Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
Editora

EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS DE TEMPERATURA: A INCIDÊNCIA DE ONDAS DE CALOR EM RIO CLARO - SP, COM BASE EM DIFERENTES METODOLOGIAS ANALÍTICAS

Extreme temperature meteorological events: the incidence of heat waves in Rio Claro – SP, based on different analytical methodologies

Événements météorologiques extreme du température: l'incidence des vagues de chaleur à Rio Claro – SP, basée en différentes méthodologies analytiques.

Karime Pechutti Fante
Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental/Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP/IGCE)
karime.fante@unesp.br

Resumo: A eminência e constatação de um aquecimento global tem alertado a sociedade e cientistas sobre a frequência, intensidade e impactos dos eventos meteorológicos extremos. Sobre este assunto o presente artigo teve o intuito de analisar e comparar diferentes metodologias utilizadas para identificação de ondas de calor ocorridas na cidade de Rio Claro, cidade de porte médio, localizada no interior de São Paulo. Para a execução da pesquisa foram utilizados dados diários de temperatura máxima e mínima, entre os anos de 1994 a 2023. Cada metodologia selecionada: WSDI-OMM, IPCC, Silveira (2014) e Diaz et al. (2002) apresenta uma característica específica e abrange dias de permanência e intensidade diferentes das ondas calor. A exemplo, o índice utilizado pela Organização Meteorológica Mundial (WSDI) considera como onda de calor ao menos 6 dias consecutivos com temperatura máxima maior ou igual a 5°C em relação a temperatura média do período de referência, enquanto Diaz et al. (2002), considera ao menos 2 dias com temperaturas máximas e mínimas superiores ao Quantil 90. As ondas de calor foram contabilizadas em períodos sazonais, anuais e decenais. Identificou-se que os períodos de maior frequência às ondas de calor ocorrem nos meses de primavera e verão. Houve um aumento no número de eventos extremos nos últimos anos, notadamente na década de 2014 a 2023, com 48% das ocorrências verificadas pelas técnicas de Silveira e Diaz, 62% dos episódios registrados pelo índice da OMM e 77,8% das ocorrências registradas, nas três décadas analisadas, a partir do índice proposto pelo IPCC.

Palavras-chave: Ondas de calor. Evento meteorológico extremo. Temperatura. Rio Claro. Climatologia.

Abstract: The eminence occurrence of global warming has alerted society and scientists about the frequency, intensity and impacts of extreme Weather events. About this subject, this article analyzed and compared different methodologies used to identify heat waves occurring in the Rio Claro city, medium-sized city, located in São Paulo State. For realization the research, daily maximum and minimum temperatures were used, between the years 1994 to 2023. Each methodology: WSDI-WMO, IPCC, Silveira and Diaz have a specific and covers differents days of duration and intensity of the heat waves. For example, the index used by the World Meteorological Organization (WSDI-WMO) considers at least 6 consecutive days with a maximum temperature greater than 5°C in relation to the average temperature of the reference period, while Diaz et. al. (2002), considers at least 2 days with maximum and minimum temperature greater than Quantile 90. The heat waves were counted in seasonal, annual and decennial periods. It was identified that the periods with the highest frequency of heat waves occur in the spring and summer months. There has been increase in the number of extreme events in recent years, notably in the decade from 2014 to 2023. Verified by the Silveira and Diaz techniques 48% of the occurrences in this period, 62% of the episodes recorded by the WMO index and 77,8% of the occurrences recorded, in the three decades analyzed, based on the index proposed by IPCC.

Keywords: Heat waves. Extreme meteorological events. Temperature. Rio Claro. Climatology.

Resumé: L'imminence et la constatation du um réchauffement global ont alerte la societé et les scientifiques sur la fréquence, l'intensité et les impacts des événements météorologiques extremes. Sur cette sujet, cet article visait à analyser et comparer diferentes méthologies utilisées pour identifier les vagues de chaleur survenues dans la ville de Rio Claro, une ville moyenne située à l'intérieur de São Paulo. Pour faire la recherche ont été utilisé des donnés de températures maximales et minimales, dans les années 1994 et 2023. Chaque méthodologie sélectionnée: WSDI-OMM, GIEC, Silveira e Diaz, il a une caractéristique spécifique et couvre différents jours de permanence et d'intensité de las vagues de chaleur. Par exemple, l'indice utilisé par l'Organisation météorologique mundiale (WSDI) considere comme vague de chaleur au moins 6 jours consécutifs avec une température maximale supérieure ou égale à 5°C em comparaison à la temperature moyenne de la période de référence, tandis que Diaz et. al. (2002), considere au moins 2 jours avec des températures maximales et minimales supérieures au Quantile 90. Les vagues de chaleur ont été quantifiés sur des périodes saisonnières, annuelles et décenalles. Il a été idetifié que les périodes où les vagues de chaleurs sont plus fréquentes est en printemps et été. Il y a une aumente dans le nombre d'événements extremes dans les dernières années, notamment aucours de la décennie 2014 à 2023, avec 48% desévénements vérifiés par les techniques de Silvera et Diaz, 62% des épisodes enregistrés par l'indice de l'OMM et 77,8% des événement sem registrés, aucours des trois décennies analysées, sur la base de l'indice proposé par le GIEC.

Mots- clés: Vague de chaleur. Événement météorologique extreme. Temperature. Rio Claro/SP. Climatologie.

Submetido em: 21/02/2024
Aceito para publicação em: 02/09/2024
Publicado em: 14/09/2024

1. INTRODUÇÃO

Os eventos extremos constituem-se como uma forma de paroxismo climático que se manifestam como anomalias/desvios que flutuam em torno de um padrão médio.

Tais incidências têm sido estudadas por diversos pesquisadores e os principais estudos demonstram uma alteração significativa no aumento da frequência e intensidade dos episódios de precipitação e temperatura. De acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde, Ministério da Saúde (2015, p.8) apenas nos anos 2000 a 2009 foram registrados 922 casos de desastres nas Américas associados aos eventos extremos. Deste total, calcula-se que aproximadamente 71 milhões de pessoas foram impactadas, enquanto na década de 1970 a 1979, para a mesma região, foram registradas 216 ocorrências.

Diversos estudos também têm demonstrado que a atmosfera vem se alterando nos últimos anos. Grande parte desta alteração é resultado da composição entre os aspectos naturais e, especialmente, das atividades socioeconômicas urbanas, podendo ocasionar à população mundial um aumento expressivo no número e intensidade dos eventos meteorológicos e climáticos extremos, considerando diferentes cenários, como aponta os estudos do Painel Intergovernamental de Mudanças climáticas – IPCC (2021) para os próximos 100 anos.

Nesta abordagem os eventos extremos são entendidos e classificados a partir da fonte geradora de energia que desencadeiam essas manifestações: geofísicas (processos erosivos, movimentos de massa e deslizamentos), hidrológicas (enchentes, alagamentos e inundações, deslizamento de massas úmidas), climatológicas (estiagem e seca, incêndios florestais, chuvas de granizo, geadas e ondas de frio e calor), atmosféricas/meteorológicos (raios, ciclones, tornados e vendavais) (Ufsc-Ceped, 2012 [1] *apud* Organização Pan-Americana Da Saúde, Ministério Da Saúde, 2015).

No Brasil, os dados de eventos extremos são discrepantes em relação à América Latina e os eventos de cunho climatológico, especialmente a seca e estiagem, representam as maiores porcentagens de ocorrência: 54%, com aproximadamente 50 milhões de pessoas afetadas; seguido pelos desastres de cunho hidrológico com o total de 33% das ocorrências e

[1]UFSC-CEPED. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de estudos e pesquisas sobre desastres. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil.Florianópolis: CEPED UFSC; 2012.

quase 39 milhões de atingidos; os desastres de origem meteorológica que atingem limiares de 7%; e os de gênese geológica que correspondem a 6% dos incidentes em todo o território nacional (Ufsc-Ceped, 2012 *apud* Organização Pan-Americana Da Saúde, Ministério Da Saúde, 2015, p.14 e p.22).

Tradicionalmente os eventos considerados extremos são aqueles em que ultrapassam os limiares estatísticos definidos como normais/habituais no local em que ocorrem. Organizações importantes como o IPCC, por exemplo, consideram essa definição para os seus estudos. Devido ao seu caráter excepcional (baixa frequência), magnitude, e duração, não existe um consenso sobre o conceito e, portanto, os limiares de intensidades e impactos são definidos a partir do fenômeno e da relação espaço-tempo ocorridos nos locais atingidos.

No entanto, alguns autores como Sant'anna Neto (2001), Armond (2014) e Silveira (2014) também enfatizam a necessidade de entendimento da conjuntura geográfica em que estes eventos ocorrem: seja do ponto de vista da produção do espaço urbano, que podem intensificar os eventos extremos e gerar desarranjos com valores cada vez mais baixos e, também, das condições socioeconômicas que definirá, em primeira ordem, sobre o grau de vulnerabilidade em que a população atingida está inserida.

Para Armond (2014, p. 77) os conceitos de "eventos extremos" e "episódios extremos" devem ser distinguidos: eventos extremos são aqueles, definidos pela climatologia clássica, que ultrapassam os valores médios habituais meteorológicos, enquanto os episódios apenas são identificados quando causam desarranjos e impactos na sociedade.

Autores como Almeida (2012) e Bryant (1993) alertam que a capacidade de reconhecer e categorizar um evento extremo dependerá sempre do contexto socioespacial do local em que ocorre. As magnitudes aceitáveis e normais serão diferentes nas zonas latitudinais, por exemplo. Além disso, estão fortemente associadas a capacidade econômica e tecnológica de cada grupo social em se precaver, prevenir, resistir e restaurar. Quanto mais raro ou imprevisível um evento, menor será a capacidade de resposta das populações.

Em específico aos eventos climáticos entende-se que existe uma variabilidade natural, um estado normal bem conhecido e definido estatisticamente a partir das médias e valores absolutos de um período e das normais climatológicas. Um extremo, por sua vez, de acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2001, p. 800) *apud*

Almeida (2012, p.54): “é um evento raro dentro de uma referência estatística de um lugar particular”.

Albala-Bertrand (op.cit. 1993)[2] *apud* Vicente (2004, p.08) também propõe alguns parâmetros para identificação e caracterização dos eventos. Segundo os autores pode-se definir a partir de 7 pontos principais: magnitude, a máxima energia liberada por um evento; frequência, taxa de ocorrência média que um determinado evento se manifesta; duração, espaço de tempo em que o evento persiste; extensão da área, área geográfica atingida; velocidade do avanço, tempo entre o surgimento do evento até seu ápice; padrão de dispersão espacial, padrão de distribuição do evento sobre uma área geográfica; e regularidade, período de recorrência entre um evento e outro.

De acordo com Fante (2019, p. 159) as ondas de calor e frio são caracterizadas por períodos em que ocorre uma permanência de dias com temperaturas extremas quentes ou frias capazes de desencadear problemas à saúde humana e animal, agricultura, transportes e abastecimento. Para Nogueira *et. al.* (2009, p. 88) as ondas constituem um importante problema de saúde pública a partir do seu potencial de impacto especialmente para populações vulneráveis (idosos, crianças, doentes, enfermos, pessoas com baixa condição socioeconômica etc.). Sobre esse assunto, Boni et. al. (2023, p.1) expressa sua preocupação especialmente com o grupo de idosos: “ontologicamente, há uma diferença individual, biofísica à percepção do calor para os idosos, e, portanto, a duração das ondas de calor experimentadas por esse grupo pode ser mais longa do que as medições climáticas ou alertas políticos indicam”. De acordo com os autores supracitados:

> Fisiologicamente, o estresse térmico ocorre quando o corpo humano não consegue termo regular devido ao excesso de calor no ambiente circundante. A exposição prolongada ao calor pode agravar uma série de doenças (morbidade), incluindo falência de órgãos e doenças cardiovasculares e pulmonares e, em situações extremas, levando à morte prematura (mortalidade) (Meade et. al. 2020; Bróczek 2021 *apud* Boni et. al, 2023, p.7).

Além disso, para os autores, os estudos sobre os impactos das ondas de calor são frequentemente reduzidos a taxas de mortalidade e morbidade de populações inteiras. Essa generalização é útil para a perspectiva biofísica, contudo, é insuficiente para o desvelamento

[2] ALBALA-BERTRAND, J. M. Political economy of large natural disasters: with a special reference to developing countries. New York: Oxford University Press, 1993, 259 p.

dos grupos mais vulneráveis e, consequentemente, dificulta a preparação de medidas de adaptação adequadas e eficazes. Boni et. al (2023, p.7) argumentam que o calor/ondas são eventos simultaneamente biofísicos e socioculturais.

Neste sentido, e corroborando com essa discussão, a teoria da Geografia do Clima (Sant'Anna Neto, 2001 e 2011) revela que as questões sociais, e o grau de vulnerabilização dos grupos, são imprescindíveis para a compreensão dos impactos ao calor. De acordo com Fante (2019), em uma pesquisa executada na cidade de Presidente Prudente/SP, do total de 300 pessoas entrevistadas, apenas 17% relataram recorrer ao uso do ar-condicionado para amenização da temperatura do ar. Mesmo que seja um recurso basilar para a qualidade de vida, especialmente nos países tropicais, esse é um recurso dispendioso e requer um investimento significativo para pagar o consumo energético gerado para a maioria da população. Devido a essa impossibilidade econômica grande parte da população recorre a utilização dos ventiladores que, apesar de não diminuir a temperatura do ambiente, faz com que haja a circulação do ar e melhore, consequentemente, as condições de sensação térmica. Dentre as práticas ressaltadas essa é a mais utilizada para 86% da população pesquisada, acionando o aparelho sempre que deseja e sente necessidade.

Para Fante (2019, p. 268), muitas vezes esse impacto ao calor não gera dados de mortalidade e morbidade, uma vez que a população tende a se medicar sem o auxílio profissional, mas, a partir de um olhar direcionado ao indivíduo, há relatos que, nos períodos de calor, se sentem mais cansados e com maior irritabilidade, e, em muitos casos, agravam enfermidades circulatórias como problemas com a pressão, dor de cabeça, tontura, devido ao acionamento constante dos mecanismos fisiológicos termorreguladores.

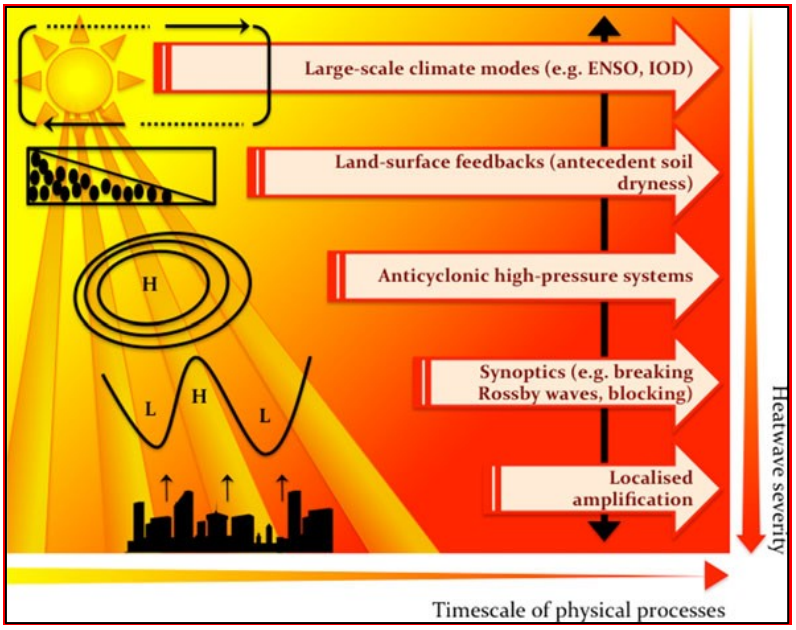
Do ponto de vista meteorológico as ondas de calor se manifestam especialmente em momentos de estabilidade atmosférica. Estudos como os realizados por Gershunov e Douville (2008, p.75) apontam que as anomalias associadas ao calor são oriundas da atuação de anticiclones de bloqueio que persistem por um determinado período. De certo modo são caracterizados pela falta de chuva e condições prévias de solo e atmosfera seca. Fato importante é que a magnitude, duração e extensão espacial são características que contribuem para a gravidade de seus impactos.

De acordo com Perkins-Kirkpatrick *et. al.* (p.102, 2016), para o contexto australiano, as ondas de calor é o mais mortal entre os *hazards* e representam 55% de todas as mortes

causadas por catástrofes naturais. Para esses autores existe uma série de processos de diferentes escalas temporais e espaciais que interagem e contribuem para a formação das ondas de calor. Normalmente quando mais de um processo ocorre simultaneamente o evento extremo tende a ter maior repercussão, magnitude, duração e abrangência espacial.

Os autores supracitados sugerem uma síntese com os principais processos que podem agravar a intensidade e permanência das ondas de calor. Citam-se: os processos climáticos de larga escala como o ENOS (El Niño e Oscilação Sul); respostas do uso do solo como períodos de secas prévias ao evento de ondas de calor; sistemas anticiclônicos de alta pressão; situações sinóticas como os bloqueios e rupturas das ondas de Rossby; ampliação das situações negativas pelo uso do solo local (figura 1).

Figura 1 - Ondas de calor e processos físicos que contribuem para sua gênese e permanência.

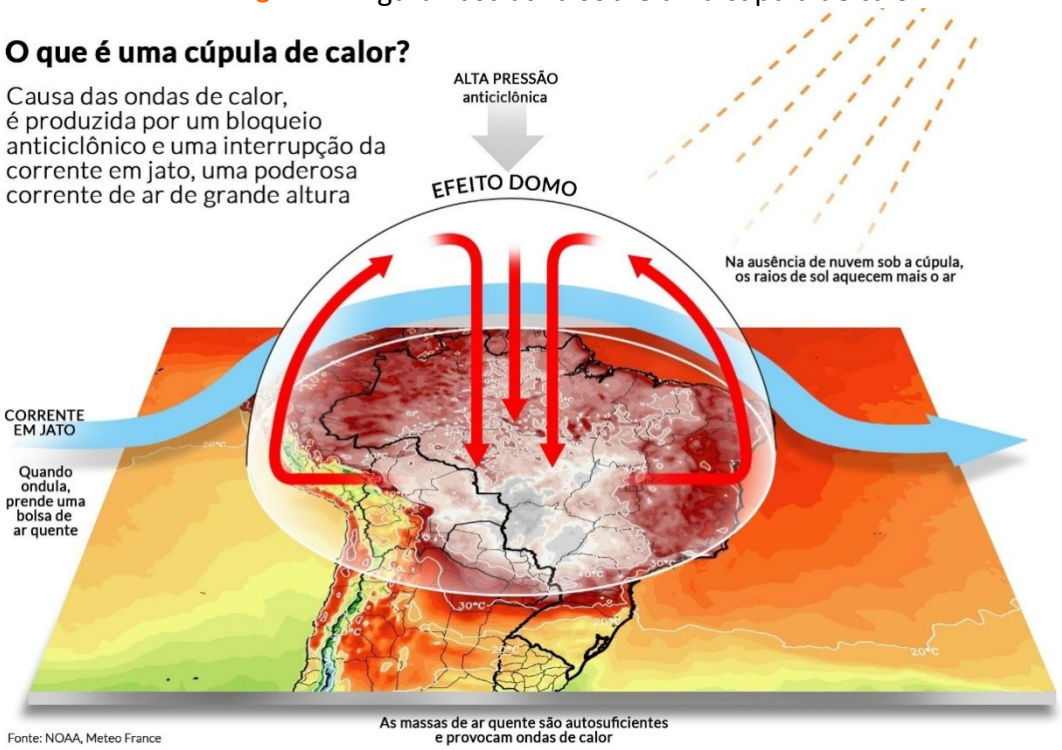


Fonte: Perkins-Kirkpatrick *et. al.* (2016, p.104).

Algumas destas manifestações atmosféricas, que podem levar a formação de ondas, têm sido retratadas como cúpulas de calor ou bolhas de calor. Segundo Sias (2024) “uma cúpula de calor é criada quando uma área de alta pressão permanece sobre a mesma área por dias ou até semanas (...)”. O bloqueio anticiclônico é capaz de impedir a circulação de correntes de jato e a aproximação de outras massas de ar que poderiam gerar instabilidade, formação de nuvens e precipitação. Segundo a nota técnica emitida pelo CPTEC INPE, em setembro de 2023, a ausência de nebulosidade acaba agravando o processo meteorológico:

este sistema favorece o aumento da intensidade de radiação solar e, em consequência, o aumento das temperaturas, principalmente as máximas. A dinâmica deste sistema também influencia nas condições de umidade que tende a ficar mais baixa que o esperado e, portanto, contribui para piorar os indicadores da qualidade do ar.

Figura 2 - Figura ilustrativa sobre uma cúpula de calor.



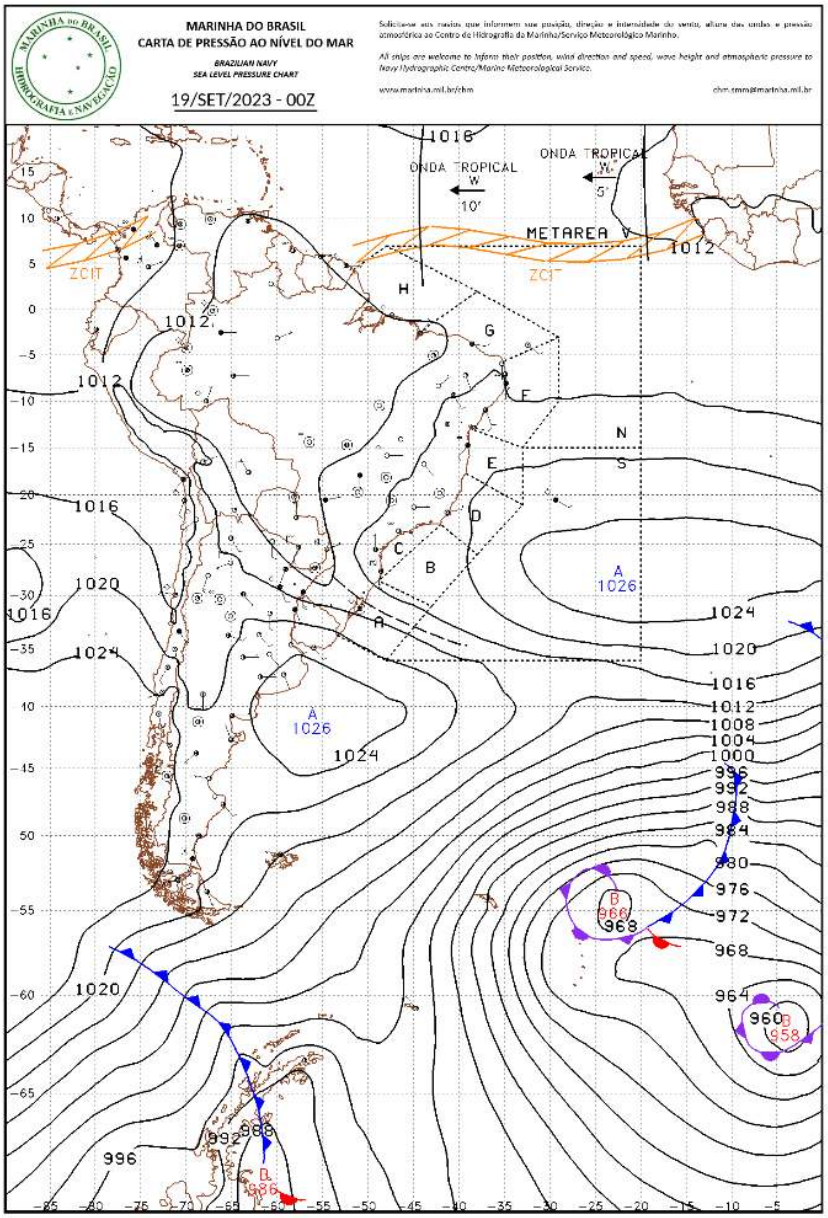
Fonte: https://www.abcmais.com/brasil/o-que-e-a-bolha-de-calor-que-pode-provocar-calor-extremo-com-risco-a-vida-e-temperaturas-entre-40c-e-45c-em-regioes-do-brasil/

No Brasil, durante uma onda de calor que ocorreu no mês de setembro de 2023, observou-se que tal situação sinótica abrangeu grandes áreas espaciais. Mesmo com o núcleo do sistema anticiclônico sobre o Oceano Atlântico o seu raio de influência e atuação atingiu boa parte do país e gerou ápices de temperatura (figura 3). De acordo com o INMET (2023), na capital paulista a média das temperaturas máximas atingiu 30,2ºC, 5°C acima da normal climatológica, que é 25,2°C. Para as temperaturas mínimas, observou-se novamente outro recorde, 18,1°C, sendo a normal climatológica para este parâmetro, 14,9°C.

Compreendendo a importância de um estudo específico às ondas calor, esta pesquisa é a primeira aproximação sobre o objeto de estudo. Pretende-se analisar e comparar diferentes metodologias utilizadas para identificação de ondas de calor e compreender as ocorrências na cidade de Rio Claro, cidade de porte médio, localizada no interior de São Paulo,

nos últimos 30 anos (1994 a 2023). Maiores aprofundamentos sobre os impactos para a sociedade deverão ser mais bem compreendidos em pesquisas futuras.

Figura 3 - Carta sinótica. Pressão ao nível do mar durante onda de calor atuante no Brasil, no dia 19 de setembro de 2023.



Fonte: https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas

2. ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Rio Claro localiza-se no interior do Estado de São Paulo (Figura 04), a aproximadamente 180 km da capital. Situa-se na borda nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, composta por rochas sedimentares da era Paleozóica (Formação Corumbataí) e da era

Cenozóica (Formação Rio Claro) (Cottas[3], 1983; Zaine[4], 1994; Hardt[5], 2009 *apud* Fagundes e Lupinacci, 2017, p.49).

De acordo com IPT (1981) *apud* Fagundes e Lupinacci (2017, p.50):

> *os solos resultantes da alteração da Formação Corumbataí possuem caráter argiloso com intercalações arenosas ou siltosas (argissolos). Sua espessura é muito variada, podendo chegar a 10 metros*.

Os solos da Formação Rio Claro, por sua vez, são constituídos especialmente por Latossolos vermelho-amarelos, solos arenosos e espessos podendo chegar a 12m de profundidade (Cottas, 1983; Zaine, 1994, apud Fagundes e Lupinacci, 2017, p. 50).

Do ponto de vista geomorfológico a área de estudo localiza-se na Média Depressão Periférica Paulista (Almeida[6], 1964, apud Armani et. al., 2015, p.3):

> *trata-se de um compartimento topograficamente rebaixado entre o Planalto Atlântico, a leste, e as cuestas basálticas, a oeste, constituído por colinas amplas com altitudes que variam de 600 a 670m* (Armani et. al., 2015, p.3).

Em relação ao clima, Dubreuil et. al, (2018, p. 22), utilizando os tipos de climas anuais, uma metodologia aprimorada das definições de Koppen (1900), esclarece que Rio Claro localiza-se em uma área Cwa, clima temperado com verão quente e úmido, em mais de 80% dos anos analisados em sua pesquisa. Ulman et. al. (2023, p. 183) complementa que a precipitação média anual é de 1434 mm, sendo os meses representativos de verão aqueles com maior volume. Desde o ano de 1994 a 2022, a média de temperatura anual na cidade foi de 23,2°C, contudo os ápices de calor podem ser verificados nos meses de dezembro e fevereiro, com 25,4°C, e janeiro, com a média de 25,2°C. Nos meses de inverno, as menores temperaturas médias são percebidas nos meses de junho e julho, com 19,1°C e 19,2°C, respectivamente (Campese *et. al,* p.169, 2023).

---

[3]COTTAS, L.R. Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro SP. São Paulo, 1983. 2v., 171 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

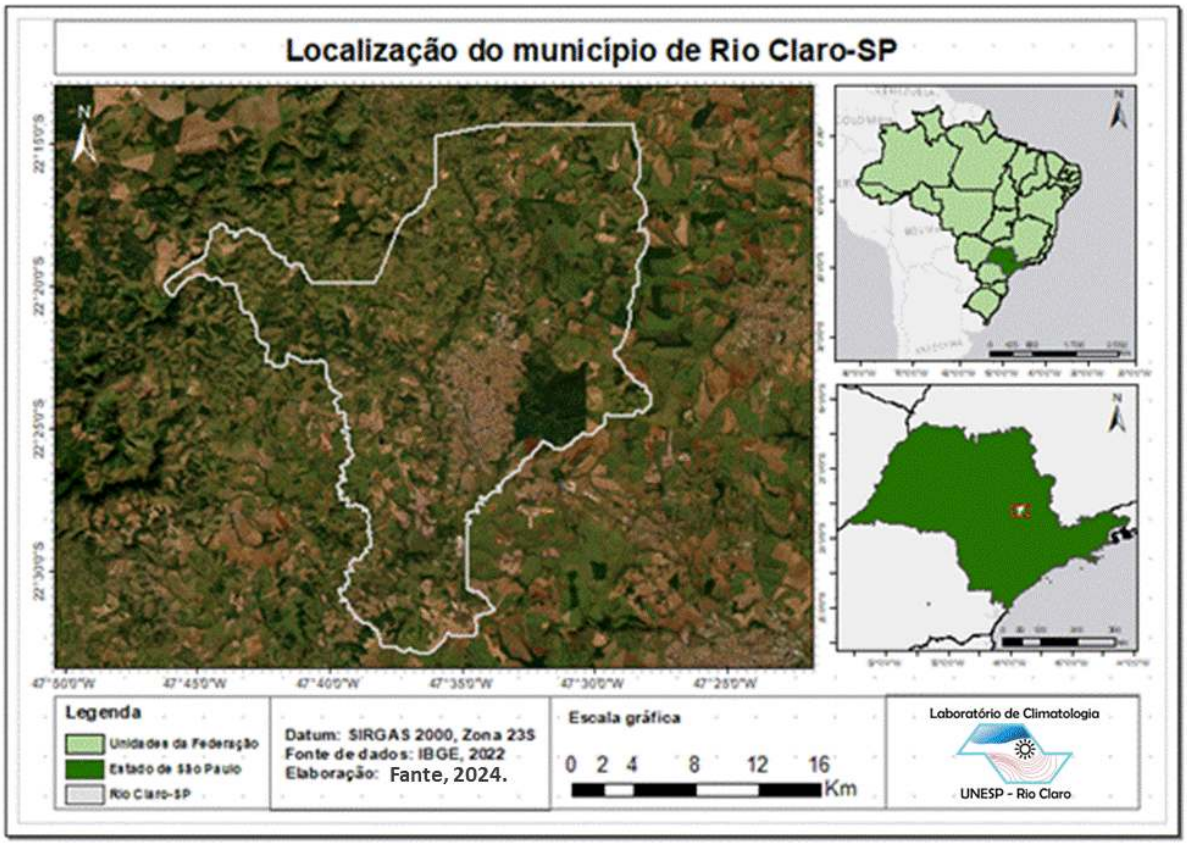
[4] ZAINE, José Eduardo. Geologia da formação de Rio Claro na folha de Rio Claro. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 1994.

[5]HARDT, R. A. Identificação e Diagnóstico dos Impactos Ambientais Ocorridos nos Cursos D'água Localizados na faixa Oeste da Floresta Estadual "Edmundo Navarro de Andrade" (Rio Claro/SP). 2009. 85f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

[6] ALMEIDA, F. F.M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, 41: p. 169-263, 1964.

Ainda em relação a geografia do local Rio Claro apresentou no último censo, 2022, 201.418 habitantes, sendo 36,75% trabalhadores formais (77.018 pessoas) com remuneração média mensal de 2,9 salários-mínimos. Apresenta uma centralidade sub-regional próxima a grandes centros urbanos como: Piracicaba, São Carlos, Limeira, e situa-se à margem de uma importante rodovia do Estado, que interliga a capital ao interior de São Paulo, a Washington Luís. Em 2022, a área do município era de 498,422 Km² (IBGE, 2022).

Figura 4 - Localização do município de Rio Claro-SP.



Fonte: IBGE, 2022. Organização: autora.

3. METODOLOGIA

3.1. Dados meteorológicos

Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos junto a estação meteorológica de Rio Claro, localizada nas dependências do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), campus de Rio Claro, e mantida a partir de um convênio entre a Prefeitura Municipal e o Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA).

Foram selecionados os dados de temperatura máxima e mínima absolutos, diários, compilados entre os anos de 1994 e 2023, representando os 30 anos de atividades da Estação, e dados horários (12 UTC e 24 UTC) que, posteriormente, foram calculados em médias diárias compensadas. Os dados de 1994 a 2010 foram coletados na estação convencional (manual) e a partir de 2011 pela estação automática - Estação automática Vaisala MAWS 100 e pela Estação automática Davis Pro Plus II localizadas no mesmo perímetro da estação convencional.

3.2. Índices de ondas de calor

Para identificação dos eventos de ondas de calor foram selecionados índices previamente aplicados em referenciais bibliográficos nacionais e internacionais. Esses índices, de acordo com Monteiro e Carvalho (2013, p.118), podem ser utilizados tendo dois focos principais. O primeiro utilizado na identificação e relação direta entre os elementos climáticos e a saúde e bem estar dos seres humanos, chamados **bioclimáticos** (por exemplo, os índices de desconforto de Thom e *Heat índex*); e o segundo, os **índices climáticos** que se pautam essencialmente nos valores quantitativos (utilizados, por exemplo, pela Organização Meteorológica Mundial – OMM, Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas; índice Australiano; a técnica elaborada por Silveira, 2013; e a técnica intitulada Warm *Speel Duration Index*-WSDI-OMM, elaborada pela OMM).

É importante ressaltar que cada perspectiva ressalta em suas análises um aspecto diferente e, portanto, cada qual prioriza intensidades e permanências de temperaturas extremas diferentes, sendo a diversidade de limiares quantitativos o critério para escolha dos Índices climáticos (Quadro 1).

Quadro 1- Índices climáticos e critérios para identificação de ondas de calor.

Técnica	Autor	Tempo de permanência	Limiar considerado	Descrição
***Warm Speel Duration Index* (WSDI-OMM)**	OMM	6 dias consecutivos	Temperaturas superiores ao Percentil 90	Identifica eventos de longa duração com valores pertencentes aos 10% mais quentes da série.
Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)	IPCC	5 dias consecutivos	Temperaturas superiores a 5°C ao valor da normal climatológica	Identifica eventos de longa duração e temperaturas elevadas.
SILVEIRA	Silveira	3 dias consecutivos	Temperaturas superiores ao Percentil 90	Identifica eventos de curta duração com valores pertencentes aos 10% mais quentes da série.
DIAZ	Díaz	2 dias consecutivos	Temperaturas máximas e mínimas superiores ao Percentil 90	Identifica eventos de curta duração com valores pertencentes aos 10% mais quentes da série durante o dia e a noite.

Fonte: Monteiro e Carvalho (2013), Díaz et. al. (2002), Silveira (2014).

Desta forma os valores de referência considerados para cada um dos índices foram:

Quadro 2-Índices climáticos e valores de referência considerados.

ÍNDICES CLIMÁTICOS	Valores de referência
***Warm Speel Duration Index* (WSDI-OMM)**	Percentil 90: 33,2°C
Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)	Normal climatológica: 21,23°C Normal climatológica acrescido 5°C: 26,23°C
Silveira (2013)	Quantil 90 – temperatura máxima: 33,2°C
Diaz (2002)	Percentil 90 – temperatura máxima: 33,2°C Percentil 90 – temperatura mínima: 20,4°C

Fonte: Autora.

Ressalta-se que para a identificação da normal climatológica, aplicada na técnica do IPCC, utilizou-se a metodologia indicada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)[7], pautada nos direcionamentos da Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Para cálculo do valor diário considera-se os cálculos descritos a seguir (INMET,2022, p.22):

Equação 1 $$T_{\text{diária compensada}} = \frac{(Tmax+Tmin+T12+2*T24)}{5}$$

Onde a temperatura máxima (Tmax) e temperatura mínima (Tmin) diários são obtidos nos termômetros de mínimas e de máxima e lidas pelo observador, usualmente, nos horários de 12 UTC e 24 UTC. Para o fuso horário principal do Brasil - Brasília foram utilizados os dados compilados nos horários da 9h e 21h, respectivamente.

Posteriormente para identificação da normal climatológica utilizou-se novamente as recomendações do INMET e OMM: para determinar as Normais de uma variável X para determinada estação meteorológica, calcula-se inicialmente o valor X_{ij} correspondente a cada mês *i* e cada ano *j* pertencente ao período de interesse – neste caso, o período de 1994 a 2023. Para variáveis como temperatura o valor *Xij* é obtido a partir da equação:

Equação 2. $$X_{ij} = \frac{\Sigma_k X_{ijk}}{N}$$

Considerando que: X_{ijk} é o valor observado da variável X no dia *k*, do mês *i,* do ano *j*, e *N* é o número de dias no mês *i*, do ano *j*, para os quais se dispõe de observações.

Os produtos desta etapa foram representados em gráficos e suas frequências (valor absoluto e percentual) e puderam ser contabilizados, a partir de análises sazonais, anuais e decenais.

[7]https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Comparação metodológica dos índices de identificação das ondas de calor

Os resultados da pesquisa indicam valores discrepantes entre as metodologias empregadas. Em ordem, durante os últimos 30 anos (1994 a 2023) foram identificadas 9 ondas de calor para a metodologia empregada pelo IPCC; 31 ondas para a técnica de Diaz; 32 ondas de calor para o índice proposto pela OMM; e, 146 ondas para o índice proposto por Silveira.

Dos índices analisados as metodologias empregadas pela OMM e IPCC consideram para identificação dos extremos longos períodos de permanência: 6 e 5 dias com temperaturas elevadas, respectivamente. Mais do que valores extremos estas técnicas presam pela duração dos episódios de calor. Em específico a metodologia proposta pelo IPCC, fica evidente a preocupação com dias que são quentes em todos os períodos (manhã, tarde e noite), uma vez que em seu cálculo é considerado valores das temperaturas máximas, mínimas, das 12UTC e 24UTC e que, posteriormente, são representados em normais climatológicas. O índice da OMM, por sua vez, caracteriza os episódios com temperaturas máximas superiores ao Percentil 90, e, comumente, representam as temperaturas diurnas, quando as máximas são observadas.

A técnica de Silveira também representa esses valores diurnos extremos, contudo, considera em sua formulação a permanência de 3 dias consecutivos, com temperaturas superiores ao Percentil 90. Para esta técnica são sinalizados os 10% dos eventos mais quentes da série e a curta permanência faz com que muitos episódios sejam identificados, 146 ondas de calor.

Por fim, a técnica de Diaz também representa uma preocupação com períodos em que são identificadas temperaturas elevadas durante o dia e a noite. Para esta técnica, para que ocorra uma onda de calor, se faz necessário uma conjuntura em que a temperatura mínima e máxima ocorra com valores superiores ao percentil 90, com permanência de no mínimo 2 dias. São períodos curtos de duração, mas que podem gerar forte desconforto térmico uma vez que o organismo humano, sem auxílio tecnológico, não consegue se recuperar mesmo nos períodos comumente mais frescos do dia, durante a noite e a madrugada.

4.2. Análises sazonais

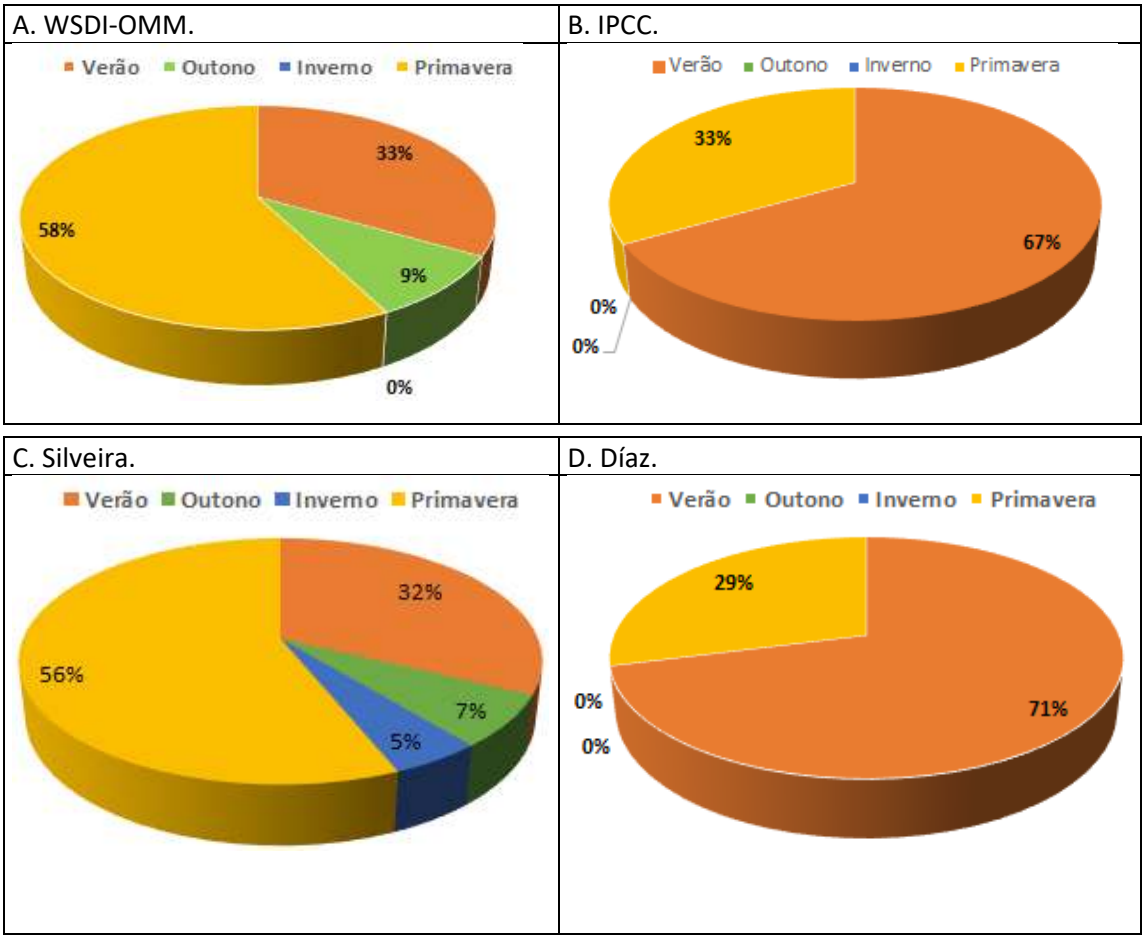
Ao observar as ocorrências das ondas de calor na cidade Rio Claro, observa-se que os períodos de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e primavera (setembro, outubro e novembro) são os momentos em que mais ocorrem estes eventos extremos.

Observa-se que as técnicas do IPCC e Diaz foram as que mais identificaram episódios de calor durante o verão, 67% e 71%, respectivamente. Vale ressaltar que estas técnicas consideram valores de temperatura máxima e mínima na sua formulação, e, portanto, é especialmente no verão que se tem uma maior quantidade de dias e noites com temperaturas elevadas, acima do Percentil 90 e, ou com mais de 5°C superiores a normal climatológica.

Para os índices da OMM e Silveira é evidente a maior distribuição de ondas de calor nos meses caraterísticos de primavera, com 58% e 56% das ocorrências registradas, respectivamente. Para ambas as técnicas considera-se os valores de temperatura máxima, e, portanto, são nos meses de setembro, outubro e novembro os momentos do ano com temperaturas diurnas elevadas, acima do percentil 90, que perduram mais de 3 dias.

Dentre as demais, as técnicas propostas pela OMM e Silveira foram as únicas que também identificaram ondas de calor no outono, 9% e 7% das ocorrências respectivamente, e no inverno, 5% dos eventos identificados por Silveira, demonstrando as condições de tropicalidade climática em que a cidade de Rio Claro está inserida.

Figura 5 – Distribuição sazonal do número de ondas de calor em Rio Claro, de 1994 a 2023, a partir das técnicas: A) WSDI-OMM, B) IPCC, C) Silveira, D) Díaz.



Fonte: Autora.

4.3. Análises Anuais

Ao analisar a série anual observa-se um predomínio de situações extremas e de maior número de ondas nos últimos anos da série.

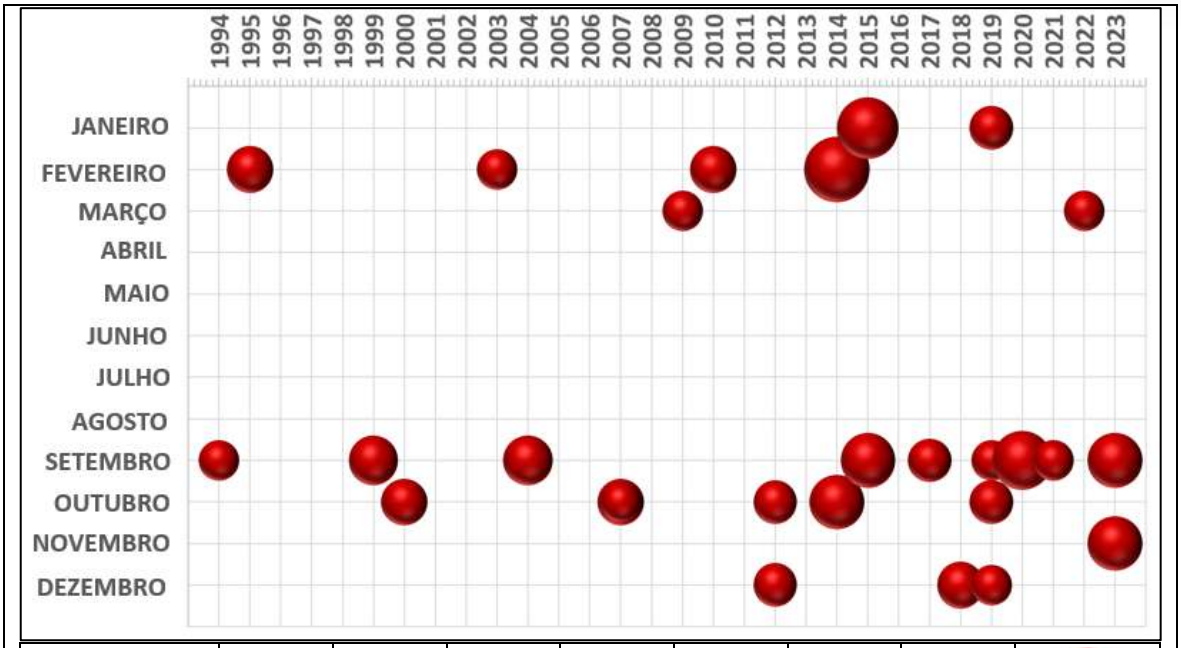
Para a técnica da WSDI-OMM (Figura 6) verifica-se o maior número de ocorrências nos anos de 2019, com 7 ondas de calor (3 em janeiro, 2 em setembro, 1 em outubro e 1 em dezembro), seguido pelos anos de 2007, 2012, 2014, 2015, 2014, 2020, 2021 e 2023 com 2 episódios em cada ano. Destes marcos destaca-se o ano de 2014 onde identificou-se uma onda, no mês de fevereiro, com recorde de 16 dias de permanência; e o ano de 2015, com uma onda de calor com duração de 14 dias, também no início do ano, em janeiro, sendo os eventos com maior duração consecutiva de temperaturas extremas elevadas para esta análise.

Para o índice do IPCC (Figura 7), técnica em que menos se identificou ondas de calor, observa-se que o ano de 2023 foi o ano com maior número de ondas, 3 eventos, com duração entre 5 e 6 dias, nos meses de setembro, novembro e dezembro. Dentre os demais o ano de 2014 também se destaca e representa a maior duração de onda de calor para esta técnica, 12 dias, no mês de fevereiro. Esta constatação corrobora com os estudos realizados por Ulman *et.al.* (2023) que ressalta o ano de 2014 como sendo um dos mais quentes da série analisada e, neste momento, evidencia-se a ocorrência, inclusive, do evento extremo.

Para os estudos pautados em Silveira (figura 8) observa-se um período maior de ocorrências de ondas de calor nos meses de primavera. Dentre as ocorrências destaca-se o ano de 2019, quando 13 eventos de ondas de calor foram identificados, seguido pelos anos de 2014 e 2016, com 9 ondas. Em relação ao evento mais duradouro, assim como as demais técnicas, o ano de 2014, teve uma onda com a duração de 16 dias, durante o mês de fevereiro.

Por fim, a partir da técnica de Díaz (Figura 9) percebe-se a ocorrência de ondas de calor desde o início da série. Dentre as demais, é a metodologia em que se observou episódios com menor duração e que não ultrapassaram 5 dias de permanência. Estes eventos foram identificados nos anos de 2010, 2015 e 2023. Observa-se que o mês de janeiro foi o período em que mais ocorreram situações de temperatura máxima e mínima, acima do Percentil 90. Estas ondas de calor foram identificadas em 7 ocasiões desde o início da série, 1994.

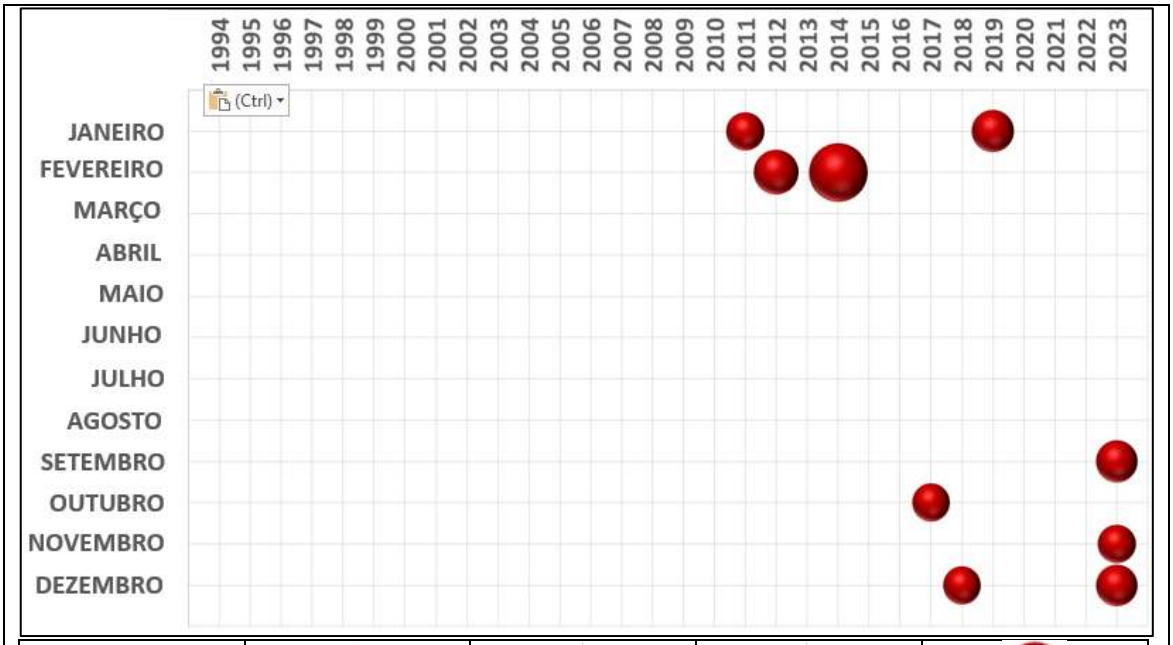
Figura 6 - Ondas de calor e dias de permanência – WSDI-OMM.



Legenda								
Nº de dias	6	7	8	9	11	13	14	16

Fonte: Autora.

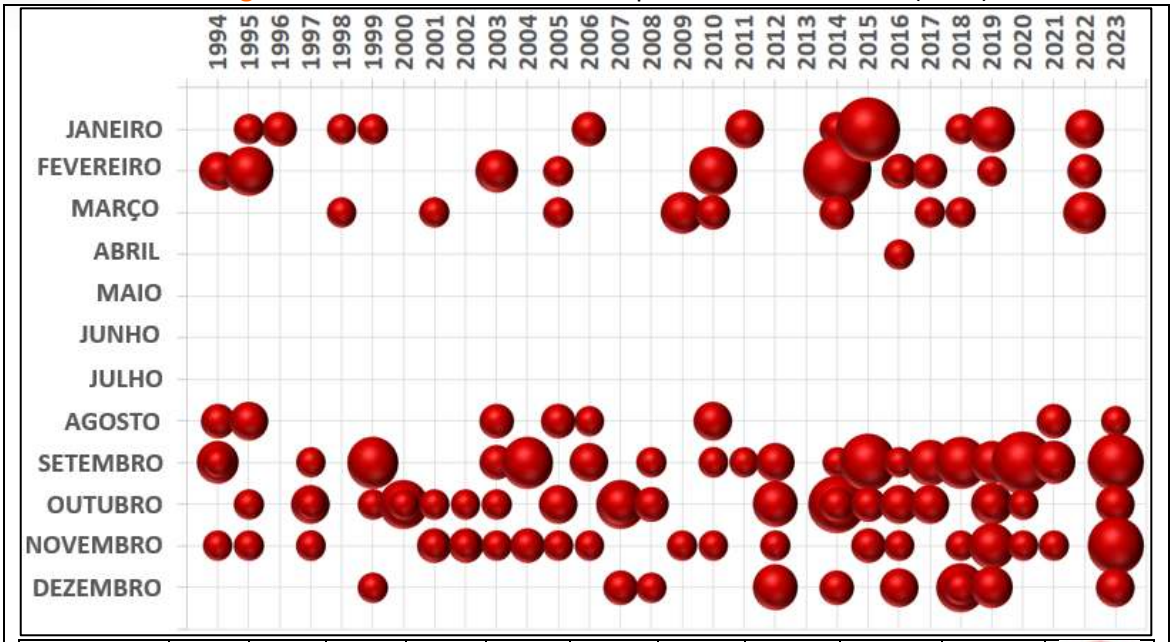
Figura 7 - Ondas de calor e dias de permanência – IPCC.



LEGENDA:				
Nº de dias	5	6	7	12

Fonte: Autora.

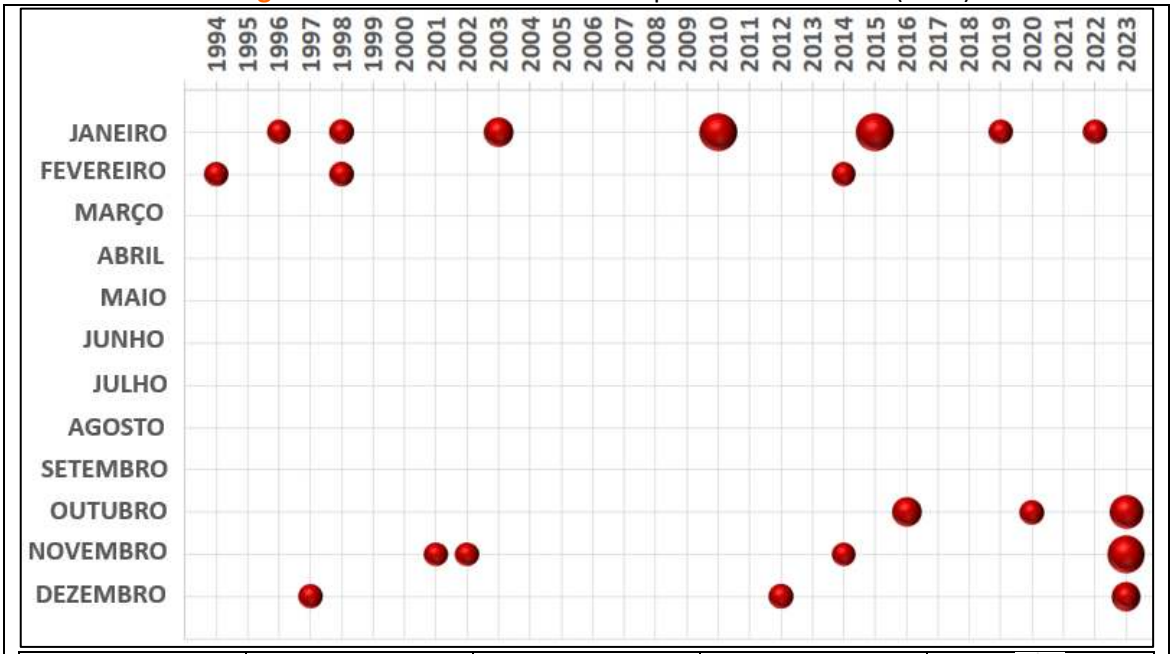
Figura 8 - Ondas de calor e dias de permanência – Silveira (2013).



LEGENDA:											
Nº de dias	3	4	5	6	7	8	9	11	13	14	16

Fonte: Autora.

Figura 9 - Ondas de calor e dias de permanência – Diaz (2002).



LEGENDA				
Nº de dias	2	3	4	5

Fonte: Autora.

4.4. Análises decenais

Para a análise das ondas de calor observadas durante as últimas 3 décadas verifica-se que houve um aumento expressivo dos eventos entre os anos de 2014 a 2023. Para as técnicas de Silveira e Diaz essa década representa 48% das ocorrências verificadas em Rio Claro. Com as técnicas que prezam pela maior duração dos eventos extremos, como a WSDI-OMM e IPCC, esta última década representou 62,5% e 77,8%, respectivamente, das ondas de calor verificadas em toda a série temporal disponível para a cidade (quadro 3).

Quadro 3 - Relação entre o número de ondas de calor e o período decenal (1994-2003; 2004-2013; 2014 – 2023).

	1994-2003		2004-2013		2014-2023		Total
	Total	%	Total	%	Total	%	
WSDI-OMM	5	15,6	7	21,9	20	62,5	32
IPCC	0	0,0	2	22,2	7	77,8	9
SILVEIRA	39	26,7	36	24,7	71	48,6	146
DIAZ	12	38,7	4	12,9	15	48,4	31

(*) Percentual em relação ao número de ondas identificadas.

Fonte: Autora.

Este valor é alarmante, pois entende-se que além da frequência ter aumentado, a duração também aumentou em 3 das 4 técnicas analisadas (Diaz, Silveira e WSDI-OMM), tornando os episódios de calor extremo, que no passado eram eventos raros, em situações habituais, especialmente na última década (2014 - 2023).

Apesar de Rio Claro situar-se em uma região geomorfologicamente marcante, na Depressão Periférica Paulista, próxima ao Planalto Atlântico, à leste, e as cuestas basálticas, à oeste, com considerável altitude entre 600 a 670m, ressalta-se que normalmente, as ondas de calor assumem grandes extensões espaciais e, muitas vezes, são reguladas por processos de média e larga escala, como sistemas anticiclônicos, bloqueios atmosféricos, e o ENOS. Para este contexto, o mosaico de fatores geomorfológicos que poderiam trazer condições de temperaturas mais amenas também acaba sendo influenciado pelos eventos atmosféricos de escala regional e zonal.

Considerando os maiores atingidos por estas manifestações atmosféricas, há de se considerar que a parte majoritária população, 84%, vivem em áreas urbanas e é exatamente nestes espaços que esse fenômeno atmosférico pode tomar maiores proporções devido a

interação entre fenômenos atmosféricos e a estrutura construtiva dos prédios e residências; com materiais que se aquecem à níveis de albedos diferentes; no planejamento desigual entre grupos e regiões espaciais da cidade; nas condições econômicas, que a priori, facilitarão o acionamento de recursos para amenização das temperaturas tornando-as confortáveis; nas questões culturais que podem assegurar maior ou menor adaptação e medidas eficazes; na resiliência diferenciada a partir da organização de grupos para o enfrentamento dos eventos extremos; na capacidade política e de governança em legislar a favor dos agentes sociais e não apenas de grupos imobiliários e empresariais.

Ressalta-se que o impacto em áreas urbanas fica evidente quando são comparados os resultados do impacto ao calor em áreas densamente edificadas e áreas tipicamente rural. Na pesquisa realizada por Gabriel e Endlicher (2011), por exemplo, que comparou o impacto de um episódio de onda de calor entre duas cidades da Alemanha com características diferentes, Berlim mais populosa e Brandenburg tipicamente rural e com florestas, verificou-se que nos distritos em Berlim densamente ocupados e com elevados níveis de desconforto térmico apresentavam proporcionalmente um número maior de mortos em relação à zona rural em episódios de onda de calor. As causas para esta ocorrência foram direcionadas ao aumento das temperaturas devido às ilhas de calor urbana, alta densidade populacional e vulnerabilidade social, e, deste modo, cabe maiores estudos para identificar o grau de influência das ondas de calor à nossa realidade brasileira e a população local.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ondas de calor são eventos extremos de temperatura com grande potencial de impacto na sociedade.

Associado à amplificação das temperaturas globais, presenciado nos últimos anos, compreender a sua incidência temporal e espacial, frequência e magnitude se faz necessário para a proteção e atuação dos diferentes agentes e setores da sociedade.

A partir deste estudo verificou-se que os episódios extremos de temperatura, em Rio Claro/SP, têm-se tornado mais frequentes e duradouros, especialmente na última década, entre 2014 e 2023. Em alguns casos, como na técnica do IPCC, esta década foi responsável por mais de ¾ das ocorrências de ondas de calor, 77,8%, durante os últimos 30 anos.

Apesar de não haver um consenso sobre a melhor técnica a considerar, foram investigados alguns índices com propostas metodológicas diferentes, que por meio de parametrizações evidenciaram a maior repetição dos eventos especialmente nos períodos de primavera e verão.

Em espaços urbanos esse resultado constitui um problema emergente para a saúde pública para a populações, especialmente os mais vulneráveis que pouco conseguem acionar mecanismos para atenuação do calor e conforto térmico. Idosos, crianças, pessoas com morbidade, trabalhadores expostos ao calor permanecem por períodos consideráveis, diurnos e noturnos, sob a influência das ondas de calor que podem tomar maior magnitude a partir da associação com outros sistemas meteorológicos e processos físicos como o ENOS, bloqueios atmosféricos, anticiclones, e condições espaciais previas: seca, e/ou ambiente densamente modificados e construídos, como as cidades.

De todo modo o resultado desta pesquisa indica a necessidade de novos estudos focados no impacto na saúde e condições de vida durante e após a atuação deste evento extremo, uma vez que manifestações meteorológicas de anômalas de calor têm se tornado mais frequentes e duradouros, considerando os últimos 30 anos de estudo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. R. M. **Fundamentação teórica para criação de um sistema de alerta e resposta online durante episódios térmicos de calor extremo para uma unidade de saúde da GAMP**. 2012, 133 p. Dissertação (Mestrado em Riscos, cidades e ordenamento do território). Faculdade de Letras. Universidade do Porto. Porto/Portugal.

ARMANI, G.; PEREIRA, C. L.; CHRISTOFOLETTI, S. R. Padrões de cobertura de uso da terra e sua influência na temperatura do ar em Rio Claro, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.36(1), p. 1-19, 2015.

ARMOND, N. B. **Entre eventos e episódios**: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro. 2014, 239 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente.

BONI, Z.; BIENKOWSKA, Z.; CHWALCZYK, F.; JANCEWICZ, B. MARGINEAN, I.; SERRANO, P. Y. Wha tis a heat(wave)? Na interdisciplinay perspective. **Climate Change**, set. 2023, 176:129

BRYANT, E.A. **Natural Hazards**. Cambrige University Press, 1993.

CAMPESE, T.L.; ULMAN, R. L.; FANTE, K. P. Análise da variabilidade das temperaturas médias, máximas e mínimas na cidade de Rio Claro/SP, ao longo da série de 1994 a 2022. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 15, 2023. **Anais...** Guarapuava/PR: ABClima, 2023, p. 161-175.

DIAZ, J.; JORDÁN, A.; GARCIA, R.; LÓPEZ, C.; ALBERDI, J.C.; HERNÁNDEZ, E. (et. al.). Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. **Int. Arch. Occup. Environ Health,** 75, p. 163-170, 2002.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015, **Confins** [Online], v. 37, p. 1 – 23, 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/15738>. Acessado em 09 outubro 2018. DOI: 10.4000/confins.15738.

FAGUNDES, A.; LUPINACCI, C. M. Urbanização e Alterações geomorfológicas: O Caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Lavapés: Rio Claro (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, v.33, p.47-62, 2017.

FANTE, K. P. **Eventos extremos de temperatura e seus impactos no conforto térmico humano**: estudo de caso em Presidente Prudente, Brasil, na perspectiva da Geografia do Clima. 2019, 327 f. Tese de doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP. [s.n].

GABRIEL, K. M. A.; ENDLICHER, W. R. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. **Environmental Pollution - Elsevier**, 159, p. 2044-2050, 2011.

GERSHUNOV, A.; DOUVILLE, H. Extensive summer hot and cold extremes under current and possible future climatic conditions: Europe and North America. In: DIAZ, H. F.; MURNANE, R. J. (Org). **Climate extremes and society**. United States ofAmerica: Cambridge University Press, 2008. p.74 – 98.

MONTEIRO, A; CARVALHO, V. Uma abordagem metodológica para avaliação de eventos climáticos extremos. In: AMORIM, M. C. de C. T; SANT'ANNA NETO, J. L; MONTEIRO, A. **Climatologia urbana e regional**. Questões teóricas e estudos de caso. 1ª edição. São Paulo: Outras expressões, 2013, p.117 – 142.

NOGUEIRA, P. J.; NUNES, A. R.; FALCÃO, J. M.; FERRINHO, P. Internamentos hospitalares associados à onda de calor de Agosto de 2003: evidências de associação entre morbilidade e ocorrência de calor. **Morbilidade. Revista portuguesa de saúde pública**. *v*ol. 27, n° 2, p. 87 – 102, jul- dez. 2009.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Desastres Naturais e saúde no Brasil.** Série desenvolvimento sustentável e saúde, 2. Brasilia, DF: OPAS, Ministério da saúde, 2015. 52 p.

IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU AND B. ZHOU (Eds). **Climate Change**

2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021, 41 pp

PERKINS-KIRKPATRICK, S. E.; WHITE, C. J.; ALEXANDER, L. V.; ARGÜESO, D.; BOSCHAT, G.; COWAN, T.; EVANS, J. P.; EKSTRÖM, M.; OLIVER, E. C. J.; PHATAK, A.; PURICH, A. Natural hazards in Australia: heatwaves. **Climate change**. Volume 139, Issue 1, p. 101–114. nov. 2016.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia.** ano 7, v. 8. p. 45 – 60. Jan-jun 2011.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para o novo conhecimento. **Terra Livre**: São Paulo, n.17, p. 49-62, 2° semestre, 2001.

SILVEIRA, R. D. **Risco climático, vulnerabilidade socioespacial e eventos climáticos extremos relacionados ao calor e ao frio no estado do Rio Grande do Sul – Brasil.** 2014. 379 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente.

UFSC-CEPED. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de estudos e pesquisas sobre desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**: volume Brasil. Florianópolis: CEPED UFSC; 2012.

ULMAN, R. L.; CAMPESE, T.L.; FANTE, K. P. Análise da variabilidade pluviométrica na cidade de Rio Claro/SP entre os anos de 1994 a 2022. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 15, 2023. **Anais...** Guarapuava/PR: ABClima, 2023, p. 176-190.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Campinas.** 2004. 133 p. Dissertação (mestrado). Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ABCmais. Bolha de calor: o que é o fenômeno que vai provocar temperaturas extremas em regiões do Brasil. Disponível em: <https://www.abcmais.com/brasil/o-que-e-a-bolha-de-calor-que-pode-provocar-calor-extremo-com-risco-a-vida-e-temperaturas-entre-40c-e-45c-em-regioes-do-brasil/> Acessado em: 18 de janeiro de 2024.

Cartas Sinóticas da Marinha do Brasil. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>Acessado em: 18 de janeiro de 2024.

CPTEC/INPE. Nota técnica: Ondas de calor em grande parte do país. Disponível em: <https://clima.cptec.inpe.br/gpc/pdf/Nota_T%C3%A9cnica_Onda_de_Carlor-Setembro_de_2023.pdf> Acessado em: 18 de janeiro de 2024.

IBGE CIDADES – Rio Claro/SP. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/rio-claro/panorama> Acessado em: 15 de janeiro de 2024.

INMET. Balanço: São Paulo (SP) teve temperaturas acima da média em setembro/2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/balan%C3%A7o-s%C3%A3o-paulo-sp-teve-temperaturas-acima-da-m%C3%A9dia-em-setembro-2023> Acessado em: 18 de janeiro de 2024.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS: Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf> Acessado em 05 de fevereiro de 2024.

SIAS, E. Domo de calor extremo na Argentina trará dias muito quentes. Disponível em: <https://metsul.com/domo-de-calor-extremo-na-argentina-trara-dias-muito-quentes/#:~:text=Em%20suma%2C%20uma%20c%C3%BApula%20de,o%20Centro%2DOeste%20do%20Brasil> Acessado em: 1 de fevereiro de 2024.