



Parâmetros biofísicos como instrumento analítico de degradação do solo em bacia experimental do semiárido pernambucano

Moisés Alves da Silva Neto ^{1(*)}, Jully Emilly Galdino de Jesus¹, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro¹, Lizandra de Barros de Sousa¹, Frederico Abraão Costa Lins¹ e Aline Maria Soares das Chagas¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE.

E-mails: moisesneto179@gmail.com, jullyemilly2@gmail.com, montenegro.ufrpe@gmail.com, lizandradebarros@gmail.com,

frederico_acl@hotmail.com e alinemschagas@gmail.com

(*)Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 8 de outubro de 2021

Aceito em 27 de junho de 2022

Termos para indexação:

umidade do solo

cobertura vegetal

nascentes

sensoriamento remoto

RESUMO

O semiárido brasileiro, cujo Bioma predominante é a Caatinga, apresenta limitada disponibilidade de recursos hídricos, tornando necessária a elaboração de políticas de conservação ambiental e de reversão de degradação. Objetivou-se identificar áreas suscetíveis à degradação do solo com a utilização do sensoriamento remoto, tanto na estação seca quanto na estação chuvosa, além de identificar o comportamento vegetativo de duas microbacias da região a serem recuperadas. Foram utilizadas imagens do sensor Multispectral Instrument (MSI) do satélite Sentinel-2 na região da Bacia experimental do Jatobá, localizada nas nascentes do Rio Ipanema. Foram calculados os seguintes índices, posteriormente submetidos a estatística descritiva: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Área Foliar (IAF) e o Índice por Diferença Normalizada de Água (NDWI). Já para o período seco, foram obtidos valores médios de NDVI, IAF e NDWI respectivamente de 0,78; 1,14; 0,23 para 2019 e 0,79; 1,24; 0,28 para 2020. Foram registrados para o período seco valores médios de NDVI, IAF e NDWI respectivamente de 0,45; 0,26; -0,15 para 2019 e 0,39; 0,38; -0,18 para 2020. Áreas com baixos índices de vegetação foram identificadas, podendo indicar a ocorrência de solos em estágio de degradação, requerendo a aplicação de práticas conservacionistas.

© 2022 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

O Bioma da Caatinga é típico do semiárido brasileiro e possui uma área de 844 km², ocupando quase 70% da região nordeste e 11% de todo território brasileiro, além de possuir uma grande biodiversidade e um elevado número de habitantes (MMA, 2019). A vegetação da Caatinga é com-

posta por lenhosas, herbáceas, cactáceas entre outras espécies que sobrevivem às condições adversas de temperatura e umidade da região. Além disso, o bioma encontra-se submetido a um intenso processo de degradação por ação antrópica (Santos et al., 2017).

Segundo Blainski et al. (2017), mudanças sem planejamento e sem manejo adequado dos recursos naturais po-

dem causar efeitos negativos na disponibilidade hídrica e no ecossistema, onde a substituição ou a remoção da vegetação afetam os processos hidrológicos, tendo como efeito uma menor retenção de água durante as secas e aumento do escoamento superficial durante as estações chuvosas, que são de curta duração.

A desertificação é um processo intenso e crítico de regiões áridas, semiáridas e úmidas secas, o que gera impactos para os habitantes da região, diminuindo a cobertura do solo e aumentando o processo de degradação. Dependendo do estágio da desertificação, ela pode se tornar irreversível (Albuquerque et al., 2020; Perez-Marin et al., 2012).

A conservação e a gestão dos recursos hídricos tornam-se mais relevantes em regiões semiáridas e suscetíveis à desertificação. Nesse contexto é necessário atentar-se às mudanças climáticas e seus possíveis impactos no futuro e a tendências nas séries temporais de precipitação e de temperatura. Carvalho et al. (2020) constaram tendência de diminuição nas precipitações anuais e na quantidade de dias chuvosos na região do Sertão nordestino, além disso, há uma tendência, no geral, de aumento da temperatura no futuro próximo.

Para uma gestão adequada dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica é necessária uma compreensão dos principais processos hidrológicos, o que depende da disponibilidade de dados e de uma constante manutenção da rede de monitoramento (Melo & Montenegro, 2015). A dinâmica da cobertura vegetal da Caatinga indica a aceleração da degradação do solo por conta de atividades agropecuárias associadas à estiagem. A baixa resiliência da vegetação nativa nos períodos de seca severa requer que sejam aplicadas medidas de controle para os fatores agravantes à seca que resultam em uma maior suscetibilidade à desertificação do solo no semiárido do Nordeste brasileiro (Silva et al., 2020).

O monitoramento da cobertura vegetal é de extrema importância na avaliação do equilíbrio ambiental, onde se pode utilizar de várias técnicas de geoprocessamento, como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), que é uma das técnicas que utiliza o sensoriamento remoto, sendo um dos mais importantes indicadores para a análise da cobertura de vegetação, frequentemente usado para observar mudanças que ocorrem na cobertura do solo, assim como seu desenvolvimento (Nath, 2014). O seu funcionamento é baseado nas diferentes refletâncias emitidas pelas plantas por meio da radiação solar, podendo ser obtido a partir do processamento de imagens de satélite (Fu & Burgher, 2015).

A recuperação de nascentes é uma importante estratégia de preservação, visto que o manejo inadequado do solo e dos recursos hídricos podem provocar sérios problemas, como redução da disponibilidade hídrica. A necessidade de preservar a água desde sua nascente é uma realidade, prin-

cipalmente em regiões onde o acesso já é escasso. Desta forma, a aplicação de técnicas voltadas para a recuperação e preservação de nascentes torna-se extremamente relevante para a população (Barros et al., 2017).

Diante do exposto, objetiva-se analisar parâmetros biofísicos, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Área Foliar (IAF) e o Índice por Diferença Normalizada de Água (NDWI), e produtos do projeto MAPBIOMAS, na Bacia Experimental do Riacho Jatobá e suas principais nascentes, semiárido de Pernambuco, para a identificação de possíveis áreas em processo de degradação.

Material e Métodos

Descrição da Área de estudo

O estudo foi realizado na Bacia Experimental do Riacho Jatobá (BERJ), que possui área de 12,98 km² situada entre as coordenadas 8°23'50" e 8°26'13" de Latitude Sul, 36°54'00" e 36°50'48" de Longitude Oeste (Figura 1). Localizada no município de Pesqueira, região semiárida de Pernambuco, onde as chuvas são irregulares e os cursos d'água são intermitentes (Fontes Júnior & Montenegro, 2017). Foram estudadas, em específico, duas principais nascentes do Riacho Jatobá para um futuro processo de recuperação e conservação, sendo denominadas como Microbacia 1 (1,14 km²) e Microbacia 2 (645 m²) (Figura 1).

O clima predominante na região da BERJ é caracterizado Bsh, semiárido quente, de acordo com a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013; Beck et al., 2018). Tem precipitação média anual de 644 mm e temperatura média de 23 °C, e evapotranspiração potencial de aproximadamente 2.000 mm por ano (INMET, 2021). Os solos de referência encontrados na área da bacia são: Argissolos Vermelho Amarelo, Neossolos Regolítico e Litólico (Melo & Montenegro, 2015).

Monitoramento e análise da precipitação

Dados climatológicos foram obtidos através da estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Arcoverde-PE devido à proximidade das regiões. Analisou-se registros de 40 anos da série histórica (1980-2020), que foi utilizada para determinação da climatologia da região em conjunto à sazonalidade da precipitação em 90 dias anteriores a obtenção das imagens. Logo, aplicou-se o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) para determinar a variabilidade da precipitação anual (SPI-12), amplamente utilizado para o monitoramento de condições associadas a secas e excesso de chuva (Mckee et al., 1993), conforme Tabela 1.

Realizou-se a análise de tendências das séries temporais por meio do teste não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), analisando os dias chuvosos e

Figura 1. Mapa de localização da Bacia Experimental do Jatobá.

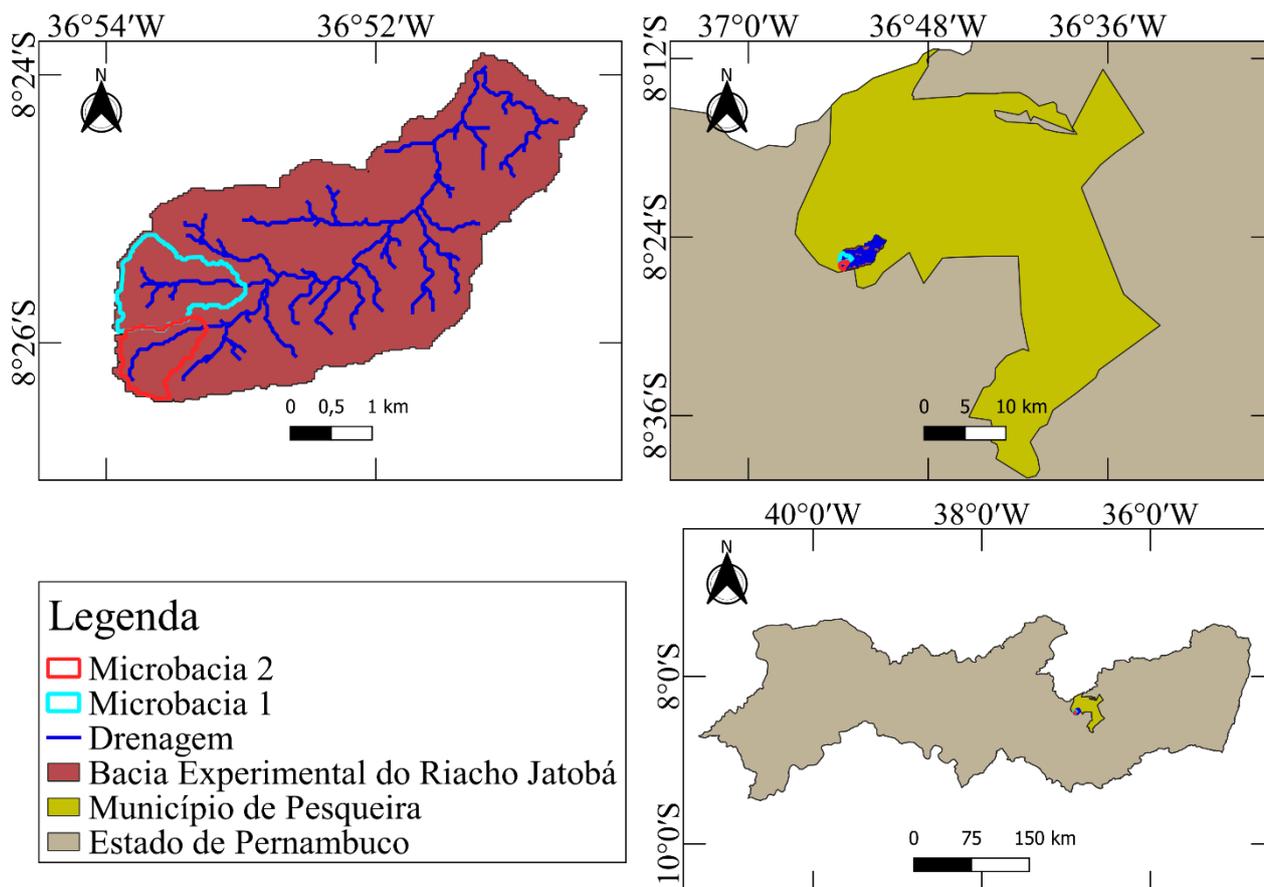


Tabela 1. Classificação do SPI.

SPI	Classificações
≥ 2.00	Extremamente Chuvoso
1.00 a 1.99	Severamente Chuvoso
0.50 a 0.99	Moderadamente Chuvoso
0.49 a -0.49	Normal
-0.50 a -0.99	Moderadamente Seco
-1.00 a -1.99	Severamente Seco
≤ -2.00	Extremamente Seco

a precipitação total anual no período de 40 anos. Além disso, considerou-se a temperatura média mensal da região para o período estudado (2019-2020), para analisar a correlação entre a intensidade de precipitação e a temperatura.

Sensoriamento remoto e o cálculo de índices de vegetação

Foram adquiridas imagens do sensor Multispectral Instrument (MSI) do satélite Sentinel-2, junto à base de dados espaciais do United States Geological Survey (USGS). Adotou-se o critério de menos de 10% de nuvens para download das imagens, obtendo-se imagens que abrangessem toda a BERJ.

Inicialmente realizou-se a correção atmosférica via Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) através do soft-

ware QGIS 3.16, para posteriormente serem calculados: o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), o Índice de Área Foliar (IAF, m² m⁻²) e o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI). O Projeto de Mapeamento Anual de Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomass) realiza o monitoramento das mudanças do território com dados de 1985 a 2019, foi utilizado para comparação entre diferentes períodos do ano (MapBiomass, 2021).

A resolução espacial do satélite Sentinel 2 varia de 10 a 60 m dependendo da faixa espectral, e o cálculo das imagens de NDVI (Rouse et al., 1973), SAVI (Huete et al., 1988), IAF (Allen et al., 2002) e NDWI (Gao, 1996) foram realizados seguindo as expressões abaixo (equações 1, 2, 3 e 4 respectivamente):

$$NDVI = \frac{IR-R}{IR+R} = \frac{Banda8-Banda4}{Banda8+Banda4} \quad (1)$$

$$SAVI = \frac{(1+L) * (IR-R)}{(L+IR+R)} = \frac{(1+L) * (Banda8-Banda4)}{L+Banda8+Banda4} \quad (2)$$

$$IAF = \frac{-\ln\left(\frac{0.69-SAVI}{0.59}\right)}{0.91} \quad (3)$$

$$NDWI = \frac{IRM-IR}{IRM+IR} = \frac{Banda8-Banda11}{Banda8+Banda11} \quad (4)$$

Para o SAVI, que foi utilizado para cálculo do IAF, L é um fator em função do tipo de solo, considerado para este estudo como sendo igual a 0,5, conforme Silva et al. (2021). Para o NDWI os valores variam de -1 a 1 e com isso pode-se estimar a cobertura e o teor de água no dossel da vegetação (Pereira et al., 2016).

Os parâmetros biofísicos (NDVI, IAF e NDWI) foram submetidos à estatística descritiva: Mínimo, Máximo, Média, Desvio Padrão (DP) e Coeficiente de Variação (CV).

Resultados e discussão

Segundo o Índice Padronizado de Precipitação (SPI), a maioria dos anos estudados foram classificados como anos normais (27 anos), seguido dos anos moderadamente chuvosos (4 anos), dos anos severamente secos (3 anos), anos severamente chuvosos e anos moderadamente secos (2

anos), e, por fim, com apenas uma classificação, anos extremamente chuvosos e extremamente secos (Figura 2). De acordo com a análise do SPI, o ano de 2019 é um ano normal e 2020 um ano extremamente chuvoso. Este índice consegue justificar o aumento de precipitação no ano de 2020, cuja precipitação total foi de 1130 mm, acima da precipitação média da série histórica, de 644 mm por ano.

Os meses chuvosos, em geral, são de janeiro a agosto, sendo os meses mais secos de setembro a dezembro, sendo também os meses com as maiores temperaturas médias (Figura 3). Segundo o teste de Mann-Kendall, para determinar as tendências de precipitação e na quantidade de dias chuvosos na região, os valores obtidos foram não significativos, indicando que não há tendências dessas variáveis.

A partir da caracterização dos meses secos e chuvosos, foi possível identificar os períodos de interesse para obtenção das imagens, para isso foi levado em conta a sazonalidade das precipitações, em que a precipitação acumulada

Figura 2. Índice Padronizado de Precipitação (SPI) da estação Arcoverde, PE.

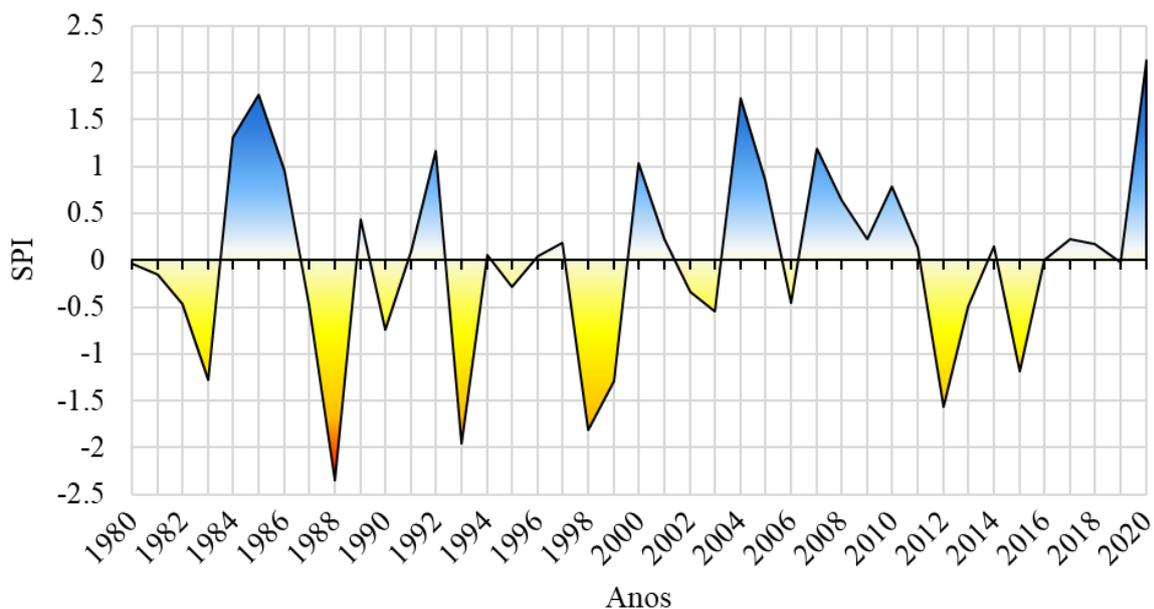
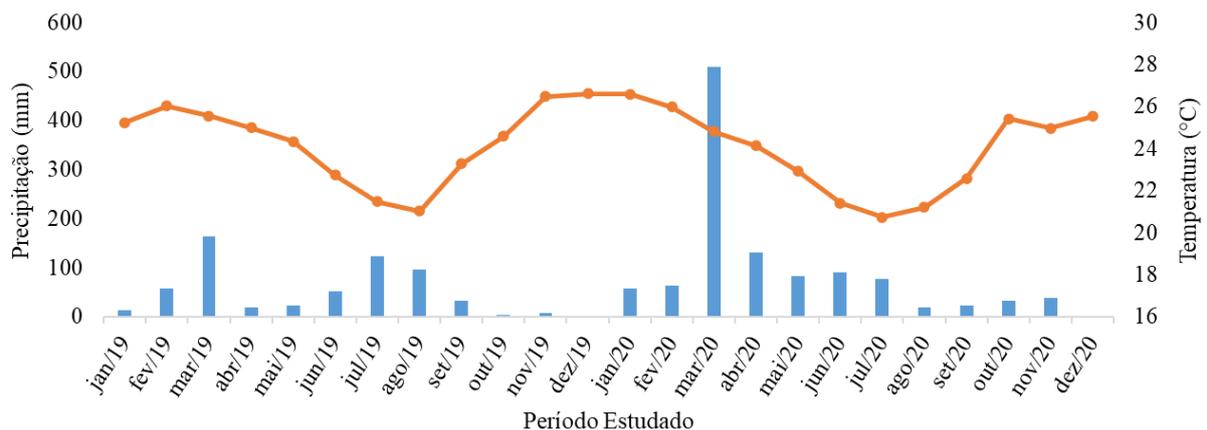


Figura 3. Gráfico de precipitação mensal para a estação Arcoverde, PE (2019-2020).



em 90 dias do período seco foi de 148,4 mm em 2019 e 70,5 mm em 2020, e de 238,5 mm no período chuvoso em 2019 e 639,3 mm em 2020, quantidade atípica para a região, sendo considerado maior do que a precipitação total anual do ano anterior (Figura 4).

A classificação do uso do solo na BERJ, através do produto do MapBiomas, apresentou as classes de: Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva, Pastagem, Mosaico de Agricultura (Figura 5). A ocupação de uso do solo da bacia em 2019 é de 0,55% composta por Caatinga Arbórea, 72,70% por Caatinga Arbustiva, 24,53% por Pastagem e 2,22% por Mosaico de Agricultura. Para a Microbacia 1 a ocupação de uso do solo em 2019 foi composta por 52,1% da classe Caatinga Arbustiva, 43,4% Pastagem e 4,5% de Mosaico de Agricultura. Já para a Microbacia 2 os valores calculados fo-

ram de 62,45% de Caatinga Arbustiva, 32,68% de Pastagem e 4,87% de Mosaico de Agricultura (Figura 5).

Os índices gerados permitem uma análise do comportamento e das alterações na cobertura vegetal na BERJ. Com relação ao NDVI (Figura 6) nota-se um aumento significativo do vigor vegetativo no período chuvoso, o que é consistente com os valores de precipitação na estação de Arcoverde-PE.

Constatarem-se valores acima de 0,5 em quase toda a região da BERJ, sendo 60% dos valores maiores que 0,8 durante o período chuvoso, apresentando diferenças visuais e estatísticas significativas em relação ao período seco, já que mais de metade da área possui valores de NDVI menores que 0,4 para os períodos de 2019–2020 (Figura 7).

Os valores calculados de NDVI permitem a percepção

Figura 4. Precipitação acumulada antecedente de 90 dias.

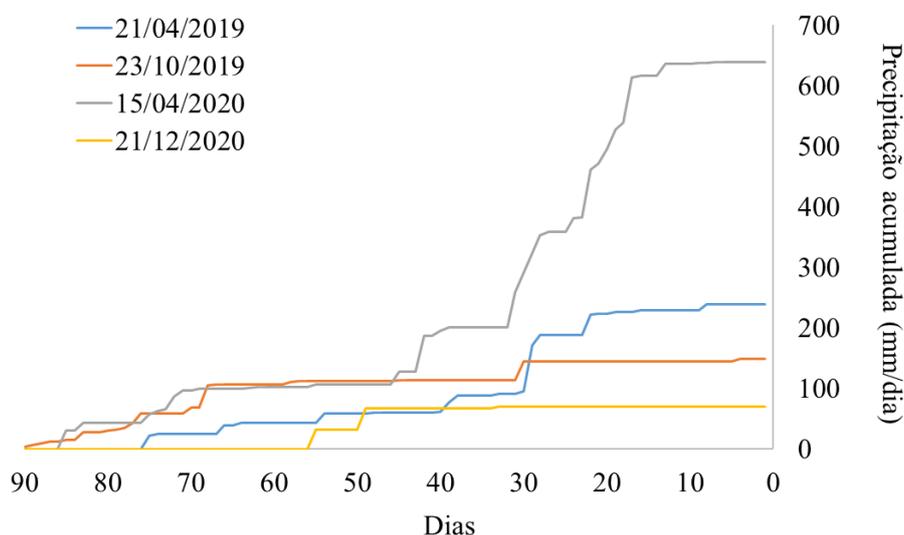


Figura 5. Classificação do uso do solo da BERJ e das microbacias em 2019.

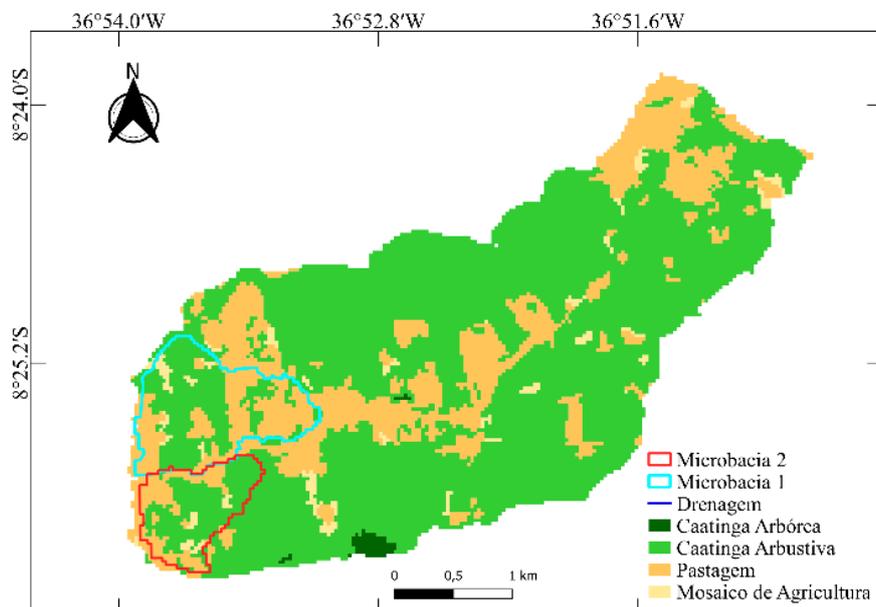


Figura 6. Mapas de NDVI da BERJ nas datas de (A) 21/04/2019, (B) 23/10/2019, (C) 15/04/2020 e (D) 21/12/2020.

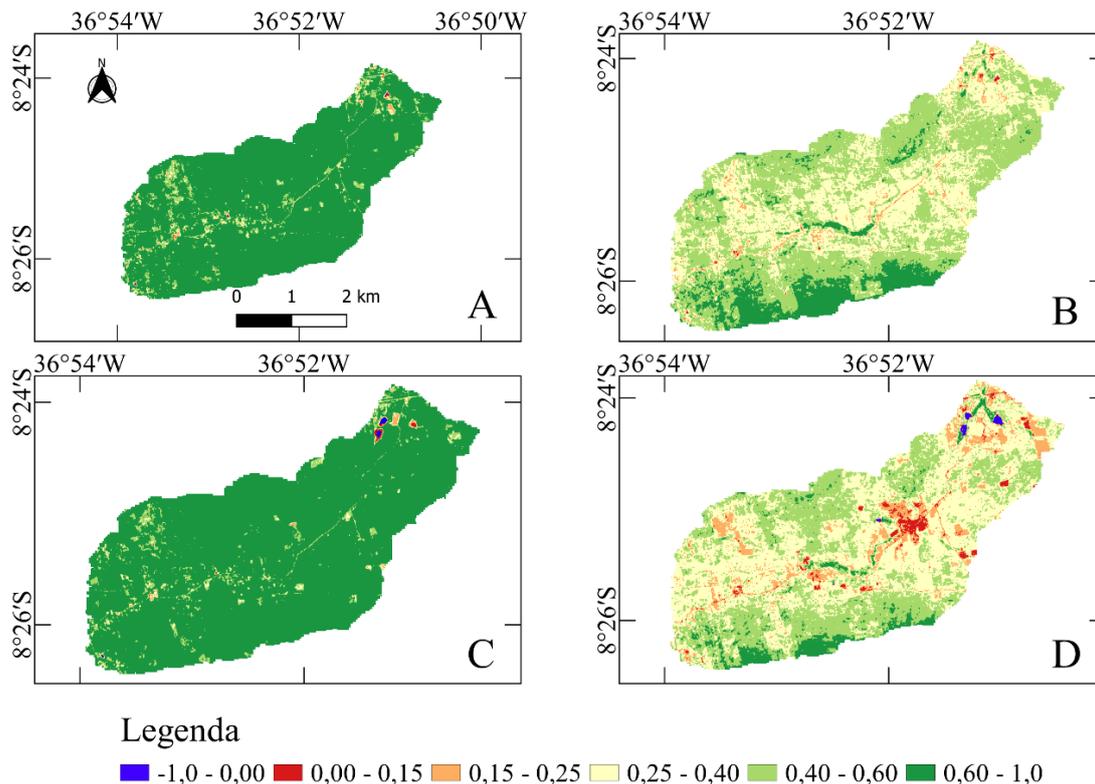
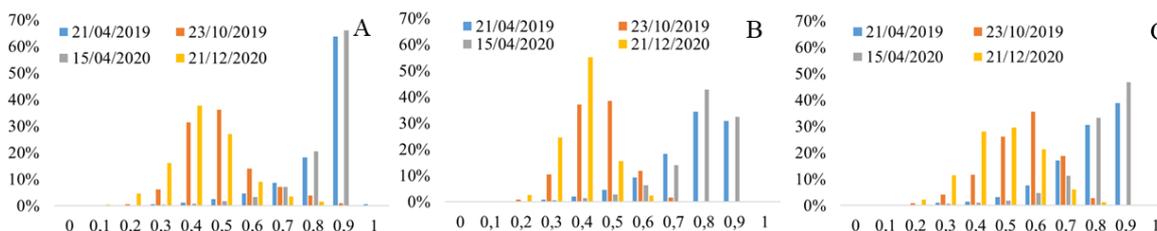


Figura 7. Distribuição NDVI na BERJ (A) Microbacia 1 (B) e Microbacia 2 (C) 2019-2020.



de que há um processo inicial de degradação. Este aumento ocorre por causa da escassez hídrica e pela ação da agricultura e pecuária na bacia, sem uso de práticas conservacionistas. Os valores calculados indicam que apesar do ano de 2020 possuir menor temperatura e maior precipitação, sendo aproximadamente o dobro da ocorrida em 2019, há uma redução maior em relação ao ano de 2019, no entanto, é possível visualizar um aumento nos corpos hídricos devido à alta taxa de precipitação. As regiões das microbacias possuem valores de NDVI abaixo ao da Bacia Experimental do Jatobá, identificando risco de degradação na Microbacia 1, devido aos resultados de NDVI abaixo de 0,5 em mais de 80% da região (Figura 7).

Os valores do Índice de Área Foliar (IAF) são de grande importância para mensurar os problemas de cobertura vegetal na região, onde no período seco foram encontrados valores bem preocupantes, em pontos específicos, que mesmo no período chuvoso não há um aumento no IAF

(Figura 8). Segundo Mariano et al. (2018), o IAF indica anomalias e a degradação do solo causadas pela falta de chuva associada à atividade pecuária.

No período chuvoso, mais de 90% da região possui valores acima de 0,4. Valores abaixo de 0,4 foram encontrados na região nordeste da bacia e em alguns pontos específicos, esses valores podem estar associados a solos expostos ou a degradação do solo, já no período seco, os valores se comportaram como descrito para a região, estando entre 0,04 e 0,4. Quando se observa os valores encontrados nas Microbacias 1 e 2, nota-se que a Microbacia 1 para o período seco de 2020 apresentou mais de 80% da região com valores abaixo de 0,2 e apesar de serem considerados como normais valores abaixo de 0,4 na região, durante mesmo período a Microbacia 2 apresentou menos de 40% da região com esses valores (Figura 9).

Com a análise do NDWI, Figura 10, constata-se que nas imagens os valores de NDWI encontram-se negativos, cor-

Figura 8. Mapas do IAF da BERJ nas datas de (A) 21/04/2019, (B) 23/10/2019, (C) 15/04/2020 e (D) 21/12/2020.

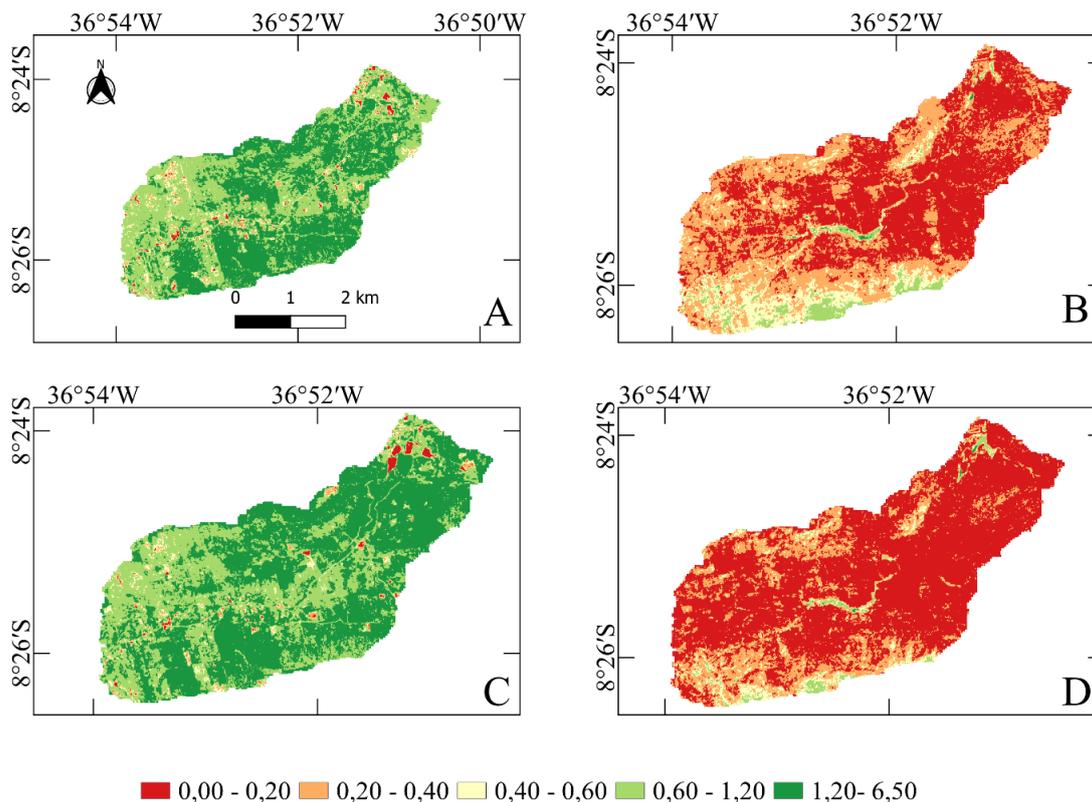
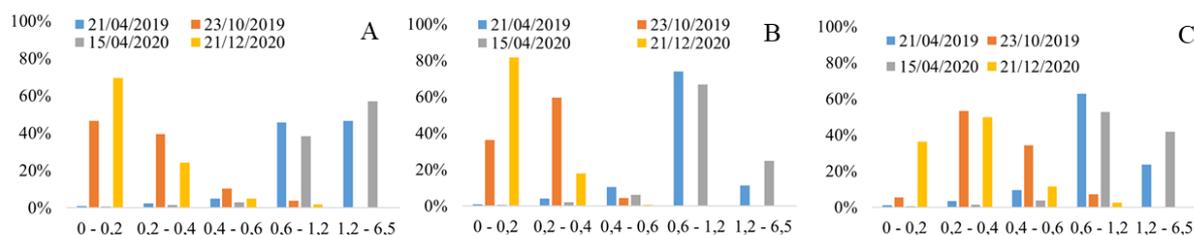


Figura 9. Distribuição IAF na BERJ (A) Microbacia 1 (B) e Microbacia 2 (C) 2019-2020.



respondendo à vegetação seca, solo exposto e áreas urbanas, já os valores acima de 0,1 são possíveis áreas com alto índice vegetativo como contrastado entre as figuras no período seco e chuvoso. Como houve uma alta precipitação acumulada na região, principalmente no ano de 2020 (Figura 4), era esperado que houvesse menor contraste entre a umidade das áreas no índice no período chuvoso, no entanto, a uniformidade apresentada ocorre devido ao uso e ocupação do solo, sendo as regiões de vegetação nativa mais eficientes na retenção de umidade do que as pastagens (Figura 5), que ocupam as maiores áreas com menor umidade registrada nos índices (Figura 10).

As imagens processadas durante o período seco apresentaram valores menores que 0 acerca de 90% da área o que demonstra o quão seca é a região, no entanto, os valores nos períodos chuvosos são cerca de 90% acima de 0,1, indicando áreas com alto vigor vegetativo. Para a região da microbacia 1, pode-se encontrar valores menores ou iguais

a 0 em aproximadamente 100% da região, indicando o possível estado de degradação do solo, que mesmo no período chuvoso mais intenso, não houve aumento de NDWI para acima de 0,1 em 12,93% da área. Para a região da microbacia 2 a possibilidade de degradação é menor, visto que no período chuvoso mais intenso, valores encontrados abaixo de 0,1 totalizaram 8,25% da região (Figura 11).

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas da Bacia Experimental do Riacho Jatobá para o NDVI, IAF e NDWI nos anos de 2019 e 2020, explicitando os valores mínimos e máximos, médias e desvio padrão, além do coeficiente de variação. Valores de NDVI acima de 0,4 representam regiões de alto vigor vegetativo (Sousa et al., 2020).

Também é possível identificar que para o IAF os valores médios durante o período seco estão abaixo de 0,4 considerado normal para região semiárida, mas valendo ressaltar que devido a maior precipitação na região, esse valor pode indicar que algumas áreas da região podem ter problemas

Figura 10. Mapas de NDWI da BERJ nas datas de (A) 21/04/2019, (B) 23/10/2019, (C) 15/04/2020 e (D) 21/12/2020.

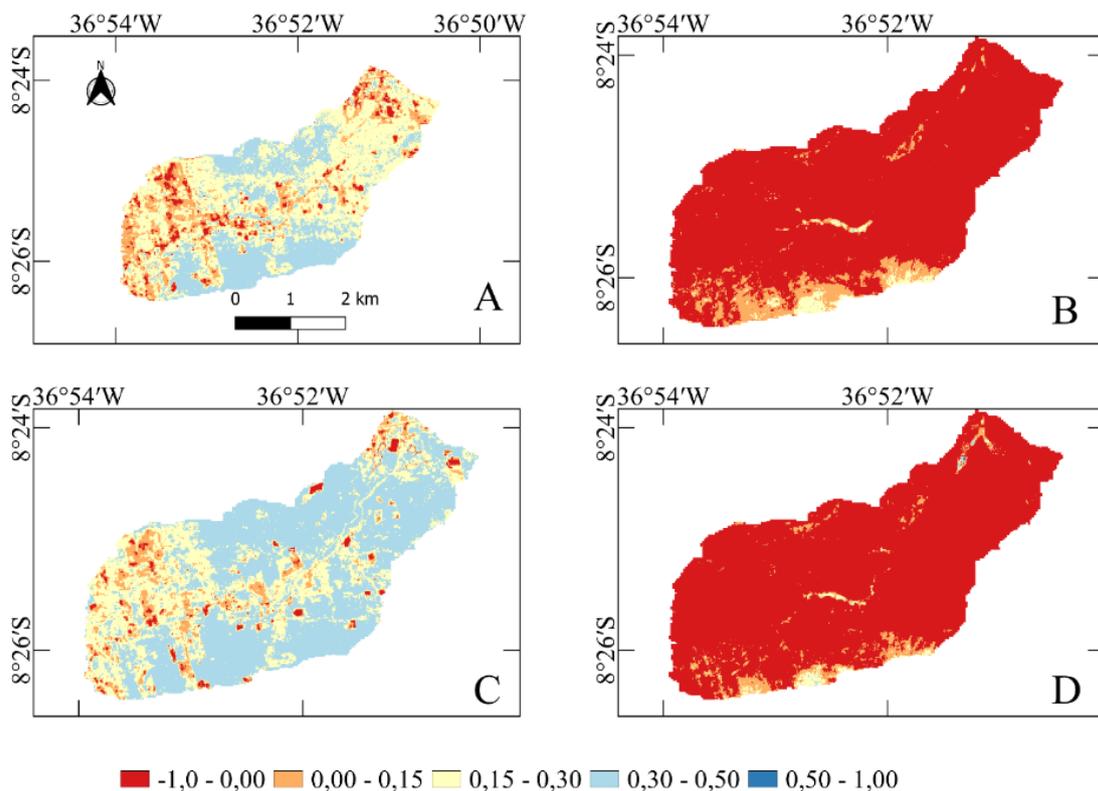


Figura 11. Distribuição NDWI na BERJ (A) Microbacia 1 (B) e Microbacia 2 (C) 2019-2020.

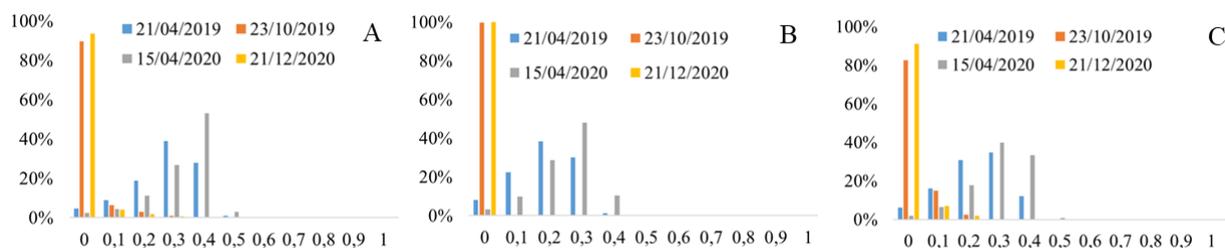


Tabela 2. Estatística descritiva dos índices de vegetação da BERJ.

NDVI					
Data	Min	Máx	Méd	DP	CV
21/04/2019	-0,312	0,921	0,784	0,122	15,56%
23/10/2019	-0,081	0,876	0,447	0,120	26,85%
15/04/2020	-0,201	0,894	0,787	0,108	13,72%
21/12/2020	-0,649	0,855	0,385	0,122	31,69%
IAF					
Data	Min	Máx	Méd	DP	CV
21/04/2019	-0,414	1,137	3,731	0,358	31,49%
23/10/2019	-0,21	0,257	2,99	0,154	59,92%
15/04/2020	-0,314	1,237	5,162	0,376	30,40%
21/12/2020	-0,386	0,174	2,147	0,142	81,61%
NDWI					
Data	Min	Máx	Méd	DP	CV
21/04/2019	-0,505	0,229	0,496	0,112	48,91%
23/10/2019	-0,546	-0,153	0,407	0,111	72,55%
15/04/2020	-0,303	0,283	0,534	0,102	36,04%
21/12/2020	-0,858	-0,188	0,605	0,112	59,57%

com a degradação do solo, seja por conta da pecuária, ou por outros fatores que afetam diretamente a cobertura do solo.

Quanto mais próximo de +1 são os valores de NDVI, maior é a densidade possível de cobertura vegetal (Sousa et al., 2020). Logo, é possível encontrar um aumento significativo no vigor vegetativo na estação chuvosa, além de encontrar áreas de degradação ambiental devido a áreas de produção ou pastagem com utilização conjunta com produtos gerados pelo MapBiomias. Assim como no trabalho apresentado por Oliveira et al. (2020), foi possível notar um aumento significativo com o período chuvoso e o aumento de precipitação. Isto ocorre porque índices como NDVI reagem de forma similar à presença de vegetação (dossel foliar), em virtude da rápida resposta da Caatinga às precipitações antecedentes.

Conclusões

A Bacia Experimental do Riacho Jatobá apresenta maior ocupação nas classes de formação Caatinga Arbustiva e Pastagem, onde é possível visualizar as diferentes respostas dos índices de acordo com essas classes. É possível identificar respostas de NDVI, IAF e NDWI maiores para as áreas de vegetação nativa como a Caatinga Arbórea e a Caatinga Arbustiva, quando comparados aos valores calculados nas áreas de Pastagem.

Pelo método de Mann-Kendall não foram encontradas tendências na precipitação anual e para a quantidade de dias chuvosos. Através da distribuição dos valores estatísticos dos índices, ao menos 90% do solo da bacia do Jatobá não se encontra degradada, mas que há necessidade de práticas conservacionistas para que esse cenário não seja alterado, visto que cenários de desertificação podem se tornar irreversíveis. O mesmo pode ser relatado para as microbacias 1 e 2, visto que os resultados de NDVI apresentados só se mantiveram baixos para o período de dezembro de 2020. No entanto, vale uma ressalva para a microbacia 1, pois para aproximadamente 82,02% da região foram registrados valores de NDVI abaixo de 0,5, enquanto a microbacia 2 foi registrado aproximadamente 41,67% da região. Para BERJ registrou-se aproximadamente 58,86%.

A baixa precipitação antecedente às imagens do período seco é um fator significativo para os baixos valores de NDVI, IAF e NDWI na região, mas foi possível localizar uma área ao centro da bacia onde esses valores são muito abaixo dos valores medidos na região, onde no ano de 2019 foi considerada pelo MapBiomias como área de Pastagem e que podem ter se tornado áreas de solo exposto devido aos valores de NDVI que variaram entre 0 e 0,1 em 2020, o que indica o efeito da ação antrópica na região.

Para um plano de ações que visa controlar esse processo de degradação que já ocorre de forma natural, mas

que está sendo acelerado por ações antrópicas, sugere-se a utilização de práticas conservacionistas, como a utilização de cobertura morta em plantações, para evitar os processos de erosão do solo causados pelas ações naturais. Além disso, também se faz necessário a manutenção das matas ciliares entorno das nascentes a serem recuperadas.

Contribuição dos autores

M. A. SILVA NETO e J. E. G. JESUS concepção do trabalho, aquisição e análise dos dados, redação do artigo.

A. A. A. MONTENEGRO concepção do trabalho, análise dos dados, redação e revisão do artigo.

L. B. SOUSA e F. A. C. LINS concepção do trabalho, aquisição e análise dos dados, redação e revisão do artigo.

A. M. S. CHAGAS concepção do trabalho, aquisição dos dados.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Laboratório de Água e Solo (LAS), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - 151969/2020-5; 308.890/2018-3, e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) - APQ 0300-5.03/17, APQ 0414-5.03/20, IBPG-1758-5.03/15 e BPV-0012-5.03/21 pelo apoio ao estudo desenvolvido.

Referências Bibliográficas

- ALVINO, F. C. G.; ALEMAN, C. C.; FIGUEIRAS, F.; ALTHOFF, D.; CUNHA, F. F. Vegetation indices for irrigated corn monitoring. *Engenharia Agrícola*, v.40, p.322-333, 2020. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n3p322-333/2020
- ALBUQUERQUE, P. I. M.; RODRIGUES, J. P. B.; PEIXOTO, F. S.; MIRANDA, M.P. Sensoriamento remoto aplicado como indicador de desertificação no município de Parelhas – RN. *Revista de Geografia*, v.37, p.241–261, 2020. DOI: 10.51359/2238-6211.2020.239097
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- ALLEN, R.; BASTIAANSEN, W.; WATERS, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. *Surface energy balance algorithms for land (SEBAL) - Advanced training and users manual*. Idaho: WaterWatch, 2002. 97p.
- ANDRADE, C. B.; OLIVEIRA, L. C.; FIGUEIRAS, L. M. M.; OMENA, J. A. M.; GUSMÃO, A. C. V. L.; RODRIGUES, D. F. B. Avaliação de índices de Vegetação e Características Fisiográficas no Sertão Pernambucano. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.12, p.814-819, 2017.
- BARROS, A. M.; CHAVES, C. O.; PEREIRA, G. M. Recuperação de nascentes: Formação de multiplicadores ambientais em área degradada de assentamento rural, Eldorado dos Carajás, Pará. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.4, p.97-107, 2018.
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, v.5, p.1-12, 2018. DOI: 10.1038/sdata.2018.214

- BLAINSKI, E.; PORRAS, E. A. A.; GARBOSSA, L. H. P.; PINHEIRO, A. Simulation of land use scenarios in the Camboriú River Basin using the SWAT model. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.22, p.1-12, 2017. DOI: 10.1590/2318-0331.011716110
- CARVALHO, A. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, H. P.; LOPES, I.; MORAIS, J. E. F.; SILVA, T. G. F. Trends of rainfall and temperature in Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, p.15-23, 2020. DOI: 10.1590/2318-0331.011716110
- FONTES JUNIOR, R. V. P.; MONTENEGRO, A. A. A. Temporal dependence of potentiometric levels and groundwater salinity in alluvial aquifer upon rainfall and evapotranspiration. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.22, p.1-9, 2017. DOI: 10.1590/2318-0331.0217170059
- FU, B.; BURGHER, I. Riparian vegetation NDVI dynamics and its relationship with climate, surface water and groundwater. *Journal of Arid Environments*, v.113, p.59-68, 2015. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2014.09.010
- GAO, B. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, v.58, p.257-266, 1996. DOI: 10.1016/S0034-4257(96)00067-3
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, v.25, p.295-309, 1988.
- INMET. *Normais climatológicas*. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/>. Acessado em: 10 de agosto de 2021.
- KENDALL, M. G. Rank Correlation Measures. London: Charles Griffin, 1975. 220p.
- MAPBIOMAS. *Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acessado em: 10 de agosto de 2021.
- MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, v.13, p.245-259, 1945.
- MARIANO, D. A.; SANTOS, C. A.; WARDLOW, B. D.; ANDERSON, M. C.; SCHILTMAYER, A. V.; TADESSE, T.; SVOBODA, M. D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. *Rem. Sens. Environ.*, v.213, p.129-143, 2018 DOI: 10.1016/j.rse.2018.04.048
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. *Drought monitoring with multiple times scales*. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 9., 1995. Boston: American Meteorological Society, 1995. p.233-236.
- MELO, R. O.; MONTENEGRO, A. A. A. Dinâmica temporal da umidade do solo em uma bacia hidrográfica no semiárido Pernambucano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.20, p.430-441, 2015.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Brasília: ICMBio, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/livro-vermelho-da-fauna-ja-esta-disponivel-para-download>. Acessado em: 31/08/2021.
- MIRANDA, M. P.; DUARTE, C. R.; GOMES, D. D. M.; SOUZA, C. D.; SILVA NETO, C. Â. S. Análise Comparativa de Imagens Sentinel-2A (MSI) e Landsat-8 (OLI) Aplicadas ao Mapeamento Geológico, Região de Itaitaia, Santa Quitéria, CE. *Anuário do Instituto de Geociências*, v.42, p.366-377, 2019. DOI: 10.11137/2019_2_366_377
- NATH, B. Quantitative Assessment of Forest Cover Change of Apart of Bandarban Hill Tracts Using NDVI Techniques. *Journal of Geosciences and Geomatics*, v.2, p.21-27, 2014. DOI: 10.12691/jgg-2-1-4
- PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINOCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? *Parcerias Estratégicas-CGEE*, v.17, p.87-106, 2012.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. *Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS*. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973. Washington: NASA, Goddard Space Flight Center, 1973. v.1, p.309-317.
- SANCHEZ-MORENO, J. F.; MANNAERTS, C.; JETTEN, V. Applicability of satellite rainfall estimates for erosion studies in small offshore areas: a case study in Cape Verde Islands. *Catena*, v.121, p.365-374, 2014. DOI: 10.1016/j.catena.2014.05.029
- SANCHEZ-MORENO, J. F.; MANNAERTS, C.; JETTEN, V. Influence of topography on rainfall variability in Santiago Island, Cape Verde. *International Journal of Climatology*, v. 34, p.1081-1097, 2014. DOI: 10.1002/joc.3747
- SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G. N.; SANTOS, W. S.; RAMOS, G. G.; VASCONCELOS, G. S.; VASCONCELOS, A. D. M. Análise florística-fitosociológica e potencial madeireiro em área de caatinga submetida a manejo florestal. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.13, p.203-211, 2017.
- SILVA, L. D.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CARNEIRO, T. F. T.; SILVA, J. R. L.; MOURA, A. E. S. S.; OLIVEIRA, L. M. M. Análise comparativa de precipitação, temperatura, e evapotranspiração entre bacias representativas do agreste de Pernambuco. In: **XX Simpósio de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves: ABRH, Anais, 2013.
- SILVA, M. V.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; LIMA, R. P.; SANTOS, A.; JARDIM, A. M. R. F.; ROLIM, M. M.; SILVA, J. L. B.; BATISTA, P. H. D.; SILVA, R. A. B.; LOPES, P. M. O.; SILVA, D. C. Spatio-temporal monitoring of soil and plant indicators under forage cactus cultivation by geoprocessing in Brazilian semi-arid region. *Journal Of South American Earth Sciences*, v.107, p.1-10, 2021. DOI: 10.1016/j.jsames.2021.103155
- SILVA, M. V.; PANDORFI, H.; LOPES, P. M. O.; SILVA, J. L. B.; ALMEIDA, G. L. P.; SILVA, D. A. O.; JARDIM, A. M. D. R. F. Pilot monitoring of caatinga spatial-temporal dynamics through the action of agriculture and livestock in the Brazilian semi-arid. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v.19, p.1-32, 2020. DOI: 10.1016/j.rsase.2020.100353
- SOUSA, L. B.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, T. G. F.; FARIAS, C. W. L. A.; CARVALHO, A. A. Evoluções de áreas irrigadas e da cobertura vegetal no entorno do rio Terra Nova, semiárido brasileiro. In: **Inovagri Meeting Virtual**. Fortaleza: Inovagri, Anais, 2020.

REFERENCIAÇÃO

SILVA NETO, M. A.; JESUS, J. E. G.; MONTENEGRO, A. A. A.; SOUSA, L. B.; LINS, F. A. C.; CHAGAS, A. M. S. Parâmetros biofísicos como instrumento analítico de degradação do solo em bacia experimental do semiárido pernambucano *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.30, e026989, 2022.

Declaração: artigo selecionado pela comissão editorial do III Simpósio sobre Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, realizado de 25 a 27 de outubro de 2021, em Juazeiro, BA, sem revisão editorial adicional de AGROMETEOROS.



Biophysical parameters as an analytical tool for soil degradation in an experimental basin in the semiarid region of Pernambuco

Moisés Alves da Silva Neto^{1(*)}, Jully Emilly Galdino de Jesus¹, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro¹, Lizandra de Barros de Sousa¹, Frederico Abraão Costa Lins¹ and Aline Maria Soares das Chagas¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE.

E-mails: moisesneto179@gmail.com, jullyemilly2@gmail.com, montenegro.ufrpe@gmail.com, lizandradebarros@gmail.com,

frederico_acl@hotmail.com and alinemschagas@gmail.com

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 October 2021

Accepted 27 June 2022

Index terms:

soil moisture

vegetation cover

springs

remote sensing

ABSTRACT

The Brazilian semiarid, whose predominant Biome is the Caatinga, has limited availability of water resources, making it necessary to prepare policies for environmental conservation and reversal of degradation. The objective was to identify areas susceptible to soil degradation using remote sensing, both in the dry and rainy seasons, in addition to identifying the vegetative behavior of two micro-watersheds in the region to be recovered. Images from the Sentinel-2 satellite Multispectral Instrument (MSI) sensor were used in the region of the Jatobá Experimental Basin, located in the headwaters of the Ipanema River. The following indices were calculated and subsequently submitted to descriptive statistics: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Leaf Area Index (IAF) and the Normalized Water Difference Index (NDWI). For the rainy season, mean values of NDVI, IAF and NDWI were respectively 0.78; 1.14; 0.23 for 2019 and 0.79; 1.24; 0.28 for 2020. For the dry period, mean values of NDVI, IAF and NDWI respectively of 0.45; 0.26; -0.15 for 2019 and 0.39; 0.38; -0.18 for 2020. Areas with low levels of vegetation were identified, which may indicate the occurrence of soils in a stage of degradation, requiring the application of conservation practices.

© 2022 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

SILVA NETO, M. A.; JESUS, J. E. G.; MONTENEGRO, A. A. A.; SOUSA, L. B.; LINS, F. A. C.; CHAGAS, A. M. S. Parâmetros biofísicos como instrumento analítico de degradação do solo em bacia experimental do semiárido pernambucano *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.30, e026989, 2022.

Disclaimer: paper selected by the editorial committee of the III Simpósio sobre Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, held from October 25 to 27, 2021, in Juazeiro, BA, Brazil, without further revision by editorial board of AGROMETEOROS.