

Resposta espectral do comportamento do NDVI e NDWI diante de diferentes intensidades pluviométricas na cidade de Patos – PB

Spectral response of the NDVI and NDWI behavior under different rainfall intensities in the city of Patos – PB

Respuesta espectral del comportamiento del NDVI y NDWI bajo diferentes intensidades de lluvia en la ciudad de Patos – PB

Recebido: 10/02/2022 | Revisado: 16/02/2022 | Aceito: 23/02/2022 | Publicado: 05/03/2022

Rodolpho Luiz Barros de Medeiros (*In memoriam*)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9497-2008>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
E-mail: rodolpholui42@gmail.com

Glaucio de Meneses Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5708-7010>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: glauciopsl@hotmail.com

Caio Franklin Vieira de Figueiredo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0364-164X>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: Caiovieirafigueiredo@gmail.com

Aliane Cristiane de Sousa Formiga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0094-4266>
Universidade Regional do Cariri, Brasil
E-mail: alianeformiga@gmail.com

Francisco Fabrício Damiano de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8950-4568>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: fabricao_kunnga@hotmail.com

Pierre Alexandre Travasso de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1478-2379>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: pierretavasso10@gmail.com

Raiff Ramos Almeida Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0820-8546>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: Raiffamosufpb@gmail.com

Antônio Oliveira Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2312-6629>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: antonioliveira9@hotmail.com

Ana Carolina Nóbrega Leite

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9777-8518>
Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
E-mail: Anacarolinanobregaleite@gmail.com

Resumo

O geoprocessamento, sobretudo as geotecnologias e em especial o sensoriamento remoto, são largamente utilizados para monitorar a cobertura vegetal e o conteúdo de água presente, através dos índices de vegetação e de águas continentais. O objetivo com essa pesquisa é de analisar as mudanças ocorridas na cobertura vegetal para períodos com diferentes intensidades pluviométricas, através dos índices de vegetação NDVI e NDWI, nos anos de 2014 e 2015 na região semiárida do município de Patos-PB, utilizando imagens de satélite do Landsat 8/OLI. Para o estudo e mapeamento na área que abrange a cidade Patos - PB, foi realizada uma pesquisa envolvendo os novos satélites de sensoriamento remoto, e dentro do contexto atual de evolução espacial, temporal e espectral, optou por utilizar imagens utilizadas do LandSAT-8/OLI. O comportamento da distribuição das chuvas, confrontando o ano de 2014 em Patos com a normal climatológica, referente a 30 anos de dados registrados (1981 a 2010), no intuito de identificar o período seco e chuvoso para aquele ano. Observa-se a similaridade da distribuição anual das chuvas para com a normal climatológica, com ressalva o mês de janeiro, bem abaixo do previsto. Ao observar a climatologia, é visível que os meses de estiagem correspondem após junho/julho. A média pluviométrica a um curto tempo de 30 dias para o

mesmo espaço-temporal de 2015 foi bem menor, mas num período de 15 dias, a média de 2015 foi bem mais significativa para a recuperação da vegetação

Palavras-chave: Geoprocessamento; Geotecnologias; Sensoriamento remoto.

Abstract

Geoprocessing, especially geotechnologies and especially remote sensing, are widely used to monitor vegetation cover and water content present, through two indices of vegetation and continental waters. The objective of this research is to analyze the changes that occurred in vegetation cover for periods with different rainfall intensities, through two vegetation indices NDVI and NDWI, in the years 2014 and 2015 in the semi-arid region of the municipality of Patos-PB, using satellite images. do Landsat 8/OLI. For the study and mapping in the area that encompasses the city of Patos - PB, a research was carried out involving the new remote sensing satellites, and within the current context of spatial, temporal and spectral evolution, it was decided to use images used by LandSAT-8/ OLI. The behavior of the distribution of rainwater, comparing the year of 2014 in Ducks with a normal climatological, referring to 30 years of recorded data (1981 to 2010), did not intuit to identify the dry and rainy period for that year. The similarity of the annual distribution of chuvas is observed for normal climatological conditions, with ressalva or more than January, bem abaixo than expected. To observe the weather, it is visible that the summer months correspond after June/July. The rainfall average at a short time of 30 days for the same space-time of 2015 was less, but in a period of 15 days, at the average of 2015 it was more significant for the recovery of vegetation.

Keywords: Geoprocessing; Geotechnologies; Remote sensing.

Resumen

O geoprocessamento, sobretudo as geotecnologias e em especial o sensoriamento remoto, são longly used for monitorar a vegetação e o contido of água present, através dos indexes of vegetação e de águas continentalis. O objetivo com essa pesquisa é de analisar as mudanças ocorridas na cobertura vegetal para períodos com diferentes intensidades pluviométricas, através dos índices de vegetação NDVI e NDWI, nos anos de 2014 y 2015 na região semiárida do município de Patos-PB, utilizando imágenes de satélite Haz Landsat 8/OLI. Para o estudo y mapeamento na área que abrange a cidade Patos - PB, foi realizó uma pesquisa envolvendo os novos satélites de sensoriamento remoto, e dentro do contexto atual de evolução espacial, temporal e espectral, optou por utilizar images used do LandSAT-8/ OLI. O comportamento da distribuição das chuvas, confrontando o ano de 2014 em Patos com a normal climatológica, reference a 30 anos de dados registrados (1981 a 2010), no intuito de identificar o period dry e chuvoso para aquele ano. Observa-se a similaridade da distribuição anual das chuvas para com a normal climatológica, com ressalva o mês de janeiro, bem abaixo do prevised. Ao observar a climatologia, é visível que os meses de estiagem correspondenm após junho/julho. A média pluviométrica a um curto tempo de 30 dias para o mesmo espaço-temporal de 2015 foi bem menor, mas num period period of 15 dias, a média de 2015 foi bem mais significant for a recuperação da vegetação.

Palabras clave: Geoprocесamiento; Geotecnologias; Sensoriamento remoto.

1. Introdução

A demanda dos recursos naturais se apresenta no contexto de fatores que se tornam grandes desafios de sobrevivência na sociedade. Mencionando apenas alguns entre os principais: disponibilidade e qualidade da água, condições do ar, saúde pública e produção de alimentos (Zabotto, 2019). A degradação ambiental devido ao uso inadequado e irresponsável dos recursos é fator preponderante a causa de impactos negativos aos ecossistemas, muitas vezes irreversíveis (Martins et al., 2021).

O bioma caatinga, exclusivamente brasileiro, é um dos mais alterados pelas atividades antrópicas nos últimos séculos (Costa & Ribeiro, 2019), sendo o fornecimento de recursos madeireiros e medicinais os mais usuais (Schistek, 2012). Os estudos no Nordeste brasileiro e principalmente nesse ecossistema são indispensáveis, pois esse bioma é um dos mais ameaçados devido ao uso descabido e insustentável dos seus recursos. A demanda de uso energético da vegetação da caatinga tem gerado modificações nas paisagens e perda de diversidade biológica por insuficiência de informações sobre o manejo das espécies (Seyffarth, 2012).

O geoprocessamento, sobretudo as geotecnologias e em especial o sensoriamento remoto, são largamente utilizados para monitorar a cobertura vegetal e o contido de água presente, através dos índices de vegetação e de águas continentais (Montanher, 2019). O geoprocessamento se caracteriza como uma “área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para tratar os processos que ocorrem no espaço

geográfico” (Zaldan, 2017). Assim, o geoprocessamento é uma tecnologia transdisciplinar, que envolve diversos ramos geotecnológicos, que é o caso do sensoriamento remoto (SR) por satélites (Montanher, 2013).

As técnicas de sensoriamento remoto têm proporcionado uma melhor realização do monitoramento e mapeamento dos recursos naturais. As imagens orbitais utilizadas do sensoriamento remoto (SR) por satélites permitem extrair informações sobre objetos em superfície que amplia a perspectiva científica para uma análise ambiental, auxiliando diagnósticos finais (Zaldan, 2017).

As imagens orbitais utilizadas permitem extrair informações sobre objetos em superfície terrestre através da captação do registro de energia refletida ou emitida, principalmente aqueles de maior sensibilidade do infravermelho, como são o caso de pesquisas que envolvam a cobertura de vegetação e umidade (Rockett, 2014).

Os índices são medidas radiométricas adimensionais, ressaltam o comportamento espectral da vegetação relacionada aos parâmetros biofísicos da cobertura vegetal. Entre os demais, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o de Água por Diferença Normalizada (NDWI). O NDVI apresenta de forma simples e rápida a identificação de áreas vegetadas, e é o mais utilizado índice de vegetação (Barboza et al., 2020). Um dos primeiros estudos realizados utilizando este índice de vegetação foi feito Rouse et al. (1974) que foi diretor do Centro de Sensoriamento Remoto do Texas A & M University, no estudo conhecido como Great Plains. O NDWI apresentado por Gao (1996) é um índice que vem ganhando importância nos estudos sobre vegetação, tem como parâmetro o conteúdo de água presente na cobertura vegetal. Estes índices auxiliam no entendimento da dinâmica da vegetação, destacando-se os estudos desenvolvidos por Bilar, Pimentel & Cerqueira (2018), que analisaram a cobertura vegetal da área monitorada do Parque Estadual da Mata da Pimenteira (PEMP), utilizando os índices de vegetação NDVI e NDWI, a fim de auxiliar no monitoramento ambiental e tomada de decisões relacionadas à gestão dessa unidade de conservação; e Silva Júnior et al. (2018), que verificaram a umidade em períodos chuvosos utilizando o NDWI e o NDVI, no Município de Água Branca –AL, a qual apresenta clima semiárido

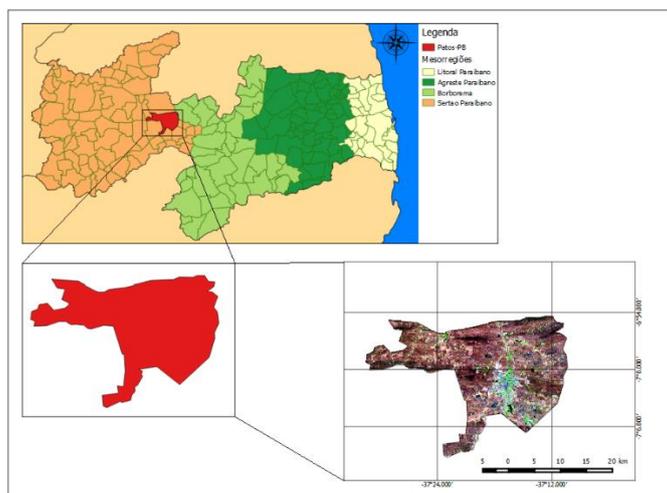
Sendo assim, o objetivo com essa pesquisa é de analisar as mudanças ocorridas na cobertura vegetal para períodos com diferentes intensidades pluviométricas, através dos índices de vegetação NDVI e NDWI, nos anos de 2014 e 2015 na região semiárida do município de Patos-PB, utilizando imagens de satélite do Landsat 8/OLI.

2. Metodologia

Localização do experimento

O município de Patos está localizado no Oeste do estado da Paraíba, numa distância aproximada de 307 km da capital, ocupando uma área de 473,056 km², estando compreendido entre as coordenadas 7° 1' 28" S, 37° 16' 48" W (Figura 1). A altitude média é de 245 metros e População estimada de 106.984 pessoas.

Figura 1. Localização geográfica do município de Patos-PB.



Fonte: Dados meteorológicos.

Foram utilizados os dados meteorológicos estimados da pluviometria mensal do período seco (julho à novembro) e chuvoso (dezembro à junho) dos anos de 2014 e 2015 para a região, obtidos através do produto 3B42 versão 7 do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), no intuito de observar estatisticamente o comportamento anual da chuva.

Os dados da pluviometria climatológica mensal abrangendo um período de 30 anos (1981 a 2011) foram catalogados, com o objetivo de observar o comportamento da climatologia local. Esses dados são do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Sendo coletados de uma estação meteorológica de superfície automática, de número 82791, localizada em Patos, cidade da pesquisa, instalada em 2007. Logo após a busca, os dados são exibidos no navegador de internet e apresentados com uma formatação padrão do INMET, em seguida copiados para um editor de planilhas e processados estatisticamente.

Dados de Sensoriamento Remoto (SR) LandSAT-8/OLI

Para o estudo e mapeamento na área que abrange a cidade Patos - PB, foi realizada uma pesquisa envolvendo os novos satélites de sensoriamento remoto, e dentro do contexto atual de evolução espacial, temporal e espectral, optou por utilizar imagens utilizadas do LandSAT-8/OLI, pela facilidade de obtenção por meio de download gratuitos no site da USGS (United States Geological Survey), mas também devido a cobertura espacial, precisão geométrica, que no caso do LandSAT 8/OLI já são georreferenciadas, calibração radiométrica e data de aquisição atualizada. As imagens do satélite são correspondentes aos dias 26/10 e 20/06 de 2014, 14/11 e 06/05 de 2015, e foram escolhidas de acordo com o percentual de cobertura de nuvens na cidade.

Na etapa de pré-tratamento das imagens, foram observado as bandas 4, 5 e 6 do Landsat-8/OLI que correspondem aos comprimentos de ondas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio, bandas estas utilizadas para calcular o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) e o índice de diferença normalizada da água (NDWI) correspondente ao período seco e chuvoso de 2014 e 2015 na região, em seguida, foram processadas através do software QGIS versão 2.10.1, utilizando-se do sistema de coordenadas geográficas UTM com Datum WGS 84 EPSG:4326, e visualizada através de mapas a distribuição dos índices na região de estudo.

O resultado do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) foi obtido através do cruzamento das bandas 4 e 5, calculando a razão entre as refletividades do infravermelho-próximo (b5) e do vermelho (b4) pela soma dos mesmos. Equação 1.

$$\text{NDVI (Landsat8)} = \frac{(b_5 - b_4)}{(b_5 + b_4)} \text{ (Equação 1)}$$

O índice da diferença normalizada da água (NDWI) foi analisado de acordo com Pereira et al. (2015). Para $\text{NDWI} \geq 0$ têm-se áreas com presença de água e para $\text{NDWI} \leq 0$ a ausência de água na superfície do terreno. No cálculo do índice de água continental, foi feita a razão entre o infravermelho-próximo (b_5) e do infravermelho-médio (b_6) pela soma dos mesmos. Equação 2:

$$\text{NDWI (Landsat8)} = \frac{(b_5 - b_6)}{(b_5 + b_6)} \text{ (Equação 2)}$$

Com base nos procedimentos mencionados, obtive os resultados dos dois índices (NDVI e NDWI) nos períodos pré-determinados. Foi atribuído aos dados numéricos, um realce de falsa cor, composição colorida que destacam os alvos observados.

Interpolação de dados ambientais

No intuito de observar o comportamento da chuva num curto período, foram obtidos os dados de precipitação de 14 postos pluviométricos de Patos-PB e imediações com o órgão estadual da Agência Executiva de Gerenciamento das Águas do Estado da Paraíba (AES), e através do método determinístico IDW (Inverse Distance Weighting) proposto por Shepard (1968), foi feita uma interpolação espacial da pluviometria, utilizando pontos vetoriais com valores conhecidos para estimar valores locais desconhecidos cobrindo a superfície de toda a área. O método pressupõe que quanto mais distante um local observado estiver do estimado menor será seu peso, isto é, menor será sua influência sobre o valor interpolado. Sua expressão é dada pela equação 3.

$$F(x,y) = \sum_{(K=1)}^N \frac{W(x_k,y_k) F(x_k,y_k)}{\sum_{(i=1)}^N W(x_i,y_i)} \text{ (Equação 3)}$$

Na equação 3, o correspondente ao valor interpolado da coordenada (x,y) , N o número de pontos observados na imediação do local interpolado, $F(x_k,y_k)$ é o valor constatado no determinado ponto K , e $W(x_k,y_k)$ são os pesos atribuídos aos pontos de cada uma das localidades. A expressão usual para determinar a função peso é determinado na equação 4.

$$W(x_k,y_k) = \frac{d_k(x,y)^{-p}}{\sum_{(i=1)}^N d_k(x,y)^{-p}} \text{ (Equação 4)}$$

Na equação 4, a quantidade $d_k(x,y) = \sqrt{(x-x_k)^2 + (y-y_k)^2}$ corresponde a distância entre a coordenada interpolada (x,y) e cada um dos locais observados (x_k,y_k) . A razão da distância é obtida através do sistema de coordenadas esféricas. O $\sum_{(K=1)}^N W(x_k,y_k) = 1$.

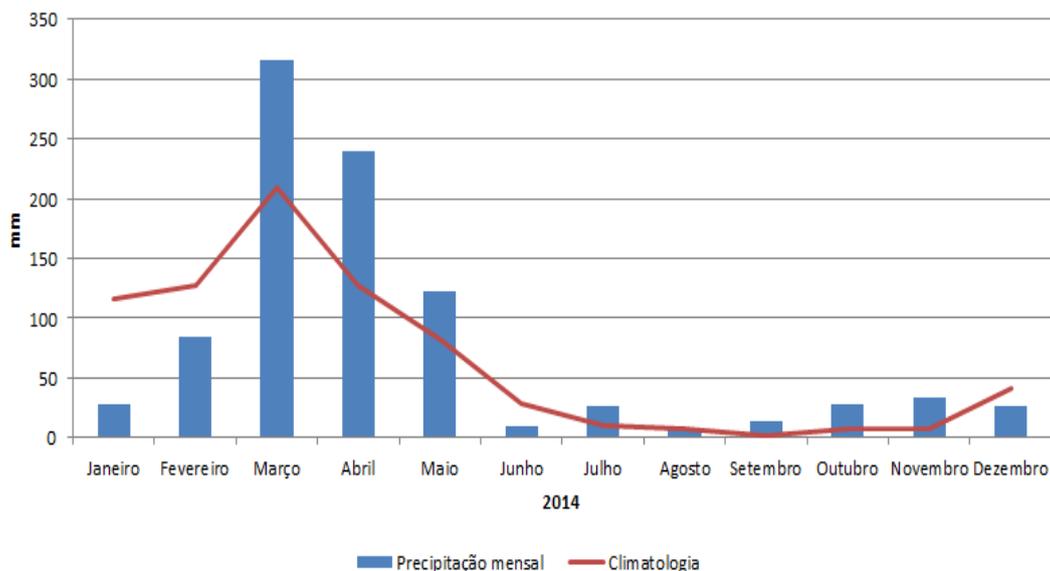
Executado através do software QGIS versão 2.10.1, teve sua plataforma do SIG (Sistema de Informação Geográfica) reprojeta para o sistema de coordenadas planas UTM com Datum WGS 84 e zona 24S, depois disso, foi observado a distribuição espacial das chuvas na cidade de estudo e circunvizinhas, num período de 15 e 30 dias que antecedeu o dia das imagens do período chuvoso de 2014 (21/05 a 19/06) e 2015 (06/04 a 05/05). Por mapas digitais de elevação e isoietas (isolinhas, isoipsas ou curvas de nível) com seus pontos numéricos e valores determinados, foram analisados.

3. Resultados e Discussão

O comportamento da distribuição das chuvas, confrontando o ano de 2014 em Patos com a normal climatológica, referente a 30 anos de dados registrados (1981 a 2010), no intuito de identificar o período seco e chuvoso para aquele ano (Figura 2). No decorrer do período, a precipitação anual acompanhou o comportamento da média climatológica, à exceção foram janeiro e fevereiro, que choveu abaixo do esperado, março, abril e novembro, acima do observado. Albuquerque et al.

(2014) avaliaram a análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Sousa – PB e chegaram a informação semelhante a dessa pesquisa. Observaram que os períodos estudados para o Município de Sousa são caracterizados por uma distribuição de chuva que se aproximam da climatologia.

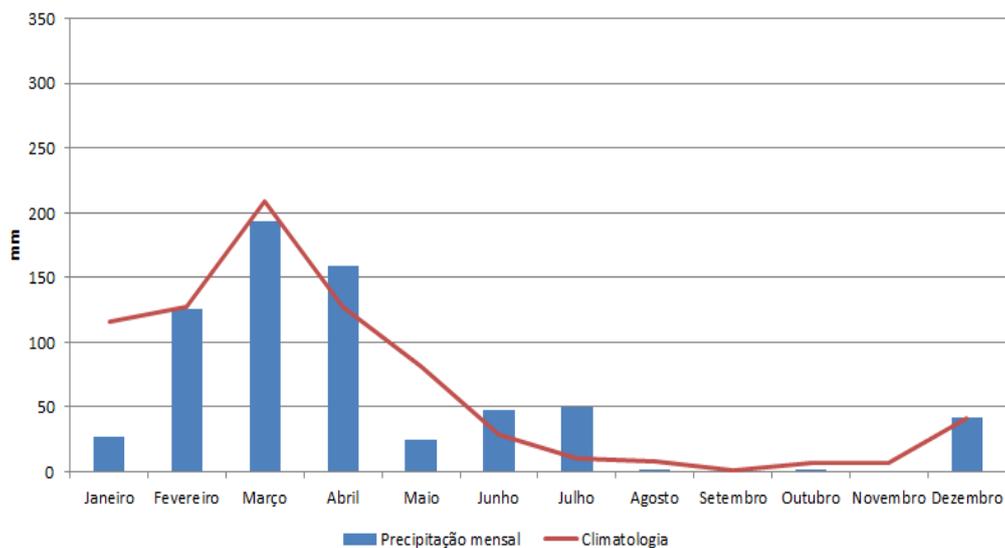
Figura 2. Comportamento da precipitação acumulada mensal (mm), no ano de 2014, no município de Patos em comparação com a climatologia. Fonte: dados TRMM e INMET.



Fonte: Autores.

O comportamento pluviométrico no ano de 2015 do Município de Patos é observado na Figura 3. Observa-se a similaridade da distribuição anual das chuvas para com a normal climatológica, com ressalva o mês de janeiro, bem abaixo do previsto. Ao observar a climatologia, é visível que os meses de estiagem correspondem após junho/julho.

Figura 3. Comportamento da precipitação acumulada mensal (mm), no ano de 2015, no município de Patos em comparação com a climatologia. Fonte: dados TRMM e INMET.



Fonte: Autores.

Explorando estatisticamente a distribuição anual e climatológica das chuvas, pode-se emitir que o ano de 2014

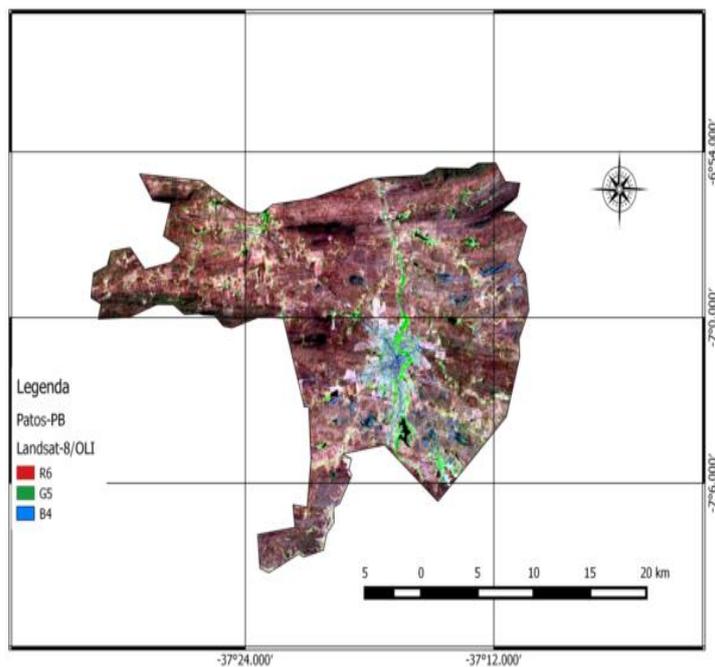
apresentou um total de precipitação acumulada mensal de 27,8% acima de 2015 e 18% acima da média climatológica. Isso corresponde à precipitação de 932,2 mm em 2014, enquanto 2015, o total foi de 672,9 mm e a climatológica 764,4 mm. A partir desse contraste da distribuição da variável, foi escolhido o período de estudo, com o intuito de identificar a influência da chuva na vegetação típica de Patos, localizada no sertão do estado.

Na região estudada podem-se identificar os objetos nela representada, a exemplo na Figura 4, que apresenta uma composição de cores naturais simuladas RGB (654) do município, obtida através de dois instrumentos imageadores, Operacional Terra Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS) a bordo do satélite Landsat-8, datada de 14/11/2015.

A partir da imagem de satélite, observa-se o solo exposto com tonalidade avermelhada e a variação da vegetação predominante, em que os tons azulados indicam vegetação rala, diferenciando-a do solo exposto. As áreas em verde-claro correspondem à cobertura vegetal com boa disponibilidade hídrica, presente principalmente em porções próximas aos rios, açudes e riachos. Observa-se com destaque o rio espinharas que banha a região, cortando a cidade no sentido sul-norte, o corpo d'água é afluente do rio Piranhas.

De acordo com Medeiros e Paz (2021) o Índice de Vegetação de Diferença Ponderada (WDVI) foi o que apresentou melhor a identificação das áreas com vegetação baixa e espaçada em relação aos outros índices, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), pois, no WDVI é feita uma correção para atenuar a umidade e brilho do solo, o que mostrou ser um diferencial na região aplicada.

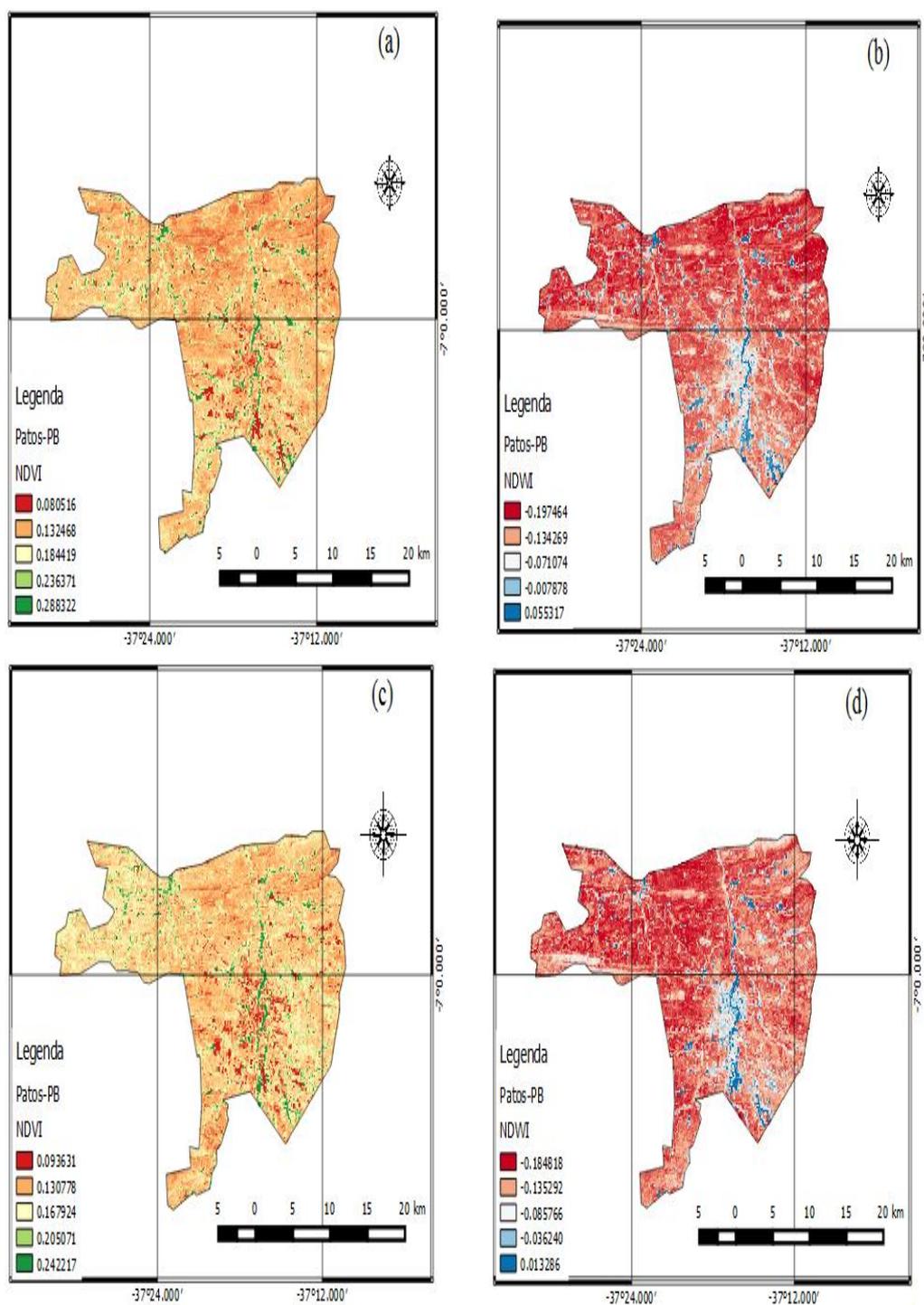
Figura 4. Local estudado em composição RGB do Landsat 8/OLI.



Fonte: Autores.

As Figuras 5 exibem os resultados obtidos de NDVI e NDWI para durante o período seco, no município de Patos-PB. Os índices de vegetação e de água continental foram condizentes com os valores encontrados na literatura para áreas de caatinga, assim como para a resposta espectral de corpos d'água.

Figura 5. (a). Distribuição espacial do NDVI e NDWI para os dias (a) e (b) 26/10/2014, (c) e (d) 14/11/2015 durante o período seco.



Fonte: Autores.

Em parte do período seco de 2014, com baixa precipitação pluviométrica, o NDVI variou de 0,08 a 0,28, tendo uma média de 0,18 e desvio padrão de 0,007 (Figura 5 (a)). O NDVI apresentou os menores valores para corpos d'água e medianos de 0,13 a 0,18 para áreas de solo exposto e vegetação esparsa, tais resultados predominam por quase todo o mapa, e correspondem a vermelho, laranja e marrom-claro, a demonstração da ocorrência de perda de cobertura vegetal neste período devido à estiagem. As áreas em verde (claro e escuro) na figura possuem uma maior abundância vegetativa, os que

correspondem a uma pequena parte da área, devido à prática de agricultura irrigada estão localizados próximos aos alvos d'água que banham a região.

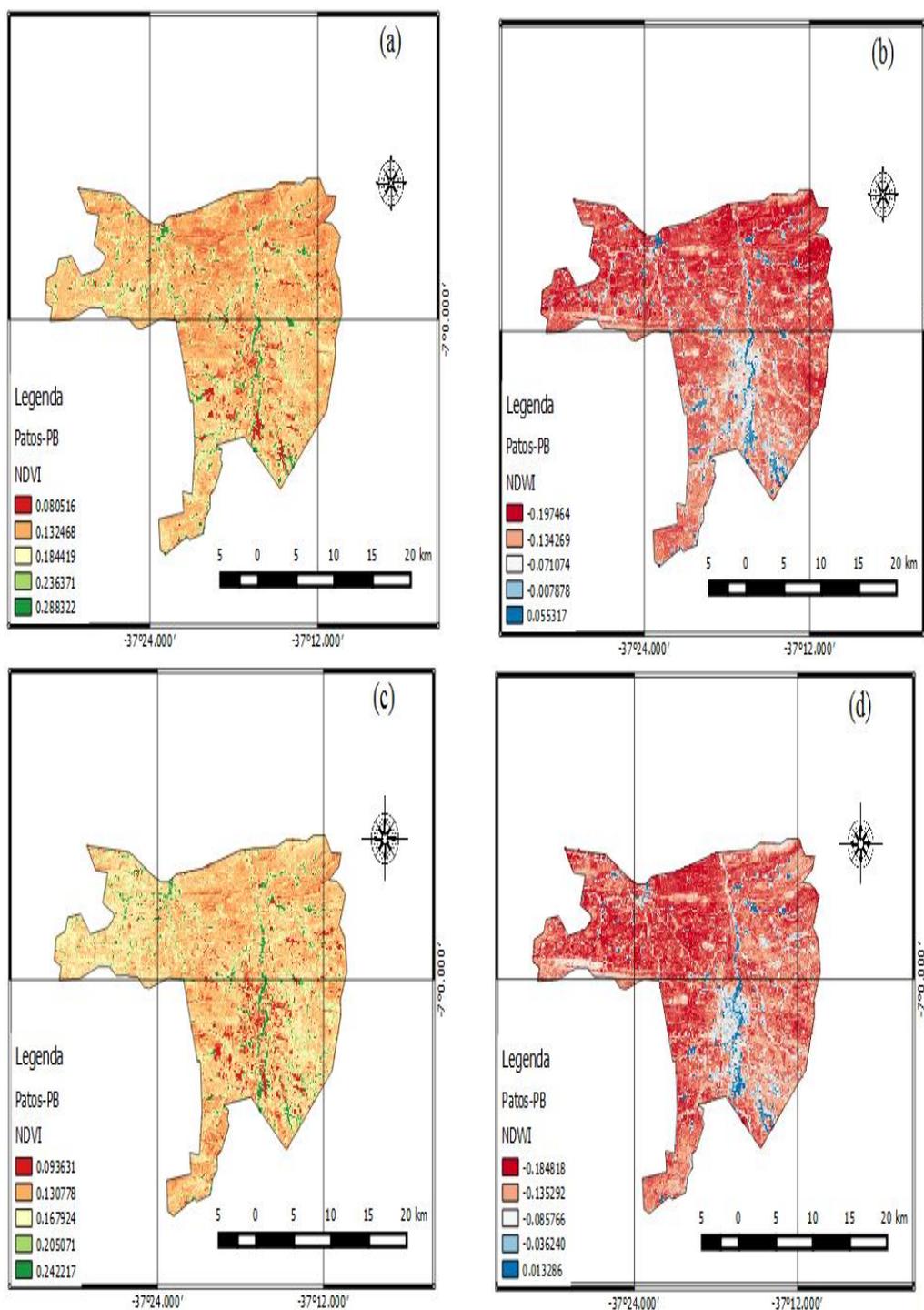
Na Figura 5 (b), que configura o NDWI durante o mesmo período de escassez de chuva e área de estudo, um baixo teor de umidade e água na superfície do terreno, representado pela cor azul-escuro, contrastando com uma grande distribuição de valores negativos do mapa, dominados pelo vermelho, laranja, branco e azul-claro. Apenas em áreas onde há objetos d'água e cultivo irrigado que este índice apresentou valores altos de 0,05, entretanto, a média foi de -0,07 e desvio padrão 0,09. Áreas irrigadas, rios, açudes e riachos, podem ser alvos facilmente identificados nesse período seco, devido à vegetação contínua e presença de água na superfície, fatores esses observados através do índice de vegetação (NDVI) e de águas continentais (NDWI).

No mesmo período já mencionado, o NDVI em 2015 (Figura 5 (c)) apresentou um decréscimo significativo, notório desde já com a diminuição da cor verde na região do mapa. Os valores encontrados entre 0,09 e 0,16 apresentam uma vegetação menos densa, e acima de 0,20, um estado fenológico vegetativo pior que o ano anterior. O índice de vegetação que variou de 0,09 a 0,24, apresentou uma diminuição na média que foi 0,16, no entanto, um aumento no desvio padrão de 0,05. O NDWI para o ano de baixa precipitação pluviométrica (2015), durante o período seco, apresentou uma leve diminuição, porém, significativa, sua média ficou cerca de -0,08 e desvio padrão de 0,07.

Conforme mostra a Figura 5 (d), há um decréscimo no teor de umidade da vegetação e de concentração de água perante o ano anterior. Essa diminuição da média do NDVI e NDWI, para parte do mesmo período de escassez de chuva é justificada através da precipitação anual, houve um volume pluviométrico maior em 2014 que em 2015. De acordo com Choudhury (1992), as características da vegetação natural da caatinga contrastam com as das culturas irrigadas estabelecidas que apresentem alta atividade fotossintética, com dominância de poucas espécies.

A Figura 6 e suas subsequentes letras a, b, c e d, mostram o NDVI e NDWI para os respectivos anos de pluviometrias distintas (2014 e 2015) durante o período chuvoso na região de estudo.

Figura 6. Distribuição espacial do NDVI e NDWI para os dias (a) e (b) 20/06/2014 e (c) e (d) 06/05/2015 durante o período chuvoso.



Fonte: Autores.

Os valores para o NDVI (Figura 6 (a)) em 20 de junho de 2014 em Patos-PB, variaram entre 0,07 e 0,39, a média foi de 0,23 e desvio padrão de 0,11. Os valores mais elevados de 0,31 e 0,39 evidenciam a presença de vegetação densa, representados pela tonalidade verde (claro e escuro). Estes menores valores e intermediários foram obtidos em áreas de corpos d'água (vermelho), âmbito urbano (vermelho e laranja) e caatinga (marrom-claro), na devida ordem, variando entre 0,07 e 0,23. A Figura 6 (b) mostra a distribuição do NDWI para a mesma região e parte do período chuvoso. O comportamento do

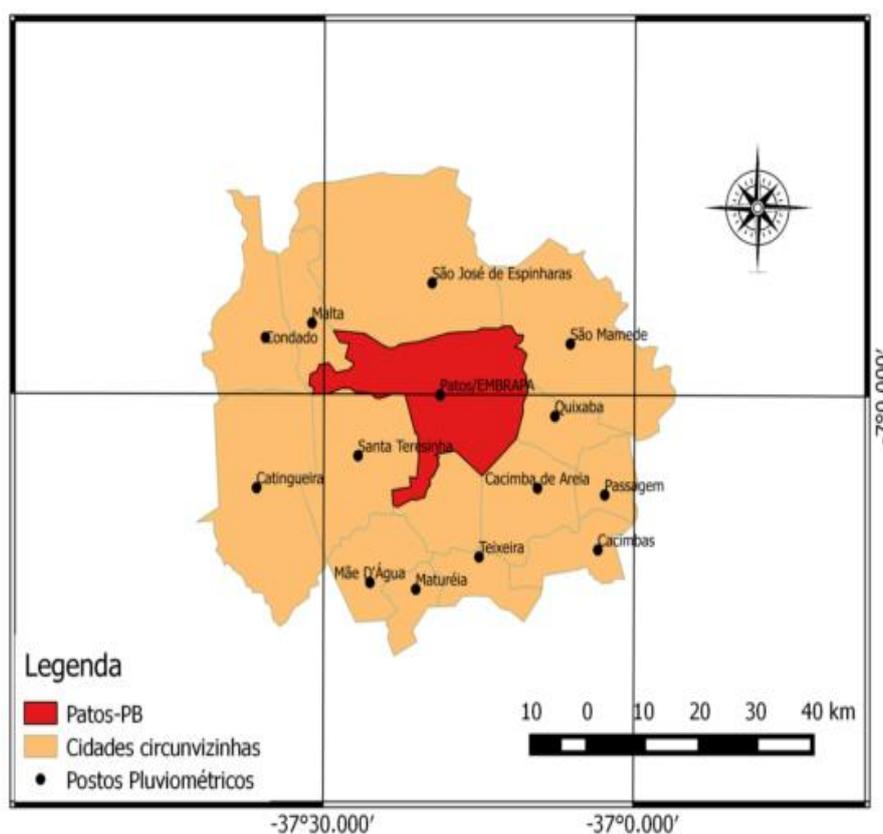
NDWI na data diferiu bastante do período seco, o que pode ser atribuído a diferentes distribuições pluviométricas mensais no ano em 2014. O valor mínimo e máximo do índice foi respectivamente de -0,07 e 0,19, a média foi de 0,05 e o desvio padrão 0,09.

Para o mesmo período em 2015, consta na figura 6 (c) que os valores estatísticos do NDVI mínimo e máximo foram 0,10 e 0,45, a média foi 0,27 e desvio padrão 0,12. O índice de diferença normalizada da água (NDWI) apresentou valores mínimo e máximo de -0,09 e 0,22, respectivamente, uma média aproximada de 0,07 e desvio padrão de 0,11. Observa-se que há um aumento na média e em valores mínimos e máximos do índice de diferença normalizada da vegetação (NDVI) e da água (NDWI) no período chuvoso de 2015 em comparação a 2014, mesmo sendo em 2014 o ano com volume maior de chuva.

De acordo com Leandro, Rocha & Santos (2021) detectadas na sub-bacia hidrográfica uma diminuição das atividades fotossintéticas, o que correspondente ao baixo curso do rio Sepotuba. Que pode estar relacionado a relação com os arranjos produtivos das culturas temporárias devido a exposição do solo. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI é um importante indicador do comportamento hidrológico, dos processos morfológicos coexistentes em sistemas fluviais, bem como para a análise dos efeitos do avanço das classes de usos e ocupação da terra sobre sua bacia hidrográfica.

No intuito de associar o comportamento do índice de vegetação e de águas continentais com a precipitação num curto período de tempo (15 a 30 dias) durante período chuvoso representado pelas imagens obtidas de 2014 e 2015, utilizou-se do método IDW (Inverso da Distância à Potência) para a interpolação espacial pluviométrica de Patos-PB e das cidades adjacentes, através dos pontos de localização das suas referidas estações meteorológicas (Figura 7).

Figura 7. Localização de Patos e cidades circunvizinhas com seus postos pluviométricos interpolados.

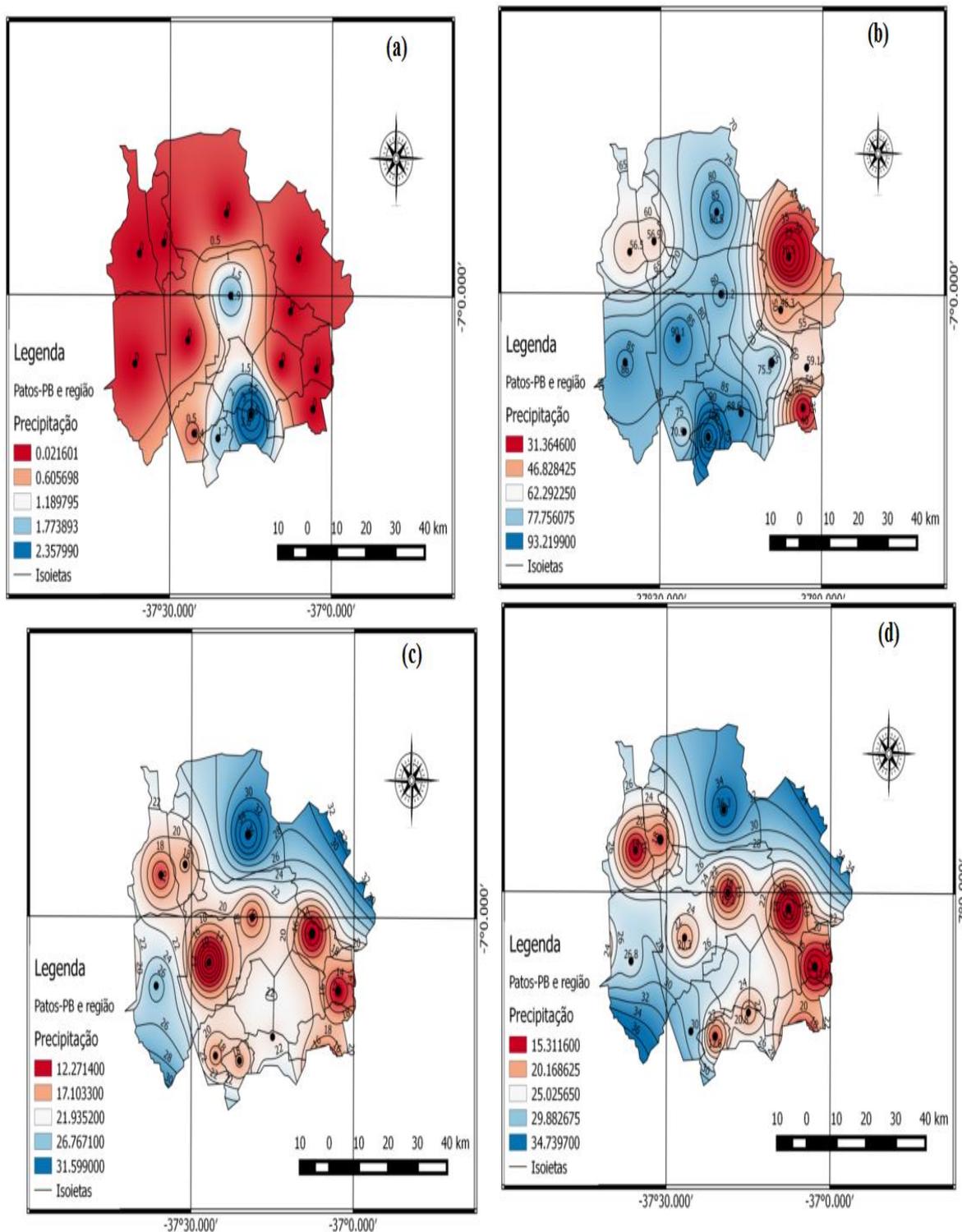


Fonte: Autores.

A precipitação pluvial é uma das variáveis meteorológicas que influencia na variação espacial e temporal da cobertura vegetal em qualquer região, não é diferente no bioma caatinga do semiárido paraibano. A partir do mapa com valores

interpolados de precipitação para os 15 dias que antecedeu a imagem que representa o período chuvoso de 2014, mostrada na figura 8 (a), percebe-se que apesar de, a precipitação anual ter sido bem acima da média climatológica, houve baixa pluviosidade e variabilidade, o que justifica os baixos índices de NDVI e NDWI para a região.

Figura 8. Distribuição espacial da precipitação pluviométrica para os 15 e 30 dias que antecederam as datas (a) e (b) 20/06/2014 e (c) e (d) 06/05/ 2015, durante o período chuvoso.



Fonte: Autores.

Os valores mínimo e máximo foram respectivamente 0,02 mm e 2,35 mm, tendo uma média aproximada de 1,2 mm e desvio padrão de 0,82. Com uma amplitude média dos valores precipitados de 15 aos 30 dias precedentes de 61,1 mm, constataram-se na figura 8 (b) um aumento da intensidade das chuvas bem como uma maior variabilidade espacial e temporal após há primeira quinzena. Os 30 dias anterior à data que caracteriza a estação chuvosa, teve como valores mínimo e máximo, nesta ordem, de 31,36 mm e 93,22 mm, média 62,3 mm e desvio padrão 21,87.

No período chuvoso de 2015, correspondente a 15 e 30 dias que antecedeu a imagem, respectivamente figura 8 (c) e (d), nota-se uma variabilidade espacial mais homogênea e distribuição temporal mais regular das chuvas, a amplitude média registrada foi cerca de três mm dos totais precipitados. Na figura 8 (c), condizente há primeira quinzena, apresentaram valores mínimo de 12,27 mm e máximo de 31,59 mm, média 21,93 mm e desvio padrão 6,83. Observou-se uma maior precipitação em comparação ao mesmo intervalo de 2014, a amplitude média para o mesmo foi de 20,7 mm, o que explica os maiores valores de NDVI e NDWI mesmo sendo o período de 2015 de menor pluviometria. Perceberam-se na figura 8 (d) da segunda quinzena, um aumento gradativo das chuvas e valores correspondente aos 30 dias significativos.

Os valores foram mínimos de 15,31 mm e máximo de 34,73 mm, média 25,02 mm e desvio padrão de 6,85. A média pluviométrica a um curto tempo de 30 dias para o mesmo espaço-temporal de 2015 foi bem menor, mas num período de 15 dias, a média de 2015 foi bem mais significativa para a recuperação da vegetação (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados quantificados da média do NDVI, NDWI e precipitação acumulada (dos 15 e 30 dias que antecedeu a data de observação dos índices; mensal e total) nos períodos chuvoso e seco na cidade de Patos - PB.

Data	Período Chuvoso		Período Seco	
	20/06/2014	06/05/2015	26/10/2014	14/11/2015
NDVI	0,23	0,27	0,18	0,16
NDWI	0,05	0,07	-0,07	-0,08
• Pluviometria próxima 15d (mm)	1,9	15,2	X	X
•• Pluviometria próxima 30d (mm)	81,2	15,2	X	X
••• Pluviometria mensal (mm)	825,06	620,39	107,16	52,57
•••• Pluviometria total (mm)	932,22	672,97	932,22	672,97

•••• Pluviometria total (mm) 932,22 672,97 932,22 672,97

Precipitação acumulada diária próxima à data de observação dos índices (15 dias que antecedeu a observação). Fonte: AESA.

•• Precipitação acumulada diária próxima à data de observação dos índices (30 dias que antecedeu a observação). Fonte: AESA.

••• Precipitação estimada do acumulado mensal referente a cada período (chuvoso e seco). Fonte: TRMM.

•••• Precipitação estimada do acumulado anual (2014 e 2015). Fonte: TRMM.

Fonte: Autores.

De acordo com Silva e Farias (2021) os índices biofísicos NDVI e NDWI foram eficazes para a compreensão da variabilidade espaço-temporal, vigor vegetativo e presença de umidade nas áreas vegetativas da área estudada. Os períodos secos revelaram menor exuberância da vegetação, em relação ao período chuvoso, indicando a necessidade de adoção de estratégias para convivência com eventos extremos de seca

4. Conclusão

De maneira geral, os índices de vegetação utilizados mostraram-se eficientes para analisar a resposta espectral da cobertura vegetal da área estudada. A observação do comportamento da vegetação, utilizando esses índices, de acordo com o regime pluviométrico apresenta informações relevantes sobre sensibilidade hídrica e/ou áreas com possível manejo irrigado para a prática da agricultura, necessária a subsistência na região, considerando que se trata de uma região semiárida.

Sendo necessários mais estudo com esses índices de vegetação para estudar o ambiente Semiárido.

Referências

- Albuquerque, E. M., Andrade, S. C. P., Morais, H. F., Diniz, J. M. T., & Santos, C. A. C. (2014). Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Sousa –PB. *Revista Estudos Geoambientais*, 1, 1-11.
- Barboza, E. N., Bezerra neto, F. C., & Caiana, C. R. A. (2020) Geoprocessamento aplicado na análise dos efeitos da urbanização no campo térmico em Fortaleza, Ceará. *Research, Society and Development*, 9:e57973731.
- Bilar, A. B. C., Pimentel, R. M. M., & Cerqueira, M. A. (2018) Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos e gestão de áreas protegidas. *Geosul*, 33, 236-259
- Choudhury, B. J. (1992). Multispectral satellite observations for arid land studies. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 47, 101-126.
- Costa, A. P., & Ribeiro, A. (2019) Importância do Estudo da Caatinga nas Escolas Públicas situadas em regiões de predomínio desse Bioma. *Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, 13, 1043-1058.
- Gao, B. C. (1996) NDWI- A normalize difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote sensing environment*, 58, 257-266.
- Leandro, G. R. S., Rocha, P. C., & Santos, C. R. (2021) Aplicação do índice de vegetação com diferença normalizada – NDVI no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Sepotuba – Alto Paraguai – Mato Grosso. *Equador*, 10, 298-317
- Martins, J. D. D. & Ribeiro, M. F. (2021). O consumismo como fator preponderante para o aumento da geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais e na saúde pública. *Revista Direito Econômico Socioambiental*, 12, 123-152.
- Medeiros, J. E. S. F., & Paz, A. R. (2021) Avaliação de um conjunto de índices na identificação do risco de ocorrência de desertificação na sub-bacia Taperoá-PB. *Revista Geociências*, 40, 987-1004.
- Montanher, O. C. (2013) Ciclos de erosão e sedimentação em bacias hidrográficas urbanas do noroeste paranaense e suas implicações no ajuste de sistemas fluviais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 14, 319-325.
- Montanher, O. C. (2019) Levantamento de dados e análise de mudanças em sistemas fluviais por meio de Geoprocessamento e sensoriamento remoto: proposta metodológica e estudo de caso. *Revista Caminhos de Geografia*. 20, 136-157.
- Pereira, G. C. & Morais, F. (2015). Índice NDWI e imagem SRTM aplicados ao mapeamento das áreas inundáveis do entorno da Lagoa da Confusão –TO. In: Territórios brasileiros: dinâmica, potencialidade e vulnerabilidades.
- Rockett, G. C. (2014). Sensoriamento remota e georradar aplicados à caracterização de sistemas deposicionais eólicos costeiros (uma revisão). *Gravel*, 12, 15-39.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A. & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, Proceedings. Third earth resources technology satellite -1 Symposium, Greenbelt: NASA – SP – 351, 3010-3017
- Schstek, H. (2012) Caatinga, um bioma desconhecido e a “Convivência com o Semiárido. *Revista do Instituto Humanitas Unisinos*, 386, 6-8.
- Shepard, D.A (1968). Two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In:ACM.Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference.
- Silva Júnior, J. A., Moraes, V. S., Candeias, A. L. B., & Júnior J. R. T. (2018) Análise do NDVI e NDWI e umidade local no município de Água Branca –AL. In: Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Maceió
- Silva, G. A., & Farias, C. W. L. A. (2021) Análise espaço-temporal da vegetação no semiárido do Nordeste brasileiro utilizando parâmetros biofísicos. *Revista Semiárido de Visu*, 9, 195-203
- Syffarth, J. A. (2012) Semiárido, o bioma mais diverso do mundo. *Revista do Instituto Humanitas Unisinos*, 386. 9-10.
- Zabotto, A. P. (2019). Estudos sobre impactos ambientais: Uma abordagem contemporânea. FEPAF, Botucatu.
- Zaidan, R. T. (2017). Geoprocessamento conceitos e definições. *Revista de Geografia*, 7, 2236-837x.