

Geografia

Avaliação espaço-temporal de parâmetros físicos no entorno da Barragem de Barra do Juá/Pernambuco a partir de Imagens Landsat-8

Space-time evaluation of physical parameters around the Barra do Juá/Pernambuco dam from Landsat-8 Images

Admilson da Penha Pacheco¹ , Camila Roberta Ribeiro de Souza¹ ,
Juarez Antonio da Silva Júnior¹ 

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

RESUMO

O sensoriamento remoto possibilita a identificação em tempo real das alterações na superfície terrestre que são resultantes de diversos fenômenos naturais e de processos antrópicos. O monitoramento das variações espaciais e temporais realizados a partir de dados de Sensoriamento Remoto, especialmente o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Albedo da Superfície e Temperatura da Superfície, é de grande importância para estudos ambientais. O presente artigo utiliza esses parâmetros para o estudo ambiental das áreas no entorno da Barragem Barra do Juá- PE. Foram utilizadas imagens dos sensores OLI e TIRS do satélite Landsat-8 adquiridas nos anos de 2013 a 2021 por meio da plataforma em nuvem Google Earth Engine. As análises foram baseadas nas interpretações de séries temporais, estatística zonal e regressão linear. A dinâmica espacial e o período de estiagem influenciaram os parâmetros físicos. A vegetação nativa apresentou os maiores valores de NDVI em relação ao solo exposto. O albedo e a temperatura da superfície apresentaram valores inversos ao NDVI, com menores valores para a vegetação nativa. Os parâmetros físicos estudados apresentaram um comportamento sazonal para os anos de 2013 a 2021, mostrando uma relação ambiental com a dinâmica climática e com o desenvolvimento vegetativo em decorrência da disponibilidade hídrica do semiárido.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Parâmetros físicos; Processamento digital de imagens

ABSTRACT

Remote sensing makes it possible to identify in real time changes in the earth's surface resulting from various natural phenomena and anthropic processes. The quantification of physical parameters obtained from remote sensing data is of great importance in environmental studies around water

dams. Favoring the establishment of sustainable use and occupations, especially in the caatinga biome. This study aims to evaluate the space-time behavior of physical parameters (Normalized Difference Index – NDVI, Surface Albedo and Surface Temperature) in the surroundings of the Barra do Juá Dam/ Pernambuco from technical data of remote sensing. Images from the Landsat-8 satellite OLI and TIRS sensors acquired from 2013 to 2021 through the Google Earth Engine cloud platform were used. Analyzes were based on time series interpretation, zonal statistics and linear regression. The spatial dynamics and the dry period influenced the physical parameters. Native vegetation showed the highest NDVI values in relation to exposed soil. Albedo and surface temperature showed inverse values to the NDVI, with lower values for native vegetation. The physical parameters studied showed a seasonal behavior for the years 2013 to 2021, showing an environmental relationship with climate dynamics and vegetative development as a result of water availability in the semi-arid region.

Keywords: Remote sensing; Physical parameters; Digital image processing

1 INTRODUÇÃO

A ocupação e uso inadequado das margens dos reservatórios naturais e artificiais podem ocasionar danos significativos ao meio ambiente, principalmente, devido às ações antrópicas resultantes da agricultura e pecuária (FAO, 2017; UNCCD, 2012). A evolução espaço-temporal da vegetação e seus fatores de influência podem ser usados para explorar as relações entre vegetação, mudança climática e atividades humanas, que são de grande importância para orientar o manejo científico dos ambientes ecológicos regionais (Liu, *et al.*, 2021).

O nordeste do Brasil apresenta uma predominância do clima semiárido na porção central da região, com temperaturas elevadas, chuvas irregulares e ocorrências de estiagens prolongadas, e algumas áreas de clima tropical na faixa litorânea, com a presença de estações secas e chuvosas bem definidas, e de clima equatorial úmido na porção noroeste, com temperaturas elevadas e chuvas abundantes (Lucena e Stosic, 2013; Silva *et al.* 2023). A vegetação predominante é a caatinga, porém observa-se a presença de áreas com florestas tropicais e cerrado em algumas regiões, bem como áreas com grande influência antrópica (Araújo *et al.* 2018). Estudos de avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre a estabilidade dos biomas predominantes no Brasil indicam que o bioma caatinga está entre os mais vulneráveis num cenário de aumento das temperaturas globais, o que coloca a região nordeste do Brasil em estado especial de alerta (FAO, 2017).

Na América do Sul, existem três grandes zonas semiáridas, uma delas é o bioma Caatinga no interior semiárido do nordeste do Brasil. Caracteriza-se por altas temperaturas médias anuais e por altas variações espaciais e temporais nas chuvas concentradas em dois a quatro meses, com forte evaporação e pouca infiltração de água no solo (Jesus *et al.* 2021). A Caatinga é uma vegetação espinhosa de gramíneas e arbustos lenhosos que perdem suas folhas na estação seca. As secas também regulam a distribuição espacial da vegetação principalmente devido à intensidade e duração das deficiências hídricas (Silva Filho *et al.* 2020). Uma característica significativa da vegetação da Caatinga é a deciduidade, a queda ou perda de folhas no final da estação de crescimento. Essa mudança abrupta na densidade foliar é um marcador fenológico associado a eventos fisiológicos sazonais e um mecanismo de adaptação às condições climáticas. A deciduidade da Caatinga concentra-se no início e no final da fotossíntese do dossel e pode ser detectada por sensores remotos (Caetano *et al.* 2022). Portanto, devido à relevância de associar as características fenológicas da Caatinga ao clima, este estudo analisa os padrões de chuva e sua influência na vegetação aberta e densa da Caatinga, avaliando as anomalias das chuvas e seus efeitos na aparência da floresta.

O albedo da superfície é uma variável climática essencial necessária para monitorar e modelar a energia da superfície e o funcionamento hidrológico e biogeoquímico dos ecossistemas terrestres e costeiros em todo o mundo (Li *et al.*, 2018). De acordo com estes autores, a mudança no albedo da superfície pode afetar a troca de calor e umidade entre a superfície terrestre e a atmosfera. Segundo Araújo *et al.* (2018), o aumento do albedo está relacionado ao aumento das áreas desmatadas devido a presença de solo exposto. Vários trabalhos envolvendo albedo em estudos ambientais e climáticos têm sido publicados sistematicamente nos últimos anos (Li *et al.* 2018; Wang, *et al.* 2018; Webb, *et al.*, 2021). No Nordeste do Brasil, Souza, Silva e Bezerra (2021) constataram de que há um aumento do albedo na caatinga substituída por pastagem e isso causa uma redução no saldo de radiação e também a constatação de que uma região onde há manejo adequado de pastagem também possibilita o

manejo do albedo e de radiação solar. Já Silva *et al.* (2019) mostraram que os índices de vegetação e as técnicas de monitoramento da degradação e detecção de mudanças identificaram satisfatoriamente o comportamento da vegetação circundante no Município de Petrolina, destacando-se como indicadores de áreas em processo de degradação no semiárido.

A temperatura da superfície terrestre (Ts) é um componente importante do balanço de energia da Terra, intimamente ligada à partição entre os fluxos de calor sensível e latente, sendo cada vez mais importante para vários estudos que avaliam condições da superfície terrestre, por exemplo, estudos de clima urbano, evapotranspiração e estresse da vegetação (Ermida *et al.* 2020; He *et al.* 2018; Khorrami *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020). No município de Petrolina, localizado no semiárido pernambucano a temperatura da superfície média saltou de 32° para 38° de 2008 a 2017, numa taxa de aproximadamente 0,7°/ano e que esse aumento está relacionado à supressão de vegetação ao longo dos anos segundo os estudos de Silva *et al.* (2021). Alves *et al.* (2021) identificaram um perfil das características dos focos de calor registrados no bioma Caatinga em períodos mensais e sazonais (estações do ano) e suas variabilidades interanuais (2002-2018).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento espaço-temporal dos parâmetros físicos Índice da Diferença da Vegetação Normalizada (NDVI), albedo da superfície e temperatura da superfície em relação à dinâmica da paisagem no entorno da Barragem Barra do Juá-PE a partir de Imagens Landsat-8.

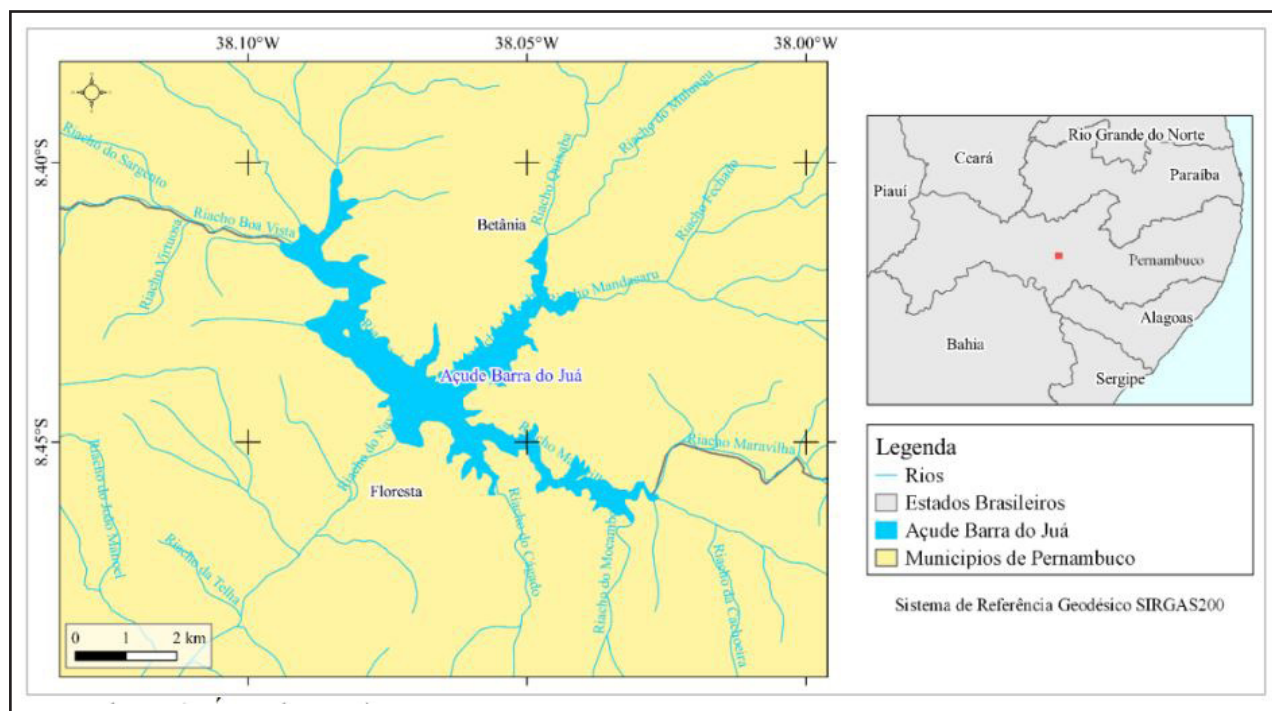
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

De acordo com APAC (2019), o açude Barra do Juá, localizado na zona rural do município de Floresta, em Pernambuco, foi construído em 1982 pelo Departamento de Obras Contra as Secas (DNOCS), tendo como finalidade inicial a irrigação de terras

ao montante e à jusante (Figura 1). O reservatório está inserido na bacia do Rio Pajeú, sendo a maior bacia do estado de Pernambuco, possuindo uma área de 16.685,63 km², correspondendo a 16,97% da área do Estado. Sua capacidade de armazenamento é de 71.474.000 m³, sua área de drenagem é de 1.870 km².

Figure 1 – Localização da área de estudo na Barragem Barra do Juá/PE



Fonte: Autores (2022)

2.2 Materiais

2.2.1 Dados Landsat-8 OLI e TIRS

O satélite Landsat-8 possui dois sensores: o OLI (*Operational Land Imager*) e o TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Conforme USGS (2019), o OLI apresenta 9 bandas que abrangem as faixas espectrais do visível, infravermelho próximo (NIR) e infravermelho de ondas curtas (SWIR). Com exceção da banda 8 pancromática (0.515 - 0.896 μm), que possui resolução espacial de 15 metros, as outras bandas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9) apresentam resolução espacial de 30 metros. O sensor TIRS, apresenta duas bandas

espectrais na região do espectro infravermelho termal. Ambas possuem resolução espacial de 100 metros: a banda 10 TIR-1 (10.60 -11.19 μm) e a banda 11 TIR-2 (11.50 -12.51 μm) (USGS, 2019).

Neste estudo foram utilizadas as bandas 2 (0.452 - 0.512 μm), 4 (0.64-0.67 μm), 5 (0.85-0.88 μm), 6 (1.57-1.65 μm) e 7 (2.107 - 2.294 μm) do sensor OLI. Em relação ao sensor TIRS, optou-se pela banda 10 TIR-1 (10.60 -11.19 μm). Estudos de calibração das bandas TIRS do Landsat 8 mostraram que a banda 10 TIR-1 apresentou um melhor desempenho do que a Banda 11 TIR-2 (Xu E Shao-Lin, 2016). Estes autores encontraram resultados de calibração mais consistentes para a banda 10. Os parâmetros de calibração para os dados de satélite Landsat 8 relativos ao sensor TIRS ainda são instáveis, especialmente, para a Banda 11 (Xu E Shao-Lin, 2016).

2.2.1 Dados Landsat-8 Nivel-2

Os produtos Landsat Level-2 são derivados dos produtos Level-1 correspondentes, com correções adicionais aplicadas para remover esses efeitos atmosféricos de variação temporal, espacial e espectral (USGS, 2019). Os produtos de dados de Nível 2 usados neste estudo foram gerados pelo sistema de processamento USGS Earth Resources Observation and Science (EROS). Os produtos de dados de refletância de superfície Landsat-8 OLI e Landsat-7 ETM+ Level-2 são gerados, respectivamente, usando o Land surface reflectance Code (LaSRC) e os algoritmos Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS). Os algoritmos de refletância de superfície LEDAPS e LaSRC corrigem os efeitos de dispersão e absorção temporal, espacial e espectral de gases atmosféricos e aerossóis, o que é essencial para derivar os valores de refletância da superfície da Terra (Zanter, 2019). Detalhes adicionais sobre os algoritmos LaSRC e dos produtos de dados de refletância de superfície Landsat-8 podem ser encontrados no Land Surface Reflectance Product Guide (<https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-data-users-handbook>) (Pinto *et al.* 2015).

2.3 Procedimentos Metodológicos

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat-8 dos sensores OLI nas bandas (2,3,4,5,6 e 7) e TIRS (10) adquiridas nos anos de 2013 a 2021 por meio da plataforma em nuvem Google Earth Engine. As análises foram baseadas nas interpretações de séries temporais, estatística zonal e regressão linear.

Os indicadores de mudanças ambientais foram expressos por meio dos parâmetros físicos NDVI, albedo da superfície e temperatura da superfície, obtidos através aplicação da modelagem de dados em imagens de séries temporais do satélite Landsat 8, processados no software QGIS 3.2 e Google Earth Engine (GEE). Os produtos Landsat destacam-se por sua ampla aplicação, principalmente, quando associados à Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a softwares de modelagem matemática, como o QGIS e o GEE, colaborando para a análise da superfície terrestre.

2.3.1 NDVI

O NDVI é um indicador do estado de crescimento e cobertura da vegetação obtido pela aplicação dos processos de realce por operações matemáticas onde é invertido pela razão da reflectância do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (R), como na Eq. (1), entre bandas de sensores imageadores (Huete; Liu, 1994).

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

De acordo com Huete e Liu (1994), este índice define valores de -1,0 a 1,0, representando basicamente verdes, onde valores negativos são formados principalmente por nuvens, água e neve, e valores próximos a zero são formados principalmente por rochas e solo exposto.

2.3.2 Albedo da Superfície

Na estimativa do albedo de superfície banda larga (α), ou seja, o albedo integrado

ao longo de todo o espectro solar, utilizou-se no modelo deste estudo o algoritmo de albedo de Liang *et al.* (2001). Este algoritmo considera as bandas 2, 4, 5, 6 e 7 do sensor Landsat 8 OLI, como sugerido também por Naegeli *et al.* (2017). O algoritmo é definido por:

$$\alpha_x = 0,356\alpha_2 + 0,130\alpha_4 + 0,373\alpha_5 + 0,085\alpha_6 + 0,072\alpha_7 - 0,0018 \quad (2)$$

Onde: α_x é a refletância específica de cada banda (e x o número da banda). Um valor de albedo alto (próximo a um) reflete uma grande quantidade de radiação solar. Isso significa que a maior parte da energia solar que atinge essa superfície é refletida de volta para o espaço enquanto um valor de albedo baixo (próximo a zero) o alvo reflete menos radiação solar e absorve mais dela. Isso leva a um aumento na temperatura da superfície, já que mais energia solar é absorvida e convertida em calor.

2.3.2 Temperatura da Superfície

De acordo com Feng *et al.* (2014), a conversão de radiância em temperatura de brilho acontece depois que os números digitais (DNs) são convertidos em refletância. A radiância espectral da banda térmica deve ser convertida em temperatura de brilho (TS). Isso geralmente é feito usando as constantes térmicas fornecidas no arquivo de metadados (Hashim, 2022). A seguinte equação é usada no algoritmo da ferramenta para converter a refletância em Temperatura da Superfície (TS):

$$TS = K_2 / \ln [(K_1 / L\lambda) + 1] - 273,15 \quad (3)$$

Onde: K_1 e K_2 são conversões térmicas específicas de banda constantes dos metadados das imagens. Neste estudo os valores de K_1 e K_2 foram 799,0284 e 1329.2405 respectivamente.

2.4 Análises por Estatística Descritiva

2.4.1 Análises por Séries Temporais por classe de cobertura de uso e cobertura do solo

Neste trabalho, a análise de série temporal é empregada para determinar a variação temporal de 2013 a 2021 dos índices NDVI, albedo e temperatura da superfície na área de estudo. Para tanto utilizou-se um filtro de média para dados temporais no Google Earth Engine.

Conjuntos vetoriais de treinamento foram coletados a partir de imagens Landsat-8 de 2021. Por meio da técnica de geoprocessamento conhecido por “Estatística Zonal” foi realizado uma comparação entre os dados *raster* dos índices NDVI, TS e albedo com os mapas de cobertura do solo do Mapbiomas, obtendo-se valores de média e desvio padrão para cada classe no período seco e chuvoso. Todos os dados e mapas Mapbiomas estão disponibilizados de forma aberta e gratuita (Mapbiomas, 2022).

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil MapBiomas é uma iniciativa de monitoramento aberto e colaborativo, criada em 2015, para preencher essa lacuna (Mapbiomas, 2022). A estratégia de mapeamento inclui o uso dos mais avançados métodos de processamento, tecnologia e *big data* disponíveis (série temporal Landsat), fornecidos pelo Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>). Todos os dados e mapas são disponibilizados de forma aberta e gratuita (Mapbiomas, 2022).

2.5 Regressão Linear

De acordo com Reis (2017), a regressão, através de estimativas dos parâmetros, mostra o efeito da variável explicada X sobre a dependente Y, enquanto a correlação mede o grau de associação entre Y e a variável independente X: o R^2 exibe o coeficiente de determinação múltipla, que é uma medida do grau de ajustamento da equação de regressão múltipla aos dados amostrais. Conforme estes autores, o coeficiente

múltiplo de determinação de R^2 é uma medida de aderência da equação de regressão aos dados amostrais. O coeficiente de determinação ajustado é o coeficiente múltiplo de determinação R^2 modificado de modo a levar em conta o número de variáveis e o tamanho da amostra. O coeficiente de determinação ou de explicação R^2 , mede a parcela da variação de Y explicada pela variação dos X (Altman *et al.* 2015; Reis, 2017).

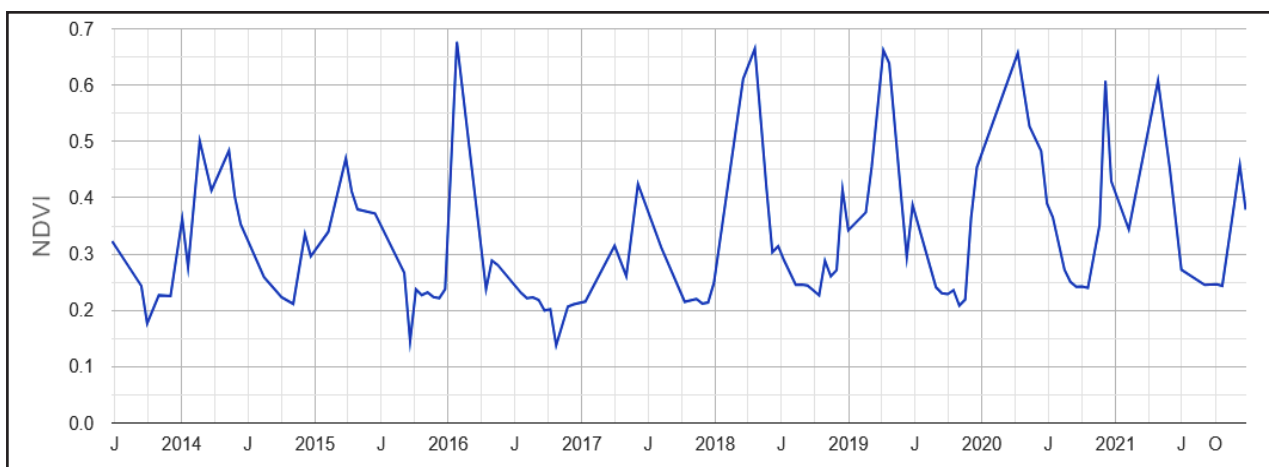
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises de series temporais NDVI, Albedo e Temperatura da Superfície

Nesta seção é abordada uma análise de série temporal do NDVI, do albedo da superfície e da temperatura da superfície (TS) no entorno da Barragem Barra do Juá/PE, baseada no composto de cenas Landsat-8 de 2013 a 2021 implementando o Google Earth Engine.

3.1.1 Série temporal NDVI

Figura 2 – mostra a serie temporal do NDVI no entorno da Barragem Barra do Juá nos anos de 2013 a 2021



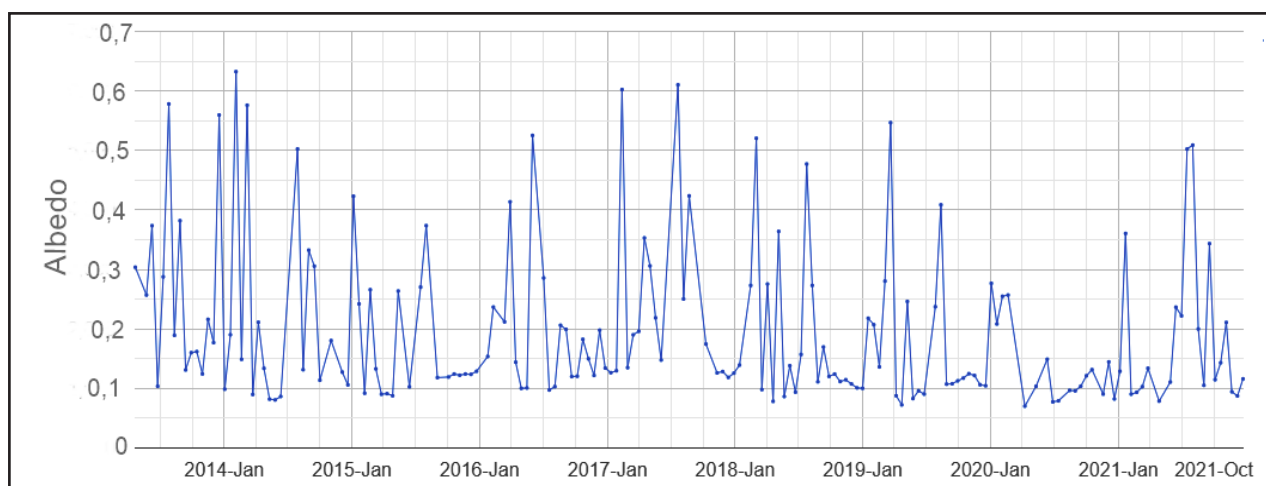
Fonte: Autores (2022)

Observa-se no gráfico de NDVI (Figura 2), que no período de 2013 a 2015 houve um comportamento sazonal com menores valores concentrados no segundo semestre de cada ano. Em 2016, entretanto, houve um pico significativo indicando o ponto de máximo da série histórica (0,68), embora o NDVI tenha apresentado uma queda brusca nos últimos meses e no início de 2017. De 2018 a meados de 2021 o NDVI apresentou um comportamento sazonal e polarizado com valores altos no início dos anos e baixo nos meses finais. Embora em 2021 tenha apresentado um comportamento incomum em relação a todos os anos com picos importantes interanuais.

Albuquerque *et al.* (2014) obtiveram município de Souza-PB NDVI variando de 0,01 a 0,29 em áreas de solo exposto e vegetação de Caatinga esparsa. Segundo estes autores, os valores de NDVI maiores que 0,5 indicaram que a vegetação apresentava um bom estado, sendo a vegetação densa representada pelo NDVI superior a 0,7. Considerando a maior predominância da vegetação de Caatinga na área de estudo, os dados acima citados corroboram de uma maneira geral com a série temporal da Figura 2.

3.1.2 Série temporal do Albedo

Figura 3 – mostra a série temporal do albedo no entorno da Barragem Barra do Juá nos anos de 2013 a 2021



Fonte: Autores (2022)

É possível observar que o albedo na área de estudo demonstrou alta sensibilidade ao longo do período de 2013 a 2021. No entanto, seu comportamento revelou uma natureza sazonal com picos interanuais que carecem de um padrão específico. No ano de 2014, verificou-se uma variação irregular no início do ano, destacando-se pelo valor máximo na série histórica (0,63), bem como por ocasionais valores próximos a zero em alguns meses. Esse padrão também foi observado em outros anos. O ano de 2020 se destacou por sua excepcionalidade, exibindo valores baixos ao longo de todos os meses, conforme ilustrado na Figura 3.

Diversos estudos têm evidenciado que a diminuição da cobertura vegetal resulta em um aumento nos valores de albedo. Mudanças espaciais e temporais no albedo de superfície podem indicar modificações sutis no balanço de energia, na cobertura da terra e até mesmo na estrutura específica da superfície (Zhang et al., 2022). Assim, o incremento do albedo pode influenciar a redução da precipitação em determinadas circunstâncias locais. As constatações acima estão em concordância com os dados representados na Figura 3, onde os maiores valores médios de albedo foram registrados em anos caracteristicamente secos. Já os anos marcados por chuvas expressivas foram associados a menores valores médios de albedo, provavelmente devido à maior densidade e quantidade de vegetação de Caatinga nesses períodos.

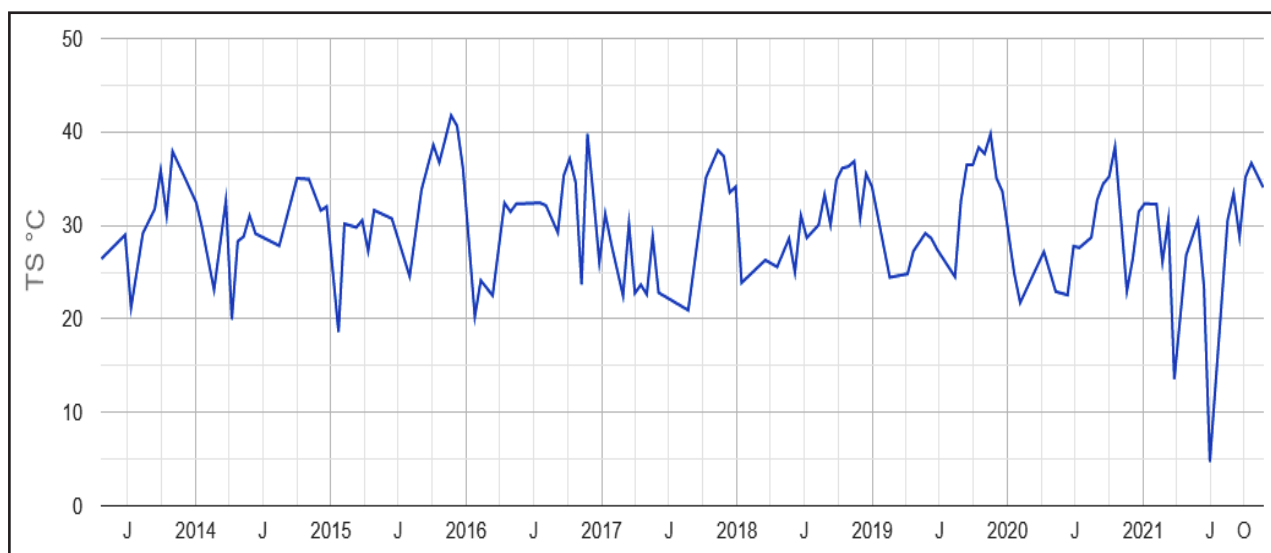
3.1.3 Série Temporal Temperatura da Superfície

A Figura 4 mostra a série temporal da Temperatura da Superfície (TS) no entorno da Barragem Barra do Juá nos anos de 2013 a 2021.

No período de 2013 a 2021, os valores da temperatura da superfície (TS) apresentaram um padrão sazonal, variando entre cerca de 20°C e 40°C. Essa variação sazonal foi caracterizada por valores mais baixos nos primeiros meses do ano e valores mais altos nos meses finais. Paralelamente ao comportamento observado no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o ano de 2021 revelou vários picos interanuais de temperatura, todos abaixo de 30°C. Destaca-se, especialmente, o mês

de junho, no qual a temperatura atingiu o valor de 4,71°C. Essa variação incomum pode ter sido influenciada pela ausência de imagens sem nuvens durante esse período.

Figura 4 – Série temporal da Temperatura da Superfície na área de estudo de 2013 a 2021



Fonte: Autores (2022)

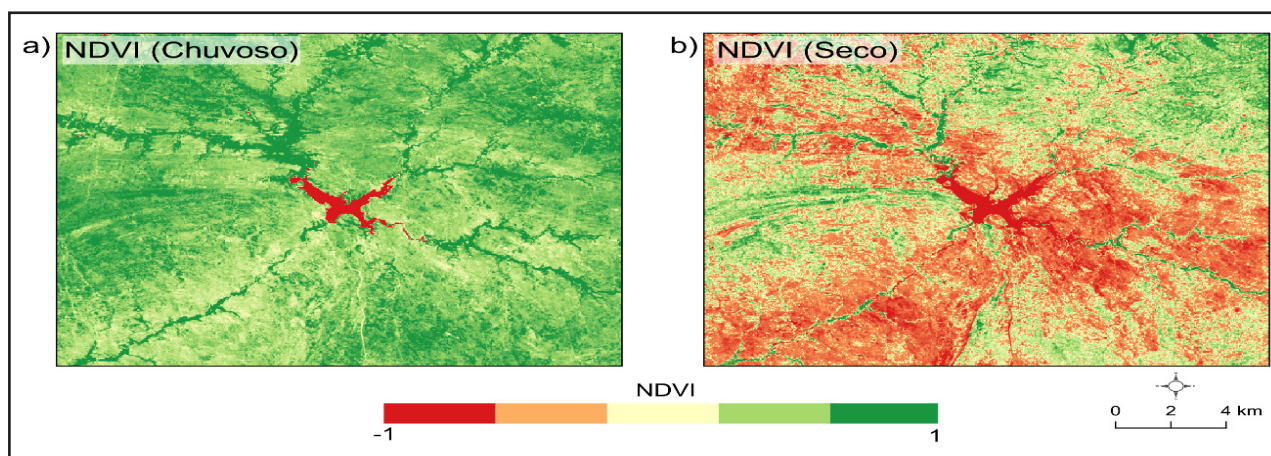
O registro mais elevado de temperatura ocorreu em novembro de 2015, alcançando a marca de 41,75°C. Segundo as observações de Lima *et al.* (2021), uma análise espaço-temporal da cobertura do solo em Petrolina/PE revelou que, em 2017, as regiões com solo exposto e/ou vegetação rasteira, bem como áreas urbanizadas, apresentaram os valores mais elevados de temperatura da superfície. Em contraste, temperaturas mais baixas foram registradas em pequenos corpos d'água e em locais de maior altitude onde a vegetação estava preservada.

3.2 Análise do NDVI, Albedo e TS para os Períodos Chuvoso e Seco no Ano de 2021

Com o propósito de aprofundar a compreensão da dinâmica espacial e temporal dos parâmetros físicos como o NDVI, albedo e temperatura da superfície, uma investigação foi conduzida para coletar dados desses parâmetros durante os períodos de chuva e seca ao longo do ano de 2021. A Figura 5 mostra a distribuição

espacial dos pixels de NDVI no entorno da Barragem Barra do Juá no período chuvoso e seco no ano de 2021.

Figura 5 – Mapa do NDVI no entorno na área de estudo no ano de 2021 no período a) Chuvoso e b) Seco



Fonte: Autores (2022)

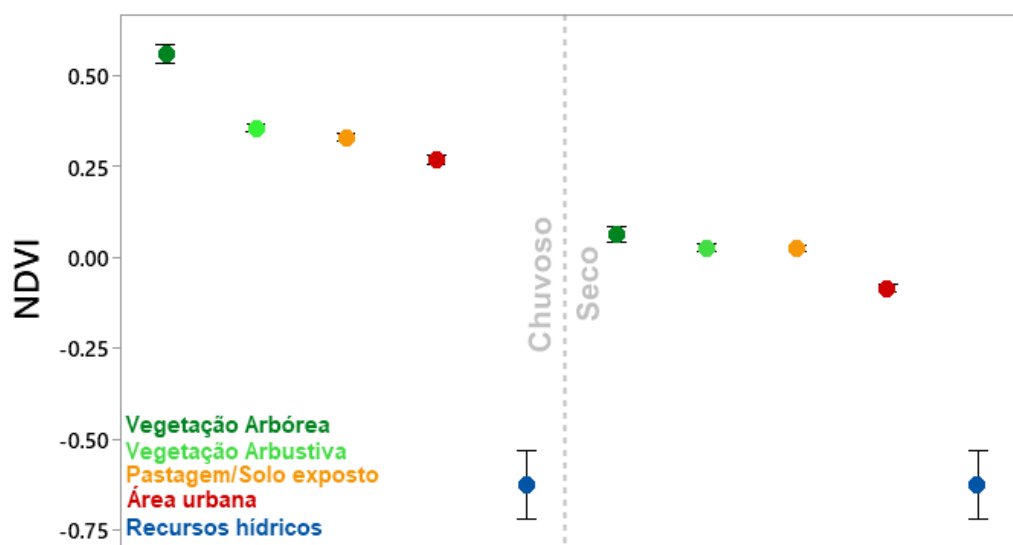
De acordo com Huete e Liu (1994), valores negativos do NDVI estão relacionados a características que possuem alta refletância na faixa visível e infravermelho próximo, como corpos de água. Essa observação ressalta que valores negativos ou próximos de zero indicam a presença de superfícies aquáticas. A análise visual dos mapas de NDVI revelou uma notável variação espacial, demonstrando uma alta sensibilidade às mudanças sazonais ao longo do ano de 2021. Conforme previsto, a área ocupada pelo corpo de água da barragem permaneceu consistentemente representada por pixels com valores negativos, refletindo sua natureza estável ao longo do tempo.

Durante o período de chuvas, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) registrou uma média de 0,33, enquanto no período seco, essa média foi de -0,001. Esses valores indicam uma relação proporcional entre o NDVI e os padrões sazonais de chuvas no contexto semiárido. Em outras palavras, à medida que a quantidade de precipitação aumenta, o NDVI também aumenta, e, inversamente, à medida que a precipitação diminui, o NDVI diminui. Essa tendência foi claramente observada nos valores de desvio padrão. Durante a estiagem, o NDVI apresentou uma

alta variabilidade, com um desvio padrão de 0,15 (superior à média), enquanto no período chuvoso, o desvio padrão foi de 0,08. Isso reforça como a heterogeneidade do NDVI é maior durante os períodos de menor precipitação e mais homogênea durante as estações chuvosas.

Além disso, observou-se que durante o período chuvoso, uma ampla maioria de 99% da área apresentou um NDVI acima de 0,1, enquanto no período seco, essa proporção foi de apenas 6,4%. Esse contraste indica uma significativa redução na presença de componentes arbóreos nas proximidades da barragem em resposta às distintas estações meteorológicas. A Figura 6 exibe os valores médios do NDVI para cada categoria de uso do solo na região de estudo, tanto durante o período de chuvas quanto no período seco do ano de 2021.

Figura 6 – NDVI médio para cada classe de uso do solo na área de estudo no ano de 2021 no período chuvoso e seco

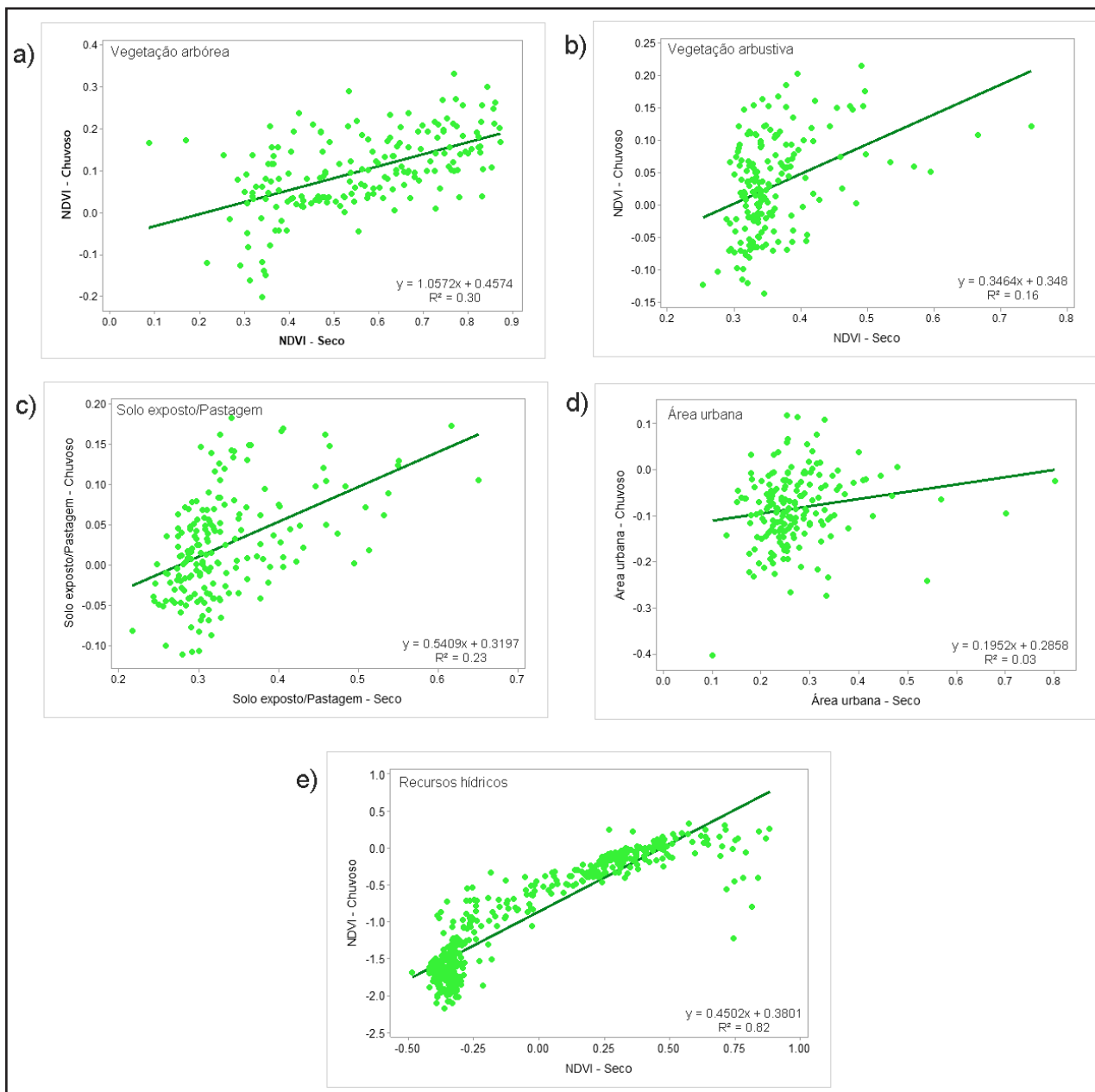


Fonte: Autores (2022)

A categoria que representa a vegetação arbórea revelou uma estimativa significativamente maior do NDVI em comparação ao período seco, com uma média de amplitude de 0,5, indicando uma redução percentual de 44%. Este comportamento também se repetiu na categoria de vegetação arbustiva. Durante o período de chuvas,

o NDVI médio foi de 0,35, enquanto no período seco, foi de 0,02, representando uma média de amplitude de 0,32.

Figura 7 – Regressão linear entre o NDVI chuvoso e seco na área de estudo para cada classe de uso do solo no ano de 2021



Fonte: Autores (2022)

A categoria de solo exposto/pastagem apresentou um padrão similar aos valores observados na vegetação arbustiva, com uma média de amplitude de 0,3.

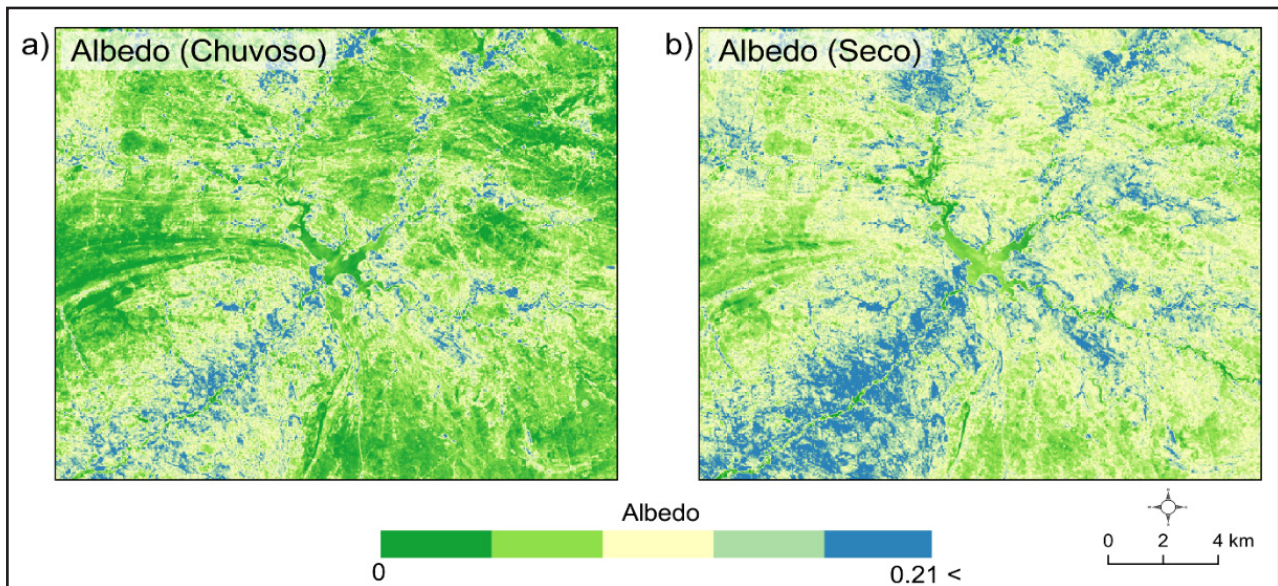
A categoria de área urbana demonstrou uma sensibilidade notável aos valores do NDVI: do período chuvoso ao seco, houve uma redução de 57%, destacando-se que no período seco o NDVI registrou valores próximos a zero. Por outro lado, as categorias relacionadas aos recursos hídricos não exibiram variações substanciais nos valores do NDVI. Elas mantiveram um padrão constante de pixels com valores negativos em ambos os períodos, indicando uma continuidade na presença desses corpos de água. A Figura 7 apresenta Regressão linear entre o NDVI chuvoso e seco na área de estudo para cada classe de uso do solo no ano de 2021.

Ao analisar as relações entre o NDVI nos períodos de chuva e seca, os resultados mais consistentes, conforme esperado, foram obtidos na categoria de Recursos Hídricos, com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,62. Isso é coerente, uma vez que essa categoria não inclui vegetação e, portanto, não sofre influências significativas das variações espaço-temporais desse índice. Por outro lado, a categoria de Área Urbana demonstrou alterações expressivas nos valores do NDVI entre os períodos chuvoso e seco, com um R^2 próximo de zero. Isso sugere que as mudanças sazonais não tiveram uma relação linear nessa categoria. As variações no NDVI também foram observadas de maneira sensível nas categorias de Solo Exposto/Pastagem e Vegetação Arbustiva. No entanto, é relevante notar que a categoria de Vegetação Arbórea apresentou um R^2 ligeiramente superior, indicando uma relação um pouco mais consistente entre os períodos de chuva e seca nessa classe. A Figura 8 apresenta o Mapa do albedo da superfície no entorno na área de estudo no período Chuvoso e Seco no ano de 2021.

Nos mapas que retratam a distribuição espacial do albedo, é perceptível que as estimativas mais elevadas foram identificadas no período seco, com uma média de valor de 0,08. No período chuvoso, esse valor ficou em torno de 0,06. É digno de nota que ambas as estimativas matriciais de albedo revelaram uma estabilidade espacial consistente, com um desvio padrão de 0,019. Ao analisar o albedo durante o período chuvoso, observa-se que 6% dos pixels exibiram valores superiores a 0,1, enquanto no período seco essa proporção aumentou para 14,5%. Isso sugere uma maior concentração

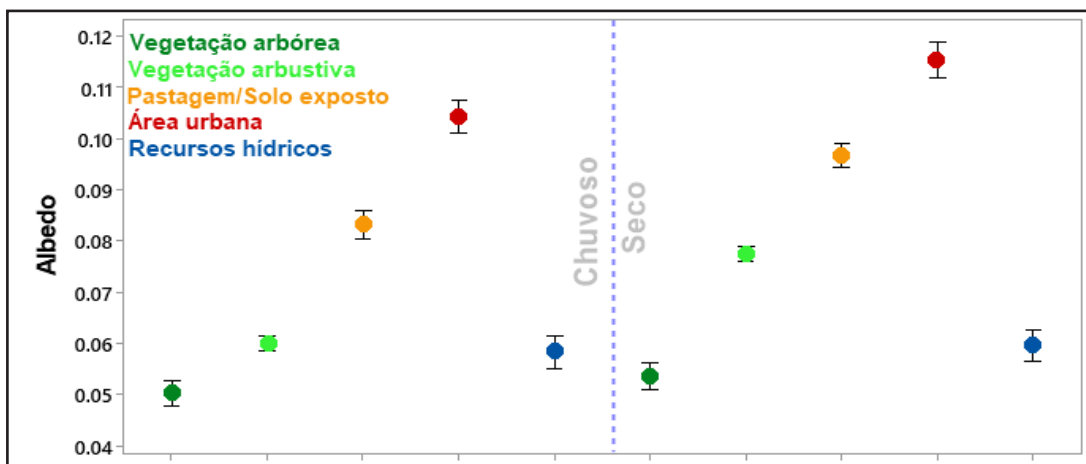
de reflexões luminosas dos alvos durante o período de estiagem. A Figura 9 oferece uma visão do albedo médio para cada categoria de uso do solo na região de estudo, tanto durante o período de chuvas quanto no período seco do ano de 2021.

Figura 8 – Mapa do Albedo da Superfície no entorno na área de estudo no ano de 2021 no período a) Chuvoso e b) Seco



Fonte: Autores (2022)

Figura 9 – Albedo médio para cada classe de uso do solo na área de estudo no período chuvoso e seco no ano de 2021



Fonte: Autores (2022)

As categorias de vegetação arbórea e arbustiva não evidenciaram variações substanciais entre os períodos de chuva e seca, com variações de amplitude entre 0,03 e 0,01, respectivamente. Em contrapartida, a categoria de Solo Exposto/Pastagem demonstrou maior sensibilidade em comparação às categorias de vegetação, com um aumento de 76% no coeficiente de albedo do período chuvoso para o período seco. Por outro lado, a categoria de Área Urbana exibiu médias de 0,1 no período chuvoso e 0,12 no período seco.

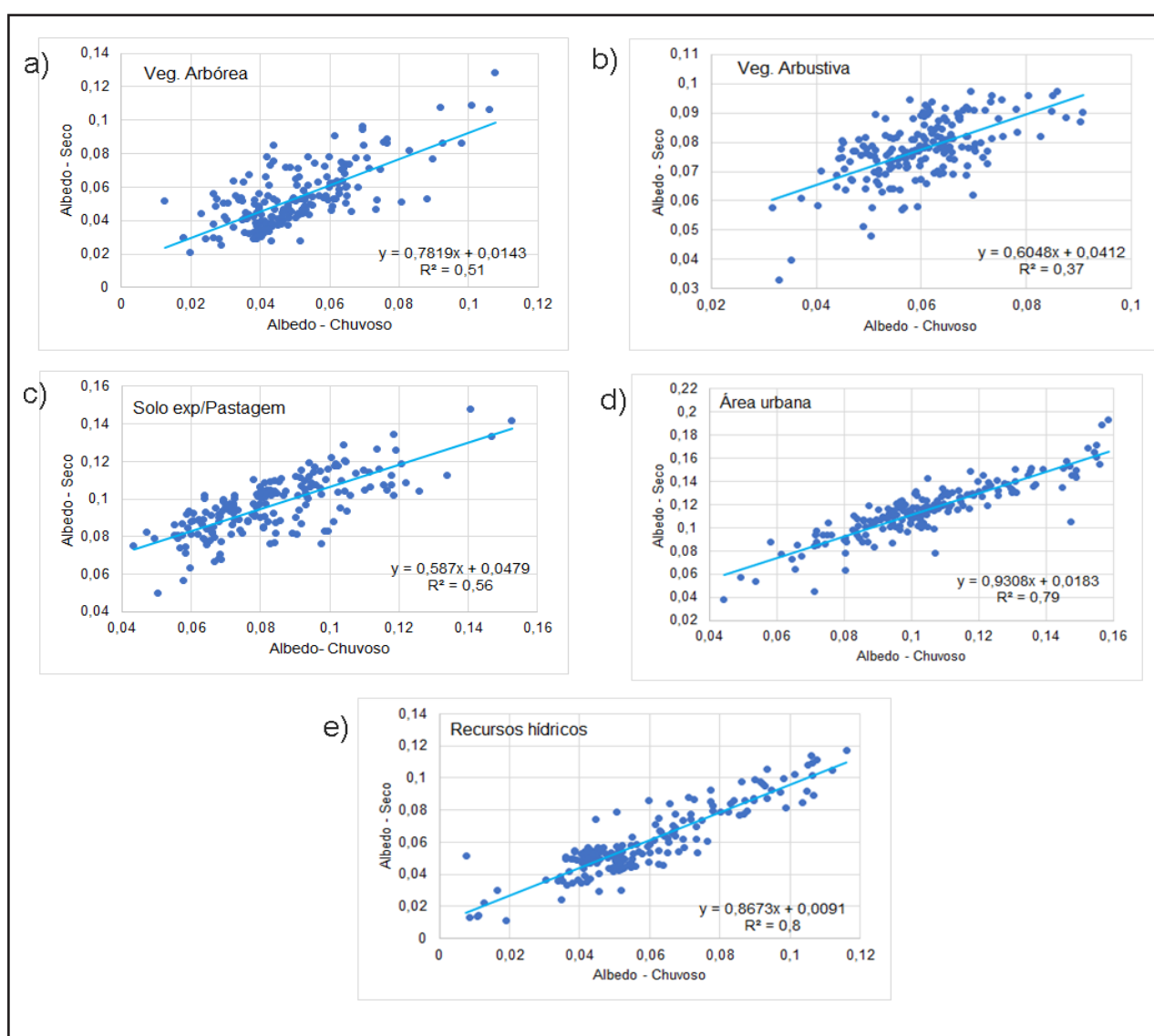
Assim como ocorreu com o NDVI, as estimativas de albedo sobre a superfície da água da barragem permaneceram relativamente constantes, mantendo um valor estimado de 0,06 em ambas as estações meteorológicas. A Figura 10 apresenta as regressões lineares que representam a relação entre o albedo nos períodos de chuva e seca na área de estudo, considerando cada categoria de uso do solo ao longo do ano de 2021.

As categorias de vegetação arbórea e solo exposto exibiram mudanças moderadas, com coeficientes de determinação (R^2) variando entre 0,5 e 0,56. A categoria de vegetação arbustiva revelou ser mais sensível às variações espaço-temporais do albedo, apresentando o menor valor de R^2 entre as categorias analisadas. Por outro lado, as categorias mais estáveis, como Área Urbana e Recursos Hídricos, demonstraram uma alta consistência, indicando que essas categorias são menos suscetíveis a alterações no albedo. A Figura 11 ilustra o mapa da temperatura da superfície nas proximidades da área de estudo durante o ano de 2021, nos períodos de chuva e seca.

Visualmente os mapas de temperatura da superfície no setor norte e no corpo hídrico da barragem não apresentaram diferenças significativas, o que pode ser constatado pelos valores médios semelhantes entre os mapas ($mTS_{\text{chuvoso}} = 31,5$ °C; $mTS_{\text{seco}} = 32,7$ °C), embora tenham apresentado desvios padrões diferentes ($sdTS_{\text{chuvoso}} = 1,83$ °C; $sdTS_{\text{seco}} = 1,27$ °C). As maiores variações foram vistas no setor leste e sul do mapa de TS no período chuvoso, marcado por baixos valores de temperatura.

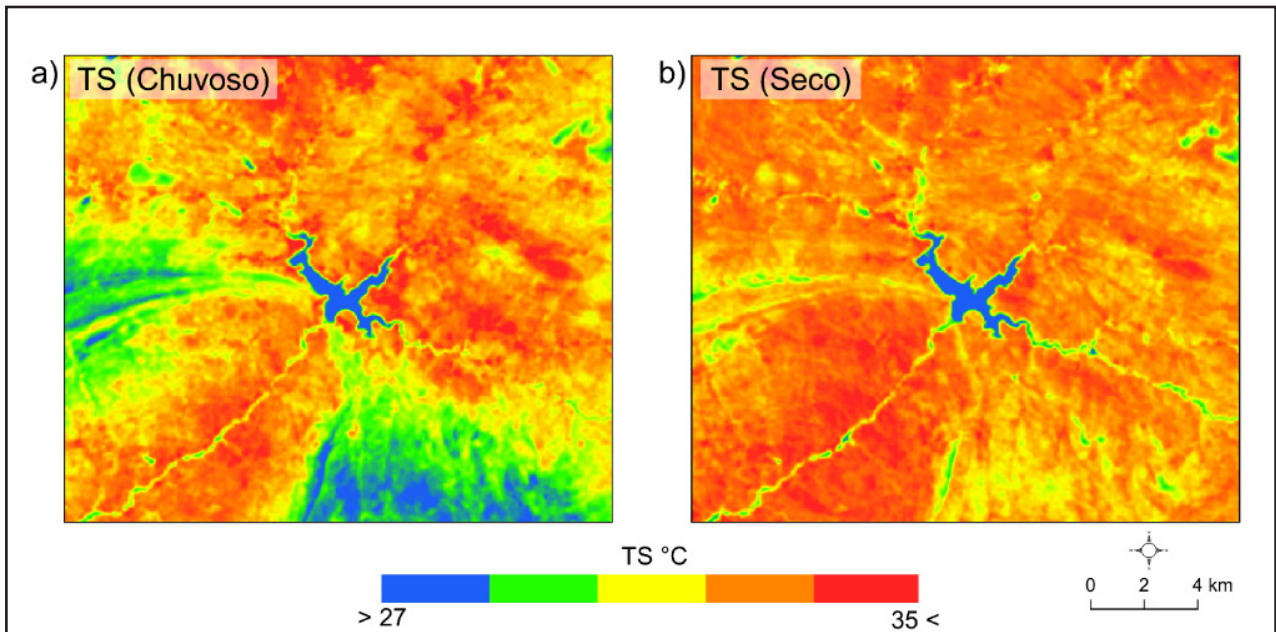
Isto pode estar relacionado a alta presença de vegetação nativa numa altitude de aproximadamente 80 m acima do nível da barragem. No período chuvoso, cerca de 301,7 Km² apresentaram TS acima de 30°C, enquanto no período seco foi de 355,6 Km², ou seja, a elevação da temperatura da superfície aumentou espacialmente 17% do período chuvoso ao seco.

Figura 10 – Regressão linear entre o Albedo chuvoso e seco na área de estudo para cada classe de uso do solo no ano de 2021



Fonte: Autores (2022)

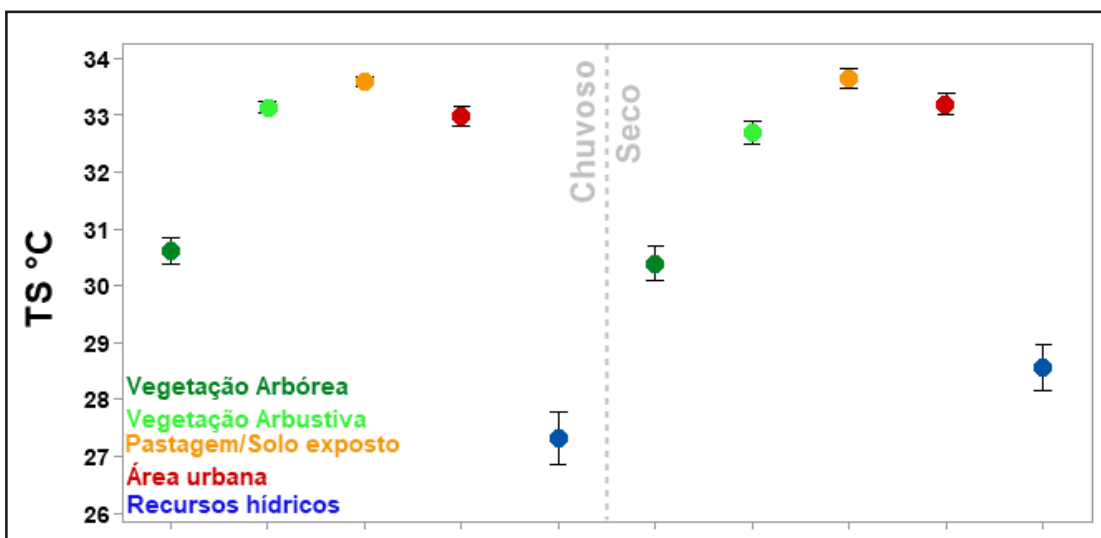
Figura 11 – Mapa da Temperatura da Superfície no entorno na área de estudo no ano de 2021 no período a) chuvoso e b) Seco



Fonte: Autores (2022)

A Figura 12 apresenta a TS média para cada classe de uso do solo na área de estudo no no período chuvoso e seco no ano de 2021.

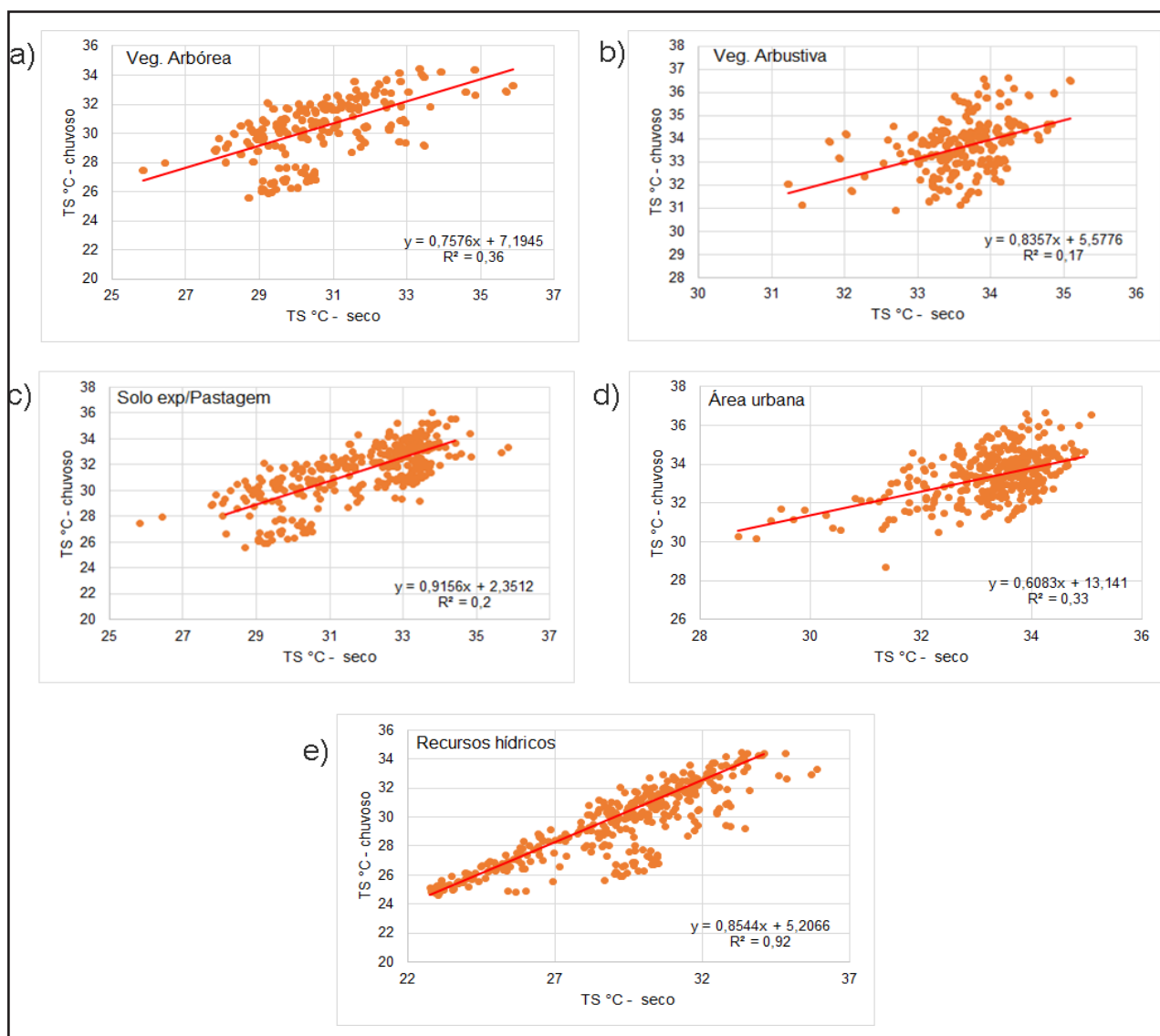
Figura 12 – Temperatura da Superfície Média para as classes de uso do solo na área de estudo no ano de 2021 nos períodos chuvoso e seco



Fonte: Autores (2022)

De maneira abrangente, a temperatura da superfície não demonstrou uma sensibilidade notável entre as diferentes categorias de uso do solo, resultando em variações pouco significativas entre as classes. As categorias que abrangem presença de vegetação, solo exposto/pastagem e recursos hídricos exibiram variações de apenas 0,5 a 1°C, enquanto a categoria de área urbana teve uma variação de 2°C. A Figura 13 ilustra as regressões lineares que retratam a relação entre a temperatura da superfície nos períodos de chuva e seca na área de estudo, considerando cada categoria de uso do solo ao longo do ano de 2021.

Figura 13 – Regressão linear entre a TS chuvoso e seco na área de estudo para cada classe de uso do solo para o ano de 2021



Fonte: Autores (2022)

Os gráficos de regressão ilustram relações pouco expressivas entre a temperatura da superfície nos períodos de chuva e seca, exceto no caso da classe de Recursos Hídricos. Valores baixos de coeficiente de determinação (R^2) foram particularmente notáveis nas categorias de vegetação arbustiva e solo exposto. Essa observação era antecipada, visto que, no contexto semiárido, essas categorias de vegetação exibem um mosaico bastante homogêneo em termos espectrais diante das distintas variações de precipitação na região. Isso resulta em uma alta sensibilidade de detecção quando avaliados por meio de sensores remotos orbitais (Guo *et al.* 2021).

As categorias de vegetação arbustiva e área urbana, embora ligeiramente diferentes em termos de natureza, exibiram coeficientes de determinação (R^2) similares. Os índices NDVI, albedo e temperatura da superfície demonstraram padrões sazonais nas análises de séries temporais. Durante o período chuvoso, observou-se baixos valores de albedo e temperatura da superfície, acompanhados por um aumento na estimativa de NDVI. Em contrapartida, no período seco, houve um aumento nos valores de albedo e temperatura da superfície, acompanhado por uma diminuição no NDVI.

Consequentemente, uma tendência de decréscimo nos valores de NDVI foi observada, indo da estação chuvosa no início do ano à estação seca no final. Essa variação coincide com o período em que os menores níveis de precipitação são registrados. Essa tendência pode ser atribuída à natureza da Caatinga, que não segue um padrão regular de chuvas devido às condições climáticas peculiares dessas regiões. Santos *et al.* (2017) destacam que a irregularidade das chuvas na Caatinga influencia a produção de biomassa nessas áreas, resultando em amplas variações tanto em termos espaciais quanto sazonais.

A análise da série temporal do albedo confirmou a expectativa de que esse índice exibe valores médios mais elevados durante o período das estações secas, o que reflete na influência da precipitação nos valores de albedo (conforme ilustrado na Figura 4). Em um estudo sobre os padrões espaço-temporais da cobertura do solo em relação à Caatinga, Cunha *et al.* (2020) observaram que o albedo de superfície

apresentou um desempenho geral superior ao NDVI na detecção de mudanças, com uma precisão considerável. Conforme observado por esses pesquisadores, o menor desempenho dos índices NDVI na detecção da Caatinga pode ser explicado pela sua alta sensibilidade às variações na cobertura de folhagem resultantes de condições sazonais ou de intensa seca. Quando a cobertura vegetal diminui, há um aumento nos valores de albedo, e isso pode estar associado à redução na quantidade de precipitação (Wang *et al.* 2018; Webb *et al.* 2021). As conclusões acima são consistentes com os resultados obtidos no presente estudo.

Em relação às diversas coberturas do solo, observou-se uma variação relativamente pequena nos valores médios de albedo (conforme evidenciado na Figura 9). Na Caatinga, essa discrepância entre os períodos seco e chuvoso é suficientemente sutil para possibilitar que, sob certas circunstâncias, os valores médios de albedo na estação seca sejam inferiores aos da estação chuvosa, contrariando achados de outros estudos (Souza *et al.* 2021). Vários fatores contribuem para compreender esse comportamento do albedo médio na área de estudo: precipitação atípica, seja em termos de intervalos entre os períodos chuvosos, volume acumulado ou timing; o escurecimento dos caules de parte da vegetação devido à estiagem; e a presença de cobertura de nuvens durante as fases de maior influência.

Astemperaturassuperficiaismaisbaixasforampredominantementeidentificadas sobre as regiões de solo exposto e áreas urbanas (conforme demonstrado na Figura 12). Essas observações podem ser explicadas pela considerável dinâmica de energia solar nesses elementos, resultante tanto da emissão quanto da reflexão, especialmente em anos que são climaticamente caracterizados por uma condição seca na região. (Santos *et al.* 2017). Arraes (2010) constatou que as temperaturas superficiais mais elevadas estavam associadas às áreas de influência humana. Isso indica uma menor disponibilidade de energia para processos como evapotranspiração, aquecimento do ar e aquecimento do solo nas proximidades da Barragem. Entre as possíveis razões que contribuem para a estabilização das temperaturas, conforme ilustrado na Figura

12, está a expansão das áreas de solo exposto nessa região do semiárido pernambucano. Isso é resultado da remoção da vegetação devido ao extrativismo e queimadas, o que contribui para o estabelecimento de processos de desertificação, como ressaltado por Cruz Neto *et al.* (2021). Nesse contexto, quando ocorre a redução da cobertura vegetal, é comum observar um aumento significativo ou uma estabilização em níveis elevados da temperatura média desses ambientes (Silva *et al.*, 2019). Isso ressalta que não apenas a temperatura da superfície, mas também todos os parâmetros físicos da superfície estão interconectados. Essas mudanças na composição da superfície do solo podem exercer influência sobre todos os demais parâmetros, resultando na modificação do microclima local. Isso se deve à relação direta entre a temperatura da superfície e as variações no balanço de radiação, que por sua vez afeta o balanço de energia.

A variação sazonal evidenciada nos índices e na temperatura da superfície reflete de maneira direta o padrão climático na área de estudo, que está fortemente ligado ao regime de precipitações. Os períodos distintos de chuvas, concentrados nos primeiros meses do ano, e de estiagem, predominantes nos últimos meses do ano (Figuras 2, 3 e 4), são claramente delineados. Essa característica também se manifesta numericamente nas análises de *boxplots*, conforme apresentado nas Figuras 5, 6 e 7. Nessas figuras, é possível notar uma redução nos valores de NDVI, acompanhada de um aumento nos valores de albedo e temperatura da superfície durante o período seco, em comparação com o período chuvoso. Os coeficientes de determinação de valores baixos nas regressões lineares também reforçam a sensibilidade dos indicadores espectrais diante das variações climáticas. Esses indicadores estatísticos, portanto, demonstraram eficácia em ilustrar as características específicas da dinâmica da paisagem com base em dados provenientes de sensoriamento remoto.

4 CONCLUSÕES

Os parâmetros físicos, como o NDVI, o albedo da superfície e a temperatura da superfície, exibiram uma tendência sazonal ao longo dos anos de 2013 a 2021,

revelando uma conexão intrínseca com a dinâmica climática e o crescimento vegetativo influenciado pela disponibilidade de água na região semiárida.

As análises revelaram que a modificação da cobertura vegetal natural para pastagem influencia diretamente os parâmetros físicos do NDVI, do albedo e da temperatura da superfície. No entanto, o índice NDVI demonstrou uma maior sensibilidade à dinâmica espacial da região, com variações significativas nos valores em relação às categorias de uso do solo e à periodicidade das secas. Por outro lado, o albedo e a temperatura da superfície apresentaram estimativas mais consistentes quando comparados ao NDVI, exibindo uma dependência relativamente menor em relação à variabilidade climática da região e às diferentes categorias de uso do solo. As categorias de vegetação arbustiva e solo exposto mostraram alterações mais abruptas nos valores de NDVI, albedo e temperatura da superfície ao comparar os períodos de chuva e seca. Isso ressalta como a expansão da supressão da vegetação nativa pode resultar em mudanças significativas na paisagem e, possivelmente, no ciclo da água nas proximidades da barragem Barra do Juá, como consequência desse processo.

Do ponto de vista analítico, é válido sustentar a importância da preservação da vegetação nativa e, conseqüentemente, considerar projetos de arborização. Isso se baseia no entendimento de que a presença da vegetação nativa desempenha um papel crucial na regulação térmica, o que pode ser benéfico para manter temperaturas médias mais amenas nas áreas circundantes à Barragem Barra do Juá. Portanto, a conservação da mata nativa pode ser vista como uma estratégia essencial para promover um ambiente mais equilibrado do ponto de vista térmico.

Os resultados apresentados neste estudo estão em consonância com pesquisas anteriores na literatura científica que abordam a dinâmica dos parâmetros físicos (NDVI, albedo e TS) obtidos através de sensoriamento remoto. Eles corroboram a sensibilidade desses parâmetros às mudanças no uso e ocupação do solo na região semiárida. Este estudo evidenciou que a representação espacial do NDVI, albedo e temperatura da superfície pode desempenhar um papel crucial no aprimoramento

do planejamento e da gestão do uso do solo e dos recursos hídricos. Essa abordagem oferece a oportunidade de implementar um manejo ambiental adequado nas áreas circundantes de barragens na região Nordeste.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M.; ANDRADE, S. C. P.; MORAIS, H. F.; DINIZ, J. M. T.; SANTOS, C. A. C. Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Souza-PB. **Revista Estudos Geoambientais**, [s. l.] v. 1 n. 1, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/geo/article/view/17986>. Acesso em: 27 jan. 2022.

ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M. da; ARAÚJO, F. C. de; SILVA, L. L. da. Um Estudo de Focos de Calor no Bioma Caatinga e suas Relações com Variáveis Meteorológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 513-527, set. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863630015>.

ALTMAN, N.; KRZYWINSKI, M. Simple linear regression. **Nature Methods**, 12 (11): 999–1000, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmeth.3627>.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/PE)**: Pernambuco. 2019. Disponível em: www.apac.pe.gov.br. Acesso em: 27 jan. 2022.

ARAÚJO, A. L.; SILVA, M. T.; SILVA, B. B. S.; COSTA, C. A.; DANTAS, M. Análise das Mudanças de Parâmetros Biofísicos Sobre o Nordeste Brasileiro de 2002 a 2011 com Dados Modis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 33(44): 589-599, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786334002>.

ARRAES, F. D. D. **Dinâmica do balanço de energia na bacia hidráulica do açude Orós e suas adjacências**. 2010. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/18599>. Acesso em: 27 jan. 2022

CAETANO, R.; SILVA, T. B.; CASTRO, D. R. de; BENFICA, N. S. Uso de índices espectrais na caracterização da cobertura vegetal em região de Caatinga do Semiárido Baiano. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 28-43, 18 ago. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2id26864>.

CRUZ NETO, J. F. da; JARDIM, A. M. R. F.; SOUZA, L. S. B. de; SILVA, T. G. F. da. Desertification: an overview of processes and concepts, based on the application of orbital indices through remote sensing. **Research, Society and Development**, [S. l.] v. 10. N. 11, p. e585101119950, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19950>.

CUNHA, J.; NÓBREGA, R. L. B.; RUFINO, I.; ERASMI, S.; GALVÃO, C.; Valente, F. Surface albedo as a proxy for land-cover clearing in seasonally dry forests: Evidence from the Brazilian Caatinga. **Remote Sensing of Environment**, v. 238, p. 111250. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111250>.

ERMIDA, S. L.; SOARES, P.; MANTAS, V.; FRANK-M, G.; TRIGO, I. F. Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series. **Remote Sensing**. V. 12, p. 1471, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12091471>.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **Trabajo estratégico de la FAO para contribuir a la erradicación del hambre y la malnutrición**, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6431s.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2022.

FENG, M.; SEXTON, J. O.; HUANG, C.; MASEK, J. G.; VERMOTE, E. F.; GAO, F.; NARASIMHAN, R.; CHANNAN, S.; WOLFE, R. E.; TOWNSHEND, J. R. Global Surface reflectance products from Landsat: Assessment using coincident MODIS observations. **Remote Sensing of Environment**, v. 134, p.276-293, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.02.031>.

GUO, L.; SUN, X.; FU, P.; SHI, T.; DANG, L.; CHEN, Y.; LINDERMAN, M.; ZHANG, G.; ZHANG, Y.; JIANG, Q. Mapping soil organic carbon stock by hyperspectral and time-series multispectral remote sensing images in low-relief agricultural areas. **Geoderma**, [S.l.], v. 398, p. 115118, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115118>.

HASHIM, B. M. ; MALIKI, A. A. ; SULTAN, M. A.; SHAHID, S. ; YASEEN, Z. M.. Effect of land use land cover changes on land surface temperature during 1984–2020: A case study of Baghdad city using landsat image. **Natural Hazards**, 112(2), 1223-1246, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05224-y>.

HE, J.; ZHAO, W.; LI, A.; WEN, F.; YU, D. The impact of the terrain effect on land surface temperature variation based on Landsat-8 observations in mountainous areas **International Journal of Remote Sensing**, 40, 1808–1827, 2018 DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1466082>

HUETE, A. R.; LIU, H. Q. An error and sensitivity analysis of the atmospheric-and soil-correcting variants of the NDVI for the MODIS-EOS. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 32, n.4, p. 897-905, 1994. DOI: 10.1109/36.298018.

JESUS, J. B.de; KUPLICH, T. M.; BARRETO, Í. D. de C.; ROSA, C. N. da; HILLEBRAND, F. L. Temporal and phenological profiles of open and dense Caatinga using remote sensing: response to precipitation and its irregularities. **Journal of Forestry Research**, [S.L.], v. 32, n. 3, p. 1067-1076, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-020-01145-3>.

KHORRAMI, B.; GUNDUZ, O.; PATEL, N.; GHOUZLANE, S.; NAJJAR, M. Land Surface Temperature Anomalies in Response to Changes in Forest Cover, **International Journal of Engineering and Geosciences**. v. 4 n. 3, p. 149-156, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26833/ijeg.549944>.

LIANG, S. Narrowband to Broadband Conversions of Land Surface Albedo I: Algorithms. **Remote Sensing of Environment**, v. 76, n. 2 p. 213–238, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00205-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00205-4).

LI, Z.; ERB, A.; SUN, Q.; LIU, Y.; SHUAI, Y.; WANG, Z.; BOUCHER, P.; SCHAAF, C. Preliminary Assessment of 20-m Surface Albedo Retrievals from Sentinel-2A Surface Reflectance and MODIS/VIIRS Surface Anisotropy Measures. **Remote Sensing of Environment**, v. 217, p.352–365, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.025>.

LIMA, J. F.; OLIVEIRA, L. M. M.; FARIAS, A. A. M.; SILVA, B. B. RODRIGUES, D. F. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Geotecnologia para Caracterização do Albedo e Temperatura da Superfície no Sertão de Pernambuco, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 44, p. 35481, 2021. DOI: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_35481.

LIU, Y., TIAN, J., LIU, R., DING, L. Influences of Climate Change and Human Activities on NDVI Changes in China. **Remote Sensing**, v. 13, p. 4326, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13214326>.

LUCENA, L. R.; STOSIC, T. Temperatura do nordeste brasileiro via análise de lacunaridade. **Sigmae**, 2013; 2: 76-80. Disponível em: <https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/view/211/pdf>. Acesso em: 27 jan. 2022.

MAPBIOMAS. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/a-cada-ano-brasil-queima-area-maior-que-a-inglaterra>. Acesso em: 29 de junho de 2022.

NAEGELI, K.; DAMM, A.; HUSS, M.; WULF, H.; SCHAEPMAN, M.; HOELZLE, M. Cross-Comparison of Albedo Products for Glacier Surfaces Derived from Airborne and Satellite (Sentinel-2 and Landsat 8) Optical Data. **Remote Sensing**, v. 9 n. 2, p. 110, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9020110>.

PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Atlas de bacias hidrográficas de Pernambuco**. Recife, 2006. p. 90-91.

PINTO, C. T.; PONZONI, F. J.; BARRIENTOS, C.; MATTAR, C.; ARTIGAS, A. S.; CASTRO, R. Spectral and atmospheric characterization of a site at atacama desert for earth observation sensor calibration. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 12, n. 11, p. 2227-2231, 2015. DOI: 10.1109/LGRS.2015.2460454.

REIS, E. **Estatística Descritiva**. 7a Edição, ISBN: 978-972-618-476-8. Lisboa: Edições Sílabo. 2017, 248p..

SANTOS, C. A. C. dos; SILVA, M. V. G.; SILVA, M. T.; SANTOS, C. F. A.; BEZERRA, B. G.; MEDEIROS, S. de S. Obtenção de Parâmetros Ambientais na Região Semiárida da Paraíba por Dados MODIS, **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2017; [S.l.], v. 32, n. 4, p. 633-647. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786324011>.

SILVA, C. V. S.; SILVA, J. L. B. da; MOURA, G. B. de A.; LOPES, P. M. O.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, L. C. da. Monitoramento da cobertura vegetal por sensoriamento remoto no semiárido brasileiro através de índices de vegetação. **Nativa**, 2019; [S.l.], v. 7, n. 6, p. 708. DOI: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i6.7646>.

SILVA, L. C. da; SILVA, J. L. B. da; MOURA, G. B. de A.; SILVA, D. A. de O.; LOPES, P. M. O.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, M. V. da; BATISTA, P. H. D.. Índices biofísicos e o saldo de radiação à superfície via sensoriamento remoto no semiárido pernambucano. **Journal Of Environmental Analysis And Progress**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 012-023, 28 jan. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.6.1.2021.2876.012-023>.

SILVA, D. A. de O.; LOPES, P. M. O.; MOURA, G. B. de A.; SILVA, Ê. F. de F. e; SILVA, J. L. B. da; BEZERRA, A. C.. Evolução Espaço-Temporal do Risco de Degradação da Cobertura Vegetal de Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.l.], v. 34, n. 1, p. 89-99, mar. 2019. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786334018>.

SILVA FILHO, R. da; VASCONCELOS, R. S.; GALVÃO, C. de O.; CUNHA, J. E. de B. L.; RUFINO, I. A. A.. Representação matemática do comportamento intra-anual do NDVI no Bioma Caatinga. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 473, jun. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509837279>

SOUZA, A. M.; SILVA, C. S.; BEZERRA, B. G. Caatinga Albedo Preserved and Replaced by Pasture in Northeast Brazil. **Atmosphere**, [S.L.], v. 12, n. 12, p. 1622, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/atmos12121622>.

UNCCD, **United Nations Convention to Combat Desertification**. 2012. Disponível em: www.unccd.int. Acesso em: 06 de out.de 2016.

USGS, **Landsat 8 Data Users Handbook**. Department of the Interior U.S. Geological Survey. 2019. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8-data-users-handbook>. Acesso em: Set. 7, 2022.

WANG, Z.; SCHAAF, C. B.; SUN, Q.; SHUAI, Y.; ROMÁN, M. O. Capturing Rapid Land Surface Dynamics with Collection V006 MODIS BRDF/NBAR/Albedo (MCD43) Products. **Remote Sensing of Environment**, v. 207, p. 50–64, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.001>

WEBB, EE, LORANTY, MM, LICHSTEIN, JW. Surface Water, Vegetation, and Fire as Drivers of the Terrestrial Arctic-Boreal Albedo Feedback. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 8, p. 084046, 2021. DOI: [10.1088/1748-9326/ac14ea](https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac14ea).

XU, H. Q.; HUANG, S. L. A Comparative Study on the Calibration Accuracy of Landsat 8 Thermal 831 Infrared Sensor Data. **Spectroscopy and Spectral Analysis**, v. 36, n. 6, p.1941-1948, 2016.

ZHANG, P. P.; CAI, Y. P.; YANG, W.; YI, Y. Y.; YANG, Z. F.; FU, Q. Contributions of climatic and anthropogenic drivers to vegetation dynamics indicated by NDVI in a large dam-reservoir-river system. **Journal of Cleaner Production**. v. 256, p. 120477, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120477>

ZHANG, X.; JIAO, Z.; ZHAO, C.; QU, Y.; LIU, Q.; ZHANG, H.; TONG, Y.; WANG, C.; LI, S.; GUO, J. Review of Land Surface Albedo: Variance Characteristics, Climate Effect and Management Strategy. **Remote Sensing**, v. 14, n. 6, p. 1382, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14061382>

ZANTER, K.; Department of the interior, U.S. Geological Survey. **Landsat 4-7 surface reflectance (LEDAPS). Product Guide. Version 2.0**. 2019, EROS, Sioux Falls, South Dakota. Disponível em: <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-4-7-surface-reflectance-code-ledaps-product-guide>. Acesso em: September 7, 2022.

Contribuições de Autoria

1 – Admilson da Penha Pacheco

Universidade Federal de Pernambuco. Doutorado em Geofísica pela Universidade de São Paulo – USP/ Instituto Astronômico e Geofísico – IAG, professor titular da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/ Depto. de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

<https://orcid.org/0000-0002-3635-827X> • pacheco3p@gmail.com

Contribuição: Metodologia, Software, Validação, Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Recursos, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição, Supervisão, Administração do Projeto, Obtenção de Financiamento.

2 – Camila Roberta Ribeiro de Souza

Universidade Federal de Pernambuco – Depto. de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Engenheira Cartógrafa e de Agrimensura pela Universidade Federal de Pernambuco

<https://orcid.org/0000-0003-4884-8775> • camila.ribeirosouza@ufpe.br

Contribuição: Metodologia, Software, Validação, Curadoria de dados, Escrita – Revisão e Edição.

3 – Juarez Antonio da Silva Júnior

Universidade Federal de Pernambuco – Depto. de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

<https://orcid.org/0000-0002-2898-0309> • juarez.silvajunior@ufpe.br

Contribuição: Metodologia, Software, Validação, Curadoria de dados, Escrita – Revisão e Edição.

Como citar este artigo

PACHECO, A. da P.; SOUZA, C. R. R. de; SILVA JÚNIOR, J. A. Avaliação espaço-temporal de parâmetros físicos no entorno da Barragem de Barra do Juá/Pernambuco a partir de Imagens Landsat-8. *Ciência e Natura*, **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 45, e34, 2023. DOI 10.5902/2179460X73974. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X73974>.