, 2007)	(a) LT05_L2SP_216064_20070405_20200830_02_T1 (b) LT05_L2SP_216064_20070928_20200829_02_T1
2014 26-05-2014 28-09-2014	LANDSAT 8 OLI Orbita-Ponto (a) 216-064 (b) 216-064 (USGS EROS CENTER, 2014)	(a) LC08_L1TP_216064_20140526_20200911_02_T1 (b) LC08_L1TP_216064_20140915_20200910_02_T1
2017 02-05-2017 26-11-2017	LANDSAT 8 OLI Orbita-Ponto (a) 216-064 (b) 216-064 (USGS EROS CENTER, 2017)	(a) LC08_L2SP_216064_20170502_20200904_02_T1 (b) LC08_L2SP_216064_20171126_20200902_02_T1
2022 25-06-2022 31-10-2022	LANDSAT 9 OLI-2 Orbita-Ponto (a) 216-064 (b) 216-064 (USGS EROS CENTER, 2022)	(a) LC09_L2SP_216064_20220625_20220627_02_T1 (b) LC09_L2SP_216064_20221031_20221102_02_T1

Fonte: USGS (2023).

Procedimento para a análise dos mapas de índice SAVI

Para a análise da vegetação, foi utilizado o índice SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) (Huete, 1988).

O SAVI foi desenvolvido para minimizar o efeito do solo no seu valor final nas imagens de reflectância decimal, porém nas imagens de mili-reflectância, atualmente muito usadas, o L pode ser escolhido entre 0 e 1000. A imagem SAVI pode ser obtida a partir de uma constante L que melhora a discriminação de classes com densidades

-
- 2 O Landsat 5/TM conta com sete bandas divididas em bandas do visível (B1, B2 e B3), e as bandas do infravermelho (B5, B6 e B7). O Landsat 5 foi o primeiro satélite da série Landsat a ser lançado com o sensor TM (*Thematic Mapper*) e demonstrou melhor resolução espectral, de 30 metros das bandas B1 a B5, e uma resolução temporal de 16 dias entre cada imagem (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa], 2020). Disponível em <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
 - 3 O Landsat 8/ ETM possui 11 bandas, distribuídas em bandas do visível (B2, B3 e B4) e as bandas do infravermelho (B5, B6 e B7) e uma banda pancromática. O Landsat 8 possui uma resolução espectral de 30 metros em suas bandas B2 a B7 e uma resolução temporal de 16 dias entre cada imagem (Embrapa, 2020). O Landsat 9 possui as mesmas bandas que o Landsat 8 e um desenho bem semelhante ao seu antecessor, porém com várias melhorias, como a capacidade de diferenciar 16.000 tons de comprimentos de ondas (Mundogeo, 2021). Disponível em <https://earthexplorer.usgs.gov>

altas de vegetação - quanto maior o valor do L melhor a discriminação, embora haja diminuição da sensibilidade (Castro & Silva, 2020, p. 93).

E pode ser expresso pela equação 01:

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

Equação 01

NIR: Infravermelho próximo

R: Vermelho

L: Constante que minimiza o efeito do solo sobre a vegetação.

Para o processamento das imagens foi utilizado o *software* QGIS, versão 3.28; para os mapas do SAVI foi elaborada uma sequência de cores com 10 classes (Figura 2) em um gradiente de cores de -0,1 a 0,8, sendo utilizada como padrão em todos os mapas. Os índices de SAVI trabalham sobre a atividade fotossintética, portanto, quanto maior a atividade fotossintética maior o valor de SAVI, simbolizado pela cor verde (quanto mais intenso for o verde, maior a atividade fotossintética na região; Tabela 1).

Figura 2: paleta de cores usada para o índice SAVI.

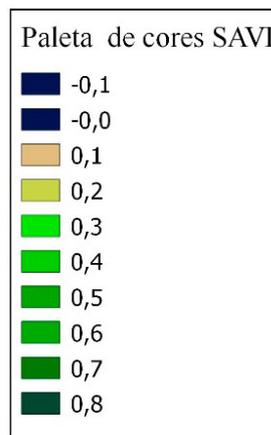


Tabela 1: valores e representação dos mapas de SAVI.

Valores	Representação
-0,1 - 1	Corpos d'água
0,1 - 0,3	Pouca/Nenhuma vegetação
0,3 - 0,5	Vegetação rala
0,6 - 0,8	Vegetação densa

Procedimento para a análise de uso e ocupação do solo

A análise do uso e da ocupação do solo foi baseada na coleção 7.1. do MapBiomias⁴ que apresenta três níveis de uso e de ocupação, desde o mais abrangente, sendo composto

⁴ Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR

por formação florestal, formação natural não florestal, agropecuária, áreas não vegetadas e corpos d'água geral; até as tipologias de vegetação e de cultivos.

Para a análise, foram consideradas as classes de nível 1 (formação florestal, agropecuária, formação não florestal, área não florestada e água) com dados dos anos 2000, 2007, 2014 e 2021 - os mesmos anos usados para os dados do índice SAVI, exceto 2021.

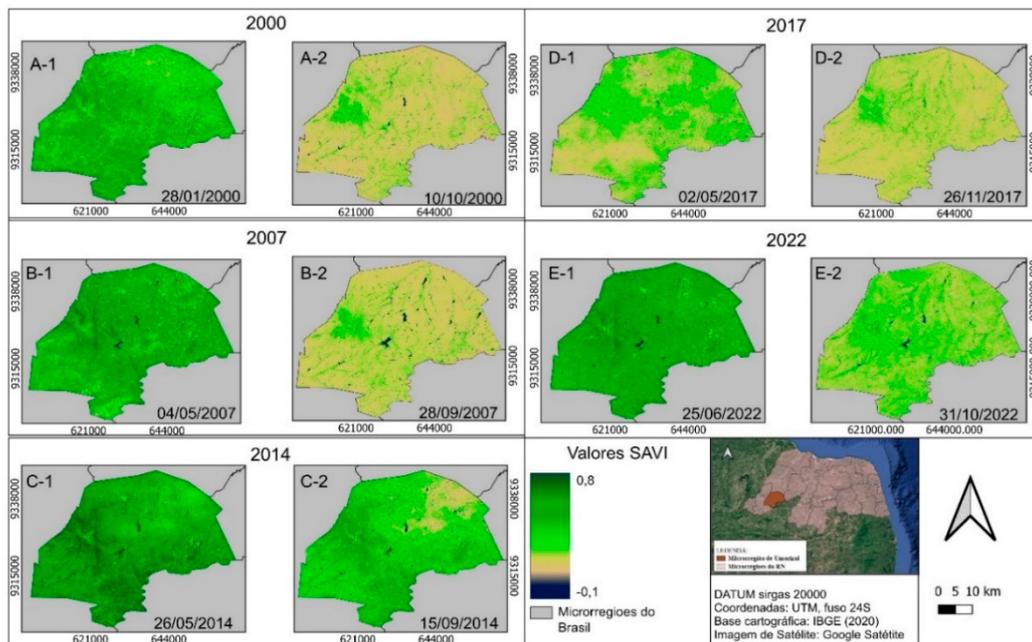
Desmatamento anual da microrregião de Umarizal

Os dados referentes ao desmatamento do bioma Caatinga estão disponíveis para os anos de 2004 até 2022, assim como as taxas de desmatamento acumuladas até o ano de 2000 na página do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)⁵, unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), dentro do *Programa de Monitoramento do Desmatamento por Satélite* (PRODES) (Terrabrasilis, 2022⁶).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos índices de SAVI mostraram que a maior atividade fotossintética pode ser observada no período chuvoso, em todos os anos estudados (Figura 3). Ao se analisar a cobertura vegetal na região do semiárido é de extrema importância observar os dados de precipitação (Tabela 2), uma vez que eles estão intrinsecamente relacionados ao aumento e desenvolvimento da atividade fotossintética da vegetação de Caatinga, que perde as folhas durante a fase de baixa precipitação (Fernandes & Queiroz, (2018).

Figura 3: cartogramas do Índice SAVI para os anos de 2000, 2007, 2014, 2017 e 2022.



5 Disponível em <https://www.gov.br/inpe/pt-br>

6 Disponível em <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>

Tabela 2: lista da precipitação em milímetros anuais dos períodos chuvosos e secos da Microrregião de Umarizal, nos anos correspondentes a pesquisa, 2000, 2007, 2014, 2017 e 2022. (X simboliza a inexistência de dados em determinado ano).

Municípios / microrregião	2000		2007		2014		2017		2022	
	Período chuvoso	Período seco								
Almino Afonso	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Antônio Martins	863.3	88.5	564.5	26.2	473.2	23	X	X	550.1	13
Frutuoso Gomes	X	X	861.5	0.0	791.0	33	531.5	25.5	X	X
João Dias	1254.8	35	X	X	X	X	221	50	X	X
Lucrécia	1059.6	115.5	819.9	3.7	630.7	40.5	603.1	22.4	934.4	135.2
Martins	1200.6	188.4	991.8	32.7	883.6	10.2	871.5	60.8	1248.8	307.9
Olho D'água Do Borges	619.5	153.7	579.9	X	464.7	18.8	604.8	X	925.5	180.1
Patu	777	175	779.8	6	562.6	86.2	467.6	33	778.4	183.8
Rafael Godeiro	X	X	703	12.5	X	X	433.1	52.9	812.8	102.5
Serrinha Dos Pintos	X	X	718.4	2.2	596	9	432.2	X	966.7	188.6
Umarizal	581.8	179	462.7	13.1	701.2	45.2	652.2	31	887.3	178.1

Fonte: EMPARN (2022).

O ano de 2000 apresentou uma maior atividade fotossintética no período chuvoso, como se pode observar na figura 3, onde há muitas áreas com valores de 0,5 chegando a 0,7. O mapa A-2, por exemplo, mostra o SAVI de 2000 no período seco, onde a maior parte das áreas aparece sem vegetação ou com vegetação pouco aparente.

Assim como o ano de 2000, o de 2007 mostra uma maior atividade fotossintética no período chuvoso, como pode ser visto no mapa B-1 do ano de 2007, onde aparecem muitas áreas com valores entre 0,5 e 0,8, indicando assim uma alta densidade de vegetação. No período seco, exibido no mapa B-2 da figura 4, a maior da região se encontra sem vegetação, com valores entre 0,3 e 0,6, e alguns corpos de água, ostentando valores de -0,1 a 0.

Os valores SAVI para o ano de 2014 têm uma alta atividade fotossintética em ambos os períodos, sendo mais acentuado no período chuvoso mostrado no mapa C-1 da figura 3, no qual pode-se observar grandes áreas com valores que chegam a 0,8, caracterizando assim uma área de níveis de clorofila intensa. No período seco, no mapa C-2 pode-se observar muitas regiões com atividades fotossintéticas que podem chegar até a aproximadamente 0,7, o que de acordo com a legenda caracteriza um nível de vegetação densa. Ainda no período seco C-2, são visíveis algumas regiões com pouca ou nenhuma vegetação.

Os valores de SAVI para o ano de 2017 apresentam uma baixa atividade fotossintética, tanto para o período chuvoso quanto para o período seco. É possível observar no mapa do período chuvoso D-1 valores baixos de vegetação, muitas áreas de solo exposto e algumas áreas de vegetação rala com valores de 0,3 a 0,5. No período seco D-2, identifica-se em algumas áreas uma vegetação bem rala e espaçada, aparecendo em sua maior parte o solo exposto.

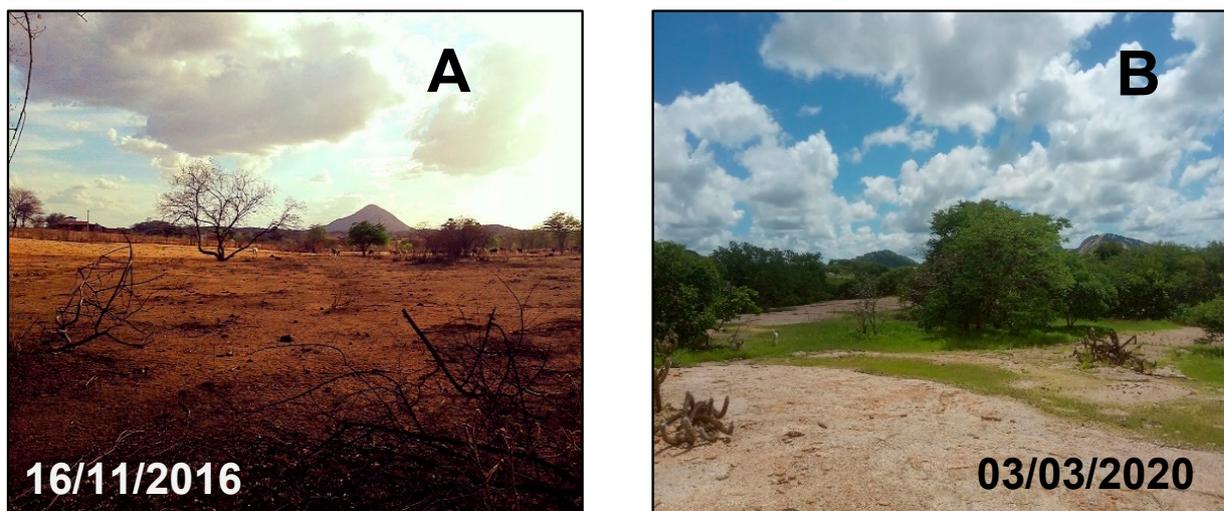
O índice SAVI no ano de 2022 trouxe uma boa dinâmica na vegetação, principalmente no período chuvoso apresentado no mapa E-1 da figura 3, no qual os valores correspondentes

à vegetação densa de 0,8 aparecem em quase todas as regiões da microrregião. Tem-se, também, alguns corpos d'água representados pela cor azul, por valores entre -0,1 a 0 e nenhuma região sem atividade fotossintética, ou seja, de solo exposto. No período seco no mapa E-2, também pode-se observar pontos com atividade fotossintética, alcançando valores de aproximadamente 0,7, estando entre uma vegetação rala a quase densa.

O ano de 2017, dentre todos os anos, destacou-se pela baixa atividade fotossintética em ambos os períodos, o que se deve à baixa precipitação ocorrida durante o ano. Silva et al. (2021) e Silva et al. (2019a) relatam a grande variabilidade pluviométrica no semiárido brasileiro e as mudanças ambientais sofridas pela Caatinga devidas à sua vulnerabilidade hídrica. Os anos de 2000, 2007 e 2022 apresentam grandes áreas vegetadas, principalmente no período chuvoso. Nos períodos secos, as taxas de vegetação permanecem baixas, relacionadas a pouca ou nenhuma vegetação, exceto em regiões próximas a corpos de água, com vegetação de nível médio.

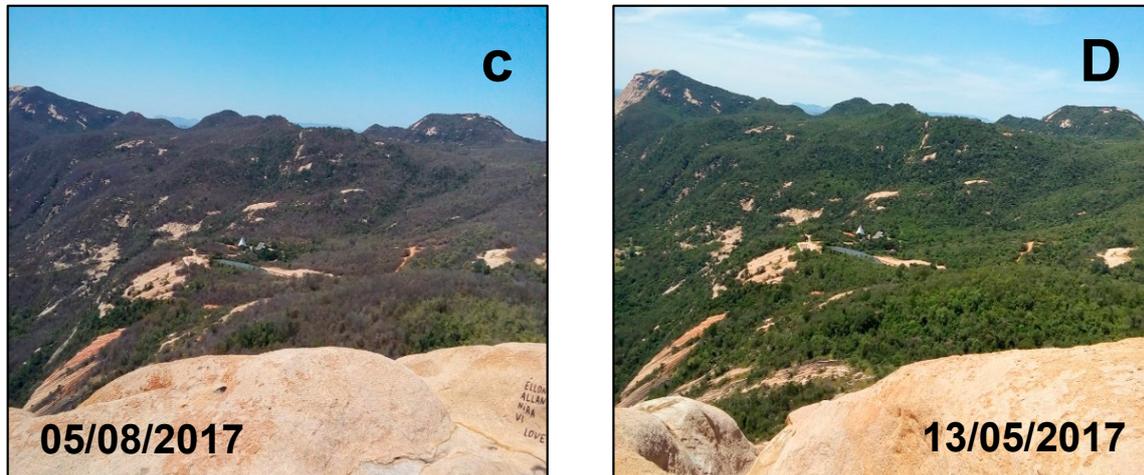
A dinâmica da vegetação da Caatinga pode ser vista nas figuras 4, 5 e 6, onde observa-se as adaptações da vegetação aos períodos secos e chuvosos. Deve-se levar em consideração as características da região quando se fala em índice de vegetação, pois a perda das folhas de plantas deste bioma muitas vezes pode ser interpretada de forma errônea, dando a impressão de estar atravessando um processo de desertificação, quando então as folhas rebrotam no período chuvoso (Guedes, 2016; Demarletaere et al., 2022).

Figura 4: município de Olho D'água do Borges nos períodos seco (A) e chuvoso (B).



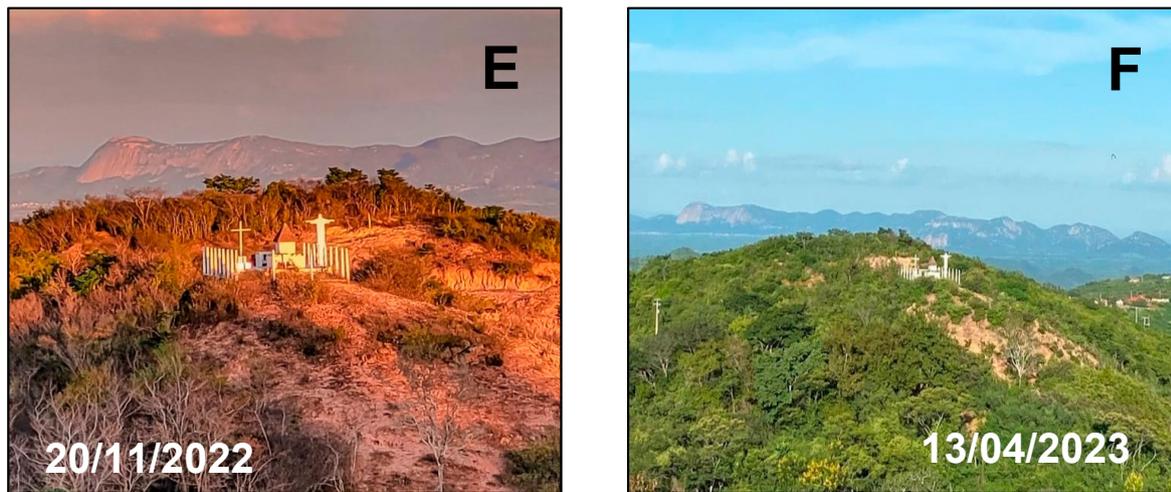
Fonte: Islan Nunes.

Figura 5: município de Patu nos períodos seco (C) e chuvoso (D).



Fonte: Tállisson Melo.

Figura 6: município de Martins nos períodos seco (E) e chuvoso (F).



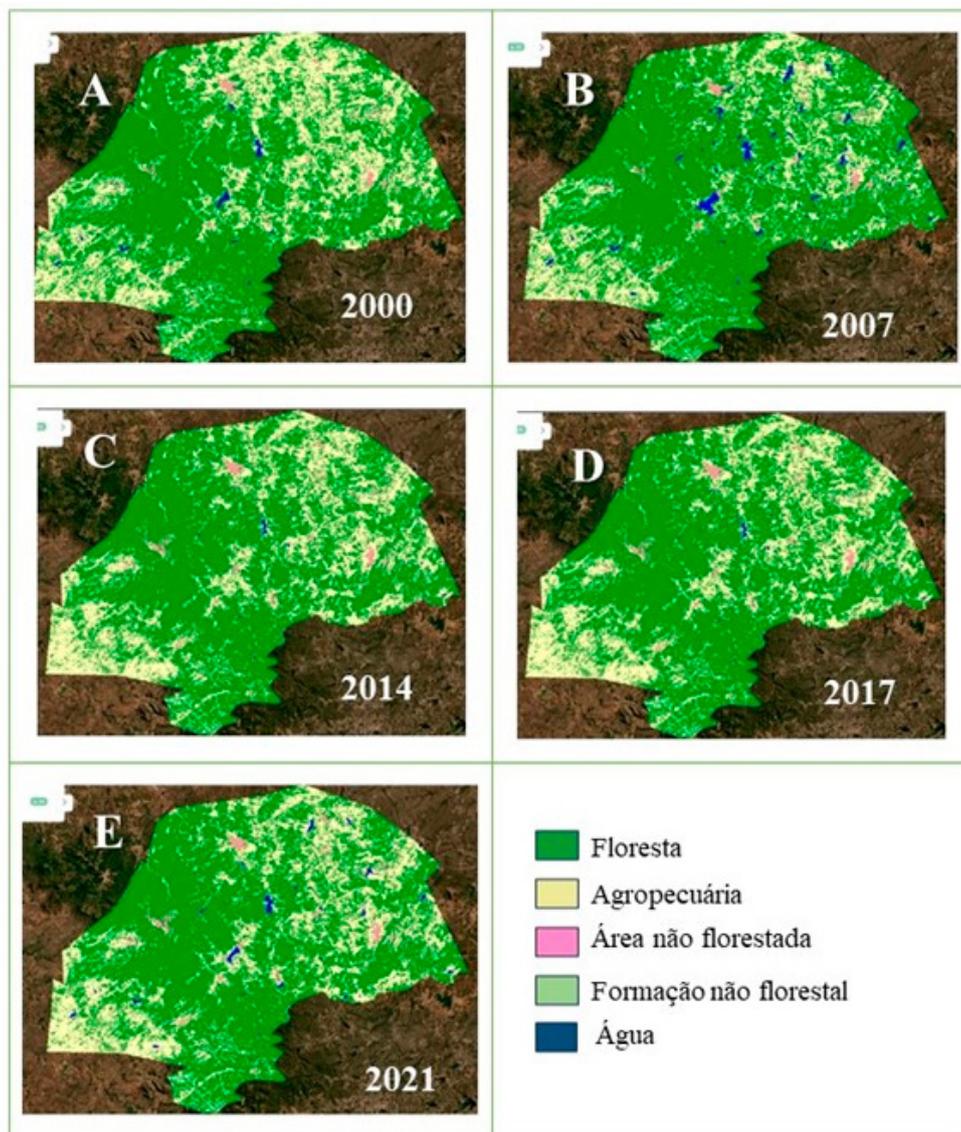
Fonte:@martinsrn.

Análise do uso e ocupação do solo (classes de nível 1) na Microrregião de Umarizal.

Os gráficos trazem a soma total dos tipos de uso e ocupação dos municípios que formam a microrregião de Umarizal, assim como a sua distribuição. A figura 7 representa as classes de nível 1 do Mapbiomas, compreendendo todos os municípios da microrregião aqui considerada.

Com base nos mapas e nos gráficos apresentados adiante, a classe que predomina é a formação de floresta (Caatinga), geralmente caracterizada como estacional e decidual. A formação não florestal é constituída por herbáceas, geralmente localizadas próximas a cursos de água. A agropecuária na microrregião é representada geralmente por pastagem e por agricultura temporária, como o milho e feijão. Os corpos de água são geralmente rios e reservatórios artificiais, como lagos e açudes.

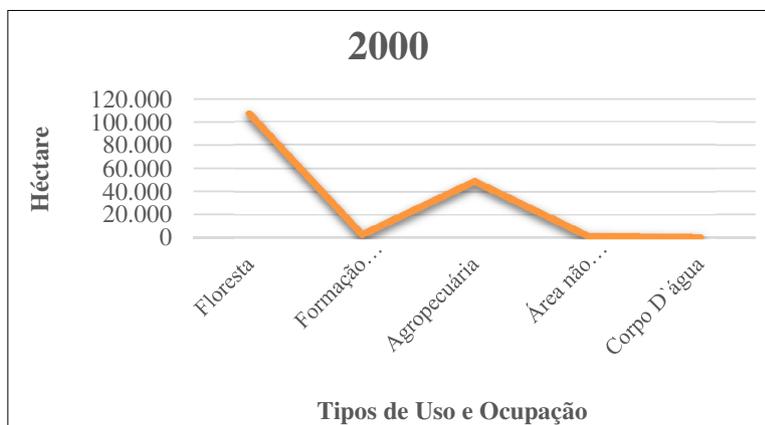
Figura 7: uso e ocupação com classes de nível 1.



Fonte: Mapbiomas (2023).

No gráfico 1 e figura 7A observa-se que a maior parte do uso e ocupação da microrregião de Umarizal, no ano 2000, foi representado pela classe floresta, totalizando 107.432 ha (66,27%). Na sequência vem a classe agropecuária com 48.907 ha (30,17%), seguida da classe formação não florestal, com aproximadamente 1,82%, e da classe não vegetada, com 1,25%. A classe corpos d'água representou cerca de 0,48% da área total da microrregião.

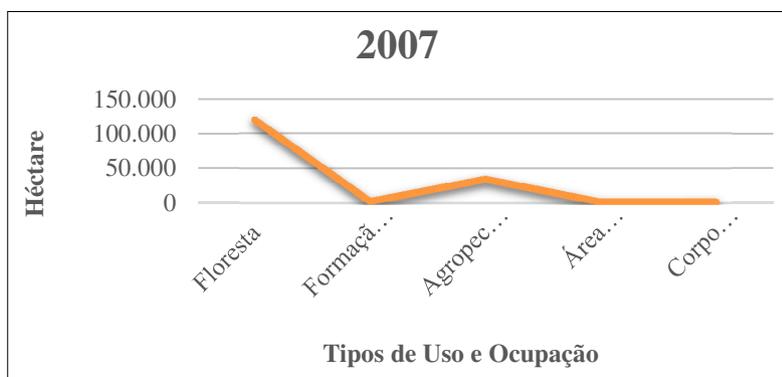
Gráfico 1: dados de Uso e Ocupação do ano de 2000.



Fonte: MapBiomas (2023).

No gráfico 2 e na figura 7B (2007), a formação de floresta compreende a maior parte do uso e o de ocupação, distribuindo-se em 119.729 ha (73,85%), enquanto a agropecuária compreende 34.854 ha (21,50%). Para este ano de 2007, os corpos d'água ocuparam 1,49% da microrregião e as áreas não vegetadas 1,49%, enquanto as formações naturais não florestais 1,35%.

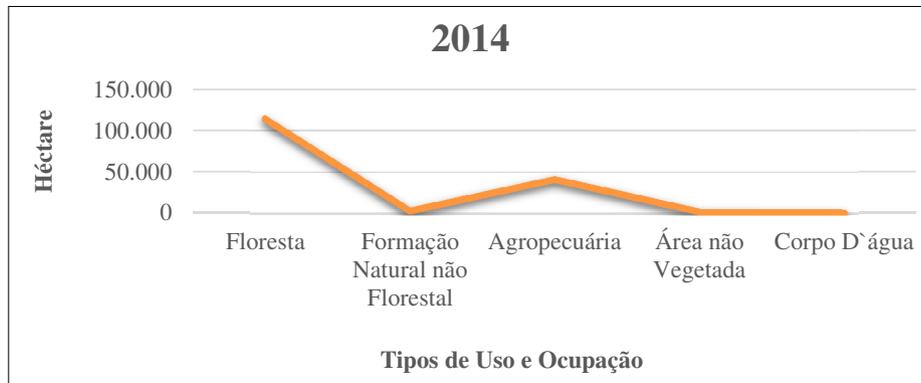
Gráfico 2: dados de Uso e Ocupação do ano de 2007.



Fonte: MapBiomas (2023).

Os dados do ano de 2014 estão apresentados no gráfico 3 e figura 7C, mostrando os percentuais de uso e da ocupação da microrregião, nos quais as florestas apresentam um percentual de 70,57% (114.403 ha), com a agropecuária somando 25,57% (42.457 ha). A área não florestada e formação não natural correspondem a 1,34% e 2,04% respectivamente, e os corpos de água nesses anos representaram 774 ha (0,48%) do uso do solo.

Gráfico 3: dados de Uso e Ocupação do ano de 2014.



Fonte: MapBiomias (2023).

O gráfico 4 e figura 7D representa os valores das classes de uso e da ocupação do ano de 2017, no qual se pode observar que a floresta utiliza uma área de 110.971 ha (68,45%) e a agropecuária corresponde a 45.232 ha (27,90%). As áreas não vegetadas e as de formação não florestal compreendem uma porcentagem de 1,70% e 1,90%. O ano de 2017 obteve o menor percentual de uso e de ocupação por corpos de água, apenas 0,25%.

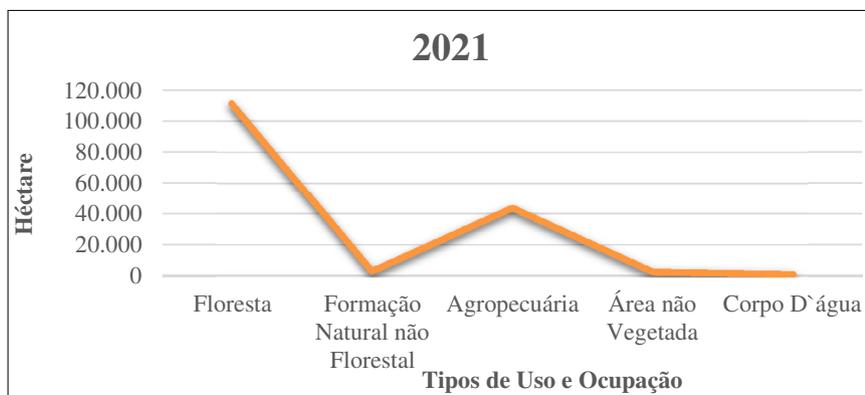
Gráfico 4: dados de Uso e Ocupação do ano de 2017.



Fonte: MapBiomias (2023).

O gráfico 5 e figura 7E mostra os dados para o ano de 2021, nos quais mais uma vez as florestas ocupam a maior parte do uso e da ocupação do solo, compreendendo 111.440 ha (68,74%), seguidas pela agropecuária com 43.876 ha (27,07%). As áreas de formação natural não florestal e as áreas não vegetadas ocupam um percentual de 1,82% e 1,63% respectivamente.

Gráfico 5: dados de Uso e Ocupação do ano de 2021.



Fonte: MapBiomias (2023).

Em todos os anos a formação de floresta se destaca com a maior porcentagem de uso e de ocupação na microrregião, ainda que o bioma da Caatinga esteja situado em um ambiente propício à desertificação, como relatam Pinheiro et al. (2020), a formação florestal está presente em grandes áreas.

Outra área que ficou em destaque na microrregião foi a agropecuária, que compreende as áreas de agricultura (cultura temporária) e pastagem. É possível observar que durante os anos ela aumentou sua porcentagem de uso e de ocupação, e isso pode influenciar diretamente na formação da floresta natural da região. Como destacam Farias, Silva, Barros e Pereira (2022), à medida que a agropecuária cresce e diminui, há influência direta na dinâmica da vegetação nativa de Caatinga na região.

Análise do desmatamento anual da microrregião de Umarizal

Na Tabela 3 é apresentado um demonstrativo do desmatamento anual dos municípios da microrregião de Umarizal. O maior e o menor valor do desmatamento acumulados até o ano de 2000 correspondem aos municípios de Patu (112,66 km²) e de Lucrecia (16,45 km²), respectivamente.

Tabela 3: desmatamento anual, em km², dos municípios da microrregião de Umarizal.

Município	Ano															TOTAL
	Até 2000	2004	2006	2008	2010	2011	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Amino Afonso	61,83	16,03	0,86	0,64	0,91	0,17	0,74	0,12	1,34	0,31	0,52	0,28	0,25	0,20	0,14	84,34
Antonio Martins	67,89	30,14	2,54	1,55	3,37	0,79	2,32	0,69	5,27	0,40	0,50	0,18	0,33	0,44	0,72	117,14
Frutuoso Gomes	30,66	6,07	0,41	0,20	0,32	0,13	0,24	0,10	1,32	0,11	0,03	0,01	0,01	0,07	0,00	39,67
João Dias	27,27	5,52	0,42	0,06	0,36	0,11	0,52	0,01	0,96	0,04	0,08	0,00	0,02	0,01	0,00	35,36
Lucrecia	16,45	4,20	0,16	0,00	0,35	0,07	0,38	0,10	0,39	0,07	0,05	0,00	0,01	0,03	0,00	22,26
Martins	58,71	11,85	1,73	1,10	0,92	0,27	1,85	0,41	2,54	0,18	0,76	0,24	0,25	0,19	0,11	81,12
Olho d'gua dos Borges	60,55	35,51	0,57	0,74	1,21	0,24	2,59	0,52	0,89	0,17	0,26	0,46	0,15	0,09	0,30	104,23
Patu	112,66	47,57	0,78	1,63	2,30	0,78	2,59	0,61	1,38	0,35	0,61	0,85	0,15	1,14	1,51	174,89

continua

continua

Município	Ano															TOTAL
	Até 2000	2004	2006	2008	2010	2011	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Rafael Godeiro	71,54	22,55	0,41	0,52	0,39	0,14	0,53	0,16	0,82	0,00	0,21	0,18	0,15	0,03	0,06	97,69
Serrinha dos Pintos	41,01	13,25	0,35	0,51	0,59	0,25	0,54	0,05	1,20	0,00	0,06	0,47	0,18	0,05	0,02	58,53
Umarizal	86,48	33,00	1,22	0,56	1,38	0,48	2,04	0,56	1,76	0,27	0,21	0,27	0,25	0,19	0,36	129,04
TOTAL	635,05	225,69	9,43	7,51	12,11	3,42	14,34	3,33	17,87	1,89	3,28	2,94	1,76	2,45	3,21	944,27

Quanto ao período levantado, sem considerar o acumulado até 2000, o ano de 2004 é o de maior desmatamento na região (225,69 km²), e o menor é o ano de 2020 (1,76 km²) (Gráfico 6). Quando é considerado o desmatamento total, o destaque é o município de Patu (174,89 km²), seguido de Umarizal (129,04 km²), Antônio Martins (117,14 km²) e Olho d’Água do Borges (104,23 km²) (Gráfico 7).

Gráfico 6: desmatamento anual, em km², dos municípios da microrregião de Umarizal.

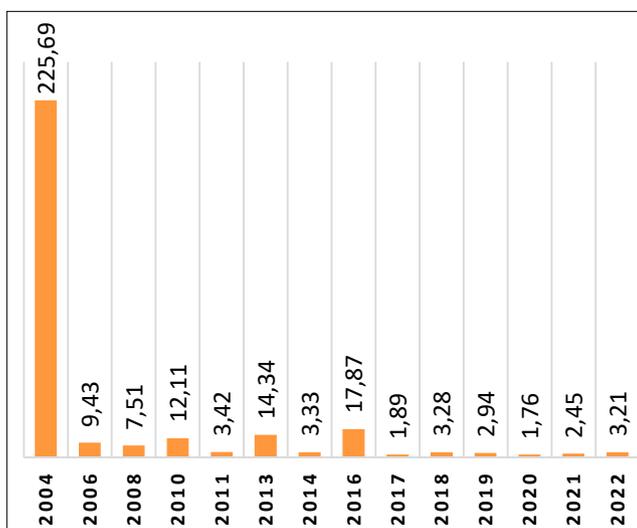
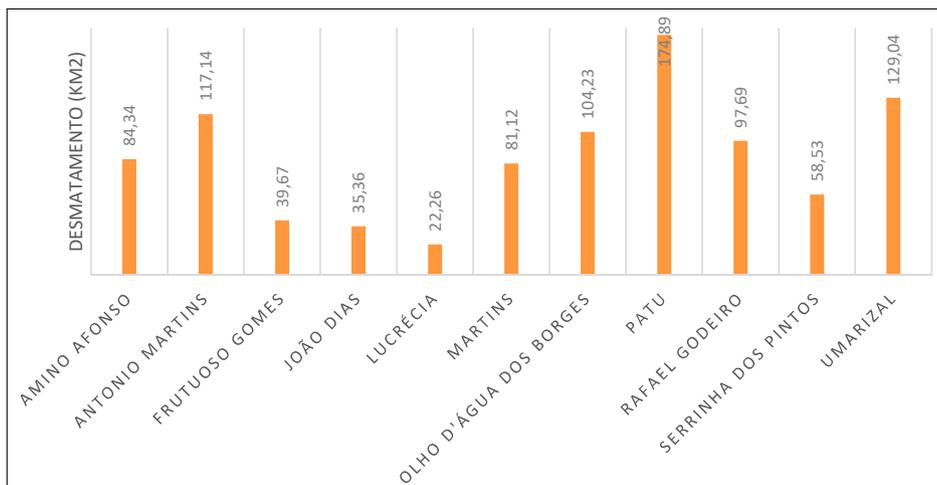
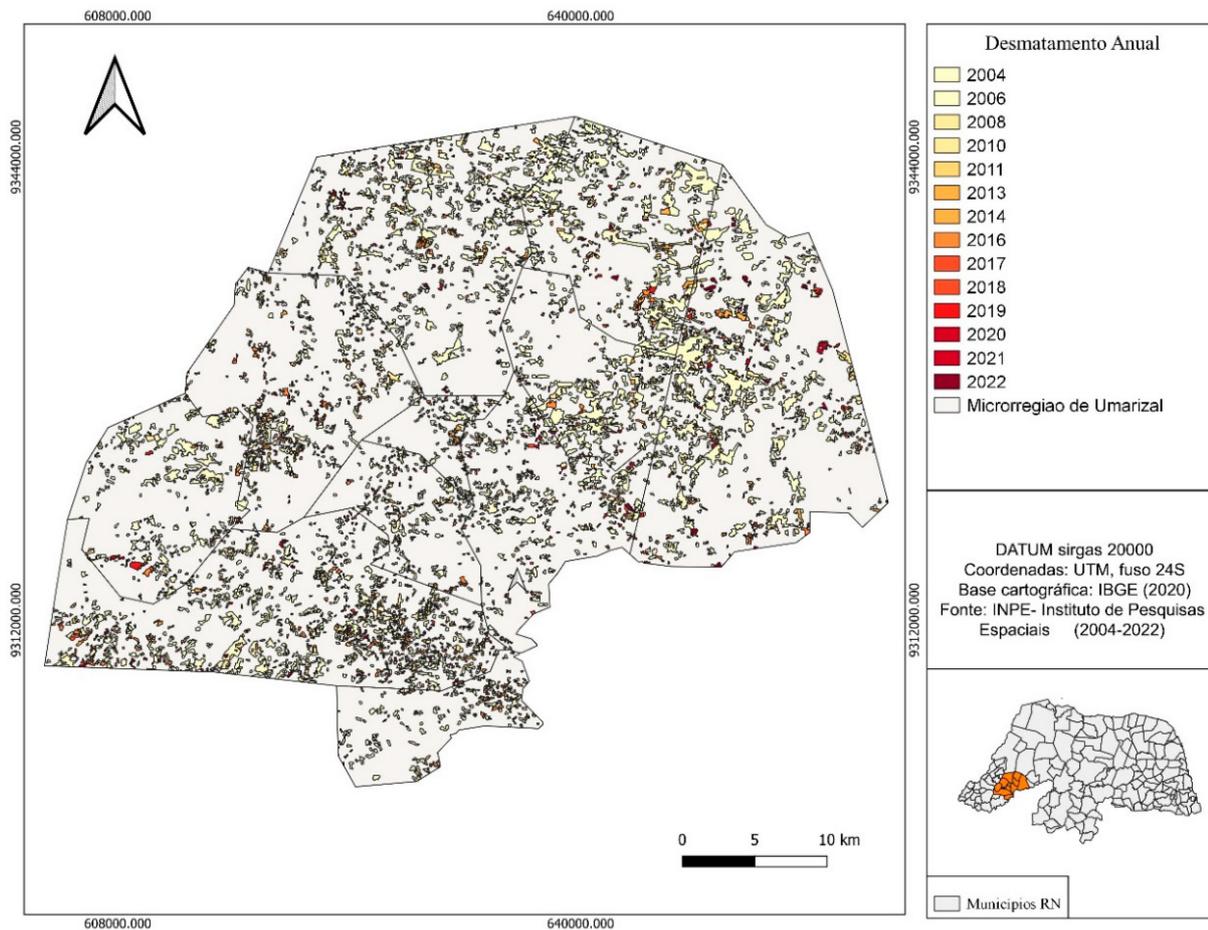


Gráfico 7: desmatamento total, em km², dos municípios da microrregião de Umarizal.



De acordo com Clemente, Soares e Souza (2017), a agricultura é um dos principais causadores do desmatamento na Caatinga no município de Patu. Os autores destacam ainda que a maior parte do desmatamento na região é proveniente da agricultura ou de sua irregularidade. A monocultura é um dos problemas que mais afetam o bioma Caatinga, pois nesse tipo de atividade são utilizadas queimadas como forma de limpeza, as quais acabam por retirar a camada de vegetação nativa e acelerando o desmatamento (Silva et al., 2021).

Figura 8: mapa de Desmatamento da Microrregião de Umarizal.



Fonte: TERRABRASILIS (2004-2022)⁷.

Pode-se observar que os níveis de desmatamento no bioma Caatinga vêm diminuindo de forma significativa (Figura 8), com os anos de 2018 a 2022 alcançando os menores níveis na região. Em trabalhos feitos em outro estado brasileiro do bioma Caatinga, foi observado um aumento significativo em vegetação nativa em 2018 (Silva et al., 2019b). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2022), o bioma Caatinga está relacionado à *Convenção de Combate à Desertificação* e à *Convenção de Mudanças Climáticas*. O bioma Caatinga possui

⁷ Disponível em <http://terrabilis.dpi.inpe.br/>

232 UCs (Medeiros, 2023), uma estratégia apontada por Araripe et al. (2020) como eficaz para a proteção de áreas florestais, com minimização da degradação.

CONCLUSÕES

Sabendo da grande biodiversidade existente no bioma Caatinga, nota-se a importância da criação de novos métodos de preservação do Bioma, como a criação de UCs (Unidades de Conservação) na microrregião, assim como também a restauração de áreas degradadas, como no município de Patu, no qual se mostrou como um dos municípios que mais sofreram com o desmatamento ao longo dos anos estudados.

Pode-se verificar que os mapas do índice SAVI demonstraram, em todos os anos estudados, que a maior cobertura vegetal se deu no período chuvoso, no qual a vegetação da Caatinga é naturalmente mais densa. Nos períodos chuvosos, os valores de SAVI foram bastante elevados em muitas regiões, principalmente nos anos de 2014 e 2022. Os dados obtidos estão relacionados à atividade pluviométrica da região da Caatinga. Nos anos em que os valores de SAVI estavam mais elevados, mostrou-se também uma maior taxa pluviométrica. As características adaptativas da Caatinga podem interferir no índice de SAVI, pois ele trabalha sobre a atividade fotossintética da região.

Além disso, a utilização do geoprocessamento e do sensoriamento remoto se mostraram um instrumento de grande valia para compreensão do uso e da ocupação, permitindo avaliar quais os tipos de uso sem a necessidade de ir até o local. Com o uso de Mapbiomas é possível conhecer os tipos de uso e da ocupação de uma região, analisar os tipos de uso e, ainda, compreender os estágios e os avanços desses usos e os impactos para as florestas nativas, além do crescimento das áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

- Araripe, F. A. D. A. L., Camacho, R. G. V., Costa, S. D. F., Soares, I. A., ... & Aloufa, M. A. I. (2020). Análise de componente principal do RAPPAM em Unidades de Conservação de Caatinga na Depressão Sertaneja Setentrional, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 68121-68138.
- Araújo Filho, C.J. (2011). *Relação Solo e paisagem no bioma caatinga*. Recife: EMBRAPA.
- Brasil (2021). *AGENDA 2030: os 17 objetivos do Desenvolvimento Sustentável*. Plataforma Agenda 2030. Disponível em: < <http://www.agenda2030.com.br/>>.
- Castro, G.L.B., & Silva, S.J. (2020). Análise de índices de vegetação para classificação de áreas potenciais de ocorrência de *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng. *Revista Georaguai*, 10(2), 86-101.
- Clemente, M.I.B., Soares, I.A, & Souza, A.C.M. (2017). Percepção de agricultores sobre as consequências do desmatamento em áreas rurais numa região serrana do semiárido nordestino. *Revista Geotemas*, 7(1), 50-70.
- Demarletaere, A.C.F. et al. (2022). Revisão bibliográfica: impactos em áreas nativas da caatinga causadas pelas atividades econômicas e as técnicas de reflorestamento. *Brazilian Journal of Development*, 8(4), 25285-25306.
- Dias, S.N.U. et al. (2018). O componente arbustivo arbóreo em área de depressão sertaneja meridional em Petrolina, PE. *Pesquisa Florestal Brasileiro (PFB)*, v. 38, p. 1-11, Minas Gerais,

- Diodato, A.M., Grigio, M.A., Santos, S.P.J, Silva, F.E.K.E, & Vale, S.K.W. (2021). Cobertura vegetal na bacia do rio Apodi-Mossoró. In R.G. Carvalho (Org.). *Rio Apodi-Mossoró: Meio ambiente e planejamento*. (pp. 79-92). Mossoró: Ed. UERN. Disponível em <https://portal.uern.br/eduern/wp-content/uploads/sites/14/2023/07/E-book-Rio-Apodi-Mossoro-meio-ambiente-e-planejamento.pdf>
- ENPARN. Relatório Pluviométrico. Disponível em: <<https://meteorologia.emparn.rn.gov.br/relatorios/relatorios-pluviometricos?tipo=acumuladaCorrente>> Acesso em: 01 de outubro de 2024.
- EMBRAPA. Satélite de monitoramento. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>>. Acesso em: 12 de Dezembro 2021.
- Farias, E.S.B., Silva, M.T., Barros, L.S., & Pereira, J.D.A (2022). Análise multitemporal das alterações ambientais do bioma caatinga no município de Camalaú (PB). *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, 13(4), 314-324.
- Fernandes, M.F., & Queiroz, L.P. (2018). Vegetação e flora da caatinga. *Ciência e cultura*, 70(4), 51-56.
- Guedes, C.F. J (2016). *Comparação de índices de vegetação no mapeamento da cobertura da terra no semiárido: estudo de caso no Município de Martins/RN*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (PPGe), Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Natal. 2016.
- Huete, A.R. (1988). A soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing Environ.*, 295-309.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE., 2019. *Malhas digitais*. Disponível em: < <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais> >. Acesso: 15 jul. 2020.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE., 2019. *Panoramas*. Disponível: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/umarizal/panorama> > Acesso: 20 de fev. 2024.
- MAPBIOMAS. *Coleção v 7.0 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil*. 2023. Disponível em: < https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR >. Acesso em: 07 Jun. 2023.
- Macedo, C.E.D.S., Alencar, C.M.S.D., Stefanutti, R., & Oliveira, U.C.D. (2020). Detecção da variação de cobertura vegetal a partir da estimativa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Unidade de Conservação do Parque Estadual das Carnaúbas-CE com utilização de técnicas do sensoriamento remoto. *Anuario do Instituto de Geociências*, 43(2),477-485.
- Melo, M.H.B. et al. (2023). Análise das projeções de precipitação no semiárido do Rio Grande do Norte-Experimentos Rcp 4.5 E Rcp 6.0. *Revista Científica Multidisciplinar*, 4(4), e442964.
- Medeiros, B.D. (2023). *Unidades de Conservação da Caatinga (UCs): importância e potencial turístico*. Pós-graduação em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido, Instituto Federal de Educação e Tecnologia da Paraíba-UFPB, Picuí, Paraíba.
- Mundogeo (2021). *NASA e USGS disponibilizam as primeiras imagens do satélite Landsat 9*. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2021/11/08/nasa-e-usgs-disponibilizam-as-primeiras-imagens-do-satelite-landsat9/>>.
- MMM. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (2022). *Caatinga*. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/ecossistemas/ecossistemas/biomas/caatinga>> Acesso em: 10 de outubro de 2023.
- Organização das Nações Unidas. ONU (2015). *Objetivos do desenvolvimento sustentável*. Disponível em:< <https://brasil.un.org/index.php/pt-br/sdgs>>.
- Pereira, J.D.A. et al. (2022). Análise espaço-temporal das transformações ambientais do município de Sousa (PB). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 13(4), 340-348.
- Pinheiro, K.R., Alves, E. R., Alves, M. V., & Galvíncio, J.D. (2020). Impacto da precipitação e do uso e ocupação do solo na cobertura vegetal na caatinga. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 5(2), 221-231.
- QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System*. Versão 3.28.3 'Firenze'2022. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>

Rigoldi, K.C., Sousa, P.J., & Caraminan, Le M. (2020). Análise da vegetação de 2008 e 2018 do município de Sarandi: aplicação do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI). *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 16(6), 57-86.

Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1973). Monitorando Sistemas de Vegetação nas Grandes Planícies com ERTS (Satélite de Tecnologia de Recursos Terrestres). Simpósio de Satélites de Tecnologia de Recursos Terrestres, Greenbelt, 3, 1973. *Anais ...* SP-351, 309-317.

Silva, J.S., Silva, R.M., & Silva, A.M. (2016). Mudanças do uso e ocupação do solo e degradação eco-ambiental usando imagens orbitais: o estudo de caso da bacia do rio Bacanga, São Luís (MA). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(1), 265-279.

Silva, C.V.S., Silva, J.L.B.A., Moura, G.B., ..., & Silva, L.C. (2019a). Monitoramento espaço-temporal dos índices de vegetação por sensoriamento remoto no semiárido pernambucano. In WORKSHOP INTERNACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E BIODIVERSIDADE. Recife, 6.

Silva, S.A., Silva, S.H.F., Santos, G., & Leite, H.J.M. (2019b). Desmatamento multitemporal no bioma Caatinga no município de Delmiro Gouveia, Alagoas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 14(5), 654-657.

Silva, J.L.B., Oliveira Filho, R.A., Silva, M.V., Batista, P.H.D., ..., & Moura, G.B. (2021). Monitoramento espaço-temporal das condições biofísicas à superfície utilizando dados geoespaciais em região do semiárido brasileiro. *Revista Agrometeoros*, 29,1-10.

USGS. Imagens de Satélites. Disponível em:< <https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: Janeiro de 2023.

Recebido em 15/abr./2024

Aceito em 24/mai./2024

Publicado em 25/out./2024