Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

A VARIAÇÃO ESPACIAL DA ILHA DE CALOR E SUA ASSOCIAÇÃO COM AS CARACTERÍSTICAS PAISAGÍSTICAS EM SINOP-MT

The spatial variation of the urban heat island and its association with the landscape features in Sinop-MT

La variación espacial de la isla de calor urbano y su asociación con las características del paisaje en Sinop-MT

Luis Flávio de Araújo
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Campus de Presidente Prudente
lf.araujo@unesp.br

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), Campus de Presidente Prudente
margarete.amorim@unesp.br

Vincent Dubreuil
LETG-Rennes-COSTEL, Université Rennes 2
E-mail: vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr

Damien Arvor
LETG-Rennes-COSTEL, Université Rennes 2
damien.arvor@univ-rennes2.fr

Resumo: Com base nas alterações nos elementos do clima local decorrentes das atividades humanas e das constantes modificações na paisagem natural, o presente artigo objetiva analisar a ilha de calor em Sinop (MT) e a sua espacialização no intraurbano em relação ao entorno rural, bem como a sua relação com as características paisagísticas e as condições atmosféricas atuantes. Para tanto, partiu-se da classificação da paisagem com base em aspectos como a densidade construtiva, os materiais e a altura das construções, a cobertura e uso da terra e da aferição da temperatura do ar em pontos equidistantes em 200 m, por meio de transectos móveis e de um ponto rural padrão. Os transectos foram realizados em três episódios de estiagem de setembro de 2020, no período noturno. Os resultados evidenciam características semelhantes

da ilha de calor em relação a outros trabalhos realizados para a área de estudo, como o maior aquecimento da área central/comercial da cidade. Também se verificou o papel da vegetação como redutora da temperatura no intraurbano e a complexa relação da espacialização da temperatura do ar e intensidade da ilha de calor com as diversificadas propriedades paisagísticas. Por fim, destacou-se a importância de se qualificar o rural utilizado como padrão, pois certos usos e coberturas tipicamente rurais, como as áreas cultiváveis, podem apresentar características térmicas semelhantes às verificadas no intraurbano.
Palavras-chave: Clima urbano. Variabilidade espacial. Aspectos paisagísticos. Zonas Climáticas Locais.

Abstract: Based on changes in the elements of the local climate due to human activities and the constant changes in the natural landscape, this paper aims to analyze the urban heat island in Sinop (State of MT, Brazil) and its spatialization in the intra-urban in relation to the rural surroundings, as well as its relationship with the landscape features and the atmospheric conditions. To this end, the starting point was the landscape classification, grounded on aspects such as the construction density, the materials and the constructions' height, the cover and use of the land; the measurement of air temperature at 200 meters equidistant points through mobile transects and with a standard rural point. Air temperature records were performed in three drought episodes in September 2020, at nighttime. The results showed similar characteristics of the urban heat island in comparison to other studies carried out for this study field, with bigger warming of the central/commercial area of the city. It was also verified the role of vegetation as a temperature reducer in the intraurban and the complex relationship of spatialization of air temperature and the intensity of the urban heat island with the diverse landscape properties. In addition, the importance of qualifying the rural used as a standard is highlighted, because certain uses and coverages typically rural, such as the cultivated areas, may present thermal characteristics similar to those verified in the intraurban.
Keywords: Urban climate. Spatial variability. Landscape aspects. Local Climate Zones.

Resumen: Partiendo de los cambios en los elementos del clima local, debido a las actividades humanas y de los cambios constantes en el paisaje natural, este trabajo analiza la isla de calor en Sinop (Estado de Mato Grosso, Brasil) y su espacialización en lo intraurbano en relación con el entorno rural, así como, su relación con las características del paisaje y las condiciones atmosféricas actuantes. Para ello, se partió de la clasificación del paisaje basada en aspectos como la densidad de construcción, los materiales y la altura de los edificios, la cobertura y el uso del suelo; la medición de la temperatura del aire, en puntos equidistantes a 200 m, mediante transectos móviles y un punto rural estándar. Los registros de temperatura del aire se realizaron en tres episodios de sequía en septiembre de 2020, por la noche. Los resultados mostraron características similares entre las islas de calor en comparación con otros estudios realizados para esta área, con un mayor calentamiento en la zona central/comercial de la ciudad. También, se ha comprobado el papel de la vegetación como reductor de la temperatura en el espacio intraurbano, así como, la compleja relación de la espacialización de la temperatura del aire y la intensidad de la isla de calor con las diversas propiedades del paisaje. Además, se destaca la importancia de calificar el entorno rural utilizado como estándar, pues determinados usos y coberturas típicamente rurales, como las zonas de cultivo, pueden presentar características térmicas similares a las verificadas en el entorno intraurbano.
Palabras clave: Clima urbano. Variabilidad espacial. Aspectos paisajísticos. Zonas climáticas Locales.

Submetido em: 30/11/2021
Aceito para publicação em: 26/08/2022
Publicado em: 23/09/2022

1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas apresentam o potencial de gerar paisagens semelhantes e distintas, dentro de um mesmo contexto histórico e econômico, ao materializar as relações sociais desiguais no espaço e modificar as estruturas do ambiente. Entende-se aqui por paisagem "o conjunto de formas que, num dado momento, exprime as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza" (SANTOS, 2002, p. 103), sendo dinâmica, mediada por lógicas e compreendida mediante a construção social de seu observador.

As alterações ambientais que constituem novas paisagens a partir da paisagem natural e fruto das atividades humanas, são capazes de reorganizarem os elementos do ambiente de forma a diferenciá-los e resultarem em novas dinâmicas e mecanismos naturais. Tais modificações podem ocorrer de maneira sazonal ou permanente, mediante as lógicas e fatores socioeconômicos que caracterizam o espaço observado, como a influência de modelos produtivos pautados na agricultura para as mudanças sazonais e a associação das mudanças permanentes ou de maior permanência à produção dos espaços urbanos, sua relação com a cadeia produtiva e a atuação dos mecanismos do capital ligados à lógica imobiliária e ao ordenamento territorial.

No detalhamento das alterações sazonais, cita-se o exemplo da produção de *commodities* de gênero graneleiro, como a soja, que obedece a uma dinâmica produtiva baseada na preparação do solo, semeadura, maturação, colheita e vazio sanitário. Tais etapas proporcionam, para a área onde estão inseridas, distintas coberturas da terra em um ciclo pré-definido que irão interagir com as dinâmicas da natureza como a radiação solar, os fluxos de calor e os sistemas atmosféricos, se manifestando em fenômenos diferenciados ou semelhantes na escala temporal, como as alterações térmicas e higrométricas.

No âmbito das mudanças permanentes ou com ciclo mais extenso, pode-se inserir o espaço urbano, no qual o clímax das alterações ambientais se dá no processo de formação e consolidação, tendo-se posteriormente uma certa "estabilidade" temporal destas características, quando comparadas com a situação elencada anteriormente (ARAÚJO, 2021). Cita-se também nesta perspectiva, as áreas rurais de cultivos permanentes ou de usos recreacionais, nos quais a paisagem passa por profundas transformações no processo de

materialização, sendo posteriormente regida pelos ciclos naturais que podem afetar a fitofisionomia dos componentes destes locais.

Evidencia-se esta distinção de alterações ambientais sazonais-permanentes, pois, o clima local, componente do sistema ambiental que mais sofre modificação mediante as ações diretas e indiretas das atividades humanas, pode manifestar características diferentes por meio da constituição da paisagem e sua inter-relação com outros fatores ambientais.

No rural, a dinâmica das atividades agropecuárias regidas por um calendário específico e associado aos fatores ambientais como a sazonalidade climática, possibilita alterações nos mecanismos naturais que, por exemplo, são capazes de rearranjar os fluxos energéticos. Reflexos do afirmado anteriormente podem ser observados em diferenças térmicas de até 8°C para áreas cultivadas e de solo exposto, quando comparadas com pontos vegetados em ambiente amazônico, como verificado por Tarifa (1994).

Nas áreas urbanas, a lógica de produção do espaço baseada na substituição da cobertura vegetal, na impermeabilização do solo, na retificação e na canalização de corpos hídricos, possibilita a configuração de novos fenômenos. A manifestação destes eventos advém do rearranjo de mecanismos físicos, como os balanços energético e hídrico, se expressando em diferenças nos campos térmicos e higrométricos entre áreas urbanas e as não construídas, caracterizando um clima próprio para estas localidades e fenômenos como as ilhas de calor urbanas (MONTEIRO, 1975; OKE, 1987; GARTLAND, 2010; AMORIM, 2020).

Diversos estudos relacionam as características da superfície e consequentemente da paisagem com a distribuição espacial de diferentes valores de temperatura do ar, seja na relação rural-urbano, seja na comparação do intraurbano, como verificado em Dubreuil *et al.* (2003), Dorigon e Amorim (2020), Pinton *et al.* (2021), dentre outros. É válido ressaltar que os instrumentos analíticos apresentam limitações operacionais, podendo ser derivadas da pequena densidade de estações meteorológicas na área de estudo ou representativas de episódios específicos, no caso das medidas itinerantes. No entanto, estratégias de pesquisa como os transectos móveis se mostram fundamentais na identificação da espacialização da ilha de calor, principalmente ao analisar a sua associação com os aspectos paisagísticos da área selecionada (OKE, 1987).

Com a utilização dos transectos móveis aponta-se que, como a análise da ilha de calor urbana (ICU) se dá na identificação de alterações no campo térmico e sua associação com os

elementos paisagísticos, sobretudo entre as áreas urbanas e as não-construídas/rurais, tem-se na intensidade uma das características mais significativas do fenômeno, pois expressa de forma numérica as consequências das atividades humanas sobre os mecanismos naturais (FERNANDEZ GARCÍA, 1996). Diante deste cenário, o detalhamento/agrupamento das paisagens com base nos seus elementos e características como: (i) a cobertura do solo; (ii) a distribuição das edificações (agrupadas ou espaçadas); (iii) a altura das construções; (iv) os materiais construtivos, dentre outros – sendo estas a base para a aplicação da metodologia das *Local Climate Zones* (LCZ) (STEWART, 2011) – se mostra de grande valia, sobretudo por permitir a superação da clássica ideia de áreas rurais homogêneas e espaços urbanos generalistas para os estudos voltados às ilhas de calor.

Neste sentido, partindo da existência de um clima específico para as áreas urbanas, das alterações do clima local em função das atividades humanas e as modificações na paisagem natural, bem como do arcabouço teórico-metodológico para a análise dos mecanismos oriundos destas alterações, o presente artigo visa analisar as ilhas de calor em Sinop (MT), por meio de sua espacialização no intraurbano em relação ao entorno rural e a sua relação com as características paisagísticas e as condições atmosféricas. Para isso, foram realizados registros da temperatura do ar em episódios de estiagem, em setembro de 2020, no período noturno.

1.1 A área de estudo

Localizado na região Norte de Mato Grosso, o município de Sinop é constituído por área territorial igual a 3.941,958 km², dos quais, aproximadamente, 1,7% (65 km²) é ocupado por áreas urbanas e com total populacional estimado em 148.960 habitantes (IBGE, 2021). Seu território está inserido na unidade geomorfológica do Planalto dos Parecis, caracterizada por altimetrias homogêneas e adensada malha de drenagem (BRASIL, 1980). As pequenas diferenças de altitude se refletiram na implementação de um plano urbano retilíneo e na presença de áreas legais de vegetação ao longo da malha urbana, ao possibilitar a presença de diversos cursos d'água.

No âmbito climático, a região de Sinop é caracterizada pela temperatura média do ar entre 23,2°C e 26,2°C, médias de temperatura máxima de 31,8°C a 35,1°C e de temperatura mínima entre 15,8°C e 21,5°C, aliadas a totais mensais de precipitação acima de 300mm no

verão (entre dezembro e fevereiro) e redução significativa no inverno, entre junho e agosto, com totais pluviométricos mensais inferiores a 30mm (INMET, 2011). Para definir os tipos climáticos anuais (TCA), Dubreuil *et al.* (2018), considerando a classificação climática de Köppen, apontam que a área de estudo se encontra no "núcleo forte" do Aw (Clima tropical, com inverno seco), com a variação anual da precipitação bem demarcada.

A implantação e consolidação do núcleo urbano de Sinop, se inseriu no cenário de grandes projetos públicos de "reocupação" e integração da Amazônia e posterior incentivo ao desenvolvimento de atividades associadas à agroindústria e a tecnificação das atividades do setor primário. Destaca-se, dentre os projetos, o de reordenação territorial pelo Programa de Integração Nacional – PIN, estabelecido na década de 1970. Tal projeto contribuiu com a infraestrutura, por meio da construção da BR-163, assim como facilitou a distribuição de terras ao longo das rodovias federais. Outro destaque, se refere ao Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e do Nordeste – PROTERRA, instituído em 1971 (SOUZA, 2006).

Ao se associarem aos agentes privados, tais estratégias governamentais possibilitaram o desenvolvimento de projetos de colonização privada nas regiões Norte e Leste de Mato Grosso e forneceram as bases para a consolidação do agronegócio no Estado, sendo a característica principal destas áreas.

Nesse contexto, teve-se a atuação da Sociedade Imobiliária Noroeste do Paraná (SINOP) para a implementação do plano urbanístico da cidade homônima, a partir de 1974, com a estratégia de instalar quadras funcionais, isso é, o planejamento e implantação de quadras mediante a sua função (comerciais, residenciais, serviços comuns, industrial). Essa empresa também exercia o papel de orientação na alocação dos compradores, com o objetivo de se consolidar a malha urbana e evitar a ocupação ilegal dos lotes (OLIVEIRA, 1988; SOUZA, 2006).

Em consequência das estratégias adotadas pela colonizadora, houve uma acelerada reocupação do espaço, baseada no privilégio das habitações, pastagens e campos cultivados em detrimento da vegetação florestal inicial, como indicado por Clairay e Dubreuil (2002) e Dubreuil *et al.* (2003). Tais aspectos aliados ao direcionamento econômico nacional para a produção e comercialização de *commodities*, a partir de 1988, culminou na consolidação da

área com características paisagísticas representativas de Sinop, tanto na área urbana quanto na área rural.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atender o objetivo proposto, o desenvolvimento deste estudo foi embasado em três eixos principais: (I) a caracterização dos aspectos paisagísticos e construtivos da área; (II) a coleta e processamento dos dados de temperatura do ar e; (III) a espacialização e análise destes dados.

A identificação e agrupamento das características construtivas e paisagísticas da área urbana e do entorno rural se deu com a aplicação da proposta das *Local Climate Zones* (LCZ) de Stewart (2011). Para isso, utilizou-se de imagens de satélite de alta resolução espacial (*Sentinel-2*) referentes ao ano de 2020; banco de imagens do *Google Earth Pro®* e visitas em campo para o levantamento e validação dos aspectos analisados na classificação, como a densidade construtiva (concentrada ou espaçada); os materiais construtivos (pesados: concreto, pedras, tijolos ou leves: madeiras, bambu, plástico); a altura das construções (número de pavimentos); a cobertura do solo (pavimentada, grama, solo exposto, tipologia de vegetação) e o uso do solo (áreas cultiváveis, residenciais, comerciais ou fragmentos de vegetação).

É importante ressaltar que a metodologia para o mapeamento das LCZs trabalhada neste estudo consistiu na adaptação apresentada por Cardoso (2015). Foram identificadas as características de cada quadra da malha urbana, por meio de técnicas de interpretação visual e validação em campo. Em Sinop, identificou-se 9 classes e 2 subclasses de potenciais LCZs.

Para aferição da temperatura do ar, utilizou-se a metodologia dos transectos móveis, permitindo o melhor detalhamento e espacialização desta componente climática com as características da superfície. Diante deste propósito, foi utilizado o sensor digital da marca *Incoterm*[1], fixado em uma haste de PVC com distância superior a 1,5 m do solo e acoplado na lateral de um veículo como apresentado por Amorim (2005). Os registros foram coletados em

[1] Com acurácia de ± 1°C e resolução de 0,1°C, conforme disponibilizado em: https://bit.ly/InformaçõesIncoterm.

duas rotas, com veículo único, velocidade média de 25 km/h e duração total entre 50 e 55 minutos.

Com base na literatura, os registros foram realizados no período noturno, sem a necessidade de abrigar o sensor, pois a noite não há incidência da radiação solar e o equipamento fica distante de alvos imediatos. O período noturno é o ideal para a realização de transectos, porque a temperatura do ar não exprime mudanças rápidas nesses horários, permitindo a coleta do primeiro e último valor dentro da mesma faixa térmica horária (PITTON, 1997; AMORIM, 2005; 2020), assim como, por ser neste período (de 3h a 5h após o pôr do sol) que se pode verificar a maior intensidade da ICU (GARTLAND, 2010; OKE *et al*., 2017). Diante destes apontamentos, os transectos se iniciaram às 21h (horário local) dos dias 02, 11 e 18 de setembro de 2020, em condições atmosféricas estáveis, com baixa velocidade dos ventos e sem cobertura de nuvens. Menciona-se que, nos dias 11 e 18/09, em razão da circulação regional e aos focos de incêndio nas proximidades e em outros pontos do estado, a área de estudo esteve encoberta por pluma de fumaça que perdurou ao longo dos dias, sem, contudo, alterar o padrão da distribuição térmica encontrado em estudos e campanhas de aferições anteriores.

O registro da temperatura do ar se deu em pontos pré-estabelecidos, equidistantes em 200 m, utilizando-se o aplicativo *Avenza Maps®* para controle dos locais de aferição em cada episódio, como apresentado por Pinton *et al.* (2021). No total, a rota Oeste-Leste (O-L), caracterizada por abarcar áreas de cultivo, de expansão urbana, central e comercial, industrial e vegetação arbórea e rasteira, foi composta por 48 pontos (9,4 km de extensão), sendo representativa da diversidade das potenciais LCZs identificadas. A rota Sul-Norte (S-N) perpassou por características do intraurbano, áreas em consolidação com presença e ausência de vegetação e por áreas vegetadas (arbórea e rasteira), totalizando 47 pontos (9,2 km de extensão).

Para a obtenção dos perfis térmicos e suas relações com as características paisagísticas (primeira forma de análise dos dados) elaboraram-se gráficos no software *Excel* ®, tendo os valores das abcissas associados com a temperatura do ar e o eixo das ordenadas referente a cada ponto em que se realizou os registros. A segunda forma de análise, pautou-se na espacialização da intensidade e magnitude da ICU, baseada na proposta de Fernández García (1996), que agrupa as intensidades em classes contidas no Quadro 1.

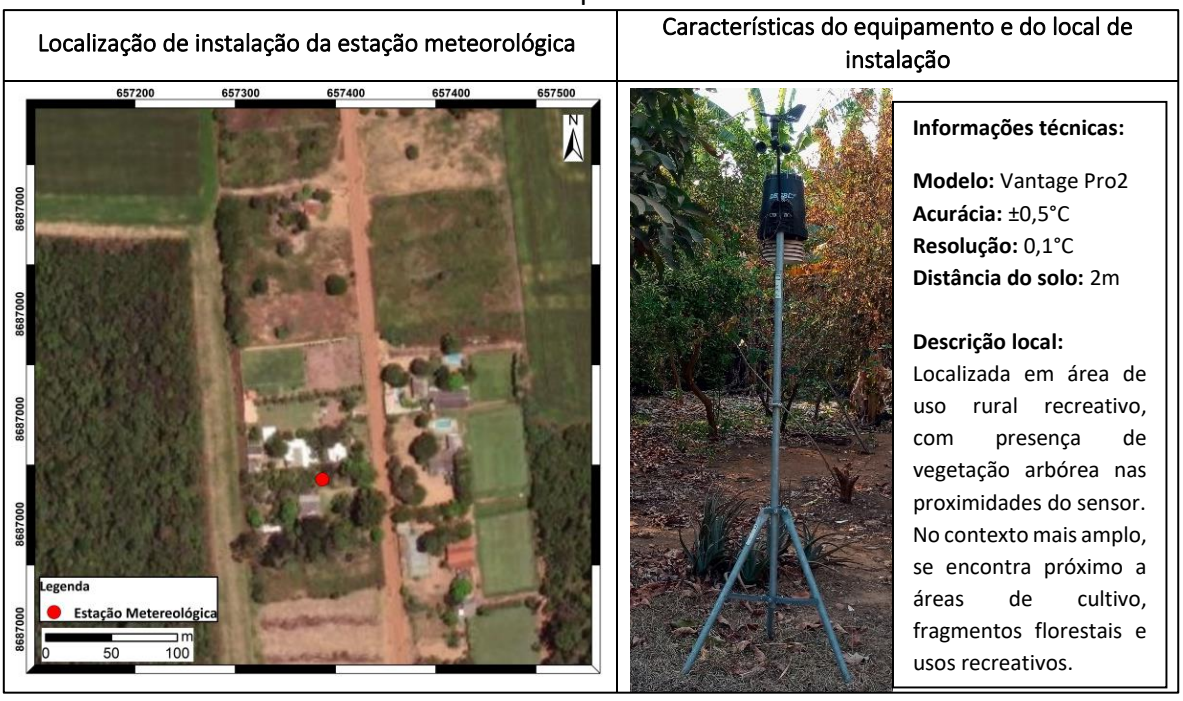
Quadro 1 – Magnitudes das ilhas de calor de acordo com as intensidades

Magnitude	Intensidades
Fraca	Entre 0°C e 2°C
Moderada	Entre 2°C e 4°C
Forte	Entre 4°C e 6°C
Muito Forte	Superior a 6°C

Fonte: Adaptado de Fernández García (1996, p. 264).

Para a obtenção da intensidade utilizou-se como ponto rural padrão uma estação meteorológica da marca Davis, do tipo Vantage Pro2, instalada em área com características de uso rural e próximo a fragmento florestal, localizada pelas seguintes coordenadas 11° 52,5' S e 55° 33' O (Figura 1). Tal etapa, foi realizada com auxílio do software ArcGIS *Pro* ® em que cada valor registrado nos pontos dos transectos foram subtraídos da temperatura rural padrão e representado em forma de mapas para melhor visualização.

Figura 1 – Contextualização da área e caracterização do sensor selecionado como ponto rural padrão



Fonte: Elaborado pelos autores. Imagem do mapa: Catálogo de imagens do ArcGIS (2020).

Em virtude da comparação entre os dados adquiridos pelo sensor móvel e pela estação meteorológica, foi realizada a calibração entre os equipamentos para a correção de possíveis

inconsistências nas medições. Tal procedimento se deu na confrontação dos registros obtidos nas mesmas condições e intervalo temporal, observando a tendência dos dados em gráficos horários.

Por fim, visando a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes no período analisado para a contextualização sinótica dos episódios, foram utilizados gráficos de análise rítmica (MONTEIRO, 1971), pautados nos dados da estação meteorológica instalada no campus do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), imagens do satélite GOES - 16, boletins técnicos e cartas sinóticas disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 As Potenciais *Local Climate Zones* de Sinop: qualificando os espaços urbanos e rurais por meio das características paisagísticas

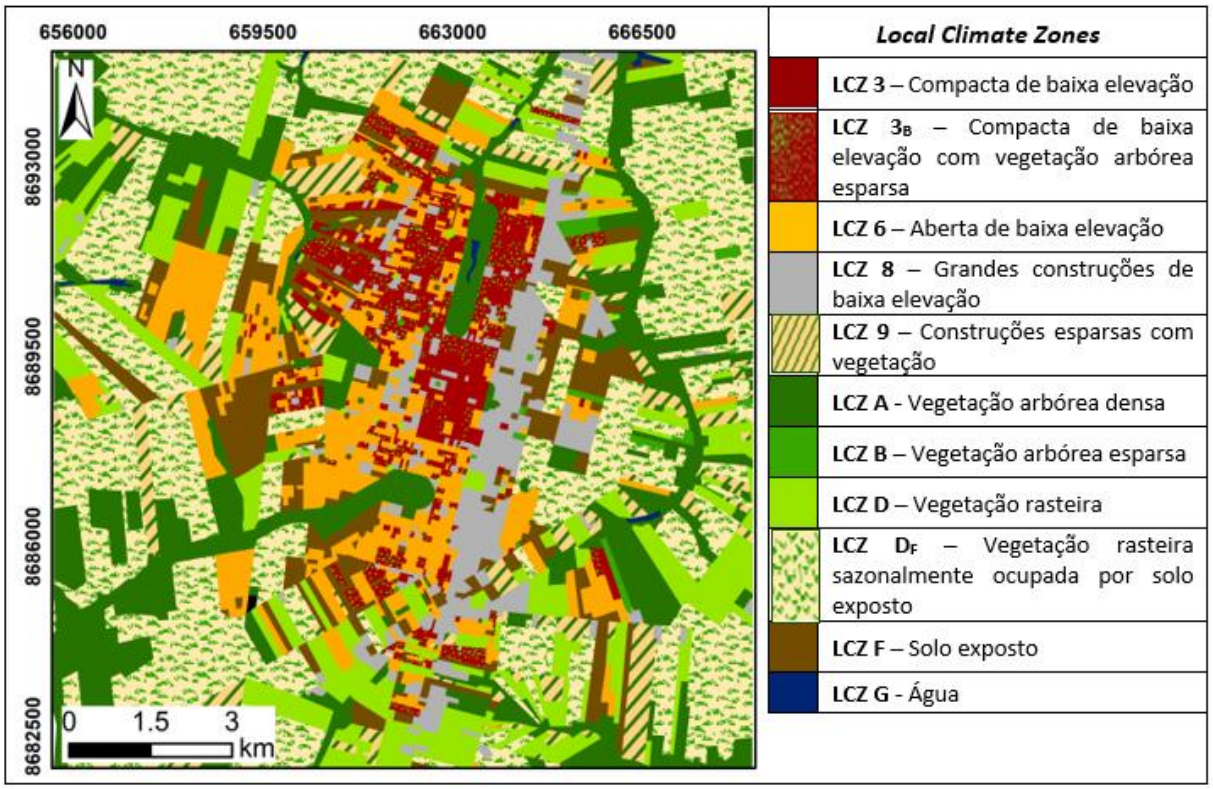
A classificação da paisagem por meio das características que afetam a estrutura do clima local ou a classificação de "regiões de cobertura de superfície uniforme, material e atividade humana que se estendem por centenas de metros a vários quilômetros no plano horizontal" (STEWART; OKE, 2012), é o eixo norteador do sistema das *Local Climate Zones.*

É importante destacar que, ao delimitar as áreas com características paisagísticas semelhantes, trabalhou-se com a potencialidade da LCZ, pois foi considerado apenas as propriedades da superfície e posteriormente sua interação com a temperatura do ar, não se levando em conta as análises de outros elementos, como os fluxos turbulentos, balanço energético, umidade relativa do ar, radiação e concentração de CO_2 – necessárias para a identificação, de fato, das LCZs como estabelecido por Stewart (2011).

No mapeamento das características paisagísticas por meio das LCZs, foi possível a identificação de três classes e uma subclasse de unidade de paisagem de uso urbano/industrial (LCZs 3, 6, 8 e 3_B), uma classe e uma subclasse de uso rural (LCZs 9 e D_F) e cinco classes associadas com a cobertura da terra (LCZs A, B, D, F e G). A Figura 2 representa a

espacialização das classes e subclasses e o Quadro 2 apresenta o detalhamento das características das categorias predominantes no recorte territorial deste trabalho.

Figura 2 – Espacialização das *Local Climate Zones* na malha urbana e entorno rural de Sinop (MT)



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Quadro 2 – Caracterização das principais LCZs de Sinop (MT)

Classes	Características	Vista aérea
LCZ 3	Áreas densamente construídas, com predomínio de edifícios de até 3 pavimentos. Apresenta cobertura da terra pavimentada com poucas exceções, com pouca ou nenhuma vegetação arbórea; bem como abundância de materiais construtivos pesados (concreto, pedra, tijolo). **Localização:** Concentrada na área central da cidade, sendo predominante o uso comercial e residencial.	
LCZ 3_B	Áreas densamente construídas, com predomínio de edifícios de até 3 pavimentos. Predomínio de materiais construtivos pesados e telhados cerâmicos, fibrocimento e zinco. Apresenta cobertura da terra pavimentada, bem como áreas permeáveis (quintais e jardins), com presença de vegetação arbórea espaçada. **Localização:** Distribuída na porção norte da malha urbana e pouca presença ao sul.	
LCZ 6	Áreas de construções espaçadas, com média densidade construtiva. Edifícios baixos, de materiais pesados (tijolo, pedra, cimento) e telhados cerâmicos. Árvores dispersas e áreas permeáveis (quintais, jardins e áreas não construídas). **Localização:** Distribuída nas porções sul, norte e oeste (área de expansão) da malha urbana.	
LCZ 8	Áreas de construções alongadas e baixas, de materiais pesados e telhados com estruturas metálicas e folhas de zinco ou fibrocimento. Podendo apresentar áreas permeáveis e árvores, no entanto predomina a pavimentação. **Localização:** Predominantemente distribuída ao longo da BR-163 (Setor Industrial) e eixos viários conectores.	
LCZ A	Área densamente arborizada, permeável com presença ou não de vegetação rasteira. **Localização:** Fragmentos dispersos no intraurbano e rural, associada muitas vezes ao longo de cursos hídricos.	
LCZ D_F	Área sazonalmente ocupada por vegetação rasteira ou solo exposto. Não apresenta pavimentação em grande extensão, assim como construções. **Localização:** Predominante no entorno rural de Sinop, com manchas dentro das áreas de expansão urbana.	

Fonte: Elaborado pelos autores (2021). Imagens: Google Earth (2020).

De modo geral, a identificação das categorias de paisagem ilustra a dinamicidade dos elementos que compõem os espaços urbanos, bem como exemplifica o papel do planejamento urbano e da orientação de ocupação dos lotes empregados ao longo das décadas de 1970 e 1980 em Sinop. Este planejamento e ocupação orientada permitiram a consolidação de paisagens homogeneizadas na área central e comercial da cidade e de padrões construtivos semelhantes ao longo da malha urbana.

As classes verificadas no entorno rural da malha urbana evidenciam uma característica fundamental do sistema LCZ, isto é, a percepção de que o "rural" não é constituído de uma única paisagem, mas sim, de diversos elementos que compõem diferentes categorias paisagísticas e interagem, cada qual a sua maneira, com os elementos do clima local, isto é, o espaço rural não apresenta uma característica paisagística uniforme, mas sim um mosaico derivado das atividades socioeconômicas e da cobertura da terra.

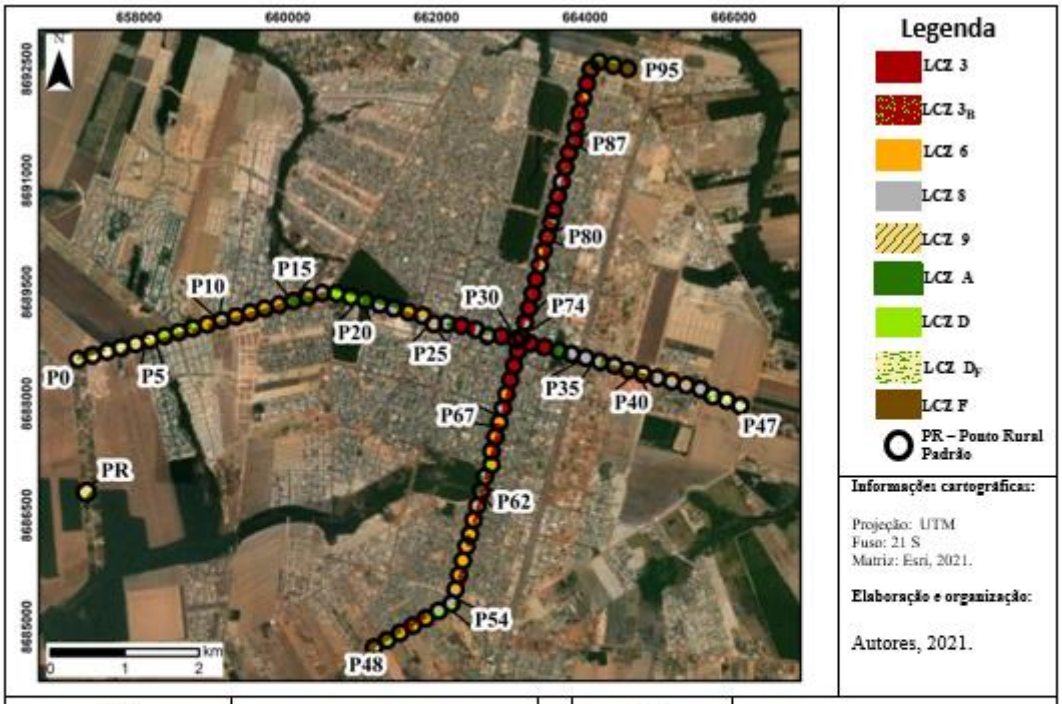
3.2 As Potenciais *Local Climate Zones* e os pontos de coleta da temperatura do ar por meio dos transectos móveis

A seleção dos trajetos para a realização dos transectos móveis visou a maior cobertura das características paisagísticas, perpassando por áreas urbanas consolidadas e em consolidação, áreas com vegetação arbórea/rasteira, solo exposto e áreas cultiváveis.

Por se tratar de medidas itinerantes, os valores momentâneos de temperatura do ar registrados nos pontos, caracterizam, dentre outros elementos, os aspectos paisagísticos imediatos e a junção de características paisagísticas distintas do entorno dos pontos, sobretudo nas áreas urbanas consolidadas e em expansão. Assim, como forma de caracterizar e compreender a quais classes de paisagens os resultados dos transectos se associam e a representatividade dos pontos selecionados, apresenta-se a Figura 3, na qual se encontra a LCZ predominante em um raio de 100 m de cada ponto dos trajetos.

Em uma análise inicial da Figura 3, nota-se que a rota Oeste-Leste (P0 a P47) abrange diversificadas características paisagísticas ao percorrer por áreas urbanas consolidadas e em consolidação, áreas vegetadas e áreas ligadas ao desenvolvimento de atividades do agronegócio. Em contrapartida, o trajeto Sul-Norte (P48 a P95) se caracteriza por porções mais homogêneas da cidade, abrangendo variadas paisagens urbanas e expansão urbana, vegetação e poucas características rurais.

Figura 3 – Distribuição espacial e LCZ predominante em um raio de 100 m de cada ponto dos trajetos



LCZ predominante	Pontos		LCZ predominante	Pontos
A	18 ao 22; 34; 62 e 63.		3	27 ao 33; 70 ao 75; 77; 78; 90; 91; 96; 97.
D	5; 6; 93; 95.		3_B	51; 67 ao 69; 76; 79 ao 89.
F	7; 8; 11; 12; 15; 48 ao 50; 92; 94.		6	9; 10; 13; 14; 16; 17; 23; 25; 55 ao 60; 64 ao 66.
D_F	0 ao 4; 40; 45 ao 47.		8	25; 26; 35 ao 39; 41 ao 44; 52 ao 54.
			9	PR

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No detalhamento dos trajetos, verifica-se que na rota O-L os 17 primeiros pontos de aferição térmica representavam, predominantemente, características paisagísticas rurais como a LCZ D_F e LCZ D; de expansão urbana (LCZs 6 e F) e da transição urbana-rural (LCZ 9), enquanto os pontos 18 a 22 se associaram com a vegetação arbórea e rasteira (LCZs A e D). Os pontos 23 a 26 representaram o fim da transição rural-urbana e se associaram às características das LCZs F, 6 e 8, ligadas à especulação imobiliária e às edificações e equipamentos públicos.

Na sequência, a área central e comercial da cidade ficou representada por aspectos paisagísticos da LCZ 3 e coincidente aos pontos 27 a 33, até atingir uma praça no ponto 34 com elementos da LCZ A. O trajeto se finalizou com características associadas ao setor industrial e com outra área de expansão urbana, predominando os elementos das LCZs 8, F, D_F e 6 para os pontos 35 a 47.

O início da rota S-N se deu em um antigo eixo de expansão urbana, sendo os pontos 48 a 52 representativos das LCZs F e 3_B, derivados do predomínio de lotes vazios e áreas densamente construídas. No decorrer deste trajeto, aspectos das LCZs 8 e 6 estiveram associados aos pontos 53 a 61 dada a presença de edificações comerciais e unifamiliares, tendo os pontos 62 e 63 como limitadores destas características, pois eles coincidiram com um fragmento florestal.

Os pontos referentes à malha urbana consolidada, para este trajeto, passaram a ser representados a partir do ponto 64, havendo a intercalação de aspectos das LCZs 6 e 3 até atingir o ponto 69. Tal alternação dos aspectos paisagísticos foi substituída pela homogeneização das LCZs 3 e 3_B entre os pontos 70 e 91, sendo a rota finalizada com as características das LCZs F e D nos pontos 92 a 95.

Aponta-se que o reconhecimento das características paisagísticas e sua abrangência diversificada pelos transectos se faz importante para este estudo, sobretudo, por ser os elementos da superfície um dos principais responsáveis pela variação térmica de Sinop, uma vez que outros elementos de grande influência não se fazem presentes, como o relevo acidentado. Reforça-se também que as características destacadas em cada ponto são as que predominaram nas localidades, não se excluindo a influência de características ao redor de cada local de aferição.

3.3 As medidas itinerantes, o perfil térmico e a intensidade da ilha de calor em Sinop

Se por um lado, a utilização dos transectos móveis como instrumento analítico das ilhas de calor são representativos de episódios horários específicos, por outro, possibilita o maior detalhamento da manifestação das características construtivas/paisagísticas na componente climática local da temperatura do ar, permitindo a qualificação nas análises da espacialização da ICU.

Estudos como o de Dubreuil *et al.* (2003), Dubreuil, Delahaye e Le Strat (2010), Zavitoski (2018), dentre outros, empregaram a referida técnica para a analisar a cidade de Sinop. De modo geral, tais estudos apontam diferenças térmicas superiores a 5°C e 6°C no período noturno e 3°C durante a madrugada (DUBREUIL *et al.* 2003); valores de temperatura do ar mais elevadas na porção Sul da malha urbana, quando confrontadas com áreas de

características construtivas similares no setor Norte (DUBREUIL; DELAHAYE; LE STRAT, 2010); e a tendência de valores mais altos no período de estiagem, bem como a atuação da vegetação e corpos hídricos como pontos de redução da temperatura do ar (ZAVITOSKI, 2018).

Aponta-se que a principal diferença entre os estudos citados anteriormente reside no fato de que os resultados apresentados por Zavitoski (2018) dizem respeito a um tecido urbano diferente do analisado nos outros dois trabalhos, pois, neste intervalo temporal (cerca de 15 anos), o espaço urbano sinopense passou por expressivas modificações e expansões, com a incorporação de antigas áreas rurais ou vegetadas para a abertura de novos loteamentos e o surgimento de espaços residenciais fechados de alto, médio e baixo padrão construtivo. No entanto, o ponto comum dos estudos se centra nas características da ilha de calor identificada, bem como estimulam novas análises tanto no nível horizontal quanto horário/mensal/anual.

Diante do exposto, e com o intuito do maior detalhamento da relação paisagem-sistemas atmosféricos-temperatura do ar, os transectos foram realizados em três episódios de setembro de 2020, com intervalo horário entre as 21h e as 22h (horário local) e sob a atuação da massa tropical atlântica continentalizada (mTac) nos dias 02 e 11/09 e da massa equatorial continental (mEc) no dia 18/09/2020.

A Tabela 1 apresenta a primeira caracterização dos trajetos elencados para a aferição dos dados, por meio do apontamento dos maiores e menores valores de temperatura do ar e da amplitude térmica dentro deste recorte. Verificou-se que as amplitudes térmicas intra-transectos foram superiores a 6°C, tendo nos dias 02 e 11/09 os maiores valores, respectivamente, 8,4°C e 7,2°C.

Tabela 1 – Caracterização da amplitude térmica dos trajetos dos transectos móveis e sistemas atmosféricos atuantes

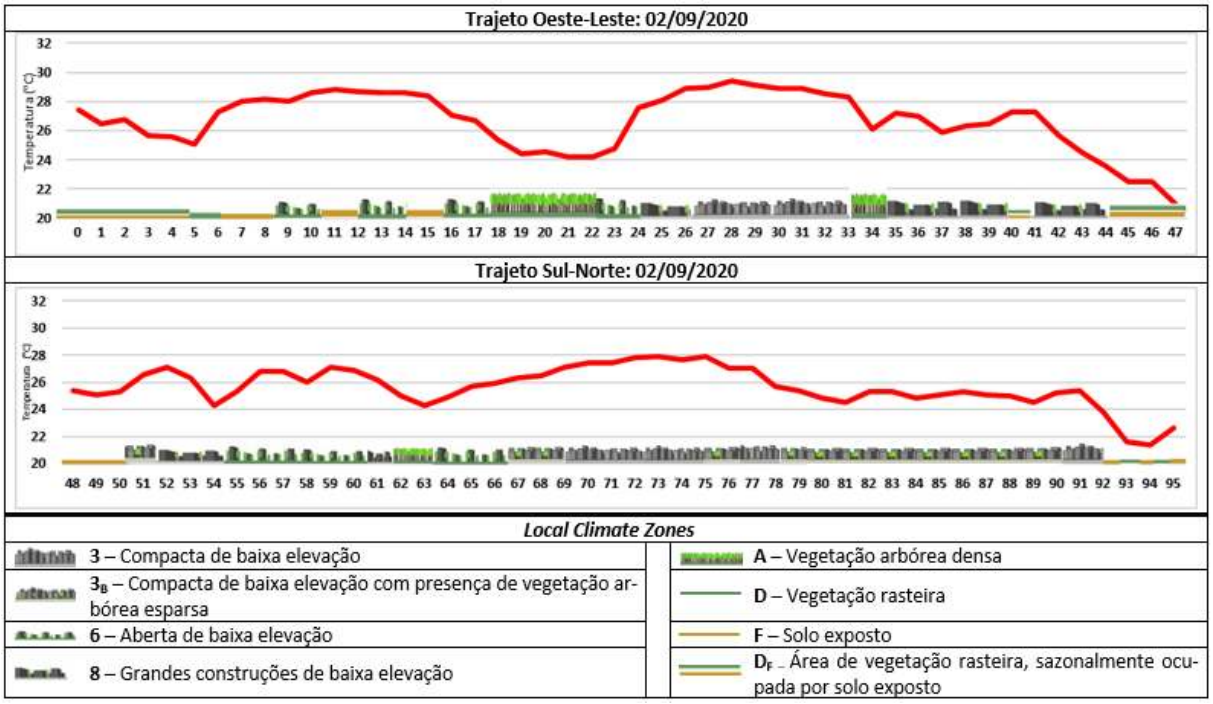
Data	Tmáx (°C)	LCZ (Tmáx)	Tmín (°C)	LCZs Tmín	Amplitude térmica (°C)	Sistema Atmosférico
02/09	29,4	3	21	F/D_F	8,4	mTac
11/09	30,5	3	23,3	F/D_F	7,2	mTac
18/09	31,6	3	25,3	F/D_F	6,3	mEc

Fonte: Elaborado pelos autores com dados aferidos em campo (2020).

A espacialização dos dados aferidos se encontra nas Figuras 4, 5 e 6, permitindo verificar similaridades nos perfis dos episódios analisados, sobretudo nos representativos do trajeto Oeste-Leste e certos pontos da rota Sul-Norte.

No dia 02/09 (Figura 4), observou-se, para o trajeto O-L, maior dinamicidade dos valores de temperatura do ar em pontos específicos entre as áreas construídas e os locais de vegetação arbórea densa. Como apontado na figura, o início deste trajeto se deu com uma redução no valor da temperatura do ar entre o P0 e o P5 – áreas influenciadas pela LCZ D_F – saindo de 27,4°C para 25,1°C; entre o P6 e o P16, observou-se uma tendência de aumento e certa estabilidade, tendo o P11 como o local em que se registrou o maior valor deste intervalo, com 28,8°C.

Figura 4 – Variação espacial da temperatura do ar em função das características paisagísticas em Sinop, para o dia 02/09/2020, entre as 21h e as 22h (horário local)



Fonte: Elaborado pelos autores com dados aferidos em campo (2020).

O cenário descrito anteriormente foi alterando ao atingir o P17, estando este na proximidade de uma reserva florestal no campus da Universidade Estadual do Mato Grosso (UNEMAT), em que se registrou 26,7°C e uma tendência de queda que seguiu entre o P18 e o P23, representantes, de fato, da reserva da UNEMAT (LCZ A), sendo expressos no intervalo térmico de 24,2°C a 25,4°C. Ao adentrar o meio urbano, principalmente nos pontos de LCZ 3 (P24 a P33), a temperatura do ar voltou a se elevar, tendo como limite os valores de 27,6°C e 29,4°C. Ao atingir as áreas de uso industrial/expansão urbana (LCZs 8, F e 6), P34 a P43, a

temperatura do ar passou por leve redução, ficando distribuída entre 28,3°C e 25,9°C, até ser registrados os valores de 24,5°C a 21°C nos pontos associados com a LCZ D_F (P44 a P47).

Assim como o percurso anterior, a rota S-N apresentou evidente segmentação[2] na distribuição da temperatura do ar aferida, sendo iniciada entre o P48 a P61, com características paisagísticas das LCZs F, 6 e 8, e intervalo térmico de 26,2°C a 27,1°C. A segunda segmentação, foi observada nas proximidades da reserva florestal do bairro Jardim Botânico, sendo ela espacialmente reduzida – entre o P62 e o P64 – e com distribuição térmica entre 24,3°C e 25°C.

Os pontos representativos da LCZ 3 (P65 a P79), neste percurso, configuraram o terceiro segmento verificado e foram caracterizados por valores de temperatura entre 25,4°C e 27,9°C. O próximo segmento, foi configurado em pontos representativos da LCZ 3_B (P65 a P79), com valores distribuídos na ordem de 24,8°C a 25,4°C, indicando uma variação térmica em função dos aspectos paisagísticos. O último segmento se deu nos últimos pontos do percurso (P92 a P95), associados aos aspectos paisagísticos das LCZs D_F e F, com registros entre 21,4°C e 23,8°C.

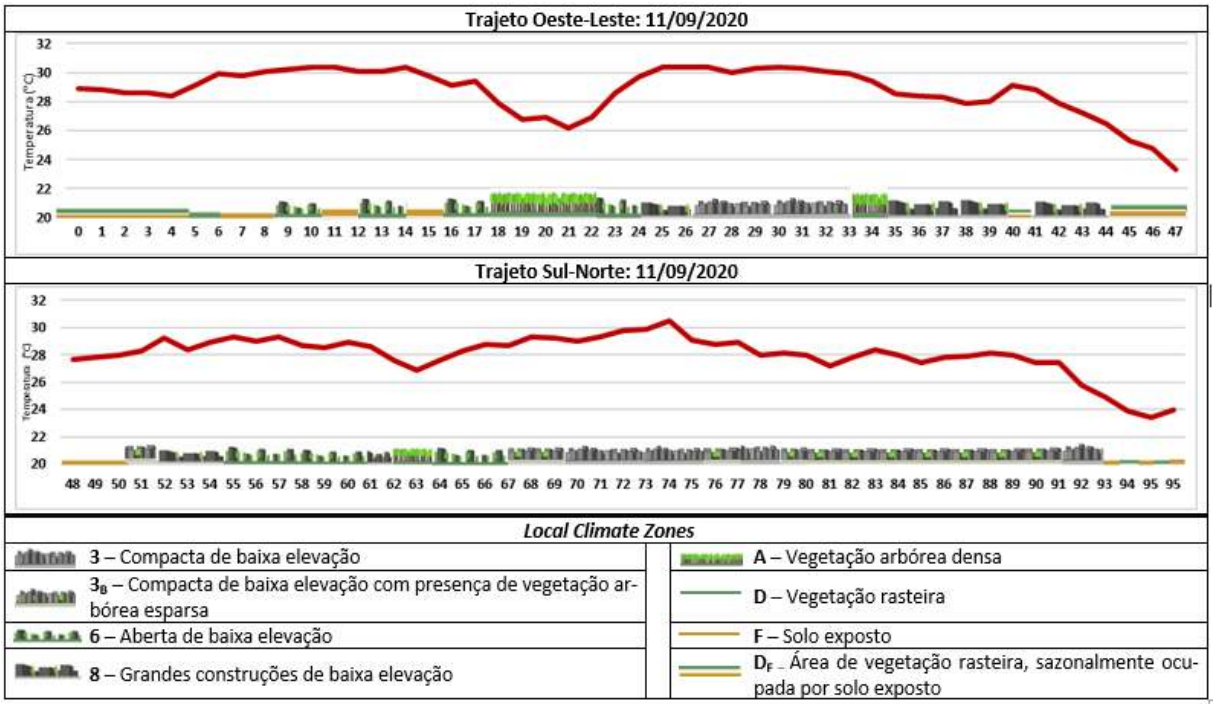
A espacialização dos dados aferidos em 11/09, contida na Figura 5, assim como verificado na data anterior, apresentou caráter de dinamicidade para os valores referentes ao percurso O-L, bem como a evidenciação dos pontos de vegetação e sua influência no trajeto S-N.

Para o percurso O-L identificou-se seis segmentações do trajeto, tendo o primeiro grupo disposto entre o P0 e o P4 (LCZ D_F), com estabilidade na distribuição térmica, entre 28,4°C e 28,8°C. O segundo segmento, configurado entre o P5 e P17 (LCZs D, F e 6), apresentou variação térmica entre 29,1°C e 30,4°C, tendo os maiores valores registrados em pontos típicos das LCZs 6 e F (P10 e P11).

De maneira análoga ao dia 02/09, notou-se a queda nos valores associados com a LCZ A (reserva da UNEMAT, entre o P18 e o P22), com a distribuição térmica variando entre 26,2°C e 27,9°C. Esse cenário foi alterado, rapidamente, ao se alcançar a área urbana consolidada (LCZ 3), em que se verificou os valores distribuídos entre 29°C e 30,4°C.

[2] Aqui aplicada como a divisão dos traçados em grupos por classes de temperatura que apresentam a característica visual de descontinuidade nos gráficos.

Figura 5 – Variação espacial da temperatura do ar em função das características paisagísticas em Sinop, para o dia 11/09/2020, entre as 21h e as 22h (horário local)



Fonte: Elaborado pelos autores com dados aferidos em campo (2020).

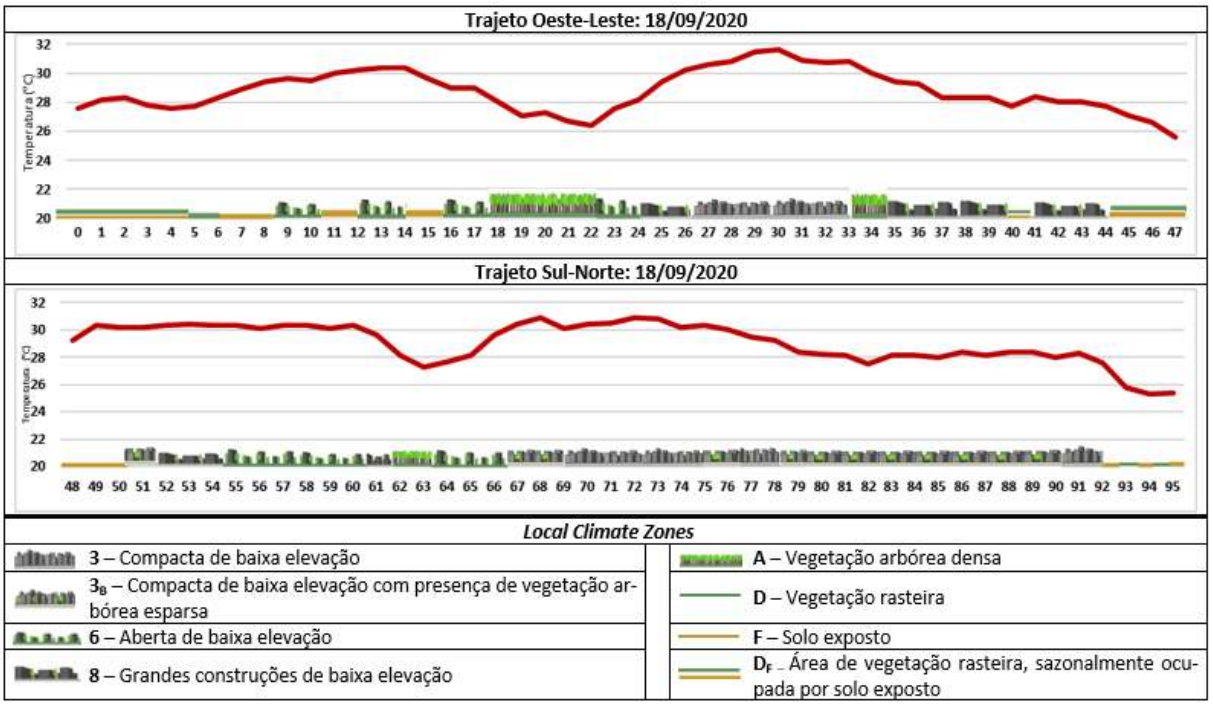
As áreas de uso industrial/agrícola/expansão da cidade a Leste da malha urbana (LCZs 8, D_F, F e 6), possibilitaram a consolidação de dois segmentos distintos, um deles entre o P35 e P43 com a temperatura variando entre 27,2°C e 28,5°C, com a exceção de um ponto em que se registrou 29,1°C. Já o último segmento deste percurso, se configurou no intervalo dos pontos 44 a 47 com valores entre 23,3°C e 26,5°C (LCZs D_F e 8).

No que se refere a rota S-N, desta data, encontrou-se valores iguais a 27,7°C e 28,3°C no início das aferições (P48-P49/ LCZ F), que tenderam ao aumento entre o P50 e P61 (LCZs 6 e 8), caracterizados pelo intervalo térmico de 28°C a 29,3°C. Novamente, a reserva florestal e suas proximidades, característicos dos P62-64 (LCZs A e 6), possibilitaram verificar a redução da temperatura entre 26,9°C e 27,6°C. Tal padrão foi alterado ao atingir os pontos associados a LCZ 3 (P65 a P80), onde o intervalo térmico aumentou gradativamente para 28,1°C e 30,5°C.

Os dados referentes ao dia 18/09 (Figura 6) consolidam alguns padrões evidenciados nas datas anteriores, sobretudo no trajeto O-L e em áreas de vegetação arbórea densa. No detalhamento da espacialização dos valores para este percurso, verificou-se a formação de dois segmentos bem demarcados nos dezenove primeiros pontos. O primeiro segmento (P0-

P5) representativo, principalmente, de áreas cultiváveis (LCZ D_F) presentes à Oeste da malha urbana e associado com uma baixa variação térmica de 27,6°C a 28,3°C.

Figura 6 – Variação espacial da temperatura do ar em função das características paisagísticas em Sinop, para o dia 18/09/2020, entre as 21h e as 22h (horário local)



Fonte: Elaborado pelos autores com dados aferidos em campo (2020).

O segundo segmento (P6 a P18), associado a cobertura de solo exposto e construções espaçadas (LCZs F e 6), apresentou elevação da temperatura do ar, quando comparado com o segmento anterior, com valores entre 28,9°C e 30,4°C. Na sequência, foi possível observar uma queda nos valores da temperatura do ar ao se atingir os pontos representativos da LCZ A, configurando assim o terceiro segmento (P19 ao P23), com distribuição térmica variando entre 26,4°C e 27,6°C.

Assim como ocorrido nas demais datas, a área urbana, com características da LCZ 3, possibilitou a identificação de um segmento no trajeto O-L, sobretudo entre o P24 e o P36, estando associado aos valores térmicos de 29,3°C a 31,6°C. Na sequência, identificou-se os dois últimos segmentos deste trajeto – P37-P45 e P46-P47 – estando associados a áreas de múltiplos usos (industrial, agrícola, expansão urbana) e aos intervalos térmicos de 27,1°C a 28,4°C e 26,6°C a 25,6°C.

No que diz respeito ao trajeto S-N para o dia 18/09, percebeu-se, novamente, a tendência de estabilidade dos valores de temperatura do ar, com diferenças concentradas em pontos específicos, sobretudo quando associados com a vegetação arbórea. De modo geral, ao avaliar a distribuição dos valores, pôde-se segmentar os resultados em cinco grupos, sendo o primeiro, representativo do processo de expansão urbana da porção Sul da cidade (P48-P61), associado ao intervalo térmico de 29,2°C a 30,6°C, com predominância dos valores acima de 30°C.

O segundo segmento, se configurou com os pontos representantes da LCZ A, que perpassa pelos pontos 62 a 65, responsáveis pela queda da temperatura e associados ao intervalo térmico de 27,3°C a 28,1°C. Na sequência, o terceiro segmento se caracterizou por um considerável aumento nos valores, quando comparado com o anterior, e estabilização da variação térmica, sendo relacionado a aspectos paisagísticos da LCZ 3 (P66 a P78) e ao intervalo térmico de 29,2°C a 30,9°C. Os dois últimos segmentos partilharam a característica de queda dos valores, sendo associados com a LCZ 3_B – presente na porção Norte da malha urbana (P79-P91) – com o intervalo entre 28°C e 28,4°C e áreas de solo exposto e vegetação rasteira (P92-P95), com valores distribuídos entre 25,3°C e 27,6°C.

Com os padrões dos dados verificados para as datas aqui trabalhadas, pode-se elencar algumas características comuns da associação da distribuição da temperatura do ar com as características paisagísticas dos trajetos, sendo as seguintes:

1) Dada a diversidade das paisagens urbanas, rurais e de transição, o trajeto O-L possibilitou a identificação da maior variação dos valores de temperatura do ar;
2) A vegetação arbórea densa e suas proximidades (O-L = P18 a P22 e S-N = P62 e P63), foram as principais responsáveis pela redução da temperatura do ar no intraurbano, bem como demarcam a transição das áreas de expansão urbana e de uso agrícola para a área central da cidade;
3) As áreas cultiváveis, de solo exposto e vegetação rasteira (LCZs D_F, F e D), próximas a cursos d'água e representativas dos pontos finais de ambos os trajetos (P45-P47 e P91-P95), tenderam a apresentar as menores temperaturas aferidas, mesmo quando comparadas com pontos de LCZ A, sendo as responsáveis pelas grandes amplitudes no interior dos transectos;
4) A área com características da LCZ 3_B, na porção Norte da malha urbana, apresentou diferenças térmicas de -2 a -2,7°C, em média, quando comparadas com a LCZ 3;
5) Os maiores valores de temperatura do ar de todos os transectos estiveram associados às áreas densamente construídas, representativas do centro da cidade (LCZ 3);

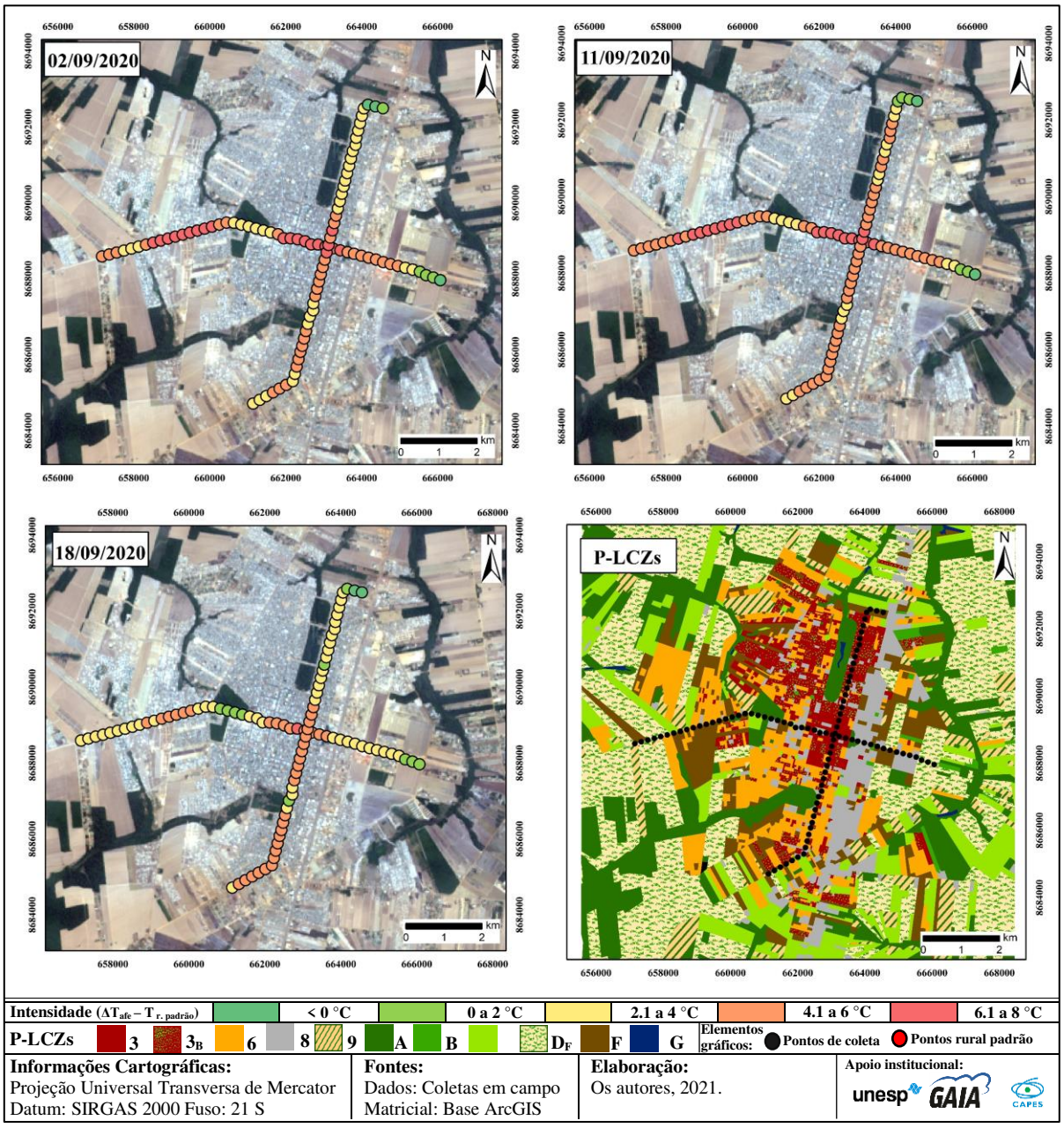
6) A área de transição urbano-rural, na qual tem-se o uso múltiplo destes espaços, apresentou maior temperatura do ar que as áreas vegetadas, mas, ainda menores do que as aferidas nas áreas construídas;
7) Os pontos 33 e 34, incidentes sobre uma praça (LCZ A), apresentaram tendência de redução da temperatura do ar, no entanto, os valores ainda estiveram mais elevados do que os aferidos em fragmentos florestais.

De modo a apresentar uma análise qualitativa a respeito da associação da temperatura do ar com os aspectos paisagísticos da área estudo, propõe-se a espacialização da intensidade da ilha de calor, considerando a diferença das informações térmicas do ponto de referência rural com os dados aferidos nos trajetos. O resultado deste processo se encontra na Figura 7 com as suas análises na sequência.

Detalhando os dados apresentados, tem-se para o dia 02/09 uma nítida segmentação das magnitudes e suas intensidades em função das características construtivas e paisagísticas de ambos os percursos. A magnitude moderada, por exemplo, ficou associada com as áreas da LCZ A e suas proximidades (P18-23, P62-P65) e LCZ 3_B (predominante entre o P78 e P92).

Neste mesmo episódio, a forte magnitude esteve vinculada, principalmente, com áreas representativas das LCZ 8 (sobretudo quando associadas com pouca ou nenhuma vegetação e solo exposto), LCZ 6 (com presença de solo exposto) e LCZ D_F (áreas cultiváveis), bem como em constante contato com pontos de magnitudes moderada e muito forte. A magnitude muito forte, ficou associada ao contexto de expansão urbana (P8 a P15) e do centro da cidade (P24-P34 e P73-P76) com características da LCZ 3. Enquanto a fraca magnitude e as ilhas de frescor foram verificadas espacialmente nos últimos pontos dos percursos, tanto para O-L quanto para S-N, caracterizados por usos múltiplos, típicos da expansão urbana, como as LCZs D e F (P93-P95) e áreas cultiváveis (P44-P47), tendo como elemento comum a proximidade de cursos hídricos.

Figura 7 – Espacialização das intensidades da ilha de calor ao longo dos trajetos de transecto móvel em Sinop, às 21h (horário local)



Fonte: Elaborado pelos autores com dados aferidos em campo (2020).

Faz-se necessário apontar que, a ilha de frescor se caracteriza pela presença de valores de intensidades abaixo de 0°C, designando uma porção do espaço que se apresenta menos aquecida do que o rural por diversos fatores, como relevo, sombreamento, precipitação, vegetação, dentre outros, como apontado por Mendonça (1994) e Amorim (2020).

Assim como ocorrido com os dados dos transectos móveis, a distribuição das intensidades para o dia 11/09 apresentou similaridades com o episódio apontado

anteriormente, sobretudo, a presença de magnitudes mais altas para áreas densamente construídas e de solo exposto.

No que diz respeito ao padrão de distribuição, notou-se que a magnitude predominante foi a forte, sendo encontrada nos seguintes intervalos pontuais P0-P5 (LCZs D_F e D), P15-P18 (principalmente a LCZ 6), P34-P42/P50-P61 (LCZ 8), P65-P72 (LCZs 6 e 3), P75-P80 (predominância da LCZ 3), P87-P89 (LCZ 3_B), além de pontos concentrados. Na sequência, a magnitude muito forte se associou a área de expansão urbana e com predomínio de construções espaçadas (P8-P14 – LCZs F e 6) e a porção central/comercial da cidade (P25-P33 – LCZs 8 e 3).

A magnitude moderada novamente esteve associada com a presença de vegetação arbórea, mesmo que em áreas construídas, e aos extremos dos transectos, sendo representativa dos pontos P19-P22 (LCZ A), P43-P44 (LCZ 8), P48-P49 (LCZ F), P62-P64 (LCZs A e 6), P81-P82/P85-P86 (LCZ 3_B) e P90-P91 (LCZ 3). Enquanto a magnitude fraca esteve isolada nos pontos finais das rotas (P45-P46 e P92-P94), sendo antecessores a dois pontos de ocorrência de ilha de frescor (P45 e P95).

A diversidade encontrada na distribuição das intensidades para as datas anteriores, também se fez presente para o dia 18/09, sobretudo no que se refere ao padrão de maior e menor aquecimento. As principais mudanças na comparação com os demais resultados, se deu na diminuição dos pontos vinculados com a magnitude muito forte, estando restrita ao núcleo central e comercial da cidade, e a diferenciação de locais com vegetação arbórea densa. O intervalo P19-P22 (LCZ A) apresentou características da fraca magnitude, enquanto os P62-P64 (LCZs A e 6), estiveram vinculados com a magnitude moderada.

Os valores predominantes de intensidades foram os representativos da forte magnitude (4,1 a 6°C), estando associados aos seguintes intervalos pontuais P11-P15 (LCZs F e 6), P26-P34 (com a prevalência da LCZ 3), P49-P61 (LCZ F, 6 e 8) e P66-P76 (LCZ 3), característicos de áreas urbanas consolidadas e em consolidação. A magnitude moderada, por outro lado, se vinculou entre os pontos P0-P8 (LCZs D_F, D e F), P16-P18 (LCZs 6 e A), P23-P25 (LCZs A e 6), P35-P44 (LCZ 8) e P77-92 (LCZs 3_B e 3), típicos das áreas cultiváveis, solo exposto, grandes construções com permeabilidade e pontos isolados de áreas densamente construídas com presença de vegetação. Por fim, a fraca magnitude apresentou baixa representação

espacial para esta data, estando associada com a LCZ A e aos finais das rotas, sendo antecessoras de ocorrência de ilha de frescor no P95.

De modo a sintetizar as similaridades encontradas na espacialização das intensidades que, de certa forma, caracterizam o perfil da ilha de calor atuante em Sinop em situações atmosféricas semelhantes, bem como a sua relação com as propriedades paisagísticas da área, chegou-se aos seguintes apontamentos:

1) Para os episódios analisados, os fragmentos florestais intraurbanos, principais representantes da LCZ A, apresentaram menores intensidades quando comparadas com as áreas construídas, mas, ainda sim, mais aquecidas do que o ponto rural padrão;
2) Mesmo o fragmento florestal presente na rota S-N (P62-63), apresentando valores de temperatura do ar diferentes do fragmento contido no trajeto O-L (P18 a P22), suas magnitudes foram semelhantes;
3) As áreas de expansão urbana, caracterizada por loteamentos em consolidação, solo exposto e construções, principalmente na porção Leste da cidade, apresentaram características térmicas semelhantes ao centro da cidade (LCZ 3);
4) A LCZ 3_B, na maior parte dos casos, esteve associada com intensidades diferentes das demais áreas urbanas, sobretudo, em relação ao centro da cidade;
5) A LCZ $D_{F,}$ a oeste da malha urbana, apresentou elevadas intensidades, similares com as áreas construídas de baixa densidade.

Em síntese, as características apontadas neste trabalho encontram respaldo com as evidenciadas por Dubreuil *et al.* (2003), Dubreuil, Delahaye e Le Strat (2010); Zavitoski (2018). Além disso, fundamentam a complexa relação da espacialização da temperatura do ar e a distribuição espacial da intensidade/magnitude da ilha de calor, com as diversificadas propriedades paisagísticas urbanas e rurais.

Ressalta-se, também, que as análises e características apontadas se referem ao período sazonal de sua coleta, isto é, em condições climáticas estáveis, com pouca ou nenhuma precipitação e sob condições paisagísticas rurais de vazio sanitário, podendo se alterar em outros períodos do ano e até mesmo em horários diferentes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que diz respeito à classificação da paisagem, aponta-se que o sistema baseado nas *Local Climate Zones* foi assertivo em evidenciar que existem diferenças nos elementos e

características da paisagem nos espaços urbano e rural que, ao se associarem a certos fatores, como localização (no centro da malha urbana ou no entorno), sistemas atmosféricos atuantes e presença de corpos hídricos, são capazes de reorganizar mecanismos físicos, como os fluxos de energia, e manifestarem alterações em elementos do clima local, como a temperatura do ar. Destaca-se aqui, como exemplo do citado anteriormente, as classes encontradas no entorno rural da cidade, que se constitui por diversos usos e coberturas, contando, também, com a capacidade de se variar sazonalmente.

Tal característica das paisagens rurais, devem ser consideradas ao se analisar a ilha de calor urbana por meio de sua intensidade, pois, certas características do uso rural, como a LCZ D_F, apresentam similaridades ou proximidades térmicas com áreas construídas, podendo não representar a real dimensão deste rearranjo do clima local.

No detalhamento da ICU e sua relação com os aspectos paisagísticos, em condições atmosféricas de estabilidade, no intervalo horário das 21h às 22h, verificou-se que, em Sinop, a LCZ A (representadas por fragmentos florestais no intraurbano), tendeu a se apresentar menos aquecida do que as áreas construídas, mas, ainda sim, mais aquecida que o ponto rural de referência; a identificação da ilha de frescor ficou associada ao contexto do entorno do ponto, principalmente quando próximos de cursos hídricos; as LCZs 3 e 6 apresentaram características térmicas semelhantes, enquanto a LCZ 3_B se configurou como área de característica particular dentre as classes construídas. Por fim, a LCZ D_F, contida a oeste da malha urbana, tendeu a apresentar similaridades térmicas com os pontos de LCZ 6 (construído).

Assim, considerando que as características climáticas, físicas e socioeconômicas de Sinop também se encontram em outras localidades do território brasileiro, faz-se necessário investigar detalhadamente, na escala horária e espacial, os mecanismos que proporcionam a origem de fenômenos que potencializem o desconforto térmico da população. Também se faz necessário o apontamento de caminhos que viabilizem uma possível mitigação para este problema, perpassando, inclusive, por ferramentas como as políticas públicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa CAPES/COFECUB (Processo: 88881.191765/2018-01 // Processo: Sh 941/19) pelo financiamento do projeto intitulado "Cidades, Clima e Vegetação: Modelagem e políticas públicas ambientais" (CICLAMEN). Este estudo também foi financiado pela Coordenação para o Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. de C. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: Episódios de Inverno. **Geosul,** v. 20, n. 39, p. 65-82, 2005.

AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte:** teoria e prática. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020.

ARAÚJO, L. F. **Ilhas de calor em Sinop-MT:** análise das características térmicas em conjunto com os aspectos socioeconômicos e ambientais. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2021. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/213831. Acesso em: 15 ago. 2022.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL – Folha SC.21, Juruena:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1980.

CARDOSO, R. S. **Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente/SP**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/138512. Acesso em: 15 ago. 2022.

CLAIRAY, M.; DUBREUIL, V. Etude de l'évolution diachronique de la Gleba Celeste (Mato Grosso) a partir d'images Landsat. **Espaço e Geografia**, v. 5, n. 1, p. 119-138, 2002. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/39705. Acesso em: 16 ago. 2022.

DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. C. T. Variabilidade espacial da temperatura do ar com uso de transectos móveis em Jundiaí/SP. **Revista Brasileira de Climatologia,** ano 16, v. 27, p. 349-367, 2020. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/73202. Acesso em: 15 ago. 2022.

DUBREUIL, V.; NEDELEC, V.; BARIOU, R.; MAITELLI, G. T. Estudo da urbanização e suas consequências sobre as temperaturas noturnas em Sinop/Mato Geosso. **Revista Mato-grossense de Geografia,** [impresso], n. 07/08, p. 25-39, 2003.

DUBREUIL, V.; DELAHAYE.; LE STRAT, A. Changements d'occupation du sol et leurs impacts climatiques au Mato Grosso, Brésil. **Confins,** [online], [Dossiê], n. 10, 2010. DOI: https://doi.org/10.4000/confins.6845.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**, [online], n. 37, 2018. DOI: https://doi.org/10.4000/confins.15738.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. **Manual de climatología aplicada:** clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis, S.A., 1996.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor:** como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades 2021**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/. Acesso em: 15 fev. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas (1981-2010)**. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 20 jul. 2022.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno:** proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1994. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MONTEIRO. C. A. F. Teoria e clima urbano. 1975. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975. Disponível em: http://www.abclima.ggf.br/publicacoes.php. Acesso em: 15 ago. 2022.

OLIVEIRA, M. L. P. O projeto de colonização particular da Gleba Celeste, na fronteira pioneira. **Geosul,** v. 3, n. 6, p. 21-38, 1988. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12700. Acesso em: 15 ago. 2022.

OKE, T. R. **Boundary Layer climates.** 2. ed. London: Routledge, 1987.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadores de alterações térmicas.** 1997. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PINTON, L. G.; RIBEIRO, M. C. A.; SUIZU, T. M.; AMORIM, M. C. C. T. Magnitudes do fenômeno da ilha de calor urbana em Sacramento (MG): perspectivas de aplicação do sistema das Zonas Climáticas Locais em cidades de pequeno porte. **Caminhos de Geografia,** v. 22, n. 79, p. 161-179, 2021. DOI: https://doi.org/10.14393/RCG227953890.

SANTOS, M. **A natureza do espaço:** técnica e tempo – razão e emoção. São Paulo: Edusp, 2002.

STEWART, I. D. **Redefining the urban heat island**. 2011. Thesis (Doctor of Philosophy) - The Faculty of Graduate Studies, The University of British Columbia, Vancouver, 20110. DOI: https://dx.doi.org/10.14288/1.0072360.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for urban temperature studies. **BAMS,** v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012. DOI: https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1.

SOUZA, E. A. **Sinop:** história, imagens e relatos, um estudo sobre sua colonização. 2. ed. Cuiabá: EdUFMT/FAPEMAT, 2006.

TARIFA, J. R. Alterações Climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia, USP,** n. 8, p. 15-27, 1994. DOI: https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0002.

ZAVITOSKI, E. V. S. **Análise termohigrométrica nos eixos viários centrais da malha urbana original de Sinop-MT.** 2018. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018. Disponível em: https://pgfa.ufmt.br/index.php/br/utilidades/dissertacoes. Acesso em: 15 ago. 2022.