



ANÁLISE DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR – PI

ANALYSIS OF THE VEGETABLE COVERAGE INDEX AND SURFACE TEMPERATURE IN THE MUNICIPALITY OF CAMPO MAIOR – PI

Cirila Lopes dos Santos Borges¹ Daniel Silva Veras²

¹Instituto Federal do Piauí - IFPI - cirila-borges@hotmail.com; ORCID: 0000-0002-1240-8279

²Instituto Federal do Piauí - IFPI - danielveras@ifpi.edu.br; ORCID: 000.0002.0360.0824

Recebido: 31/01/2023

Publicado: 08/05/2024

RESUMO

Questões relacionadas ao meio ambiente vêm ganhando cada vez mais relevância no mundo. As mudanças climáticas têm causado problemas crescentes em vários pontos do planeta, principalmente em zonas urbanas motivo pelo qual têm-se aumentado os estudos acerca das variáveis que afetam diretamente na alteração da temperatura e microclima urbano, visto que tais alterações implicam no conforto térmico, ou na falta dele, da população e por vezes na saúde. Por essa óptica, o presente artigo visa analisar nos anos de 2014, 2018 e 2021 a relação da Temperatura de Superfície de Terreno (TST) com o índice de vegetação Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), associado ao uso do solo, no município de Campo Maior, ao norte do Estado do Piauí buscando compreender a relação e sua influência na distribuição espacial das áreas mais quentes. Os mapas de NDVI apresentaram valores entre -0,31 e 0,90, já os de temperatura apresentaram valores entre 36°C e 42°C. Com a geração de mapas temáticos se constatou que os valores de NDVI tem relação com a com a TST, uma vez que os locais com menores índice de Vegetação (IV) apresentam maiores temperaturas, o que afeta no conforto térmico da população.

Palavras-chave: Campo Maior. Conforto Térmico. NDVI. Temperatura de Superfície.

ABSTRACT

Issues related to the environment are gaining increased relevance in the world. Climate change has caused increasing problems in various parts of the planet, in urban areas, which is why studies on the variables that directly affect the change in the temperature and urban microclimate have increased, since such alterations imply thermal Comfort, or lack of it, of the population and sometimes in health. From this perspective, this article aims to analyze in the Years 2014, 2018 and 2021 the relationship between the Land Surface Temperature (TST) and the NDVI vegetation index (Normalized Difference Vegetation Index), associated with land use, in the municipality of Campo Maior, in the north of the State of Piauí, seeking to understand the relationship and its influence on the spatial distribution of the hottest areas. The NDVI maps showed values between -0,31 and 0,90, while the temperature maps showed values between 36°C and 42°C. With the generation of thematic maps, it was found that the NDVI values are related to the TST, since places with lower IV have higher temperatures, which affects the thermal comfort of the population.

ANÁLISE DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR – PI

Keywords: Campo Maior. Thermal Comfort. NDVI. Surface Temperature.

1 Introdução

O processo de expansão demográfica ocorrido no Brasil, nas décadas de 1960 e 1970 com o crescimento de atividades econômicas e o desenvolvimento de tecnologias, ocasionou um boom de migração populacional do campo para a cidade, propiciando um crescimento urbano acelerado desencadeando diversos problemas ambientais. A alteração do microclima local e urbano é um reflexo do intenso processo de ocupação das cidades (NASCIMENTO, 2011). A cidade gera um próprio clima que é resultado da influência de vários fatores que agem sobre a malha urbana e alteram o clima em escala local, sendo a qualidade do ar, o impacto das chuvas e o conforto térmico, os efeitos mais sentidos pela população (MONTEIRO, 1976). A urbanização também afeta a Temperatura de Superfície do Terreno (TST) que tem grande importância nos estudos sobre centros urbanos, pois seu papel é essencial no balanço energético da superfície, que resulta numa visão mais ampla sobre a influência da temperatura no conforto térmico dos cidadãos.

Para Freitas e Pouey (2002), o processo de urbanização modifica de forma incisiva os ecossistemas, aumentando a temperatura, reduzindo a umidade, além de alterar a composição química da atmosfera, o que acarreta a criação de microclimas, que nem sempre apresentam condições de habitabilidade e sustentabilidade satisfatórias. Os autores referem-se, ainda à vegetação como um dos fatores que pode ser usado para reverter ou minimizar estas consequências.

Nesse sentido, as geotecnologias têm sido empregadas com sucesso na busca de soluções para os diversos problemas nas cidades. O Sensoriamento remoto, segundo Meneses, é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto (Meneses e Almeida, 2012). A condição principal imposta para o sensoriamento remoto consiste na tecnologia que se utiliza da obtenção de imagens da superfície da Terra adquiridas através de aparelhos denominados sensores remotos localizados em satélites.

Rosa (2009) afirma que os índices de vegetação utilizam as faixas do vermelho e do infravermelho próximo por conterem mais de 90 % da variação da resposta espectral da vegetação e, portanto, tais índices realçam o seu comportamento espectral, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos dela. Ainda de acordo com o autor, as faixas espectrais correspondentes ao vermelho (0,65 a 0,72 μm) e ao azul (0,45 a 0,50 μm) são as mais

Cirila Lopes dos Santos Borges, Daniel Silva Veras

aproveitadas pela folha na fotossíntese, pois os pigmentos da planta responsáveis por ela absorvem a radiação incidente nos comprimentos de onda 0,48 μm (carotenóides) e 0,62 μm (clorofila). Assim a reflectância é muito baixa nas referidas faixas. Já na faixa do infravermelho próximo (0,7 a 1,3 μm), Moreira (2007) diz que a absorção da radiação eletromagnética é muito baixa (menos de 15 %) e a reflectância pode chegar a 50 % dependendo da estrutura anatômica das folhas.

Com a utilização de imagens do infravermelho termal é possível a espacialização da temperatura de superfície nas áreas em estudo o que pode contribuir para a readequação e o planejamento urbano nas cidades melhorando assim a qualidade de vida de seus habitantes.

Bezerra, Moraes e Soares (2018) utilizaram essa metodologia para o estudo e análise da temperatura de superfície no município de Belém – PA e descobriram que as áreas com menos vegetação e conseqüentemente menor valor de NDVI apresentam maior temperatura de superfície. Eles também detectaram o aparecimento de ilhas de calor na região central do município provocado pela retirada da vegetação devido ao processo de urbanização (Bezerra, Moraes e Soares, 2018).

O objetivo desse trabalho foi analisar a relação da temperatura de superfície com o índice de vegetação nos anos de 2014, 2018 e 2021, associado ao uso de solo e identificando os pontos de temperatura mais elevada no município de Campo Maior - PI, utilizando-se da análise de imagens obtidas pelo satélite Landsat 8.

2 Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo escolhida foi a cidade de Campo Maior situada ao norte do Estado do Piauí, e cuja sede está localizada nas coordenadas de latitude 04°49'56,85" sul e longitude de 42°10'15,43 oeste, na mesorregião do centro-norte piauiense (Figura 1).

A cidade de Campo Maior - Piauí tem uma área de aproximadamente 1.680,86 Km² está localizado no Território dos Carnaubais com uma população estimada para 2021 de 46.950 habitantes (IBGE).

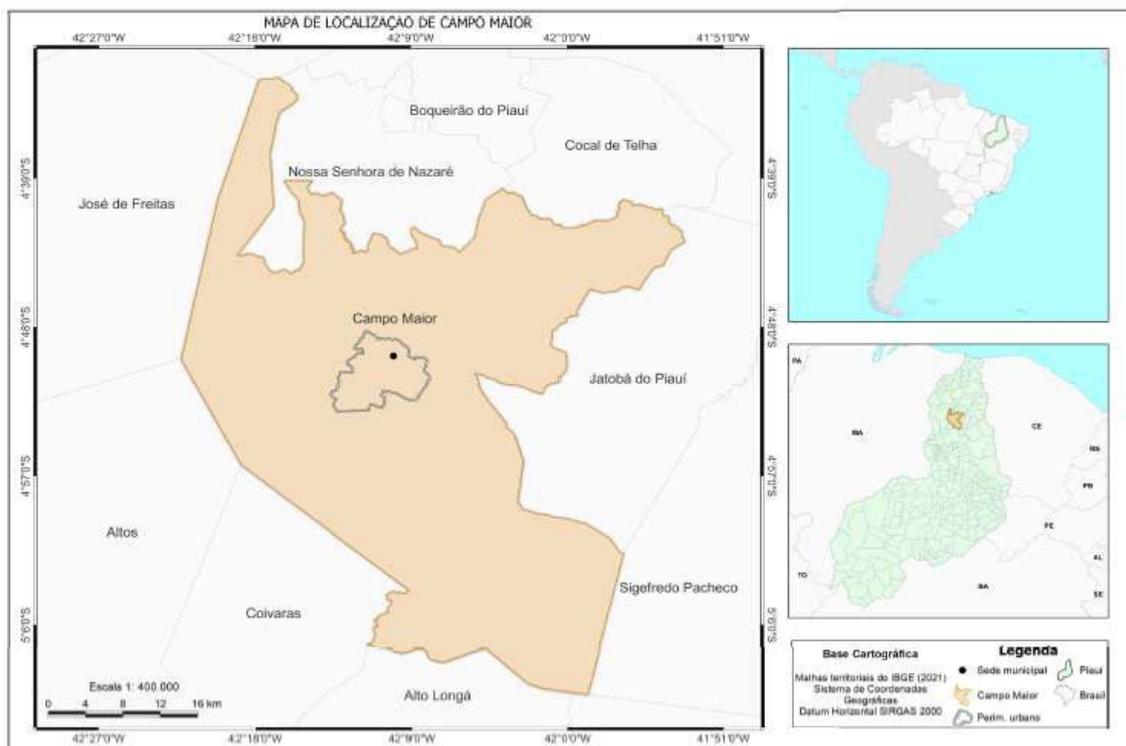
Em relação ao clima, caracteriza-se por apresentar segundo Köppen, clima tropical subúmido seco (C₁WA'4a'), com pequena amplitude térmica no verão. A duração do período seco é de seis meses, com temperatura máxima de 35°C e mínima de 28°C. Essa região tem característica bem marcante dos carnaubais, que predomina quase toda a região plana

ANÁLISE DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR – PI

(LIMA; ARAÚJO, 2006).

Pela determinação do clima e solo, o município possui preponderantemente a sua vegetação concentrada no cerrado em transição para caatinga, vegetação rasteira com pouca predominância de árvores. Os campos limpos - as campinas - são características muito marcantes na região e ocupando extensas áreas afiguram-se ser adequadas a pecuária e à produção de cera, matéria-prima extraída das carnaubeiras nativas, uma das principais riquezas da microrregião de Campo Maior (Leite Sousa, 2021).

Figura 1. Mapa de localização da cidade de Campo Maior/PI.



Fonte: Autora (2022).

2.2 Aquisição de dados

Para o estudo, foram adquiridas imagens de satélite do município, no ponto 063, órbita 219, da Banda 10 do Landsat 8 TM, disponíveis no Catálogo de Imagens Earth Explorer da USGS. As imagens foram capturadas nas datas: 07/11/2014; 07/11/2018 e 25/10/2021 e foram obtidas na época que representa o período mais quente e seco de cada ano. A projeção e Datum utilizados foram: SIRGAS 2000, Universal Transversa de Mercator – UTM, zona 23S, respectivamente, a resolução radiométrica de 16 Bits e o tempo de revisita do satélite é de 16 dias. (USGS, 2013).

Cirila Lopes dos Santos Borges, Daniel Silva Veras

Realizou-se o recorte da área de interesse da imagem do ponto 063, órbita 219, do Landsat-8, por base de um arquivo vetorial no formato *shapefile* do município e cidade de Campo Maior - PI (obtidos através da base de dados do IBGE) utilizando-se o *software* QGIS 3.26, bem como para assim executar as demais operações. Após essa etapa, procedeu-se o cálculo das imagens índices de vegetação.

Um dos índices mais amplamente utilizados é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI), proposto por Rouse(et al.,1973) com a finalidade de quantificar o crescimento e a biomassa acumulada da vegetação. O NDVI é calculado a partir da Equação 1 abaixo:

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

Onde:

NIR = Reflectância no infravermelho Próximo

RED = Reflectância no Vermelho

O NDVI possui como principais características: minimizar os efeitos da topografia; pode saturar em regiões de vegetação densa; é sensível aos efeitos do brilho do solo, cor do solo, atmosfera, sombra de nuvem e sombra de dossel (JENSEN, 2009).

Conforme essa equação, Rouse et al. (1973) afirma que o resultado, a partir da imagem gerada pelo NDVI, possui pixels cujo valores são referentes entre -1 e +1. Os valores de NDVI, quanto mais próximos de 1, representam vegetações mais densas, enquanto valores iguais a -1 ou próximos, denotam superfícies sem cobertura vegetal ou muito escassas de vegetação (SILVA et al., 2009).

2.3 Temperatura de superfície

Para a realização desta etapa utilizou-se a metodologia de Coelho e Correa (2013). A imagem utilizada nesta etapa foi a banda 10. Primeiramente, foi realizado o recorte na área de estudo e posteriormente foi feito a conversão do nível de cinza (NC) para radiância e depois determinou-se a temperatura em Kelvin, de acordo com a equação 2 e 3.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

ANÁLISE DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR – PI

Onde $L\lambda$ é a Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μm); ML é fator multiplicativo de redimensionamento da banda termal; Q_{cal} é o valor quantizado calibrado pelo pixel na banda termal e AL é o fator de redimensionamento aditivo específico da banda termal.

Logo após da obtenção dos dados em radiância, foi utilizado a equação 3 para análise da temperatura em Kelvin.

$$T = \left(K_2 / \ln \left(\frac{K_1}{L\lambda} \right) + 1 \right) \quad (3)$$

De forma que, T é a Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K); K_1 e K_2 são as constantes de Calibração em Kelvin e \ln é o logaritmo natural.

Depois desse procedimento, o valor da temperatura em Kelvin foi subtraído por 273,15 (zero absoluto) para se determinar a temperatura em graus Celsius (°C).

1.1 Uso do solo

Para a análise do uso da área utilizou-se a metodologia de Lima e Filho (2015) e foi elaborado a partir do NDVI. Foram definidas e classificadas 5 classes temáticas de acordo com o valor do índice de vegetação. Para os valores classificou-se como Corpo Hídrico, valores menores que 0,1; denominou-se Área Antropizada para valores de 0,1 a 0,27; Vegetação Rasteira de 0,27 a 0,37; Vegetação Moderada de 0,37 a 0,55 e Vegetação Densa valores maiores que 0,55. No Quadro 1, estão mapeadas as 5 classes utilizadas na pesquisa.

Quadro 1– Classes de uso do solo segundo o NDVI.

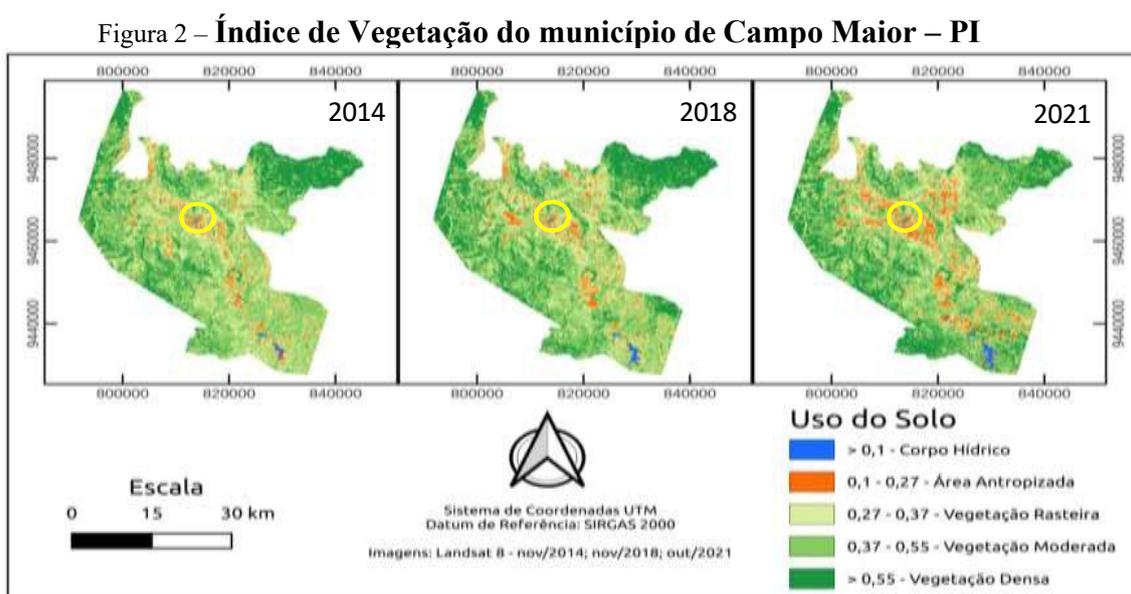
CLASSE TEMÁTICA	INTERVALO NDVI
CORPO HÍDRICO	< 0,1
ÁREA ANTROPIZADA	0,1 – 0,27
VEGETAÇÃO RASTEIRA	0,27 – 0,37
VEGETAÇÃO MODERADA	0,37 – 0,55

Fonte: Elaborada pela autora.

3 Resultados e discussão

Cirila Lopes dos Santos Borges, Daniel Silva Veras

Na Figura 2 abaixo, que apresenta os dados espacializados do índice NDVI e considerando toda extensão territorial do município de Campo Maior, foram encontrados valores que variam de -0,31 a 0,90. As áreas antropizadas/solo exposto apresentaram valor em torno de 0,27. Quando consideramos apenas a zona urbana da cidade esses valores diferenciam-se levemente (0,13 a 0,78) considerando que nela encontra-se uma vegetação diferente (árvores frondosas), da que se encontra nos arredores da cidade, e a presença de massas de água na região central da cidade.

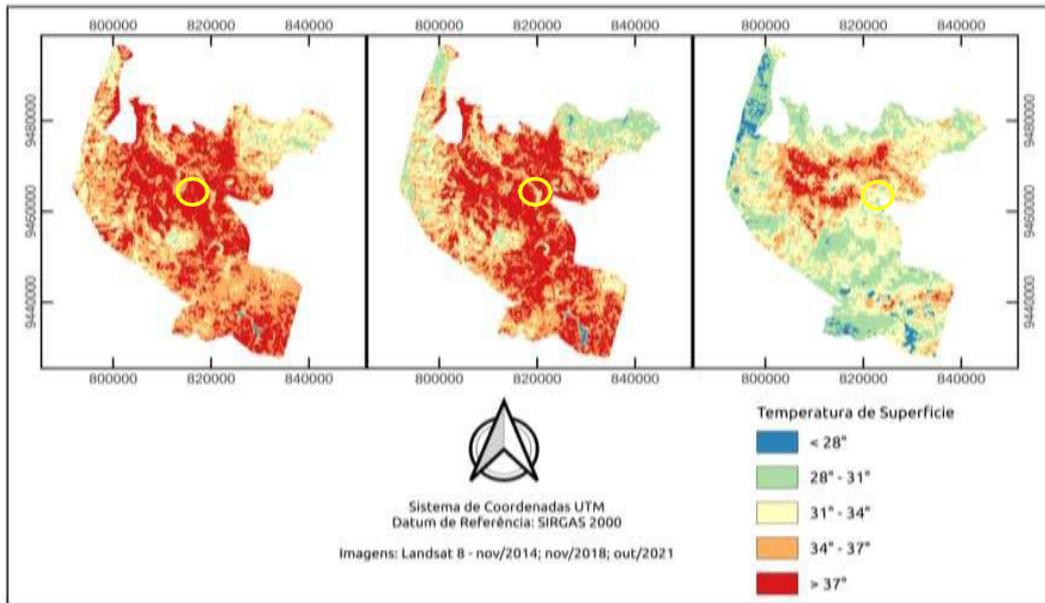


Fonte: Autora (2022).

Na análise da Figura 3, observou-se que as regiões mais afetadas pelas altas temperaturas são as áreas nos arredores da cidade de Campo Maior, onde predomina a vegetação rasteira e/ou área antropizada/solo exposto. Essas temperaturas chegaram a números mais elevados, maior que 40°C, na zona rural do que mesmo na zona urbana, uma vez que a cidade conta com a presença de áreas verdes bem distribuídas e de corpos de água como o Açude Grande que se encontra no centro da cidade. Percebeu-se um aumento de áreas mais quentes de 2014 para 2018. Já em 2021 ocorreu uma queda significativa de temperatura nas áreas mais afastadas da cidade e até mesmo na própria cidade, que pode ter sido provocada pela passagem do La Niña que trouxe chuvas torrenciais em um período que historicamente esse fenômeno não ocorre. Junte-se a isso o fato de que a cidade tem no centro e seus arredores a presença de corpos hídricos que em períodos chuvosos intensos ajudam no resfriamento de toda cidade. Porém na área onde a vegetação rasteira predomina a temperatura se manteve bastante elevada.

ANÁLISE DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR – PI

Figura 3 – Temperatura da Superfície do município de Campo Maior - PI



Fonte: Autora (2022).

A partir de análise visual entre os dados apresentados nas figuras 2 e 3, estabelecemos uma relação entre as duas variáveis, visto que as maiores temperaturas foram encontradas nas áreas em que o índice de vegetação apresenta valores de até 0,48. Via de regra a diminuição da cobertura vegetal em uma cidade torna-se prejudicial uma vez que a vegetação ajuda a purificar o ar, evita processos erosivos, mantém a permeabilidade do solo e ajuda a regular a temperatura e a umidade, resultando em melhor qualidade de vida para os habitantes. Além disso, a vegetação também se constitui um fator determinante na atenuação das altas temperaturas, dessa forma índices vegetacionais são relacionados às áreas com maior/menor temperatura nas áreas urbanizadas (SANTOS, 2017).

Com isso, a medida em que a área vegetada diminui, ocorre uma gradativa elevação da temperatura (PAVÃO et al., 2015).

Ainda com relação a figura 2, considerando o uso do solo quantificado a partir dos valores de NDVI, percebeu-se alterações no uso do solo em toda a região do município de Campo Maior. Estas mudanças foram quantificadas como mostra o quadro 2. De modo geral, os solos considerados expostos, ou seja, sem nenhum tipo de cobertura vegetal (área antropizada/solo exposto, vegetação rasteira), apresentaram um aumento de 118,65 km² (7,06%), entre os anos de 2014 e 2021, enquanto a vegetação densa apresentou diminuição de aproximadamente 72 Km².

Quadro 2– Quantificação das classes de uso do solo.

CLASSE (Km²)	2014	2018	2021
CORPO HÍDRICO	4,98	7,50	10,17
ÁREA ANTROPIZADA	90,44	95,00	142,80
VEGETAÇÃO RASTEIRA	360,72	437,66	427,01
VEGETAÇÃO MODERADA	496,06	456,50	444,38
VEGETAÇÃO DENSA	727,80	683,98	655,64

Fonte: Elaborada pela autora.

Percebeu-se que o tamanho das áreas antropizadas e a diminuição da vegetação são equivalentes, o que pode ser explicado pelo crescimento horizontal urbano, pela busca de novas áreas de moradia da população, principalmente em zonas mais afastadas do centro, e pela presença da vegetação rasteira predominante na região.

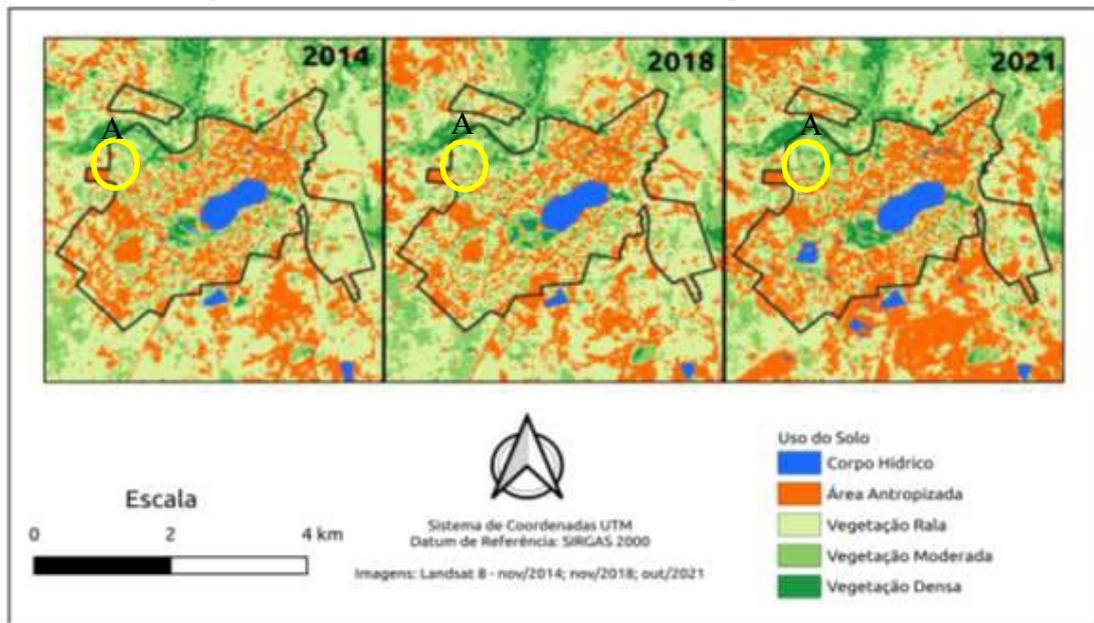
A diferença observada entre as temperaturas pode ser explicada em razão da urbanização do ambiente, ou seja, a presença de asfalto, calçadas e telhados ocasiona um maior processo de refletância da radiação eletromagnética, conhecida como albedo, o que resulta no aumento da temperatura de superfície (OSCO et al., 2015), o que observamos nos anos de 2014 e 2018. Já no ano de 2021 observou-se uma diminuição das temperaturas, em grande parte do município, o que evidencia um processo de amenização das altas temperaturas anteriormente encontradas na cidade e que pode ter relação com a ocorrência de chuvas nos dias anteriores a coleta da imagem pelo satélite. É sabido que o regime de chuvas nesse ano específico sofreu alterações decorrentes do fenômeno La Niña, o qual provoca a diminuição da temperatura da superfície das águas do Oceano Pacífico Tropical Central e Oriental. No Brasil, as regiões Norte e Nordeste tem um aumento no índice de chuvas quando da ocorrência desse fenômeno.

Nas figuras 4 e 6, trazemos um recorte para a cidade de Campo Maior (apenas área urbana), onde é possível observar de maneira mais apurada o impacto do crescimento das áreas de solo exposto, onde se englobam as superfícies que mais absorvem a radiação incidente, nos últimos anos, além disso, a falta de planejamento urbano na criação de novos conjuntos habitacionais também pode contribuir negativamente com a situação. Esse é o exemplo em destaque nas figuras 4 e 5 em que um conjunto habitacional com alta densidade de casas foi aprovado sem qualquer planejamento nesse sentido, situação que se repete em

ANÁLISE DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR – PI

outros conjuntos nos arredores da cidade.

Figura 4 – Uso do solo na cidade de Campo Maior - PI



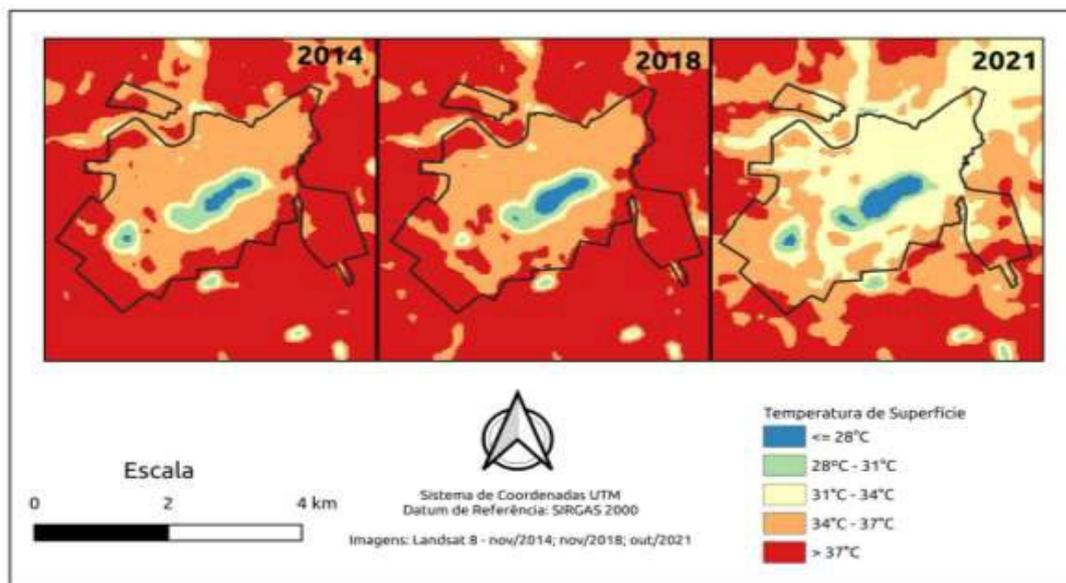
Fonte: Autora (2022).

Figura 5 – Área em destaque na figura anterior.



Fonte: Google Earth, Acesso em 25/11/2022.

Figura 6 – Mapa de temperatura de superfície no centro da cidade de Campo Maior - PI



Fonte: Autora (2022).

A relação encontrada na análise pode ser explicada principalmente ao fato de que quanto maior a área da cobertura vegetal, maior será o índice do NDVI e menor o TST. Em vista disso, as mudanças no uso e cobertura do solo possuem uma relação direta com os valores de TST e do NDVI.

4. Conclusão

Com base nos resultados apresentados no trabalho, identificou-se que as áreas onde as temperaturas se apresentaram mais elevadas são aquelas com menores valores de NDVI e consequentemente com maiores temperaturas, com exceção das massas de água. Essas áreas são justamente as que se localizam nos arredores da cidade onde a cobertura vegetal predominante não faz o trabalho de proteção do solo, o que leva ao aumento das temperaturas. Na cidade de Campo Maior (área urbana), apesar do aumento populacional e sensível redução na cobertura vegetal observada, a temperatura de superfície não apresenta grandes variações ao longo do período em estudo, tendo até mesmo apresentado temperaturas reduzidas quando comparadas a algumas áreas na zona rural.

A construção de mapas utilizando as geotecnologias permitiu a identificação de áreas

ANÁLISE DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE CAMPO MAIOR – PI

que necessitam de grande atenção por parte do poder público e ajudá-lo a não incorrer nos mesmos erros.

Em meio a essa conclusão surge um fato inusitado, a queda brusca nas temperaturas no ano de 2021. Fenômeno digno de um estudo mais aprofundado, considerando que a temperatura de um local ou região apresentar uma variação tão grande em um curto intervalo de tempo não é comum.

Diante de tudo que foi exposto conclui-se que as informações adquiridas com o estudo do NDVI e da temperatura de superfície, mostraram-se de grande relevância, pois tais dados caracterizam-se como ferramentas para uma rápida tomada de decisão no monitoramento da qualidade ambiental, e do planejamento urbano da região para uma melhor qualidade de vida para a população.

Referências

- BEZERRA, Paulo E.S.; MORAES, Eiky T.I.; SOARES, Ismael R.C.; Análise da Temperatura de Superfície e do Índice de Vegetação no Município de Belém na Identificação das Ilhas de Calor. **Revista Brasileira de Cartografia**, UFU, vol. 70, n. 3, pp. 803-818, setembro, 2018.
- COELHO, A. L. N. CORREA, W. S. C. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor Tirs/Landsat-8: Metodologia e Aplicações. **Revista Geografia Acadêmica** v.7, n.1 (xii.2013). pp.31-45.
- FREITAS, R.; POUHEY, M. T. Arborização: um indicador de sustentabilidade urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE PAISAGISMO EM ESCOLAS DE ARQUITETURA E URBANISMO NO BRASIL, 6., BARBOSA 2002. Recife, PE. **Anais ...** Recife: UFPE, 2000.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Site: Acessado em outubro de 2022. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi/campo-maior.html>
- JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**, São José dos Campos – São Paulo 2009.
- LEITE SOUSA, Francisco Ernandes et al. DIVERSIDADE FLORÍSTICA DO ENTORNO DAS PISCINAS NATURAIS DA SERRA DE CAMPO MAIOR (PI), NORDESTE DO BRASIL. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 1, n. 15, p. 95-114, ago. 2021. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/697>>. Acesso em: 01 dez. 2022.
- LIMA, A. S; ARAÚJO, J. L. L. Geoambientes e as atividades agropecuárias consorciados e associados nas áreas dos carnaubais. In: GOMES, J. M. A. (org.). **Cadeia produtiva da cera de carnaúba: diagnósticos e cenários**. Teresina: EDUFPI, 2006. p. 35-47.
- LIMA, Elaine F.; FILHO, Eliomar P. S.; NDVI aplicado na detecção de degradação de pastagens cultivadas. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, Confins, 2015, 35 | 2018, posto online no dia 20 abril 2018, consultado o 02 dezembro 2022. URL:

Cirila Lopes dos Santos Borges, Daniel Silva Veras

<<http://journals.openedition.org/confins/13180>; DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.13180>>, Acesso em 04 out. 2022.

MENESES, Paulo R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. <<http://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>, Acesso em 18 out. 2022. Brasília 2012.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. NASA (National Aeronautics and Space Administration). Landsat 8 Thermal Infrared Sensor (TIRS) Update. Site: <http://landsat.usgs.gov/about_LU_Vol_8_Issue_2.php#2a>. Acesso em 12 set. de 2022.

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3ª Ed. Viçosa: UFV, 2007.

NASCIMENTO, D. T. F. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)**. 2010. 98 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2011.

OSCO, L. P.; BOIN, M. N.; RAMOS, A. P. N.; FELICIO, M. J. Avaliação da temperatura de superfície a partir do uso de Geotecnologias – um estudo de caso no alto curso da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho/SP. **Anais: I Simpósio de Águas, Solo e Geotecnologias-SASGEO**. Uberaba – MG. Brasil, 2015.

PAVÃO, V. M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; PAVÃO, L. L.; QUERINO, J. K. A. S.; BIUDES, M. S. (NOTA DE PESQUISA). Temperatura E Albedo da superfície por Imagens Tm Landsat 5 em diferentes usos do Solo no sudoeste da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 16, jun. 2015.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7.ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. 264 p.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, 1973. **Proceedings**. Washington, 1973, v.1, Sec.A, p. 309-317.

SANTOS, Mariana Rodrigues Oliveira dos. **Técnicas de Geoprocessamento na Análise Microclimática da Cidade de Teresina – Piauí**; Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia) Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí, Tecnologia em Geoprocessamento, p.67. Teresina, 2017.

SILVA, L.; COSTA FILHO, J. F.; LIMA, E. R. V.; ALMEIDA, H. A. Análise do albedo e do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) em uma bacia hidrográfica, usando o sebal - surface energy balance algorithm for land. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**; 2009; Viçosa. 16p.