

INFLUÊNCIAS NA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA URBANA: UM ESTUDO DE CASO NO BAIRRO VILA RODRIGUES, PASSO FUNDO/RS-BRASIL

Daniela Maroni¹; Grace Tibério Cardoso²; Alcindo Neckel³; Laércio Maculan⁴

¹Mestranda do Programa de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade IMED. danimaroni92@gmail.com

² Professora Dra. do Programa de Mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade IMED. grace.cardoso@imed.edu.br

³Professor Dr. do Programa do Programa de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade IMED. alcindo.neckel@imed.edu.br

⁴Professor Dr. do Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade IMED. laercio.maculan@imed.edu.br

RESUMO

As mudanças globais na temperatura urbana tornam-se mais perceptíveis nas últimas décadas nos centros urbanos, impactando na qualidade de vida de seus habitantes devido ao intenso processo de densificação, com a supressão do solo natural para a implantação de estruturas edificadas. De acordo com as informações disseminadas pela Organização das Nações Unidas (ONU), Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA) e Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (PIMC), a análise das estruturas que impactam na conformação microclimática do ambiente urbano, possibilita a compreensão de estratégias para planejar o crescimento urbano, capazes de proporcionar ambientes propícios ao controle da temperatura, para a qualidade de vida para a população residente. O objetivo geral do artigo é analisar a conformação microclimática da Vila Rodrigues, na cidade de Passo Fundo/RS-Brasil, considerando a relação com suas estruturas construtivas. Metodologicamente, utilizou-se de imagens de satélite Landsat, interpoladas e classificadas no software QGIS, com o uso das bandas 4, 5 e 10. Estas imagens foram convertidas ao Nível de Cinza (NC), para a obter a radiância espectral para temperatura de refletância. Assim, foi aplicado o Método NDVI para correção de emissividade, com correção do erro espectral, para a identificação da temperatura da superfície terrestre da Vila Rodrigues. Os resultados demonstram a diferença de 3,86°C de variação entre os pontos analisados, compreendendo, que a temperatura se eleva pela diferença de significância do balanço térmico, num ambiente sobre céu aberto, com influências das estruturas edificadas.

Palavras-chave: Planejamento Urbano, Microclima, Sensoriamento Remoto, Temperatura do ar.

ABSTRACT

Global changes in urban temperature have become more noticeable in recent decades in urban centers, impacting on the quality of life of their inhabitants due to the intense process of densification, with the suppression of natural soil for the implantation of built structures. According to the information disseminated by the United Nations (UN), the National Aeronautics and Space Administration (NASA) and the Intergovernmental Panel on Climate Change (PIMC), the analysis of the structures that impact on the microclimatic conformation of the urban environment, enables understanding strategies to plan urban growth, capable of providing environments conducive to temperature control, for the quality of life for the resident population. The general

objective of the article is to analyze the microclimatic conformation of Vila Rodrigues, in the city of Passo Fundo/RS-Brazil, considering the relationship with its constructive structures. Methodologically, Landsat satellite images were used, interpolated and classified in the QGIS software, using bands 4, 5 and 10. These images were converted to the Gray Level (NC), to obtain the spectral radiance for temperature of reflectance. Thus, the NDVI Method was applied to correct emissivity, with correction of the spectral error, to identify the temperature of the land surface of Vila Rodrigues. The results show the difference of 3.86°C of variation between the analyzed points, understanding, that the temperature rises due to the difference of significance of the thermal balance, in an environment under open sky, with influences of the built structures.

Keywords: Urban Planning, Microclimate, Remote Sensing, Air temperature.

1 INTRODUÇÃO

A evolução da forma urbana adequada ao seu contexto climático é determinante para a qualidade ambiental dos espaços abertos. Porém, em diversas cidades o crescimento urbano acelerado ocorre quase sem nenhum controle ou planejamento. Esse descontrole é apontado como causa de prejuízos ao ambiente natural e construído (LIMA, 2018). No Brasil, o Plano Diretor é o instrumento municipal que regulamenta o desenho urbano. Entretanto, nota-se um distanciamento entre os aspectos ambientais e a formulação dos planos e lei municipais (LIMA, 2018).

De acordo com os dados disseminados pela Organização das Nações Unidas (2015) mais da metade da população mundial residem em áreas urbanas, projetando um aumento populacional nas áreas urbanas de até 3 bilhões de pessoas para os próximos trinta anos, correspondendo a 69% da população Mundial. Seto *et al.* (2014) destacam o agravante desse cenário decorre pelas mudanças de configurações da superfície urbana, com o aumento das taxas de impermeabilidade e a supressão do solo natural.

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (2014) as atividades antrópicas urbanas ocasionam as mudanças do clima local, podendo ser observada, através do aumento da temperatura do ar nos centros urbanos e da redução da umidade do ar, destacando a importância de desenvolver estratégias para mitigar esses efeitos, onde o planejamento urbano é a chave para propor das adequações de projeto urbano em termos de densidade, uso solo, conectividade e acessibilidade.

O desafio da sustentabilidade urbana consiste em compatibilizar as necessidades de ocupação e uso do solo pelo ser humano com a capacidade de suporte do território. O atual modelo de ocupação intensiva, e muitas vezes irregular (em encostas, mananciais e outras áreas que deveriam ser protegidas), compromete a qualidade ambiental e põe em risco a população. Aos governos locais cabe estabelecer um planejamento estratégico, regras de zoneamento e definir especificidades para a concessão de licenças para implementação de futuras edificações (BIDERMAN, 2009).

Convém lembrar que para o design urbano, segundo Esayas *et al.* (2018), torna-se eficiente é necessária uma equipe multidisciplinar com profissionais das áreas sociais, políticas, planejamento, engenharias e geografia, para a concepção de projetos sustentáveis. Nessa perspectiva é possível analisar e avaliar as condições climáticas, suficientes para projetar os espaços e construir edificações com enfoque na qualidade da habitabilidade populacional (ESAYAS *et al.*, 2018).

A presente pesquisa está sendo desenvolvida no Programa de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo da IMED, possuindo como temática a climatologia urbana e tendo como objeto de estudo e estrutura espacial do bairro Vila Rodrigues, situado na cidade de Passo Fundo/RS. A pesquisa se enquadra na linha Morfologia, usos e apropriações das edificações e dos espaços construídos, pois enfoca no entendimento da correlação da forma espacial urbana na conformação microclimática em um setor da cidade, a partir de análises de sensoriamento remoto dada por bases cartográficas e de imagens de satélites e das características morfológicas espacial do desenho urbano.

O objetivo geral do artigo é analisar a conformação microclimática da Vila Rodrigues, na cidade de Passo Fundo/RS-Brasil, considerando a relação com suas estruturas construtivas. A importância dessa pesquisa para a sociedade, possibilita o entendimento da variação da temperatura urbana, o que possibilita criar soluções para projetos, com diretrizes que visem melhorar o conforto térmico das residências.

2 METODOLOGIA

A cidade de Passo Fundo está localizada na região do Planalto Médio, latitude 28°15' 46" e longitude 52°24'24" ao norte do Estado do Rio Grande do Sul/RS-Brasil, totalizando uma área de 780,317 km², com população estimada em 2020 em 201.767 habitantes (IBGE, 2020). Passo Fundo foi escolhido como objeto do estudo, pela não padronização do gabarito de altura das edificações, gerando acessíveis gastos de energia com sistema de refrigeração artificial para sanar as temperaturas elevadas no verão superiores a 30°C e no inverno inferiores a 0°C.

Segundo dados fornecidos pelo SEBRAE/RS (2016), a cidade de Passo Fundo é reconhecida como cidade universitária e caracterizada pelo educacional a partir do levantamento que avaliou 45 indicadores dos 497 municípios do Estado. A Vila Rodrigues é contemplada por acolher umas das principais faculdades do município, a Faculdade IMED, inserida no ano de 2004, que impactou positivamente o seu local em inserção, tornando o bairro um dos mais valorizados no perímetro urbano da cidade. Devido a esse cenário busca-se compreender a atual dinâmica de conformação urbana no bairro, e conseqüentemente a sua disposição climática, pois devido a valoração do local, visando auxiliar no planejamento de futuras adaptações utilizando o estudo do clima urbano, para que possamos proporcionar um ambiente qualitativo para as pessoas que usufruem do local.

A metodologia aplicada foi dividida em duas (2) etapas:

A primeira etapa foi localizar e descrever e contextualizar as características do recorte urbano utilizado para as análises, a fim de justificar o objeto de estudo, que consiste-se na Vila Rodrigues, situado na cidade de Passo Fundo, ao norte do estado do Rio Grande do Sul. No contexto da urbanização passofundense nas primeiras décadas do século XX, a "Vila Rodrigues", encontra-se como um dos primeiros loteamentos de terra planejado para a venda e ocupação de um espaço até então rural localizado nas proximidades do núcleo urbano municipal. A área, antes de se tornar Vila, pertencia ao fazendeiro e comerciante Faustino Rodrigues da Silva, que residia naquele local defronte à quadra que posteriormente tornar-se-ia a praça central daquele segmento urbano, a Praça Brasil. O loteamento da Vila Rodrigues teve início em 1918, por iniciativa de seu proprietário, sendo executado pelo agrimensor Ludovico Della Mea. A área original da fazenda de Faustino Rodrigues da Silva englobava a Vila Rodrigues e uma área limítrofe, de maior extensão que continuou com o proprietário até 1928, quando foi vendida a Herminio Silveira e Joaquim Silveira e, logo em seguida, utilizada para o loteamento de uma nova vila, a Vila Cruzeiro

(VANIN; DINIZ, 2020). Assim, foi possível determinar o traçado do limite da Vila Cruzeiro, para essa pesquisa.

A segunda etapa consiste no desenvolvimento do mapeamento climático referente a temperatura do ar a partir de imagem de satélite Landsat 8, escolhidas pela influência de insignificância de nuvens, nas datas de 18 de maio de 2019 e 17 de março de 2020. Através disto, foi considerada as características geomorfológicas das áreas de estudo que apresentaram temperaturas mais e menos elevadas, a fim de, compreender a dinâmica da disposição morfológica com a conformação microclimática.

Para compreender a dinâmica climática de temperatura conformada na Vila Rodrigues, utilizou-se o software QGIS, para inserir imagens de satélite fornecidas pela plataforma de Serviço Geológico do Estados Unidos (USGS), em coordenação com a NASA, que opera e distribui dados dos satélites Landsat e fornece acesso ao maior arquivo continuamente adquirido de dados de sensoriamento remoto terrestre baseados no espaço através de monitoramento (RODRIGUEZ-GALIANO *et al.*, 2012; CHEMURA; MUTANGA; DUBE, 2017). As informações derivadas dos dados do Landsat possibilitam que as comunidades governamentais, comerciais, industriais, civis, militares e educacionais tenham acesso as informações relevantes de superfície terrestre.

Primeiramente, foi realizado uma varredura de imagens no site do USGS, a fim de encontrar uma imagem de qualidade sem a interferência de nuvens, utilizando as imagens Band 4 – *Red*; Band 5 – *Near Infrared (NIR)*; Band 10 – *Thermal Infrared (TIRS)*. Após convertamos a imagem de nível de cinza (NC) para radiância a partir da Equação (1) (RODRIGUEZ-GALIANO *et al.*, 2012).

$$L\lambda = M_L * Q_{cal} + A_L \quad \text{Equação (1)}$$

$L\lambda$ - Radiância Espectral do sensor de abertura em watts.

M_L – Representa especificamente o fator reescala (0.0003342) – Valor dessa constante está no arquivo metadados landsat8.

Q_{cal} – é a imagem da Banda 10.

A_L - é o valor adaptativo específico da banda do fator de reescala (0.1) – Valor dessa constante está no arquivo metadados landsat8.

Obs: Formula na calculadora raster (TOA): 0.0003342 * “banda10” + 0.1

$$BT = \frac{K_2}{\ln [(K_1/L\lambda) + 1]} - 273.15,$$

Equação (2)

K_1 – (774.89) valor constante de conversão específico da banda. De origem do arquivo de metadados.

K_2 – (1321.08) valor constante de conversão específico da banda. De origem do arquivo de metadados.

$L\lambda$ - Resultado do primeiro cálculo raster (nome do raster= TOA).

L_n – Operação da calculadora raster.

- 273.15 – valor para converter temperatura de graus Kelvin, para graus Celcius.

Obs: Fórmula na calculadora raster (BT): $(1321.08 / \ln ((774.89 / (TOA + 273.15)) - 273.15))$

b. Método NDVI para correção de emissividade - Cálculo do NDVI: A importância do fator de estimativa e do NDVI pode ser usada para inferir a condição geral da vegetação. Band 4 – Red; Band 5 – Near Infrared (NIR) (RODRIGUEZ-GALIANO *et al.*, 2012; CHEMURA; MUTANGA; DUBE, 2017). Equação (3).

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad \text{Equação (3)}$$

Formula NDVI.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

FORMULA NDVI com Float. (NDVI2). Necessário o float para o ndvi apresentar os valores reais (não -1 a 1)

Float (“banda 5”- “banda 4”)/Float (“banda 5”+ “banda 4”)

c. Cálculo da proporção de vegetação: P_v é calculado de acordo com (4). Um método de cálculo P_v . Sugere o uso dos valores NDVI para vegetação e solo (Equação 4) (RODRIGUEZ-GALIANO *et al.*, 2012; CHEMURA; MUTANGA; DUBE, 2017).

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2$$

Equação (4)

P_v - proporção de vegetação

NDVI - raster do NDVI

$NDVI_{\min}$ – valor mínimo.

$NDVI_{\max}$ – valor máximo

Formula da proporção de vegetação (P_v): Square (“raster NDVI2” - $NDVI_{\min}$) / ($NDVI_{\max}$ - $NDVI_{\min}$)

d. Cálculo da emissividade da superfície terrestre: A emissividade da superfície terrestre (LSE (ϵ)) deve ser conhecida para estimar o LST, uma vez que o LSE é um fator de proporcionalidade que o brilho do corpo negro (lei de Planck) para prever o brilho emitido, e é a eficiência de transmitir energia térmica pela superfície na atmosfera. A determinação da emissividade do solo é calculada condicionalmente. ϵ_v e ϵ_s são as emissividades da vegetação e do solo, respectivamente, e C representa a rugosidade da superfície (C = 0 para superfície homogênea e plana) tomada como um valor constante de 0,005 (RODRIGUEZ-GALIANO *et al.*, 2012; CHEMURA; MUTANGA; DUBE, 2017), conforme a Equação (5).

$$\epsilon_\lambda = \epsilon_{v\lambda} P_v + \epsilon_{s\lambda} (1 - P_v) + C_\lambda$$

Equação (5)

ϵ_λ - Emissividade calculada

$\epsilon_{v\lambda}$ - Emissividade da vegetação

$\epsilon_{s\lambda}$ - Emissividade do solo

C_{λ} - rugosidade da superfície
 P_v - proporção de vegetação

- e. Correção do Erro da Equação (6) (RODRIGUEZ-GALIANO *et al.*, 2012; CHEMURA; MUTANGA; DUBE, 2017).

$$\rho = h \frac{c}{\sigma}$$

Equação (6)

σ – constante Boltzmann (1.38×10^{-23} J/K)
 h – constante Plank's (6.626×10^{-34})
 c – é a velocidade da luz (2.998×10^8 m/s)
 Formula para calcular (ϵ): $0.004 * \text{"raster PV"} + 0.986$

- f. LST - temperatura da superfície terrestre, segundo a Equação (7) (RODRIGUEZ-GALIANO *et al.*, 2012; CHEMURA; MUTANGA; DUBE, 2017).

$$T_s = \frac{BT}{\{1 + [(\lambda BT / \rho) \ln \epsilon_{\lambda}]\}}$$

Equação (7)

LST - temperatura da superfície terrestre
 T_s - correlação de emissividade (unidade graus C)
 BT – é o raster at-sensor (unidade graus C)
 λ - (10.985) é o comprimento de onda da radiação emitida
 ϵ_{λ} - Emissividade calculada (item 6)
 \ln – operação calculadora raster
 ρ – (1.4388)
 Formula (TS): ("raster BT" / (1 + (0.00115 * "raster BT" / 1.4388) * Ln ("raster ϵ ")))

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do mapeamento da disposição da temperatura do ar no recorte urbano observa-se que a temperatura mais baixa encontrada no perfil traçado foi de 25,86°C está situada na borda nordeste da Praça Capitão Jovino, que faz limite com uma edificação em altura que proporciona o sombreamento da área. Já, a temperatura mais elevada referente a 29,72°C está situado em uma localidade de edificações de um pavimento, onde não há sombreamento proveniente das edificações e a radiação solar é direta, observa-se também que não há vegetação em seu entorno imediato para o equilíbrio térmico do ambiente.

A Figura 1 em relação a totalidade dos limites da Vila Rodrigues demonstra as manchas de concentração de temperatura localizadas em partes específicas. Nota-se pouca acentuação das manchas em áreas mais verticalizadas. Neste sentido, entendimento da localização das machas de temperatura, estão agregadas no formato de ilhas de calor, com relação expressiva da presença de unidade, concentradas próximas a superfície (PENG *et al.*, 2020).

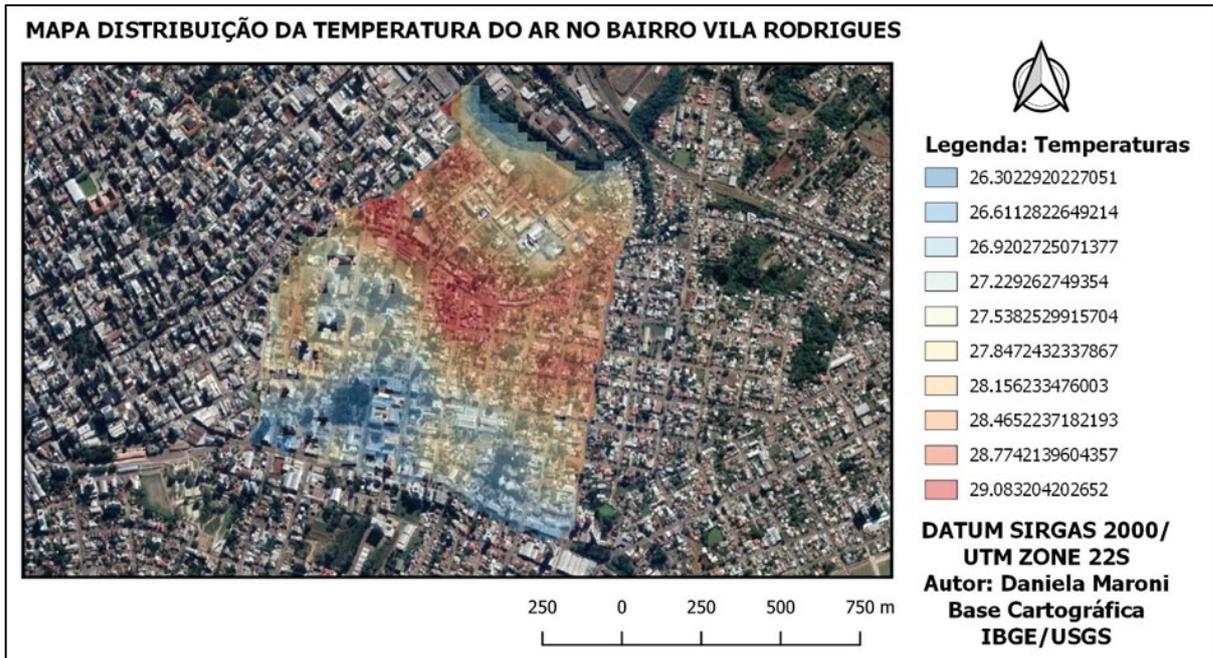


Figura 1 – Relação da análise da variação da temperatura na Vila Rodrigues. Fonte: Adaptado das imagens satélite Landsat 8, do dia 17 de março de 2020, juntamente com o banco de dados do IBGE (2020).

O acúmulo de manchas de temperatura, para Peng et al. (2020), pode ser explicada pela conectividade exercida pelas ilhas de calor. Essas variações na temperatura, pode ser acelerada pela maior incidência de radiação solar sobre superfícies mais abertas, formadas pelo aumento da conectividade entre ilhas aumentou (PENG et al., 2020). Através disto, pode-se afirmar uma menor incidência de projeção solar nas superfícies, em relação a presença de edificações verticalizadas (Figura 1).

Neste contexto, percebe-se uma diferença de 3,86°C de variação entre os pontos analisados. Nota-se que a temperatura se eleva pela diferença de significância do balanço térmico, num ambiente sobre céu aberto, possibilitando, segundo Deng e Wong (2020), o entendimento da formação de ilhas de calor urbana, em relação a geometrias das ruas, pela variação de conforto térmico ao ar livre, possibilitando o entendimento, que quanto maior a presença de ilhas de calor, menor o conforto térmico. O que por sua vez podem influenciar nas edificações, tornando o ambiente edificado sucessível as variações elevadas de temperatura urbana (DENG; WONG, 2020).

O conhecimento dos fatores climáticos relacionados a elevação da temperatura urbana, possibilita, a construção de sugestões projetuais para a implementação de estratégias e métodos, com o objetivo de mitigar os problemas urbanos causados pelo estresse térmico extremo, o que possibilitaria a maior sustentabilidade nas cidades, com melhorias no conforto térmico das residências (PENG et al., 2020; DENG; WONG, 2020).

A variação de temperatura em relação à distância (Figura 2), podem impactar no conforto térmico dos pedestres e no interior das edificações da Vila Rodrigues. Dessa forma observa-se a importância da implantação de arborização e edificações de diferentes alturas que proporcionem o sombreamento pontual do local, proporcionando um ambiente mais agradável, contribuindo assim, para a qualidade de vida da população.

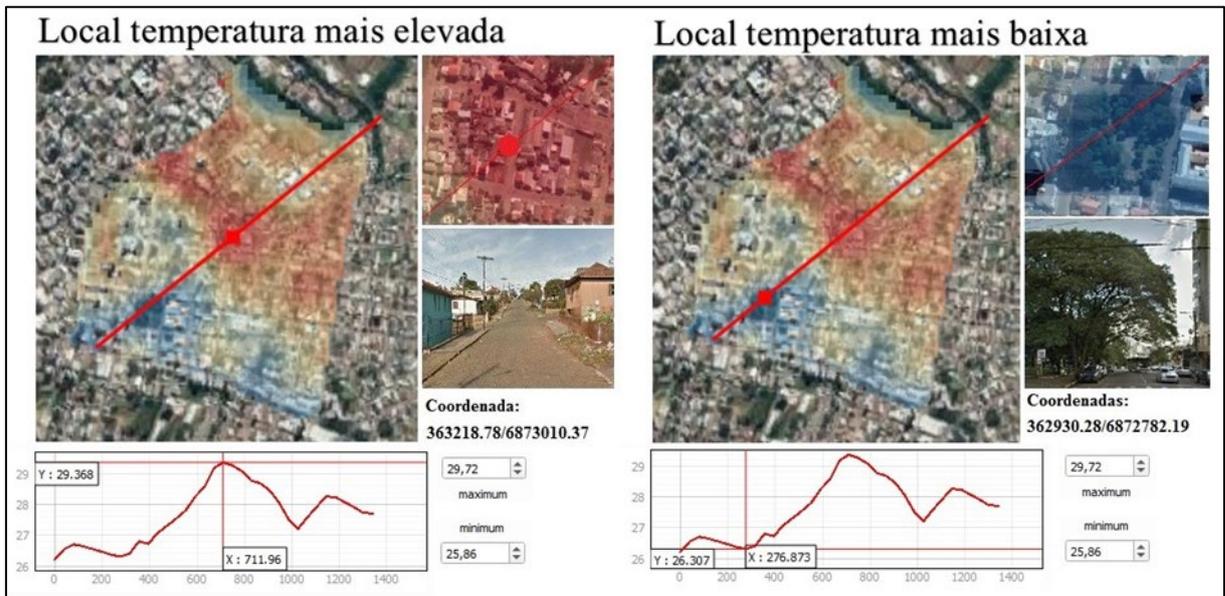


Figura 2 – Relação da análise da variação da temperatura na Vila Rodrigues em relação a escala de distância. Fonte: Adaptado das imagens satélite Landsat 8, do dia 17 de março de 2020, juntamente com o banco de dados do IBGE (2020).

Vale ressaltar a importância de analisar a topografia do local, e considerar suas características de altitude. Sendo, que a modelagem, permitindo a observação da distribuição das temperaturas urbanas a partir das diferentes características do ambiente (Figuras 1 e 2). As áreas com a existência expressiva de solo natural e cobertura vegetal (Figura 3), com diferentes gabaritos de altura que facilitam a circulação do ar, contribuem para a redução da temperatura, e conseqüentemente propiciam ambientes mais confortáveis sem a utilização de equipamentos artificiais para climatização, reduzindo assim o consumo energético.

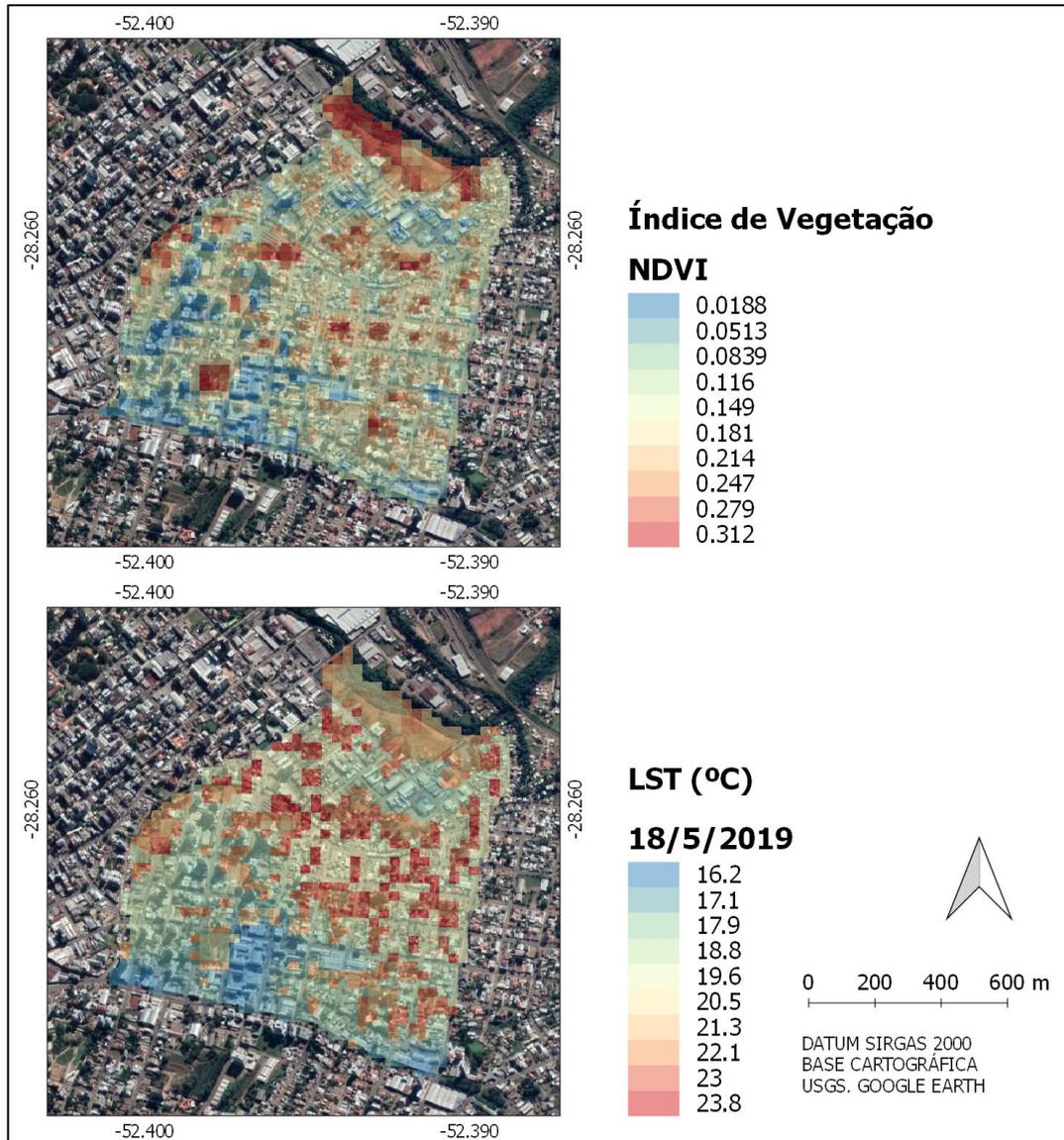


Figura 3 – Relação da análise da variação de Índice de Vegetação (NDVI) e de temperatura (°C) na Vila Rodrigues. Fonte: Adaptado das imagens satélite Landsat 8, do dia 18 de maio de 2019, juntamente com o banco de dados do IBGE (2020).

Através da Figura 3, pode-se perceber uma relação de temperatura com o NDVI, onde nota-se que a vegetação age como elemento térmico urbano, na mitigação da presença das ilhas de calor. Essas abordagens utilizadas permitem analisar o ambiente, a fim de propor ações efetivas de planejamento urbano, para que seja concebido espaços qualitativos em termos de habitabilidade, reduzindo a necessidade de condicionamento artificial, que impacta diretamente na resiliência e sustentabilidade das cidades, objetivo proposto por ações governamentais para o equilíbrio ambiental das cidades que estão se desenvolvendo devido ao aumento populacional das áreas urbanas (DENG; WONG, 2020).

4 CONCLUSÕES

A partir de análises climáticas de temperatura e vegetação nota-se a importância de preservar as áreas verdes das cidades, no favorecimento do equilíbrio climático.

Nesta relação, a ferramenta QGIS se demonstrou eficiente para a análise, por possibilitar o entendimento dos mapas de temperatura e de NDVI.

Além da inserção das áreas verdes, as construções também impactam na conformação climática urbana. Pois, a partir da possibilidade de pensar na circulação do ar em projetos urbanos, sem criar túneis de vento, que impactam não apenas no controle térmico do ambiente, mas nos inibidores de radiações solares.

A importância desta pesquisa consiste-se em possibilidade de entender as variações e fatores que impactam na conformação climática da Vila Rodrigues, em relação ao seu microclima. Uma das características marcantes referentes ao clima na cidade de Passo Fundo, correspondem aos intensos verões, com temperaturas superiores a 30°C, e invernos rigorosos chegando a atingir temperaturas a baixo de zero.

Essa abordagem de sensoriamento remoto a partir de bases cartográficas permite um avanço no estudo da climatologia urbana, possibilitando análises da temperatura e vegetação, tornando uma ferramenta de auxílio para propor diretrizes de desenho e planejamento urbano com enfoque nas condições climáticas conformadas a partir das características morfológicas.

Para estudos futuros, torna-se necessário considerar os diretrizes de projeto urbano voltados ao conforto térmico, capazes de contribuir com a sustentabilidade da Vila Rodrigues. Podendo ser utilizado como modelo em outras cidades, como método de avaliação de temperatura e da vegetação urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIDERMAN, R. (Observatório do Clima). *Diretrizes para a Formulação de Políticas Públicas em Mudanças Climáticas no Brasil*. Observatório do Clima: São Paulo, 2009.

CHEMURA, Abel; MUTANGA, Onesimo; DUBE, Timothy. Integrating age in the detection and mapping of incongruous patches in coffee (*Coffea arabica*) plantations using multi-temporal Landsat 8 NDVI anomalies. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 57, p. 1-13, 2017.

DENG, Ji-Yu ; WONG, Nyuk Hien. Impact of urban canyon geometries on outdoor thermal comfort in central business districts. *Sustainable Cities and Society*, v. 53, 101966, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101966>.

ESAYAS, Eshetu *et al.* Solar based street and building orientation the case of SNNPR cities latitude 60 and 70n. *World Journal of Engineering Research and Technology Wjert, Jimma, Ethiopia*, v. 4, n. 1, p. 118-138, jul. 2018. Bimestral. Disponível em: <https://www.wjert.org/>. Acesso em: 06 jun. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados Demográfico, 2020 [online]. Available from: <https://cidades.ibge.gov>.

IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edited by O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, and J. C. Minx. Cambridge: Cambridge University Press.

LIMA, Diana Carla Rodrigues. **Forma e arborização em cânions urbanos: tendências de estresse térmico para o pedestre em cenários futuros de Umuarama/PR**. 2017. 251p. Tese (Doutorado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, São Carlos, 2017.

PENG, Jian ; HU, Yaxin; DONG, Jianquan; LIU, Qianyuan; LIU, Yanxu. Quantifying spatial morphology and connectivity of urban heat islands in a megacity: A radius approach. **Science of The Total Environment**, v. 714, 136792, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136792>.

RODRIGUEZ-GALIANO, V.; PARDO-IGUZQUIZA, E.; SANCHEZ-CASTILLO, M.; CHICA-OLMO, M.; CHICA-RIVAS, M. Downscaling Landsat 7 ETM+ thermal imagery using land surface temperature and NDVI images. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 18, p. 515-527, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.10.002>.

SETO K.C., S et al. *Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning*. In? CLIMATE CHANGE 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.