

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

MONIQUE COCCO TEIXEIRA

Análise das características da superfície e da temperatura do ar em pontos típicos do ambiente rural de Presidente Prudente - SP em comparação com o urbano

Presidente Prudente

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

MONIQUE COCCO TEIXEIRA

Análise das características da superfície e da temperatura do ar em pontos típicos do ambiente rural de Presidente Prudente - SP em comparação com o urbano

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, da UNESP/Campus de Presidente Prudente, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Presidente Prudente

2022

T266a

Teixeira, Monique Cocco

Análise das características da superfície e da temperatura do ar em pontos típicos do ambiente rural de Presidente Prudente - SP em comparação com o urbano / Monique Cocco Teixeira. -- Presidente Prudente, 2022

43 p. : fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientadora: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

1. Geografia. 2. Climatologia. 3. Clima rural. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

MONIQUE COCCO TEIXEIRA

Análise das características da superfície e da temperatura do ar em pontos típicos do ambiente rural de Presidente Prudente - SP em comparação com o urbano

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para obtenção do grau de Bacharel em Geografia, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências e Tecnologia, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:



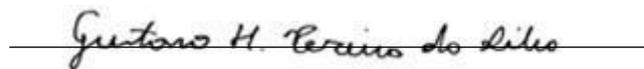
Prof^a. Dr^a. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Banca Examinadora:



Dr^a. Danielle Cardozo Frasca Teixeira

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP



MSc. Gustavo Henrique Pereira da Silva

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP

Presidente Prudente, 25 de março de 2022.

AGRADECIMENTOS

Ao longo destes cinco anos de graduação em Geografia, vivenciei experiências que me formaram em curso de ciências humanas, mas que também me tornaram mais humana.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a minha mãe Rosina, ao meu pai Marcos e ao meu irmão Raphael. Serei infinitamente grata a oportunidade, ao suporte e a confiança depositadas ao decorrer desses cinco longos anos longe de casa. Vocês são os melhores pais e irmão do mundo, nada disso seria possível sem vocês! (PS: eu sei que esse sonho nunca foi só meu)

Agradeço a Gabriele, minha amiga/irmã, que a quase 20 anos é a “minha pessoa”, serei sempre agradecida por todos os momentos vividos, por todos os conselhos trocados, por todo o apoio proporcionado e por sempre permanecer na minha vida (independente da distância de 2 ruas, 600km ou 10.000km).

Também caminhou comigo nessa trajetória a Ana Laura, que desde 15 de junho de 2019 foi meu ponto de calma. Agradeço que com sua sabedoria, paciência e bondade sempre ajudou a minha vida pessoal e acadêmica.

Agradeço a Emanuela, minha amiga e mãe na graduação, por sempre estar disposta a compartilhar seus conhecimentos, me ajudar sem pensar duas vezes e por acreditar em mim nos momentos que não acreditei.

Um agradecimento especial a minha orientadora Margarete pelos ensinamentos gerados e pela empatia sempre presente em sua personalidade.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica referente ao edital N° 04/2021.

RESUMO

A modificação da paisagem é propiciada pelas atividades socioeconômicas, de forma que a cobertura vegetal seja substituída por novos usos e materiais pesados, resultando em alterações da componente climática e anomalias térmicas próximas a superfície em escala local. Tradicionalmente o cálculo entre diferenças de temperatura do ar são mensuradas a partir da comparação entre pontos típicos do ambiente urbano e rural, assim identificando as ilhas de calor urbana (UHI) e ilhas de frescor, mas a análise dos fenômenos se torna limitada por não compreender a heterogeneidade paisagística presente no urbano e rural. Conforme Stewart (2011), a morfologia da superfície e cobertura da terra modificam o campo térmico, com isso o autor propõe um modelo de classificação das paisagens urbanas e rurais, denominada *Local Climate Zones (LCZ)*, ou zonas climáticas locais. O intuito da classificação é estabelecer organização e representação efetiva das informações presentes na superfície (solo, vegetação, construção, vias) em padrões representativos e determinar ordem entre os fenômenos através da junção dos episódios com características em comum, e assim, realizar a criação de classes com padrões significativos. Deste modo, esse trabalho de graduação, teve como objetivo analisar as características da superfície e da temperatura do ar em pontos típicos do entorno da malha urbana de Presidente Prudente-SP, e compará-los com uma área tipicamente urbana, a partir da metodologia de Stewart (2011), visando analisar a heterogeneidade de suas morfologias de superfície, de suas coberturas da terra e seus efeitos no clima local.

Palavras-chave: sistema de classificação da paisagem; clima rural; clima urbano; Presidente Prudente – SP.

ABSTRACT

The landscape modification ignites from socio-economic activities in a way that the native vegetation is replaced by other uses of the soil and heavy materials resulting in climate changes and thermal abnormality near the surface on the global scale.

Usually, we calculate the difference between air temperatures by comparing usual spots in the rural and urban environment, identifying urban heat islands (UHI) and cold islands. However, the analysis of those phenomena is limited because it doesn't contemplate the heterogeneity presented in the urban and rural landscapes. According to Stewart (2011), the morphology of the surface and the land cover can change the thermal range. Therefore, the author proposes a model to classify urban and rural landscapes called Local Climate Zones (LCZ). The main reason for classifying those is to provide organization and effective representation of the data on the surface (soil, vegetation, constructions, routes) in representative parameters and order between phenomena by joining outbreaks events and common characteristics, achieving classes with relevant standards. Thus, this study aims to analyze the characteristics of the surface and air temperature in usual spots around the urban environment of Presidente Prudente -SP and compare them with a usual urban area, by applying Stewart's (2011) method, looking to analyze the heterogeneity of its surface morphologies, its land cover and its effects in the local climate.

Key-words: classification of Landscapes system; rural climate; urban climate; Presidente Prudente - SP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização de Presidente Prudente e dos pontos fixos dos sensores	18
Figura 2 – Classificação das zonas climáticas locais (LCZs).....	23
Figura 3 – Subclassificação das zonas climáticas locais (LCZs)	24
Figura 4 – Proposta de modelo de folhas síntese para as LCZs	25
Figura 5 – Potencial LCZ B em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 1 – Cidade da Criança)	27
Figura 6 – Potencial LCZ 3B em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 2 – Rural Leste).....	28
Figura 7 – Potencial LCZ 3B em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 3 – Santa Helena)	29
Figura 8 – Potencial LCZ D em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 4 – Timburi: Sr. Luís)	30
Figura 9 – Mapa de uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental e Uso Sustentável do Timburi, Presidente Prudente – SP	31
Figura 10 – Potencial LCZ B em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 5 – Timburi: Sr. Ilário)	32

LISTA DE PRANCHAS

Prancha 1: Variação espaço-temporal das diferenças da temperatura em 4 pontos rurais de Presidente Prudente – SP em relação ao ambiental urbano (ponto 3) no mês de janeiro de 2021	34
Prancha 2: Variação espaço-temporal das diferenças da temperatura em 4 pontos rurais de Presidente Prudente – SP em relação ao ambiental urbano (ponto 3) no mês de julho de 2021	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UHI - Ilhas de calor urbana

CPTEC - Centro de Previsão do Tempo e Estudos climáticos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICU - Ilha de Calor Urbana

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LCZ - Local Climate Zones/Zonas climáticas locais

mPa - Massa polar atlântica

mTa - Massa tropical atlântica

USGS - United States Geological Survey

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCOU – Zona de Convergência de Umidade

S.C.U - Sistema Clima Urbano

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

ANA - Agência Nacional de Águas

SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. PROCEDIMENTOS DA PESQUISA.....	14
3. CLIMA URBANO: ILHAS DE CALOR.....	16
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
5. CLASSIFICAÇÃO DA PAISAGEM.....	21
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
7. DEFINIÇÃO DAS ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS (LCZ) EM PRESIDENTE PRUDENTE .	27
8. AS DIFERENÇAS DE TEMPERATURA DO AR EM PRESIDENTE PRUDENTE A PARTIR DE PONTOS FIXOS: ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL	32
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o aumento da população urbana ocorreu, sobretudo a partir da segunda metade do século XX, de maneira intensa e acelerada, ocasionando transformações que alteraram o espaço e nele, a cidade, nas escalas da rede urbana e/ou intraurbana (SANTOS, 1993). Embora o Brasil possua algumas cidades planejadas desde o início de sua ocupação, como o exemplo das cidades de Brasília e Maringá, a grande realidade da expansão territorial urbana não se consolidou através de um plano urbanístico que abrange o ambiente ecologicamente equilibrado (MOTA, 1999).

A maioria das cidades brasileiras, não teve um planejamento adequado que levasse em consideração suas características físicas ambientais e o resultado da expansão territorial urbana trouxe impactos diretos em grande parcela das cidades. Formou-se, portanto, uma rede urbana com cidades de diferentes portes, como as regiões metropolitanas, que concentram milhões de habitantes. Como destaca Lombardo (1985),

Com a expansão das cidades, modifica-se substancialmente a paisagem natural. A grande concentração de áreas construídas, parques industriais, adensamento populacional, pavimentação asfáltica, associados à concentração de poluentes, criam condições para alterar o comportamento da baixa troposfera (camada limite), em ambientes urbanos (LOMBARDO, 1985, p. 23).

Baseando-se na contribuição de Santos (2002) sobre o espaço geográfico, o qual a cidade está inserida, compreendemos que sua produção é oriunda de um processo controverso e que segue a lógica de reprodução capitalista, a partir de agentes públicos, privados e proprietários dos meios de produção. Com isso, inerente ao espaço, fixos e fluxos, objetos e ações, estabelecem entre si constantes relações. A partir disso, compreende-se que o espaço urbano é articulado e fragmentado, produzindo tanto áreas segregadas, quanto áreas que possuem relação espacial entre si.

Desta forma, como aborda Corrêa (2003), o espaço é reflexo da sociedade, considerando o complexo e desigual sistema social de classes. Os fluxos e ações do espaço urbano são essencialmente desiguais, assim como os elementos ambientais que o compõe, como a dinâmica da atmosfera e o clima urbano, acometendo diretamente a vida dos cidadãos. Logo, as cidades se consolidam com espaços de desigualdades ambientais, onde os moradores, em suas distintas realidades, sentem de diferentes formas os problemas socioambientais. Como aponta Sant'Anna Neto (2011) a cidade é,

[...] portanto gerador de espaços segregados e fragmentados, longe de se produzir um sistema que respeite e se adapte às condições ambientais e naturais, é de se esperar que esta contradição resulte em impactos altamente sensíveis aos diversos grupos sociais que habitam a cidade, também de forma desigual, tornando as desigualdades sociais, ainda mais agudas (SANT'ANNA NETO, 2011, p. 47).

Nessa perspectiva, a partir do momento que se nota o processo de transformação do espaço, resultando em realidades heterogêneas devido as relações de produção e trabalho, também são modificadas as características dos elementos e fenômenos naturais presentes no local. Como exemplo, destacam-se as trocas de energia entre a superfície e a atmosfera e a sua relação com o espaço urbano. Direta e indiretamente, a ação humana, por meio das relações sociais nas cidades e a produção no campo, provoca alterações significativas na atmosfera local, e este é motivo de preocupação e objeto de estudo de pesquisas na área da climatologia.

Nas cidades, a modificação da cobertura vegetal, a nova rugosidade, a introdução de novos materiais, dentre outros aspectos, possibilita a formação do clima urbano e de fenômenos como as ilhas de calor, isto é, a reorganização dos componentes do clima local, sobretudo no campo térmico, através da sua relação com os novos elementos superficiais (MONTEIRO, 1975; OKE, 1987; AMORIM, 2000).

Os materiais da superfície com propriedades radiativas diferentes, alteram o balanço de energia, e com isso, modificam a atmosfera local, sobretudo a temperatura do ar, gerando assim, consequências ambientais, como as ilhas de calor urbana (ICU) (OKE, 1987).

A ilha de calor, segundo Amorim *et al*

“é uma cúpula de ar quente que cobre a cidade, ou seja, é a manifestação do aumento das temperaturas causado por características físicas (alta densidade de construções, concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e reflectância) e as atividades urbanas”. (AMORIM *et al*, 2009, p.3)

A ICU pode causar consequências à qualidade de vida da população, como afirma Amorim (2010, p.74), “As ilhas de calor afetam diretamente o conforto e a saúde dos indivíduos, seja por problemas relacionados diretamente ao calor, como estresse térmico ou por problemas de saúde relacionados à qualidade do ar”.

Amorim (2000) afirma que a maneira mais comum de se investigar a interferência urbana na temperatura se refere à comparação entre dois pontos: um urbano e outro rural. O ideal para o estudo das alterações da atmosfera devido à urbanização seria ter dados meteorológicos de séries temporais antes da existência das cidades, o que não é possível, visto que ainda não havia registros manuais e/ou estações meteorológicas antes da existência delas. Desta forma, para fazer a análise do clima urbano é necessário realizar estudos comparativos

entre o urbano e o não urbano (ou rural) através de sensores instalados em pontos fixos representativos ou transectos móveis.

Para o diagnóstico das ilhas de calor tem se considerado como referência as áreas com menor temperatura no recorte de estudo, normalmente um ponto do rural, com características superficiais próximas a original da região (ou menos alterada) em que a cidade está inserida. Os ambientes rurais têm sido utilizados como referência para o cálculo das diferenças de temperatura entre eles e as áreas construídas. O rural passa a ser o ponto “0” sendo este subtraído dos diferentes pontos urbanos. Todavia, ao estudar o clima e os seus impactos, é fundamental entender que o urbano e o rural não são homogêneos e possuem singularidades que precisam ser avaliadas em uma escala local detalhada.

No processo de compreensão do efeito do urbano na “camada do dossel”, que se estende do solo até o nível das coberturas dos edifícios, Oke (2006) destaca que se deve avaliar: a estrutura urbana (a dimensão das edificações e o espaços entre elas, a largura das vias e o espaçamento entre elas), a cobertura da superfície (construída, pavimentada, com cobertura vegetal, solo descoberto, água), o tecido urbano (resultante do processo de expansão do fenômeno urbano, suas continuidades e descontinuidades) e o metabolismo urbano (água, calor e poluentes devido à atividade humana) (OKE, 2015, p. 17, apud CARDOSO, 2006).

Logo, é importante analisar com detalhes o local de estudo e as diferenças da cobertura de terra, para assim, compreender a forma que se constitui o clima de distintas áreas da cidade. Com isso, para se classificar diferentes paisagens no ambiente rural, pois este não é homogêneo, neste trabalho foram consideradas as diferentes características do ambiental rural no entorno de Presidente Prudente-SP, por meio da metodologia de Stewart (2011) denominada *Local Climate Zones* (LCZ) ou Zonas Climáticas Locais. Tal metodologia, tem por objetivo estabelecer um padrão de classificação da paisagem na escala local aos estudos de ilhas de calor em todas as cidades. Com isso, pretende-se contribuir para a compreensão da heterogeneidade do rural e da maneira como a morfologia da superfície e a cobertura da terra modificam o clima da superfície.

Neste sentido, essa pesquisa teve como objetivo analisar as características da superfície e da temperatura do ar em pontos típicos do entorno da malha urbana de Presidente Prudente-SP, e compará-los com uma área tipicamente urbana, a partir da metodologia de Stewart (2011), visando analisar a heterogeneidade de suas morfologias de superfície, de suas coberturas da terra e seus efeitos no clima local.

Buscou-se também analisar as características das propriedades das superfícies em quatro ambientes rurais do entorno da malha urbana de Presidente Prudente-SP e de uma área

construída, a fim de investigar as diferenças térmicas registradas em um mês representativo da estação seca (julho/2021) e outro da estação chuvosa (janeiro/2021). A partir da caracterização desses pontos realizou-se a classificação da paisagem dos ambientes rurais e urbano, a partir de folhas-síntese (Stewart, 2011) identificando as Zonas Climáticas Locais, e assim, relacionou-se aos elementos climáticos e sistemas atmosféricos, com o intuito de verificar as heterogeneidades dos pontos rurais e a sua potencialidade em modificar o clima local.

Este trabalho de graduação é resultado de 7 meses de iniciação científica, financiado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e a sua realização foi motivada pela necessidade de se compreender a heterogeneidade dos ambientes rurais, nesse caso específico de Presidente Prudente – SP, para investigar como as distintas morfologias urbana e usos da terra interferem nas características dos elementos do clima na escala local e como isso pode auxiliar nos estudos de ilhas de calor urbana.

2. PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Os procedimentos desenvolvidos para que os objetivos pudessem ser atingidos consistiram, inicialmente, na revisão bibliográfica referente ao tema proposto. Deste modo, o trabalho foi desenvolvido a partir de um levantamento sobre a literatura referente aos temas clima urbano, ilhas de calor e frescor e a classificação da paisagem no município de Presidente Prudente.

A partir da proposta do Sistema Clima Urbano (S.C.U) de Monteiro (1976), em conjunto com o roteiro metodológico para estudos em cidades de médio porte, apontado por Amorim (2020), o desenvolvimento da pesquisa se deu em etapas que permitiram o alcance dos objetivos estabelecidos.

Para o registro dos dados referentes a temperatura foi realizada a técnica de pontos fixos, que consistiu na instalação de sensores, resguardando cuidados, como: a proteção da incidência direta da radiação solar e da precipitação e que permitiu a circulação do ar, distante da superfície cerca de 1,5m, programados para registrar tal elemento no intervalo de hora em hora (AMORIM, 2017). Os pontos fixos com os sensores foram escolhidos visando retratar 1 ponto representativo do urbano e 4 pontos rurais distintos no que diz respeito às características geológicas e de uso e ocupação da terra.

O ponto “0” da pesquisa, foi considerado em uma área construída, realizando o cálculo de diferença da temperatura, de forma que se espera identificar um padrão de aquecimento distinto em relação a diferentes pontos rurais do município.

Nos cinco pontos selecionados para estudos (quatro pontos rurais e um urbano), foram registrados dados da temperatura do ar através de registradores automáticos da marca HOBO (U23-002) com abrigos de radiação solar RS3 e acurácia de $\pm 0,21^{\circ}\text{C}$ (0° a 50°C) e resolução de $0,02^{\circ}\text{C}$ (HOBO Data Loggers, 2017) e de estações meteorológicas da marca Davis Vantage Pro2 e acurácia de temperatura do ar de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$ (Davis Instruments, 2019).

Os dados foram registrados em mês representativo do verão (janeiro/2021) e do inverno (julho/2021) e para a identificação dos sistemas atmosféricos nos dias de registro meteorológico, foram elaborados gráficos de análise rítmica (MONTEIRO, 1971), com os dados de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%), pressão atmosférica (hPa), precipitação (mm) obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) oriundo da Estação Meteorológica Automática de Presidente Prudente. Os dados de velocidade do vento (m/s) foram adquiridos na Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), considerando-

se que o sensor de vento do INMET está com defeito e as duas estações estão localizadas no mesmo local.

Relacionando aos dados meteorológicos, foram utilizadas Imagens de Satélite (GOES) disponibilizadas pelo Acervo de Imagens do Centro de Previsão de Estudo Climáticos (CPTEC/INPE), além de Cartas Sinóticas fornecidas pelo Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil. Posteriormente, com os dados apurados e as Imagens de Satélite e Cartas Sinóticas analisadas, foram construídos gráficos de Análise Rítmica no *Excel*¹ com a finalidade de identificar os sistemas atmosféricos atuantes em Presidente Prudente-SP e compreender a influência dos tipos de tempo atmosféricos na camada do dossel urbano no recorte espacial selecionado para este estudo.

Também foi aplicada a proposta de classificação da paisagem de Stewart (2011), denominada *Local Climate Zones* (LCZ) ou zonas climáticas locais, a qual consiste em avaliar a influência de um local mudar o seu clima próximo a superfície a partir de suas particularidades de temperatura, umidade, rugosidade e propriedades antropogênicas. Os 5 pontos analisados foram organizados e descritos por meio de modelos de folhas síntese tendo-se como referência a proposta de Stewart (2011).

A utilização desses procedimentos (medição em pontos fixos; classificação da paisagem por meio das LCZ) permitiram o conhecimento detalhado dos ambientes rurais do município, possibilitando a identificação dos locais que se apresentam mais ou menos aquecidos, quais as suas realidades paisagísticas e como modificam o clima na escala local.

¹ *Excel* é marca da *Microsoft Corporation*.

3. CLIMA URBANO: ILHAS DE CALOR

O clima urbano pode ser compreendido como a mudança no clima local em função da intervenção social no espaço, um sistema que “abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 19), ou como um processo de modificação nas características da atmosfera de um determinado local e seus arredores devido ao desenvolvimento da urbanização (OKE, 1978).

A ilha de calor urbana é determinada pela diferença entre a temperatura do urbano e do rural ($T_u - r$) (OKE, 1978). Esse número varia através do balanço de energia de cada cidade, dependendo da energia disponível na atmosfera e aos diferentes fatores de formação, ou seja, as condições sinóticas e de tempo, além dos demais materiais encontrados na superfície: morfologia urbana, presença de vegetação e/ou corpos hídricos, densidade construtiva, verticalização, cor e composição das edificações, pavimentação, circulação de veículo, pessoas e indústrias (AMORIM *et al.*, 2009; AMORIM, 2017a).

Howard (1818) foi pioneiro nos estudos de clima urbano e já apresentava que as cidades possuíam temperaturas superiores em relação aos ambientes rurais. O seu recorte espacial de estudo foi Londres, onde foi possível identificar a influência das indústrias e da população no clima. Landsberg (1956) investigou os impactos no clima das cidades a partir de dados meteorológicos da cidade e do campo, concluindo e debatendo a maneira como a poluição do ar interfere nos elementos climáticos, como “[...] a radiação, a nebulosidade, a visibilidade e o campo elétrico atmosférico. Num segundo estágio, a temperatura, a precipitação e a umidade também são influenciadas” (LANDSBERG, 1956, p. 96).

A principal contribuição teórico-metodológica para o clima urbano brasileiro foi Monteiro (1976), o qual entende “o clima urbano como aquele de um determinado espaço e sua urbanização”. A partir disto, levou em consideração as realidades climáticas do Brasil e propôs a proposta teórica Sistema Clima Urbano (S.C.U), um modelo teórico com base dinâmica, pragmática e empírica, que se correlaciona com Teoria Geral dos Sistemas.

Deve ser lembrado que a estrutura do S.C.U. inclui obrigatoriamente o natural e o construído pelo homem. Assim, a noção de estrutura na abordagem sistêmica é um elemento importante, sem dúvida, sobretudo no que diz respeito à sua capacidade em refletir o grau de mudanças no comportamento funcional. O artefato físico criado pela urbanização, integrado ao suporte geocológico em que se insere, dinamizado pelos fluxos urbanos, é que constitui o operando do S.C.U cuja estrutura é penetrada e percorrida por fluxos energéticos do operador: a atmosfera (MONTEIRO, 2003, p. 41).

O S.C.U apresenta três subsistemas ligados aos canais de percepção humana, sendo estes: Físico-Químico, com enfoque nos estudos de poluição do ar; o Hidrometeorológico analisando as formas meteorológicas e hídricas (chuva, nevoeiro, neve), elétricas (tempestades) e mecânicas (tornados); e o Termodinâmico, que investiga relações através da ventilação, umidade e calor (MONTEIRO, 1976).

Dentre esses, o subsistema termodinâmico tem sido foco de grande parte dos estudos de clima urbano devido ao seu envolvimento entre homem e natureza e a produção do balanço energético atuante na atmosfera urbana. Assim como os elementos termodinâmicos, que são essenciais para a compreensão dos demais componentes, Monteiro (2009, p. 44) destaca que “é impossível desvincular a componente térmica das barométricas, de ventilação, condensação e precipitação restritas ao núcleo do S.C.U.”.

Nesse sentido, a dimensão escalar de destaque é a local, visto que, a partir dela, é possível observar características urbanas (uso e ocupação do solo e nível de densidade construtiva) e ambientais (a altimetria do relevo, a orientação e declividade das vertentes, a distribuição da cobertura vegetal e os pontos hidrográficos).

Dessa forma, a partir dessa escala é necessário que haja detalhamento dos aspectos que constituem a paisagem baseado em metodologias empíricas que consideram a indissociabilidade entre forma urbana, estrutura e as suas reações com o clima urbano. Uma vez que a cidade não é homogênea e evidencia heterogeneidades intraurbanas, que sucedem de seus componentes físicos e antrópicos (AMORIM, 2010), verifica-se, então, a produção de distintos microclimas.

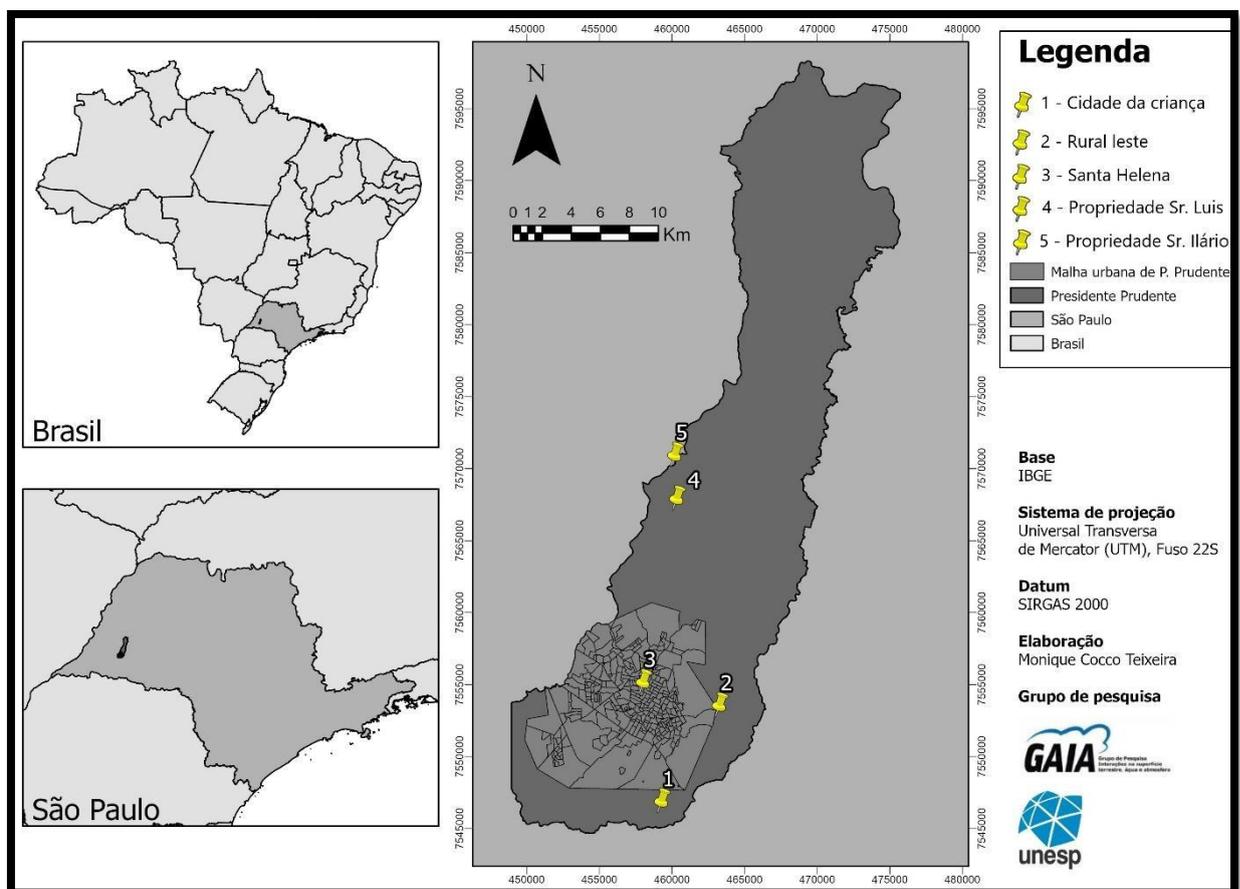
O balanço de energia é primordial para a compreensão do clima urbano e de seus microclimas, tendo em vista que os materiais construtivos que constituem a cidade dispõem de características de radiação, temperatura e umidade distintas dos materiais naturais que compõem o rural.

Resultante dessa diferença térmica se dá o fenômeno denominado “ilha de calor urbana” (ICU), o qual Oke (1987) conceitua como excesso de calor antropogênico nas áreas urbanas em relação ao rural circundante que se forma pelas características superficiais urbanas, em conjunto com as condições meteorológicas. A ICU varia de acordo com a realidade de cada núcleo urbano e o balanço energético gerado pela sua formação, assim como a diferenciação intraurbana expressa pelo uso e ocupação da terra (AMORIM; DUBREUIL; QUENOL; SANT’ANNA NETO, 2009). Desse modo, o efeito ou força do fenômeno, é calculado a partir da diferença de temperatura do ar entre áreas urbanas e rurais (VOOGT, 2002).

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Presidente Prudente está localizado no Oeste do Estado de São Paulo (Figura 1), ocupando uma área de 562,107 km² e distante cerca de 558km da capital estadual, São Paulo. A estação meteorológica do INMET encontra-se a 22°11' de latitude sul e 51°40' de longitude oeste, a 432m acima do nível do mar.

Figura 1: Mapa de localização de Presidente Prudente e dos dos sensores



Fonte: Autoria própria, 2022.

A partir dos dados do último Censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, residiam no município 207.610 habitantes, com dados estimados para 231.953 em 2021, sendo 90,73% o Grau de Urbanização da Região Administrativa de Presidente Prudente (2021), de acordo com o perfil do município realizado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE).

O seu contexto histórico se inicia vinculado ao desenvolvimento da agricultura no estado de São Paulo, que a partir da inclusão econômica do Oeste do paulista, desempenhou papel fundamental, “tornando-se o polo político e administrativo da região. Cada vez mais, a cidade foi tomando para si a posição de capital da Alta Sorocabana” (CAMARGO, 2007, p. 56).

Todavia, antes do período cafeeiro o território do município havia sido explorado por mineiros, que saíram de Minas Gerais por conta da decadência das minas, e tinham por objetivo realizar atividades produtivas nessa área. Com isso, gerou consequências sociais como a expulsão dos povos originários do grupo indígena Guarani que habitavam a região (ABREU, 1972).

Também houve consequências econômicas, a partir das mudanças na paisagem, do surgimento de pequenos núcleos urbanos e da política de expansão agrícola, resultou a instalação da cultura cafeeira no local, posteriormente, a expansão da Estrada de Ferro Sorocabana, e assim, conseqüentemente o surgimento do município de Presidente Prudente em 1917, fundada pelo Coronel Goulart (ENGEL, 2012). Com isso, após a baixa da cultura do café motivado pelas crises de mercado, originou oportunidades para que outras atividades produtivas se consolidassem no local, como a cultura do algodão, que marcou o início da industrialização, a pecuária, e atualmente, a cana-de-açúcar.

Quanto a caracterização física, Presidente Prudente está sobre a morfoescultura denominada Planalto Ocidental Paulista, caracterizado por colinas maiores de topos tabulares e menores de topos convexos, também está localizada sobre a Formação Adamantina do Grupo Bauru, que é composta por depósitos fluviais com arenitos finos a médios, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos. Com o soergimento da placa tectônica Sul-Americana, a Bacia Sedimentar do Paraná deixou de receber sedimentos e os processos exógenos acabaram erodindo e esculpindo o relevo, carregando esses sedimentos para a rede de drenagem, dando origem aos depósitos aluvionares (MOROZ-CACCIA GOUVEIA *et al.*, 2017)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e a Agência Nacional de Águas (ANA) a hidrografia do Estado de São Paulo está introduzida na Região Hidrográfica do Rio Paraná e Presidente Prudente pertence a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 21 – Rio do Peixe e tem uma pequena parte ao sul do município que faz parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 – Rio Paranapanema.

O clima regional, segundo Barrios e Sant’Anna Neto (1996), está situado sob um regime de clima tropical, em uma área de transição entre os climas zonais, o qual sofre influência de grande parte dos sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul, resultando assim, em totais elevados de precipitação na primavera e no verão e diminuição significativa no outono e no inverno. As temperaturas são elevadas na primavera e no verão e mais amenas no outono e inverno.

Junto com a radiação, o relevo, a continentalidade e os sistemas atmosféricos, existem também outros dois fatores que auxiliam a entender o clima em Presidente Prudente. Esses dois fatores tratam-se da importante expansão territorial urbana e o desmatamento que acontece tanto no município como no entorno da cidade. Esses fatores tendem a provocar um aquecimento importante, que pode ser observado a partir da ocorrência de ilhas de calor urbana, e também no aumento paulatino de dias quentes com temperatura acima de 30°C, e a diminuição de dias frios (inferior a 20°C). (TOMMASELLI *et al.*, 2017, n. p.)

Tendo-se como referência a sazonalidade da precipitação e os extremos de temperatura, foram feitos registros da temperatura nos pontos apresentados no quadro 1 e na figura 1.

Quadro 1: Características dos pontos fixos estudados

Áreas de estudo	Pontos fixos	Abreviação	Localização	Coordenadas (UTM 22S)		Altitude
Cidade da Criança	Ponto 1	P1	Rural (próximo)	460175	7545783	449m
Rural Leste	Ponto 2	P2	Rural (próximo)	464159	7552443	396m
Santa Helena	Ponto3/ Ponto 0	P3/P0	Urbano (construído)	458913	7554061	424m
APA Timburi – Sr. Luís	Ponto 4	P4	Rural (Área de Proteção Ambiental)	461225	7566807	689m
APA Timburi – Sr. Ilário	Ponto 5	P5	Rural (Área de Proteção Ambiental)	461084	7569830	529m

Fonte: autoria própria, 2022.

5. CLASSIFICAÇÃO DA PAISAGEM

Devido ao processo de urbanização da cidade de Presidente Prudente, as transformações das superfícies naturais pelas construções urbanas ocasionaram paisagens heterogêneas, cujas suas propriedades modificam o balanço de radiação e os elementos do clima na camada do dossel urbano.

As mudanças mais visíveis são as próximas à superfície, onde são comparadas a partir da mensuração de dados de temperatura do ar entre o urbano e a rural e frequentemente interligada à ilha de calor urbana (UHI). Com isso, há como resultado a simplificação e homogeneização desse fenômeno e da realidade paisagística do urbano e do rural, gerando análises pouco representativas do clima urbano.

A partir da singularidade de fluxos e materiais que compõem as paisagens urbana e rural, torna-se fundamental o estudo detalhado das características de seus sítios, visando um sistema de classificação da paisagem que compreenda a potencialidade em alterar o clima local, de forma que haja avanço na classificação convencional de pontos urbanos e pontos rurais para a compreensão de fenômenos climatológicos.

Desse modo, Stewart (2011) desenvolveu um sistema de classificação das paisagens urbanas e rurais nomeado como *Local Climate Zones (LCZ)* ou Zonas Climáticas Locais. Essa terminologia foi usada pelo autor porque elas são (a) locais na escala, (b) climáticas na distinção das propriedades e (c) zonais na representação espacial. Tem como objetivo principal o estudo da determinação entre a ordem e os fenômenos por meio dos agrupamentos com características em comum, em que as classes demonstram padrões e vínculos mais evidentes. Com isso, a classificação das LCZ pode beneficiar os estudos de ilha de calor a partir de sua capacidade em designar escalas de análise menores, localizando homogeneidades nas propriedades da superfície que modificam o campo térmico.

A classificação segundo Stewart e Oke (2009a; 2009b) é descrita a partir das características do local de estudo que podem modificar o clima no dossel urbano, ou seja, na altura do desempenho térmico, rugosidade superficial e superfície impermeável, resultando na organização de folhas sínteses que serão detalhadas posteriormente.

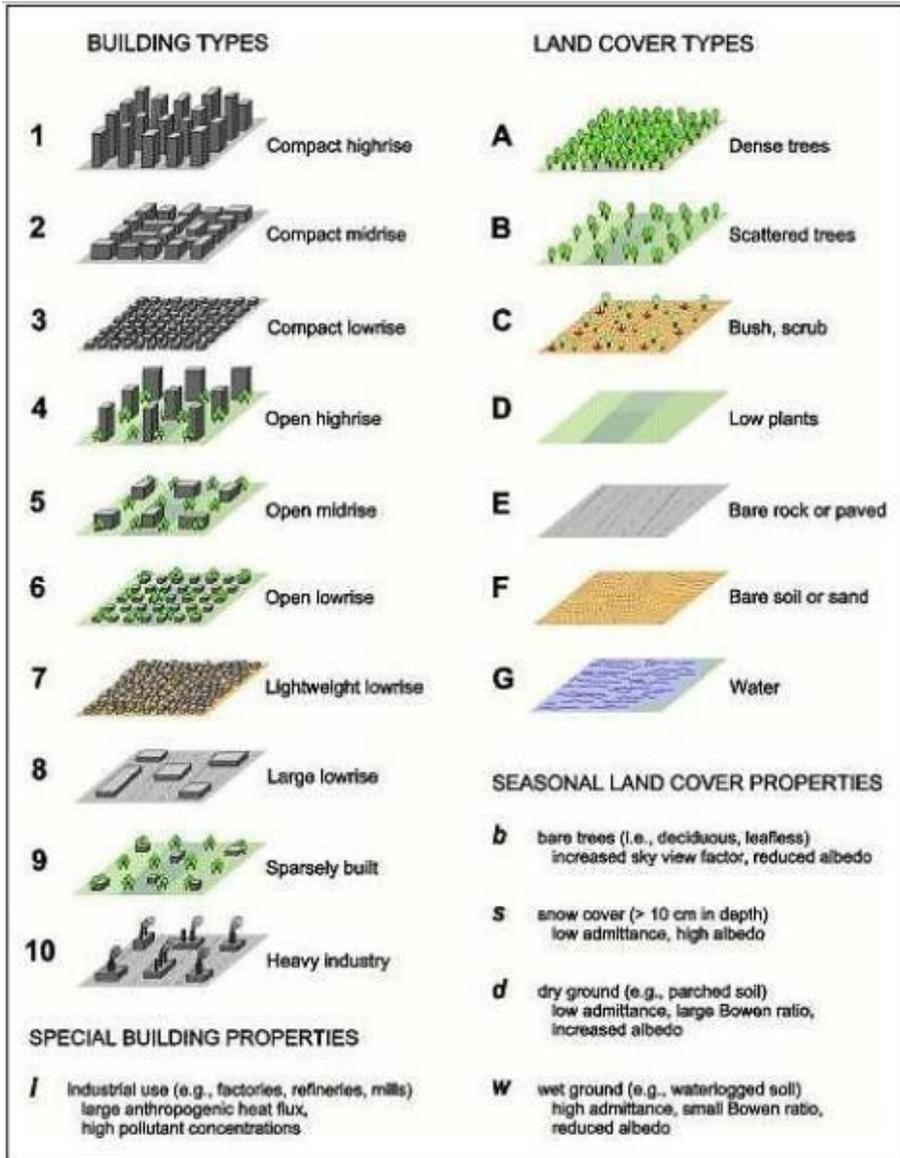
Para a análise de diferença da temperatura dos pontos de estudo foram calculadas as diferenças entre as áreas rurais localizadas no entorno próximo da malha urbana de Presidente Prudente em relação a temperatura intraurbana do ponto localizado no bairro “Santa Helena”,

de forma que se descubra a heterogeneidade das características geográficas e climáticas. Esta área, apresenta as maiores temperaturas, pois trata-se de um bairro densamente construído.

O intuito da classificação para Stewart (2011) é determinar a ordem entre os fenômenos, de forma que possa haver o agrupamento de fenômenos com propriedades semelhantes em classes que possam resultar em padrões maiores. Com isso, a classificação visando as observações de ilha de calor pode estabelecer unidades em escalas muito menores, e assim, achar homogeneidade nos processos de superfície e características que influenciam a temperatura próxima à superfície.

Stewart utilizou a classificação das LCZs em três cidades de distintos países: Uppsala, na Suécia; Vancouver, no Canadá; Negano, no Japão. As temperaturas do ar obtidas através do estudo foram analisadas e representadas por meio de modelos atmosféricos de mesoescala, de forma que a classificação fosse aprimorada. Com isso, gerou no seu estudo de 2011, a criação de 17 LCZs (Figura 2), onde 7 são relacionadas aos tipos de cobertura da terra e 10 referentes aos tipos de construção. Em conjunto com a mesma classificação, o autor também determinou 4 subdivisões para classificar áreas sazonais de cobertura da terra e 1 classe para o uso industrial.

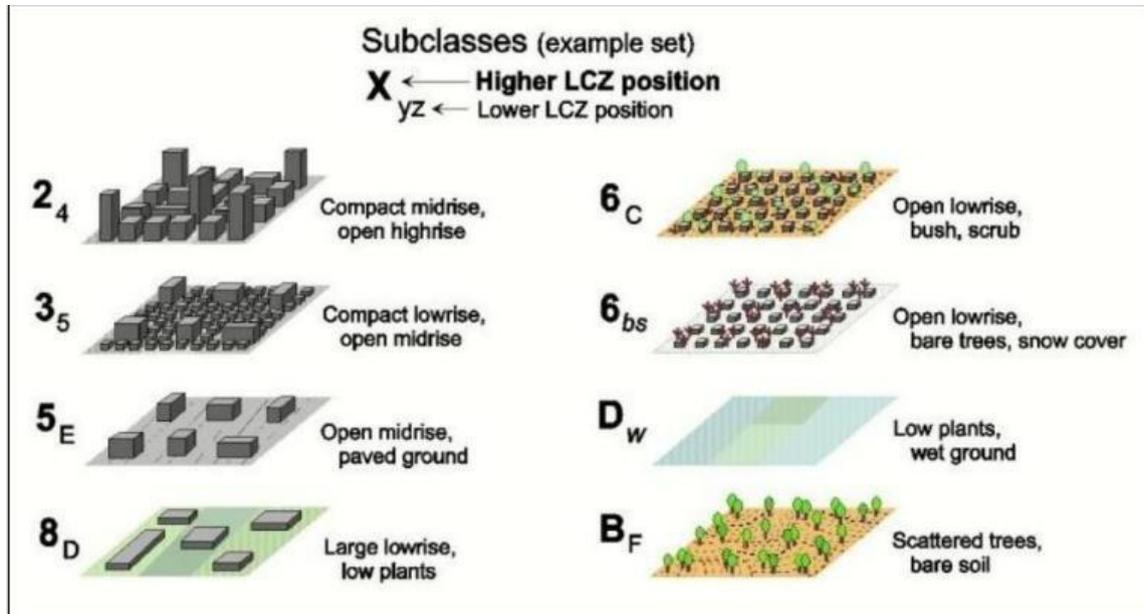
Figura 2: Classificação das zonas climáticas locais (LCZs)



Fonte: Stewart (2011, p. 196)

Ao compreender que existem diferentes realidades físicas e culturais na paisagem, o referido autor, a fim de contemplar essas mudanças, indica que os pesquisadores criem subclasses (Figura 3) a partir das LCZs anteriormente citadas, mas de forma que não haja um excesso de classificação, visto que geralmente não se observa diferenças de temperatura relevante entre duas classificações muito semelhantes.

Figura 3: Subclassificação das zonas climáticas locais (LCZs)



Fonte: Stewart (2011, p. 254)

A partir da classificação, Stewart (2011) propõe a realização de folhas síntese (Figura 4) que auxiliam a compreender a conexão com as ilhas de calor que envolvam os perfis de cada classe, as quais devem conter

Identificação (nome da classe e o código), definição (características morfológicas da superfície, cobertura da terra e fluxo antropogênico), função (comercial, residencial e agrícola); localização (cidade, campo, centro e periurbano), ilustração (desenhos e fotografias) e propriedades da superfície (altura da rugosidade superficial, fração de superfície impermeável, características térmicas) (STEWART, 2011, apud CARDOSO, 2015, p.104).

Figura 4: Proposta de modelo de folhas síntese para as LCZs

LCZ KEY	ZONE NAME	#
ZONE DEFINITION		
<p>Form: Description of building morphology, land cover, construction materials, tree geometry, and human activity. Function: Land uses most likely associated with this zone. Location: Expected location of the zone (core, periphery; city, countryside). Correspondence: Comparable zones in the urban classification systems of Oke (2004) and Ellefsen (1990/91).</p>		
ZONE ILLUSTRATION		
<p>Land cover</p>  <p>Objects</p> 	<p>High-angle photographs (© Can Stock Photo Inc.)</p>  <p>Low-level photographs (© Can Stock Photo Inc.)</p> 	
ZONE PROPERTIES		
<p>Sky view factor ψ_{sky} 0 – 1</p> <p>Aspect ratio H/W 0 – 3*</p> <p>Mean building/tree height z_{01} 0 – 50' m</p> <p>Terrain roughness class 1 – 8</p>	<p>Fraction of sky hemisphere visible from ground level. Varies with height and spacing of buildings and trees. Affects surface radiational heating/cooling.</p> <p>Mean height-to-width ratio of street canyons (LCZ 1–7), building spacing (LCZ 8–10), and tree spacing (LCZ A–F). Affects surface airflow and radiational heating/cooling.</p> <p>Geometric average of building heights (LCZ 1–10) and tree/plant heights (LCZ A–F). Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground.</p> <p>Davenport et al. (2000) classification of effective terrain roughness (z_0) for city and country landscapes: 1–“sea” ($z_0 \sim 0.0002$ m); 2–“smooth” ($z_0 \sim 0.005$ m); 3–“open” ($z_0 \sim 0.03$ m); 4–“roughly open” ($z_0 \sim 0.10$ m); 5–“rough” ($z_0 \sim 0.25$ m); 6–“very rough” ($z_0 \sim 0.5$ m); 7–“skimming” ($z_0 \sim 1.0$ m); 8–“chaotic” ($z_0 \sim 2$ m). Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground.</p>	
<p>Building surface fraction i_b 0 – 100 %</p> <p>Impervious surface fraction i_i 0 – 100 %</p> <p>Pervious surface fraction i_p 0 – 100 %</p> <p>Surface admittance μ 0 – 3,000' J m⁻² s⁻¹ K⁻¹</p> <p>Albedo α 0 – 0.5</p> <p>Anthropogenic heat flux Q_A 0 – 400' W m⁻²</p>	<p>Proportion of ground surface with building cover. Affects surface reflectivity, flow regimes, and heat dispersion above ground.</p> <p>Proportion of ground surface with impervious cover (paved, rock). Affects surface reflectivity, moisture availability, and heating/cooling potential.</p> <p>Proportion of ground surface with pervious cover (bare soil, vegetation, water). Affects surface reflectivity, moisture availability, and heating/cooling potential.</p> <p>Ability of surface to accept or release heat. Affects surface heat storage and heating/cooling rates. Values give typical range for surfaces in each LCZ (e.g., buildings, roads, soils, water). Varies with soil wetness and material density.</p> <p>Surface reflectivity at local scale, under a clear midday sky. Affects surface radiational heating potential. Varies with surface wetness.</p> <p>Mean annual anthropogenic heat flux density at local scale. Heat sources include vehicle engines, industrial/domestic combustion processes, space cooling/heating, and human metabolism. Varies significantly with latitude, season, and population density.</p>	

Fonte: (STEWART, 2011, apud CARDOSO, 2015, p.355).

Vale ressaltar que a classificação proposta pelo autor deve se adaptar a diferentes realidades de estudo. Este trabalho foi desenvolvido no ano de 2021, em um contexto marcado pela pandemia do Novo Coronavírus, uma realidade que impactou nas metodologias convencionais de pesquisa, como o exemplo dos trabalhos de campo nas áreas de estudo, havendo a necessidade de readequação da pesquisa.

Com isso, nas folhas-síntese não foi possível inserir ilustrações nos ambientes rurais no ângulo “*low-level photographs*” ou de vista lateral, devido à impossibilidade de realização dos trabalhos de campo, mas também a ausência de visibilidade na função *street view* do *Google Earth*.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7. Definição das Zonas Climáticas Locais (LCZ) em Presidente Prudente

A LCZ B (Figura 5 – ponto 1 da Figura 1) representa uma paisagem levemente arborizada, composta por árvores dispersas em áreas de vegetação rasteira, ou seja, locais de solos permeáveis. Nota-se que a sua localização é próxima a malha urbana e a existência de algumas construções e vias de acesso próximas ao local de estudo, tratando-se, portanto, de uma área rural, com vegetação rasteira e natural ou replantio no parque Cidade da Criança.

As temperaturas médias foram maiores ao se comparar com a LCZ A (Ponto 2 da Figura 1), porém inferior a uma área construída classificada como LCZ 3B (Ponto 3 da Figura 1), obtendo valores de 25,2°C em janeiro de 2021 (mês representativo do verão) e 18,1°C em julho de 2021 (mês representativo do inverno).

Figura 5: Potencial LCZ B em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 1 – Cidade da Criança)

LCZ	VEGETAÇÃO ARBÓREA ESPARSA	B
Forma: Paisagem com alta densidade de vegetação rasteira, solo permeável e quantidade significativa de vegetação arbórea no entorno.		
Função: Recreação urbana (parque)		
Localização: Entorno rural próximo ao sudeste da malha urbana.		
ILUSTRAÇÃO		
<p><i>Vista oblíqua</i></p> 		
PROPRIEDADES		
Altura da rugosidade superficial (baixa – média – alta): baixa		
Fração da superfície impermeável (baixa – média – alta): baixa		
Fluxo de tráfego (nulo – baixo – médio – alto): baixo		
Temperatura média do ar (verão – inverno): 25,2 °C – 18,1 °C		
Temperatura média mínima do ar (verão – inverno): 21,2 °C – 10,6 °C		
Temperatura média máxima do ar (verão – inverno): 32,7 °C – 27,6 °C		

Fonte: Imagem da vista oblíqua: Google Earth. Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011).

Já a LCZ A (Figura 6 – Ponto 2 da Figura 1) é composta por uma paisagem densamente arborizada e terrenos permeáveis, todavia é possível também notar árvores dispersas e vegetação rasteira, encontrando pouco ou nenhuma via e fluxo de veículos. A sua localização é no entorno rural próximo, a Leste da malha urbana, em uma zona de fundos de vale vegetados.

A LCZ A foi o ponto com as menores temperaturas registradas nesse estudo. A temperatura média em janeiro foi de 24,8 °C e no inverno de 16,6°C. A média da temperatura mínima no inverno foi de 7,5°C, variando quase 5°C dos demais pontos no mesmo período.

Figura 6: Potencial LCZ A em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 2 – Rural Leste)

LCZ	VEGETAÇÃO ARBÓREA DENSA	A
Forma: Paisagem arborizada densa próxima a fundos de vale. Árvores espaçadas em terreno permeável (vegetação rasteira) e pastagens em pequenas propriedades. Poucas ou nenhuma via ou construção.		
Função: Floresta remanescente natural.		
Localização: Zona no entorno rural próximo ao leste da malha urbana.		
ILUSTRAÇÃO		
<p><i>Vista oblíqua</i></p> 		
		
PROPRIEDADES		
Altura da rugosidade superficial (baixa – média – alta): média		
Fração da superfície impermeável (baixa – média – alta): baixa		
Fluxo de tráfego (nulo – baixo – médio – alto): nulo ou baixo		
Temperatura média do ar (verão – inverno): 24,8 °C – 16,6 °C		
Temperatura média mínima do ar (verão – inverno): 21,6 °C – 7,5 °C		
Temperatura média máxima do ar (verão – inverno): 30,1 °C – 27,6 °C		

Fonte: Imagem da vista oblíqua: Google Earth. Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011).

A LCZ 3B (Figura 7 – Ponto 3 da Figura 1) se caracteriza como uma área densamente construída, com edifícios baixos e pequenos, feitos a partir de pedra, cimento, tijolo e tralhados

que variam de fibrocimento e principalmente cerâmica. Apresenta também vegetação arbórea espaçada e/ou áreas permeáveis (quintais, jardins e calçadas).

Está localizada em um bairro residencial no centro da malha urbana, possuindo fluxo de tráfego médio e a temperatura média no mês representativo do verão (janeiro/2021) foi de 26,6°C e no mês representativo do inverno (julho) de 19,6°C, registrando os maiores valores térmicos entre os pontos analisados.

Figura 7: Potencial LCZ 3B em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 3 – Santa Helena)



Fonte: Imagem da vista oblíqua: Google Earth. Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011).

A Figura 8, demonstra a LCZ D (Ponto 4 da Figura 1), uma paisagem para fins agrícolas com pouca ou nenhuma árvore e vegetação rasteira composta por gramíneas e culturas

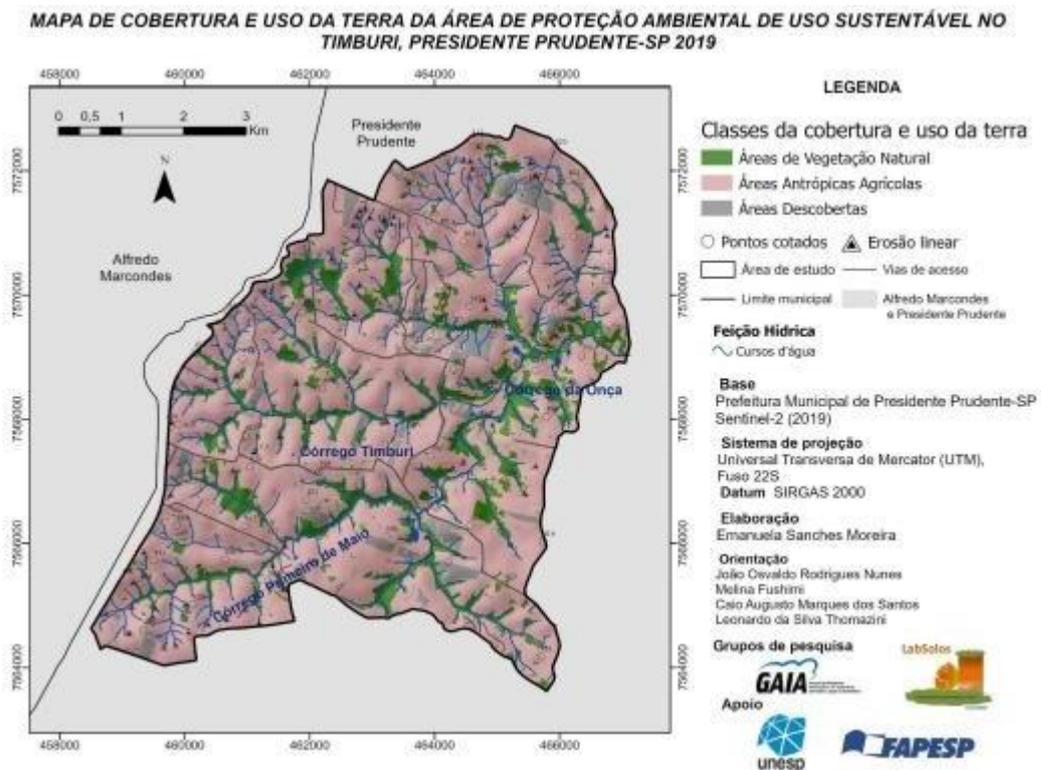
herbáceas. A localização está na zona rural ao norte da malha urbana na propriedade do Sr. Luís, na Área de Proteção Ambiental e Uso Sustentável do Timburi, onde quase todo seu uso e ocupação da terra é composto por áreas antrópicas agrícolas (Figura 9).

Figura 8: Potencial LCZ D em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 4 – Timburi: Sr. Luís)

LCZ	VEGETAÇÃO ARBÓREA BAIXA	D
Forma: Paisagem de gramíneas ou plantas de culturas herbáceas com a presença de poucas árvores.		
Função: Área antrópica agrícola.		
Localização: Zona rural ao norte malha urbana localizada em uma Área de Proteção Ambiental (APA).		
ILUSTRAÇÃO		
<p><i>Vista oblíqua</i></p> 		
PROPRIEDADES		
Altura da rugosidade superficial (baixa – média – alta): baixa		
Fração da superfície impermeável (baixa – média – alta): baixa		
Fluxo de tráfego (nulo – baixo – médio – alto): nulo ou baixo		
Temperatura média do ar (verão – inverno): 25,1 °C – 18,3 °C		
Temperatura média mínima do ar (verão – inverno): 21,7 °C – 11,0 °C		
Temperatura média máxima do ar (verão – inverno): 31,1 °C – 26,7 °C		

Fonte: Imagem da vista oblíqua: Google Earth. Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011).

Figura 9: Mapa de uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental e Uso Sustentável do Timburi, Presidente Prudente - SP



Fonte: MOREIRA *et al.*, 2020 p. 37

Já a LCZ D (Figura 10 – Ponto 5 da Figura 1) é classificada como uma paisagem de gramíneas ou plantas de culturas herbáceas, mas possui árvores dispersas, de maneira mais significativa do que o P4 também classificado como LCZ D. É possível notar uma via de acesso, mas com tráfego baixo. As temperaturas médias do ar foram semelhantes ao P4, mas atingiu temperaturas menores devido a presença de mais vegetação arbórea e menor altitude (529m no ponto 5 e 689m no ponto 4).

Figura 10: Potencial LCZ D em Presidente Prudente – SP (Ponto fixo 5 – Timburi: Sr. Ilário)

LCZ	VEGETAÇÃO ARBÓREA ESPARSA	D
Forma: Paisagem de gramíneas ou plantas de culturas herbáceas com a presença de poucas árvores. Entretanto, com mais vegetação que o P4.		
Função: Área antrópica agrícola e propriedade residencial.		
Localização: Zona rural ao norte malha urbana localizada em uma Área de Proteção Ambiental (APA).		
ILUSTRAÇÃO		
<i>Vista oblíqua</i> 		
PROPRIEDADES		
Altura da rugosidade superficial (baixa – média – alta): baixa		
Fração da superfície impermeável (baixa – média – alta): baixa		
Fluxo de tráfego (nulo – baixo – médio – alto): nulo ou baixo		
Temperatura média do ar (verão – inverno): 25,1 °C – 18,3 °C		
Temperatura média mínima do ar (verão – inverno): 21,4 °C – 10,9 °C		
Temperatura média máxima do ar (verão – inverno): 31,1 °C – 27,7 °C		

Fonte: Imagem da vista oblíqua: Google Earth. Elaborado pela autora. Adaptado de Stewart (2011).

8. As diferenças de temperatura do ar em Presidente Prudente a partir de pontos fixos: análise espaço-temporal

Para analisar as diferenças das temperaturas no decorrer do dia foi utilizada a análise de painéis espaços-temporais, de forma que fosse possível compreender a sua distribuição durante os meses de janeiro de 2021 e julho de 2021, com a atuação de sistemas atmosféricos instáveis e estáveis. Com isso, as medições em pontos fixos com a representação dos painéis espaço-temporais possibilitaram o estudo mais detalhado do ambiente rural, apresentando os locais do rural que são mais aquecidos e permitindo estabelecer padrões de altas ou baixas temperaturas associadas a morfologia e uso do solo.

Conforme a classificação da paisagem que caracterizou os pontos onde os equipamentos foram instalados anteriormente, foi escolhido um ponto localizado na área central da malha

urbana (ponto 3), sendo este densamente construído. Esse ponto foi considerado o ponto “0” de referência e a partir dele realizou-se o cálculo das diferenças das temperaturas dos outros 4 pontos rurais, subtraindo o valor mensurado em cada ponto.

Com isso, a diferença da temperatura foi medida a partir da diferença entre o rural e o urbano ($\Delta T = T^{\circ}\text{C rural} - T^{\circ}\text{C urbano}$), onde “ $T^{\circ}\text{C rural}$ ” foram as temperaturas registradas nos pontos fixos rurais subtraída das “ $T^{\circ}\text{C urbana}$ ”, temperatura medida em área representativa urbana. O cálculo foi realizado no mês de janeiro/2021 (representativo da estação chuvosa) e de julho/2021 (representativo da estação seca), de forma que fosse possível identificar as diferenças de temperatura. As ilhas de frescor compreendem locais onde a área urbana apresentou temperaturas menores do que as áreas rurais (AMORIM, 2000), também conhecidas como efeito oásis (OKE, 1978).

Os painéis espaço-temporais (TEIXEIRA, 2015; AMORIM, 2017) foram representados por isolinhas nos horários de 0h, 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h, 21h, com objetivo de representar as diferentes temperaturas diurnas e noturnas, na disposição Sul-Norte, mostram no *eixo y* (*ordenadas*) os pontos fixos (espaço) e no *eixo x* (*abscissas*) o período mensal de estudo (tempo).

Nos meses de janeiro e julho de 2021 foi possível analisar as temperaturas de cada ponto de acordo com os diferentes sistemas atmosféricos atuantes, gerando assim, maior ou menor estabilidade do tempo.

Nas pranchas 1 e 2 estão colocados os painéis espaço-temporais, dos horários anteriormente citados, além dos gráficos de análise rítmica de cada mês, de forma que seja possível identificar a influência dos elementos do clima sob os sistemas atmosféricos atuante, a fim de comprovar a diferença de temperatura entre os ambientes rurais em relação ao urbano. A seguir consta uma síntese dos meses analisados, com foco nos dados de precipitação e das características térmicas.

O mês de janeiro de 2021 foi marcado pela atuação da Instabilidade Tropical (IT) e Frente Polar Atlântica (FPA), mas sobretudo pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), que fundamentam os episódios de precipitações (189,8 mm). Todavia a precipitação desse mês foi considerada abaixo da média histórica para o mês (242 mm). As temperaturas máximas foram registradas nos dias sob atuação da Massa Tropical Atlântica (Ta), sendo a maior temperatura máxima obtida no dia 10 com 37,2°C.

O mês de julho foi marcado por um período de estiagem, registrando apenas 2,8 mm, um número muito inferior à média histórica de 40 mm. Essa ocorrência se apresentou devido a ação da Massa Tropical Atlântica (Ta) e da Massa Tropical Atlântica Continentalizada (Tac) que garantiram contínuos dias de estabilidade atmosférica. O ingresso da FPA com a atuação seguinte da Massa Polar Atlântica (mPa) intensificou os episódios com baixas temperaturas, com ênfase no dia 19, em que a mínima chegou a 0°C e a máxima não ultrapassou 20,8°C, assim como no dia 29, também sob a influência da Pa, registrando mínima de 0°C e máxima de 16,7°C.

Ao analisar os dados de temperatura, nota-se que a área de estudo não possui uma diferenciação tão definida por se tratar de um ambiente tropical, todavia a distribuição de chuvas que diferencia os períodos secos e chuvosos é essencial para a compreensão das diferenciações de temperaturas do ar.

De modo geral, em relação a distribuição espacial entre os pontos, as menores temperaturas ocorreram nos pontos de maior cobertura vegetal arbórea (Ponto 1 da Figura 1 - LCZ B), compreendendo um parque com a presença de vegetação arbórea esparsa e sobretudo no (Ponto 2 da Figura 1 - LCZ A) que possui vegetação densa e conta com o fator do relevo e está situado em um fundo de vale (396m de altitude), registrando uma diferença na temperatura de até 10,9°C no mês de julho.

As maiores temperaturas foram registradas no ponto de maior densidade construtiva (Ponto 3 da Figura 1 – LCZ3B), situado em uma área construída na malha urbana. Assim como no rural, onde os pontos com vegetação arbórea baixa (Pontos 4 e 5 da Figura 1 – LCZ's D), localizados em uma Área de Proteção Ambiental (APA – Timburi), com vegetação baixa, apresentaram as maiores temperaturas em relação aos diferentes pontos rurais.

Também foi possível notar um padrão de distribuição sazonal das temperaturas em Presidente Prudente. As maiores diferenças de temperatura foram observadas no período seco no período noturno (0h, 3h, 6h e 21h) e as menores no período chuvoso.

Em relação aos sistemas atmosféricos, os tipos de tempo estáveis desencadearam as maiores diferenças de temperatura, enquanto os tipos de tempo instáveis, os quais geram precipitação e/ou ventos com maior velocidade, amenizaram ou extinguiram as diferenças.

Plancha 1: Variação espaço-temporal das diferenças da temperatura em 4 pontos rurais de Presidente Prudente – SP em relação ao ambiental urbano (ponto 3) no mês de janeiro de 2021.

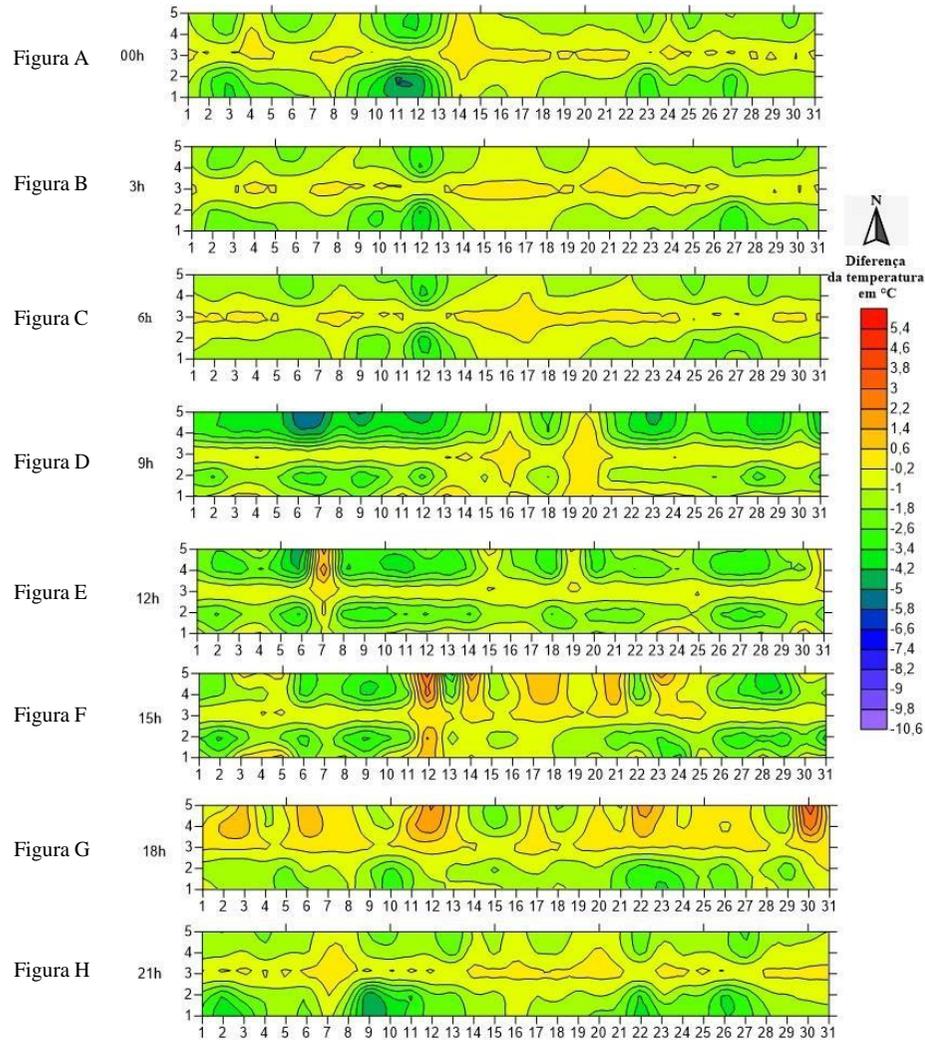
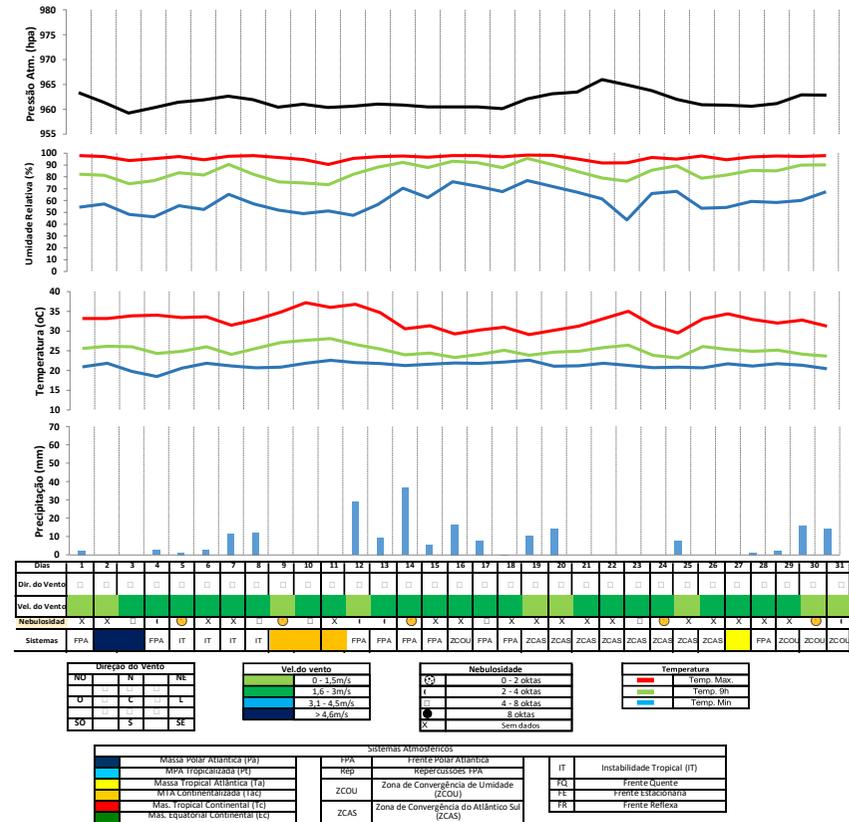


Figura I: Gráfico de Análise Rítmica de Janeiro de 2021.



Fontes de dados: Estação meteorológica automática - A707 - P. P. - SP

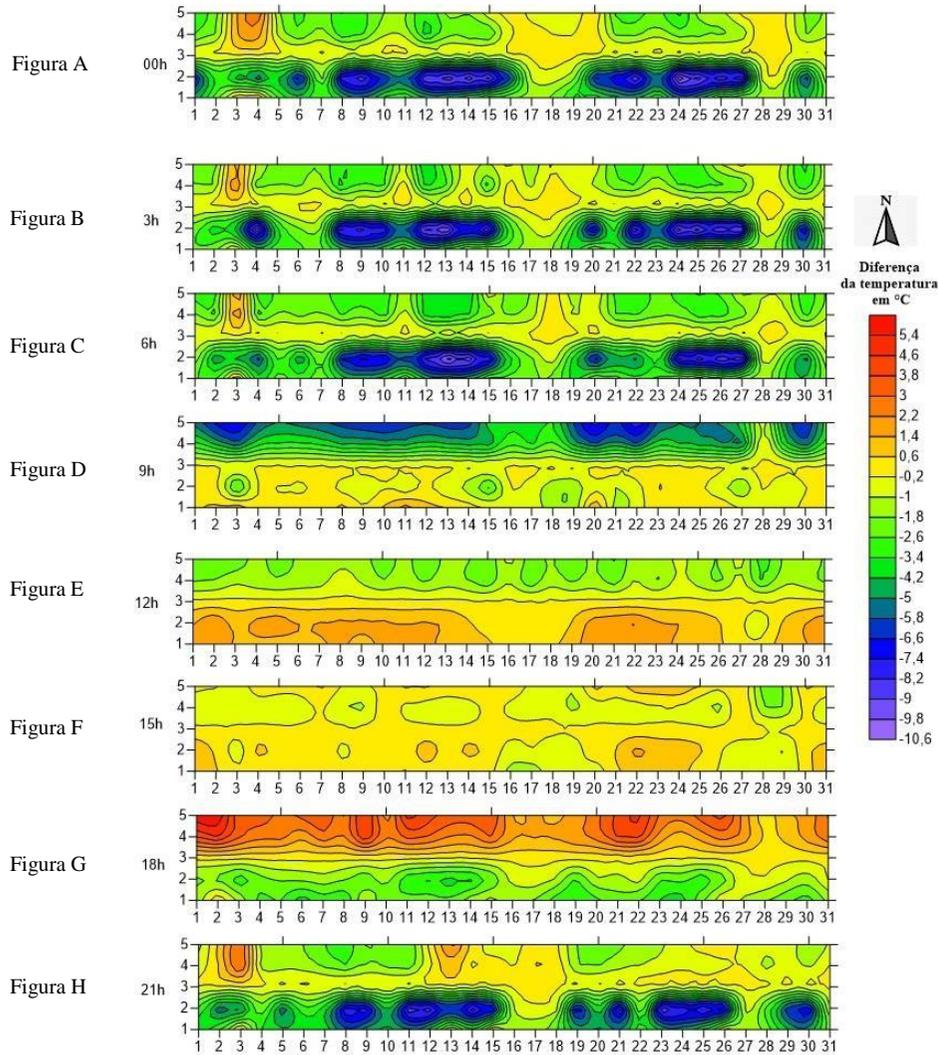
Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)

Mapa J: Pontos fixos



Fonte: Google Earth Pro, 2022.

Prancha 2: Variação espaço-temporal das diferenças do ar em 4 pontos rurais de Presidente Prudente – SP em relação ao ambiente construído (ponto 3) no mês de julho de 2021.



Fonte: autoria própria, 2022.

Figura I: Gráfico de Análise Rítmica de julho de 2021.

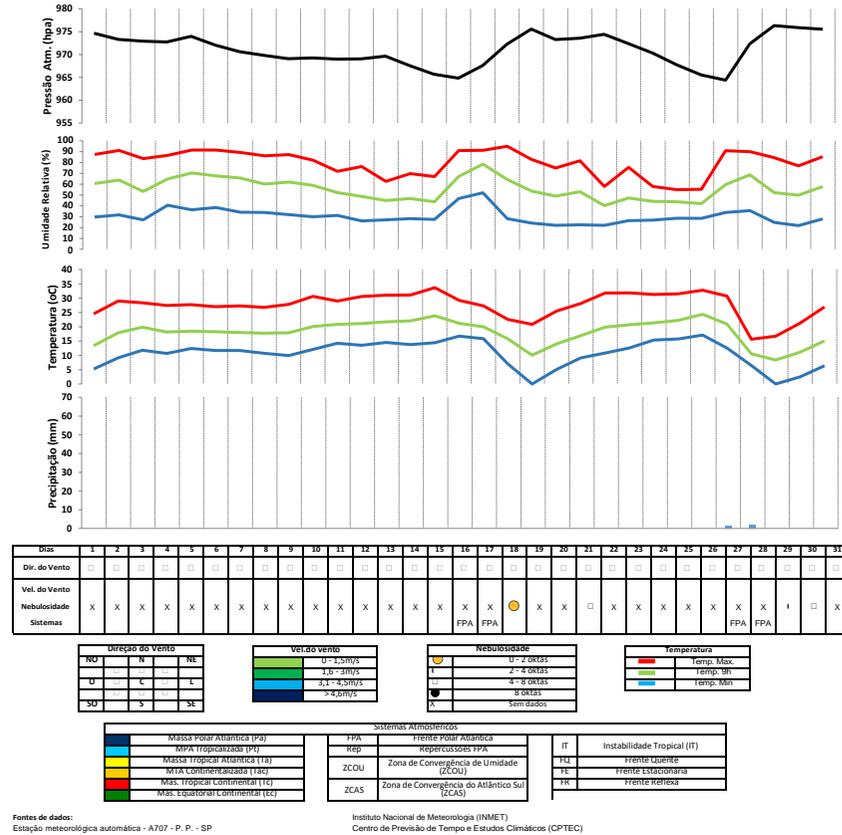


Figura J: Pontos fixos



Fonte: Google Earth Pro, 2022.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento bibliográfico, foi possível compreender que o processo de alteração da paisagem em Presidente Prudente derivou de sua implantação no mercado agropecuário, entre os demais usos do solo gerados pela urbanização. Com isso, as atividades relacionadas à falta de manejo adequado do solo, se tornaram os agentes causadores pela substituição da vegetação nativa.

Desse modo, o início desse estudo se consolidou através do levantamento bibliográfico, da tabulação dos dados meteorológicos e da identificação da morfologia e cobertura da terra dos ambientes rurais e urbano do município de Presidente Prudente. Sendo esses dados de suma importância para a análise e conclusão dos objetivos propostos, de forma que fosse verificado a influência entre a morfologia urbana e a cobertura da terra com atmosfera em escala local.

Os dados mensurados pelos pontos fixos proporcionaram a identificação de padrões térmicos em Presidente Prudente. A partir da análise da variabilidade diária da temperatura nos meses de janeiro e julho de 2021, possibilitou concluir que durante a atuação de sistemas atmosféricos instáveis (ZCAS, ZCOU e FPA) os ambientes rurais, sobretudo os com menos densidade vegetativa (P4 (LCZ D) e P5 (LCZ B)), não demonstram uma diferença térmica tão significativa em relação ao ambiente urbano. Todavia, em condições de tempos estáveis (mTa e mTAc) notou-se diferenças mais significativas entre os diferentes pontos rurais em relação ao ambiente urbano, mas também o comparativo entre os diferentes pontos rurais, onde aqueles com maior densidade vegetativa (P1 (LCZ A) e P2 (LCZ B)) demonstravam uma amplitude térmica maior.

O ponto rural que demonstrou temperaturas mais amenas em comparação ao ponto urbano foi o P2 (LCZ A) devido a sua localização em um fundo de vale e a sua densidade vegetativa. Entretanto, o ponto com temperaturas que mais se assemelharam ao ambiente urbano foi o P4 (LCZ D), devido ao solo exposto ou atividades agropastoris, não retendo o calor no período noturno, nem a umidade no período diurno.

A partir dos resultados foi possível classificar as paisagens urbanas e rurais através da determinação de classes e nomenclaturas, possibilitando a comprovação da heterogeneidade dos pontos rurais que propiciam fluxos climáticos diferentes.

Dessa forma, as LCZs podem ser utilizadas como instrumento de apoio ao planejamento urbano. Em síntese, as informações geradas podem ser utilizadas como um banco de dados,

demonstrando 4 ambientes rurais com padrões paisagísticos distintos interferem no clima local de diferentes maneiras, contribuindo assim, para futuros estudos da temática.

REFERÊNCIAS

- ABREU, D. S. **Formação histórica de uma cidade pioneira paulista: Presidente Prudente**. Tese de doutoramento. Presidente Prudente. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 1972. 339 p.
- AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 71-90, dez. 2010. Número especial.
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática. **Appris**, Curitiba, v. 1, p. 161, 2020.
- AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000. 374 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática**. 1ª edição. Curitiba: abril, 2020. 161 p.
- AMORIM, M.C.C.T., DUBREUIL, V., QUENOL, H., SANT'ANNA NETO, J. L., “Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França)”, **Confins**, Paris, v.7, p.1-16, 2009. Disponível em: <<http://confins.revues.org/index6070.html>>. Acesso em 13 de mai. 2021.
- AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. **Climate**, v. 5, p. 91-104, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cli5040091> . Acesso em: 02 nov. 2021.
- BARRIOS, N. A. Z.; SANT'ANNA NETO, J. L. A circulação atmosférica no extremo oeste paulista. **Boletim climatológico**, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.8-9, março 1996.
- CAMARGO, C. E. S. **Qualidade Ambiental Urbana em Presidente Prudente/SP**. 2007. 155 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
- CARDOSO, R. S. **Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente-SP**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2015.
- Davis Instruments. Vantage Pro2 Manual Console. Disponível em: <https://www.davisinstruments.com/product_documents/weather/manuals/07395-234_IM_06312.pdf>, 2019. Acesso em: 15 jun. 2021.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. **Manual de climatologia aplicada**: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Síntesis, 1996.

Hobo Data Loggers. HOB0® Pro v2 (U23-00x) Manual. Disponível em: <<https://www.hobodataloggers.com.au/hobo-pro-v2-u23-002-external-temperatureh-datalogger>>, 2017. Acesso: 15 jun. 2021.

ENGEL, P. E. **Centralidade de Presidente Prudente – SP. Uma análise de movimentos pendulares e sua contribuição para os estudos sobre cidades médias**. 2012. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado – Geografia) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Perfil dos municípios paulistas - Região Administrativa de Presidente Prudente**. Disponível em: <https://perfil.seade.gov.br/> . Acesso em: 19 de nov. de 2021.

HOWARD, L. **The Climate of London**: Deduced from Meteorological Observations, Made at Different Places in the Neighbourhood of the Metropolis. 1 ed. Londres: W. Phillips, George Yard, Lombard Street, 1818, v.1. Disponível em: < http://www.urban-climate.org/documents/LukeHoward_Climate-of-London-V1.pdf > . Acesso em: 25 out. 2021.

LANDSBERG, H. E. **The Climate of Towns** In: THOMAS, W. L. (org). *Man's Role in Changing the Face of the Earth*. v. 2, p. 584 – 606, 1956.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA *et al.* Evolução Geológica. **Atlas Ambiental de Presidente Prudente**. 2017. Disponível em: <http://portaldoprofessor.fct.unesp.br:9000/topico/meio-fisicobiotico/> . Acesso em 11 dez. 2021.

MENDONÇA, V. M. **Impactos pluviiais na cidade de Presidente Prudente-SP**. 2011. 128 f. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado – Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011.

MONTEIRO, C. A. F. *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo: USP, 1976.

MOREIRA, E. M. **Elaboração de bases cartográficas como subsídio para implantação de projetos de recuperação de áreas degradadas na área de proteção ambiental de uso sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente-SP**. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado – Geografia). Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021.

NUNES, J.O.R. 2002. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente**. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, Tese de Doutorado, 212 p.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen& Ltd A. Halsted Press Book, 1978.372 p.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches; MOROZ, Isabel Cristina. MAPA GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 10, p. 41- 58, 1996.

STEWART, I. D. **Redefining the urban heat island. Vancouver**. 2011. 368p. Thesis (Doctor of Philosophy). The Faculty of Graduate Studies, The University of British Columbia.

SACRAMENTO NETO, O. B.; ESCOBAR, G. C. J.; SILVA, P. E. D. Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. In: CONGRESSO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais eletrônicos...** Belém: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010. Disponível em: http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/695_86757.pdf . Acesso em: 18 nov. 2021.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano das cidades de pequeno porte do oeste paulista: análise do perfil térmico de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado, Brasil**. 2019. 238 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/190973> . Acesso em: 12 out. 2021.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano de Rancharia - SP**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2015.

TOMMASELLI *et al.* Clima. In:Atlas Ambiental de Presidente Prudente. 2017. Disponível em: <http://portaldoprofessor.fct.unesp.br:9000/topico/meio-fisicobiotico/> Acesso em 05 Jan. 2022.

VOOGT, J. Urban heat island. **Encyclopedia of global environmental change**. Chichester: John Wiley & Sons, 2002.