
COMPORTAMENTO MENSAL DA PRODUÇÃO PRIMÁRIA LÍQUIDA NA CAATINGA NO PERÍODO DE 2000 A 2021

Shyanne Josicleide de Almeida^a, Robson de Sousa Nascimento^a

^a Departamento de solos e engenharia rural, Universidade Federal da Paraíba, Campus II/CCA. 12 Rodovia, PB-079, Areia - PB, 58397-000

***Autor correspondente:** Shyanne Josicleide de Almeida, estudante de graduação, josicleide@cademico.ufpb.br.

Data de submissão: 12-11-2023

Data de aceite: 12-12-2023

Data de publicação: 24-02-2023

RESUMO

Introdução: A Produção Primária Líquida (PPL) é a diferença entre a fotossíntese e a respiração autotrófica da vegetação, resultando apenas na quantidade de carbono assimilada pela vegetação.

Objetivo: Desta forma o objetivo do trabalho é apresentar o comportamento mensal da PPL para a Caatinga, abrangendo o período de anos de 2000 a 2021. **Material e Métodos:** Os dados da PPL foram derivados do sensor MODIS (MOD17A3HGF V6) através de scripts processados pelo Google Earth Engine (GEE). Para realizar a estimativa da PPL por meio de sensoriamento remoto, foi utilizado a metodologia de Montheith (1977), seguindo o princípio de Eficiência no Uso da Luz (LUE).

Resultados: O menor valor observado ocorreu em 2012 registrando o valor de $595 \text{ gC.m}^2.\text{ano}^{-1}$. Já em 2011 ocorreu o maior valor na escala de tempo analisada, de $963 \text{ gC.m}^2.\text{ano}^{-1}$. Durante o período de estudo, a série temporal apresenta uma redução de $-4,47 \text{ gC.m}^2.\text{ano}^{-1}$, embora a tendência não tenha apresentado significância estatística. **Conclusão:** O maior valor da PLL foi registrado no ano de 2011, que posteriormente sofreu um decréscimo atingindo seu menor valor no ano de 2013. Foi observado que os fenômenos El Niño e La Niña, possuem uma influência no comportamento da PLL, pois esses fenômenos estão correlacionados as variáveis climáticas, como a temperatura e a precipitação nessa região. É de extrema importância a preservação desse Bioma que é exclusivamente brasileiro, onde se faz necessário medidas políticas e ambientais para recuperação das áreas degradadas.

Palavras-chaves: Absorção de Carbono; Google Earth Engine; Respiração autotrófica; Tendência.

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma dominante no semiárido do Nordeste brasileiro, formando o quarto maior ecossistema, considerado uma floresta tropical sazonalmente seca brasileira (SILVA et al., 2017). Segundo RIZZINI (1997), esse bioma é constituído por uma vegetação formada de plantas arbóreas, arbustivas, herbáceas, Cactáceas e bromeliáceas. A vegetação presente neste bioma, apresenta uma dinâmica de períodos verdes intercalado com períodos secos, sua absorção de dióxido de carbono (CO_2) anual é semelhante ao das florestas temperadas, tendo uma diferença apenas na Photosynthetically Active Radiation (PAR) que é inferior na Caatinga (BRITO; NASCIMENTO, 2013). O processo de fotossíntese realizado pela vegetação da Caatinga, é muito elevado, e possuindo, assim, uma capacidade alta de modificar a quantidade de absorção de gás carbônico nas variabilidades interanual e anual (BRITO e NASCIMENTO, 2013).

A Caatinga é afetada grandemente pelo fenômeno atmosférico-oceânico denominado de El Niño Oscilação Sul (ENOS), que ocorrem no oceano Pacífico Equatorial. O ENOS refere-se às situações nas quais o oceano Pacífico Equatorial está mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña) do que a média histórica. A mudança na temperatura do oceano Pacífico Equatorial acarreta efeitos globais na temperatura e precipitação (INPE, 2023). O ENOS está associado com secas e enchentes durante sua ocorrência (MENDONÇA, 2011).

A compreensão da relação entre fotossíntese, produtividade primária líquida e crescimento em ecossistemas florestais é um fator importante para entender a magnitude desses impactos por ser capaz de se integrar com fatores climáticos, ecológicos, geoquímicos e antrópicos sobre o planeta (DALMAGO et al., 2008). O gás carbônico, passa a fazer parte da biomassa através do ciclo inicial do carbono que ocorre através do processo de fotossíntese. A Produção Primária Bruta (do inglês Gross Primary Productivity, GPP), é a soma de toda produção fotossintética realizada pelas plantas (MALHI et al., 2015). Já a produção primária líquida (do inglês Net Primary Productivity, NPP) é a diferença entre a fotossíntese e a respiração autotrófica da vegetação, representando a disponibilidade de carbono na forma de material vegetal para consumo, como alimento, combustível e ração (ABDI et al., 2014). Segundo Marthews et al. (2012) 50-70% dessa energia é utilizada no metabolismo das plantas, como crescimento, manutenção, respiração entre outros, e 20-50% é utilizado na NPP para produção de biomassa. A NPP também é alocada em partículas no tecido lenhoso, raízes finas, folhas de dossel, flores e frutos.

Com o desenvolvimento da tecnologia do sensoriamento remoto, e aumento dos dados disponíveis, essa tecnologia é uma excelente ferramenta para se estudar e obter a variação espaço-temporal da produção primária líquida nos ecossistemas (JI et al., 2021). A partir do sensoriamento remoto, várias ferramentas foram aliadas a ele, facilitando a aquisição de dados ambientais. Uma dessas ferramentas que está se tornando bastante popular é a plataforma Google Earth Engine (GEE), que é uma tecnologia de computação em nuvem com uma precisão geral de 82,5% (JI et al., 2021). O GEE é amplamente utilizado para análises geoespaciais, monitoramento na variação espacial-temporal da NPP ou GPP, bem como identificar como essa variação se comporta e responde aos eventos climáticos (YIN et al., 2021).

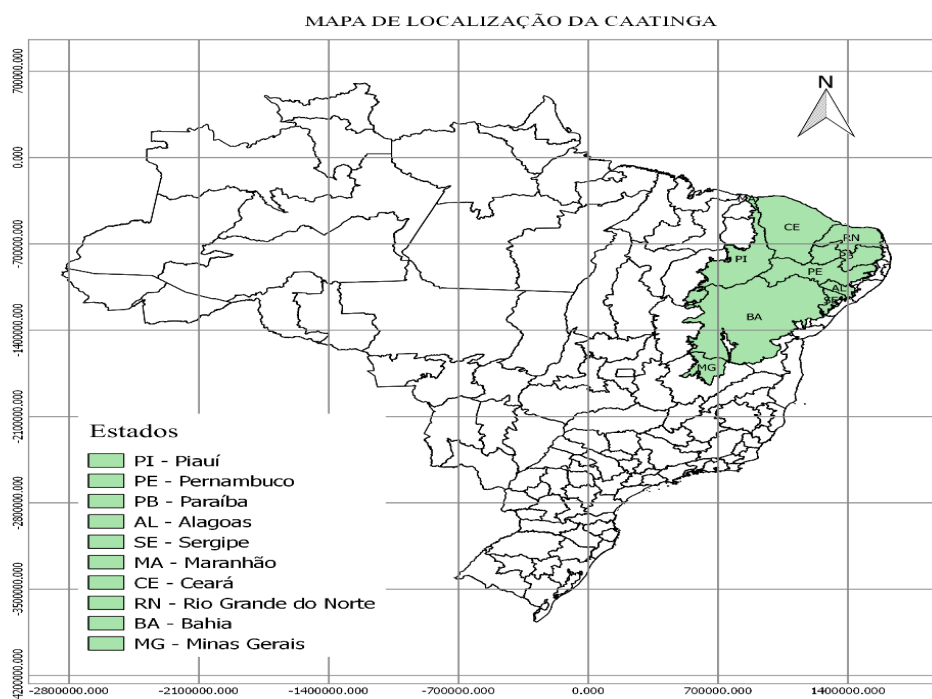
O presente trabalho teve como objetivo apresentar o comportamento mensal da Produção Primária Líquida no período de 2000 a 2021 e averiguar se há tendência de aumento/diminuição da PPL.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Caatinga, vegetação dominante da região do Semiárido do Nordeste Brasileiro. Seu nome tem origem na língua tupi, que significa Mata Branca. Sua paisagem é esbranquiçada, vegetação predominante em períodos secos, muitas espécies estacionais decídua e semidecídua. Esse bioma apresenta três extratos: arbóreo, arbustivo e herbáceo (RIZZINI, 1997). A caatinga ocupa uma área de 850.000 km², que corresponde a aproximadamente 10% do território nacional, como mostrado na figura 1 engloba os estados do: Maranhão, Piauí, Ceará, Alagoas, Sergipe, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Bahia e uma parte de Minas Gerais (BRITO; NASCIMENTO, 2013). Esse bioma é exclusivamente brasileiro (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização do Bioma Caatinga.



Fonte: Figura do autor.

2.2 SISTEMA DE SENSORES

Para determinar a produtividade primária líquida (PPL), será utilizado os dados de sensoriamento remoto, que são obtidos através do satélite orbital TERRA, que leva consigo o sensor denominado de Moderate Resolution Imaging Spectrodiometer (MODIS). O MODIS tem como objetivo determinar as mudanças a terra e suas consequências para vida no planeta, suas características são: ampla cobertura espacial e espectral; Continuidade nas tomadas de medidas em regiões espectrais mais finas (BARKER

et al., 1992). As imagens capturadas são formadas por pixel, com uma resolução espacial de 250 m (2 bandas) a 1000 m (29 bandas), sua resolução temporal é de 1 a 2 dias, que quando agrupados possuem a capacidade de formar um único valor ou cor na imagem, para distinguir objetos.

2.3 GOOGLE EARTH ENGINE (GEE)

O Google Earth Engine é uma plataforma de processamento de dados geográficos com computação em nuvem. Essa plataforma possui uma alta capacidade de armazenamento e processamento de imagens de satélites, que permite ao usuário realizar análises espaço-temporais, a nível regional e global. A linguagem utilizada pelo GEE são as técnicas de programação em *JavaScript*. O GEE é gratuito para pesquisa, educação e uso sem fins lucrativos.

A plataforma do GEE está estruturada em:

1. Code editor: janela de programação em *JavaScript*, para o processamento dos dados.
2. Janelas com abas para Scripts já prontos; Docs, ou seja, documentos dos principais comandos e funções; e Assets, onde pode-se armazenar arquivos geo-espaciais.
3. Abas com Insoectir, Console e Tasks.
4. Ambiente de desenvolvimento integrado (IDE).
5. Layers para alterações nas configurações.
6. Geometries, para criação de geometrias dos tipos, pontos, linhas e polígonos.

1.1 DADOS DA PRODUÇÃO PRIMÁRIA LIQUIDA (NPP)

Para realizar a estimativa da NPP por meio de sensoriamento remoto, foi utilizado a metodologia de Monteith (1977) onde os modelos utilizados devem seguir o princípio de Eficiência no Uso da Luz (LUE), onde define a quantidade de carbono produzida por unidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida (APAR). Os valores do NPP apresentam a absorção de luz através da copa das plantas, por meio de uma relação entre o Índice de Vegetação por Diferença normalizada (NDVI), que quantifica a vegetação medindo a diferença entre o infravermelho próximo, refletido pela vegetação e a luz vermelha, absorvido pela vegetação; e a fração de radiação fotossinteticamente ativa (fPAR), que é uma medida utilizada para descrever a porção do espectro eletromagnético que é absorvido pela clorofila e que pode ser utilizada na fotossíntese. Para calcular o NDVI, os sensores devem possuir bandas com o canal NIR, onde se reflete mais infravermelho próximo e luz verde.

O NDVI é calculado por meio da equação (1).

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + \text{RED})} \quad (1)$$

A NPP é calculada através da equação onde se tem os valores do APAR e do intercepto da radiação fotossinteticamente ativa (IPAR), que se refere a quantidade de radiação solar capturada e utilizada pelas plantas durante o processo de fotossíntese (NASCIMENTO et al, 2019).

A NPP é calculada por meio da equação (2).

$$NPP = \varepsilon \times fPAR \times IPAR \quad (2)$$

Onde (ε , MJ⁻¹) representa o fator de eficiência do uso da luz, onde as plantas conseguem absorver energia radiante e produzir em biomassa (HILKER et al, 2010).

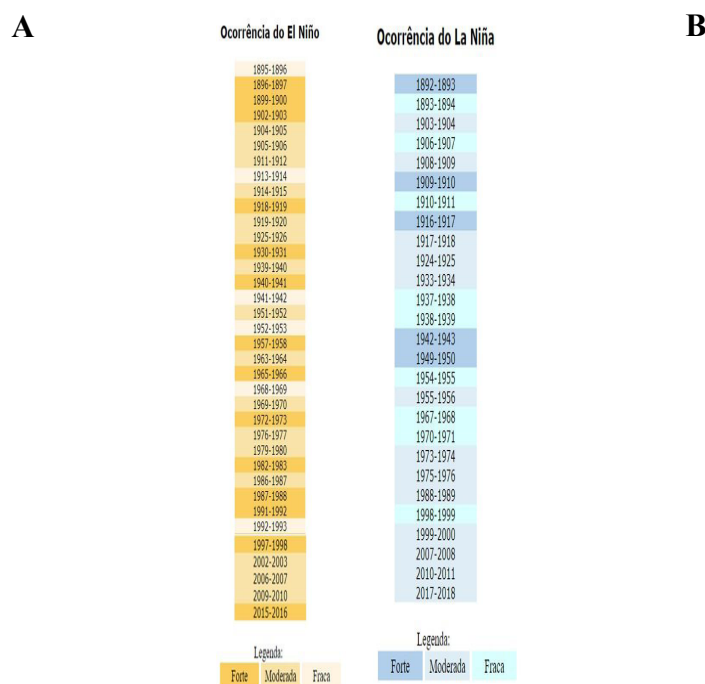
A NPP encontrada no presente trabalho foi extraída utilizando a plataforma GEE, em que foi obtida por meio dos sensores MODIS. O produto MOD17A3HGF V6 fornece informações sobre a Produtividade Primária Líquida (NPP) anual com resolução de 500 m de pixel. A NPP anual é derivada da soma de todos os produtos da Fotossíntese Líquida (PSN) de 8 dias (MOD17A2H) do ano em questão. No presente estudo os dados de NPP anual foram obtidos de 2000 a 2021.

2.5 EL NIÑO E LA NIÑA

O fenômeno atmosférico-oceânico, que ocorre no oceano Pacífico Equatorial, onde se tem uma ocorrência de variabilidade climática interanual (ABDI et al., 2016). De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INSA), o El Niño Oscilação Sul, refere-se às situações em que o oceano Pacífico Equatorial está mais quente, do que a sua média histórica, a fase La Niña acontece o resfriamento do oceano. Essas mudanças causam efeitos globais nos padrões de circulação atmosférica, transporte de umidade, temperatura e precipitação.

O monitoramento desses eventos é realizado através das condições de temperatura do mar do oceano Pacífico, disponibilizando ao longo dos anos as últimas ocorrências em ordem cronológica, para as ocorrências de El e para La Niña figura 2, podendo ser classificados como: Forte, Moderada e Fraca (INPE, 2023).

Figura 2. Registro das últimas ocorrências. (A) El Niño; (B) La Niña.



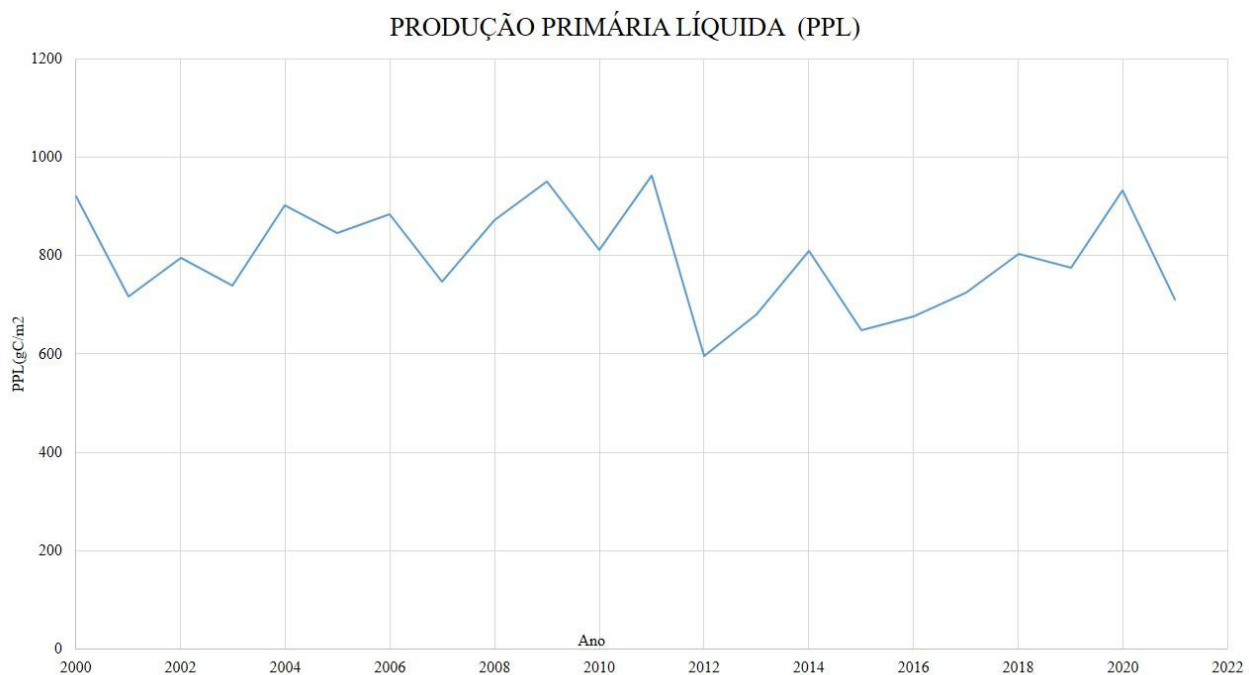
Fonte: INPE/CPTEC

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o comportamento da PPL ao longo dos anos. Desse modo, observa-se que a PPL apresentou seu maior valor em 2011, onde atingiu $963 \text{ gC.m}^2.\text{ano}^{-1}$, a ocorrência desse aumento se dá ao evento de La Niña, onde ocorre uma maior produção, devido ao aumento da precipitação. Em 2012 foi registrado o valor mais baixo da PPL, onde teve-se um decréscimo na produção, atingindo o valor de $595 \text{ gC.m}^2.\text{ano}^{-1}$, esse decréscimo está relacionado a mudança na intensidade do El Niño figura 2 (A) moderado para forte, onde tem-se baixos valores de precipitação e aumento da temperatura. O impacto no sequestro de carbono na produção Primária Líquida durante os anos, podem estar sobre influência dos ENOS (El Niño e La Niña), que são fenômenos atmosférico-oceânico, que ocorre no oceano Pacífico Equatorial, onde se tem uma ocorrência de variabilidade climática interanual (ABDI et al., 2016). As condições elevadas de secas ou umidade nesses eventos, causam secas e inundações, que reduzem a PPL. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em 2011, foi registrado uma La Niña moderada, aumentando, assim, a precipitação no determinado ano, impactando no valor da PPL.

O declínio na PLL, que ocorreu no ano de 2012, está associado à influência do El Niño. O El Niño foi identificado como um fator dominante que regula a atividade fotossintética interanual em terras áridas globais (AHLSTROM et al., 2015). De acordo com o INPE, o ano de 2012 estava em uma transição de um El Niño moderado para forte, que teve seu início em 2015. Portanto, esse fenômeno gera um impacto direto na PPL devido às alterações causadas nas condições climáticas, como secas prolongadas e altas temperaturas, reduzindo a capacidade da vegetação de realizar fotossíntese, consequentemente levando a uma diminuição na PPL (ARAÚJO, 2012).

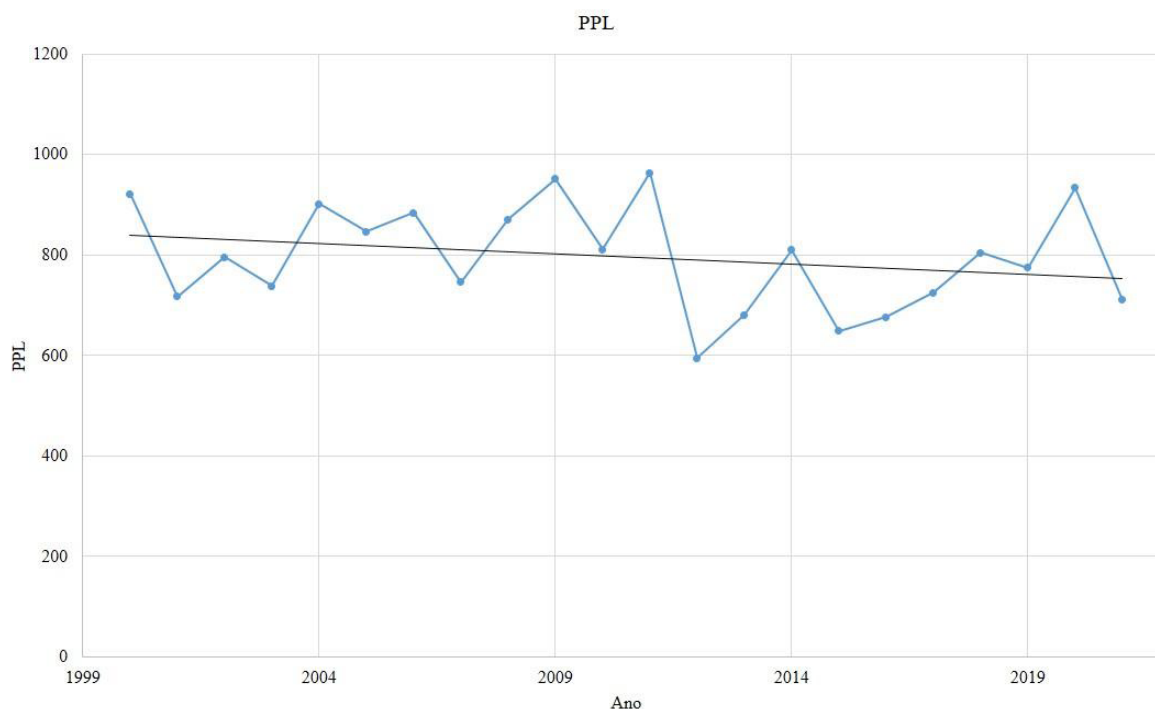
Figura 3. Variação interanual da Produção Primária Líquida.



Ao analisar o comportamento da PPL no decorrer dos anos, observa-se que, ao aplicar o teste de tendência de Mann-Kendall durante o período de estudo, a série temporal apresenta uma de redução de $-4,47 \text{ g.C.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, embora a tendência não tenha apresentado significância estatística.

De acordo com Lorenço et al. (2018), onde avaliaram a Produtividade Primária Líquida em florestas tropicais, as tendências analisadas no estudo levaram a observação do declínio da biomassa líquida, nas amostras de estudo, os autores explicam que, possivelmente estava associada a seca, onde temperaturas mais altas reduzem a produtividade e a absorção de carbono pela vegetação (Figura 4).

Figura 4. Linha de tendência da Produção Primária Líquida



4 CONCLUSÃO

A partir da análise feita da variação espaço-temporal da Produção Primária Líquida para a Caatinga, pode-se observar o comportamento da produção ao longo dos anos. O maior valor da PLL foi registrado no ano de 2011, que posteriormente sofreu um decréscimo atingindo seu menor valor no ano de 2013. Foi observado que os fenômenos El Niño e La Niña, possuem uma influência no comportamento da PLL, pois esses fenômenos estão correlacionados as variáveis climáticas, como a temperatura e a precipitação nessa região.

De acordo com resultados foi possível observar como as variáveis climáticas, temperatura e precipitação influenciaram na PLL durante os anos. A série não apresentou tendência, embora tenha apresentado uma queda de $4,47 \text{ gC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ durante o período de estudo.

Com o passar dos anos o Bioma da Caatinga vem se tornando cada vez mais vulnerável, apresentando áreas degradadas, a nível de desertificação, fragmentação na vegetação, ações antrópicas intensas e vulnerabilidade as mudanças climáticas. Por ser um bioma exclusivamente brasileiro, ações mitigatórias devem ser realizadas, para restauração das áreas afetadas e conservação das demais.

REFERÊNCIAS

SILVA, R. J.; CELSO, A. *et al.* Seasonal patterns of carbon dioxide, water and energy fluxes over the Caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 147, p. 71–82, 2017.

RIZZINI, C. Tratado de Fitogeografia do Brasil. Rio de Janeiro: **Âmbito Cultural Edições Ltda.** 1997, 747p.

BRITO, J.; NASCIMENTO, R. Estimativa da absorção de carbono pela vegetação da caatinga. *In*: SILVA, B. B. (Org). **Aplicações ambientais brasileiras com geoprocessamento e sensoriamento remoto**. Campina Grande – PB. EDUFPG, 2013. p. 87-103.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpe/pt-br>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

DALMAGO, G.; CUNHA, G.; SANTI, A.; PIRES, J.; SCHWEIG, E. E. **Produtividade Primária Líquida do ambiente natural – Indicador de sustentabilidade de sistemas de produção agrícola**. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2008. (ISSN 1518-6512 – Documentos Online 100.

MALHI, Y.; DOUGHTY, C.; GOLDSMITH, G.; *et al.* The linkages between photosynthesis, productivity, growth and biomass in lowland Amazonian forests. **Global Change Biology**, v. 21, n. 6, p. 2283–2295, 2015.

ABDI, A. M.; VRIELING, A.; YENGOH, G. T. *et al.* The El Niño – La Niña cycle and recent trends in supply and demand of net primary productivity in African drylands. **Climatic Change**, v. 138, n. 1, p. 111-125, 2016.

JI, R.; TAN, K.; WANG, X. *et al.* Spatiotemporal Monitoring of a Grassland Ecosystem and Its Net Primary Production Using Google Earth Engine: A Case Study of Inner Mongolia from 2000 to 2020. **Remote Sensing**, v. 13, n. 21, p. 4480–4480, 2021.

YIN, Y.; GRUNDSTEIN, A.; MISHRA, D. R. *et al.* DTE_x: A dynamic urban thermal exposure index based on human mobility patterns. **Environment International**, v. 155, p. 106573–106573, 2021.

LATORRE, M.; ANDERSON, L.; SHIMABUKURO, Y. *et al.* SENSOR MODIS: CARACTERÍSTICAS GERAIS E APLICAÇÕES. , p. 91–121, 2022.

NASCIMENTO, R.; LIMA, E.; IVALDO, J. **Região Nordeste do Brasil a partir da produção primária líquida**. XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2013.

LORENÇO, A.; PLÁCIDO, G.; YUKARI, N. *et al.* **PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA EM FLORESTAS TROPICAIS**. [s.l.: s.n., s.d.].

ARAÚJO, P. *et al.* **Eventos climáticos extremos: efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola**. *In*: ROGÉRIO. Brasil em Desenvolvimento 2012: estado, planejamento e políticas públicas. Brasília: IPAE, 2013. p. 348-355.