Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS E AS ILHAS DE CALOR URBANAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Local climatic zones and urban heat islands: a systematic review

Zonas climáticas locales e islas de calor urbanas: una revisión sistemática

Vanessa Oliveira Borges
Departamento de Geografia/Núcleo de Ciências Exatas da Terra, Universidade Federal de Rondônia (UNIR)
oliveiraborgesv98@gamil.com

Gean Carlos Nascimento
Departamento de Geografia/Núcleo de Ciências Exatas da Terra, Universidade Federal de Rondônia (UNIR)
gean.carlos.nascimento5@gamil.com

Maria Cristina Celuppi
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo/Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)
mariaceluppi@hotmail.com

Paulo Sérgio Lúcio
Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
pslucio1964@gmail.com

Graziela Tossini Tejas
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondôni
graziela.tejas@ifro.edu.br

João Paulo Assis Gobo
Departamento de Geografia/Núcleo de Ciências Exatas da Terra, Universidade Federal de Rondônia

(UNIR)
joao.gobo@unir.br

Resumo: O efeito de Ilha de Calor Urbana (ICU) é um fenômeno profundamente analisado nos estudos climáticos. Informações sobre as forças motrizes da variação da temperatura intraurbana são essenciais para a melhoria do ambiente térmico urbano, uma vez que a urbanização rápida geralmente leva à formação da ICU, que de acordo com estudos recentes está ligada às características particulares de cada cidade. Dessa forma, identificar os principais aspectos que contribuem para a formação e intensidade das ICUs é de fundamental relevância para o planejamento urbano. A partir disso, a presente pesquisa buscou compreender a influência das Zonas Climáticas Locais (ZCL) na intensidade e ocorrência das ICUs a partir de uma revisão sistemática da literatura para o período de 2012 a 2020, com ênfase no uso da ferramenta WORLD URBAN DATABASE AND ACESS PORTAL TOOLS (WUDAPT). Foram avaliados mais de 160 trabalhos e selecionados apenas aqueles que de fato respondiam a questão central da pesquisa. Os resultados demonstraram uma correlação positiva entre as ZCL e a intensidade das ICUs e suas ocorrências, porém, esses resultados estão condicionados a diferentes arranjos metodológicos empregados nas pesquisas analisadas. A metaanálise apontou que grande parte dos estudos que fizeram o estudo em ICU e investigação *in locu* se concentra no hemisfério norte, já os estudos que utilizam mais dados secundários, imagens de satélite e transecto móvel para a determinação das ICUs, concentram-se no hemisfério sul.

Palavras-chave: Temperatura intraurbana; Clima urbano; WUDAPT

Abstract: The Urban Heat Island (ICU) effect is a phenomenon deeply analyzed in climate studies. Information on the driving forces of intra-urban temperature variation is essential for the improvement of the urban thermal environment, since rapid urbanization usually leads to the formation of the ICU, which according to recent studies is linked to the particular characteristics of each city. Thus, identifying the main aspects that contribute to the formation and intensity of ICUs is of fundamental relevance for urban planning. From this, the present research sought to understand the influence of Local Climatic Zones (LCZ) on the intensity and occurrence of ICUs from a systematic review of the literature for the period from 2012 to 2020, with emphasis on the use of the WORLD URBAN DATABASE AND tool ACCESS PORTAL TOOLS (WUDAPT). More than 160 works were evaluated and only those that actually answered the central question of the research were selected. The results showed a positive correlation between the LCZ and the intensity of the ICUs and their occurrences, however, these results are conditioned to different methodological arrangements used in the analyzed studies. The meta-analysis pointed out that most of the studies that carried out the study in ICU and in locu research focus on the northern hemisphere, whereas the studies that use more secondary data, satellite images and mobile transect for the determination of ICUs, focus on the northern hemisphere. south.

Keywords: Intra-urban temperature; Urban climate; WUDAPT.

Resumen: El efecto Isla de Calor Urbano (UCI) es un fenómeno profundamente analizado en los estudios climáticos. La información sobre los factores impulsores de la variación de la temperatura intraurbana es fundamental para la mejora del ambiente térmico urbano, ya que la rápida urbanización suele conducir a la formación de la UCI, que según estudios recientes está ligada a las características particulares de cada ciudad. Por lo tanto, identificar los principales aspectos que contribuyen a la formación e intensidad de las UCI es de fundamental relevancia para la planificación urbana. A partir de ello, la presente investigación buscó comprender la influencia de las Zonas Climáticas Locales (LCZ) en la intensidad y ocurrencia de UCI a partir de una revisión sistemática de la literatura para el período de 2012 a 2020, con énfasis en el uso de la BASE DE DATOS URBANA

MUNDIAL Y herramienta HERRAMIENTAS DEL PORTAL DE ACCESO (WUDAPT). Se evaluaron más de 160 trabajos y solo se seleccionaron aquellos que realmente respondían a la pregunta central de la investigación. Los resultados mostraron una correlación positiva entre la LCZ y la intensidad de las UCI y sus ocurrencias, sin embargo, estos resultados están condicionados a diferentes arreglos metodológicos utilizados en los estudios analizados. El metanálisis señaló que la mayoría de los estudios que realizaron el estudio en UCI y la investigación in locu se centran en el hemisferio norte, mientras que los estudios que utilizan más datos secundarios, imágenes de satélite y transecto móvil para la determinación de las UCI, se centran en el hemisferio norte sur.

Palabras clave: Temperatura intraurbana; Clima Urbano; WUDAPT.

Submetido em: 23/03/2022
Aceito para publicação em: 19/05/2022
Publicado em: 29/07/2022

1. INTRODUÇÃO

A cidade, apesar de ocupar pequenas parcelas do território, constitui uma forma de transformação intensa da paisagem natural, pois seu impacto advém tanto da alteração da morfologia do terreno quanto das mudanças nas condições do meio ambiente e da atmosfera (GARCIA, 1995). A cidade constitui a forma mais evidente de transformação da paisagem natural. A modificação nos elementos do clima possui grande repercussão ecológica, pelo fato de afetar de maneira imediata os habitantes através do desconforto térmico e da concentração de poluentes (FIALHO, 2009; KANDYA; MOHANB, 2018).

Coberturas de superfícies artificiais, edifícios e atividades humanas concentradas em cidades modificam significativamente os componentes de radiação do balanço de energia e do vento próximo à superfície, criando assim o clima único das cidades (LITARDO, *et al*., 2020; TIAN, *et al*., 2021; YANG, *et al*., 2020). O clima urbano é determinado pela densidade construída, que depende principalmente da população e da estrutura urbana. O fenômeno do clima urbano mais mencionado é o efeito da Ilha de Calor Urbana (ICU) que se refere à diferença de temperatura do ar (°C) entre as áreas internas densamente povoadas da cidade e as vizinhanças fora da cidade (MUSHTAHA, *et al*., 2021; OKE, 1973).

Observa-se que mesmo com o progresso da climatologia urbana, sua aplicação ainda é prejudicada pela falta de informações que descrevam aspectos da forma e função das cidades em resolução espacial detalhada (BECHTEL, *et al*., 2015). Acrescenta-se que ainda são poucas as cidades no mundo que possuem um plano climático. Nesse aspecto, o portal *World Urban Database and Access Portal Tools* (WUDAPT) foi desenvolvido por uma iniciativa da comunidade científica para reunir e disseminar informações com escala e resolução padronizadas sobre clima urbano.

Conhecimento consistente sobre as cidades e sua estrutura interna é de grande relevância por vários motivos. Embora atualmente menos de 3% das áreas terrestres da Terra sejam urbanas (definidas como edifícios espaçados, superfícies impermeáveis e espaços ao ar livre administrados), as cidades já acomodam a maior parte da população mundial, e a atividade humana está concentrada nelas. Urbanização normalmente substitui a cobertura superficial existente por materiais e edificações impermeáveis, e concentra atividades, que geram descarte de resíduos no ar, solo e água circundantes. Coletivamente, as cidades são um dos principais impulsionadores das mudanças ambientais globais e

também são especialmente vulneráveis às consequências das mudanças, como o aumento do nível do mar e o aumento da temperatura do ar. Além disso, as cidades produzem condições climáticas distintas, que podem causar desconforto, estresse térmico e exposição a doenças e poluição nos moradores urbanos. Em particular, bem como mais poluídos do que os rurais (BETCHEL , 2015).

O parâmetro mais importante que caracteriza a ilha de calor é sua intensidade ou magnitude, que geralmente evolui mediante a diferença máxima observada, em um momento determinado, entre a temperatura do ar de um ponto da cidade, densamente construído, e outro em seu entorno ou no ambiente rural (DOS SANTOS; AMORIM, 2017).

A iniciativa fundamenta-se na teoria de *Local Climate Zones* (LCZ), de Stewart e Oke (2012) ou Zonas Climáticas Locais (ZCL), a qual tem como a divisão da paisagem urbana em classes simplificadas de um contexto morfológico e de temperatura, onde são "locais na escala climática na natureza e zonal de representação" (STEWART; OKE, 2012).

O sistema de classificação das ZCL revela novas oportunidades para preencher essa lacuna, pois padroniza a forma e a função urbanas em relação ao clima local (STEWART; OKE, 2012), permitindo uma compreensão espacial mais detalhada da variabilidade da temperatura do ar intraurbano, ao invés de uma simples descrição da diferença urbano-rural compreendendo parâmetros climáticos críticos que podem categorizar zonas em uma escala local.

Condições climáticas que diferem das áreas circunvizinhas e contribuem para o aquecimento urbano e a formação das ilhas de calor; a abordagem convencional do fenômeno ICU consiste em medir temperaturas na camada do dossel através de registros em pontos fixos e/ou a partir de transectos móveis. Os locais são tipicamente classificados como urbano ou rural, e suas diferenças de temperatura são tomadas para indicar a intensidade ou magnitude da ilha de calor (STEWART; OKE, 2012).

O conceito de ZCL foi introduzido por Stewart e Oke, (2012) para fornecer à ligação entre a urbanização e seus impactos térmicos correspondentes na paisagem e para padronizar a documentação e troca global de observações de temperatura urbana (STEWART; OKE, 2012). Cada região é identificada como uma classe particular apenas se os

círculos de influência circundantes fossem uniformes em cobertura de superfície, geometria e atividade humana (BECHTEL *et al*., 2015; STEWART; OKE, 2012).

Dessa forma, partindo-se do exposto, a presente pesquisa tem por objetivo identificar a influência das ZCL na intensidade e ocorrência de ICU, por meio de uma revisão sistemática da literatura existente.

1.1. Justificativa e Problemática

Vandame *et al*., (2019) enfatiza que "como resultado das mudanças na cobertura do solo, expansão urbana e adensamento, as mudanças no clima térmico da cidade são inevitáveis. A urbanização é, em geral, responsável por temperaturas superficiais mais elevadas devido ao maior grau de impermeabilidade das superfícies, aumentando o calor antropogênico e as áreas construídas".

O conceito de LCZs representa uma descrição genérica, de fácil compreensão e culturalmente neutra do uso e cobertura da terra adequada para estudos climáticos. Um ponto crítico é que as LCZs são universais em sua aplicação e podem ser vinculadas a parâmetros urbanos mensuráveis na forma e função urbana. O esquema de classificação LCZ foi projetado para descrever paisagens (urbanas e naturais) que apresentam climas térmicos distintos devido às suas propriedades de superfície e tem sido amplamente utilizado em estudos da ilha de calor urbana (UHI) (BECHTEL, *et al*., 2015).

Estudos dessa natureza aplicados às cidades tropicais de pequeno porte são escassos na literatura brasileira e diferenciam-se, sobretudo, quanto à metodologia de aquisição de dados. Isso assume importância, pois, aparentemente, induzem sobre a influência dos ambientes construídos em modular a variação da temperatura do ar.

Segundo Oke (1982), a radiação do sol e as atividades humanas adicionam calor ao sistema urbano, que é armazenado na atmosfera ou nas superfícies dos materiais de construção, de modo que é armazenado o calor durante o dia e liberado vagarosamente à noite. De acordo com Geiger (1990), o calor acumulado durante o dia nas massas de alvenaria da cidade, associado à redução da ventilação, retarda o arrefecimento durante a tarde; e, só lentamente, a troca de ar entre o interior e o exterior da cidade provoca a diminuição das temperaturas urbanas. A redução das perdas de calor por irradiação noturna se deve à presença de elevados níveis de radiação de onda longa na camada de poluição que

cobre a cidade, o que representa uma forte proteção contra a perda de radiação durante a noite.

Alguns autores abordam que as cidades frequentemente compreendem um mosaico de áreas com temperaturas mais elevadas e mais reduzidas, conforme a variação da cobertura do solo urbano. As temperaturas na mancha urbana apresentam-se frequentemente mais altas do que nas áreas rurais circunvizinhas, porém, no interior da cidade as variações térmicas ocorrem principalmente entre os espaços livres e os vegetados e as áreas construídas, produzindo defasagens de temperaturas intraurbanas em até 7ºC (UPMANIS; ELIASSON; LINDQVIST, 1998; SPROKEN-SMITH; OKE, 1999; ELIASSON, 2000).

O clima urbano, muito estudado em cidades localizadas em latitudes médias, desde os anos 1950, se tornou importante objeto de estudo, no Brasil, a partir de 1970, devido, sobretudo, aos problemas ambientais acumulados nas grandes cidades, derivados da rápida urbanização. Os estudos sobre clima urbano têm acumulado conhecimento sobre o funcionamento da atmosfera, principalmente nas grandes cidades (SANTANA, 2014).

As alterações na composição da atmosfera, associadas aos padrões de uso do solo, contribuem às alterações climáticas e consequentes efeitos na qualidade de vida e na saúde de seus residentes. As alterações climáticas ocorrem em escala local, isto é, na cidade como um todo, entretanto há diferenças em microescala, em espaços, que criam condições mais ou menos favoráveis ao conforto térmico. Mas, se por um lado, o ambiente interno é afetado pelas condições térmicas do entorno, por outro, a própria edificação ou grupos de edificações modificam o clima local. Isto se dá, sobretudo, em condições de calor, quando os aparelhos de climatização, enquanto resfriam o ar interno, emitem calor sensível ao entorno (GOBO *et al*., 2022).

Em regiões tropicais e subtropicais têm ocorrido um processo contínuo e acelerado de urbanização e há, portanto, desafio de se estudar os efeitos do clima no bem-estar e na saúde de suas populações, que auxiliem na proposição de um planejamento urbano climaticamente orientado, considerando possíveis mudanças climáticas (SANTANA, 2014), desta forma a presente pesquisa faz-se necessária e julga-se importante uma vez que visa identificar a influência das ZCL, as quais são uma excelente base para o planejamento das cidades, na intensidade e ocorrência das ICUs.

Portanto, muitos trabalhos discutem o papel dos cânions urbanos, ou grandes cânions de edificações, na variabilidade da temperatura e umidade relativa do ar, pois modificam a quantidade de radiação solar e os tempos em que ela atinge a superfície. Nesse contexto, pode-se destacar ainda que, justamente pela existência dessa geometria urbana, muitas áreas apresentam atraso no recebimento de energia solar após o nascer do sol, permanecendo em situação de balanço negativo de radiação por mais tempo (WOLLMANN,2021).

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa fez uso de método de revisão sistemática e avaliou trabalhos que pudessem responder a pergunta central da pesquisa e para elucidar esse objetivo, os seguintes procedimentos foram realizados: Nos trabalhos de Guanilo, Takahashi, Bertolozzi elas observaram que a produção científica nas diferentes áreas da saúde, apresenta adensamento progressivo, o que coloca em relevância a Revisão Sistemática para melhorar a saúde, uma vez que contribui substantivamente para identificar as melhores Evidências Científicas e incorporá-las à prática dos profissionais nos serviços, no ensino, na gestão e na formulação de políticas de saúde, no entanto, o desenvolvimento da Revisão Sistemática exige ampla disponibilidade de tempo e envolve esforço intelectual importante, requerendo um planejamento cuidadoso para otimizar tempo e esforço.

Para o desenvolvimento da pergunta norteadora da pesquisa: "*Qual é a influência das Zonas Climáticas Locais (ZCL) na intensidade e ocorrência da Ilha de Calor Urbana (ICU)?*" utilizou-se do diagrama PICOS, o qual possui a característica de auxiliar na identificação dos parâmetros da pergunta, para tanto foram utilizadas as seguintes plataformas de busca para a pesquisa:

Science Direct (https: //www.sciencedirect.com/);

Google Scholar (https://scholar.google.com.br/);

Mdpi (https://www.mdpi.com/).

As três plataformas selecionadas para a pesquisa reúnem um grande número dos principais periódicos que publicam pesquisas no tema de estudo da presente revisão sistemática. Após a definição da pergunta de pesquisa foram definidas as palavras-chave

usualmente empregadas e buscou-se dentro da página de busca pelas seguintes palavras-chave: ‘’urban climate’’ *or* ‘’microclimate’’ *and* ‘’local climate zones’’ *and* ‘’heat island’’ contidas em artigos entre o período de 2012 a 2020. Os termos conectores (*and* e *or*) de operação booleana são de combinação estratégica restritiva e aditiva do diagrama PICOS.

É importante destacar que o período de buscas indicado se refere a todo período desde o lançamento da metodologia das ZCL por Stewart e Oke (2012) até agosto de 2020. Para seleção e exclusão dos trabalhos para a próxima fase do processo, optou-se pelos seguintes fatores:

1. Pesquisas publicadas em periódicos avaliados por pares;
2. Pesquisas publicadas em português/inglês;
3. Pesquisas sobre ICU e ZCL;
4. Pesquisas publicadas na última década (2012 – 2020), até a data de busca (15 de agosto de 2020).

A busca foi feita no dia 15 de agosto de 2020 e localizou-se 167 trabalhos por meio das referidas palavras-chave e, a partir destes, fez-se a leitura de todos os títulos, com a finalidade de selecionar trabalhos para a próxima fase, seguindo os critérios anteriormente citados e a possível condição de responder à pergunta da pesquisa. Selecionou-se então, 65 títulos que pudessem responder à pergunta da Pesquisa. Selecionados estes 65 trabalhos a partir do título, foram feitas as leituras dos seus referidos resumos e após a leitura destes, fez-se a seleção/exclusão com base nos critérios já citados, restando 32 trabalhos para leitura completa. Desses 32 trabalhos selecionados para leitura completa, foram excluídos 6, restando 26 para compilação de dados que compõem os resultados desta revisão (Anexo 1).

Dos 26 trabalhos selecionados, coletou-se de cada estudo os seguintes dados: autores, ano de publicação, periódico, objetivo da pesquisa, local de estudo, zona climática (polar norte ou sul, temperada norte ou sul e tropical norte ou sul), continente (América do Norte, América Central, América do Sul, Europa, África, Ásia, Oceania, Antártica). Além disso, obteve-se das pesquisas a medição microclimática (sim ou não), qual a metodologia de classificação das ZCL empregada, qual a metodologia adotada para identificação e classificação dos episódios de ICU, qual metodologia empregada para definição da intensidade da ICU e, por fim, quais foram as principais contribuições do estudo.

Com base no tamanho da amostra aqui analisada (26 trabalhos selecionados) os dados coletados foram tabulados em planilha Microsoft Excel® e foi possível verificar a tendência de determinadas implicações das pesquisas por meio de meta-análise.

Embora sejam frequentemente usados como sinônimos, o termo revisão sistemática caracteriza o delineamento de estudo conduzido com abordagem sistemática e descrição objetiva da evidência sumarizada. Já o termo metanálise caracteriza o método estatístico de análise de evidência reunida sistematicamente. Revisão Sistemática responde a uma questão de investigação definida através da recolha e resumo de todas as provas empíricas que se encaixam em critérios de elegibilidade pré-estabelecidos. Metanálise é a utilização de métodos estatísticos para resumir os resultados destes estudos.

A Revisão Sistemática é um tipo de revisão que se propõe a responder uma pergunta específica. Para isso utiliza métodos sistemáticos e definidos a priori na identificação, seleção e análise dos estudos. Metaanálise é a utilização de métodos estatísticos para agregar os resultados de dois ou mais estudos independentes, sobre uma mesma questão de pesquisa, combinando seus resultados em uma medida sumária. Geralmente segue-se à realização de uma Revisão Sistemática.

Metanálise

A revisão sistemática vem sendo utilizada como método para suprir a lacuna da inconclusão deixada pelas revisões narrativas. "Os pesquisadores precisam das Revisão Sistemática. Uma revisão sistemática requer, como qualquer estudo, uma questão clara, critérios de seleção bem definidos de modo que garanta a qualidade dos estudos sintetizados e possa ser reproduzida por outrem e uma conclusão que forneça novas informações com base no conteúdo garimpado (THOMAS; NELSON; SILVERMAN,2012).

A metanálise é uma técnica de investigação que seleciona estudos e extrai resultados por meio de procedimentos rigorosos. Os resultados são, então, resumidos através de análise estatística com o objetivo de diminuir a subjetividade dos métodos tradicionais de revisão narrativa.

1. Resposta/Desfecho: Quantitativo: Diferença de Medidas e seu respectivo Intervalo de Confiança.

2. Resposta/Desfecho: Binário. Estudos Transversais: razão de prevalências ou Razão de chances e os respectivos intervalos de confiança.

3. Estudos Longitudinais: usualmente risco relativo ou razão de chances e os respectivos intervalos de confiança.

4. Diferença de proporções (menos utilizado).

5. Razões de taxas de incidências podem ser utilizadas em estudos

6. Longitudinais na presença de diferentes acompanhamentos.

Para a realização da metanálise utilizou-se a linguagem de programação R (*R Project for Statistical Computing)* (Anexo 2) e adotada uma meta-análise estatística para resumir os resultados dos estudos independentes. A partir da palavras-chave principais dos estudos selecionados, a meta-análise possibilitou avaliar os efeitos de uma dada variável sobre outra, considerando sempre os resultados binários (2×2 tabelas de contingência).

As medidas de associação entre duas variáveis categorizadas dicotômicas são apresentadas. Uma maneira bastante útil de se obter estas medidas é apresentar os resultados na forma de uma tabela de Contingência 2x2 – T_{2x2}. Supõe-se que a variável de "exposição" possua duas categorias (Nível1 – N_1 e Nível2 – N_2) e a variável de "desfecho" possua as categorias "Sim" e "Não", que indicam se o desfecho avaliado ocorreu - abordado e estudado - com sucesso ou fracasso.

Na Revisão Sistemática, os desfechos (eventos) são variáveis que são monitoradas durante o estudo para documentar o impacto que uma dada exposição tem no surgimento ou aumento de determinado tipo de experimentação, no caso observacional ou virtual. A simulação é considerada um experimento virtual que requer um modelo operacional representando no todo (ou em parte) de um sistema ou processo que o caracterize.

O desfecho primário é a variável que é a mais relevante para responder à questão da pesquisa. Idealmente, essa deve ser centrada, um desfecho que seja relevante como morbidade e sobrevida. O desfecho secundário é um desfecho adicional monitorado para auxiliar a interpretação dos resultados do desfecho primário, que também pode fornecer dados preliminares para um estudo mais abrangente. Portanto, é essencial decidir qual (is) desfecho (s) serão monitorados ou avaliados no Estudo ou na Revisão Sistemática. O desfecho (variável-dependente ou variável-alvo) é a característica que se supõe ser o

resultado do efeito de um fator. A exposição (covariável, variável independente ou variável preditora) é o fator que precede ao desfecho, a exposição é a suposta causa do desfecho.

É importante ressaltar que o (s) desfecho (s) do estudo deve (m) ser definido (s) a priori, a fim de evitar o ímpeto de se tirar conclusões falsas por testar cada variável possível até que uma seja estatisticamente significativa – na Revisão Sistemática são definidas "*key-words*".

A escolha do desfecho mais adequado deve ser baseada na pergunta do estudo, *i.e.* na hipótese correspondente. Neste Estudo de Metaanálise tanto a exposição quanto o desfecho são mensurados em um único momento de tempo – Estudo ou Metaanálise Transversal. Por fim foram realizadas as análises de correspondência para a associação entre variáveis.

3. RESULTADOS

A presente pesquisa objetivou compreender a influência das ZCL na intensidade e ocorrência da ICU, mediante critérios de pesquisa, conforme apresentados no método.

Buscou-se por compreender o padrão de publicações a partir de 2012 para os trabalhos selecionados por meio da leitura completa. Na tabela 1 refere-se ao ano da publicação, autores, os periódicos e o local de estudo.

Tabela 1 - Base bibliográfica consultada no processo de revisão sistemática

Ano da publicação	Autores	Periódico	Local do Estudo
2020	Ochola *et al.*,	Urban Climate	Nairobi, Kênia
2020	Dian *et al.*,	Urban Climate	Budapeste
2018	Richard *et al.*,	Urban climate	Dijon (França)
2020	Maharoof; Eammnuel; Thonsom	Urban climate	Glasgow
2018	Shi *et al.*,	Urban Climate	Hong Kong
2018	Perera; Emmanuel.	Urban Climate	Colombo
2017	Yang *et al.*,	Procedia Engineering	Nanjing, China
2020	Yang *et al.*,	Applied Energy	Nanjing
2019	Huang; Wang.	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	Wuhan, China Central
2018	Perera; Emmanuel.	Urban Climate	Sul da Ásia da Índia, Paquistão, Bangladesh, Sri Lanka e Nepal
2018	Geletic *et al.*,	Science Total Environmental	Brno, República Tcheca
2018	Wang *et al.*,	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	Phoenix, Arizona e Las Vegas, Nevada
2018	Kim; Gu; Kim.	Sustainable Cities and Society	Estados Unidos Houston, Texas.
2019	Huang; wang.	Journal of Environmental Management	Wuhan, localizada no centro da China
2020	Liu *et al.*,	Urban Climate	Harbin,Xi'na,Nanjing,Guangzhou,Kunming
2020	Zhou *et al.*,	Sustainable Cities and Society	Sendai, Japão
2019	Quan.	Environmental Science and Engineering	Pequim, China
2020	Yang *et al.*,	Applied Energy	Nanjing
2018	Quanz *et al.*,	Climate	Berlim, Alemanha
2019	Molnár; Gyonggyosi; Gal.	Theoretical and Applied Climatology	Szeged, Hungria
2019	Vandamme *et al.*,	Application of Remote Sensing in Urban Climatology	Kunming (China)
2020	Chen; Zheng; Hu.	Sustainability	Chenzhou, China
2019	Shi; Xiang; Zhang	Sensors	Guangzhou
2019	Pacific; Rama; Marin.	Urban Climate	Belenzinho, SP

Fonte: Organizado pelos autores (2022).

Conforme a tabela 2 a contagem anual das publicações para o período (2012-2020), o qual aponta para a maioria destas publicações no ano de 2018, com um total de 35% dos trabalhos *(N=9),* 31% em 2019 *(N=8),* 31% *(N=8)* em 2020 e em 2017 o total de 4% *(N=1)*.

Tabela 2 - Contagem anual de publicações

ANO DE PUBLICAÇÃO	N = 26	%
2020	8	31
2019	8	31
2018	9	35
2017	1	4

Fonte: Organizado pelos autores (2022).

Em relação às ZCL dos estudos analisados (tropical hemisfério norte -HN, tropical hemisfério sul - HS, temperado hemisfério norte - HN), sendo que 4% deles localizam-se em zona tropical HN *(N=4),* os outros 8% ficam em zona tropical HS (*N=2*) e grande parte com mais intensidade corresponde a 77% na zona temperado HN (*N=20*).

O total representa a somatória dos resultados das três zonas climáticas em cada local de estudo, pois os resultados obtidos foram verificados estatisticamente significantes, indicando um número maior de pesquisas na zona climática temperada do hemisfério norte. A tabela 3 apresenta a síntese dos testes de independência utilizados.

Tabela 3 – Zona Climática

Tipo Climático	N = 26	%
Tropical Hemisfério Norte	4	4
Tropical Hemisférios Sul	2	8
Temperado Hemisfério Norte	20	77

Fonte: Organizado pelos autores (2022).

Seguindo a linha de pesquisa no que diz respeito às medições climáticas em campo houve um total de 42% *(N=11)* (MAHAROOF; EAMMNUEL; THONSOM, 2020; RICHARD, *et al*., 2018; KOTHAKAR e BAGADE, 2018; KIM; GU; KIM, 2018; LIU, *et al*. 2020; SHI, *et al*., 2018; ZHOU, *et al*, 2020; PACIFIC; RAMA; MARINS, 2019; QUANZ, *et al*., 2018; YANG, *et al*., 2017; YANG, *et al*., 2020) dos trabalhos realizaram medições por meio do uso de estações meteorológicas completas ou sensores portáteis. Enquanto que, 54% das pesquisas não utilizaram essa metodologia de coleta de dados em campo de (N=14) (CHEN; ZHENG; HU, 2020; DIAN, *et al*., 2020; GELETIC, *et al*., 2019; HUANG e WANG, 2019; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA, *et al*., 2020; PERERA e EMMANUEL, 2018; QUAN, 2019; VANDAMME, *et al*., 2019; SHI; XIANG; WANG, *et al*., 2018; ZHANG, 2019) como podemos observar na tabela 4.

Tabela 4 - Porcentagem de estudos que realizaram ou não medições microclimáticas

Medições microclimáticas	N = 26	%
Sim	11	42
Não	14	54

Fonte: Organizado pelos autores (2022).

Este levantamento evidencia uma tendência de diminuição das medições microclimáticas realizadas em campo, devido a disponibilização de acesso cada vez maior em relação as tecnologias e dados secundários provenientes de modelagem, estimativas e sensoriamento remoto cada vez mais precisos e que se aproximam dos resultados de medições em campo.

No que se refere à metodologia de classificação das ZCL (Tabela 5) 85% dos autores utilizaram o WUDAPT (*N=22*) (CHEN; ZHENG; HU, 2020; DIAN, *et al*., 2020; GELETIC, *et al*., 2019; HUANG; OUWANG, 2019; KOTHAKAR e BAGADE, 2018; LIU, *et al*., 2020; MAHAROOF; EAMMNUEL; THONSOM, 2020; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA, *et al*., 2020; PACIFIC; RAMA; MARINS, 2019; PERERA; EMMANUEL, 2018; QUAN, 2019; RICHARD, *et al*., 2018; SHI; XIANG e ZHANG, 2019; VANDAMME, et al., 2019; SHI, *et al*., 2018; KIM; GU; KIM, 2018; WANG, *et al*., 2018; ZHOU, *et al*., 2020;). Já o (*N=4*) corresponde a 15% das pesquisas que utilizaram o mapeamento de cobertura do solo tradicional (GELETIC, *et al*., 2019; QUANZ, *et al*., 2018;

Tabela 5- Metodologia de classificação das ZCL

Metodologia de classificação das ZCL	N = 26	%
WUDAPT	22	85
Uso e cobertura do solo (tradicional)	4	15

Fonte: Organizado pelos autores (2022).

Por meio desta análise verifica-se um número significativo de pesquisas que fizeram uso do método WUDAPT, o que reafirma a tendência das pesquisas na utilização de novas metodologias apoiadas em tecnologias de sensoriamento remoto e dados secundários demonstrando eficiência destes métodos na obtenção dos resultados. O projeto WUDAPT concentra-se na criação de um banco de dados global sobre as cidades, adequado para estudos de clima urbano, e está em constante aprimoramento e desenvolvimento (CHING, *et al*., 2019).

Quanto à metodologia para identificação e classificação das ICU, 58% utilizaram o canal termal para identificar diferenças de temperatura em ambiente urbana e rural (*N=15*) (CHEN; ZHENG; HU, 2020; DIAN, *et al*., 2020; GELETIC, *et al*., 2019; HUANG e WAN, 2019; HUANG e OUWANG, 2019; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA, *et al*., 2020; PACIFIC; RAMA; MARIN, 2019; VANDAMME, *et al*., 2019; SHI; XIANG; ZHANG, 2019; WANG, *et al*., 2018; YANG, *et al*., 2017; ZHOU, *et al*., 2020), em relação a diferença da temperatura urbana e rural por meio de medições foram analisados que 12% (*N=3*) (GELETIC, *et al*., 2018; LIU, *et al*., 2020; QUAN, 2019) dos trabalhos que utilizaram o canal termal para calcular e analisar a anomalia da temperatura obteve a porcentagem de 27% (*N=7*) KOTHAKAR e BAGADE, 2018; KOTHARKAR, *et al*., 2018; KIM; GU; KIM, 2018; QUANZ, *et al*., 2018; RICHARD, *et al*., 2018; YANG, *et al*., 2020) por fim, trabalhos que utilizaram-se transecto móvel para identificar e classificar as ICU foram 4% total de (*N=1*) (SHI, *et al*., 2018) expressamente demostrado na tabela 6.

Tabela 6- Metodologia para identificação e classificação das ICU

Metodologia para identificação e classificação das ICU	**N = 26**	**%**
Canal termal	15	58
Diferença da temperatura (medições urbano/rural)	3	12
Canal termal e anomalia da temperatura	7	27
Transecto móvel	1	4

Fonte: Organizado pelos autores (2022).

Na análise da metodologia para definição da intensidade da ICU (Tabela 7) podemos observar que a maior parte das pesquisas utilizou a comparação entre dados rurais e urbanos, sendo 65%, portanto (*N=17*) (CHEN; ZHENG; HU, 2020; GELETIC, *et al*., 2018; HUANG e WANG, 2019; KOTHARKAR, *et al*., 2018; LIU, *et al*., 2020; MAHAROOF; EAMMNUEL; THONSOM, 2020; MOLNÁR; GYONGGYOSI; GAL, 2019; OCHOLA, *et al*., 2020; PERERA e EMMANUEL, 2018; QUAN, 2019; QUANZ, *et al*., 2018; SHI; XIANG; ZHANG, 2019; VANDAMME, *et al*. 2019; ZHOU, *et al*., 2020; YANG, *et al*., 2017; YANG, *et al*., 2020;), seguidas por pesquisas que utilizaram a estimativa de temperatura do ar a partir de imagens de satélites referentes a temperatura de superfície correspondem a 31% (*N=8*) (CHEN; ZHENG; HU, 2019; DIAN, *et al*., 2020; HUANG; OUWANG, 2019; KOTHAKAR; BAGADE, 2018; KIM; GU; KIM, 2018; RICHARD, *et al*., 2018; PACIFIC; RAMA; MARIN, 2019; WANG, *et al*., 2018), enquanto apenas 4% das pesquisas (*N=1*) (SHI, *et al*., 2018) utilizaram o método de

medição por meio de transecto móvel urbano/rural para definir a diferença e intensidade da ICU.

Tabela 7 - Metodologia para definição da intensidade da ICU

Metodologia para definição da intensidade da ICU	N = 26	%
Comparação entre dados rurais e urbanos (dados primários e/ou secundários)	17	65
Estimativa de temperatura por satélite	8	31
Transecto móvel urbano/rural	1	4

Fonte: Organizado pelos autores (2022).

Resultados Da Metaanálise

No primeiro estudo Parte I da Metaanálise a variável de exposição (Exposure) – tipo de experimento estudado. Como podemos observar na tabela 08 de contingência do risco relativo e da razão de chances.

Tabela 8: Risco Relativo e Razão de Chances

ESPOSIÇÃO (LG) LOCALIZAÇÃO GEOGRAFICA	MEDIÇÕES. MICROCLIMÁTICAS		TOTAL
	SIM	NÃO	
HEMISFÉRIO SUL	1	2	3
HEMISFÉRIO NORTE	11	12	23
TOTAL	**12**	**14**	**26**

Fonte: Os autores (2022).

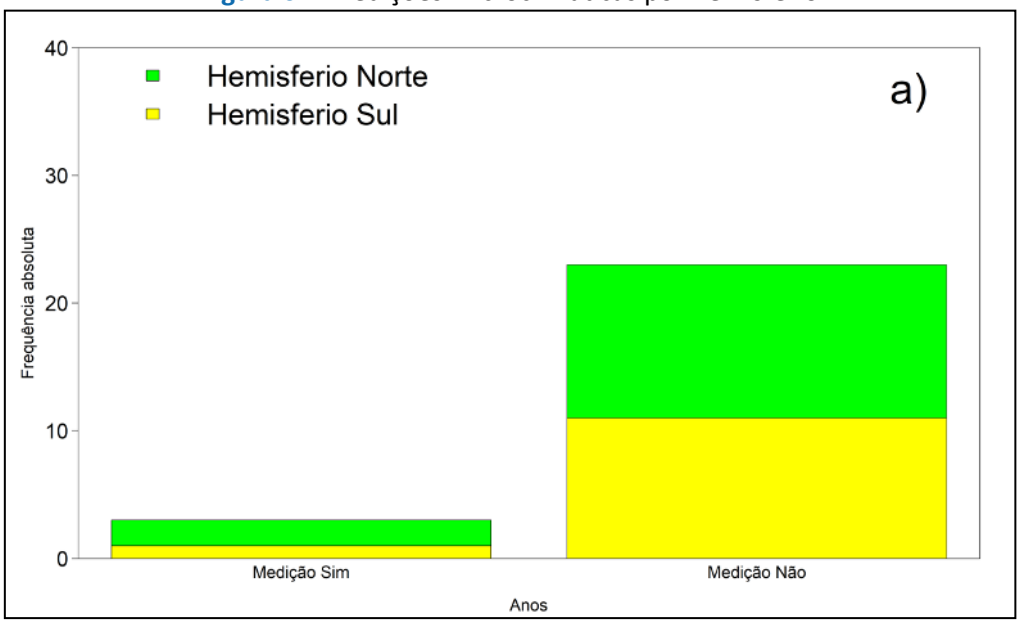
Considerando um nível de significância de 5%, como o p −valor > 0,05 não se rejeita H0, ou seja, **não existe associação** entre linhas e colunas.

- (RR)Risco Relativo= SIM A possibilidade de ter experimento microclimático do hemisfério norte é 0.63 vezes maior do risco no hemisfério sul.
- (RR)Risco Relativo = NÃO A possibilidade de não haver experimento microclimático em artigos feitos no hemisfério Norte é cerca de 0.40 vezes a possibilidade daqueles do hemisfério sul.
- (RC) Razão de chances= SIM A chance de ter a medição microclimática no hemisfério norte e cerca de 0.90 vezes a chance daqueles que fizeram as medições no hemisfério sul.

- (RC) Razão de chances = NÃO A possibilidade de não ter experimento microclimático no hemisfério norte é cerca de 1.83 vezes de chance os que não fizeram no hemisfério sul.

Na figura 01 a seguir observamos como estão distribuídos os trabalhos que realizaram a medições microclimáticas e os que não realizaram e aonde se concentram por hemisfério entre o norte e o sul.

Figura 01: Medições Microclimáticas por hemisfério



Fonte: Os Autores.

Já no que diz respeito à metodologia de classificação do método utilizado, o WUDAPT ou USO COBERTURA DO SOLO, pode ser observado de acordo com a tabela 9 a seguir.

Tabela 09: Metodologia de classificação

ESPOSIÇÃO (LG) LOCALIZAÇÃO GEOGRAFICA	METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO		TOTAL
	WUDAPT	USO E COBERTURA DO SOLO	
HEMISFÉRIO SUL	2	0	2
HEMISFÉRIO NORTE	20	4	24
TOTAL	22	4	26

Fonte: Os autores (2022).

RR= (Desfecho=WUDAPT) =(2:2)/(20:24)= 1.25

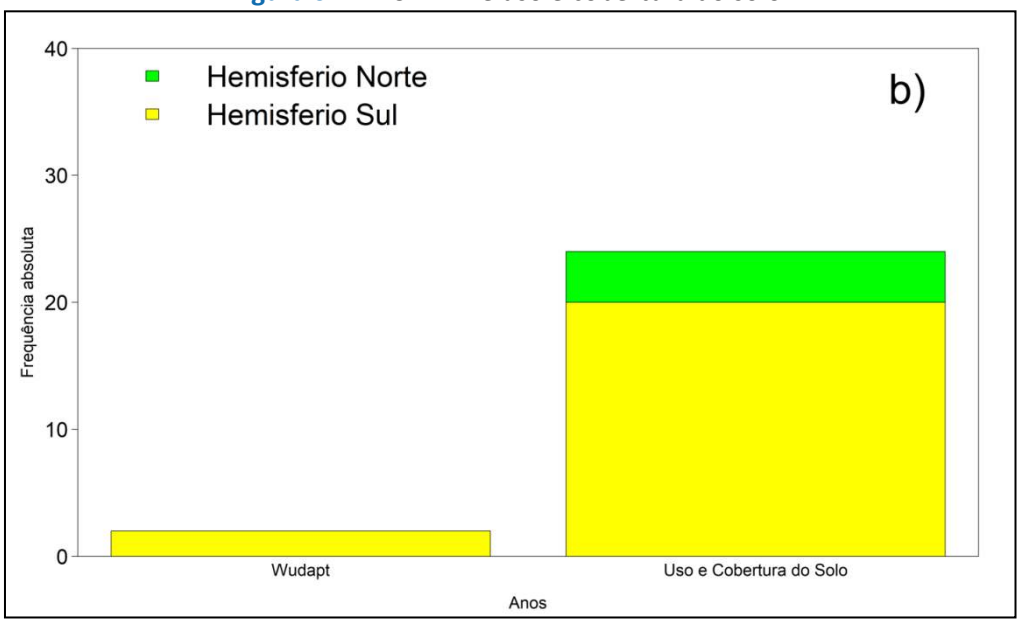
RR= (Desfecho=Uso e cobertura) = (0:2)/ (4:24)= 0

RC= (Desfecho= WUDAPT) = (2:0)/(20:4)= 0

RC= (Desfecho=Uso e cobertura) = (0:2)/ (4:20)= 0

Na figura 02 a seguir observamos como estão distribuídos os trabalhos que utilizaram a metodologia de WUDAPT de uso e comparação do solo por hemisfério, no caso no hemisfério norte e hemisfério sul.

Figura 02: WUDPTA e uso e cobertura do solo.



Fonte: Os autores.

Considerando um nível de significância de 5%, como o p −valor > 0,05, não se rejeita H0, ou seja, não existe associação entre linhas e colunas ou, não existe associação**.**

- (RR) Risco Relativo sim= WUDAPT A possibilidade de haver a utilização da ferramenta WUDPTA no hemisfério norte e cerca de 1.25 em relação ao hemisfério sul.
- (RR) Risco Relativo não= Uso e cobertura do solo A possibilidade de não haver a utilização do método de uso e cobertura do solo no hemisfério no hemisfério norte é cerca de 0 em relação ao hemisfério norte.
- (RC) Razão de chance sim= WUDAPT A chance de não haver o uso do WUDAPT no hemisfério sul e cerca de 0 em relação ao hemisfério norte.
- (RC) Razão de chance não= uso e cobertura, a chance de haver a utilização do uso e cobertura da terra no hemisfério norte em relação ao hemisfério sul é cerca de 0 chance.

Na tabela 10 a seguir podemos observar o resultado com relação a intensidade da ilha de calor urbana com relação a comparação de dados urbanos e rurais e o mapa de humidex que é um mapa de temperatura, umidade e HUMIDEX para cálculo dos dados da imagens de satélite.

Tabela 10: Intensidade da ilha de calor urbana

ESPOSIÇÃO (LG) LOCALIZAÇÃO GEOGRAFICA	INTENSIDADE ICU		TOTAL
	Comparação Dados Urbanos e Rurais	MAPA De Humidex	
HEMISFÉRIO SUL	2	1	3
HEMISFÉRIO NORTE	21	2	23
TOTAL	23	3	26

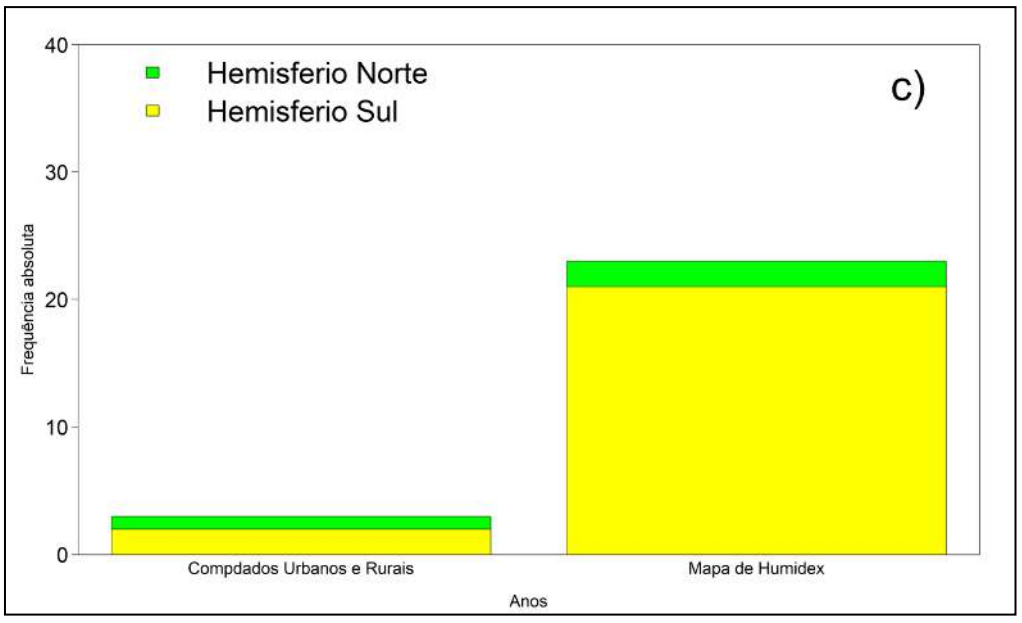
Fonte: Os autores (2022).

RR= (Desfecho= Comparação dos dados urbanos e rurais) =(1:3)/(21:23)= 0.65
RR$_{=}$ (Mapa de humidex) = (1:3)/ (2:23)= 3.75

RC= (Desfecho= Comparação dos dados urbanos e rurais) = (2:1)/(21:2)= 0.19
RC= (Desfecho= Mapa de humidex) = (1:2)/ (2:21)= 5.55

Na figura 03 a seguir observamos como estão distribuídos os trabalhos que utilizaram a método de comparação entre os dados urbanos e rurais e o método de cálculo do mapa de HUMIDEX por hemisfério, no caso no hemisfério norte e hemisfério sul.

Figura 03: Métodos utilizados nos trabalhos por hemisfério



Fonte: Os autores.

Considerando um nível de significância de 5%, como o p −valor > 0,05, não se rejeita H0, ou seja, não existe associação entre linhas e colunas ou, não existe associação entre abordagem.

- (RR) Risco Relativo sim= Comparação entre os dados urbanos e rurais A possibilidade de ter havido o método de comparação entre os dados urbanos e rurais é cerca de 0.65 vezes maior no hemisfério norte em relação ao sul.
- (RR) Risco Relativo não = Mapa de humidex A possibilidade de ter o uso do mapa de humidex para comparar a intensidade da ICU é cerca de 3.75 vezes no hemisfério norte do que em relação ao hemisfério sul.
- (RC)Razão de chance sim= Comparação entre os dados urbanos e rurais A chance de se ter utilizado o método comparação dos dados urbanos e rurais no hemisfério norte é cerca de 0.19 vezes a chance daqueles que fizeram no hemisfério sul.

Com relação ao que diz respeito a classificação da ilha de calor e o método utilizado para a análise imagem de satélite ou transecto móvel apresenta os dados na tabela 11:

Tabela 11: Classificação da ilha de calor urbana

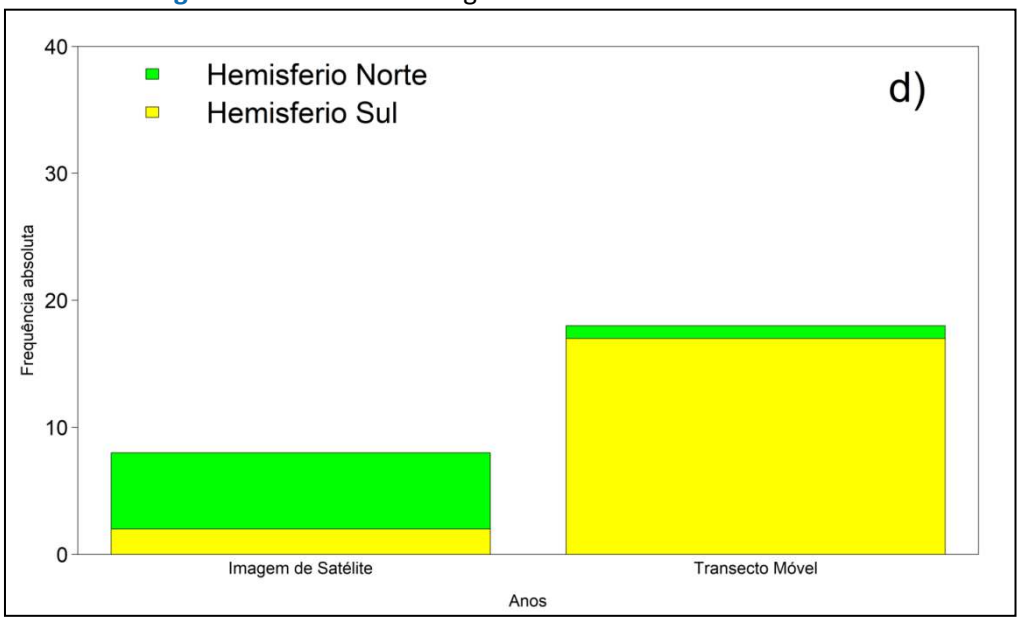
ESPOSIÇÃO (LG) LOCALIZAÇÃO GEOGRAFICA	CLASSIFICAÇÃO DA ICU		TOTAL
	IMAGEM DE SATÉLITE	TRANSECTO MOVEL	
HEMISFÉRIO SUL	2	6	8
HEMISFÉRIO NORTE	17	1	18
TOTAL	19	7	26

Fonte: Os autores (2022).

RR= IMAGEM DE SATÉLITE) =(2:17)/(8:18)= 0.25
RR$_{=}$ (TRANSECTO MÓVEL) = (6:8)/ (1:18)= 15
RC= (IMAGEM DE SATÉLITE) = (2:17)/(6:1)= 0.01
RC= (TRANSECTO MÓVEL) = (6:2)/ (17:1)= 0.17

Na figura 04 a seguir observamos como estão distribuídos os trabalhos que utilizaram a método de imagem de satélite e o método de cálculo do transecto móvel por hemisfério, no caso no hemisfério norte e hemisfério sul.

Figura 04: Método de imagem de satélite e transecto móvel



Fonte: Os autores.

Considerando um nível de significância de 5%, como o p −valor > 0,05, não se rejeita H0, ou seja, não existe associação entre linhas e colunas ou, não existe associação entre abordagem de transecto móvel e o tipo de estudo imagem de satélite.

(RR)Risco Relativo sim= Imagem de satélite A possibilidade de haver o uso dos dados da imagem de satélite no hemisfério norte é cerca de 0.25 vezes do risco em relação ao hemisfério sul.

- (RR) Risco Relativo não= Transcto móvel A possibilidade de ter havido as medições utilizando o método transcto móvel é cerca de 15 vezes do risco dos que não fizeram e grande parte estão no hemisfério sul.
- (RC) Razão de chances sim= Imagem de satélite O risco dos que usaram as imagens de satélite no hemisfério norte é cerca de 0.1 de chance em relação aos do hemisfério sul.
- (RC) Razão de chances= Transcto móvel O risco dos que usaram o transcto móvel é cerca de 0.17 0em relação ao hemisfério norte.

4. DISCUSSÃO

A presente revisão da literatura apontou para uma determinação da diferença entre a temperatura de superfície observada por satélite nas diferentes ZCL, o que pode ser evidenciado nos trabalhos de Ochola *et al*., (2020); Maharoof; Eammnuel; Thonsom (2020);

Yang *et al*., (2020); Kothakar; Bagade (2018); Wang *et al*., (2018); Kim; Gu; Kim (2018); Quan (2019); Yang *et al*., (2020); Pacific; Rama; Marins (2019), enquanto, Dian *et al*., (2020); Shi *et al*., (2018); Chen; Zheng; Hu (2019); Kotharkar *et al*., (2018); Liu *et al*., (2020); Shi; Xiang; Zhang (2019) apontam para as diferenças da intensidade das ICU em relação a ilha de calor de superfície urbana por meio de dados de temperatura de superfície nas diferentes ZCL. Esses resultados demonstram a contribuição das ZCL na intensidade das ICU por meio de dados de temperatura de superfície e de temperatura do ar.

Já nos trabalhos de Richard *et al*.,(2018); Huang; Wang, (2019); Yang, *et al*., (2017); Zhou *et al*., (2020); Vandamme *et al*., (2019) apontaram em seus estudos para a necessidade da criação de uma tipologia destinada a analisar as temperaturas rurais e urbanas tanto por meio das ZCL quanto por meio das Zonas Climáticas Urbanas (ZCU) com uso de uma ferramenta do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), combinando dados do *Corine Land Cover* (CLC) uma metodologia que objetiva produzir uma cartografia de ocupação e uso do solo nos países na União Europeia (UE) que poder ser associados ao banco de dados WUDAPT, tornando-se relevantes para analisar e discriminar diferentes resultados de temperatura de superfície e do ar em relação aos espaços e as estruturas, sendo a tipologia mais aplicável em contextos mundiais a das Zonas Climáticas Locais. Porém, Perera e Emmanuel (2018) sugerem a criação de subclasses de ZCL baseadas na topografia como melhor forma de categorizar as diferenças intraurbanas, o que pode refletir na determinação dos limites das ICU.

No entanto, apenas os estudos de Geletic *et al*., (2018), Huang e Ouwang, (2019), Quanz *et al*., (2018), Molnár, Gyonggyosi e Gal (2019), Chen, Zheng e Hu (2020) apontaram para uma correlação positiva entre as ZCL e a intensidade das ICU, respondendo, em parte, à questão central dessa pesquisa.

A metaanálise realizada utilizando a tabela de contingência e o software R nos permitiu a observação rápida entre a análise entre linhas e colunas em relação as medições microclimáticas, podemos observar que os trabalhos que realizaram as medições se encontram grande parte no hemisfério norte enquanto no hemisfério sul maioria utilizou dados terceirizados (TABELA 08) nesse caso logo não existe associação entre as linhas e as colunas.

Já no que diz respeito à metodologia de classificação da ilha de calor por WUDPTA ou uso cobertura do solo observar que no hemisfério norte foi realizada a análise com método de uso e cobertura do solo.

A intensidade da ilha de calor urbana em relação a comparação dos dados de comparação urbano e rural e o mapa de humidex foi possível analisar que no hemisfério norte foi utilizado grande parte dos trabalhos utilizando a comparação dos dados urbanos e rurais.

Nesse sentido, pode-se citar a alteração do balanço energético como produto das transformações na superfície da cidade e um dos fatores que têm efeito na modificação das propriedades da atmosfera, produzindo, assim, condições climáticas que diferem das áreas circunvizinhas e contribuem para o aquecimento urbano e a formação das ilhas de calor consiste em medir temperaturas na camada do dossel através de registros em pontos fixos e/ou a partir de transectos móveis. Os locais são tipicamente classificados como urbano ou rural, e suas diferenças de temperatura são tomadas para indicar a intensidade ou magnitude da ilha de calor (STEWART e OKE, 2012).

A abordagem convencional do fenômeno ilhas de calor consiste em medir temperaturas na camada do dossel através de registros em pontos fixos e/ou a partir de transectos móveis. Os locais são tipicamente classificados como urbano ou rural, e suas diferenças de temperatura são tomadas para indicar a intensidade ou magnitude da ilha de calor (STEWART e OKE, 2012).

A determinação da escala de trabalho é fundamental nas pesquisas que envolvem climatologia urbana. Em relação ao clima urbano, duas escalas são importantes, tendo em vista que a cidade como um todo interfere nas condições climáticas da sua área de influência. Tem-se a camada limite urbana (CLU) - acima dos telhados da cidade – que é homogênea sobre a área urbana. Por outro lado, as condições na camada dossel urbano (CDU), abaixo os telhados dos edifícios, podem variar significativamente a uma distância de até alguns metros, configurando diferentes microclimas (WERNECK, 2020).

A classificação da ilha de calor urbana utilizando a imagem de satélite e o método de transecto móvel pode perceber através das análises que grande parte dos trabalhos no hemisfério norte utilizaram as imagens de satélite para fazer as análises.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de uma extensa pesquisa sistemática da literatura apresentada no presente trabalho, buscou-se responder a seguinte pergunta "*Qual é a influência das Zonas Climáticas Locais (ZCL) na intensidade e ocorrência das Ilhas de Calor Urbanas (ICU)?*", destacando a relevância da metodologia WUDAPT. Foi possível verificar que as variações da temperatura intraurbana se estabelecem a partir das diferentes tipologias urbanas e rurais de uso, ocupação, morfologia, densidade e estrutura urbana, as quais são definidas e categorizadas por meio das Zonas Climáticas Locais (ZCL) e evidenciou-se assim, a elevação da temperatura de uma área urbana quando comparada a uma zona rural. A divisão das tipologias urbanas e rurais em ZCL é, portanto, justificada tanto em bases físicas quanto empíricas.

Em relação à ocorrência das ICU, todas as pesquisas levantadas apontaram para uma relação direta entre as ZCL de tipologias urbanas e formação das ICU. Essa classificação, apoiada em diversos resultados de pesquisas aqui analisados, configura-se como importante contribuinte na identificação das ICU bem como na definição da intensidade deste fenômeno do clima urbano, evidenciadas pela alta correlação de suas diferentes tipologias com a elevação e/ou diminuição das temperaturas do ar e de superfície por meio de transecto móvel e dados de imagens dos satélites.

A metodologia utilizada nesta revisão sistemática mostrou-se eficiente e adequada para a elucidação do objetivo apresentado. O efeito da ICU varia em diferentes condições climáticas regionais e está mais fortemente correlacionado com a velocidade do vento e a temperatura do ar durante o dia e a noite, respectivamente.

Na Revisão Sistemática, os desfechos variáveis são monitoradas durante o estudo para documentar o impacto que uma dada exposição tem no surgimento ou aumento de determinado tipo de experimentação, no caso observacional ou virtual. A metaanálise evidenciou logo no cálculo de contingência, não existir associação entre linhas e colunas em relação ao hemisfério norte e sul, pois o risco relativo é frequentemente utilizado para expressar a força de associação entre um fator de exposição e como desfecho.

A metaanálise apontou que grande parte dos trabalhos que fizeram o estudo ICU se concentra no hemisfério norte, bem como os trabalhos que utilizaram medições *in locus* enquanto no hemisfério sul utilizam mais dados secundários, o mesmo se constatou em relação ao uso de imagens de satélite no hemisfério norte, porém os transectos móveis são

mais utilizados no hemisfério sul para a determinação das ICUs. O uso do índice humidex é maior quando comparado com o uso de comparações urbano-rurais para a determinação das ICUs segundo a metaanálise, principalmente no hemisfério sul.

Por fim, a presente pesquisa evidenciou que a grande parte dos trabalhos sobre ICU utilizam o método das LCZs e se concentram no hemisfério norte e as LCZs oferecem um bom referencial metodológico para a apresentação de resultados básicos da modelagem do conforto térmico em áreas urbana. A urgência de tais ferramentas está se tornando cada vez mais clara, pois tanto as contribuições urbanas para a mitigação e adaptação ao clima, quanto o impacto das mudanças climáticas sobre os moradores urbanos, tornam-se mais significativas.

Portanto, sugere-se que pesquisas futuras analisem de forma ainda mais completa e ampla os dados disponíveis nas diferentes plataformas de pesquisa, identificando novos estudos sobre a temática aqui abordada e que estes sejam incluídos à base de dados aqui apresentada, com a finalidade de aumentar as evidências quanto o uso das ZCL na ocorrência e intensidade das ICU, com o objetivo de fornecer subsídio teórico-metodológico para o planejamento e configuração urbana.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), Conselho Nacional de Pesquisas **CNPq**. A primeira autora agradece o apoio do programa.

REFERÊNCIAS

DOS SANTOS CARDOSO, Renata; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Intensidade das ilhas de calor em Presidente Prudente (SP) através de zonas climáticas locais (LCZ). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 1685-1696, 2017.

BECHTEL, Benjamin *et al*. Mapeamento de zonas climáticas locais para um banco de dados mundial da forma e função das cidades. **ISPRS International Journal of Geo-Information** , v. 4, n. 1, pág. 199-219, 2015.

CHEN, Yaping; ZHENG, Bohong; HU, Yinze. Mapping Local Climate Zones Using ArcGIS-Based Method and Exploring Land Surface Temperature Characteristics in Chenzhou, China. **Sustainability**, v. 12, n. 7, p. 2974, 2020.

CHING, Jason *et al*. Caminho usando a ferramenta Cidade Sintética Digital do WUDAPT para gerar parâmetros de dossel urbano para modelagem atmosférica urbana em multiescala. **Clima Urbano** , v. 28, p. 100459, 2019.

DIAN, Csenge *et al*. Análise anual e mensal da intensidade da ilha de calor urbana de superfície em relação às zonas climáticas locais em Budapeste. **Clima Urbano** , v. 31, p. 100573, 2020. FIALHO, Edson Soares. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. 2009. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.

FERNÁNDEZ GARCÍA, Felipe. Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación. **Madrid: Editorial síntesis, SA**, 1996.

GELETIČ, Jan *et al*. Variabilidade espaço-temporal modelada do conforto térmico ao ar livre em zonas climáticas locais da cidade de Brno, República Tcheca. **Ciência do meio ambiente total** , v. 624, p. 385-395, 2018.

GELETIČ, Jan *et al*. Variabilidade sazonal inter/intrazonal da ilha de calor urbana de superfície com base em zonas climáticas locais em três cidades da Europa Central. **Edifício e Ambiente** , v. 156, p. 21-32, 2019.

GOBO, João Paulo Assis *et al*. O bioclima presente e futuro no estado de São Paulo/Brasil: análise espaço-temporal do conforto térmico humano. **Cidades e Sociedade Sustentáveis** , v. 78, p. 103611, 2022.

ELIASSON, Ingegard; SVENSSON, MK Variações da temperatura do ar espacial e uso do solo urbano - uma abordagem estatística. **Aplicações Meteorológicas** , v. 10, n. 2, pág. 135-149, 2003.

HUANG, Xin; WANG, Ying. Investigando os efeitos da morfologia urbana 3D no efeito da ilha de calor urbana de superfície em zonas funcionais urbanas usando dados de sensoriamento remoto de alta resolução: Um estudo de caso de Wuhan, China Central. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing** , v. 152, p. 119-131, 2019.

KANDYA, Anurag; MOHAN, Manju. Mitigar o efeito da Ilha de Calor Urbano através de modificações na envolvente do edifício. **Energia e Edifícios** , v. 164, p. 266-277, 2018.

KIM, Hyoungsub; GU, Donghwan; KIM, Hwan Yong. Efeitos da mitigação da Ilha de Calor Urbano em várias zonas climáticas nos Estados Unidos. **Cidades e Sociedade Sustentáveis** , v. 41, p. 841-852, 2018.

KOTHARKAR, Rajashree; BAGADE, Anurag. Avaliando a ilha de calor urbana nas zonas climáticas locais críticas de uma cidade indiana. **Paisagem e Urbanismo** , v. 169, p. 92-104, 2018.

LITARDO, Jacqueline *et al*. Intensidade da Ilha de Calor Urbana e necessidades energéticas dos edifícios em Duran, Equador: Estudos de simulação e proposta de estratégias de mitigação. **Cidades e sociedade sustentáveis** , v. 62, p. 102387, 2020.

KRÜGER, Eduardo Leite *et al*. Estudo de conforto em espaços abertos em região de clima temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido. **Ambiente Construído**, v. 12, p. 7-25, 2012.

LIU, Yan et ai. Efeitos de ilhas de calor urbanas de várias morfologias urbanas sob condições climáticas regionais. **Ciência do ambiente total** , v. 743, p. 140589, 2020.

MAHAROOF, Nusrath; EMMANUEL, Rohinton; THOMSON, Craig. Compatibilidade dos parâmetros da zona climática local para o projeto de ruas sensíveis ao clima: influência da abertura e propriedades da superfície no clima local. **Clima Urbano** , v. 33, p. 100642, 2020.

MOLNÁR, Gergely; GYÖNGYÖSI, András Zénó; GÁL, Tamás. Integração de uma classificação baseada em LCZ no WRF para avaliar o padrão de temperatura intra-urbana sob um período de onda de calor em Szeged, Hungria. **Climatologia Teórica e Aplicada** , v. 138, n. 1, pág. 1139-1158, 2019.

MUSHTAHA, Emad *et al*. Um estudo do impacto dos principais fatores urbanos da ilha de calor em um pátio de clima quente: o caso da Universidade de Sharjah, Emirados Árabes Unidos. **Cidades e Sociedade Sustentáveis** , v. 69, p. 102844, 2021.

OKE, Timothy R. *et al*. **Climas urbanos** . Imprensa da Universidade de Cambridge, 2017.

OKE, Timothy R. A base energética da ilha de calor urbana. **Jornal trimestral da Royal Meteorological Society** , v. 108, n. 455, pág. 1-24, 1982.

OKE, Tim R. Tamanho da cidade e ilha de calor urbana. **Ambiente Atmosférico (1967)** , v. 7, n. 8, pág. 769-779, 1973.

OCHOLA, Emmanuel Matsaba *et al*. Diferenciação de zonas climáticas interlocais das temperaturas da superfície terrestre para a gestão do calor urbano na cidade de Nairobi, no Quênia. **Clima Urbano** , v. 31, p. 100540, 2020.

PACIFICI, Martina; RAMA, Fabricio; DE CASTRO MARINS, Karin Regina. Análise da variabilidade da temperatura em espaços urbanos ao ar livre em múltiplas escalas. **Clima Urbano** , v. 27, p. 90-104, 2019.

PERERA, NGR; EMMANUEL, R. Uma abordagem baseada em "Zona Climática Local" para o planejamento urbano em Colombo, Sri Lanka. **Clima Urbano** , v. 23, p. 188-203, 2018. QUAN, J. Multi-Temporal Effects of Urban Forms and Functions on Urban Heat Islands Based on Local Climate Zone Classification. **Int. J. Environ**, v. 6, p. 1- 35, 2019.

QUANZ, Justus A. *et al*. Variabilidade em microescala da temperatura do ar dentro de uma zona climática local em Berlim, Alemanha, durante o verão. **Clima** , v. 6, n. 1, pág. 5, 2018.

RAMALHO, Anabela. Manual para redacção de estudos e projectos de revisão sistemática com e sem metanálise. **Estrutura funções e utilização na investigação em enfermagem. Coimbra: Formasau**, 2005.

RICHARD, Yves *et al*. Quão relevantes são as zonas climáticas locais e as zonas climáticas urbanas para a pesquisa do clima urbano? Dijon (França) como estudo de caso. **Clima urbano** , v. 26, p. 258-274, 2018.

DA SILVA, Edelci Nunes; RIBEIRO, Helena; SANTANA, Paula. Clima e saúde em contextos urbanos: uma revisão da literatura. **Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Barcelona: Universidad de Barcelona**, v. 19, n. 1092, 2014.

DE GODOI PINTON, Leandro *et al*. MAGNITUDES DO FENÔMENO DA ILHA DE CALOR URBANA EM SACRAMENTO (MG): PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO DO SISTEMA DAS ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS EM CIDADE DE PEQUENO PORTE.

SPRONKEN-SMITH, RA; OKE, TR Modelagem em escala de resfriamento noturno em parques urbanos. **Meteorologia de Camada Fronteiriça** , v. 93, n. 2, pág. 287-312, 1999.

STEWART, Ian D.; OKE, Tim R. Zonas climáticas locais para estudos de temperatura urbana. **Boletim da Sociedade Meteorológica Americana** , v. 93, n. 12, pág. 1879-1900, 2012.

SHI, Yurong; XIANG, Yirui; ZHANG, Yufeng. Fatores de design urbano que influenciam a ilha de calor urbana de superfície na cidade de alta densidade de Guangzhou com base na zona climática local. **Sensores** , v. 19, n. 16, pág. 3459, 2019.

SHI, Yuan et ai. Avaliação da classificação da zona climática local em ambiente urbano heterogêneo de alta densidade usando medição móvel. **Clima Urbano** , v. 25, p. 167-186, 2018.

PITTON, SEC. **As cidades como indicadores de alterações térmicas. São Paulo, 1997. 272p**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia Física)–Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

TIAN, Liu *et al*. Revisão sobre ilha de calor urbana na China: Métodos, seu impacto na demanda de energia dos edifícios e estratégias de mitigação. **Sustentabilidade** , v. 13, n. 2, pág. 762, 2021.

THOMAS, Jerry R.; NELSON, Jack K.; SILVERMAN, Stephen J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Artmed Editora, 2009.

UPMANIS, Hillevi; ELIASSON, Ingegard; LINDQVIST, Sven. A influência das áreas verdes nas temperaturas noturnas em uma cidade de alta latitude (Göteborg, Suécia). **Revista internacional de climatologia: uma revista da sociedade meteorológica real** , v. 18, n. 6, pág. 681-700, 1998.

HAN, Bing *et al*. Usando Zonas Climáticas Locais para investigar a evolução espaço-temporal do ambiente térmico no nível regional urbano: Um estudo de caso em Xi'an, China. **Cidades e Sociedade Sustentáveis** , v. 76, p. 103495, 2022.

WANG, Chuyuan *et al*. Assessing local climate zones in arid cities: The case of Phoenix, Arizona and Las Vegas, Nevada. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 141, p. 59-71, 2018.

WANG, Jiong; OUYANG, Wanlu. Atenuar a superfície da Ilha de Calor Urbano dentro das Zonas Térmicas Locais através da modificação da superfície terrestre. **Revista de gestão ambiental** , v. 187, p. 239-252, 2017.

WAI, T. K. *et al*. Structural equation modelling of occupant satisfaction with indoor environmental quality of office buildings in Singapore. In: **16th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate**. International Society of Indoor Air Quality and Climate, 2020.

WOLLMANN, Cássio Arthur *et al*. Variabilidade termo-higrométrica em orlas marítimas em balanço negativo de radiação: Um estudo de caso de balneário Camboriú/SC, Brasil. **Atmosfera**, v. 12, n. 11, pág. 1453, 2021.

YANG, Xiaoshan *et al*. Avaliação do impacto do efeito da ilha de calor urbana na carga de resfriamento do edifício com base no esquema de zona climática local. **Procedia Engineering**, v. 205, p. 2839-2846, 2017.

YANG, Xiaoshan *et al*. Impacto da ilha de calor urbana na demanda de energia em edifícios: zonas climáticas locais em Nanjing. **Energia Aplicada**, v. 260, p. 114279, 2020.

YANG, Xiaoshan *et al*. Avaliando o comportamento térmico de diferentes zonas climáticas locais na metrópole de Nanjing, China. **Edifício e Ambiente**, v. 137, p. 171-184, 2018.

YANG, Xiaoshan *et al*. Impacto da ilha de calor urbana na demanda de energia em edifícios: zonas climáticas locais em Nanjing. **Energia Aplicada**, v. 260, p. 114279, 2020.

ZHOU, Xilin *et al*. Avaliação de ilhas de calor urbanas usando zonas climáticas locais e a influência da brisa marítima-terrestre. **Cidades e Sociedade Sustentáveis**, v. 55, p. 102060, 2020.