

# A OCORRÊNCIA DE ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E NO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO: A RESERVA INDÍGENA DE DOURADOS (RID), MATO GROSSO DO SUL, BRASIL

Amanda Trindade Amorim

*Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”*

Charlei Aparecido da Silva

*Universidade Federal da Grande Dourados*

## RESUMO

As mudanças climáticas têm se tornado cada vez mais evidentes, intensificando os eventos climáticos extremos, como ondas de calor, que ameaçam a segurança e o bem-estar global, especialmente das populações em condições de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental. A pesquisa teve como objetivo mensurar e analisar a ocorrência de ondas de calor no período de 01/01/2015 a 31/12/2024, a partir disso avaliou impactos na Reserva Indígena de Dourados (RID) e em seu entorno, um raio definido de seis quilômetros. Foram analisados dados diários de temperatura máxima, a Temperatura Superficial (TS) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), obtidos a partir do processamento de imagens de sensoriamento remoto. Os resultados indicaram um aumento significativo dos dias quentes nos anos analisados, alterações na frequência e no padrão temporal das ondas de calor, além de um declínio do NDVI e aumento nas TS, fatos que afetam diretamente o território da RID, e por consequência, sua população.

*Palavras-chave:* Mudanças climáticas; evento climático extremo; sensoriamento remoto; terra indígena; vulnerabilidade socioambiental.

## ABSTRACT

Climate change has become increasingly evident, intensifying extreme weather events, such as heat waves, which threaten global security and well-being, especially for populations in conditions of socioeconomic and environmental vulnerability. The research aimed to measure and analyze the occurrence of heat waves during the period from 01/01/2015 to 12/31/2024, from which it evaluated impacts on the Dourados Indigenous Reserve (DIR) and its surroundings, a defined radius of six kilometers. Daily data on maximum temperature, the Surface Temperature (ST) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), obtained from the processing of remote sensing images, were analyzed. The results indicated a significant increase in hot days in the years analyzed, changes in the frequency and temporal pattern of heat waves, in addition to a decline in NDVI and an increase in TS, facts that directly affect the territory of RID, and consequently, its population.

*Key words:* Climate change; extreme weather event; remote sensing; indigenous land; socio-environmental vulnerability.

## INTRODUÇÃO

Os dados dos últimos relatórios do IPCC mostram que a composição química da atmosfera está se modificando desde o início da Revolução Industrial devido às causas antropogênicas, que se referem aos impactos causados pelas atividades humanas. Embora as mudanças climáticas naturais ocorram ao longo de escalas de tempo mais longas, as ações humanas têm acelerado esse processo, alterando rapidamente a composição da atmosfera e os padrões climáticos (IPCC, 2023).

Os efeitos das mudanças climáticas estão cada vez mais evidentes e são marcadas por inúmeros impactos negativos, que colocam em risco a segurança e o bem-estar das populações em diversas partes do mundo. Entre esses impactos, destaca-se o aumento na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos, como Ondas de Calor (OC), que representam uma séria ameaça às sociedades contemporâneas (Oliveira *et al.*, 2019; Porangaba *et al.*, 2024; Santos e Silva, 2024).

Uma OC é um evento climático extremo caracterizado por temperaturas que excedem um limite superior da faixa de valores normalmente observados, mantidas por um período de dias consecutivos (IPCC, 2012). Cheng *et al.* (2023) apresentam que estudos recentes têm analisado padrões de OC no século XXI, revelando que o aquecimento antropogênico tem contribuído para tornar esses eventos mais intensos, prolongados, frequentes e impactantes. Projeções indicam que esses fenômenos devem continuar a se agravar ao longo deste século, exigindo uma compreensão mais profunda de seus efeitos. Essa tendência de agravamento de eventos extremos climáticos tem sido objeto de estudo no Mato Grosso do Sul (Silva, Fialho e Rocha, 2022; Santos e Silva, 2024) e suas consequências já são evidenciadas no território e no cotidiano.

Nesse contexto, a aplicação de tecnologias de sensoriamento remoto tem se mostrado fundamental para investigar essas mudanças, fornecendo dados detalhados que permitem detectar alterações complexas na superfície terrestre, frequentemente associadas ao desenvolvimento humano (Bari *et al.*, 2021). Além disso, essa tecnologia facilita a análise de padrões temporais e espaciais, sendo especialmente útil no estudo dos impactos de eventos extremos, como as OC.

A temperatura da superfície terrestre (TS), obtida por sensoriamento remoto, é uma variável climática reconhecida pelo Sistema Global de Observação do Clima (Malakar *et al.*, 2018) e é crucial para a compreensão dos processos físicos na interface superfície-atmosfera (Guillevic *et al.*, 2017). Essa variável está diretamente relacionada aos fluxos de calor radiativo, latente e sensível, e sua análise tem sido potencializada pela análise conjunta com índices espectrais, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Esses índices permitem relacionar características da paisagem à temperatura da superfície (Mirchooli *et al.*, 2020; Roy; Bari, 2022; Oad *et al.*, 2023), contribuindo para o planejamento sustentável e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Naquilo que se refere as OC, há clareza que suas ocorrências representam riscos significativos à saúde pública, à segurança alimentar, à produção e distribuição de energia e à sustentabilidade dos ecossistemas, tornando-se especialmente evidentes nas áreas urbanas (Cheng *et al.*, 2023), onde a maioria da população mundial reside e executa as suas atividades. Esses riscos são ainda mais acentuados para populações em situações de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental (Silveira, 2016; Porangaba *et al.*, 2024), como as que vivem em terras indígenas.

As Terras Indígenas, além de abrigar populações tradicionais, desempenham um papel essencial na conservação dos recursos naturais. Suas populações têm importante papel na

manutenção da biodiversidade brasileira, sendo uma fonte de importantes recursos ecossistêmicos que são decisivos para o bem-estar e a economia do país (Bensusan, 2004; Arruda *et al.*, 2023; Amorim e Silva, 2025a). No entanto, no estado de Mato Grosso do Sul (MS), essas áreas têm enfrentado pressões intensas no seu entorno, marcadas pela expansão agrícola, o avanço de pastagens, a urbanização e por vulnerabilidades socioambientais (Ferreira e Silva, 2024a, 2024b; Amorim e Silva, 2025b).

Nesta conjuntura, a presente pesquisa teve como objetivo analisar a ocorrência de OC no período de 01/01/2015 a 31/12/2024, avaliar seus impactos na Reserva Indígena de Dourados (RID) e em seu entorno de seis quilômetros. A RID, localizada contígua ao perímetro urbano do município de Dourados, abriga cerca de 18 mil habitantes, sendo considerada a maior reserva indígena em área urbana do Brasil. A escolha desse recorte espacial justifica-se exatamente pela íntima relação evidenciada entre a área do território da RID e da área urbanizada do município de Dourados-MS.

A pesquisa buscou investigar as relações diretas existentes entre os impactos das OC sobre a TS e o NDVI, contribuindo para o debate sobre estratégias de mitigação e adaptação em contextos socioambientais vulneráveis, como o evidenciado na RID.

## ÁREA DE ESTUDO

A RID está localizada entre os municípios de Dourados e Itaporã-MS (Figura 1), possui área com cerca de 3.515 hectares e o seu entorno de 6km abrange uma área com cerca de 28.402 hectares. A RID foi criada pelo Serviço de Proteção ao Índio (SPI), pelo Decreto Estadual nº 401, de 1917, e atualmente conta com aproximadamente 18 mil habitantes, das etnias Guarani Nhandeva e Terena (Terras Indígenas no Brasil, 2024), sendo considerada a maior reserva indígena em área urbana do Brasil.

A área, o território compreendido pela RID, está localizada no Bioma Mata Atlântica, em contato com o Cerrado, e possui vegetação típica de ambos os biomas (IBGE, 2021). O relevo é predominantemente suave, com declividade média de 5% de inclinação (Amorim e Silva, 2025b) e os solos predominantes são os Latossolos Vermelho (IBGE, 2023), profundos, com boa permeabilidade e capacidade de retenção de água, sendo aptos para a agricultura após correções (Embrapa, 2018). A região possui característica climática Am (Dubreuil *et al.*, 2017), com temperatura média anual de 23,4°C. Há uma época curta de seca nos meses de junho, julho e agosto (com média histórica mensal de 60mm), enquanto na maioria dos meses do ano existe uma pluviosidade significativa (variando de 86 a 197mm mensais) (Climate Data, 2024).

Amorim e Silva (2025b) constataram que a RID está sob forte pressão decorrente da aproximação urbana e agrícola em seu entorno, cujos reflexos já contemplam o seu interior, conforme se observa na Figura 2. Essas condições são favorecidas, principalmente, por suas características físico-climáticas, que permitiram e têm propiciado, historicamente, a presença e o desenvolvimento intenso de um modelo agrícola baseado no plantio de monoculturas, essencialmente o binômio soja-milho voltado à exportação de commodities.

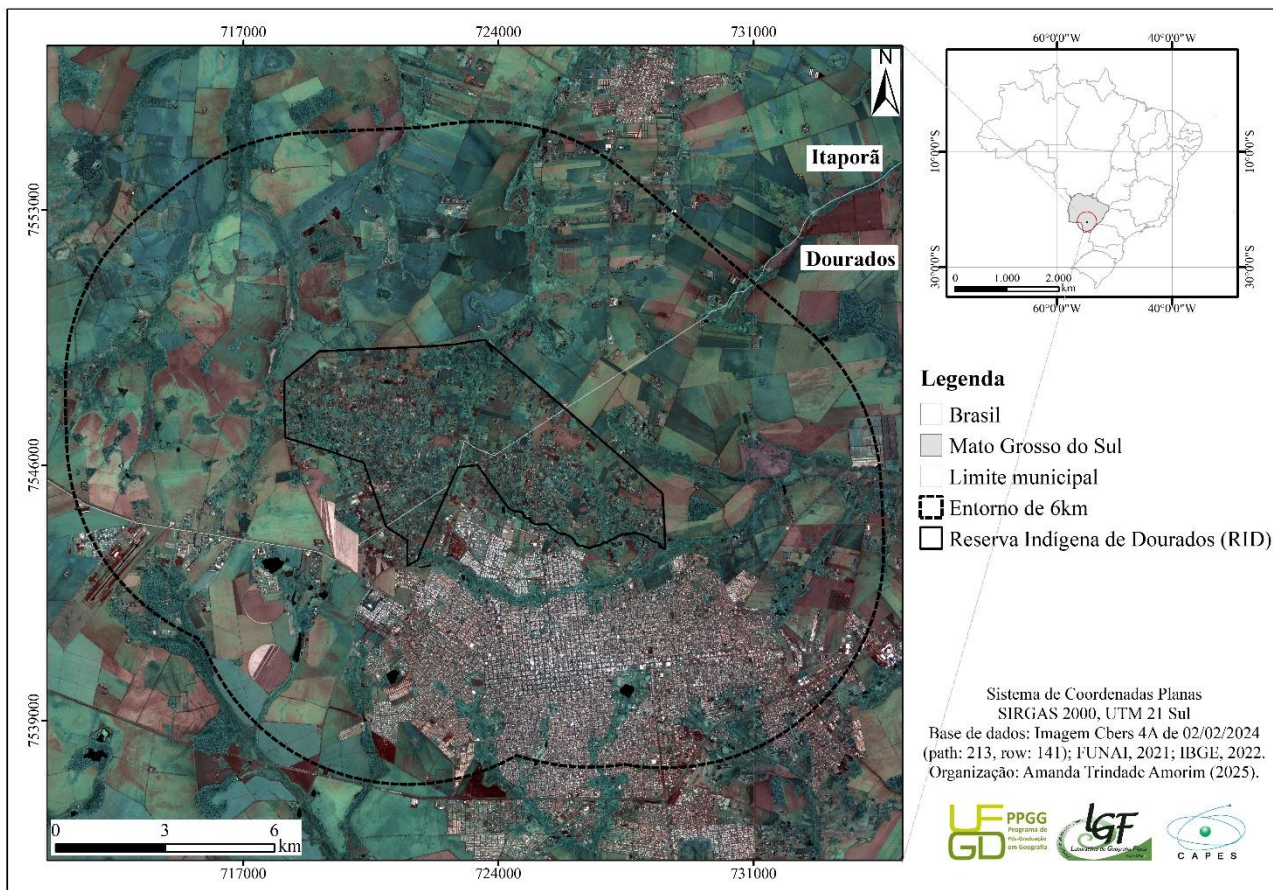


Figura 1 – Localização da área de estudo: RID e seu entorno de 6 quilômetros. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar a ocorrência das OC na última década, foram adquiridos os dados meteorológicos das temperaturas máximas diárias de 01 de janeiro de 2015 a 31 de dezembro de 2024, disponibilizados pelo Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul (CEMTEC<sup>1</sup>). Os dados são da estação meteorológica A721, de Dourados, gerenciada pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

Períodos de falha nos dados foram preenchidos com a estação de Itaporã (S710 da SEMAGRO), localizada a cerca de 15km da área em análise, ou com a estação de Rio Brillhante (A743 do INMET), situada a cerca de 70km da área. Isso foi possível, pois, de acordo com a WMO (2012), nessas distâncias e por ambas as estações estarem inseridas na mesma região climática, sob condições de relevo e cobertura semelhantes, as observações são representativas.

Para a análise, os dados de temperaturas máximas diárias foram organizados no *Microsoft Excel*, com a identificação dos dias considerados quentes, definidos como aqueles em que a

<sup>1</sup> CEMTEC. Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima e Mato Grosso do Sul. Banco de dados. Disponível em: <https://www.cemtec.ms.gov.br/bancodedados/>, acesso em 5/1/2026.

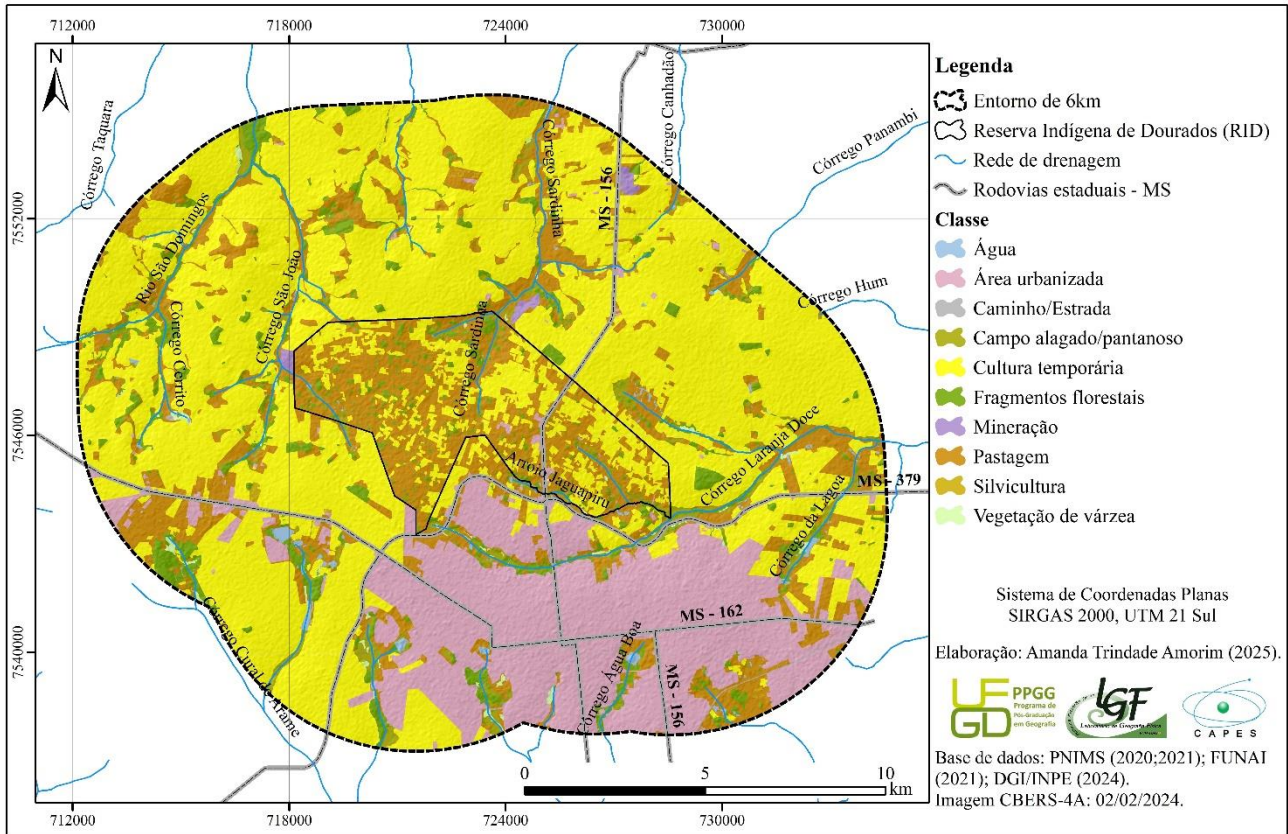


Figura 2 – Uso e cobertura da terra na RID e seu entorno de 6 quilômetros. Fonte: Amorim e Silva, 2025b.

temperatura máxima excede em 5°C a média climatológica de referência local. Fante (2024) exhibe diferentes metodologias para identificação de OC, no entanto, para essa pesquisa as OC foram identificadas de acordo com a definição estabelecida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que caracteriza esses eventos como períodos de cinco ou mais dias consecutivos em que a temperatura máxima diária supera em 5°C a média climatológica de referência. A opção por trabalhar com a metodologia do (IPCC) encontra fundamentos também em Santos e Silva (2024) que mensuraram a ocorrência de OC na cidade de Dourados (MS) para o período de 1980 a 2019.

Para possibilitar a comparação entre a TS e o NDVI, bem como averiguar e debater os impactos desses fatores na última década, foram selecionados dois períodos de ocorrência de OC com características meteorológicas semelhantes, sendo o primeiro em 2015 e o segundo em 2024. Assim, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 de 17 de setembro de 2015 e de 09 de setembro de 2024 (path 225, row 075). Tais imagens foram adquiridas junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey – USGS), em sua plataforma online e gratuita EarthExplorer, e processadas no software ArcGIS.

O NDVI varia de +1 a -1 e permitem verificar que os valores próximos a +1 se referem às áreas com maior vigor vegetativo. Para o cálculo desse índice, foi aplicada a Equação 1 (Rouse et al., 1974).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:  $\rho_{NIR}$  é o valor da reflectância da Banda 5 (Infravermelho próximo);  $\rho_{RED}$  é o valor de reflectância da Banda 4 (Vermelho).

Para o cálculo da TS, foram aplicadas as Equações 2, 3, 4, 5 e 6 (Sobrino, 2004; USGS, 2019; Mirchooli et al., 2020).

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:  $L_{\lambda}$  é a radiância espectral ( $W/(m^2 * sr * \mu m)$ );  $M_L$  é o fator de escala multiplicativo de radiância para a banda ( $RADIANCE\_MULT\_BAND\_n$  obtido nos metadados da imagem);  $A_L$  é o fator de escala aditivo de radiância para a banda ( $RADIANCE\_ADD\_BAND\_n$  obtido nos metadados da imagem);  $Q_{cal}$  é o valor de pixel em nível 1 em números digitais (DN).

$$Tb = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} - 273,15 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:  $Tb$  é a Temperatura de Brilho do sensor em graus Celsius ( $^{\circ}C$ );  $L_{\lambda}$  é a radiância espectral ( $W/(m^2 * sr * \mu m)$ );  $K_1$  é a constante de conversão térmica específica da banda Termal 10 ( $K1\_CONSTANT\_BAND\_10$ );  $K_2$  é a constante de conversão térmica específica da banda Termal 10 ( $K2\_CONSTANT\_BAND\_10$ , obtido nos metadados da imagem).

$$Pv = \left( \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:  $Pv$  é a Proporção de vegetação;  $NDVI_{\min}$  é o menor valor calculado no NDVI;  $NDVI_{\max}$  é o maior valor calculado no NDVI.

$$E = m * Pv + n = 0,004 * Pv + 0,986 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:  $E$  é a Emissividade da superfície terrestre;  $Pv$  é a Proporção de vegetação;  $m$  é a Emissividade do solo (0,004 segundo Sobrino *et al.* (2004));  $n$  é a Emissividade da vegetação (0,986 segundo Sobrino *et al.* (2004)).

$$TS = \frac{Tb}{\left(1 + \left(\frac{\lambda B T}{\rho}\right) * \ln(E)\right)} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:  $TS$  é a Temperatura da Superfície terrestre corrigida pela Emissividade em graus Celsius ( $^{\circ}C$ );  $Tb$  é a Temperatura de Brilho do sensor em graus Celsius ( $^{\circ}C$ );  $\lambda$  é o comprimento de onda da

radiância emitida (para o qual a resposta de pico e a média do comprimento de onda limite da B10 = 10,895 $\mu$ m (0,010895m) (Mirchooli *et al.*, 2020));  $\rho = h \frac{c}{\sigma} = 0,01438$  mK, onde h é a constante de Plank (6,626 $\cdot 10^{-34}$  J/s), c é a velocidade da luz (2,998 $\cdot 10^8$  m/s) e  $\sigma$  é a constante de Boltzmann (1,38 $\cdot 10^{-23}$  J/K) (Mirchooli *et al.*, 2020); E é a Emissividade da superfície terrestre.

Para as análises, os valores de NDVI e TS foram avaliados e correlacionados com o mapeamento de uso e cobertura da terra realizado por Amorim e Silva (2025b). Essa integração foi viabilizada por meio da sobreposição dos respectivos arquivos geoespaciais e da extração dos índices em cada classe de uso e cobertura identificada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados históricos das temperaturas máximas registrados em Dourados-MS, entre 2001 e 2024, a média observada foi de 29,9°C (Embrapa, 2025). Diante disso, os dias considerados quentes são aqueles que apresentaram a sua temperatura máxima igual ou acima de 34,9°C (5°C acima da média climatológica de referência). A Figura 3 apresenta a série histórica, de 01 de janeiro de 2015 a 31 de dezembro de 2024, das temperaturas máximas registradas.

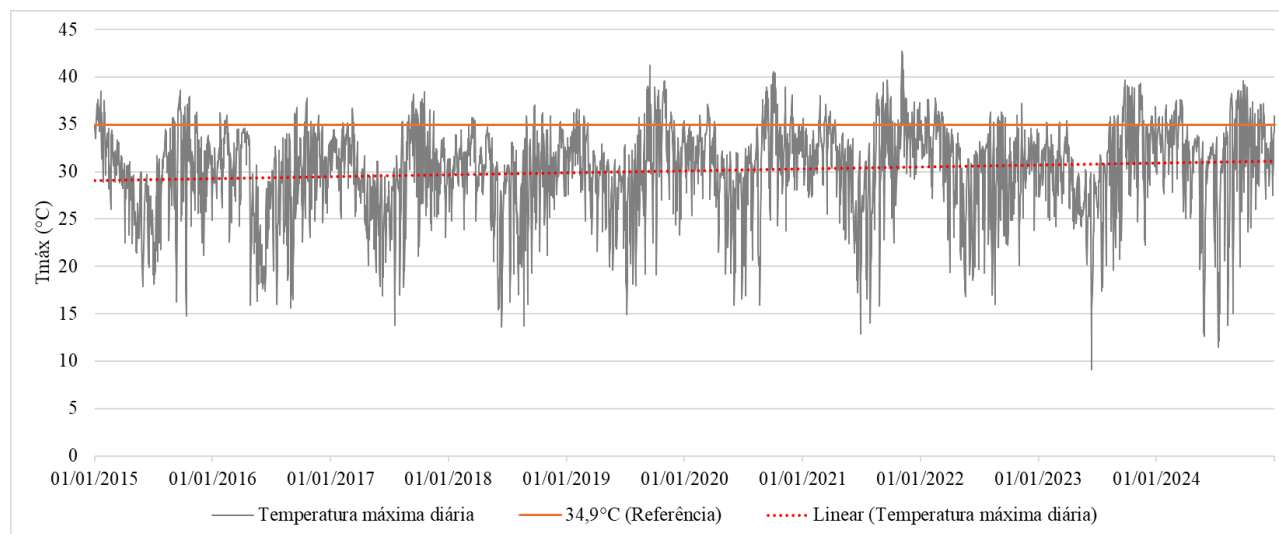


Figura 3 – Temperaturas máximas diárias de 01/01/2015 a 31/12/2024. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Ao longo da última década, foi possível observar uma tendência linear de aumento das temperaturas máximas (linha tracejada em vermelho na Figura 2), com os valores das temperaturas máximas ultrapassando cada vez mais a linha contínua em laranja, que representa o limiar de 34,9°C para a região. Para uma análise anual, a Figura 4 apresenta a quantidade de dias quentes.

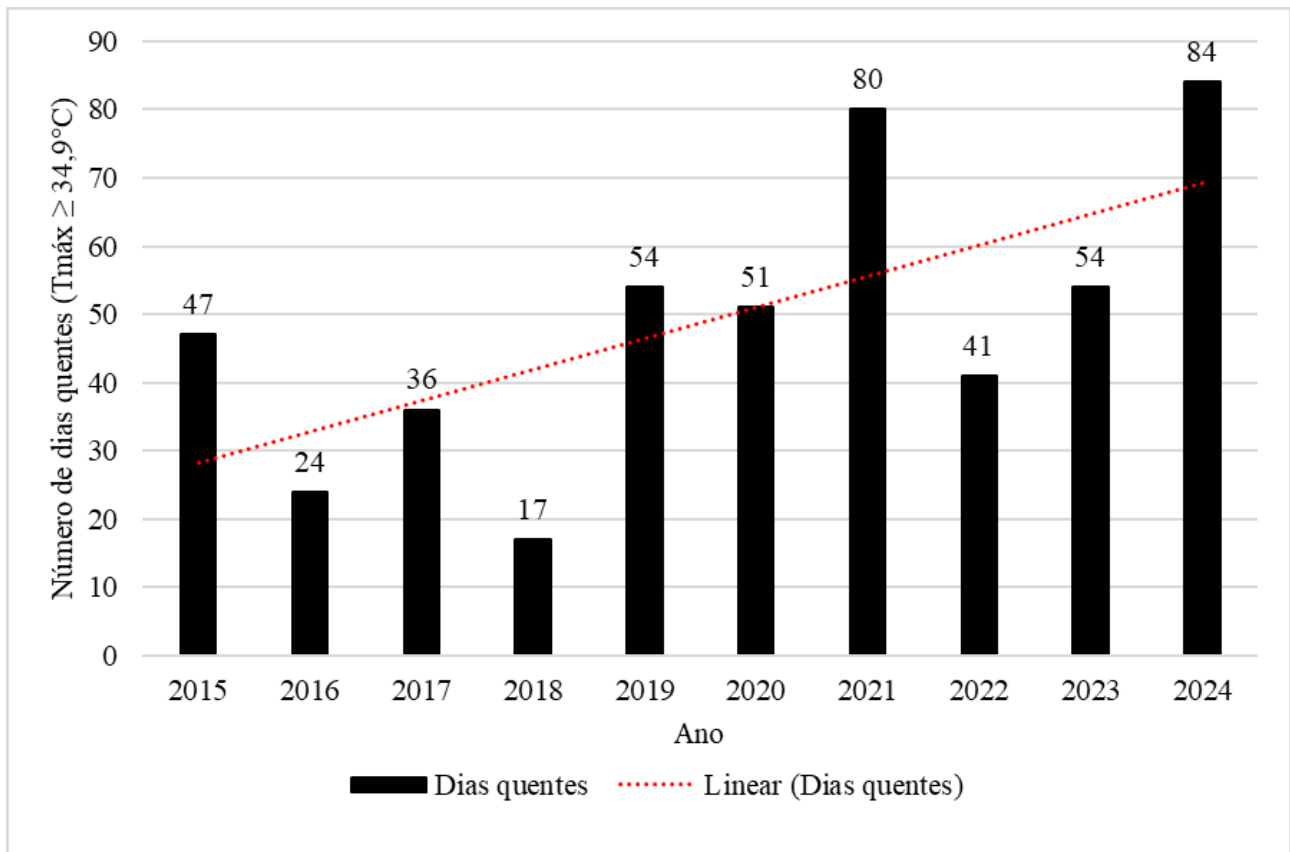


Figura 4 – Número de dias quentes por ano analisado. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Apesar das oscilações, que podem estar relacionadas a eventos globais como os fenômenos El Niño e La Niña (ENOS) (INPE, 2024; ONI, 2025), observa-se uma tendência linear de aumento na quantidade de dias quentes por ano. Esse padrão sugere uma maior probabilidade de ocorrência de OC, consideradas neste estudo como períodos de cinco ou mais dias consecutivos com temperaturas máximas acima de 34,9°C. Nesse contexto, o Quadro 1 apresenta a ocorrência das OC registradas na última década.

Os resultados indicam uma mudança na frequência e no padrão temporal dos eventos de OC ao longo do período analisado. Observa-se que a maioria desses eventos ocorrem no segundo semestre, com destaque para os meses de agosto e setembro, que são períodos mais secos. Contudo, desde 2020, esses eventos vêm se repetindo no primeiro semestre também, especialmente entre os meses de janeiro e março, que são períodos úmidos, marcados pela ocorrência dos maiores registros de pluviosidade.

O aumento das OC durante períodos úmidos representa um risco ainda mais significativo para a saúde humana. Mora *et al.* (2017) apresentam que a temperatura e a umidade são os melhores preditores de condições climáticas potencialmente letais. Essa relação está diretamente associada à fisiologia térmica humana, uma vez que ambos os fatores afetam a capacidade do corpo de dissipar o calor, comprometendo os mecanismos naturais de regulação térmica. Como consequência, intensifica-se o estresse térmico e aumenta a incidência de doenças respiratórias e cardiovasculares.

Ano	Dias quentes	Ondas de calor	Dias consecutivos
2015	47	06 a 15 jan 2015	10
		16 a 25 set 2015*	10
2016	24	15 a 19 out 2016	5
2017	36	19 a 23 set 2017	5
2018	17	-	-
2019	54	07 a 11 set 2019	5
		30 set a 04 out 2019	5
		24 out a 05 nov 2019	13
		17 a 22 nov 2019	6
2020	51	11 a 16 mar 2020	6
		09 a 14 set 2020	6
		29 set a 09 out 2020	11
		24 a 29 nov 2020	6
2021	80	20 a 24 fev 2021	5
		08 a 13 mar 2021	6
		16 a 25 ago 2021	10
		27 set a 01 out 2021	5
		01 a 10 nov 2021	10
2022	41	22 a 26 jan 2022	5
		12 a 17 fev 2022	6
		24 a 28 fev 2022	5
		06 a 10 mar 2022	5
2023	54	17 a 26 set 2023	10
		07 a 18 nov 2023	12
		14 a 18 dez 2023	5
2024	84	29 jan a 02 fev 2024	5
		26 fev a 03 mar 2024	7
		09 a 21 mar 2024	13
		16 a 22 ago 2024	7
		07 a 13 set 2024*	7
		15 a 20 nov 2024	6

Quadro 1 – Ondas de calor em Dourados (MS): período e quantidade de dias consecutivos. Fonte: Elaborado pelos autores. Nota: \* OC em que foram adquiridas imagens do Landsat 8 para as análises espaciais do NDVI e TS.

Além disso, períodos que associam a ocorrência de chuvas a temperaturas elevadas criam condições favoráveis à proliferação de mosquitos, como o *Aedes aegypti*, vetor de doenças infecciosas como dengue, Zika e Chikungunya. Esses riscos são agravados pela ausência de coleta adequada de resíduos sólidos urbanos e pelo descarte irregular na RID, o que amplia ainda mais a ocorrência dessas doenças.

O número de dias quentes e a ocorrência de OC têm aumentado constantemente, indicando maior incidência de eventos extremos de calor na região de Dourados. Pesquisa anterior, que analisou essa mesma região no período de 1980 a 2019, já apontava a tendência de aumento desses eventos (Santos e Silva, 2024). Além disso, estudos semelhantes vêm sendo realizados em diversas regiões do globo, como Parente *et al.* (2018), Tavakol *et al.* (2020), Wang e Yan (2021), Silva

*et al.* (2022), Cheng *et al.* (2023), reforçando ainda mais que essa é uma preocupação de escala global.

Quanto ao NDVI, no 17 de setembro de 2015, durante uma OC de dez dias consecutivos, os valores variaram de -0,18 a 0,53, com média de 0,22. Já em 09 de setembro de 2024, durante uma OC de sete dias consecutivos, os valores variaram entre -0,07 e 0,35, com média de 0,12. A Figura 5 apresenta esse mapeamento, onde é possível observar a distribuição espacial do NDVI na data de 2015 (A) e 2024 (B).

Observa-se que os valores de NDVI são baixos em ambas as datas analisadas, refletindo as condições de OC durante o período seco. Os maiores índices foram observados em áreas cobertas por fragmentos florestais, vegetação de várzea e silvicultura respectivamente, enquanto os menores valores foram registrados nas áreas urbanizadas e em regiões de cultivos agrícolas. Destaca-se que, nesse período, as áreas agrícolas foram particularmente impactadas pela seca intensa, apresentando baixo vigor vegetativo ou solo exposto devido à colheita ou ressecamento das culturas.

Em ambas as datas os valores são baixos, no entanto, esses valores são menores ainda na data mais recente. A Figura 6 apresenta os valores médios do NDVI em cada classe de uso e cobertura.

Por apresentar maior amplitude nos valores do NDVI em 2015, é possível observar, na análise espacial da Figura 5A, que o interior da RID apresentava melhores condições de NDVI em comparação com a área urbana do município de Dourados, localizada predominantemente ao sul da reserva. Essa distribuição é coerente com o observado no mapeamento das TS apresentado na Figura 7.

No 17 de setembro de 2015, durante uma OC de dez dias consecutivos, os valores variaram de 32,1°C a 55,2°C, com média de 44°C. Já em 09 de setembro de 2024, durante uma OC de sete dias consecutivos, os valores variaram entre 32,2°C e 73,4°C, com média de 53,5°C.

Os valores de TS registrados foram bastante elevados, principalmente na data mais recente. As menores temperaturas foram registradas em áreas cobertas por fragmentos florestais, vegetação de várzea e em áreas de campo alagado ou pantanoso, enquanto as maiores temperaturas foram registradas nas áreas de cultivos agrícolas, pastagens e urbanizadas. Esse comportamento foi observado em ambas as datas, no entanto, observa-se que as temperaturas médias das classes de uso e cobertura na data mais recente são mais elevadas. A Figura 8 apresenta os valores médios da TS em cada classe de uso e cobertura.

De maneira geral, observa-se que os valores do NDVI são inversamente proporcionais aos valores de TS. Os maiores valores de NDVI representam melhores condições e maior qualidade fotossintética da vegetação e, por consequência, essas são as áreas com temperaturas mais amenas, como também constatado por Amorim *et al.* (2022) e Reis *et al.* (2022). No entanto, destaca-se que essa relação não se aplica à análise da água, uma vez que corpos d'água tendem a apresentar temperaturas mais baixas e não produzem atividade fotossintética.

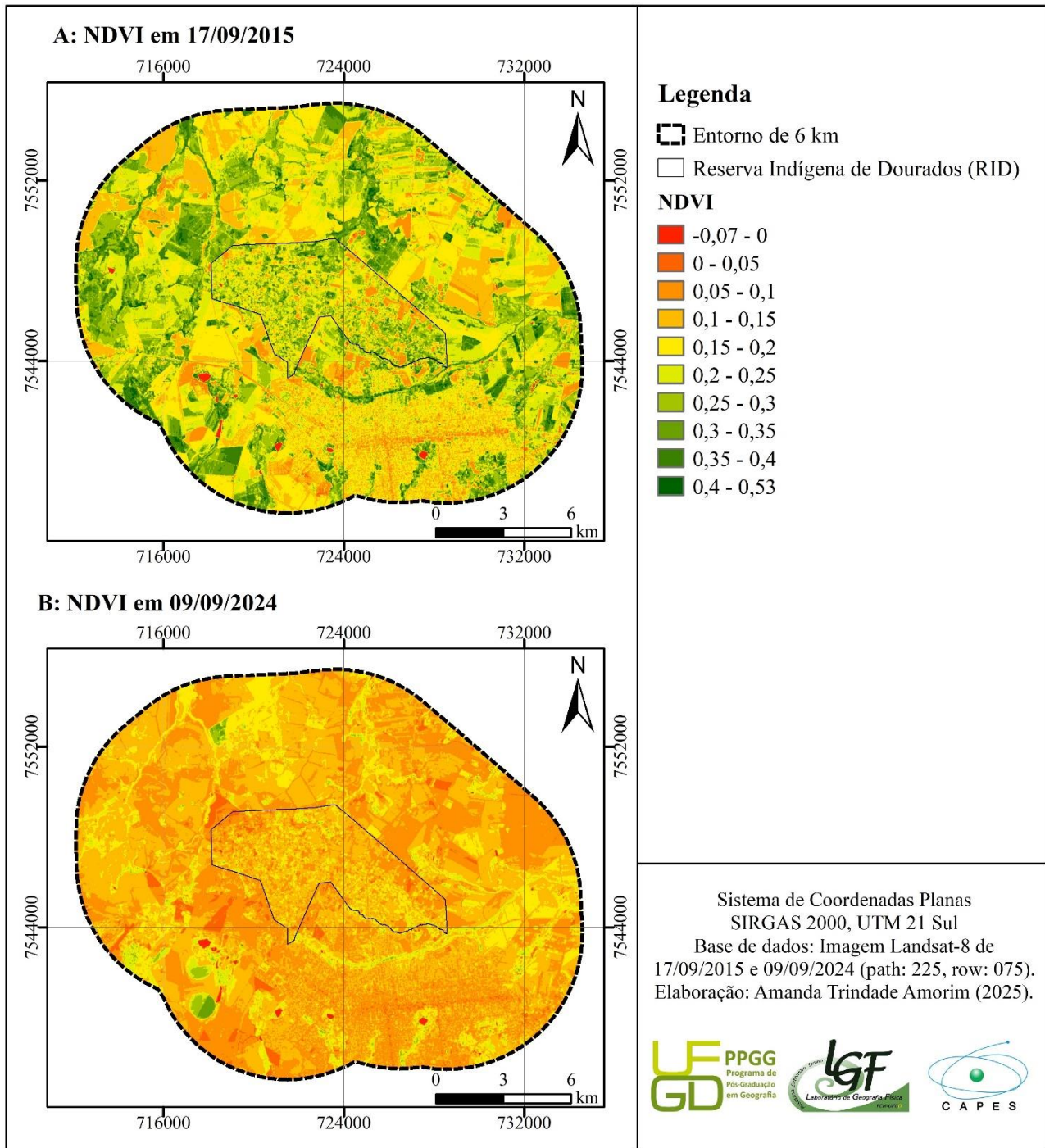


Figura 5 – NDVI em 17/09/2015 (A) em 09/09/2024 (B) da RID e seu entorno de 6 km. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

As diferenças na temperatura estão relacionadas às mudanças na radiação e propriedades térmicas das superfícies impermeáveis em relação às superfícies naturais, além do calor produzido pelos serviços urbanos e queima de combustíveis (Chen et al., 2016; Oke et al., 2017). No entanto, alguns materiais respondem a mudanças na temperatura mais rápida ou mais lentamente que outros.

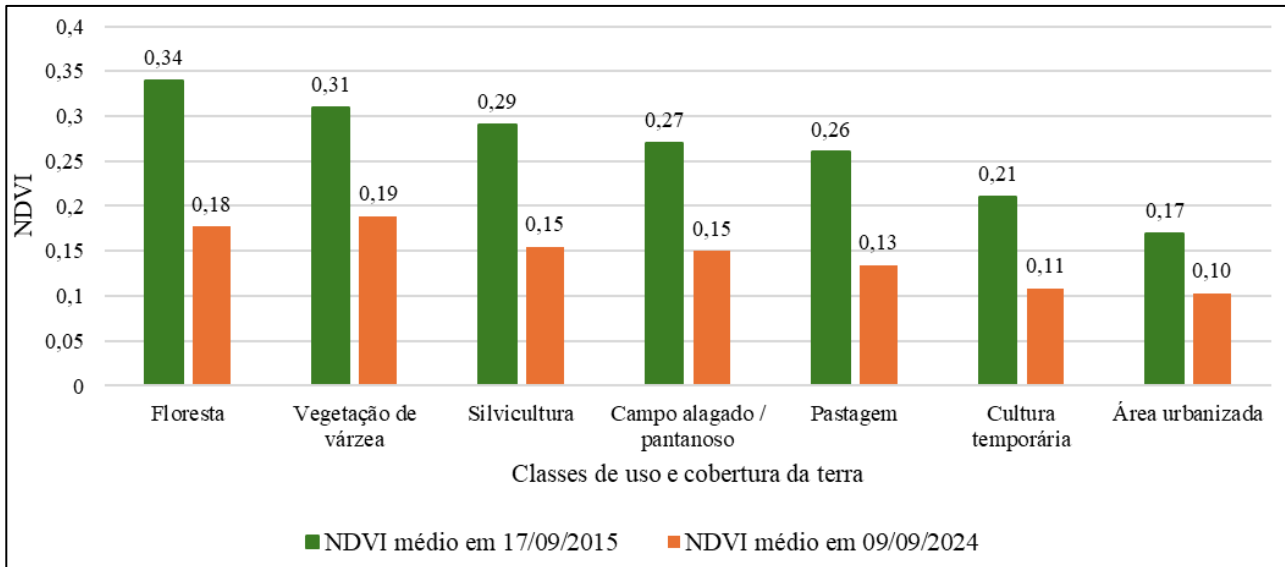


Figura 6 – NDVI médio das classes de uso e cobertura da terra da RID e seu entorno de 6 km. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Jensen (2009) apresenta que as áreas rurais, em função de suas características termodinâmicas, se aquecem com maior rapidez quando comparadas às áreas urbanas, as quais levam mais tempo para se aquecer; no entanto, a zona rural também perde calor com maior velocidade. Esse comportamento está associado às diferenças de inércia térmica entre campo e cidade, a qual é determinada pela relação entre a densidade, a capacidade térmica e o calor específico dos materiais que compõem a superfície.

Durante os períodos secos, as intensidades das ilhas de calor urbanas superficiais diminuem em comparação às áreas rurais. Isso ocorre pois o solo rural seco e descoberto contribui para o aumento das temperaturas superficiais (Amorim, 2018). Tal comportamento é evidenciado na presente análise, na qual as áreas de cultivos agrícolas e pastagens, marcadas pelo calor intenso e período de seca, apresentaram valores mais baixos de NDVI e as TS mais elevadas quando comparadas à área urbana do município de Dourados. Essa evidência é mais bem observada na Figura 7B, referente à TS de 2024, na qual a amplitude térmica é maior, com valores máximos mais elevados.

Constatou-se, ainda, que as áreas arborizadas, mesmo em condições de seca, têm a capacidade de manter as temperaturas superficiais mais amenas. Mesmo diante de valores de NDVI relativamente baixos, em períodos marcados por eventos extremos de OC e clima seco, as áreas vegetadas contribuem para o resfriamento da superfície e da atmosfera, conforme também observado por Algretawee *et al.* (2019), Atwa *et al.* (2020) e Arshad *et al.* (2021).

Já as áreas urbanas causam mudanças profundas na paisagem natural em decorrência da substituição da vegetação e dos solos permeáveis por edifícios, bem como da impermeabilização quase total das superfícies. Além das alterações no formato da superfície e no tipo de cobertura, as atividades humanas desempenham papel importante na geração de calor antropogênico. Nesse sentido, os dados de TS obtidos por imagens de satélite apresentam-se como um instrumento

importante para o diagnóstico inicial de fontes de calor em superfícies, uma vez que, conforme Amorim (2018), a temperatura do ar resulta da interação entre a atmosfera e as superfícies.

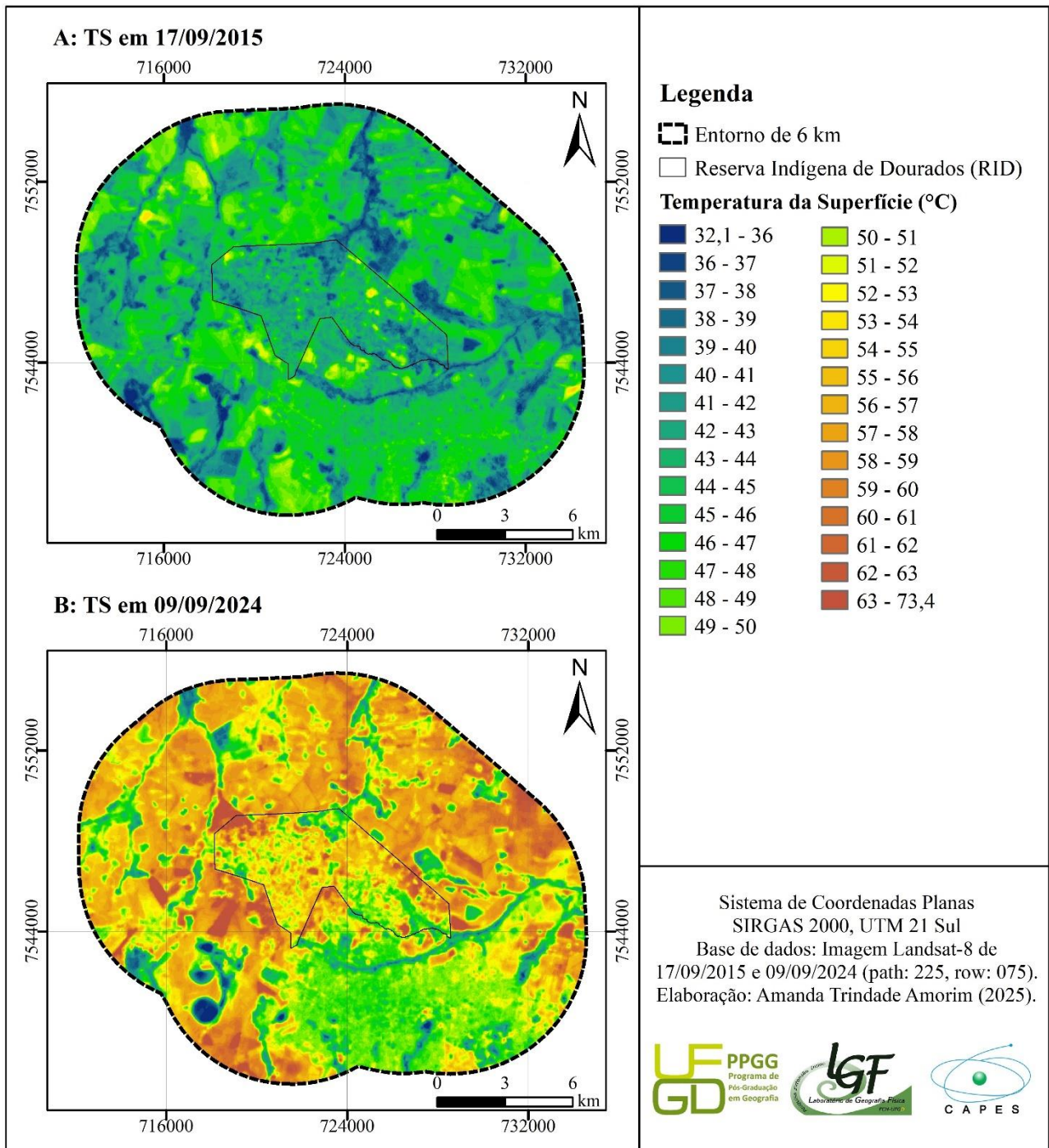


Figura 7 – Temperatura da superfície em 17/09/2015 (A) e em 09/09/2024 (B) da RID e seu entorno de 6 km. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

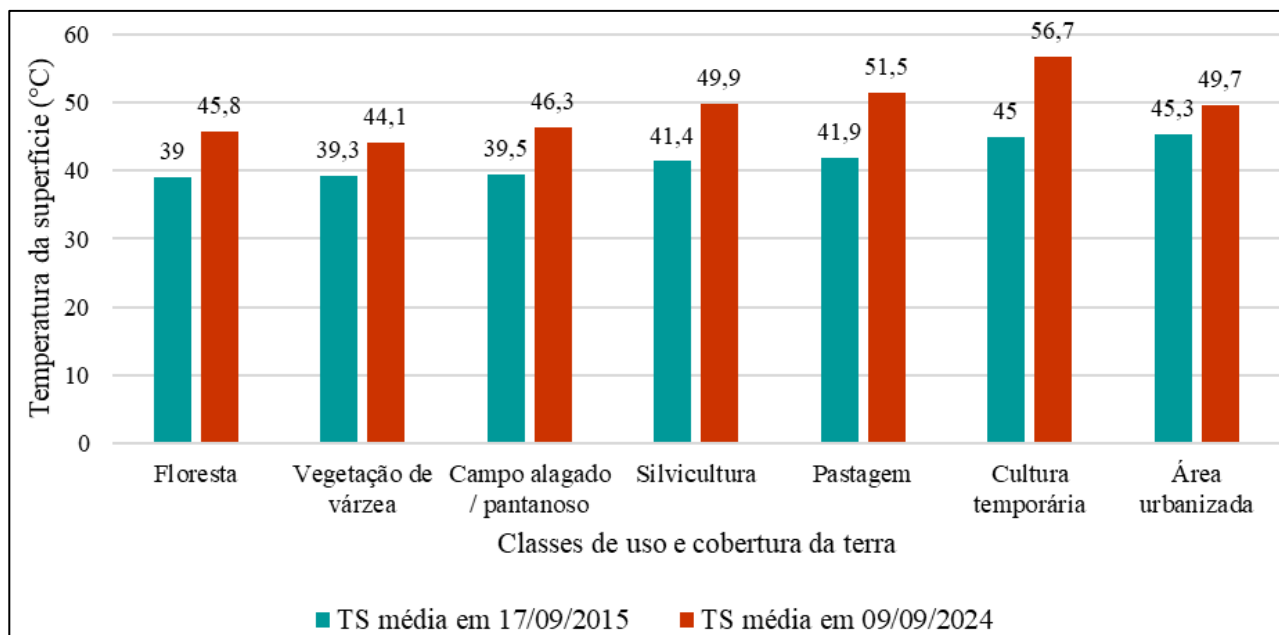


Figura 8 – TS média das classes de uso e cobertura da terra da RID e seu entorno de 6 km. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atual quadro de emergência climática apresenta-se como uma realidade inegável, evidenciada pelo aumento da frequência e da intensidade de eventos extremos em todo o mundo. Fenômenos como as ondas de calor têm se tornado cada vez mais comuns e vêm ocorrendo para além de grandes centros urbanos, gerando desafios significativos para a sustentabilidade ambiental, a segurança alimentar e o bem-estar das populações em diversos níveis e magnitudes.

Essa nova dinâmica climática reforça a necessidade urgente de adoção de medidas eficazes para mitigar os impactos das alterações do clima e promover a adaptação a esse cenário em constante transformação. Nesse sentido, os territórios indígenas e suas populações passam a ter grande significado. No que se refere aos impactos em comunidades vulneráveis, como é o caso das populações indígenas, trata-se de uma urgência que precisa ser reconhecida e compreendida pelo poder público e por toda a sociedade, conforme evidenciado no debate acerca do tema durante a CP30, realizada no Brasil em 2025.

O estudo permitiu confirmar o aumento no número de dias quentes, bem como alterações na frequência e no padrão temporal dos eventos de OC ao longo da última década. As datas alisadas para o NDVI e a TS estavam enfrentando OC com características meteorológicas semelhantes, evidenciando um agravamento geral na qualidade e no vigor vegetativo, além do aumento das temperaturas superficiais.

Esse cenário mostra-se especialmente preocupante em uma região marcada por vulnerabilidades sociais e ambientais, na qual a RID enfrenta forte pressão advinda do agronegócio e do processo de urbanização da cidade de Dourados. O diagnóstico do aumento das temperaturas superficiais revela-se uma ferramenta relevante para a identificação de fontes de calor nas superfícies,

considerando que a temperatura do ar resulta da interação entre a atmosfera e os diferentes tipos de cobertura da superfície. Além disso, a crescente ocorrência de OC em períodos úmidos acentua os riscos para a saúde humana, a segurança alimentar e a sustentabilidade dos ecossistemas.

Dessa forma, a presente pesquisa, pioneira no Mato Grosso do Sul, oferece uma importante contribuição para a compreensão dos impactos das mudanças climáticas, evidenciando como esses processos afetam diretamente o ambiente e a qualidade de vida das pessoas, especialmente em uma área que abriga a maior reserva indígena urbana do Brasil, onde moram mais de 15 mil habitantes. Ao mesmo tempo, instiga o debate acerca da importância da investigação científica no desenvolvimento de metodologias capazes de contemplar as singularidades do território brasileiro, como é o caso da RID.

---

*Agradecimentos*

*A autora Amanda Trindade Amorim agradece à CAPES, pela concessão da bolsa de Pós-Doutorado, edital nº 16/2022. O autor Charlei Aparecido da Silva agradece ao CNPq pela concessão da bolsa produtividade em pesquisa, chamada nº 09/2022. A FUNDECT pelo financiamento do projeto Dinâmicas territoriais nas Terras Indígenas de Mato Grosso do Sul: diagnóstico dos impactos socioambientais, Chamada Nº 25/2023.*

*Submetido em 28 de maio de 2025.*

*Aceito para publicação em 23 de dezembro de 2025.*

## REFERÊNCIAS

- ALGRETAWEE, H.; RAYBURG, S.; NEAVE, M. Estimating the effect of park proximity to the central of Melbourne city on Urban Heat Island (UHI) relative to Land Surface Temperature (LST). **Ecological Engineering**, v. 138, p. 374-390, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.034>>
- AMORIM, A. T.; SILVA, C. A Dinâmicas territoriais sobre terras indígenas de Mato Grosso do Sul: a Reserva Indígena de Dourados, a Terra Indígena Nãnde Ru Marangatu e a Terra Indígena Amambai. **Entre Lugar**, v. 16, n. 32, p. 238-260, 2025b. DOI: <<https://doi.org/10.30612/rel.v16i32.19945>>
- AMORIM, A. T.; SILVA, C. A. da. O papel da vegetação no clima local: contribuições da Terra Indígena Amambai para a mitigação de ondas de calor. **Sociedade e Território**, v. 37, n. 3, 2025a. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/39263>>. Acesso em: 6/1/2026.
- AMORIM, M. C. C. T. Spatial variability and intensity frequency of surface heat island in a Brazilian city with continental tropical climate through remote sensing. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, V. 9, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.11.001>>
- AMORIM, M. C. C. T.; PASSOS, M. M.; AMORIM, A. T. A cobertura da terra e as características das temperaturas superficiais e do índice de vegetação por diferença normalizada na Raia Divisória São Paulo/Paraná/Mato Grosso do Sul. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n. 24, 2022. Disponível em <<https://ojs.letras.up.pt/index.php/got/article/view/13415>>. Acesso em: 6/1/2026.
- ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONSECA, R., *et al.* Amazonian vegetation types and indigenous lands threatened by upcoming climate change: Forecast impact for Brazilian biomes. **Austral Ecology**, v. 49, n. 1, e3369, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1111/aec.13369>>
- ARSHAD, M.; KHEDHER, K. M.; EID, E. M.; AINA, Y. A. Evaluation of the urban heat island over Abha-Khamis Mushait tourist resort due to rapid urbanisation in Asir, Saudi Arabia. **Urban Climate**, v. 36, 100772, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100772>>
- ATWA, S.; IBRAHIM, M. G.; MURATA, R. Evaluation of plantation design methodology to improve the human thermal comfort in hot-arid climatic responsive open spaces. **Sustainable Cities and Society**, v 59, 102198, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102198>>
- BARI, E.; NIPA, N. J.; ROY, B. Association of vegetation indices with atmospheric & biological factors using MODIS time series products. **Environmental Challenges**, v. 5, 100376, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100376>>
- BENSUSAN, N. Terras Indígenas: as primeiras Unidades de Conservação. *In*: Ricardo, F (org.). **Terras Indígenas & Unidades de Conservação da natureza** – o desafio das sobreposições. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2004.
- CHEN, W.; ZHANG, Y.; GAO, W.; ZHOU, D. The investigation of urbanization and urban heat island in Beijing based on remote sensing. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 216, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.019>>

CHENG, Q.; JIN, H.; REN, Y. Compound daytime and nighttime heatwaves for air and surface temperature based on relative and absolute threshold dynamic classified in Southwest China, 1980-2019. **Sustainable Cities and Society**, v. 91, 104433, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104433>>

Climate Data. **Clima de Dourados (Brasil)**. 2024. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/mato-grosso-do-sul/dourados-3913/>>. Acesso em : 6/1/2026.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; *et al.* Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo**, v. 41, p. 01-27, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.4000/echogeo.15017>>

EMBRAPA. Agropecuária Oeste. Clima Guia. Estação Dourados/MS. **Estatísticas**. 2025. Disponível em: <<https://clima.cpa.embrapa.br/?lc=site/estatisticas/estatisticas-ver-dados>>. Acesso em: 6/1/2026.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª Edição, revisada e ampliada, Brasília-DF: Embrapa, 2018. 590p.

FANTE, K. P. Eventos meteorológicos extremos de temperatura: a incidência de ondas de calor em Rio Claro - SP, com base em diferentes metodologias analíticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 35, n. 20, p. 336-361, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.55761/abclima.v35i20.18053>>

FERREIRA, P. S.; SILVA, C. A. Análise dos impactos socioambientais na reserva indígena de Dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista Pantaneira**, v. 25, Edição Especial XXIII ENSUL, UFMS, Aquidauana-MS, 2024b.

FERREIRA, P. S.; SILVA, C. A. Terras Indígenas e Unidades de Conservação: interfaces e sinergias na faixa fronteira de Mato Grosso do Sul/Brasil e Paraguai. In: Ioris, A. A. R.; Seraguza, L.; Ladeia, E. S. (Org.). **Guarani e Kaiowá: modos de existir e produzir territórios**. 1ed. Curitiba (PR): Appris, 2024a, v. 5, p. 295-322.

GUILLEVIC, P.; GÖTTSCHE, F.; NICKESON, J. *et al.* Land Surface Temperature Product Validation Best Practice Protocol. Version 1.0. In: Guillevic, P. *et al.* **Best Practice for Satellite-Derived Land Product Validation** (p. 60): Land Product Validation Subgroup (WGCV/CEOS), 2017. DOI: <<https://doi.org/10.5067/doc/ceoswgcv/lpv/lst.001>>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. Informações ambientais. Pedologia. **Pedologia 1:250.000**. 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/10871-pedologia.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 6/1/2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. Informações ambientais. Vegetação. Base de Dados Espacial 1:250.000, Brasil. **Mapa da Vegetação Brasileira**. 2021. Disponível em: <[https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/vegetacao/vetores/escala\\_250\\_mil/versao\\_2021/](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/vetores/escala_250_mil/versao_2021/)>. Acesso em: 6/1/2026.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Condições atuais do ENOS: neutralidade**. Atualizado em 25/10/2024. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 6/1/2026.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 582 p. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>>. Acesso em: 6/1/2026.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Mudança do Clima 2023**, Relatório Síntese. 2023. Disponível em: <[https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/copy\\_of\\_IPCC\\_Longer\\_Report\\_2023\\_Portugues.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/copy_of_IPCC_Longer_Report_2023_Portugues.pdf)>. Acesso em: 6/1/2026.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2 ed. São José dos Campos: Parenteses, 2009.

MALAKAR, N. K.; HULLEY, G. C.; HOOK, S. J. *et al.* An Operational Land Surface Temperature Product for Landsat Thermal Data: Methodology and Validation. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 56, n. 10, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2824828>>

MIRCHOOI, S. F.; SADEGHI, S. H.; DARVISHAN, A. K. Analyzing spatial variations of relationships between Land Surface Temperature and some remotely sensed indices in different land uses. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 19, 100359, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100359>>

MORA, C.; DOUSSET, B.; CALDWELL, I. R.; POWELL, F. E. *et al.* Global risk of deadly heat. **Nature climate change**, v. 7, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3322>>

OAD, V. K.; SZYMKIEWICZ, A.; KHAN, N. A.; *et al.* Time series analysis and impact assessment of the temperature changes on the vegetation and the water availability: A case study of Bakun-Murum Catchment Region in Malaysia. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 29, 100915, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100915>>

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge. 2017.

OLIVEIRA, M. J.; VECCHIA, F. A. S.; CARNEIRO, C. D. R. Mudanças climáticas. *In*: CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. C. F. **Engenharia Ambiental**: conceitos, tecnologias e gestão. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

ONI. Oceanic Niño Index. **El Niño and La Niña Years and Intensities**. Atualizada em janeiro de 2025. Disponível em: <<https://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em: 7/2/2025.

PARENTE, J.; PEREIRA, M. G.; AMRAOUI, M.; FISHER, E. M. Heat waves in Portugal: Current regime, changes in future climate and impacts on extreme wildfires, **Science of The Total Environment**, v. 631-632, p. 534-549, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.044>>

PORANGABA, G. F.; GALVANI, E.; AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor superficiais e ondas de calor em Três Lagoas, MS: análise pela ótica do risco e da vulnerabilidade socioambiental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 35, n. 20, p. 275-296, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.55761/abclima.v35i20.18319>>

- REIS, W. K. B.; MOREIRA, R. N.; SANTOS, B. C.; SOUZA, P. H. Análise da correlação entre cobertura vegetal e temperatura de superfície na área urbana do município de Ji-Paraná, RO, Amazônia Ocidental entre 1990 e 2020. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 22, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n2ID27951>>
- ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**, Greenbelt: NASA SP-351, p. 3010-3017, 1974.
- ROY, B.; BARI, E. Examining the relationship between land surface temperature and landscape features using spectral indices with Google Earth Engine. **Heliyon**, v. 8, n. 9, e10668, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10668>>
- SANTOS, S. C. P.; SILVA, C. A. Ocorrência, intensidade e duração de ondas de calor em Dourados (MS) no período de 1980 a 2019. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 34, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.55761/abclima.v34i20.16155>>
- SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; ROCHA, V. M. Uma visão social sobre o clima e seus significados nas paisagens climáticas dos lugares, o Pantanal/Brasil no contexto das mudanças climáticas. In: Jorge Luis P. Oliveira-Costa; Andréa Aparecida Zacharias; Andréia Medinilha Pancher. (Org.). **Métodos e técnicas no estudo da dinâmica da paisagem física nos países da CPLP - Comunidade dos Países de Expressão Portuguesa**. 1ed. Málaga-España: EUMED, 2022, p. 49-76. Disponível em: <<https://www.eumed.net/uploads/libros/a897792b8dcea0f25ad9f57bc006eb50.pdf>>. Acesso em 6/1/2026.
- SILVA, N. S.; ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M.; SOUSA, G. M. Ocorrência de Ondas de Calor com Dados de Reanálises em áreas do Nordeste, Amazônia e Centro-Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 4, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.1590/0102-77863740067>>
- SILVEIRA, R. D. Risco climático e vulnerabilidade socioespacial: o exemplo dos eventos extremos relacionados ao calor e ao frio. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.5380/abclima.v19i0.48872>>
- SOBRINO, J. A.; JIMÉNES-MUÑOZ, J. C.; PAOLINI, L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. **Remote Sensing of Environment**, v. 90, n. 30, 2004. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>>
- TAVAKOL, A.; RAHMANI, V.; HARRINGTON JR. J. Evaluation of hot temperature extremes and heat waves in the Mississippi River Basin. **Atmospheric Research**, v. 239, 104907, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104907>>
- Terras Indígenas no Brasil. **Terra Indígena Dourados**. 2024. Disponível em: <<https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3656>>. Acesso em: 6/1/2026.
- USGS. United States Geological Survey. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook**. Version 5.0. EROS Sioux Falls, South Dakota. 2019. 114 p.
- WANG, J.; YAN, Z. Rapid rises in the magnitude and risk of extreme regional heat wave events in China. **Weather and Climate Extremes**, v. 34, 100379, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100379>>

WMO. World Meteorological Organization. **Guide to the global observing system**. Geneva: WMO-No. 488, 2012. 172p. Disponível em: <<https://wmo.int/wmo-no-488-guide-global-observing-system>>. Acesso em: 6/1/2026.