





ILHAS DE CALOR URBANAS DE SUPERFÍCIE, ONDAS DE CALOR E DE FRIO NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO – RJ (2015 - 2019)

Surface urban heat island, heat waves and cold spells in Rio de Janeiro city, RJ, Brazil (2015 – 2019)

Islas de calor urbanas de superficie, olas de calor y frío en la ciudad de Rio de Janeiro, RJ, Brasil (2015 – 2019)

Juliana Vilardo Mendes  

Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
julianavilardo@outlook.com

Nubia Beray Armond  

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
nubia.beray@igeo.ufrj.br

Leonardo Caçadini Bizerra da Silva  

Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
leocacadini@gmail.com

Resumo: O objetivo do artigo foi analisar as relações entre a ocorrência de ondas de calor e ondas de frio e as ilhas de calor de superfície no município do Rio de Janeiro - RJ. As ondas foram definidas a partir da duração mínima de três dias consecutivos, com temperaturas superiores (inferiores) aos percentis 95 (5%), para as ondas de calor (frio). Dados de temperatura média diária de sete estações no município foram coletados e sistematizados, entre 2015 e 2019. Quanto às ilhas de calor de superfície, foram empregadas cenas do satélite Landsat 8, em dois momentos representativos do verão e do inverno. Foi identificada maior frequência de ondas de calor na estação de Irajá, que também apresentou a segunda maior frequência de ondas de frio. No caso desta última, foi observada maior frequência na estação Santa Cruz, área próxima à linha de costa e posicionada numa zona de entrada de sistemas frontais. Nesse sentido, não apenas a ilha de calor superficial, mas outros fatores geográficos também foram relevantes para a geração das ondas, como a altitude, posição e proximidade da linha de costa.

Palavras-chave: Eventos Extremos. Cobertura da Terra. Percentis. Clima Urbano.

Abstract: This article aims to analyze the relationship between heat waves, cold spells, and surface urban heat islands in Rio de Janeiro city, RJ, Brazil. The waves were defined by minimum duration of three consecutive days with temperatures above (below) 95th percentiles (5th) for heat (cold) waves. Daily

average temperature data from seven weather stations were collected and systematized between 2015 and 2019. For the surface urban heat islands, Landsat 8 scenes were used in order to represent summer and winter days. Irajá station shown the higher frequency of heat waves, and also had the second highest frequency of cold spells. Santa Cruz station shown the highest frequency of cold spells, which demonstrates the influence of coastline zone and geographical position due to frontal systems entry zone. As a main result, not only surface urban heat island performs an important influence for heat waves and cold spells, but geographic climate factors are also relevant.

Keywords: Extreme events. Land cover. Percentiles. Urban Climate.

Resumen: Este artículo analizó la relación entre la ocurrencia de olas de calor y olas de frío e islas de calor superficial em la ciudad de Rio de Janeiro – RJ. Las olas se definieron a partir de la duración mínima de tres días consecutivos, con temperaturas superiores (inferiores) al percentil 95 (5%) para olas de calor (frío). Se compilaron y sistematizaron datos de temperatura diaria de siete estaciones meteorológicas entre 2015 y 2019. Para identificación de las islas de calor de la superficie, se utilizaron escenas del satélite Landsat 8 en dos momentos representativos de verano e invierno. La mayor frecuencia de olas de calor se identificó en la estación Irajá, que también tuvo la segunda frecuencia más alta de olas de frío. Para las olas de frío, se observó mayor frecuencia en la estación Santa Cruz, área cercana a línea de costa y posicionada en una zona de entrada para sistemas frontales. En este sentido, no solo la isla de calor superficial, sino otros factores geográficos, también fueron relevantes para la generación de las olas, como altitud, posición y proximidad al litoral.

Palabras clave: Eventos extremos. Cobertura de la tierra. Percentiles. Clima urbano.

Submetido em: 20/06/2021

Aceito para publicação em: 26/01/2022

Publicado em: 16/02/2022

1. INTRODUÇÃO

O modelo de urbanização brasileira, definido por Sposito (1988) como processo particular de produção das cidades a partir do desenvolvimento do capitalismo, tanto no que se refere a sua intensidade, quanto ao caráter mais amplo e diversificado, acarretou impactos ambientais das mais variadas naturezas, inclusive derivados da atuação da dinâmica climática e os eventos extremos associados. De modo geral, os eventos extremos podem ser considerados como fenômenos que se manifestam de forma distinta quanto ao seu padrão habitual, podendo ser estatisticamente identificados como valores situados acima ou abaixo dos desvios.

Um dos mais frequentes eventos extremos de tempo atmosférico são as ondas de calor (MEEHL e TEOBALDI, 2004) e de frio (FANTE e ARMOND, 2016; ALVES *et al.*, 2017; SILVEIRA *et al.*, 2018; LUCYRIO *et al.*, 2019). Apesar de serem, historicamente, mais investigadas em áreas cuja sazonalidade é marcada pela temperatura (HUYNEN *et al.*, 2001; KOVATS, HAJAT e WILKINSON, 2004; FOULLET *et al.*, 2008; REVICH e SHAPOSHNIKOV, 2008; ANDERSON e BELL, 2009, 2011; D'IPPOLITI *et al.*, 2010; HAYHOE *et al.*, 2010; MONTERO *et al.*, 2010; WOLF, ADGER e LORENZONI, 2010; BARNETT *et al.*, 2012; ALLEN e SHERIDAN, 2016; PLAVCOVÁ e KYSELÝ, 2016; WANG *et al.*, 2016; PITICAR *et al.*, 2017; DIAZ *et al.*, 2018; SILVEIRA *et al.*, 2018, 2019; KATAVOUTAS e FOUNDA, 2019), os últimos anos tem apresentado desvios tanto positivos quanto negativos de temperatura em áreas tropicais, deflagrando impactos importantes principalmente em relação à saúde humana (QI ZHAO *et al.*, 2019; DINIZ, GONÇALVES e SHERIDAN, 2020; PROSDOCIMI e KLIMA, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2021).

É importante ressaltar as diferenças entre as ilhas de calor urbana de superfície (ICUS) e ilha de calor urbana atmosférica (ICUA). Apesar do fenômeno retratado apresentar semelhanças de definição, eles apresentam distinções importantes sobretudo quanto à metodologia de investigação. Segundo Gartland (2010) a ICUS pode ser definida a partir da diferença de temperatura da cidade em relação ao seu entorno. Entretanto, sua base de referência é a temperatura de superfície, e não a temperatura do ar (VOOGT e OKE, 2003). Portanto, para identificá-la, um extenso escopo técnico e tecnológico foi desenvolvido a partir do emprego das bandas infravermelho de cenas de satélites orbitais que retornam a informação sobre temperatura dos alvos. Quanto à ICUA, ela é caracterizada por apresentar

temperaturas do ar mais elevadas do que em áreas circundantes e, neste caso, para identificar o efeito da ilha de calor, são utilizados sensores termohigrométricos. Nesse contexto, o artigo tem como objetivo analisar as relações entre ilha de calor urbana de superfície (ICUS) e as ondas de calor e frio no município do Rio de Janeiro.

O município do Rio de Janeiro, situado no litoral do sudeste brasileiro, compreende uma área de 1.200 km², abrange uma população estimada de 6.718.903 habitantes, com densidade demográfica de 5.265 hab/km² (IBGE, 2020) (**Figura 1**).

Figura 1 - Localização da área de estudo, com as sete estações utilizadas



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Situado na faixa tropical, tem como principal elemento climático marcador da sazonalidade a precipitação. A área apresenta chuvas predominantes no verão (MONTEIRO, 1971; NIMER, 1989; SANT'ANNA NETO, 2005), geradas em grande medida pelo contato entre os sistemas atmosféricos atuantes na área (massa polar atlântica - mPa, e massa tropical atlântica (mTa), que tem papel importante na geração e avanço dos sistemas frontais (SFs). Já o inverno é caracterizado como estação menos chuvosa, além de apresentar ligeira queda de temperatura (na ordem média de 6,0°C em relação ao verão). No que se refere à temperatura, a média anual se situa em torno de 24,0°C, com o máximo

da temperatura média no mês de fevereiro (28,1°C) e o mínimo da temperatura média no mês de julho (22,3°C), de acordo com a normal provisória de 1981-2010 (INMET, 2021).

Para além de sua condição tropical atlântica, a consolidação da cidade do Rio de Janeiro gerou formas e fluxos urbanos distintos. Elementos que caracterizam a geração de um clima urbano no município foram profundamente investigados, principalmente quanto aos impactos hidrometeorológicos (ARMOND e SANT'ANNA NETO, 2017 e 2019; BRANDÃO, 1992, 1997, 2001 e 2003; DEREZYNSKI *et al.*, 2009) e quanto aos aspectos termodinâmicos (FIALHO, 2002 e 2018; FARIAS e BRANDÃO, 2010; LEMOS e OSCAR JUNIOR, 2021; LUCENA, 2012; MEIRELES *et al.*, 2014; LUCENA *et al.*, 2018).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Caracterizado por um padrão espacial acelerado, heterogêneo e desigual em várias dimensões, a urbanização brasileira acabou por introduzir novos elementos na atmosfera, além de modificar o balanço de energia, alterando suas condições “naturais” e originando aquilo que denominou “clima urbano” (MONTEIRO, 1990a, 1990b, 1990c).

Em âmbito temporal, ressalta-se que o ritmo climático das zonas tropicais, sobretudo nas faixas litorâneas, apresenta sua sazonalidade marcada pelo regime de chuvas, com a presença de uma estação mais chuvosa e uma estação menos chuvosa. Este é o caso da área de estudo em questão (NIMER, 1989; DEREZYNSKI *et al.*, 2009; ARMOND e SANT'ANNA NETO, 2017, 2019, entre outros). Quanto às temperaturas, sua variação ao longo do ano não indica uma significativa amplitude térmica por conta de sua situação latitudinal e litorânea.

A despeito de seu amplo conhecimento, de tal caracterização decorrem questões relevantes quanto ao tratamento conceitual e metodológico conferido aos fenômenos de ondas de calor e de frio. Inicialmente, estes dois fenômenos tendem a ser definidos quase que de maneira exclusiva por limiares estatísticos definidos a partir da deflagração de impactos. Em geral, tem sido as distintas naturezas de impactos as definidoras das metodologias e procedimentos empregados (PERKINS e ALEXANDER, 2012).

Para Perkins e Alexander (2012), especialmente no caso das ondas de calor, existe um conjunto de definições que encontra seu ponto em comum na delimitação de dias consecutivos com temperaturas mais elevadas que o habitual. Derivam dessa consideração, ao menos, duas implicações: a primeira delas, referente às relações que as definições de

ondas de calor (e, também, de frio) possuem com as pesquisas epidemiológicas que definem, por limiares bioclimatológicos, a presença, magnitude e frequência das ondas (HUYNEN *et al.*, 2001; KOVATS, HAJAT e WILKINSON, 2004; FOUILLET *et al.*, 2008; REVICH e SHAPOSHNIKOV, 2008; ANDERSON e BELL, 2009; BARNETT *et al.*, 2012; DIAZ *et al.*, 2018).

Enquanto os trabalhos anteriores demonstram a aderência quase que exclusiva às relações entre tempo atmosférico, clima e saúde, outros procedimentos são encontrados, como a utilização de limiares, como proposto pelo Grupo de Especialistas em Detecção de Mudanças Climáticas e Índices (ETCCDI) da Organização Meteorológica Mundial (OMM).

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) tem como indicação a definição das OC como um período de pelo menos seis dias consecutivos em que a temperatura máxima diária é 5,0°C superior ao valor médio das temperaturas máximas do período de referência. Um caso análogo é o proposto pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), que demarca as OC como fenômenos de ocorrência de pelo menos, cinco dias consecutivos, com temperaturas mínimas menores ou iguais as médias em 5°C em relação ao valor médio diário do período de referência (FANTE e ARMOND, 2016).

Para Perkins e Alexander (2012), alternativas como os percentis tem sido aplicadas. Porém, uma questão importante diz respeito aos parâmetros temporais (segunda implicação). Em caso de identificação de ondas através de percentis aplicados a dados diários de temperatura indiscriminados ao longo do ano, corre-se o risco de que as ondas de calor sejam consideradas como “fenômenos de verão” e, por conseguinte, às ondas de frio seja atribuído um status de ocorrência de inverno (PERKINS e ALEXANDER, 2012).

Buscando aprimorar esses aspectos, alguns autores optaram pela definição das ondas segundo a sazonalidade mais crítica em termos de influências socioespaciais. Anderson e Bell (2011) delimitaram de maio a setembro (verão) para identificação dos percentis para ondas de calor nos Estados Unidos. Piticar *et al.* (2017) utilizaram o mesmo recorte temporal para a identificação das ondas de calor, e os meses de meses de novembro a março (inverno) para ondas de frio na Romênia. Por fim, Montero *et al.* (2010) extraíram apenas dos meses de inverno os limiares para investigação das ondas de frio em Castilha – La Mancha, Espanha.

Entre as variáveis que podem intensificar, amenizar ou neutralizar efeitos contundentes das ondas de calor/frio estão as ilhas de calor urbanas (MONTEIRO, 1976; TAN *et al.*, 2010; LI e BOU-ZEID, 2013; WARD *et al.*, 2016; ZHAO *et al.*, 2018).

A ilha de calor é considerada um dos fenômenos que caracterizam o clima urbano (RIZWAN *et al.*, 2008). Para Oke (1982), as ilhas de calor consistem em um efeito local produzido pelas características da morfologia urbana, incluindo a menor taxa de albedo, aumento da inércia térmica, áreas verdes limitadas e alta densidade de construção. Voogt e Oke (2003) apontam a forma, intensidade e localização das ilhas de calor como elementos que podem influenciar na ocorrência das ondas de calor e de frio.

Para Gartland (2010), as ilhas de calor funcionam como um "oásis inverso", no qual as temperaturas do ar e as da superfície são mais elevadas do que em seu entorno não-urbano. A autora atribui a esse fenômeno cinco características: i. temperaturas do ar mais elevadas; ii. temperaturas de superfícies mais elevadas; iii. efeitos mais intensos em dias claros; iv. tendência de incremento na sua magnitude com o passar do tempo, e v. inversões térmicas.

Para Wilby (2003), as ICU exacerbam o aquecimento, resultando em ondas de calor mais intensas. Entretanto, esta relação não se dá de forma linear: são diferentes os níveis de aquecimento, por conta das distintas características de estrutura e dinâmica urbana e elementos sinóticos. No caso deste último, menores velocidades do vento associadas a sistemas estáveis contribuem para um agravamento das ondas (ACKERMAN e KNOX, 2012).

Em estudo para Xangai - China, Tan *et al.* (2010) identificaram maior participação do "efeito" das ilhas de calor urbanas no incremento da magnitude e frequência das ondas de calor em comparação com as áreas não-urbanizadas no entorno. Resultado semelhante foi encontrado em Li e Bou-Zeid (2013), para Washington D.C. e Baltimore - Estados Unidos, Ward *et al.* (2016) para um conjunto de cidades europeias, Zhao *et al.* (2018) para 50 cidades também nos Estados Unidos, e Katavoutas e Founda (2019) para Atenas - Grécia: as ondas de calor apresentaram magnitude intensificada no contexto de atuação das ilhas de calor.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente, buscou-se identificar as características da temperatura da superfície continental. Para tanto, foram produzidas cartas de estimativa de temperatura de superfície continental (TSC) através do software *ArcGis 10.5*. Elas foram elaboradas a partir do tratamento das imagens de satélite do *Landsat 8* – banda 10. Foram elegidos dois dias representativos da sazonalidade da área: dia 31 de Janeiro de 2019, representativo de verão, e do dia 09 de Julho de 2016, representativo de inverno.

O tratamento da imagem consistiu na transformação dos valores de níveis de cinza para radiância e, em seguida, para graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), através das fórmulas expostas em Ortiz e Amorim (2011). As bases cartográficas de delimitação da área de estudo, entre outras informações básicas, foram adquiridas pelo site do IBGE.

No que se refere às ondas, ainda que se optasse por uma diferenciação marcada pela sazonalidade, como em Revich e Shaposhikov (2008), Wang *et al.*, 2016, Piticar *et al.* (2017), entre outras, que demarcam o período de verão para identificação das ondas de calor, e de inverno para identificação das ondas de frio, acredita-se que essa escolha poderia implicar uma maior sensibilidade dos dados à situação das ondas de calor nos meses de alto verão, e das ondas de frio nos meses de inverno, conforme Alexander e Perkins (2012).

Nesse contexto, para a identificação das OC e OF, foi adaptada a metodologia de Silveira (2013), e empregados percentis extraídos em recorte mensal. Foram tomados todos os meses de janeiro da série histórica e extraídos, deles, os limiares empregados para a identificação das ondas de calor/frio para o mês de janeiro. O mesmo foi feito para cada mês da série, por estação. As ondas de calor foram identificadas como evento de duração mínima de três dias com temperaturas superiores ao percentil 95%, e ondas de frio como um evento com a mesma duração indicada, com temperaturas inferiores ao percentil 5%.

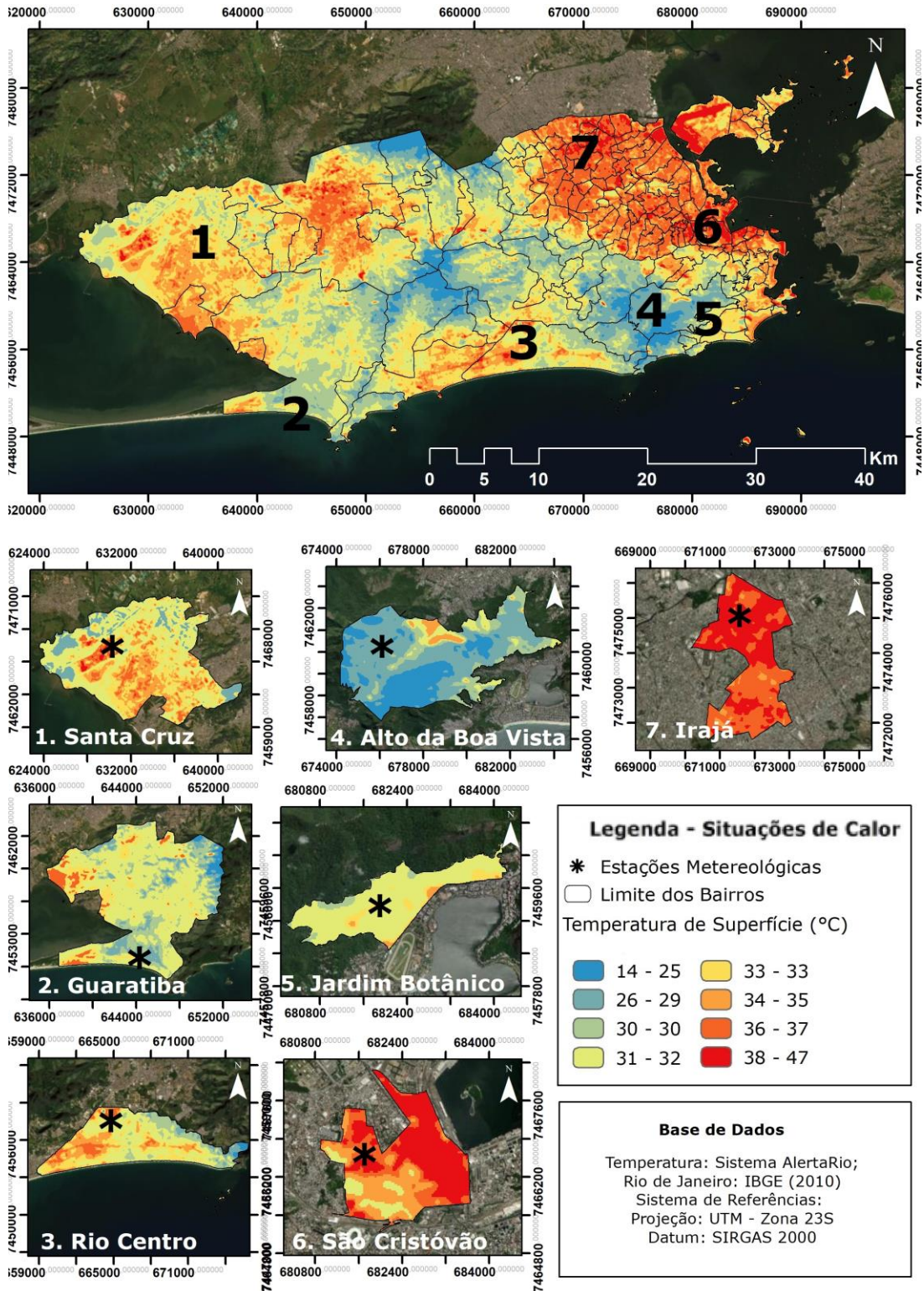
Foram utilizados dados de temperaturas médias horárias de sete estações meteorológicas do Sistema Alerta Rio (**Figura 1**). Os dados estão disponíveis a partir do ano de 2015. Eles foram importados para *LibreOffice* e foram extraídas as temperaturas médias em recorte diário. Posteriormente, a base de dados foi importada para o *RStudio*, no qual foram extraídos os limiares correspondentes aos percentis 95 para ondas de calor e 5 para ondas de frio, para cada mês e para cada estação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Temperatura de superfície continental (TSC)

Conforme indicado anteriormente, foram elaboradas duas cartas de temperatura de superfície continental (**Figura 2** e **Figura 3**), com o objetivo de realizar a caracterização térmica das superfícies de entorno das estações meteorológicas utilizadas.

Figura 2 – Temperatura de superfície continental (TSC) – episódio de verão



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As porções com maior densidade de vegetação arbórea (maciços costeiros) apresentam temperaturas superficiais menores comparativamente às áreas densamente

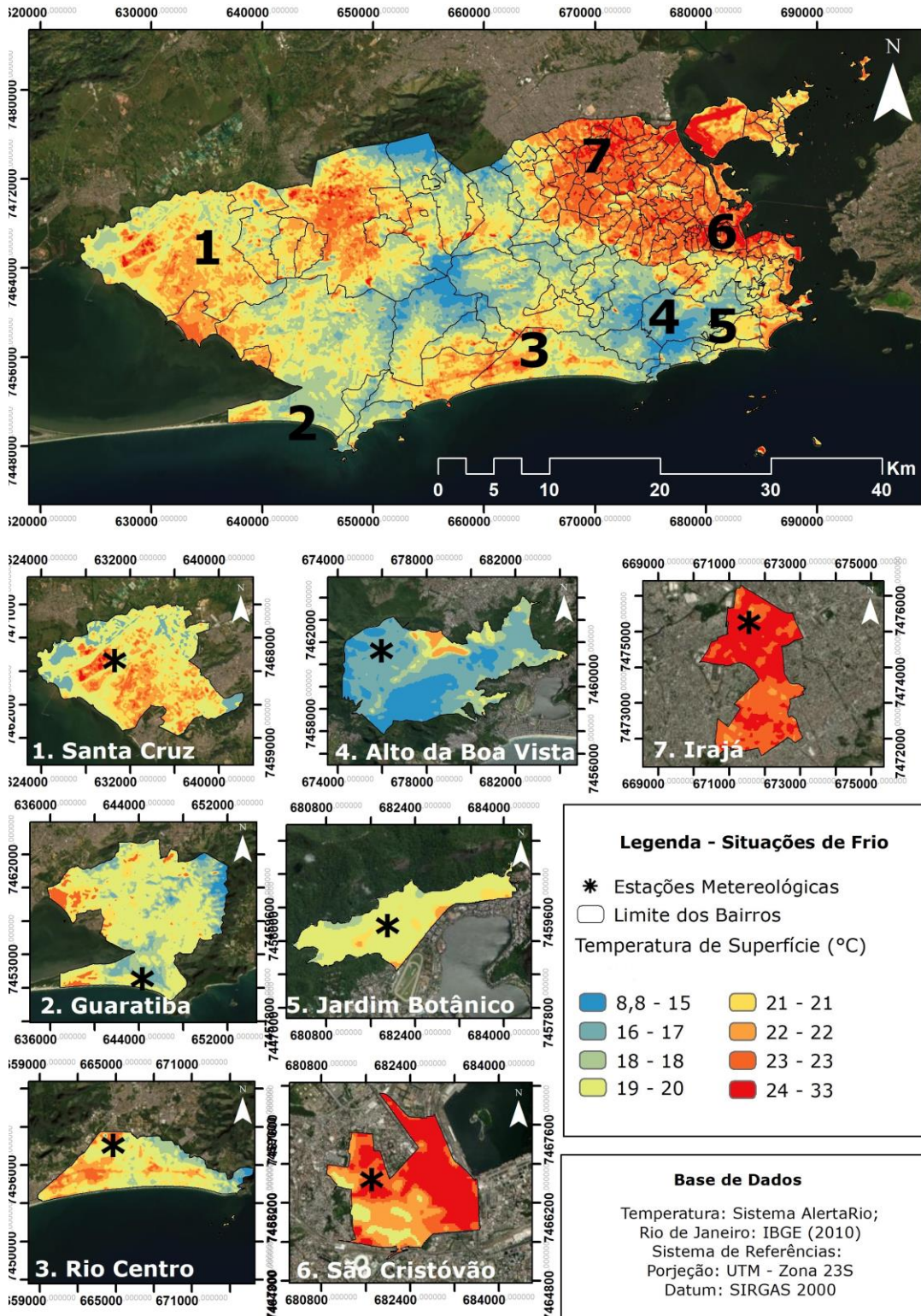
construídas. Um exemplo disso é a estação do Alto da Boa Vista (4), com 14°C de temperatura superficial mínima no seu entorno no verão, e 8,8°C no inverno.

Apesar de ser possível encontrar casarões e outras construções residenciais de maneira esparsa, a área do Alto da Boa Vista é marcada pela presença de vegetação arbórea densa. Em decorrência, os limiares inferiores e superiores de temperatura de superfície respondem de maneira esperada a esse tipo de cobertura. No verão, a área apresenta um mínimo de 14,0°C e um máximo de 31,8°C, com 17,8°C de amplitude. No inverno, o patamar inferior inicia com 8,8°C, chegando a 21,9°C, com 13,1°C de amplitude (**Quadro 1**). Apesar de não se configurar, em termos de conteúdo e função urbanas, como área não-urbanizada, pode-se considerar que as suas características de cobertura da terra em relação ao restante do bairro a identificam como “ilha de frescor de superfície”, conforme Lucena *et al.* (2018).

Na estação Jardim Botânico (5), à norte, são evidenciadas menores temperaturas – mínimas 14,0°C no verão e 18,4°C no inverno -, a barlavento do maciço da Tijuca. A sul, encontra-se a Lagoa Rodrigo de Freitas, que também apresenta temperaturas menores. Entre o maciço e a Lagoa, tem-se padrão misto de cobertura, com edificações residenciais e comerciais, cortadas por avenidas, e que indica temperaturas maiores (35,0°C no verão e 21,9°C no inverno). Importante ressaltar o papel da vegetação arbórea na área do Jardim Botânico, que gera temperaturas mínimas de inverno maiores do que as mínimas do verão.

Características potencialmente arrefecedoras da temperatura do ar podem ser encontradas nos bairros nos quais estão localizadas as estações de Guaratiba (2) e Rio Centro (3). Ambas se localizam a barlavento de distintas faces do maciço da Pedra Branca, além de guardar, também, importante proximidade com a Baía de Sepetiba e com mar, respectivamente. Importante ressaltar que a cobertura da terra do bairro da Barra da Tijuca, na qual se localiza a estação RioCentro, é caracterizada pela abertura de largas estradas e avenidas por conta do *boom* imobiliário sofrido pela área nos últimos vinte anos, o que gera temperaturas superficiais elevadas (47,1°C no verão). Essa configuração, expressa tanto no episódio de verão quanto no episódio de inverno, faz com que essa área apresente um conjunto expressivo de áreas caracterizadas como parte da ilha de calor superficial.

Figura 3 – Carta de Temperatura de Superfície Continental (TSC) – Inverno



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Quanto à estação de Santa Cruz (1), as elevadas temperaturas superficiais (entre 30,4°C e 45,1°C no verão) são resultantes de um padrão de cobertura da terra marcado pela

remoção da cobertura vegetal densa (que desencadeou não apenas vastas áreas de cobertura vegetal menos robusta, como gramíneas, mas também áreas de solo exposto), elevada densidade de construção, fluxo intenso de veículos leves e pesados. As esparsas e pouco numerosas áreas não-edificadas indicam temperaturas superficiais partindo de 26,0°C.

As estações de São Cristóvão (6) e Irajá (7) apresentam temperaturas de superfície no entorno deflagradas por intensa densidade de construção e usos residencial e comercial. Inclusive, a estação de São Cristóvão se localiza em uma zona de menores temperaturas de superfície, o Campo de São Cristóvão, marcado pela tímida presença de vegetação gramínea e arbórea. No entorno, localizam-se polos como a Feira de Tradições Nordestinas, edifícios residenciais e avenidas de alta circulação, conectando bairros do Centro aos bairros da Zona Norte. O fluxo de veículos pesados é intenso, com elevada impermeabilização.

Conforme o **Quadro 1**, as maiores amplitudes na temperatura superficial no verão foram identificadas em Guaratiba (33,4°C), Riocentro (33,4°C) e Jardim Botânico (21,9°C), marcadas por uma cobertura da terra mista, com presença de cobertura vegetal e, ao mesmo tempo, significativa densidade de construção. Ainda no verão, as menores amplitudes foram identificadas em São Cristóvão (14,0°C), Irajá (16,1°C) e Alto da Boa Vista (18°C) – este último destacado pelo papel da floresta na manutenção das temperaturas. Tais resultados corroboram com Lucena *et al.* (2018) para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, e Ugeda Jr (2011) e Amorim *et al.* (2009) para cidades pequenas e médias do Brasil.

Quadro 1 – Temperaturas de superfície das áreas de entorno das estações meteorológicas

Estações	Verão	Amplitude	Inverno	Amplitude
Santa Cruz	26,0°C – 47,1°C	21,1°C	16,9°C – 32,9°C	16,0°C
Guaratiba	14,0°C – 47,1°C	33,1°C	14,8°C – 23,2°C	8,4°C
RioCentro	14,0°C – 47,1°C	33,1°C	16,9°C – 23,2°C	6,3°C
Alto da Boa Vista	14,0°C – 32,1°C	18,1°C	8,8°C – 21,9°C	13,1°C
Jardim Botânico	14,0°C – 35,0°C	21,0°C	18,4°C – 21,9°C	3,5°C
São Cristóvão	33,4°C – 47,1°C	13,7°C	21,9°C – 32,9°C	11,0°C
Irajá	31,8°C – 47,1°C	15,3°C	21,9°C – 32,9°C	11,0°C

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

No inverno, menores amplitudes foram encontradas nas áreas com maior cobertura vegetal – ainda que pouco adensada, como Jardim Botânico (3,5°C), Riocentro (6,3°C) e Guaratiba (8,4°C). As maiores amplitudes foram identificadas em Santa Cruz (16,0°C), Alto da Boa Vista (13,1°C) e São Cristóvão (11,0°C).

Ainda que esses pontos apresentem especificidades, os episódios indicam um padrão espacial em que as maiores temperaturas de superfície são concentradas nas áreas de entorno das estações de Irajá e São Cristóvão, que se configuram como parte das ilhas de calor superficiais. Já as áreas de entorno das estações do Alto da Boa Vista, Jardim Botânico e Guaratiba se apresentam como parte das ilhas de frescor superficiais. Apesar da intensificação no verão, este padrão é encontrado ao longo do ano inteiro (LUCENA *et al.*, 2018). Nesse sentido, as áreas de mais elevadas temperaturas superficiais e as áreas de menores temperaturas superficiais, no verão e no inverno, podem ter o potencial de produzir, respectivamente, em maior número, ondas de calor e de frio.

4.2. Ondas de calor e de frio I: intensidade

Quanto aos limiares de definição das ondas de calor/frio e eventos, observou-se que a amplitude entre os percentis é significativa, tanto em âmbito interanual na mesma estação meteorológica, quanto entre estações (**Tabela 1**).

Em seis entre sete estações, os maiores valores de p95 (para ondas de calor), situaram-se no mês de janeiro. A exceção foi a estação RioCentro, na qual o maior valor ocorreu em dezembro. Julho apresentou os menores valores de p95 para todas as estações. Quanto ao p5 (para ondas de frio), os valores mais altos situaram-se em fevereiro em todas as estações. Os valores mais baixos alternaram-se entre os meses de julho (5 estações) e agosto (2 estações), corroborando com a literatura (NIMER, 1989; SANT'ANNA NETO, 2005).

Tabela 1 – Percentis mensais, por posto (2015 a 2019)

Alto da Boa Vista												
Perc	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
95	28,7	28,2	26,7	25,9	24,1	23	22,9	23,1	25,6	25,4	27,1	28,2
5	21,6	21,8	20,8	18,4	17,7	15,5	15	15,4	17	17,5	19,1	19,5
Guaratiba												
Perc	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
95%	30,3	30,2	28,6	28,1	25,8	25,1	25,3	25,4	25,8	26,7	27,2	30
5%	23,4	24,2	23,2	21,9	20,1	18	18,2	17,9	19,6	19,1	20,4	22
Irajá												
Perc	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
95%	32,7	32,1	30,6	30	27,3	26,5	25,9	26,8	29,1	29,4	30,3	31,8
5%	24,1	25	23,7	21,7	20,9	18,9	18,4	18,7	19,6	20,9	22,1	22,9
Jardim Botânico												
Perc	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
95%	30,6	30,4	29	28,1	26,3	26,3	25,3	25,7	26,2	27,4	28,9	30,3
5%	24,5	24,5	23,8	21,8	20,6	18,6	18,5	18,1	19,4	20,3	21,6	22,3
RioCentro												
Perc	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
95%	31,6	31,4	30	28,2	26,3	25,8	25,7	26	27,6	28,1	29,7	31,9
5%	24,8	25,6	24,2	22,6	20,7	19,1	19	18,8	20,2	21,3	22,5	23,2
Santa Cruz												
Perc	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
95%	31,6	31,2	30	29,7	26,5	25,9	25,7	26,5	28,1	28,7	29,5	31,1
5%	24,8	25	23,9	22	20,8	18,7	17,4	18,5	19,9	21	21,8	23,1
São Cristóvão												
Perc	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
95%	32	31,6	30,3	29,6	27	26,1	25,9	26,2	28,6	29	29,9	31,3
5%	23,8	25,2	24	22,2	21,3	19,2	18,8	18,9	20,1	21,3	22	22,8

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Alto da Boa Vista, situado no topo do maciço da Tijuca, ou seja, a barlavento, acaba por sofrer a influência da entrada e subida de sistemas atmosféricos. Ao se deslocar e

avançar sobre o maciço, a barlavento eles ainda estão carregados de umidade, o que acaba por favorecer a diminuição das amplitudes principalmente no p95.

Além disso, Irajá tem sua localização na retaguarda do maciço da Tijuca. Assim, os sistemas atmosféricos que, nessa latitude, apresentam sua entrada e deslocamento a partir da linha de costa, encontram o maciço como barreira orográfica. No caso de massas de ar de sul, ao iniciar sua descida, perde umidade e apresenta um ar mais quente e seco por compressão, tendo como resultado um aumento de temperatura.

Ademais, a massa tropical atlântica, principalmente quando sua trajetória envolve a passagem por extensas porções continentais, pode acarretar tipos de tempo marcados por ar quente e seco. Essas condições também refletem nos percentis das estações durante os meses de verão, como é possível identificar nas estações de Rio Centro e Santa Cruz.

Entre as estações, identificou-se que o maior valor de p95, que marca a intensidade das ondas de calor, foi encontrado em Irajá (32,7°C), enquanto o menor foi identificado em Alto da Boa Vista (22,9°C). No caso do p5, marcador da intensidade das ondas de frio, o maior limiar foi encontrado na estação RioCentro (25,6°C), e o menor também foi identificado no Alto da Boa Vista (15,0°C), o que corrobora com os resultados de temperaturas de superfície.

4.3. Ondas e eventos II: frequência

Em uma análise interanual, o ano de 2019 indicou maior presença de ondas de calor, totalizando onze, seguido do ano de 2015, que totalizou dez. Já para as ondas de frio, o ano de 2016 se apresentou como relativamente atípico mesmo num contexto de uma série histórica curta: foram vinte e duas ondas de frio, enquanto os anos de 2017 e 2018 apresentaram apenas sete (**Tabela 2**).

Entre as estações ao longo de toda a série histórica, identificou-se que a estação Irajá concentrou o maior número de ondas de calor, sete no total, seguida das estações Jardim Botânico, Alto da Boa Vista e Santa Cruz, cada uma com cinco ondas de calor. Quanto às ondas de frio, o destaque foi para a estação de Santa Cruz, com oito, seguida das estações RioCentro, São Cristóvão e Irajá, cada uma com sete ondas de frio entre 2015 e 2019.

Tabela 2 – Frequência de OC e OF total série histórica e por ano da série

Estações	2015 a 2019		2015		2016		2017		2018		2019	
	OC	OF	OC	OF	OC	OF	OC	OF	OC	OF	OC	OF
Santa Cruz	5	8	3	1	0	4	0	2	0	1	2	0
Guaratiba	2	4	1	1	0	2	0	0	0	1	1	0
RioCentro	3	7	0	0	0	4	0	1	0	2	3	0
Alto da Boa Vista	5	6	1	0	1	3	1	1	0	2	2	0
Jardim Botânico	5	2	3	0	2	1	0	0	0	1	0	0
São Cristóvão	2	7	1	0	0	3	0	2	0	0	1	2
Irajá	7	7	1	0	2	5	0	1	2	0	2	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As características de cobertura da terra do entorno da estação Irajá, marcada por elevadas temperaturas superficiais, podem fazer com que a amplitude térmica do ar seja intensificada quando da passagem de sistemas de estabilidade, como a massa polar atlântica (na produção de ondas de frio) e a massa tropical atlântica continentalizada (na produção de ondas de calor). Tal fator pode corroborar com a significativa frequência de ocorrência dos dois tipos de ondas registrada nessa estação.

Já proximidade da estação com áreas vegetadas, associadas a uma situação geográfica singular na entrada de sistemas de sul, como massas polares e frentes, pode ser um elemento explicativo da elevada frequência das ondas de frio que Santa Cruz registrou na série histórica. Sua proximidade com a linha de costa, e a ausência de barreiras orográficas significativas pode auxiliar na constituição de um sistema local de brisas, responsável pelo arrefecimento das temperaturas e, também, pela intensificação da redução destas quando da entrada de sistemas atmosféricos mais frios.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enquanto evento extremo de tempo atmosférico, as ondas de calor e de frio são identificadas na literatura como deflagradoras de impactos significativos do ponto de vista socioespacial, sobretudo no que se refere à saúde humana nos espaços urbanos. Ainda que

poucos trabalhos abordem tais fenômenos na faixa tropical, se torna mister compreender de que maneira a variação diária e sequencial de temperaturas altas e baixas ocorre, inclusive no sentido de identificar impactos que possam, eventualmente, se dar de maneira distinta no território, sobretudo quando da sua ocorrência em *feedbacks* com fenômenos que podem potencializar ou amenizar sua ocorrência, como é o caso das ilhas de calor urbanas.

No caso do município do Rio de Janeiro, são distintos os padrões de produção do espaço urbano, que acabam produzindo áreas profundamente heterogêneas quanto ao uso e cobertura da terra. Ao mesmo tempo em que pode-se encontrar áreas marcadas por profunda impermeabilização por asfalto e cimento, remoção da cobertura vegetal, elevada densidade de construção, vias estreitas, uso de materiais construtivos com elevada capacidade de absorção da radiação incidente, sobretudo em áreas marcadas pelo uso comercial e residencial, também são encontrados bairros marcados pela presença de maciços costeiros cobertos por verdadeiras florestas urbanas (caso do Maciço da Tijuca), com padrões mistos de cobertura da terra e emprego de materiais construtivos de maior reflectância, avenidas mais largas e maior presença de áreas verdes.

No primeiro caso, tais localidades indicaram maiores temperaturas de superfície, como foi o caso dos bairros de Irajá e São Cristóvão, tanto no verão quanto no inverno, constituindo verdadeiros arquipélagos de calor. No segundo caso, o Alto da Boa Vista e o bairro do Jardim Botânico apresentaram as menores temperaturas superficiais no verão e no inverno, constituindo-se em zonas de frescor. Tais características se refletiram na intensidade das ondas de calor, principalmente nas estações de Irajá (maior intensidade) e Alto da Boa Vista (menor intensidade), que apresentaram, respectivamente, os maiores e menores valores de p95 e p5 entre as estações meteorológicas utilizadas.

Porém, no que se refere à frequência, esta relação não se apresentou de maneira linear. Apesar da estação Irajá apresentar maior número de ondas de calor e o segundo maior de ondas de frio, foi Santa Cruz que apresentou o maior número de ondas de frio. Estima-se que este fato guarde estreita relação com a situação latitudinal e longitudinal da área em questão (Santa Cruz) quanto à entrada de sistemas de sul, principalmente sistemas frontais e decorrente avanço de ares polares. Acredita-se que o avanço desses sistemas pode provocar alterações no balanço de radiação, diminuindo as temperaturas do ar momentaneamente e provocando, por conseguinte, esse maior número de ondas de frio.

Muito provavelmente isso não foi observado nas cartas de temperatura de superfície em função da necessidade de escolha de cenas do satélite que fossem registradas em dias de estabilidade atmosférica. De toda maneira, uma detida análise da escala sinótica permanece tão clássica quanto fundamental nas análises oriundas das investigações no campo da Climatologia Urbana.

Em síntese, reitera-se que as características de cobertura da terra, responsáveis pela produção diferenciada de arquipélagos de calor/frescor superficiais, são relevantes, mas não são o único fator explicativo do cenário supramencionado. Assim, elementos adicionais como a dinâmica espacial e temporal dos arquipélagos de calor/frescor atmosféricos, circulação intraurbana, sistema de brisas e mesmo a temperatura da superfície do mar, parecem ser fundamentais para investigações futuras.

AGRADECIMENTOS

As autoras e o autor do trabalho gostariam de agradecer a contribuição dos pareceristas, imprescindível ao desenvolvimento e, sobretudo, às considerações finais deste texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMAN, S. A.; KNOX, J. **Meteorology: understanding the atmosphere**. Jones and Bartlett Learning, 2012.

ALLEN, M.; SHERIDAN, S. Spatio-temporal changes in heat waves and cold spells: an analysis of 55 U.S. cities. **Physical Geography**, v. 37, n. 3-4, p. 189-209, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/02723646.2016.1184078>

ALVES, M. P. A. *et al.* Onda de frio? Análise de diferentes métodos de identificação. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, ano 13, p. 295 – 312, 2017.

AMORIM, M. C. T. T. *et al.* Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins**, v. 7, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.6070>

ANDERSON, B.; BELL, M. L. Weather-related mortality: how heat, cold and heat waves affect mortality in United States. **Epidemiology**, v. 20, n. 2, p. 205-213, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318190ee08>

ANDERSON, B.; BELL, M. L. Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. Communities. **Environmental Health Perspectives**, v. 119, n. 2, p. 210-218, 2011.

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionais para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 5 – 28, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v20i0.49792>

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. The Urban Climate System and the Impacts of Flooding on Rio de Janeiro, Brazil. In: **Urban Climates in Latin America**. Switzerland: Springer, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-97013-4_10

BARNETT, A. G. *et al.* Cold and heat waves in the United States. **Environmental Research**, n. 112, p. 218-224, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.12.010>

BRANDÃO, A. M. P. M. As alterações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro: uma provável influência do crescimento urbano. In: ABREU, M. A. (org). **Natureza e Sociedade no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esporte, 1992.

BRANDÃO, A. M. P. M. As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência. In: **Tormentas Cariocas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1997.

BRANDÃO, A. M. P. M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (orgs). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

DERECZYNSKI, C. P. *et al.* Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 24-38, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000100003>

DIAZ, J. *et al.* Time trend in the impact of heat waves on daily mortality in Spain for a period of over thirty years (1983-2013). **Environmental International**, v. 116, p. 10-17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.001>

DINIZ, F. R. *et al.* Heat wave and elderly mortality: historical analysis and future projection for Metropolitan Region of São Paulo, Brazil. **Atmosphere**, v. 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11090933>

D'IPPOLITI, D. *et al.* The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. **Environmental Health**, v. 9, n. 37, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-37>

FANTE, K. P.; ARMOND, N. Ondas de frio e enfermidades respiratórias: Análise na perspectiva da vulnerabilidade climática. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. spe, p. 145-159, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.118949>.

FARIAS, H. S.; BRANDÃO, A. M. P. M. A influência antrópica na evolução semanal da temperatura do ar no bairro Maracanã/RJ. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 6, n. 4. p. 7-22, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v6i0.25576>

FIALHO, E. S. **Análise têmporo-espaial do campo térmico na Ilha do Governador/RJ em episódios de verão e inverno**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

FIALHO, E. S. O clima urbano e sua contribuição ao planejamento da cidade por meio da elaboração de mapas climáticos. In: OSCAR JUNIOR, A. C. S. O.; ARMOND, N. B. (org). **A climatologia geográfica no Rio de Janeiro: reflexões, metodologias e técnicas para uma agenda de pesquisa**. Curitiba: Appris, 2018.

FOUILLET, A. *et al.* Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. **International Journal of Epidemiology**, v. 37, p. 309-317, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/dym253>.

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

HAYHOE, K. *et al.* Climate change, heat waves, and mortality projections for Chicago. **Journal of Great Lakes Research**, v. 36, p. 65-73, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2009.12.009>

HUYNEN, M. *et al.* The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, n. 5, p. 463-470, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/população/projeção/>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Temperatura Média Anual**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/?r=clima/page&page=anomaliaTempMediaAnual>>. Acesso em: 15 fev. 2021

KATAVOUTAS, G.; FOUNDA, D. Response of Urban Heat Stress to heat waves in Athens (1960-2017). **Atmosphere**, v. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos100090483>.

KOVATS, R. S.; HAJAT, S.; WILKINSON, P. Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. **Occupation and Environmental Medicine**, v. 61, p. 893-898, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2003.012047>.

LEMOS, L. O.; OSCAR JUNIOR, A. C. S. O campo térmico em episódio de inverno no bairro Bangu, Rio de Janeiro (RJ). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 41, p. 1 – 16, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.176065>.

LI, D.; BOU-ZEID, E. Synergistic interactions between Urban Heat Islands and Heat waves: the impact in cities is larger than the sum of its parts. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 52, p. 2051-2064, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-13-02.1>

LUCENA, A. J. **A ilha de calor na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Atmosféricas em Engenharia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

LUCENA, A. J.; PERES, L. F.; MIRANDA, V. F. V. V. Os espaços de calor na Região Metropolitana e Cidade do Rio de Janeiro. In: OSCAR JR, A. C. S.; ARMOND, N. B. (org). **A climatologia geográfica no Rio de Janeiro**. Curitiba: Appris, 2018.

MEEHL, G.; TEOBALDI, C. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. **Science**, v. 305, p. 994-997, 2004. DOI: [10.1126/science.1098704](https://doi.org/10.1126/science.1098704)

MEIRELES, V. H. P.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L. F. Um Estudo do Fenômeno da Ilha de Calor Urbana na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 180 – 194, 2014.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em Climatologia**. São Paulo: USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias, n. 25. São Paulo: USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Revista Geosul**, ano 5, n. 9, 1990a.

MONTEIRO, C. A. F. A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica. **Revista Geosul**, v. 5, n. 9, 1990b.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Revista Geosul**, v. 5, n. 9, 1990c.

MONTERO, J. C. *et al.* Mortality from cold waves in Castille – La Mancha, Spain. **Science of the Total Environment**, v. 408, p. 5768-5774, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.086>

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2^a edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. New York: John Wiley & Sons, 1978.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, n. 455, p. 1-24, 1982. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/qj.49710845502>

OLIVEIRA, D. S. *et al.* Hotter, longer and more frequent heatwaves: an observational study for the Brazilian city of Campinas, SP. **Revista Brasileira de Meteorologia, Online ahead of print**, v. 36, p. 305-316, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863620119>.

ORTIZ, G. F.; AMORIM, M. C. C. T. Temperatura da superfície da cidade de Cândido Mota/SP a partir da imagem de satélite Landsat 7. **Revista Geográfica da América Central**, v. 1, n. esp., p. 1-16, 2011.

PERKINS, S. E.; ALEXANDER, L. V. On the measurement of heat waves. **Journal of Climate**, v. 26, n. 13, p. 4500-4517, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00383.1>

PITICAR, A. *et al.* Recent changes in heat waves and cold waves detected based on excess heat factor and excess cold factor in Romania. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 4, p. 1777-1793, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5295>

PLAVCOVÁ, E.; KYSELÝ, J. Overly persistent circulation in climate models contribute to overestimated frequency and duration of heat waves and cold spells. **Climate Dynamics**, v. 46, p. 2805-2820, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2733-8>.

PROSDOCIMI, D.; KLIMA, K. Health effects of heat vulnerability in Rio de Janeiro: a validation model for policy applications. **Applied Sciences**, v. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03750-7>

QI ZHAO, S. L. *et al.* The association between heatwaves and risk of hospitalization in Brazil: a nationwide time series study between 2000 and 2015. **PLOS Medicine**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002753>.

LUCYRIO, V.; REBOITA, M. S.; ALBIERI, M. C. G. Ondas de frio intensas sobre o nordeste do estado de São Paulo entre 1961 a 2017. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 15, v. 25, p. 571 – 593, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.68125>.

REVICH, B.; SHAPOSHNIKOV, D. Excess mortality during heat waves and cold spells in Moscow, Russia. **Occupation and Environmental Medicine**, v. 65, p. 691-696, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2007.033944>.

RIZWAN, A. M. *et al.* A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. **Journal of Environmental Sciences**, v. 20, pp. 120–128, 2008. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4).

SANT'ANNA NETO, J.L. O decálogo da climatologia do Sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 1, v. 1, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25232>.

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**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

SILVEIRA, R. B. *et al.* Impactos das ondas de frio sobre a saúde pública no município de São Joaquim - Santa Catarina-Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p.249-266, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.57776>.

SILVEIRA, R. B. *et al.* Ondas de calor nas capitais do Sul do Brasil e Montevidéu – Uruguai. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 4, p. 1259, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.4.p1259-1276>.

SPOSITO, M. E. B. Capitalismo e urbanização. São Paulo: Contexto, 1988.

TAN, J. *et al.* The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. **International Journal of Biometeorology**, v.54, p. 74 – 84, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0256-x>.



UGEDA JR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales – SP**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p. 370-384, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8).

WANG, Y. *et al.* Estimating and projecting the effect of cold waves on mortality in 209 US cities. **Environmental International**, v. 94, p. 141-149, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.05.008>.

WARD, K. *et al.* Heat waves and urban heat islands in Europe: a review of relevant drivers. **Science of Total Environment**, p. 527 - 539, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.119>.

WILBY, R.L. Past and projected trends in London's urban island. **Weather**, v. 58, p. 251–260, 2003.

WOLF, J.; ADGER, W. N.; LORENZONI, I. Heat waves and cold spells: an analysis of policy response and perceptions of vulnerable populations in the UK. **Environment and Planning A**, v. 42, p. 2721-2734, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1068/a42503>.

ZHAO, L. *et al.* Interactions between urban heat islands and heat waves. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 3, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9f73>.