

ANÁLISE DE NDVI E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE EM ÁREAS URBANAS DE PEQUENAS CIDADES DA MICRORREGIÃO DE GOIOERÊ-PR

Silvana de Jesus Galdino

Doutoranda em Geografia da Universidade Estadual de Maringá-UEM, PR.
silgaldino@outlook.com

Maria Eugenia Moreira Costa Ferreira

Prof. Dra. em Geografia da Universidade Estadual de Maringá- UEM, PR
eugeniaguart@gmail.com

RESUMO: A qualidade ambiental das pequenas cidades da Microrregião de Goioerê foi afetada, em parte, pelas mudanças de uso da terra ao longo dos anos, haja vista o seu relacionamento com áreas agricultáveis do entorno. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo: analisar o Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e verificar o comportamento da temperatura de superfície das pequenas cidades, com menos de 10 mil habitantes da Microrregião de Goioerê-PR, utilizados recursos do geoprocessamento (Qgis). Para gerar o NDVI optou-se por usar imagem Datum WGS 1984, Landsat 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*, bandas 4 e 5) e para o cálculo da temperatura utilizou-se imagem Landsat 8, sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*, banda 10) com resolução espacial de 30 metros pelo fato de a mesma possuir a banda termal. Isso resultou em uma série de mapas temáticos para a avaliação dos parâmetros estudados. Os dados revelaram que as temperaturas da superfície terrestre giram em torno dos 19°C (mínima) e 28°C (máxima). Além disso, os NDVI próximos de 1 correspondem as áreas com maiores índices de massa vegetal, conseqüentemente, as menores temperaturas de superfície. Já os NDVI próximos de 0 dizem respeito as áreas com baixa ou nenhuma cobertura vegetal, portanto, apresentam as maiores temperaturas de superfície. O intuito da análise do índice de vegetação e temperatura de superfície é propor a existência e manutenção de áreas verdes como um dos caminhos para a manutenção da qualidade ambiental urbana em pequenas cidades.

Palavras-chave: Pequenas cidades. Qualidade ambiental. Áreas verdes

ANALYSIS OF NDVI AND SURFACE TEMPERATURE IN URBAN AREAS OF SMALL CITIES IN THE MICROREGION OF GOIOERÊ-PR

ABSTRACT: The environmental quality of the small towns in the Microregion of Goioerê was sustained, in part, by changes in land use over the years, given its relationship with surrounding arable areas. In this sense, the present study aimed to: analyze the Vegetation Index by Normalized Difference (NDVI) and verify the behavior of the surface temperature of small cities, with less than 10 thousand inhabitants of the Microregion of Goioerê-PR, using geoprocessing resources (Qgis). To generate the NDVI, it was decided to use a WGS 1984 Datum image, Landsat 8, OLI sensor (Operational Land Imager, bands 4 and 5) and to calculate the temperature, Landsat 8 image, TIRS sensor (Thermal Infrared Sensor, band 10) with a spatial resolution of 30 meters due to the fact that it has a thermal band. This resulted in a series of thematic maps for the evaluation of the studied parameters. The data revealed that, the terrestrial surface temperatures revolve around 19°C (minimum) and 28°C (maximum). In addition, NDVI close to 1 correspond to areas with higher plant mass indices, consequently, with lower surface temperatures. Already, the NDVI close to 0 concerns areas with low or no vegetation cover, therefore, it has the highest surface temperatures. The intention of analyzing the vegetation index and surface temperature is to propose the existence and maintenance of green areas as one of the ways to maintain urban environmental quality in small cities.

Keywords: Small cities. Environmental Quality. Green areas

INTRODUÇÃO

É no ambiente urbano que ocorrem as mais profundas transformações da natureza pela ação humana. Nesse espaço, dependendo da intensidade de modificação da natureza, os problemas ambientais ganham maiores proporções. A modificação das paisagens pode ser intensa ou menos intensa, dependendo do grau de uso do território pelas atividades humanas. Trata-se de um sistema interligado e interdependente em que as mudanças ocorridas em determinadas partes da cidade afetam outras partes desta, ocasionando alterações na biosfera urbana.

As transformações na paisagem urbana da cidade estão diretamente relacionadas as mudanças nas características naturais dos elementos existentes, comprometendo o equilíbrio ecológico e a manutenção da qualidade ambiental no espaço da cidade.

Mota (1999) define qualidade ambiental como o resultado dessa interação entre os elementos naturais e não naturais da paisagem, através do ordenamento e planejamento do espaço, de forma a conciliar os benefícios da vegetação com os diversos tipos de uso do solo. Sendo assim, a vegetação tem papel de destaque nos estudos de qualidade ambiental, pois, no caso da apropriação do meio pelo homem, esse elemento natural é o primeiro a sofrer com o processo de degradação.

Na visão de Santos (1997, p. 42) “essas mudanças são quantitativas, mas também qualitativas”, e “a cidade é cada vez mais um meio artificial, fabricado com restos da natureza primitiva crescentemente encoberta pelas obras dos homens”. Sendo assim, a implantação e a manutenção das áreas verdes ficam relegadas a segundo plano pelo poder público e, muitas vezes, a própria população desconhece o papel desempenhado por essas áreas.

Seguindo essa linha de raciocínio, Loboda (2003 p.20) destaca que a “qualidade de vida urbana está diretamente atrelada a vários fatores que estão reunidos na infraestrutura, no desenvolvimento econômico-social e àqueles ligados a questão ambiental. No caso do ambiente, constitui-se elemento imprescindível para o bem-estar da população, pois influencia diretamente na saúde física e mental”.

Considerando os inúmeros estudos sobre a temática, o sensoriamento remoto é considerado uma importante ferramenta para o planejamento ambiental urbano. Permite a aquisição de informações da superfície terrestre sem o contato direto com os objetos e materiais que compõem essa paisagem, possibilitando o monitoramento, medição e análise de importantes características biofísicas e de atividades humanas.

No presente estudo, o Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi utilizado para verificar a espacialização da massa vegetal nos pequenos núcleos urbanos que compõem a Microrregião de Goioerê-PR. Este índice é um modelo resultante da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélites que provêm da equação composta pelas respostas das bandas espectrais do vermelho e infravermelho próximo (RAMOS et al., 2010).

Além da cobertura vegetal, os processamentos de imagens de satélite têm sido úteis para monitorar a temperatura de superfície terrestre (PIRES, 2015). A temperatura de superfície diz respeito ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do alvo, sendo uma variável

importante para a compreensão das interações entre a atmosfera e a superfície terrestre (FERREIRA et al., 2017).

Através do uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento é possível detectar mudanças nas respostas espectrais de alvos de superfície, assim como avaliar a temperatura nos mais diversos recursos naturais (água, solo, vegetação) a fim de executar um planejamento regional adequado (PEREIRA et al., 2015).

De acordo com Lima e Amorim (2011), o sensoriamento remoto é uma importante ferramenta que auxilia na análise e aquisição de informações da superfície terrestre, pois os sensores são sensíveis à radiação, sendo possível monitorar as características térmicas da paisagem. Trata-se de uma ferramenta que subsidia o mapeamento térmico das cidades.

A existência de áreas verdes no espaço urbano atenua grande parte da radiação incidente sobre o solo, áreas construídas ou impermeáveis, amenizando as temperaturas de superfície por meio do sombreamento e evapotranspiração. E, nesse contexto, o uso do atributo ambiental Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é considerado uma importante estratégia para monitoramento das alterações produzidas pelo homem no espaço urbano ou rural.

A partir das espacializações dos dados obtidos para as áreas urbanas das pequenas cidades da Microrregião de Goioerê é possível afirmarmos que os maiores valores de NDVI estão associados à maior massa de cobertura vegetal (próximos de 1), com temperatura de superfície mais baixa, enquanto os valores referentes ao solo exposto estão relacionados à menor massa de cobertura vegetal (próximos de 0), com temperatura de superfície mais alta. No entanto, as médias de temperatura também podem ser influenciadas por outros fatores, no caso das pequenas cidades, pelas áreas vegetadas ou não vegetadas do entorno.

1 MATERIAIS E MÉTODOS

Em termos específicos, o olhar neste estudo se direciona para o recorte territorial dos municípios com menos de dez mil habitantes da Microrregião de Goioerê-PR, pertencente à Mesorregião Centro Ocidental Paranaense. Essa microrregião é composta por 11 municípios, sendo Altamira do Paraná, Boa Esperança, Campina da Lagoa, Goioerê, Janiópolis, Juranda,

Moreira Sales, Nova Cantu, Quarto Centenário, Rancho Alegre D'Oeste e Ubiratã (IPARDES 2020). Constitui-se, em sua maioria de população até 10 mil habitantes, 7 ao todo (destacados na Figura 1), com pequenos núcleos urbanos.

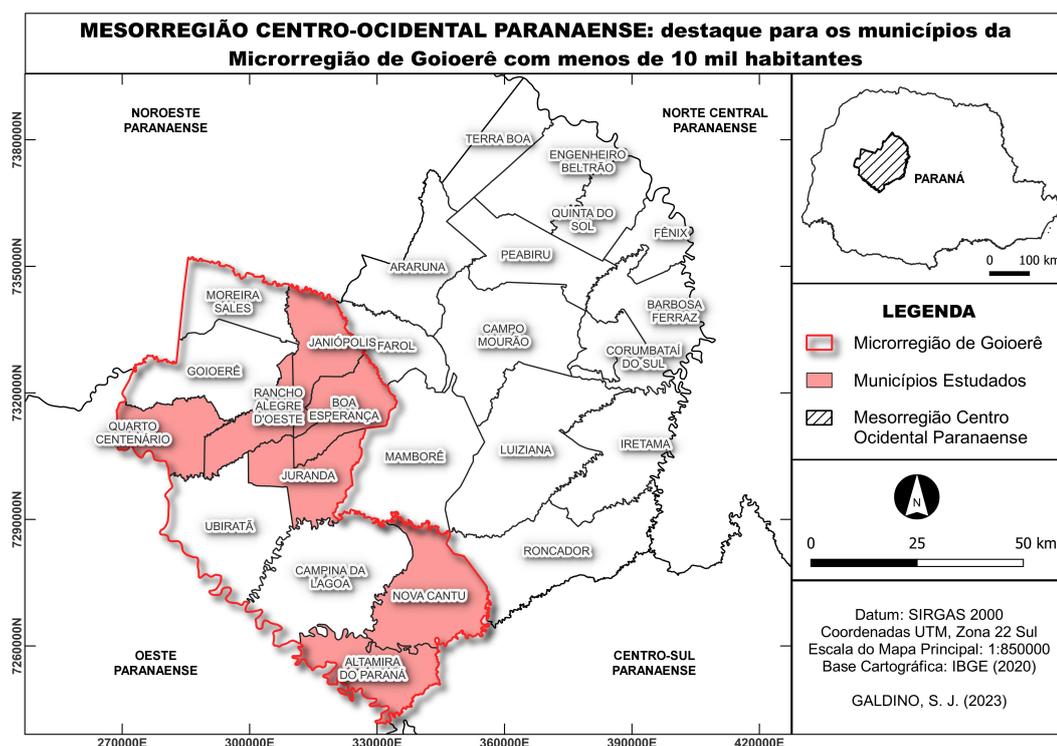


Figura 1: Municípios da Microrregião de Goioerê com menos de 10 mil habitantes
Fonte: GALDINO, S.J., 2023.

Foram utilizados recursos do geoprocessamento (Qgis), com a extração da base de dados dos limites municipais em formato Shapefile disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE, 2010). O recorte espacial considerado na pesquisa foi o perímetro urbano de cada município, ou seja, as áreas urbanizadas e sua projeção de uso e ocupação do solo. As informações foram isoladas para a área do perímetro urbano, utilizando as bases de dados disponíveis nos planos diretores municipais (PDM) e malha urbana atual obtida do Open Streep Map (OSM).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um dos indicadores mais favoráveis no monitoramento de vegetação esparsa, uma vez que os maiores valores estão associados à presença da vegetação, mais próximos de 1. Já os valores referentes ao solo exposto,

sem cobertura vegetal, possuem valores próximos a 0. Normalmente se utiliza de uma rampa de cores do verde (maior cobertura vegetal) para o vermelho (menor cobertura vegetal). No caso da presente pesquisa, utilizamos sete classes de NDVI, tendo em vista um maior nível de detalhamento (0.058 a 0.942).

A cobertura vegetal foi analisada com base no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), conhecido como Índice de Cobertura Vegetal, considerando a cobertura vegetal de forma genérica, ou seja, o conjunto de áreas públicas ou privadas, de uso livre ou restrita. No mapeamento da vegetação foi utilizado imagens do satélite Landsat 8, Datum WGS 1984, sensor OLI (*Operational Land Imager*, bandas 4 e 5) para o ano de 2020.

De acordo com estudos realizados, as áreas de vegetação mais densas aproximam dos valores positivos altos entre 0.5 e 1.0, enquanto as vegetações mais esparsas possuem valores positivos mais baixos, entre 0.2 e 0.5. Os solos possuem valores ainda mais baixos entre 0.1 e 0.2, e os corpos de água podem chegar a valores negativos. O cálculo é realizado considerando o nível de refletividade nas porções do vermelho e infravermelho próximo. Nesse caso foram consideradas as bandas espectrais 4 e 5 do Landsat 8, pois são as mais afetadas pela absorção de clorofila da vegetação verde em superfície. A transformação NDVI é calculada como a razão entre as intensidades medidas no vermelho (R) e no infravermelho próximo (NIR) das bandas espectrais.

As médias de temperatura de superfície também foram obtidas através do satélite Landsat 8, Datum WGS 1984 (sensor TIRS, banda 10), totalizando 5 classes de temperatura (19.0 °C à 28.0 °C), com uma rampa de cores do amarelo (menores médias de temperatura de superfície) para o vermelho (maiores médias de temperatura de superfície). A aquisição de imagem Landsat 8, sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), banda 10 corresponde a faixa do infravermelho termal. Ambas as imagens do OLI e TIRS foram processadas e disponibilizadas com pixel de 30 metros. No Qgis, usou-se os parâmetros fixos de conversão dos níveis de cinza da imagem para radiância, gerando o raster de temperatura de superfície em graus Celsius (°C) e o raster de NDVI.

Quanto aos dados da média de temperatura de superfície é preciso demonstrar a espacialização das mesmas no perímetro urbano de cada município, correlacionando com os dados de NDVI. Sendo assim, áreas com maiores índices de cobertura vegetal e presença de

corpos d'água tendem a apresentar menores temperaturas se comparadas com áreas de solo exposto, com construções, pavimentação e ausência de vegetação, onde as temperaturas são mais elevadas, aproximando-se da média de 28 °C. No entanto, as médias de temperatura também podem ser influenciadas por outros fatores, no caso das pequenas cidades, pelas áreas vegetadas ou não vegetadas do entorno.

O intuito da análise do índice de vegetação e temperatura média de superfície é avaliar e valorizar a existência e manutenção de áreas verdes como um dos indicadores para a qualidade ambiental urbana em pequenas cidades. Trata-se de dados precisos devido à alta resolução das imagens de satélites geoprocessadas, indicando os pontos na superfície com os menores e maiores valores. No entanto, existem alguns fatores limitantes a serem levados em consideração como, por exemplo, as condições atmosféricas e topográficas. E os dados cobertura vegetal, temperatura e uso e ocupação do solo urbano devem ser analisados em conjunto para um melhor resultado.

2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As áreas verdes se constituem em um espaço social e coletivo, sendo um indicador de qualidade ambiental urbana. Por facilitar o acesso de todos, independentemente da classe social, promovem a integração entre o homem e a natureza. Por essas razões, faz-se necessário que o planejamento contemple essas áreas igualmente em todo o perímetro urbano, democratizando os benefícios proporcionados, e que seja incorporado nos planos urbanísticos, considerando que o planejamento, em sua essência, deve almejar uma infraestrutura urbana de qualidade. Sendo assim, esse estudo traz indicativos de qualidade ambiental urbana em pequenas cidades (com menos de dez mil habitantes) da Microrregião de Goioerê-PR, tendo como base de abordagem a espacialização dos dados de temperatura média de superfície e cobertura vegetal.

Estudos demonstram que a ausência ou ineficácia no planejamento das áreas verdes urbanas pode ocasionar inúmeros impactos socioambientais, inclusive o empobrecimento da paisagem urbana. Parte desse empobrecimento está atrelado ao desinteresse político na criação e implementação dessas áreas como indicadores de qualidade ambiental urbana.

As discussões e análises que permeiam esse assunto em questão têm por objetivo utilizar dados obtidos através de técnicas de sensoriamento remoto (SR), como média de temperatura da superfície e índice de cobertura vegetal, NDVI-*Normalized Difference Vegetation* de 2020, para as cidades de Altamira do Paraná, Boa Esperança, Janiópolis, Juranda, Nova Cantu, Quarto Centenário e Rancho Alegre D'Oeste.

O NDVI é considerado um dos índices de vegetação mais utilizados. Este índice pode ser analisado por meio da interpretação de imagens de sensores remotos e, em particular, por valores obtidos em diferentes datas (e sazonalidade), que permitem avaliar a densidade da vegetação, biomassa. Quanto mais próximo de 1 os valores estiverem, maior será os índices de vegetação, enquanto valores próximos de 0 indicam menores índices de vegetação.

O uso de imagens de satélites tem suas vantagens nas análises da qualidade ambiental, pois serve para estimar a temperatura da superfície de acordo com o tipo de uso e ocupação do solo. Auxilia também na compreensão da distribuição diferenciada da temperatura no espaço urbano e os fatores que geram menor ou maior conforto térmico.

As espacializações dos dados obtidos revelaram que os maiores índices de vegetação da cidade de Altamira do Paraná estão nas áreas menos urbanizadas (Figura 2). Sendo assim, os valores de NDVI são geralmente menores nas áreas construídas ou com solo exposto, podendo influenciar nas temperaturas de superfície. Observa-se que as áreas vegetadas estão apartadas do espaço construído ou na sua periferia, não cumprindo o papel ecológico desejado.

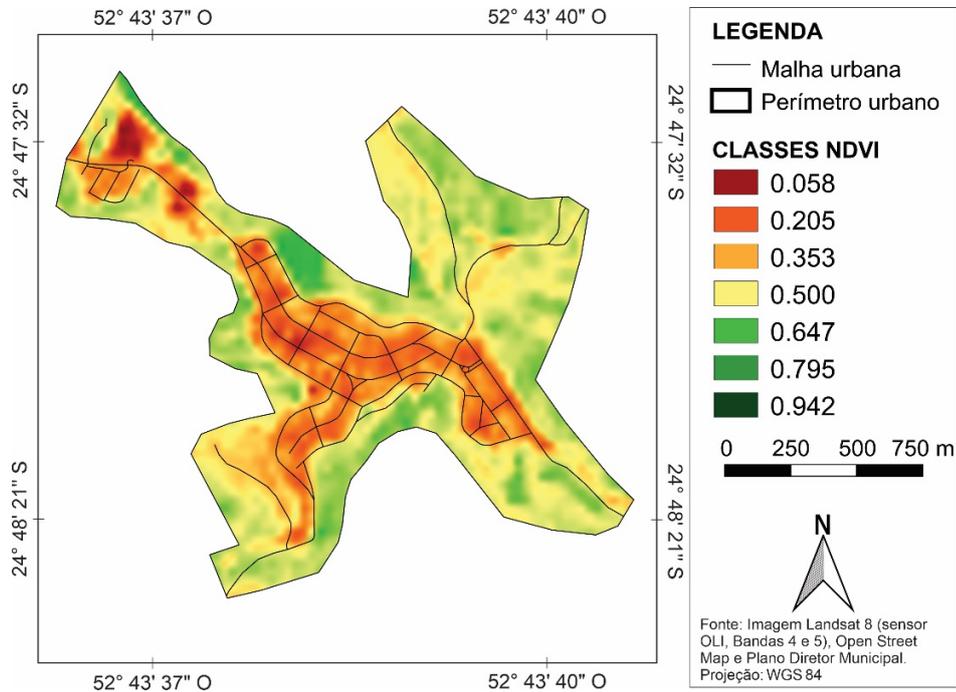


Figura 2: Mapa da média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para o perímetro urbano do Município de Altamira do Paraná, ano de 2020.
Fonte: GALDINO, S.J, 2020.

Segundo as informações espacializadas no mapa para o perímetro urbano de Altamira do Paraná (Figura 3), constatou-se que as temperaturas de superfície mais recorrentes no espaço urbano situam-se entre 23.5°C e 25.8 °C, correspondentes as áreas urbanizadas ou com solo exposto, indicadas pelas rampas de cores mais intensas, vermelho/marrom. As temperaturas menos recorrentes situam entre 19.0 °C e 21.2 °C, indicadas pelas rampas de cores do amarelo/laranja.

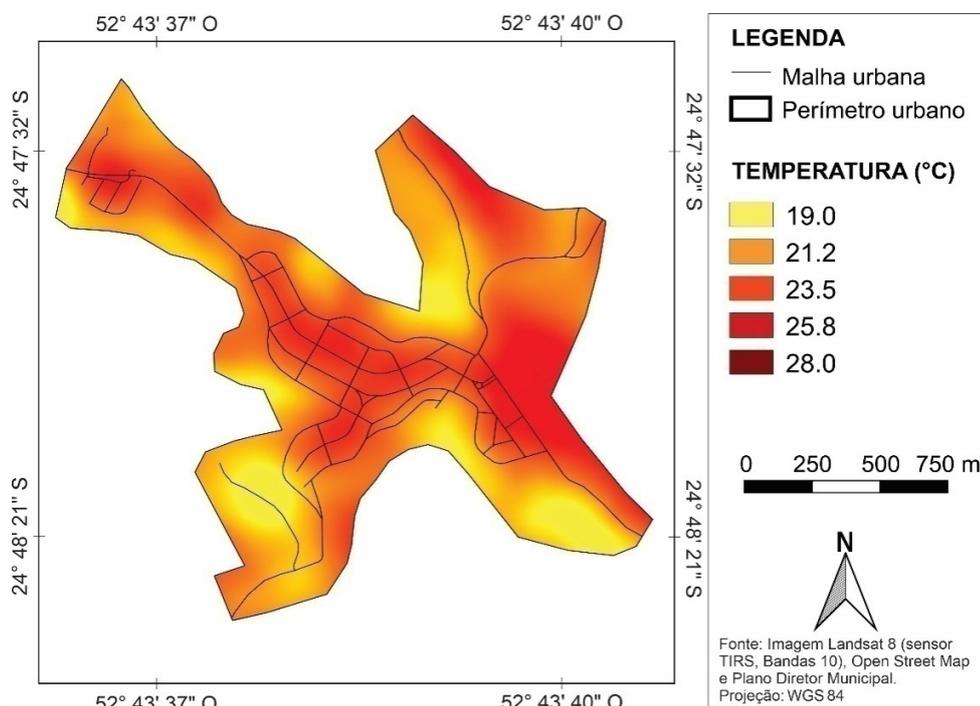


Figura 3: Mapa da média de temperatura de superfície do perímetro urbano do Município de Altamira do Paraná, ano de 2020.

Fonte: GALDINO, S.J., 2020.

No mapa da espacialização dos dados de NDVI (Figura 4) para o perímetro urbano de Boa Esperança, foram encontrados os menores índices de vegetação entre as classes 0.500 e 0.353, rampas de cores amarelo/laranja, correspondente as áreas agricultáveis ou de pastagem no entorno das áreas urbanizadas. As áreas urbanizadas ou com solo exposto apresentaram percentuais entre 0.058 e 0.205, rampas de cores vermelho/marrom, podendo ser caracterizado como ausência de cobertura vegetal. O maior percentual de cobertura vegetal está presente nas áreas de Preservação Permanente (APPs) do Rio Barreiro, na divisa do perímetro urbano, Leste/Norte, sendo valores que variam de 0.647 a 0.942, representado pelas rampas de cores verde-escuro/verde-claro. Da mesma forma que no município anteriormente descrito, as áreas vegetadas estão relativamente apartadas do meio construído, não cumprindo aquela relação de interatividade ecológica entre áreas verdes urbanas/áreas construídas.

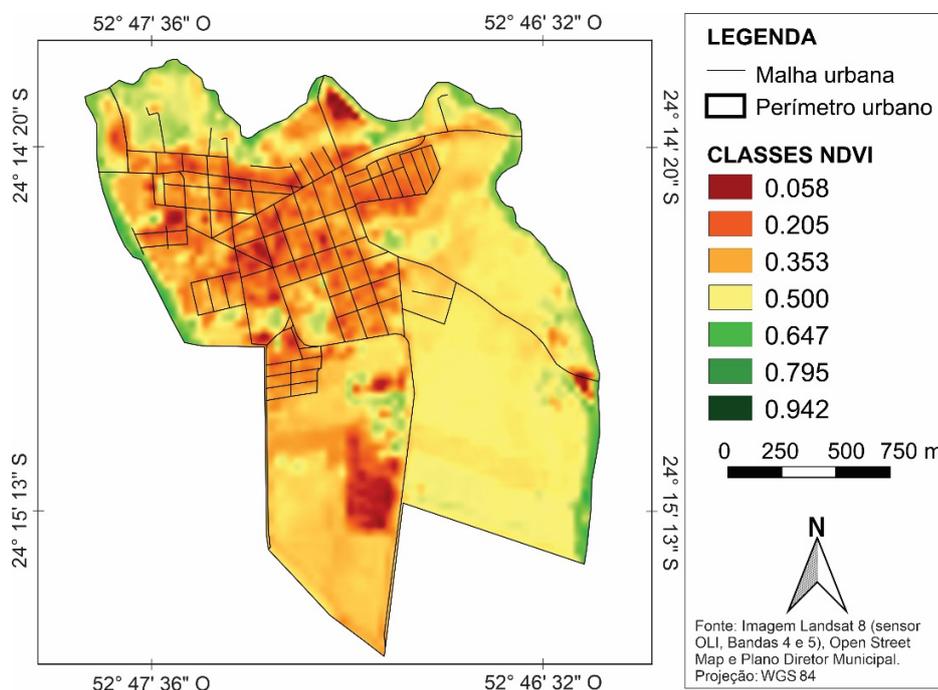


Figura 4: Mapa da média de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do perímetro urbano do Município de Boa Esperança, ano de 2020.
Fonte: GALDINO, S.J, 2020.

De acordo com o mapa de espacialização das temperaturas de superfície na cidade de Boa Esperança (Figura 5), as temperaturas mais recorrentes no perímetro urbano estão representadas entre as classes 23.5°C e 25. 8°C, nas rampas de cores laranja/vermelho. As temperaturas menos recorrentes estão entre as classes 19.0°C e 21.2°C, nas rampas de cores amarelo/laranja, sendo identificadas em pequenas faixas de confluência entre o urbano e o rural, bem como em áreas onde se localiza o Parque Municipal Olívio Fortunato Gasparelli e entorno do Rio Barreiro que margeia o perímetro urbano a leste/norte da cidade. De modo geral, esta cidade apresenta pouco controle do superaquecimento do solo urbano.

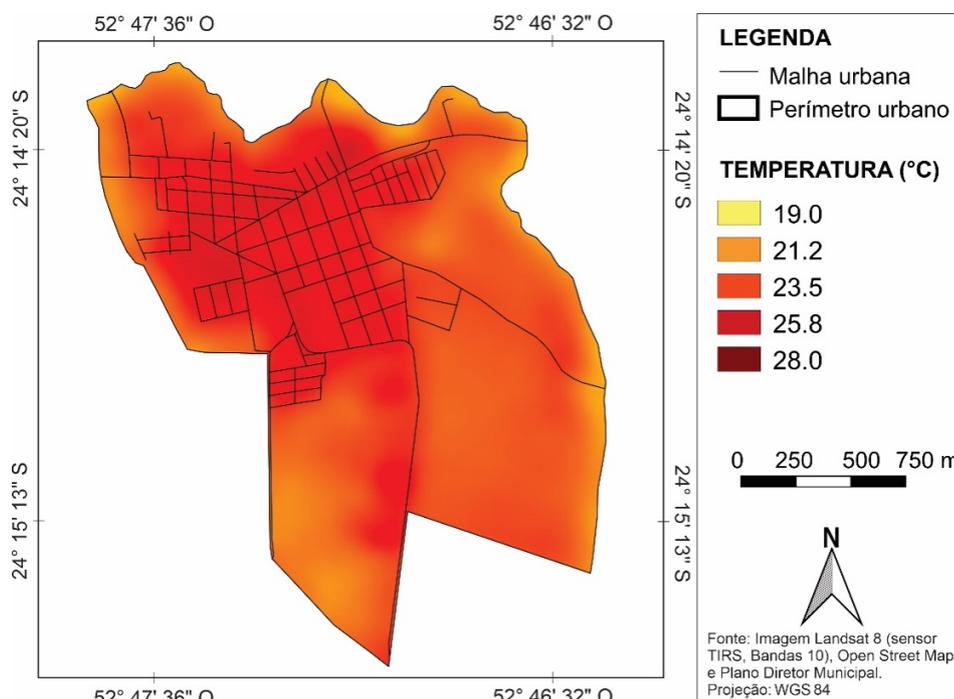


Figura 5: Mapa da média de temperatura de superfície do perímetro urbano do Município de Boa Esperança, ano de 2020.

Fonte: GALDINO, S.J, 2020.

No mapa do perímetro urbano do Município de Janiópolis (Figura 6) podemos verificar a espacialização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). As maiores frequências de áreas vegetadas estão no entorno das áreas urbanizadas da cidade, em pequena faixa, entre as classes 0.647 e 0.795, representadas pelas rampas de cores verde-escuro/verde-claro. As menores frequências, entre as classes 0.058 e 0.205, rampas de cores vermelho/laranja, encontram nas áreas construídas já consolidadas e de novos loteamentos, nas proximidades da Av. Brasil, sentido leste/sul. Os valores intermediários, entre as classes 0.353 e 0.500, rampa de cores laranja/amarelo foram identificados principalmente em áreas com presença de pastagem e agricultura.

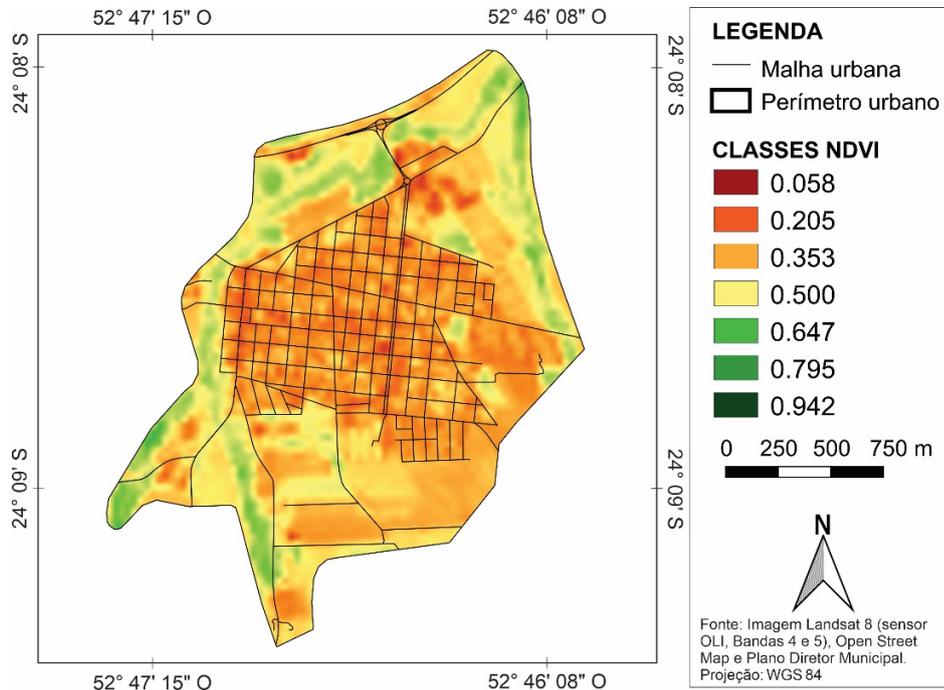


Figura 6: Mapa da média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do perímetro urbano do Município de Janiópolis, ano de 2020.
Fonte: GALDINO, S.J, 2020

Ao compararmos os dados de NDVI e temperatura de superfície para o espaço urbano do Município de Janiópolis (Figuras 6 e 7), podemos perceber que os elementos analisados estão correlacionados, uma vez que as menores temperaturas de superfície condizem com as áreas onde ainda há uma pequena faixa de vegetação, biomassa. As menores temperaturas de superfície correspondem às classes de 19.0°C a 21.2 °C, rampa de cores amarelo/laranja, e as maiores temperaturas, entre 23.5°C e 28.0 °C, rampa de cores laranja/vermelho correspondem as áreas edificadas e solos expostos.

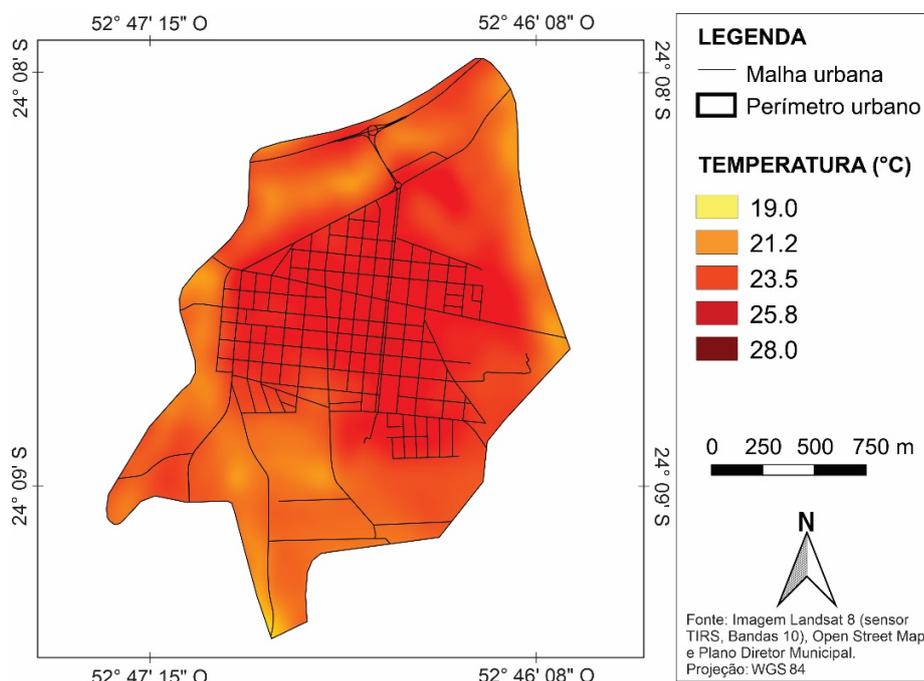


Figura 07: Mapa da média de temperatura de superfície do perímetro urbano do Município de Janiópolis, ano de 2020.

Fonte: GALDINO, S.J, 2020

As áreas verdes urbanas são extremamente necessárias para manter o equilíbrio entre o ambiente natural e o modificado pela ação antrópica. Quando não são efetivadas de maneira adequada ou não existem, a qualidade do ambiente fica prejudicada. Em alguns casos, a praça ou o pequeno parque, por exemplo, existentes em meio ao espaço urbano da pequena cidade não possui índices de vegetação considerados satisfatórios. Os baixos índices de vegetação não ocorrem tão somente nas áreas urbanizadas, mas também nas áreas rurais, em decorrência do uso do solo para a pecuária e agricultura, principalmente. Assim, tanto a área urbanizada não conta com os necessários espaços vegetados para tornar o ambiente ecológico, mais equilibrado, como também a zona rural não consegue oferecer ao espaço urbanizado adjacente manchas vegetadas que possam equilibrar as condições meso e microclimáticas e outros parâmetros ecológicos associados à cobertura vegetal.

No caso da cidade de Juranda (Figura 8), os maiores índices de vegetação também são encontrados no entorno das áreas construídas e loteadas, com pequenas manchas de vegetação em

determinados pontos, entre 0.647 e 0.795. Os menores índices de vegetação são identificados nas áreas construídas ou com solo exposto, entre 0.058 e 0.205.

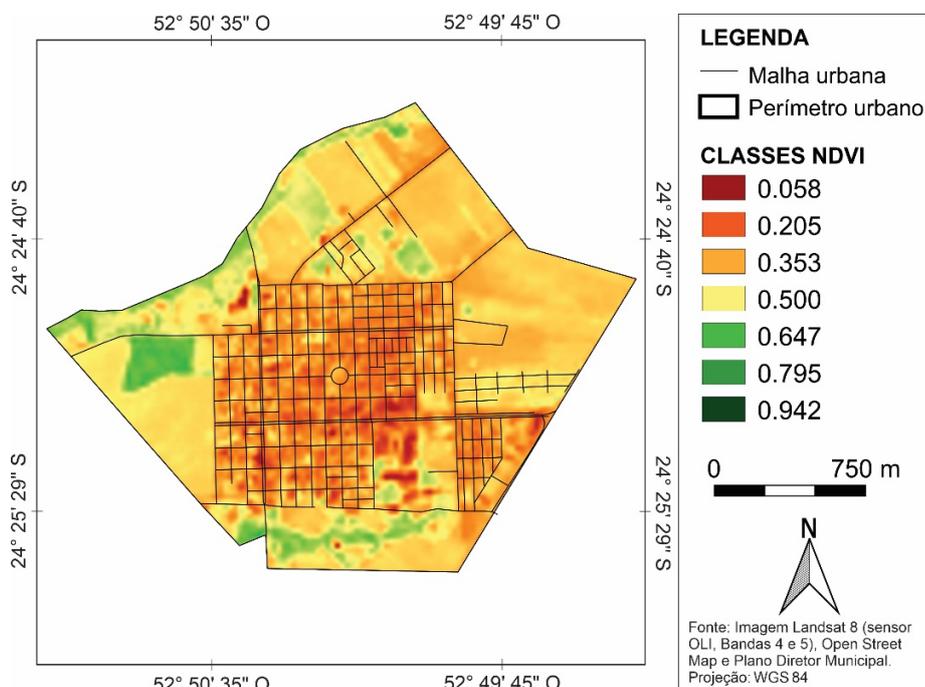


Figura 8: Mapa da média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do perímetro urbano do Município de Juranda, ano de 2020.
Fonte: GALDINO, S.J, 2020

É possível percebermos, com a utilização das imagens fornecidas pelo sensor OLI do Landsat 8 para o índice de vegetação normalizada, que o realce da vegetação considera o nível de reflectância do solo e da vegetação. Nesse caso, a vegetação possui níveis mais elevados na região do infravermelho próximo, enquanto os solos expostos, sem cobertura vegetal, apresentam níveis de reflectância no vermelho.

Os maiores índices de vegetação para espécies arbóreas de grande porte estão nas regiões cuja declividade e morfologia correspondem a um relevo mais ondulado, nas proximidades do Rio Carajá sentido noroeste, Parque Ecológico Municipal de Juranda e sentido oeste da Rua Carajá. Ao sul da cidade, nas proximidades da Rua Rondon também foram identificados maiores índices de vegetação de grande porte. Trata-se de valores mais próximos de

l, representados no mapa através do verde mais intenso. Já os valores mais próximos de 0 estão presentes na área central, com presença de comércio, cooperativas e empresas instaladas em barracões.

No mapa da média de temperatura para o perímetro urbano da cidade de Juranda (Figura 9), espacializado com as imagens do sensor TIRS do Landsat 8, foram identificados os valores mínimos de 19.0°C a 21.2 °C e valores máximos entre 23.5 °C e 28.0 °C. Nas regiões norte, seguindo sentido leste do perímetro urbano, foram encontrados os menores valores da média de temperatura de superfície, enquanto nas regiões sul, seguindo sentido oeste foram identificados os maiores valores. Isso se deve aos maiores e menores índices de vegetação, conseqüentemente.

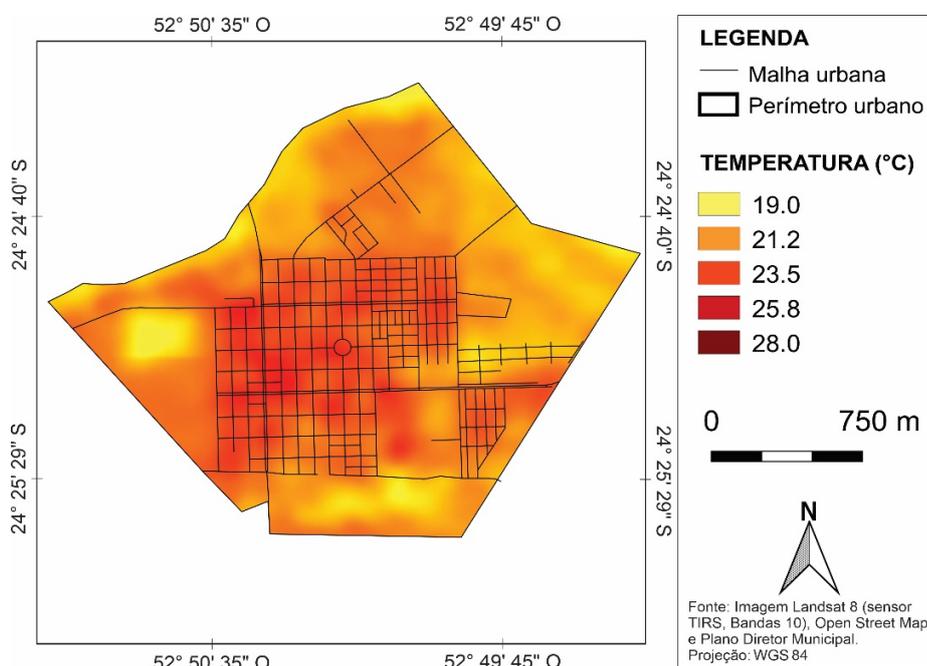


Figura 9: Mapa da média de temperatura de superfície do perímetro urbano do Município de Juranda, ano de 2020.
Fonte: GALDINO, S.J, 2020

Os estudos desenvolvidos por Junior (2018) apontam que o sensoriamento remoto auxilia de maneira satisfatória nos estudos sobre o meio urbano, pois as imagens orbitais permitem a aquisição de informações sistemáticas, sinópticas e com baixos custos, da superfície terrestre, auxiliando na compreensão dos sistemas naturais e antrópicos. Sendo assim, o

sensoriamento remoto se torna essencial na análise das questões relacionadas ao espaço geográfico.

Conforme vem sendo demonstrado nos mapas de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e temperatura de superfície para o perímetro urbano dos municípios com menos de 10 mil habitantes da Microrregião de Goioerê-PR, ambos os resultados são semelhantes no que diz respeito a cobertura vegetal em maior quantidade no entorno das áreas construídas. Isso se explica devido à ausência de grandes áreas verdes em meio à malha urbana, sendo que, na maioria dos casos, o parque, considerado área verde de recreação e lazer se encontra na confluência entre o urbano e o rural, nas proximidades de cursos d'água, ou seja, no entorno de áreas construídas.

No mapa da média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do perímetro urbano do Município de Nova Cantu (Figura 10), é possível percebermos essa espacialização da cobertura vegetal, limitada a pequenos fragmentos em alguns pontos próximos das áreas urbanizadas. Um desses pontos com maiores índices de cobertura vegetal, mais próximo a 1, condiz com as áreas ao norte da cidade, as margens do Rio Cantu, onde se formou o primeiro núcleo populacional, na década de 1950, dando nome à atual cidade de Nova Cantu. Em alguns pontos das áreas construídas foram identificados valores muito próximos de 0, caracterizando a ausência de cobertura vegetal ou até mesmo solo exposto, com valores abaixo de 0.205.

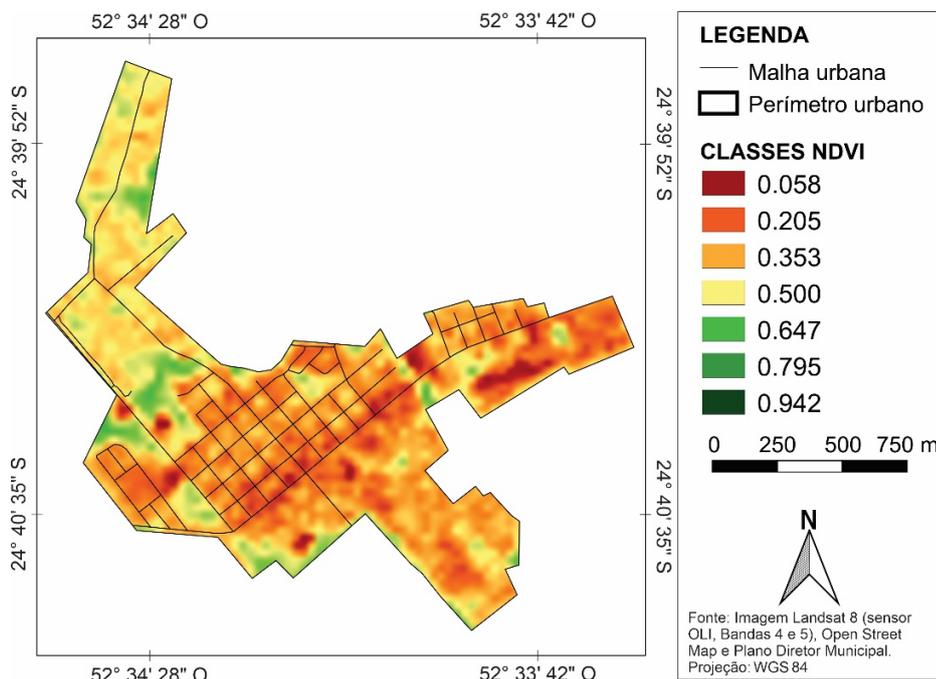


Figura 10: Mapa da média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do perímetro urbano do Município de Nova Cantu, ano de 2020.

Fonte: GALDINO, S.J, 2020.

No que diz respeito à espacialização da média de temperatura para a cidade de Nova Cantu (Figura 11), as temperaturas mais baixas foram identificadas nas áreas com resquícios de cobertura vegetal, pontuais, no entorno das áreas construídas, com valores entre 19.0 °C e 21.2 °C. Já nas áreas com maior concentração de construções, com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, foram identificados valores entre 23.5°C e 28.0°C. As áreas que apresentam os menores índices e consequentemente maiores médias de temperatura estão nas proximidades da Rod. Vassílio Boiko, PR 239, sendo área comercial da cidade, com restaurante, supermercado, bar, barracões de empresas, lojas, etc.

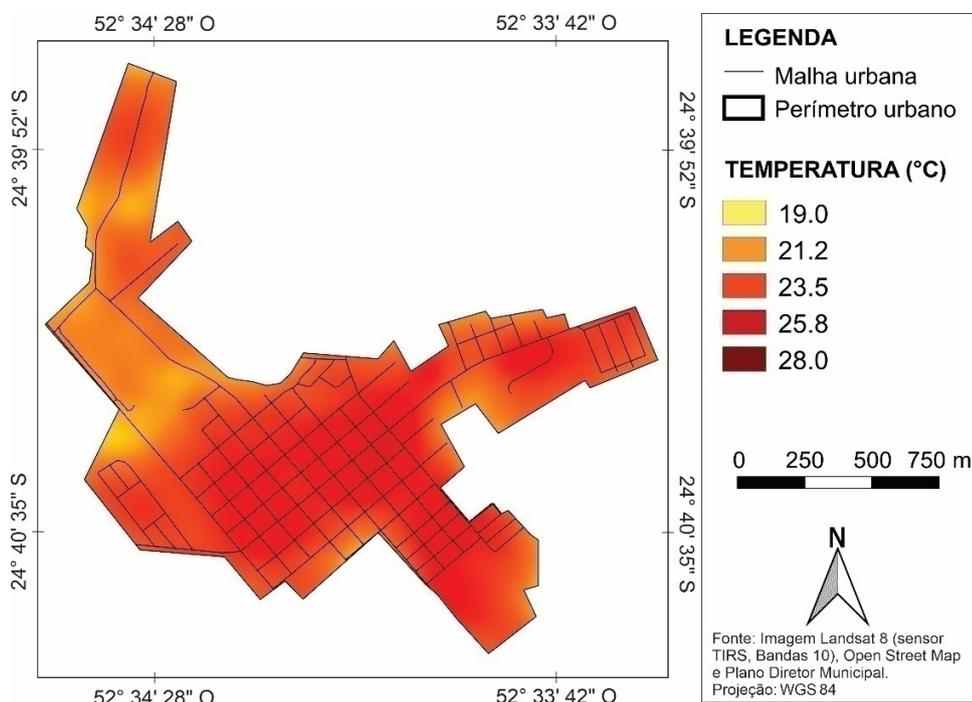


Figura 11: Mapa da média de temperatura de superfície do perímetro urbano do Município de Nova Cantu, ano de 2020.

Fonte: GALDINO, S.J, 2020.

Como mostra a média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do perímetro urbano do Município de Quarto Centenário (Figura 12), o mesmo apresenta um dos menores índices de cobertura vegetal, valores mais próximos de 0 se comparado às demais cidades analisadas. Com base no mapa e imagens aéreas, há pouco ou quase nada de cobertura vegetal. As áreas agricultáveis estão muito próximas das áreas urbanizadas, e isso pode se configurar como aspecto negativo à qualidade de vida da população. Outro fator negativo é ausência da vegetação em grande parte das calçadas, principalmente em novo loteamento ao sul da cidade, nas Ruas Antônio Garcia, Ângelo Tunin, Serverino da Silva e Cícero de Lima.

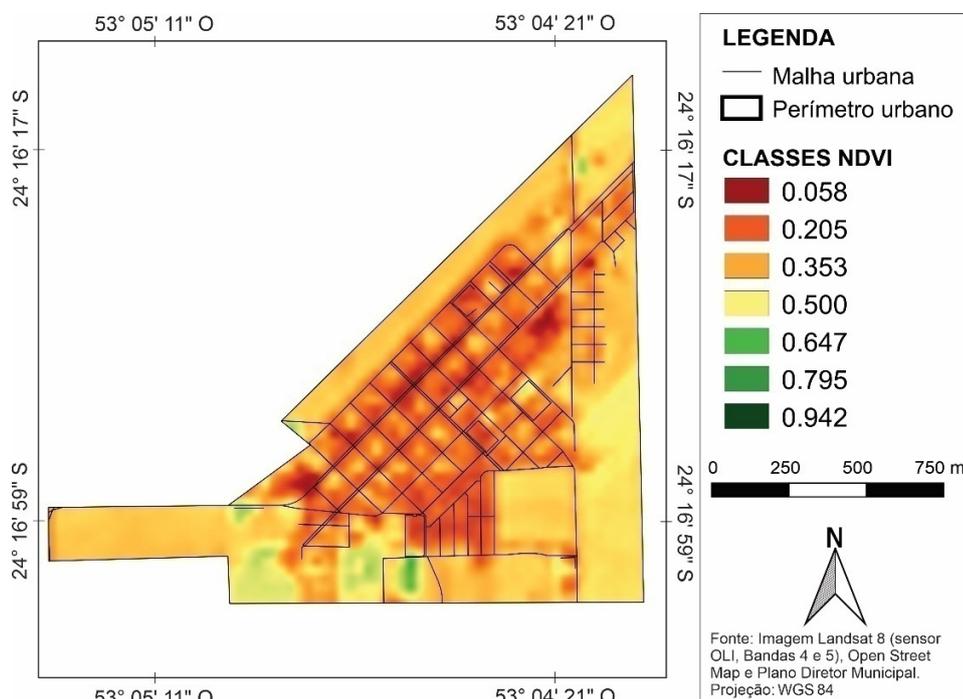


Figura 12: Mapa da média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do perímetro urbano do Município de Quarto Centenário, ano de 2020.

Fonte: GALDINO, S.J, 2020.

De acordo com a média de temperatura de superfície para o perímetro urbano do Município de Quarto Centenário (Figura 13), as menores médias de temperaturas entre 19.0 °C e 21.2 °C são encontradas em pequenas áreas do entorno da malha urbana. Na maior parte do espaço urbano são registradas médias de temperatura de superfície entorno de 23.5 °C a 25.8°C. As médias mais elevadas em mais de 80% do espaço urbano se explicam pela ausência da cobertura vegetal, seja em calçamentos, canteiros, APPs, praças. Esta cidade é uma das que apresentam o maior problema de baixos índices de vegetação e mesmo de sombreamento nas vias públicas, dentre as cidades pesquisadas. O desequilíbrio é evidente.

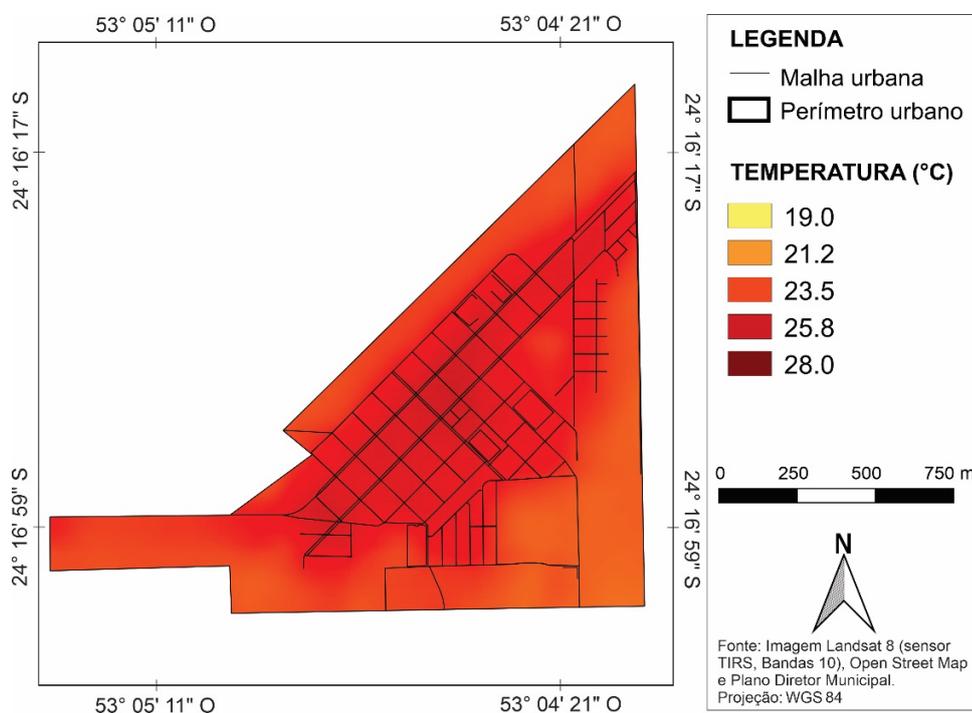


Figura 13: Mapa da média de temperatura de superfície do perímetro urbano do Município de Quarto Centenário, ano de 2020.
Fonte: GALDINO, S.J., 2020.

Além de contribuir para a qualidade de vida e conforto térmico das cidades, a vegetação também tem papel fundamental no processo de escoamento das águas pluviais, pois a vegetação funciona como uma barreira no escoamento superficial das águas das chuvas, facilitando a infiltração e diminuindo a velocidade de impacto das gotas de chuva no solo. Isso diminuiu os processos erosivos, o carreamento do solo até os corpos d'água, assoreamento de rios e córregos, e inundações repentinas decorrentes de altas precipitações em curto período. A retirada da vegetação do entorno para construções e impermeabilização do solo traz várias consequências negativas, principalmente para os habitantes próximos dessas áreas, afetados pelo transbordamento do curso d'água, inundando a área de várzea.

O mapa a seguir mostra a média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do perímetro urbano do Município de Rancho Alegre D'Oeste, representando a distribuição espacial da vegetação (Figura 14). Os maiores índices de vegetação, representados na

cor verde mais intensa, acima 0.647 e mais próximo de 1, foram encontrados nas áreas ao norte e em pequenos pontos ao sul da cidade, ambas as áreas no entorno da malha urbana.

Nas áreas edificadas, predominam os valores abaixo de 0.353, chegando a 0.058, mais próximos de 0. A oeste da cidade, nas proximidades da Rod. José de Oliveira Fabrício dos Santos, no entorno de áreas edificadas, é possível perceber manchas de solo exposto ou edificado, com pouca ou nenhuma cobertura vegetal. Aqui são encontradas pequenas manchas verdes no interior da malha urbana, mas cuja densidade vegetal é insuficiente para prover a interação da população com as áreas vegetadas. Em algumas cidades anteriormente apresentadas, não ocorria nenhuma ou quase nenhuma mancha verde no interior da malha urbana, como foi o caso de Quarto Centenário. Porém, no conjunto, esta cidade não apresenta a devida densidade de cobertura vegetal que possa favorecer o equilíbrio ecológico preconizado neste trabalho.

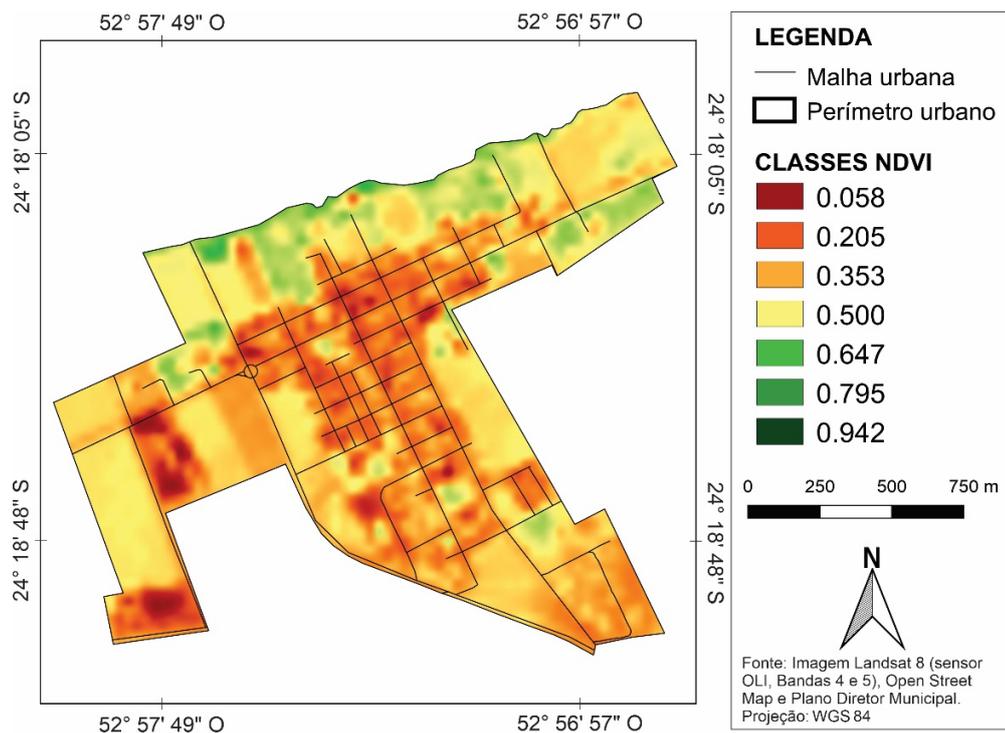


Figura 14: Mapa da média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do perímetro urbano do Município de Rancho Alegre D'Oeste, ano de 2020.

Fonte: GALDINO, S.J., 2020.

No perímetro urbano do município de Rancho Alegre D'Oeste, as menores médias de temperatura estão presentes na porção norte da área urbanizada da cidade, com valores entre 19.0 °C e 21.2 °C, enquanto as áreas mais densamente ocupadas apresentaram valores entre 23.5°C e 28.0°C (Figura 15).

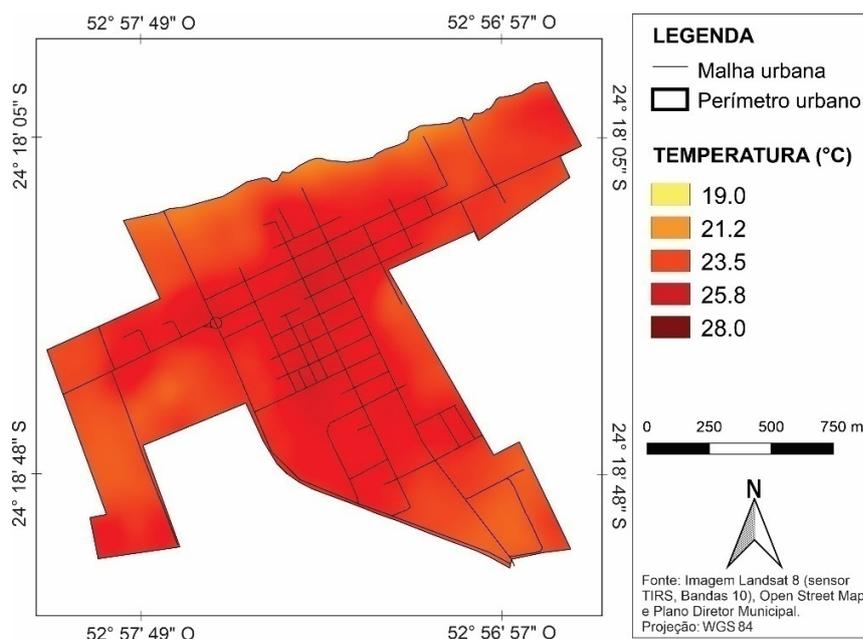


Figura 15: Mapa da média de temperatura de superfície do perímetro urbano do Município de Rancho Alegre D'Oeste, ano de 2020.
Fonte: GALDINO, S.J, 2020.

Ao espacializar estes índices com os dados de imagem do satélite Landsat 8, foi possível determinar o grau de interferência da vegetação sobre a temperatura de superfície. Os resultados revelaram que os graus de correlação são semelhantes entre as sete cidades analisadas. No entanto, em termos espaciais, cidades como Rancho Alegre D'Oeste e Quarto Centenário não possuem concentração de áreas verdes suficiente para contribuir na melhoria da qualidade ambiental urbana.

Conforme os resultados apresentados acima, quanto maior o valor do pixel, maior a densidade da vegetação. Valores elevados de NDVI indicam maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa, formações vegetais com maior rigor ou densidade de cobertura. Além disso, nota-se que há menos áreas correspondentes às altas temperaturas de superfície terrestre

nas cidades de Altamira do Paraná, Boa Esperança e Janiópolis, indicando uma maior cobertura vegetal se comparado às cidades de Rancho Alegre D'Oeste e Quarto Centenário.

Ao observarmos os mapas temáticos, verifica-se, portanto, significativas diferenças em termos de temperatura de superfície entre os sete perímetros urbanos. No que se refere a cobertura vegetal, as regiões periféricas dos perímetros urbanos de Altamira do Paraná, Boa Esperança e Janiópolis apresentam maior concentração de áreas verdes do que as observadas em Nova Cantu, Juranda, Rancho Alegre D'Oeste e Quarto Centenário. Sendo esses dois últimos, com pouquíssima ou nenhuma cobertura vegetal, tanto no perímetro quanto no entorno das áreas construída.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No caso da presente pesquisa, utilizou-se a vegetação e a temperatura de superfície como indicadores de qualidade ambiental urbana. Esses indicadores podem servir de alerta à comunidade e ao poder público local quanto à necessidade de boas políticas públicas para melhoria desses indicadores.

Independentemente do tamanho da área urbanizada, quando o planejamento e a gestão não vêm acompanhados de ações concretas e efetivas, as consequências são bastante visíveis. Quanto ao uso do solo, por exemplo, quando este é modificado, todos os demais indicadores de qualidade ambiental também são alterados. Se essa transformação na paisagem ocorrer de maneira inadequada, sem a devida atenção, a comunidade próxima é a mais afetada.

Os indicadores aqui trabalhados, juntamente com outros indicadores de qualidade ambiental, servem como base de informação para a comunidade e os gestores públicos quanto a novos ordenamentos de usos na paisagem urbana. Esse novo ordenamento deve vir acompanhado do respeito aos limites de exploração do ambiente, minimizando assim, os efeitos negativos. Precisamos entender que a natureza, ao mesmo tempo em que nos oferece inúmeras oportunidades de uso, também aponta as restrições necessárias para garantirmos nossa sobrevivência.

Se as restrições quanto ao uso e ocupação do espaço urbano fossem respeitadas na elaboração e execução do planejamento municipal certamente haveria melhorias nos indicadores

de qualidade ambiental urbana, pois os impactos seriam minimizados ou evitados. Medidas paliativas não são os melhores caminhos a serem trilhados no planejamento da cidade, uma vez que não resolve os problemas e ainda acaba gerando outros maiores.

Outro fator a ser destacado em relação aos mapas de NDVI das referidas cidades é a falta de conectividade entre os fragmentos de vegetação. Nos mapas é possível observarmos que boa parte dos fragmentos de vegetação urbana estão isolados, principalmente nas áreas edificadas, além dos grandes vazios de cobertura vegetal, justificando a necessidade da inserção de novos fragmentos de vegetação, possibilitando uma maior conectividade e conseguinte maior qualidade da ambiência urbana nesses municípios.

Também observa-se que as cidades não contam com áreas verdes de porte significativo dentro da malha urbana, ficando o equilíbrio ecológico completamente dependente das áreas verdes adjacentes à malha urbana. Parece haver um descaso quanto à necessidade de espaços verdes no interior da malha construída.

Através de estudos mais detalhados seria possível avaliar o grau de proximidade desses fragmentos e, a partir disso, propor, se necessário, a implantação de corredores ecológicos e arborização de vias que propiciem maior contato visual com o verde. Todavia, isso exigiria revisões nas leis de uso e ocupação do solo, de maneira tal que viabilizasse a criação e manutenção das áreas verdes urbanas. Entretanto, há de se pensar nas áreas verdes urbanas como um elemento relevante para a cidade, e não como áreas de atrito com as áreas construídas, ou pior ainda, como áreas menos relevantes para o desenvolvimento urbano. Buscar o equilíbrio ambiental entre as áreas construídas e vegetadas é dar um passo importante na manutenção na qualidade de vida urbana.

Além da identificação das áreas verdes existentes caberia a avaliação das condições em que se encontram, as vulnerabilidades e potencialidades. Isso favorece o conhecimento para requalificar as áreas verdes na cidade de forma viável. Todavia, só seria possível desde que o planejamento urbano seja pensado considerando essas áreas como um elemento fundamental da paisagem e da qualidade ambiental e de vida urbana. Pensar na forma de ocupação do solo urbano e como esse processo vai se consolidar na paisagem ao longo do tempo é a “peça-chave” para alcançarmos o equilíbrio.

Estudos demonstram quão frágeis são os planos diretores e as leis de uso e ocupação do solo no que diz respeito ao espaço urbano edificado integrado à vegetação, sendo essencial a inserção de normativas que contemplem a conservação, manutenção e recuperação das áreas verdes. E promover o contato físico da população com elementos das áreas verdes distribuídas nas paisagens é permitir o acesso aos seus benefícios já conhecidos e comprovados cientificamente.

Outro fator destacado é ausência da expectativa do cidadão nas análises a respeito das áreas verdes urbanas. Muitos estudos não consideram as especificidades de cada localidade, pois ao considerarmos um índice como bom, não significa que o mesmo representa a realidade como um todo. Considerando as diferentes realidades existentes é possível percebermos que as áreas verdes não estão distribuídas de forma homogênea na paisagem urbana; todavia, as mesmas estão concentradas em determinadas porções do território, mascarando os resultados. Sendo assim, o planejamento deverá estar pautado nas especificidades locais, nas potencialidades e viabilidades na implantação e manutenção das áreas verdes, e não menos importante, mas fundamental, na participação da comunidade como protagonista nesse planejamento.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, B.; ZIMMERMANN, D. M.; CRISPIM, L. C.; FLASH, M. F.; VIEIRA, C. A. O. **Análise sazonal das temperaturas superficiais do estado de Santa Catarina entre os anos de 2000 e 2010**. In: Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva. p. 933-937, SBC, Rio de Janeiro –RJ, 6 a 9 de novembro de 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Cadernos Municipais**, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Resultados do Censo**, 2010.

LIMA, G. N.; AMORIM, M. C. C. T. **Análise do comportamento dos elementos do clima em um episódio de verão no município de Teodoro Sampaio/SP**. Geografia em Questão (Online), v. 3, p. 158-191, 2010.

LIMA, Valéria. **Análise da qualidade ambiental urbana de Osvaldo Cruz/SP**. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP, 2007.

LOBODA, Carlos Roberto. **Estudo das áreas verdes urbanas de Guarapuava-PR**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2003.

MOTA, Suêtonio. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999

PEREIRA, J. A. dos S. **Estudo da alteração da vegetação a partir do NDVI e do albedo de superfície na Bacia do Rio Garça-PE**. In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

PIRES, E. G. **Análise da temperatura de superfície do estado do Tocantins a partir do uso de geotecnologias**. Revista Interface, n. 10, p. 133-144, 2015.

RAMOS, R. R. D. et al. **Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação**. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.p. 001-006, Recife -PE, 27-30 de julho de 2010.

SANTOS, M. **Técnica Espaço Tempo:globalização e meio técnico –científico informacional**. 3° ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

Enviado em 21/01/2023

Aprovado em 03/07/2023