



ANÁLISE DO DESMATAMENTO E COBERTURA DA TERRA NO BIOMA CAATINGA ENTRE 2001 E 2020 BASEADO EM GEOPROCESSAMENTO EM NUVEM

Alaine de Sousa Pereira

Universidade Federal da Paraíba

Jennifer Marinho do Nascimento Fernandes

Universidade Federal da Paraíba

Maria Cecilia Silva Souza

Universidade Federal da Paraíba

RESUMO

O Bioma Caatinga vem sofrendo constantemente com o desmatamento que impacta diretamente na mudança do uso e cobertura da terra, acarretando degradação ambientais, como, a perda da biodiversidade, degradação do solo, desertificação, entre outros. Portanto, determinar a severidade dos desmatamentos é fundamental para elaboração de políticas públicas e medidas de preservação desse ecossistema. Nesse contexto, se faz necessário analisar as influências do desmatamento e suas tendências espaço-temporais para entender as mudanças da cobertura da terra e suas consequências para o Bioma Caatinga. Para analisar as mudanças na cobertura vegetal, foram calculados os índices de vegetação Enhanced Vegetation Index (EVI) e o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), usando produtos do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). As séries temporais de EVI e NDVI foram utilizadas para determinar a severidade temporal da perturbação da vegetação durante o período de 2001 a 2020. Os resultados mostraram que houve um aumento de vegetação gramínea e um decréscimo na vegetação savânica e arbustiva, mostraram também que os estados da Bahia (644,58 km²) e Ceará (323,22 km²) tiveram as maiores médias de ocorrências de áreas desmatadas.

Palavras-chave: Desmatamento; Bioma Caatinga; Índices de vegetação. Sensoriamento remoto.

Analysis of deforestation and land cover changes in the Caatinga biome between 2001 and 2020 based on cloud-based Geoprocessing

ABSTRACT

The Caatinga Biome has been constantly suffering from deforestation that directly impacts the change in land use and land cover, resulting in environmental damage: such as loss of biodiversity, soil degradation, desertification, among others. Therefore, determining the severity of deforestation is essential for the development of public policies and measures to preserve this ecosystem. In this context, it is necessary to analyze the influences of deforestation and its spatio-temporal trends to understand land cover changes and their consequences for the Caatinga Biome. To analyze changes in vegetation cover, the Enhanced Vegetation Index (EVI) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were calculated using products from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor. The time series of EVI and NDVI were used to determine the temporal severity of vegetation disturbance during the period from 2001 to 2020. The results showed that there was an increase in grassy vegetation and a decrease in savanna and shrub vegetation and also showed that the states of Bahia (644.58 km²) and Ceará (323.22 km²) had the highest average occurrences of deforested areas.

Keywords: Deforestation; Caatinga biome; vegetation indices. Remote Sensing.

INTRODUÇÃO

Em todo o mundo verificam-se inúmeros cenários de degradação das paisagens, decorrentes de fenômenos naturais e, também, decorrentes de usos e ocupações desordenadas, trazendo prejuízos não só ao meio físico natural, como ao próprio homem (Thompson e Fidalgo, 2013). O desmatamento é um processo complexo que pode diferir de um lugar para outro. Por exemplo, Dewan e Yamaguchi (2009) observaram reduções significativas nas áreas de corpos d'água, terras cultivadas, vegetação e pântanos provocadas pela expansão de terras urbanas na Grande Dhaka, Bangladesh, entre 1975 e 2003. Carvalho e Szlafsztein (2019) mostraram uma perda significativa de cobertura vegetal densa e moderada e um aumento na vegetação pobre e áreas de solo descoberto após o aumento da poluição do ar e da temperatura local; além disso, foi observada uma relação positiva entre a perda de cobertura verde urbana e uma diminuição nos serviços ecossistêmicos. Além disso, Sommer et al. (2018) mostraram que o setor de mineração contribui para o desmatamento, especialmente em nações repressivas em vez de nações democráticas. No Brasil, além do conhecido problema de desmatamento na área amazônica, Althoff et al. (2018) relataram que aproximadamente metade do milhão de km² originalmente coberto pela Caatinga (uma floresta tropical seca no nordeste do Brasil) foi desmatada e substituída por plantações e pastagens

e que a floresta remanescente é constantemente submetida à remoção de lenha.

O desmatamento está convertendo a floresta em um uso alternativo permanente da terra não florestal devido a fatores antropogênicos ou naturais (Santos et al., 2020). Os fatores antropogênicos incluem principalmente urbanização, atividade agrícola, crescimento industrial, comércio de madeira e exploração mineral. Os fatores naturais incluem incêndios espontâneos e até mesmo desastres naturais. De acordo com Araújo Filho et al. (2018), ao longo de muitos séculos, quase 3 bilhões de hectares, ou aproximadamente metade das florestas do mundo, foram desmatadas, principalmente devido à queima, limpeza ou corte. Além disso, apenas um quinto da cobertura florestal original do mundo permanece em grandes áreas não perturbadas, e as taxas de corte aceleraram para aproximadamente 16 milhões de hectares anualmente. O fator climático colabora para a deterioração da vegetação nativa, porém a modificação da paisagem decorre da antropização do ambiente, por meio da supressão dos recursos naturais via extrativismo vegetal, agropecuária, criação e expansão urbana (Júnior et al., 2020).

As consequências dessa degradação têm sido alarmantes, com taxas preocupantes de perda de vegetação nativa, resultando em um desequilíbrio ambiental preocupante para a Caatinga. Além disso, os impactos socioeconômicos negativos não podem ser negligenciados, afetando diretamente as comunidades que dependem da natureza para sua subsistência e cultura (Almeida et al., 2013).

O bioma Caatinga possui irregularidade pluviométrica, elevada temperatura média e taxa de evaporação, além de possuir solos frágeis e sensíveis aos processos de erosão, que acarretam em conjunto, graves danos ambientais (Myers et al., 2000).

Quanto às alterações provocadas pelo desmatamento, a Caatinga é o terceiro Bioma mais degradado do Brasil, devido às atividades humanas, com mais de 45% de sua área alterada, perdendo apenas para a Floresta Atlântica e o Cerrado (Myers et al, 2000, Capobianco, 2002; Casteletti e cols., 2004). Estima-se que 80% da vegetação encontra-se completamente modificada, devido ao extrativismo e a agropecuária (ARAÚJO FILHO, 1996). O desmatamento pode ser causado por diversas causas que variam de acordo com as pressões governamentais ou do mercado (FEARNSIDE, 2010).

Nesse contexto, se faz necessário analisar as influências do desmatamento e suas tendências espaço-temporal para entender as mudanças da

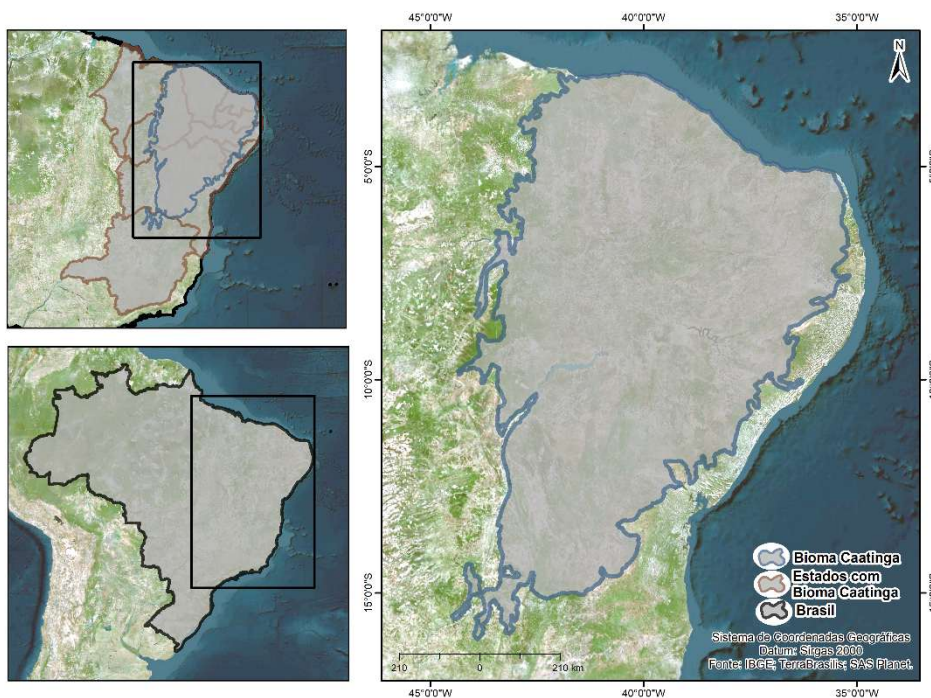
cobertura da terra e suas consequências para o Bioma Caatinga. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar as áreas de desmatamento e mudanças no uso e cobertura da terra no bioma caatinga entre 2001 e 2020.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Área de Estudo

O Bioma Caatinga está situado no Nordeste do Brasil e na parte norte de Minas Gerais, conforme a Figura 1. Esse Bioma ocupa cerca de 10% do território brasileiro, que corresponde uma a área de 862.818 km² (IBGE, 2019), abrangendo alguns estados como o Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia, Piauí e Minas Gerais. A Caatinga apresenta uma climatologia predominante do clima semiárido, com temperatura variando entre 25 °C a 30°C durante o ano e uma baixa pluviometria, com precipitação anual média variando entre 400 e 1200 mm (Silva, 2023).

Figura 1. Localização geográfica do bioma Caatinga.



Mapeamento e análise do uso e cobertura da terra

Neste trabalho foram utilizados os produtos do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) que está a bordo dos

satélites Terra e Aqua, fornecidos pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), esse sensor possibilita identificar área de ocorrência de desmatamento por meio do processamento das suas bandas de 1 km de resolução espacial. As imagens do MODIS, em específico, o produto anual MCD12Q1, que mapeia o tipo de cobertura do solo, com resolução espacial de 500 m, possibilita realizar uma comparação espacial e temporal coerente do uso e cobertura da terra (Testa et al., 2018).

Analisando as mudanças do uso e cobertura da terra

Para analisar as mudanças na cobertura vegetal, foram calculados os índices de vegetação *Enhanced Vegetation Index* (EVI) e o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), usando produtos MODIS. As séries temporais de EVI e NDVI foram utilizadas para determinar a severidade temporal da perturbação da vegetação durante o período de 2001 a 2020 para o bioma Caatinga. Esses índices de vegetação são adequados para averiguar os distúrbios na vegetação tropical, conforme descrito por Li et al. (2014), Cortés-Ramos et al. (2020) e Konda et al. (2018) e às mudanças na estrutura do dossel, além disso, apresentam também bons resultados em relação à sensibilidade em áreas densamente vegetadas (WARDLOW e Egbert, 2010). Para analisar o estado da vegetação, foram aplicados o EVI MODIS (Eq. 1) e NDVI MODIS (Eq. 2):

$$\text{EVI} = G \times (N - R / N + C1 \times R - C2 \times B + L) \quad (1)$$

$$\text{NDVI} = N - R / N + R \quad (2)$$

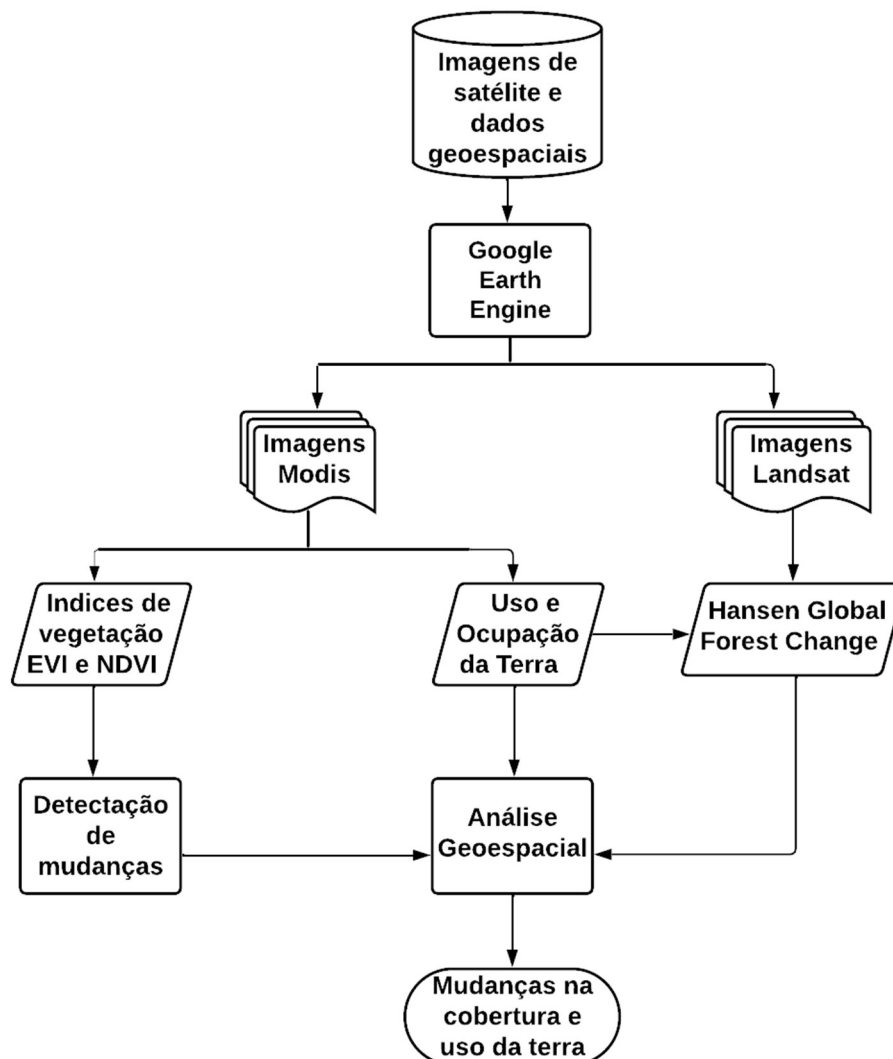
Onde N, R e B são as bandas do satélite MODIS, que representam respectivamente a refletância corrigida atmosférica nas bandas infravermelho próximo, vermelho e azul, enquanto C1 e C2 são os fatores de correção de aerossol, no qual foram usados os valores 6,0 e 7,5, respectivamente, L é o fator de ajuste de fundo do dossel, sendo designado o valor 1, e G é o fator de ganho, sendo atribuído o valor 2,5, como proposto por Huete et al. (2002).

Nesta pesquisa, as áreas de mudanças foram identificadas por meio de uma análise quinquenal (período de cinco anos) dos índices de vegetação. Neste sentido, foi realizado uma análise estatística para entender as mudanças na cobertura vegetal no período analisado.

Mapeamento dos desmatamentos

Para a coleta de dados foi utilizado o Google Earth Engine (GEE). O GEE é uma plataforma para processamento de imagens de satélite em escala global que datam de 40 anos atrás (ZURQANI et al. 2018; GORELICK et al. 2017). Em seguida, imagens Landsat pré-processadas disponíveis por meio do GEE foram usadas para avaliar a perda anual de cobertura florestal na área de estudo. Portanto, uma API JavaScript foi desenvolvida para importar e manipular os dados do HGFC e quantificar a perda e o ganho florestal ao longo do bioma Caatinga. As camadas *treecover2000*, *lossyear*, *loss* e *gain* foram extraídas e analisadas separadamente. A estrutura metodológica é explicada na Figura 2.

Figura 2. Metodologia desenvolvida no estudo



Para o mapeamento dos desmatamentos foram usados dados do produto Hansen Global Forest Change (HGFC), para realizar a análise da influência dos fatores climáticos e antrópicos (HANSEN et al., 2013), que são informações globais usadas para mapear a cobertura florestal em todo o mundo. Neste produto, a cobertura florestal é definida como o tamanho do dossel para toda a vegetação com altura superior a 5 m. Sendo que os conjuntos de dados utilizados neste projeto foram: (a) cobertura florestal para o ano 2001 (treecover2001), que é definida como o dossel da vegetação com mais de 5 m, codificado com uma porcentagem por grade de saída célula com o intervalo variando de 0–100, e (b) desmatamentos detectados para cada ano, definido como a desagregação da perda total de floresta por ano de detecção, codificado como 0 (sem desmatamento) ou um valor de 1 a 20, representando o desmatamento detectados para o respectivo ano entre 2001 e 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o resultado referente a área ocupada por cada classe de vegetação e sua porcentagem do uso e ocupação do solo na Caatinga no período de 2001, 2010 e 2020. Os resultados demonstram que a classe de Vegetação Arbustiva e Savana foram as que mais perderam áreas nesses 20 anos de análise. Em consonância com os dados obtidos, percebe-se que a classe de Vegetação Arbustiva passou de 5,67% para 2,87% e a Savana passou de 36,57 para 34,40 da área total do bioma. A classe de Gramíneas foi a que mostrou maior aumento no decorrer desses 20 anos, passando de 51,37 para 56,11. Por outro lado, pode-se observar que não teve uma variação significativas nas porcentagens da classe de floresta e solo exposto, mantendo-se constante durante todo o período analisado.

Tabela 1. Área do uso e ocupação do solo na Caatinga em 2001, 2010 e 2020

Uso do solo	2001		2010		2020	
	Área km ²	%	Área km ²	%	Área km ²	%
Floresta	18.142	2,10	24.809,75	2,88	18.006,75	2,09
Arbustiva	48.897,75	5,67	41.409,25	4,80	24.756,75	2,87
Savana	315.539,50	36,57	310.113,50	35,94	296.820,50	34,40
Gramíneas	443.202	51,37	451.305	52,31	484.155	56,11
Agricultura	11.205,25	1,30	8.527,25	0,99	13.445,75	1,56
Solo Exposto	2.451,5	0,28	2.423,75	0,28	2.253	0,26
Água	4.315,25	0,50	5.164,75	0,60	4.315,50	0,50

A Figura 3 apresenta a espacialização do uso e ocupação do solo no Bioma Caatinga entre 2001 e 2020. Observa-se que as maiores mudanças na vegetação ocorreram no sul da Bahia, na região de Alagoas e no sul da Paraíba, onde esse bioma é ocupado prioritariamente pela classe de Gramíneas. Além disso, O estado do Piauí juntamente com Ceará, destaca-se por apresentar maiores áreas de concentração da vegetação do tipo Savana.

Na Tabela 2 é mostrado as áreas de desmatamento por km² na Caatinga para cada estado da federação no período de 2001 a 2020. Os resultados mostram que em 2012 e 2016 foram aqueles que apresentaram as maiores áreas desmatadas, com áreas de 2.851,62 km² e 2.684,40 km², respectivamente. Os dados mostram que os estados da Bahia e Piauí foram os que apresentaram as maiores áreas desmatadas no bioma, com áreas de 1.145,09km² e 681,34 km², no ano de 2016. De acordo com Vieira et al. (2020) esses resultados indicam alteração da cobertura vegetal em virtude dos usos, como agricultura e pecuária. Oliveira et al. (2017) afirmam que as perdas de cobertura florestal no estado da Bahia são consequência do aumento das áreas agrícolas no oeste do estado.

Em consonância com os resultados estatísticos apresentados na Tabela 3, observa-se que os estados da Bahia e Ceará apresentam as maiores ocorrências de desmatamento, com um média por área de 644,58 e 323,22, respectivamente. Os resultados apontam as menores áreas médias desmatadas que foram registradas no estado do Maranhão (19,46 km²) e Alagoas (21,25 km²). Estes dados colaboram com os resultados encontrados por Santos et al. (2020), que também utilizou dados florestais globais de alta resolução e constatou que os estados da Bahia e Ceará foram alguns dos que mais se destacaram com ocorrências de desmatamentos e, além disso, o Maranhão e Alagoas apresentaram as menores perdas vegetais.

Tabela 2. Áreas desmatadas (km²) no Bioma Caatinga para cada estado da federação para o período de 2001 – 2020.

Total	Sergipe	Rio Grande do Norte	Piauí	Pernambuco	Paraíba	Minas Gerais	Maranhão	Ceará	Bahia	Alagoas	Estados
											Área de desmatamentos (km²)
											2001
											2003
											2004
											2005
											2006
											2007
											2008
											2009
											2010
											2011
											2012
											2013
											2014
											2015
											2016
											2017
											2018
											2019
											2020

Figura 3. Distribuição geográfica do uso e ocupação do solo no Bioma Caatinga em (a) 2001, (b) 2010 e (c) 2020.

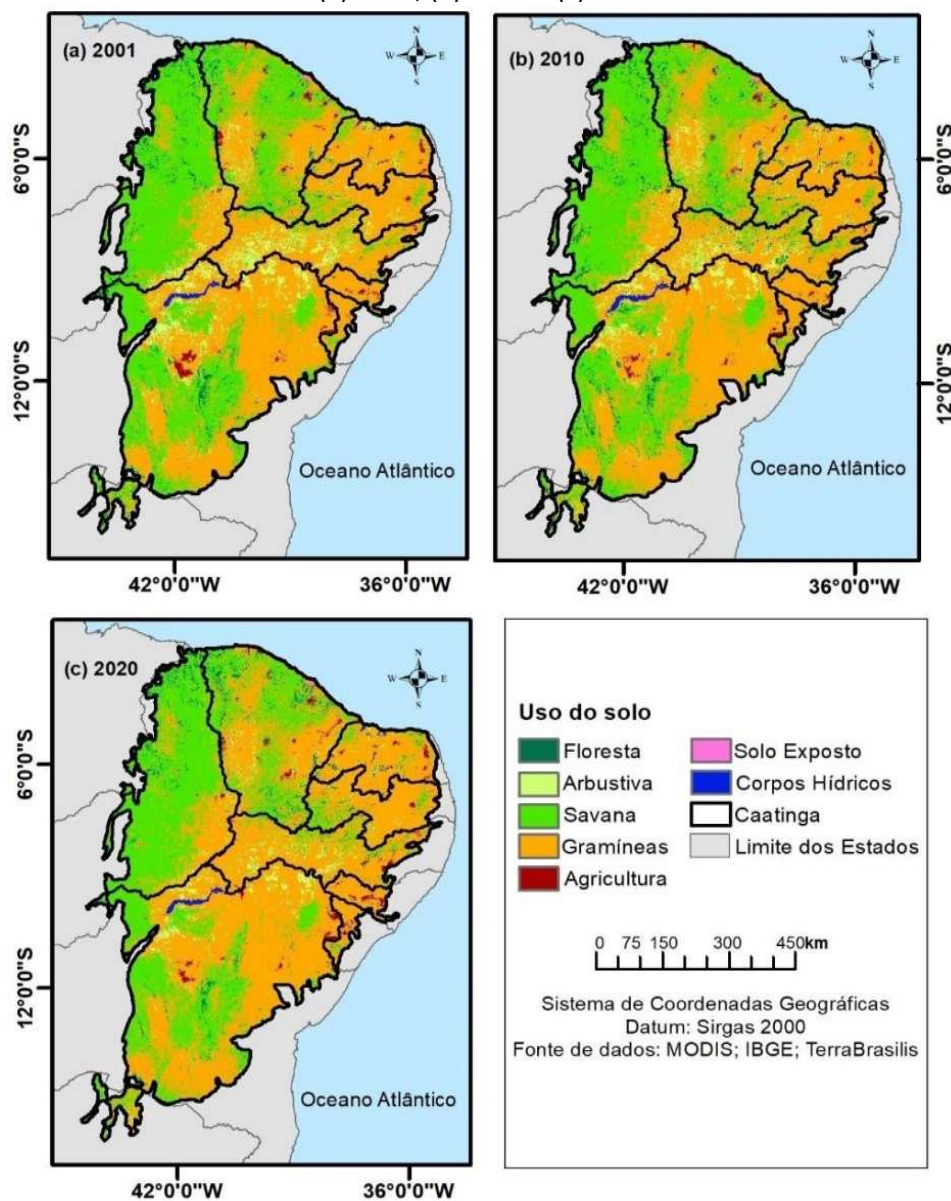




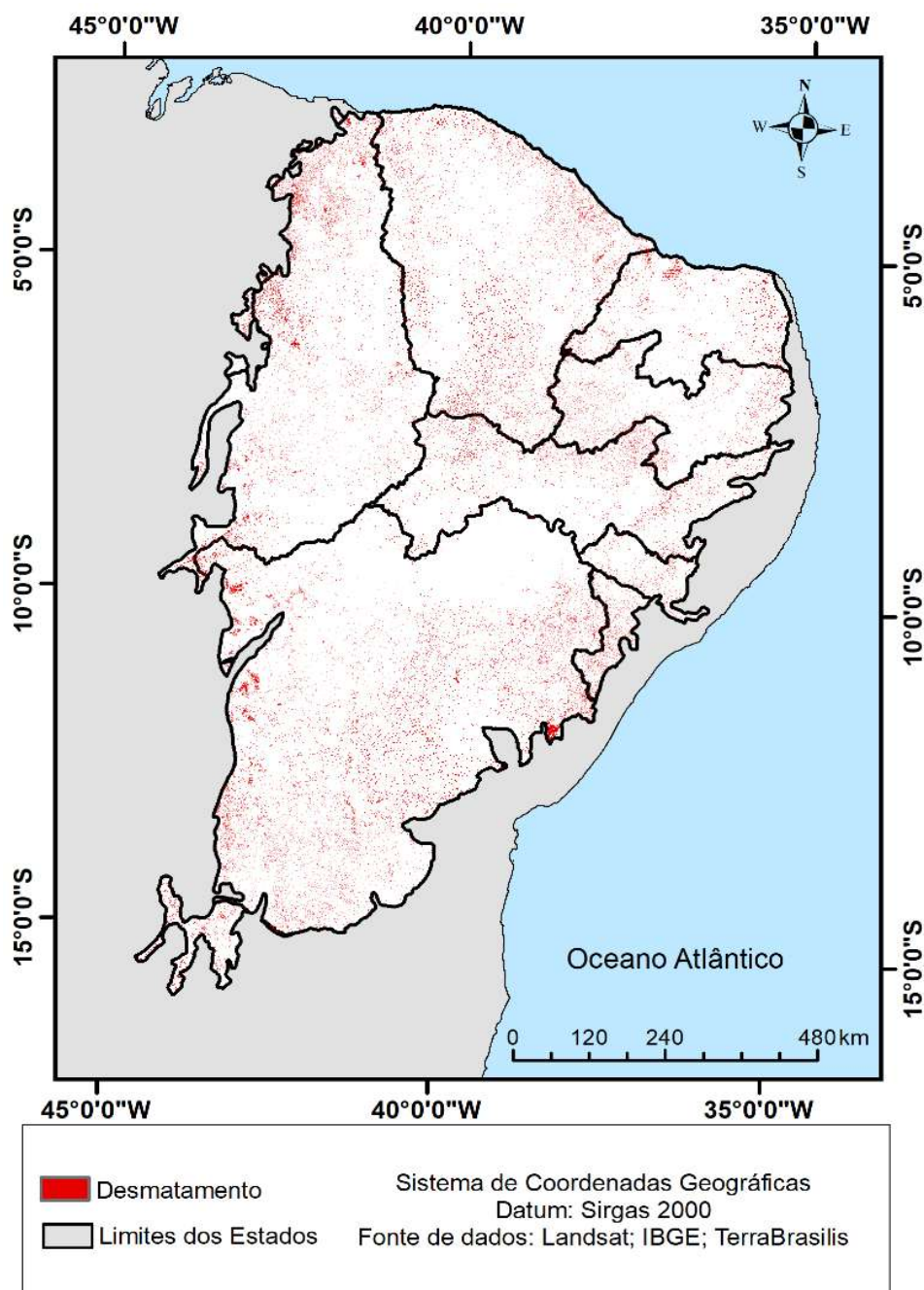
Tabela 3. Estatísticas das áreas de desmatamento no Bioma Caatinga para cada federação entre 2001 e 2020

Estados	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	CV	Desvio médio	Erro padrão médio
MA	19,46	1,33	88,15	20,58	1,06	14,41	4,60
PI	321,87	146,58	681,34	144,32	0,45	110,83	32,27
CE	323,22	62,67	660,40	177,26	0,55	147,79	39,64
RN	82,67	24,26	172,02	42,37	0,51	33,46	9,47
PB	87,08	33,23	179,56	42,38	0,49	34,81	9,48
PE	146,71	52,36	363,00	81,94	0,56	56,45	18,32
AL	21,50	3,80	47,06	12,03	0,56	8,83	2,69
SE	33,72	5,00	76,61	24,24	0,72	21,06	5,42
BH	644,85	286,88	1145,09	227,25	0,35	174,60	50,81
MG	41,06	11,86	98,88	23,19	0,56	18,86	5,19

A Figura 4 mostra a espacialização das áreas desmatadas totais no bioma Caatinga no período entre 2001 e 2020. Os resultados apontam que os estados da Bahia, Ceará, Piauí e Pernambuco foram os que apresentaram as maiores áreas totais desmatadas. De acordo com Vieira (2021) o desmatamento na caatinga está relacionado diretamente com a exploração ilegal e insustentável da madeira para produção de lenha e carvão e supressão da vegetação para abrir espaço para cultivo de pastagem e para agricultura.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentadas as estatísticas descritivas do NDVI e EVI da área de estudo, por meio de uma análise quinquenal desses índices de vegetação. Os resultados estatísticos do NDVI E EVI mostraram que a menor média desses índices foi no ano de 2010, com os respectivos valores médios de 0,29 e 0,47 e a maior média foi no ano de 2015, que apresentou os seguintes valores 0,33 e 0,52. Em relação aos valores máximo e mínimo dos índices, foram observados valores não muito baixos em relação aos resultados obtidos. Para o NDVI, no ano de 2015 obteve-se o valor máximo de 0,87 e em 2020 apresentou o menor valor máximo de 0,84. Quanto ao EVI, no ano de 2015 foi alcançado o valor máximo de 0,72 e do 2020 apontou o menor valor máximo de 0,66. Com relação aos valores mínimos do NDVI e EVI, percebe-se que os valores negativos apontam para a presença de corpos hídricos. Em contrapartida os valores máximos dos índices correspondem a vegetação densa, com um alto vigor vegetativo.

Figura 4. Espacialização das áreas desmatadas no período compreendido entre 2001 e 2020



O resultado do desvio padrão do EVI apontou valores baixos, variando de 0,062 para o ano de 2005 e 0,065 para o ano de 2020. Com relação ao NDVI, foram observados valores baixos em torno de 0,097 em 2010,

enquanto em 2020 esse valor aumentou para 0,103. Os valores de variação dos índices variaram de 0,80 para ano de 2020 e 0,87 no ano de 2015 para o EVI. Com relação ao NDVI os valores ficaram na faixa de 0,99 no ano de 2020 e 0,105 para o período de 2015.

Tabela 4. Análise estatística do NDVI para o Bioma Caatinga no período entre 2001 e 2020.

Anos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Variação
2005	-0,17	0,86	0,51	0,098	1,02
2010	-0,18	0,87	0,52	0,097	1,05
2015	-0,18	0,87	0,47	0,102	1,05
2020	-0,15	0,84	0,5	0,103	0,99

Tabela 5. Análise estatística do EVI para o Bioma Caatinga no período entre 2001 e 2020.

Anos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Variação
2005	-0,15	0,7	0,31	0,062	0,86
2010	-0,16	0,7	0,33	0,063	0,85
2015	-0,15	0,72	0,29	0,064	0,87
2020	-0,14	0,66	0,31	0,065	0,8

CONCLUSÕES

Este trabalho analisou a distribuição espacial e temporal dos desmatamentos no Bioma Caatinga e nas mudanças na cobertura da terra no período de 2001 a 2020. De acordo com os resultados alcançados, foram observadas grandes mudanças em relação ao uso e ocupação da terra neste Bioma com a diminuição da vegetação arbustiva e savânica, e aumento da vegetação gramínea. Além disso, os resultados mostraram que as principais transformações na paisagem vegetal foram identificadas no sul da Bahia, na região de Alagoas e no sul da Paraíba.

A análise em relação à evolução espaço-temporal dos desmatamentos na área de estudo para o mesmo período apresentou um avanço dessa prática a partir de 2010. Os resultados apontam que os estados da Bahia, Ceará, Piauí e Pernambuco foram os que apresentaram as maiores áreas desmatadas.

Os resultados da análise quinquenal dos índices de vegetação para a área de estudo mostraram que o NDVI, no ano de 2015 obteve o valor máximo de 0,87 e em 2020, apresentou o menor valor máximo de 0,84. Quanto ao

EVI, no ano de 2015 foi alcançado o valor máximo de 0,72 e em 2020, apontou também o menor valor máximo de 0,66. Portanto, esses são os valores máximos dos índices que correspondem à vegetação densa, ou seja, com um alto vigor vegetativo.

Diante da distribuição espacial dos desmatamentos ocorridos, no período estudado, e dos resultados obtidos fica evidente a necessidade de atuação e fiscalização dos órgãos ambientais do país para combater o desmatamento ilegal e criminoso que ocasionam na perda da biodiversidade.

Nesse sentido, é relevante enfatizar que esta pesquisa trouxe uma contribuição diagnóstica, mostrando as mudanças do uso da cobertura vegetal da terra e dá um panorama sobre o desmatamento no período estudado no bioma Caatinga. É essencial a realização de estudos como estes para compreender os impactos ocasionados pela ocorrência de desmatamentos nos Biomas Brasileiros e contribuir na elaboração de políticas públicas e medidas de preservação e conservação desses ecossistemas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq por ter disponibilizado bolsa de iniciação científica e, portanto, contribuído com a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.R.; SILVA, C.E.; RODRIGUES, M.G. **Avaliação dos impactos ambientais do desflorestamento sobre o regime hídrico da região metropolitana de Petrópolis (RJ)**. Engineering Sciences, v.1, n.1, p.6-13, 2013.

ALTHOFF, T.D., MENEZES, R.S.C., DE PINTO, A.S., PAREYN, F.G.C., DE CARVALHO, A.L., MARTINS, J.C.R., DE CARVALHO, E.X., DA SILVA, A.S.A., DUTRA, E.D., DE SAMPAIO, E.V.S.B. **Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation**. Agric Ecosyst Environ 254:26–34, 2018.

ARAÚJO FILHO, J. A. **Desenvolvimento sustentável da caatinga**. Sobral (CE): Ministério da Agricultura/EMBRAPA/CNPQ, 1996. 45p.

CAPOBIANCO, J.P.R; CAMARGO, A.; OLIVEIRA, J.A.P. **Avanços e obstáculos pós-Rio-92**. Estação Liberdade/Instituto Socioambiental/Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, p. 117-155, 2002.

CARVALHO, R.M.D., SZLAFSZTEIN, C.F. **Urban vegetation loss and ecosystem services: the influence on climate regulation and noise and air pollution.** Environ Pollut 245:844–852, 2019.

CORTÉS-RAMOS, J., FARFÁN, L.M., HERRERA-CERVANTES, H. **Assessment of tropical cyclone damage on dry forests using multispectral remote sensing: The case of Baja California Sur, Mexico.** Journal of Arid Environments, v. 178, 104171, 2020.

DEWAN, A.M.; YAMAGUCHI, Y. **Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization.** Appl Geogr 29:390–401, 2009.

FEARNSIDE, P.M. **Consequências do desmatamento da Amazônia.** Scientific American Brasil. Especial Biodiversidade, pp. 54-59, 2010.

GORELICK, N., HANCHER, M., DIXON, M., ILYUSHCHENKO, S., THAU, D., MOORE, R. **Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone.** Remote Sens Environ 202:18–27, 2017.

HANSEN, M.C., P.V, P.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S.J.; LOVELAND, T.R., KOMMAREDDY, A., EGOROV, A., CHINI, L., JUSTICE, C.O., TOWNSHEND, J.R. **High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change.** Science, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E.; GAO, X.; FERREIRA, L. **Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices.** Remote Sensing of Environment, v. 12, n. 12, p. 195-213, 2002.

IBGE. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, p. 168. 2019.

JUNIOR, L. M. C.; MEDEIROS, M.G.; NUNES, A. M. M.; MACIEIRA, M. L. L.; FONSECA, M. B. **Avaliação do uso do solo e dos recursos florestais no semiárido do estado da Paraíba.** Ciência Florestal. Santa Maria, v. 30, n.1, p. 72-88, 2020.

KONDA, V.G.R.K.; CHEJARLA, V.R.; MANDLA, V.R.; VOLETI, V.; CHOKKAVARAPU, N. (2018). **Vegetation damage assessment due to Hudhud cyclone based on NDVI using Landsat-8 satellite imagery.** Arabian Journal of Geosciences, v. 11, n. 35, 2018.

LI, L.; FRIEDL, M.A.; XIN, Q.; GRAY, J.; PAN, Y.; FROLKING, S. **Mapping crop cycles in China using MODIS-EVI time series**. Remote Sensing, v. 6, n. 3, p. 2473-2493, 2014.

MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. B; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, n 403, p.853-859, 2000.

OLIVEIRA, Sandro Nunes de et al. **Deforestation analysis in protected areas and scenario simulation for structural corridors in the agricultural frontier of Western Bahia, Brazil**. Land Use Policy, [s.l.], v. 61, p.40-52, fev. 2017.

SANTOS, C.A.G., do Nascimento, T.V.M.; da Silva, R.M. **Analysis of forest cover changes and trends in the Brazilian semiarid region between 2000 and 2018**. Environ Earth Sci 79, 418 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09158-1>.

SOMMER, J.M., SHANDRA, J.M., COBURN, C. (2019). **Mining Exports Flows, Repression, and Forest Loss: A Cross-National Test of Ecologically Unequal Exchange**. In: Frey, R.S., Gellert, P.K., Dahms, H.F. (eds) Ecologically Unequal Exchange. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89740-0_7

TESTA, S.; SOUDANI, K.; BOSCHETTI, L.; BORGOGNO MONDINO, E. **MODIS derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in French deciduous forests**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 64, p. 132- 144, 2018.

THOMPSON, D. E FIDALGO E. C. C. **Estimativa da perda de solos por meio da equação unicversal de perdas de solos (usle) com uso do invest para a bacia hidrográfica do Rio Guapi-macacu – RJ**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH. Bento Gonçalves, RS. 2013.

VIEIRA, G.S. **Análise espaço-temporal do fogo no bioma caatinga**. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2021, p.42.

VIEIRA, Rita Marcia da Silva Pinto et al. **Characterizing spatio-temporal patterns of social vulnerability to droughts, degradation and desertification in the Brazilian northeast**. Environmental And Sustainability Indicators, [s.l.], v. 5, fev. 2020.

WARDLOW, B.D.; EGBERT, S. L. (2010). **A comparison of MODIS 250-m EVI and NDVI data for crop mapping: A case study for southwest Kansas.** International Journal of Remote Sensing, v. 31, n. 3, p. 805-830, 2010.

ZURQANI, H.A., POST, C.J., MIKHAILOVA, E.A., SCHLAUTMAN, M.A., SHARP, J.L. **Geospatial analysis of land use change in the Savannah River Basin using Google Earth Engine.** Int J Appl Earth Obs Geoinf 69:175–185, 2018.

Contato com o autor: alainejosefa.45@gmail.com

Recebido em: 25/11/2024

Aprovado em: 15/06/2025