

ANÁLISE DO CLIMA URBANO POR TRANSECTO MÓVEL: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE REGENTE FEIJÓ (SP)¹

Isadora Aparecida Nozawa ²
Danielle Cardozo Frasca Teixeira ³

INTRODUÇÃO

O clima de um lugar pode ser considerado como a integração de uma série de elementos que se verificam desde a macro até a microescala. No contexto urbano, o clima é influenciado diretamente pelos materiais que constituem a superfície da cidade, uma vez que esta apresenta um aspecto mais rugoso do que as superfícies não construídas, elas atuam como refletoras e radiativas, intensificando então os efeitos da radiação incidente (Romero, 2015).

Nesse cenário, a ilha de calor urbana (ICU) se configura como um efeito do clima urbano, caracterizado como um domo de ar quente que encobre o meio urbanizado (Stewart; Oke, 2007). Resultado da diferença de temperatura entre a área urbana e rural, a formação deste fenômeno está diretamente relacionada à localização da cidade, atividades antrópicas realizadas no local, materiais empregados nas construções, condições climáticas, morfologia e densidade urbana (Amorim; Dubreul, 2017; Ren *et al.*, 2023). Com isso, a magnitude da ilha de calor urbana varia dentro do espaço urbano, de acordo com as combinações da paisagem urbana (Ribeiro *et al.*, 2023).

Em relação ao ser humano, a captação do clima envolve o conforto térmico, a qualidade do ar e condições meteorológicas em várias escalas (Porangaba *et al.*, 2021). Assim, a exposição das pessoas às condições climáticas extremas, como altas temperaturas e baixa umidade provoca nelas impactos na saúde que vão desde desconforto e desidratação até mortalidade (Monteiro *et al.*, 2021).

Segundo dados divulgados no relatório “*State of the Global Climate*” da Organização Meteorológica Mundial (2023), o ano de 2023 foi o ano mais quente já registrado, quando a temperatura média global alcançou $1,45 \pm 0,12^{\circ}\text{C}$ acima da média do período pré-industrial (1850 – 1900) e próximo ao limite inferior de $1,5^{\circ}\text{C}$ estabelecido no Acordo de Paris sobre as mudanças climáticas.

¹ O presente resumo expandido é resultado de um projeto de pesquisa financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

² Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, isadora.nozawa@unesp.br;

³ Professora orientadora: Doutora em Geografia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, danielle.frasca@unesp.br.

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (2024), no país, dos 12 meses de 2023, nove registraram médias mensais de temperatura acima da média histórica (1991 – 2020). Sendo que setembro se destacou, ao apresentar o maior desvio desde 1961, com uma temperatura 1,6°C acima dessa média.

Esse fato chama a atenção para refletirmos sobre o comportamento das cidades que, devido aos processos antrópicos que as compõem, influenciam diretamente nas funções de trocas de calor que refletem na geração de fenômenos como as ilhas de calor (Amorim; Sant’anna Neto; Monteiro, 2013).

Dessa forma, este estudo justifica sua importância, ao investigar parâmetros ambientais que poderão orientar a instauração de políticas de ordenamento de uso da terra que considerem as condições climáticas do local. Além do mais, espera-se que seus resultados possam ser utilizados na elaboração de diretrizes para o planejamento urbano e sustentável do município, buscando contribuir com o atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) divulgados na Agenda 2030 pela Organização das Nações Unidas.

Portanto, o objetivo do trabalho é analisar a intensidade e a distribuição de ilhas de calor no município de Regente Feijó.

MATERIAS E MÉTODO

Segundo Teixeira (2019), o estudo de cidades médias e pequenas é importante, pois, mesmo apresentando dimensões reduzidas, essas cidades podem promover alterações na atmosfera próximas à superfície capazes de gerar um clima específico. Frente a esta perspectiva, o presente trabalho abordou como objeto de estudo da cidade de Regente Feijó.

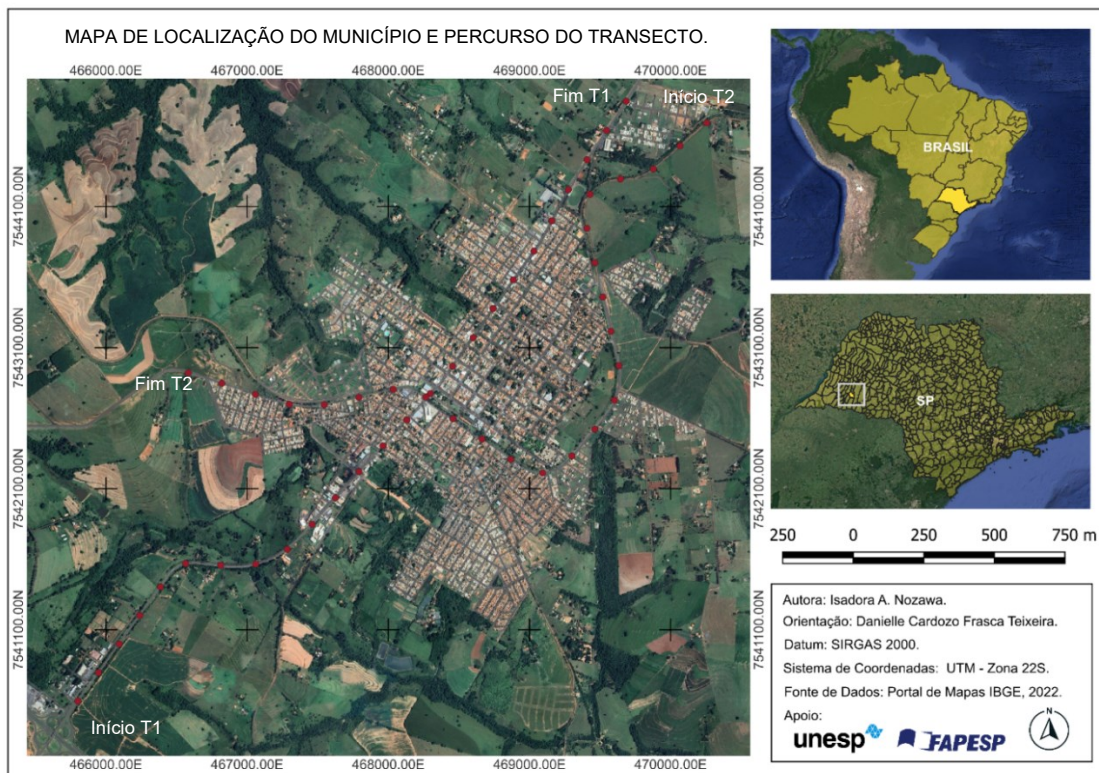
Localizado no Estado de São Paulo, na Região do Oeste Paulista, conforme indica a Figura 01, o município possui uma área territorial total de 263.280,00 km², incluindo o Distrito de Espigão, e apresenta uma população de 20.145 habitantes, caracterizando-se como um município de pequeno porte populacional (IBGE, 2022).

Além do mais, Regente Feijó se enquadra na classificação climática de Köppen-Geiger Aw, apresentando um clima tropical com estação seca, onde a temperatura do ar varia de 15°C a 31°C ao longo do ano e a precipitação média varia de 36 mm no mês menos chuvoso, julho, a 187 mm no mês mais chuvoso, janeiro (DB CITY, 2021; Weather Spark, 2024).

Em relação à aquisição de dados, a temperatura do ar foi obtida a partir da realização de um transecto móvel, onde foi aplicada a metodologia utilizada em pesquisas anteriores como Dorigon e Amorim (2019), Teixeira (2019) e Porangaba *et al.* (2021).

Dessa forma, um transecto móvel foi realizado no dia 07 de maio de 2024, das 20h40 às 21h40 (horário de Brasília), em condições de céu claro, com poucas ou nenhuma nuvem e baixa nebulosidade⁴. Assim, a temperatura do ar foi registrada a cada 100 metros, totalizando assim, 81 pontos de coleta. A Figura 01 também indica o percurso realizado, onde o trajeto vertical (sentido sul – norte) percorreu cerca de 5,85km e o trajeto horizontal (sentido leste – oeste) 6,05km.

Figura 01 – Localização do Município e Percurso do Transecto.



Fonte: Portal de mapas IBGE (2022). Elaborado pela autora, 2024.

Cabe destacar que o monitoramento para coleta da temperatura do ar foi realizado por meio de um veículo automotor, cuja velocidade não ultrapassou os 20km/h e para a leitura da temperatura do ar em cada ponto, foi utilizado o termômetro digital de temperatura interna e externa da marca Incoterm, com precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$ a $50^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (temperatura interna) e -50°C a $0^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ / $50,1^{\circ}\text{C}$ a $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (temperatura externa), onde o sensor foi acoplado a uma haste de bambu com cerca de 1,50m, sendo que à sua extremidade externa foi fixada meia esfera de isopor para proteção do sensor.

Após a coleta dos dados de temperatura do ar, os mesmos foram organizados no software Excel v.2110 (Marca registrada da Microsoft Corporation) para a organização da relação entre a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e altitude (m) apresentadas em cada ponto de coleta, enquanto

⁴ Classificação do céu NBR 15.215-2/2021 (ABNT, 2021).

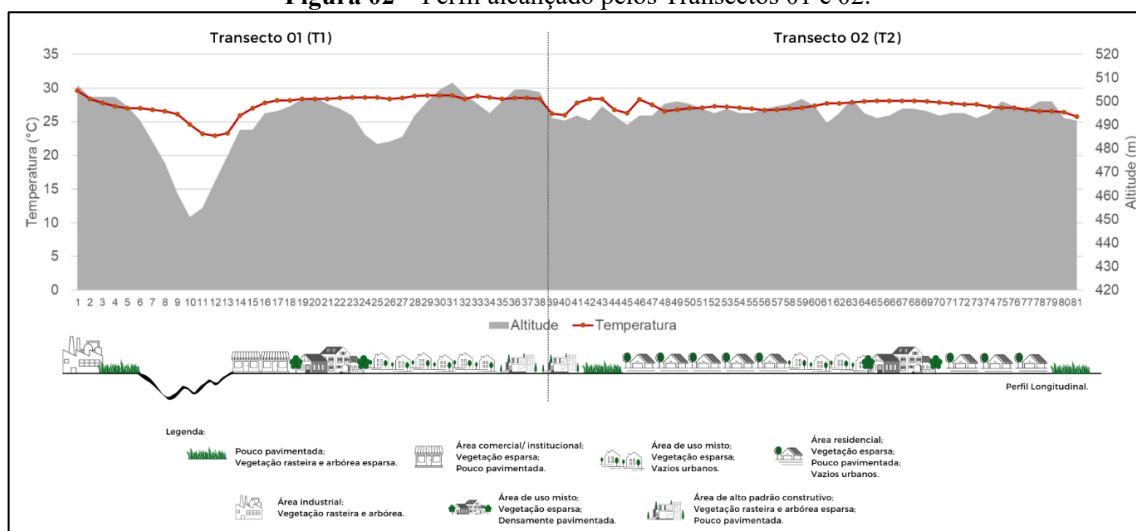
o software *Surfer v.25.1.229* (Marca registrada da Golden Software) foi utilizado para que os resultados pudessem ser visualizados espacialmente através do desenvolvimento de cartas isotérmicas, a partir da interpolação dos dados utilizando a *Krigagem* (Porangaba e Amorim, 2017). O tratamento dos dados considerou a intensidade da ICU a partir da diferença entre a temperatura registrada na área urbana e a temperatura registrada na área rural (Fernandez García, 1996).

Para amparar a análise dos resultados, dados complementares como a direção e velocidade do vento foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para isso foram verificados os dados referentes à Estação A707 presente no município de Presidente Prudente (SP), esta que é a estação meteorológica mais próxima à área de estudo, localizada na mesma região climática, distante aproximadamente 20km da área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos métodos adotados, a Figura 02 apresenta a relação entre temperatura (°C) e altitude (m) em cada ponto do transecto móvel, complementada pelas feições urbanas ao longo do percurso.

Figura 02 – Perfil alcançado pelos Transectos 01 e 02.



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

A análise revela que a altitude variou 57 metros entre o ponto mais baixo (ponto 10) e o mais alto (ponto 31), enquanto a temperatura oscilou 6,7°C de intensidade, com a menor temperatura registrada no ponto 12 e a maior no ponto 1. Tal intensidade configura uma ICU de muito forte magnitude (Fernandez García, 1996). Em relação à velocidade média dos ventos,

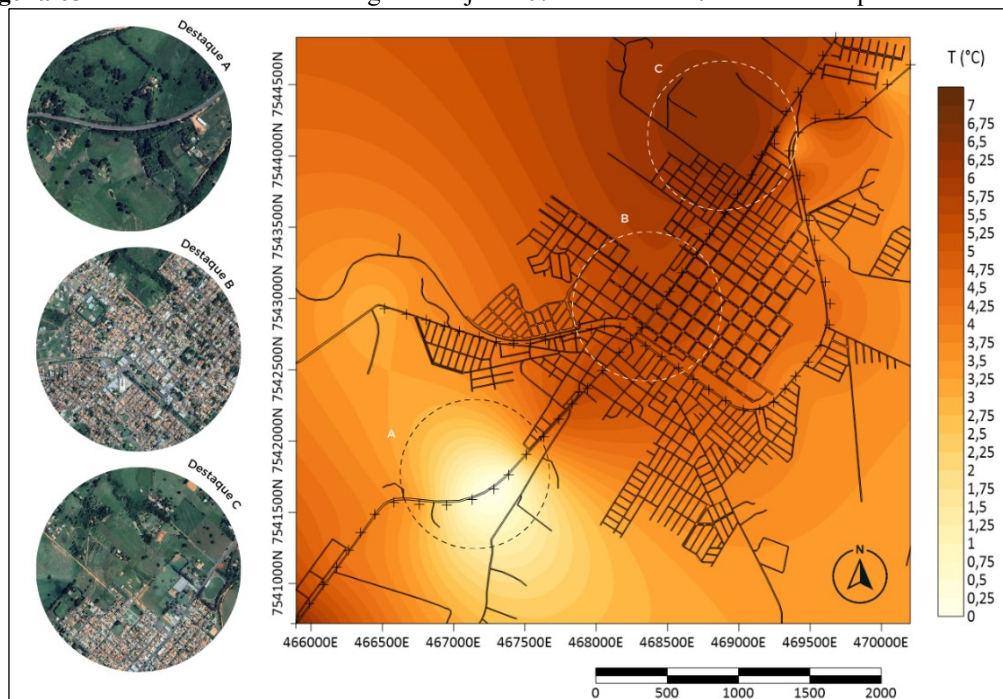
a mesma foi de 1,68 m/s e a direção predominante foi a nordeste (NE). No dia da medição a cidade estava sob a influencia da massa tropical continental (mTc), assim, Araújo *et al.* (2010) explicam que este sistema é responsável por provocar o aumento da temperatura, diminuir a umidade relativa do ar e a pressão atmosférica, podendo intensificar então, os efeitos negativos da ilha de calor, como o desconforto térmico.

A Figura 03 apresenta a carta de isoterma gerada a partir da espacialização e modelagem dos dados coletados. Nela, nota-se que a região Sudoeste da malha urbana registrou as menores temperaturas, o que pode ser explicado pela sua característica de fundo de vale, com predominância de áreas permeáveis e arborizadas (Destaque A).

Já a região central (Destaque B), apesar de contar com mais áreas construídas e vegetação esparsa, mostrou uma intensidade expressiva entre 4,5 e 5,75°C. No entanto, ela ainda não se destacou como a mais quente, sendo um dos fatores explicativos a topografia do local, uma vez que o local é mais baixo, apresentando uma altitude reduzida em cerca de 20m, conforme observado na Figura 02.

Ao contrário desta, a região norte (Destaque C), mesmo apresentando mais vazios urbanos e áreas vegetativas, foi o local que concentrou a intensidade máxima da ilha de calor. Dessa forma, um dos motivos também pode ser a topografia, uma vez que o local é mais plano, o que facilita o acúmulo de calor e dificulta a circulação do ar e consequentemente, a dissipação do calor.

Figura 03 – Carta de isoterma de Regente Feijó de 07 de maio de 2024 com destaque dos resultados.



Fonte: elaborado pelas autoras, 2024.

Diante dos resultados, Dorigon e Amorim (2019) destacam que o relevo desempenha um papel crucial na distribuição das temperaturas do ar. Em seu estudo realizado no município de Paranavaí (PR), as autoras observaram a intensidade térmica de 7°C, tanto no verão quanto no inverno. As menores temperaturas foram registradas em regiões de fundo de vale, caracterizadas por uma maior cobertura vegetal arbórea, enquanto as maiores temperaturas ocorreram na área central da área urbana, onde havia uma maior densidade de construções e menor presença de vegetação.

Já no estudo de Porangaba *et al.* (2021) conduzido na cidade de Três Lagoas (MS), a intensidade da ilha de calor apresentou forte magnitude ao atingir 5°C de diferença térmica, onde as áreas construídas e com classe de solo exposto (terrenos vazios e ruas sem pavimentação) alcançaram as maiores temperaturas em relação às áreas de fragmentos florestais e com cobertura arbórea.

Por fim, outro estudo relevante é a tese de Teixeira (2019), que analisou três municípios de pequeno porte próximos à área do presente estudo. Foram eles: Presidente Venceslau (SP), Santo Anastácio (SP) e Álvares Machado (SP), sendo identificadas intensidades de ilhas de calor de 11°C, 6°C e 6°C, respectivamente. Com isso, o estudo reforçou que a forma, intensidade e magnitude das ilhas de calor serão um reflexo direto do conjunto de fatores naturais e antropogênicos, assim como se verifica em Regente Feijó.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, foi possível confirmar que a distribuição das temperaturas no município de Regente Feijó é fortemente influenciada pela topografia e pela configuração urbana. Onde as variações de altitude, associadas à cobertura vegetal, sistema atmosférico atuante e uso do solo, desempenham um papel significativo na formação de ICU.

Dessa forma, essa dinâmica evidencia a importância do planejamento urbano e da preservação de áreas verdes para mitigar os efeitos das ilhas de calor e melhorar o conforto térmico da população. Além disso, a análise dos dados ressalta a complexidade do clima urbano, mostrando que, mesmo em cidades de pequeno e médio porte, as variações térmicas podem ser significativas e influenciadas por uma combinação de fatores naturais e antrópicos.

Portanto, o estudo contribui para uma compreensão mais aprofundada dos impactos das ilhas de calor em contextos urbanos específicos, destacando a necessidade de estratégias de adaptação e mitigação para promover ambientes urbanos mais saudáveis e sustentáveis.

Palavras-chave: Clima urbano; Ilha de calor urbana (ICU); Transecto Móvel.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa concedida, processo n°. 2023/13375-4.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. de C. T.; DUBREUIL, V. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. *Climate*, v. 5, 2017.

AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Org.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso.** São Paulo: Outras Expressões, 2013.

ARAUJO, A. P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C. A. V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; REODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. de C. T. Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente Prudente-SP. *Revista Formação*, n. 17, v. 1, p. 77-95, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.215-2: Iluminação natural – Parte 2 – Procedimentos de cálculo para a disponibilidade de luz natural e para a distribuição espacial natural.** Rio de Janeiro, 2021.

DB CITY. **Regente Feijó.** Disponível em: <https://pt.db-city.com/Brasil--S%C3%A3o-Paulo--Regente-Feij%C3%B3>. Acesso em: 15 jul. 2023.

DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. de C. T. Spatial modeling of na urban Brazilian heat island in a tropical continental climate. *Urban Climate*, v. 28, 2019.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Regente Feijó.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/regente-feijo/panorama>. Acesso em: 15 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Ano de 2023 é o mais quente da série histórica no Brasil.** Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-do-brasil>. Acesso em: 17 jun. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação:** Presidente Prudente A707. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 13 ago. 2024.

MICROSOFT EXCEL. Versão: 2101. Microsoft Corporation, 2016.

MONTEIRO, F. F.; GONÇALVES, W. A.; ANDRADE, L. de M. B.; VILLAVICENCIO, L. M. M.; SILVA, C. M. dos S. Assessment of Urban Heat Islands in Brazil based on MODIS remote sensing data. **Urban Climate**, v. 35, 2021.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 25 jun. 2020.

PORANGABA, G. F. O.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T.; SILVA, M. H. S. da; DUBREUIL, B. Modeling the urban heat island. At a winter event in Três Lagoas, Brazil. **Urban Climate**, v. 37, 2021.

PORANGABA, G. F. O.; AMORIM, M. C. de C. T. Análise de ilhas de calor diagnosticadas por meio de transectos móveis em Assis, Cândido Mota, Maracá e Tarumã (SP). **Revista Franco-Brasileira de Geografia (Confins)**, v. 33, 2017.

REN, J.; SHI, K.; LI, Z.; KONG, X.; ZHOU, H. A Review on the Impacts of Urban Heat Islands on Outdoor Thermal Comfort. **Buildings**, v. 13, 2023.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público.** 4 Reimpressão. Editora Universidade de Brasília, 2015.

RIBEIRO, M. C. A.; PINTON, L. de G.; CARDOSO, R. dos S.; AMORIM, M. C. de C. T. Spatial and temporal dynamics of the urban heat island. Effect in a small Brazilian city. **Geographical Research**, p.1-13, 2023.

STEWART, I.; OKE, T. R. **Newly developed “thermal climate zones” for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer.** *In:* Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment, 2009 Jan.11–15, Phoenix, EUA.

SURFER. Versão. 25.1.229. Golden Software Inc, 2002.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano das cidades de pequeno porte do oeste paulista: análise do perfil térmico de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado.** 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

WEATHER SPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Regente Feijó no ano todo.** Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29744/Climacaracter%C3%ADstico-em-Regente-Feij%C3%B3-S%C3%A3o-Paulo-Brasil-duranteoano#:~:text=Em%20Regente%20Feij%C3%B3%2C%20o%20ver%C3%A3o,superior%20a%2036%20%C2%B0C>. Acesso em: 15 jul. 2023.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **State of the Global Climate 2023.** Geneva: WMO, 2024.