



## Dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra e da temperatura da superfície na APA do Lago de Palmas – TO

 <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2026.v10.2086>

Érika Gonçalves Pires<sup>1</sup>  
Daniel Mallmann Vallerius<sup>2</sup>


Data de submissão concluída: 15/3/2025. Data de aprovação: 4/5/2026. Data de publicação: 23/6/2026.

**Resumo** – Este trabalho tem como objetivo analisar a influência do uso e cobertura da terra no que tange às possíveis alterações da temperatura de superfície terrestre na Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago de Palmas – TO, no período de 2000 a 2024. Para o mapeamento do uso e cobertura da terra, utilizaram-se dados oriundos do projeto MapBiomias, derivados de classificações automáticas baseadas em aprendizado de máquina aplicadas a imagens da série Landsat. A temperatura de superfície terrestre (LST) foi obtida por meio do processamento das imagens orbitais dos satélites Landsat-5 e 8, disponibilizadas pela USGS, utilizando a função inversa da Lei de Planck, considerando a radiância espectral, a emissividade da superfície e as constantes de calibração das imagens. Os resultados indicaram redução de áreas de vegetação nativa e expansão de áreas antrópicas, especialmente relacionadas à expansão do agronegócio e à urbanização, principalmente nas proximidades do distrito de Luzimangues. Essas transformações foram acompanhadas por elevação da temperatura da superfície em áreas com menor cobertura vegetal, enquanto áreas com vegetação preservada apresentaram valores térmicos mais baixos. Portanto, as mudanças no uso e cobertura da terra influenciaram diretamente a dinâmica térmica da superfície na APA do Lago de Palmas, evidenciando a importância da manutenção da vegetação nativa para a regulação microclimática e para a conservação ambiental dessa unidade de proteção. Desse modo, recomenda-se a implantação de medidas para fortalecer as ações de gestão ambiental na APA, visando garantir o ordenamento e o uso sustentável da área e assegurar a conservação dos ecossistemas locais.

**Palavras-chave:** Alterações ambientais. Geotecnologias. Landsat. Temperatura. Uso da terra.

### Spatio-temporal dynamics of land use and land cover and land surface temperature in the Palmas Lake Environmental Protection Area (APA) – TO

**Abstract** – The purpose of this study is to analyze the influence of land use and land cover with regard to possible changes in land surface temperature in the Environmental Protection Area (APA) of Palmas Lake (TO), in the period from 2000 to 2024. For mapping land use and land cover, data from the MapBiomias project were used, derived from automatic classifications based on machine learning applied to images from the Landsat series. Land Surface Temperature (LST) was obtained by processing orbital images from satellites Landsat-5 and 8, provided by the USGS,

<sup>1</sup> Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. Professora titular da área de Geomática do Departamento das Áreas Acadêmicas III do *Campus* Goiânia, do Instituto Federal de Goiás. Goiânia, Goiás, Brasil. [erika.pires@ifg.edu.br](mailto:erika.pires@ifg.edu.br)  <https://orcid.org/0000-0003-3551-2113>  <http://lattes.cnpq.br/9814218086040607>.

<sup>2</sup> Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. Professor do Colegiado dos Cursos de Geografia do *Campus* de Porto Nacional, da Universidade Federal do Tocantins. Porto Nacional, Tocantins, Brasil. [daniel.mv@uft.edu.br](mailto:daniel.mv@uft.edu.br)  <https://orcid.org/0000-0001-9432-9568>  <http://lattes.cnpq.br/4026328542877017>.

using the inverse function of Planck's Law, considering spectral radiance, surface emissivity, and image calibration constants. The results indicated a reduction in native vegetation areas and an expansion of anthropogenic areas, especially related to the expansion of agribusiness and urbanization, mainly in the vicinity of the Luzimangues district. These transformations were accompanied by an increase in surface temperature in areas with less vegetation cover, while areas with preserved vegetation showed lower thermal values. Therefore, changes in land use and land cover directly influenced the surface thermal dynamics in the Palmas Lake Environmental Protection Area, highlighting the importance of maintaining native vegetation for microclimatic regulation and environmental conservation of this protected area. In this way, it is recommended that measures be implemented to strengthen environmental management actions in the APA, aiming to guarantee the orderly and sustainable use of the area, ensuring the conservation of local ecosystems.

**Keywords:** Environmental changes. Geotechnologies. Landsat. Land use. Temperature.

### **Dinámica espaciotemporal del uso y cobertura del suelo y de la temperatura superficial en el APA del Lago de Palmas – TO**

**Resumen** – Este trabajo tiene como objetivo analizar la influencia del uso y la cobertura del suelo en los posibles cambios en la temperatura de la superficie terrestre dentro del Área de Protección Ambiental (APA) del Lago de Palmas (TO) en el período comprendido entre 2000 y 2024. Para el mapeo del uso y cobertura del suelo, se utilizaron datos del proyecto MapBiomass, derivados de clasificaciones automáticas basadas en el aprendizaje automático aplicado a imágenes Landsat. La temperatura de la superficie terrestre (LST) se obtuvo a partir del procesamiento de imágenes orbitales de los satélites Landsat-5 y 8, proporcionadas por el USGS, utilizando la función inversa de la Ley de Planck, teniendo en cuenta la radiancia espectral, la emisividad de la superficie y las constantes de calibración de la imagen. Los resultados indicaron una reducción de las áreas de vegetación autóctona y una expansión de las áreas antropogénicas, especialmente relacionadas con la expansión de la agroindustria y la urbanización, principalmente en las proximidades del distrito de Luzimangues. Estas transformaciones fueron acompañadas por una elevación de la temperatura de la superficie en áreas con menor cobertura vegetal, mientras que las áreas con vegetación preservada presentaron valores térmicos más bajos. Por lo tanto, los cambios en el uso y la cobertura del suelo influyeron directamente en la dinámica térmica superficial del Área de Protección Ambiental del Lago de Palmas, lo que subraya la importancia de mantener la vegetación autóctona para la regulación microclimática y la conservación ambiental de esta área protegida. De ese modo, se recomienda la implantación de medidas para fortalecer las acciones de gestión ambiental en el APA, con el fin de garantizar el ordenamiento y el uso sostenible del área y asegurar la conservación de los ecosistemas locales.

**Palabras clave:** Alteraciones ambientales. Geotecnologías. Landsat. Temperatura. Uso del suelo.

### **Introdução**

Nos últimos anos, vêm crescendo as alterações ambientais causadas principalmente pela interferência do homem sobre o ambiente. Essas mudanças na paisagem estão associadas a impactos sobre serviços ecossistêmicos, além de

influenciar a dinâmica climática e outras variáveis ambientais em escala local e regional (Favoreti *et al.*, 2026; Pereira; Fernandes; Vieira, 2024; Santos *et al.*, 2024).

Atualmente, as mudanças no uso e cobertura da terra constituem um dos principais vetores de transformação das paisagens, impactando de forma direta a intensificação da ação antrópica sobre o ambiente. A compreensão da dinâmica das mudanças no uso da terra é fundamental, considerando que os desafios sociais globais decorrentes dessas transformações, tais como a segurança alimentar, as mudanças climáticas e a redução da biodiversidade, demandam um entendimento cada vez mais detalhado sobre a evolução e os impactos dessas mudanças (Winkler *et al.*, 2021).

Essas alterações no uso e cobertura da terra não se limitam à simples modificação da superfície terrestre; antes, porém, são consequências tanto da expansão do agronegócio como da urbanização sem políticas de planejamento/desenvolvimento eficazes.

Diante da expansão desenfreada dessas atividades a partir da ação antrópica, é pertinente registrar, em paralelo, a crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental. Sobre isto, pontua-se que o debate sobre a relação desenvolvimento e sustentabilidade, na escala local, com especial ênfase em países periféricos, carrega as complexidades e as peculiaridades de espaços significativamente transformados pelas ações humanas, frequentemente associadas aos processos de urbanização sem planejamento (Aguiar *et al.*, 2023), bem como ao incremento de ações relativas ao agronegócio, ensejando desafios tanto à gestão pública como à sociedade em geral.

Registra-se ainda que tais alterações promovem uma reestruturação profunda na organização espacial e no funcionamento dos sistemas ambientais, na medida em que interferem nos fluxos de energia, água e matéria. Nesse sentido, e concordando que a “geograficidade nas suas dimensões espacial e natural nos obriga a considerar a simultaneidade dos eventos e não somente a sucessão” (Porto-Gonçalves, 2002, p. 234), pontua-se que a conversão de áreas naturais em áreas agrícolas, pastagens ou zona urbana pode alterar de maneira significativa os padrões espaciais da paisagem, uma vez que modificam a estrutura e a configuração espacial dos ecossistemas (Rocha *et al.*, 2024; Santos; Bohrer; Nascimento, 2024). Além disso, Garofolo e Rodriguez (2022) ressaltam que as modificações no uso da terra podem alterar o escoamento superficial e subterrâneo e desencadear mudanças na dinâmica dos fluxos hidrológicos e energéticos.

Nesse sentido, entende-se que o mapeamento do uso e cobertura da terra é uma ferramenta essencial para a representação da distribuição geográfica das diferentes tipologias de uso, a partir da interpretação, análise e registro sistemático das características da paisagem, com o objetivo de classificar e espacializar os tipos de uso e cobertura da terra, subsidiando o conhecimento necessário à gestão sustentável do território (IBGE, 2013).

Assim, a conversão da vegetação nativa para usos antrópicos, como agricultura, pastagens e áreas urbanizadas, pode modificar componentes do balanço de energia da superfície ao alterar parâmetros biofísicos como albedo, evapotranspiração e temperatura da superfície. Essas mudanças influenciam os fluxos de energia e podem contribuir para o aumento da temperatura da superfície terrestre, sobretudo em áreas com menor cobertura vegetal (Almada *et al.*, 2024; Angelini *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2023).

É nesse contexto que, nos últimos anos, vêm aumentando as pesquisas visando analisar as variações dos parâmetros biofísicos em áreas da superfície terrestre; entre

elas, destacam-se as de Araújo *et al.* (2018), Bezerra *et al.* (2023) e Li *et al.* (2022). Tal ampliação corrobora o crescimento da demanda por melhor compreendê-las utilizando algumas variáveis, dentre as quais merece destaque a temperatura da superfície terrestre (LST).

A temperatura da superfície terrestre é um importante parâmetro biofísico, uma vez que regula os processos de troca de energia e água, atuando como elemento central na dinâmica dos fluxos de calor e na emissão de radiação infravermelha de ondas longas (Heinemann *et al.*, 2020). Além disso, é uma variável fundamental do sistema climático, pois exerce influência direta sobre o balanço de energia da superfície, a regulação climática regional e os fluxos e trocas de calor entre a superfície e a atmosfera (Li *et al.*, 2023; Sahani, 2021; Zhao *et al.*, 2024).

Essa variável pode ser estimada a partir de dados de sensoriamento remoto orbital obtidos por sensores termais embarcados em satélites, o que permite analisar a distribuição espacial e temporal da temperatura da superfície terrestre em diferentes escalas ambientais (Almeida; Rocha; Brown, 2025; Santos; Lucena; Miranda, 2024).

Apesar do avanço das pesquisas que analisam a relação entre temperatura da superfície terrestre e uso e cobertura da terra em diferentes contextos ambientais, ainda são escassos os estudos voltados para unidades de conservação, especialmente em Áreas de Proteção Ambiental (APAs), que muitas vezes apresentam paisagens complexas caracterizadas pela coexistência de remanescentes naturais, atividades produtivas e ocupação humana.

Partindo da premissa da relevância do mapeamento do uso e cobertura da terra e da análise da temperatura de superfície terrestre para a interpretação de determinados fenômenos geográficos, este trabalho terá como recorte de estudo a Área de Preservação Ambiental (APA) do Lago de Palmas. A APA Lago de Palmas é uma unidade de conservação ambiental de uso sustentável e foi criada pela Lei Estadual nº 1.098, de 21 de outubro de 1999, visando auxiliar o processo de ordenamento do crescimento do distrito de Luzimangues, localizado no município de Porto Nacional, estado do Tocantins (Tocantins, 1999).

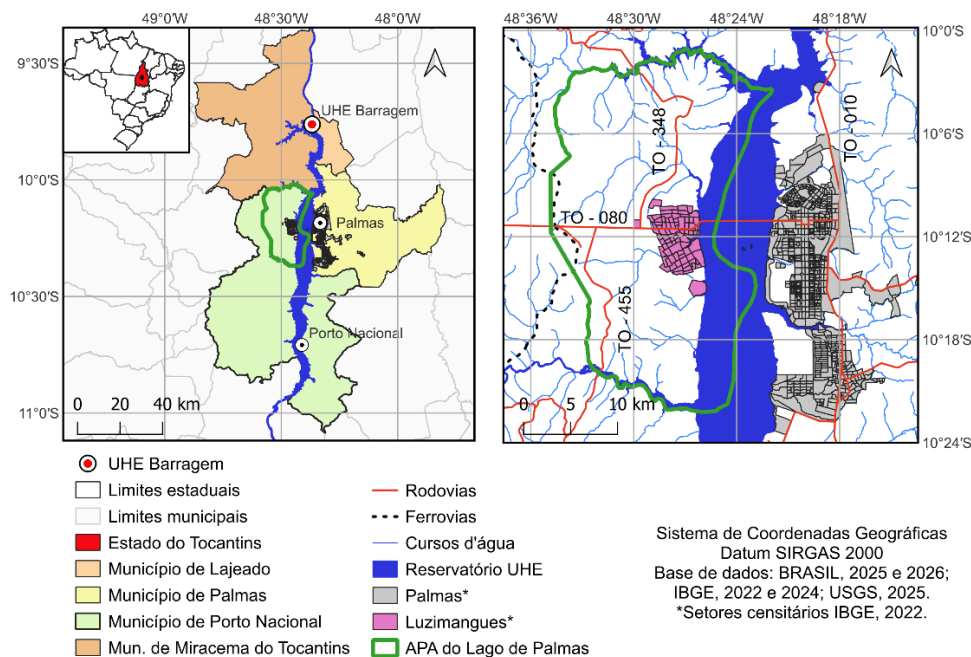
Nesse contexto, é importante compreender as dinâmicas ambientais na área da APA do Lago de Palmas, uma vez que essa unidade de conservação está inserida em uma região marcada por significativas transformações territoriais nas últimas décadas. Assim, o objetivo geral da pesquisa consiste em analisar a influência do uso e cobertura da terra no que tange às possíveis alterações da temperatura de superfície terrestre na região compreendida pela APA do Lago de Palmas – TO, no período de 2000 a 2024, a partir do uso das geotecnologias.

## **Materiais e métodos**

### **Caracterização da área de estudo**

O presente estudo tem como recorte espacial a Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago de Palmas, localizada no município de Porto Nacional – TO, que ocupa a porção norte do município, conforme sua delimitação territorial (figura 1). Está situada nas coordenadas geográficas 10° 11' 31" S e 48° 26' 40" W, distante aproximadamente oito quilômetros da cidade de Palmas, capital do estado do Tocantins.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

A APA do Lago de Palmas foi originalmente criada com uma área de 50.370 hectares (Tocantins, 1999). Contudo, devido à ausência de delimitação georreferenciada de seus limites, adotou-se neste estudo a área de 63.858,34 hectares, conforme dados do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC (Brasil, 2025).

A referida APA está localizada em uma área estratégica de integração logística com importantes eixos da infraestrutura de transporte, tais como as rodovias estaduais TO-080, TO-455 e TO-348, além de vias vicinais que conectam o distrito de Luzimangues às cidades de Porto Nacional e Palmas e da ferrovia Norte-Sul, significativo eixo logístico regional.

No contexto hidrográfico, a APA do Lago de Palmas encontra-se inserida na bacia hidrográfica do rio Tocantins, tendo como limites naturais, ao norte, o ribeirão Santa Luzia e, ao sul, o ribeirão dos Mangues. No interior da unidade destacam-se os córregos Capivara, Caracol, Molha e das Porteiras, que integram a rede de drenagem local. A leste, a APA é delimitada pelo reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães, no rio Tocantins, popularmente conhecido como Lago de Palmas (SEPLAN-TO, 2025).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a área da APA apresenta clima tropical úmido com estação seca de inverno – Aw (SEFAZ, 2020), característica que favorece a ocorrência de temperaturas elevadas ao longo do ano. A temperatura média anual é de aproximadamente 28 °C, enquanto a precipitação média anual situa-se em torno de 1.600 a 1.700 mm, com chuvas concentradas entre outubro e abril e estação seca bem definida entre maio e setembro (INMET, 2025).

A APA está inserida no bioma Cerrado e a vegetação é predominantemente composta por formações savânicas, com destaque para a Savana Arborizada, caracterizada pela presença de árvores e arbustos esparsos sobre estrato herbáceo. Também ocorrem áreas de Savana Parque, com vegetação mais aberta e menor densidade arbórea, e trechos de Savana Florestada, que apresentam maior cobertura e estrutura vegetal mais densa (IBGE, 2025).

### Processamento e mapeamento dos dados

Inicialmente, foi feita a seleção das imagens da série Landsat (órbita/ponto 222/071), coleção 2, nível 1, disponíveis no portal Earth Explorer da USGS (USGS, 2025), considerando critérios temáticos, metodológicos e climáticos, de modo a garantir comparabilidade espacial e temporal na análise multitemporal do uso e cobertura da terra e da temperatura de superfície na APA Lago de Palmas.

Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat-5 (17/08/2000 e 07/08/2008) e do Landsat-8 (28/07/2016 e 19/08/2024), com pixel de 30 m, mantendo um intervalo de oito anos entre as datas, com o intuito de identificar tendências de médio e longo prazo e reduzir a influência de variações interanuais.

As imagens do ano 2000 representam o período imediatamente posterior à criação da APA, constituindo um cenário inicial de referência, enquanto 2024 corresponde ao período mais recente com dados disponíveis no momento desta pesquisa, o que possibilita avaliar as transformações acumuladas ao longo de mais de duas décadas de existência da unidade de conservação. Adicionalmente, foram selecionadas cenas do período seco (meses de julho e agosto), com baixa cobertura de nuvens e mesma órbita/ponto, assegurando consistência sazonal e qualidade radiométrica para as estimativas de temperatura de superfície e para a integração com os dados de uso da terra.

Para o mapeamento e a análise do uso e cobertura da terra, foram utilizados os dados da Coleção 10 do projeto MapBiomass obtidos a partir de processos de classificação automática baseados em técnicas de aprendizado de máquina, aplicados principalmente às imagens de satélites da série Landsat, com resolução espacial de 30 m (Souza Jr. *et al.*, 2020). Os dados correspondentes aos anos de 2000, 2008, 2016 e 2024 foram organizados por classes temáticas padronizadas e recortados para a área de estudo, possibilitando a análise espaço-temporal das dinâmicas de transformação da paisagem ao longo do período investigado.

Em relação à temperatura de superfície terrestre, foi obtida por meio do processamento das imagens de satélites da série Landsat (USGS, 2026) para os anos de 2000, 2008, 2016 e 2024.

A etapa inicial do processamento dos dados correspondeu à calibração radiométrica das imagens realizada por meio da conversão dos valores digitais das imagens Landsat em radiância espectral no topo da atmosfera, utilizando a equação 1 – em que  $L_\lambda$  representa a radiância espectral da banda considerada,  $Q_{cal}$  corresponde ao valor digital do pixel registrado pelo sensor,  $M_L$  é o fator multiplicativo de redimensionamento radiométrico e  $A_L$  é o fator aditivo de redimensionamento da banda, ambos disponibilizados no arquivo de metadados (MTL) de cada cena.

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

A próxima etapa consistiu na conversão dos valores digitais (DN) das bandas em refletância no topo da atmosfera – TOA ( $\rho_\lambda$ ), utilizando as equações 2 e 3 – em que  $\rho'_\lambda$  corresponde à refletância sem correção;  $M_\rho$  e  $A_\rho$  representam, respectivamente, os fatores multiplicativo e aditivo de redimensionamento radiométrico da banda;  $Q_{cal}$  é o valor digital quantizado e calibrado do pixel (DN);  $\theta_{SE}$  corresponde ao ângulo local de elevação solar e  $\theta_{SZ}$ , ao ângulo zênite solar local.

$$\rho'_\lambda = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (2)$$

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\sin(\theta_{SE})} \quad (3)$$

Em seguida, foi obtido o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) através da equação 4 (Rouse *et al.*, 1974), em que  $\rho_{IV}$  e  $\rho_V$  são as reflectâncias corrigidas das bandas do infravermelho próximo e vermelho.

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (4)$$

A emissividade da superfície ( $\varepsilon$ ) foi estimada pelo método NDVI-threshold proposto por Sobrino, Jiménez-Muñoz e Paolini (2004), amplamente utilizado em estudos com séries temporais do Landsat devido à sua simplicidade operacional e aos bons resultados de validação, conforme equações 5 e 6. Nesse procedimento, calcula-se inicialmente a fração de vegetação ( $P_v$ ) a partir dos valores mínimo e máximo de NDVI da cena, assumindo a mistura entre solo exposto e cobertura vegetal, e, em seguida, a emissividade é obtida por meio de uma relação linear entre a fração de vegetação e valores típicos de emissividade de solo e vegetação.

$$\varepsilon = 0,004 P_v + 0,986 \quad (5)$$

$$P_v = \left( \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (6)$$

A temperatura de superfície corrigida (LST) foi obtida a partir da função inversa da Lei de Planck, segundo a equação 7 – em que  $L_{\lambda}$  é a radiância espectral da banda termal,  $\varepsilon$  é a emissividade e  $K_1$  e  $K_2$  são as constantes de calibração das bandas termal, disponíveis no arquivo MTL das imagens.

$$LST = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\varepsilon \cdot K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (7)$$

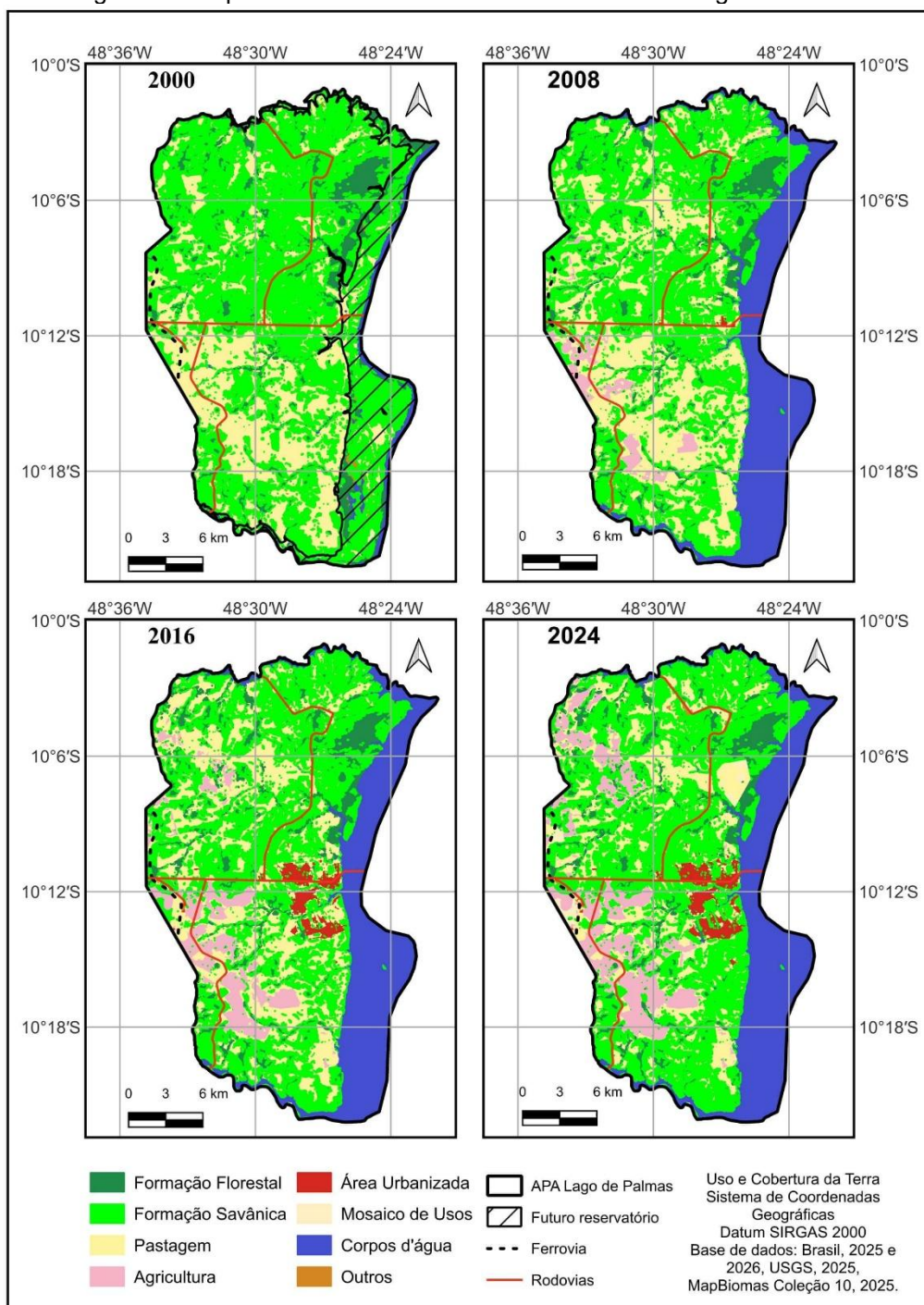
Posteriormente, foram feitas as análises e a elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra e temperatura de superfície no software QGIS 3.40. Em seguida, realizou-se a análise quantitativa das possíveis alterações no uso e cobertura da terra e na temperatura de superfície terrestre na área da APA do Lago de Palmas.

## Resultados e discussões

### Mapeamento do uso e cobertura da terra

O mapeamento do uso e cobertura da terra da APA do Lago de Palmas foi dividido em oito tipos de classes: formação florestal, formação savânica, pastagem, agricultura, área urbanizada, mosaico de usos, corpos d'água e outros. A figura 2 mostra os mapas de uso e cobertura da terra da APA para os anos de 2000, 2008, 2016 e 2024, enquanto a tabela 1 contém a quantificação dos tipos de uso na APA, para os mesmos períodos.

Figura 2 – Mapas de uso e cobertura da terra – APA do Lago de Palmas



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

A análise do uso e cobertura da terra na APA do Lago de Palmas no ano de 2000 indica a predominância de cobertura natural, com cerca de 61% da área ocupada por formação savânica (28.587,24 ha) e formação florestal (10.197,75 ha), distribuídas principalmente nas porções norte e áreas centrais da APA, onde a ocupação humana era menos intensa nos primeiros anos analisados e ainda predominavam remanescentes típicos do Cerrado. Entre os usos antrópicos, a pastagem representava 34,9% da área (22.299,26 ha), configurando o principal tipo de ocupação humana na APA. Quanto às demais classes, os corpos d'água ocupavam 2,3% (1.475,51 ha), o mosaico de usos correspondia a 0,7% (434,61 ha) e as áreas

urbanizadas representavam 0,1% (61,70 ha), enquanto a agricultura apresentou presença bastante reduzida, totalizando apenas 5,98 ha.

Tabela 1 – Quantificação dos tipos de uso e cobertura da terra – APA do Lago de Palmas

Classes	Área (ha)				Área (%)			
	2000	2008	2016	2024	2000	2008	2016	2024
Formação florestal	10.197,75	7.223,15	7.407,52	7.257,63	16,0	11,3	11,6	11,4
Formação savânica	28.587,24	18.166,15	17.099,37	19.078,28	44,8	28,4	26,8	29,9
Pastagem	22.299,26	23.423,11	19.787,26	13.411,56	34,9	36,7	31,0	21,0
Agricultura	5,98	2.470,68	5.044,32	7.992,60	0,0	3,9	7,9	12,5
Área urbanizada	61,70	208,35	1.887,69	2.145,77	0,1	0,3	3,0	3,4
Mosaico de usos	434,61	122,80	478,64	1.698,96	0,7	0,2	0,7	2,7
Corpos d'água	1.475,51	12.082,31	12.041,47	12.016,03	2,3	18,9	18,9	18,8
Outros	796,28	161,79	112,07	257,50	1,2	0,3	0,2	0,4
<b>Total</b>	<b>63.858,34</b>	<b>63.858,34</b>	<b>63.858,34</b>	<b>63.858,34</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Desse modo, no início da série temporal, a APA ainda apresentava forte presença de formações naturais típicas do Cerrado, com usos antrópicos focados principalmente na pecuária extensiva, concentrando-se predominantemente nas porções sul e sudoeste da unidade, em áreas mais planas e próximas às principais rodovias (TO-080 e TO-455). Além disso, a baixa porcentagem da classe de corpos d'água no ano de 2000 justifica-se pelo fato de que a UHE Luís Eduardo Magalhães se encontrava em fase de implantação, e parte da APA ainda não havia sido alagada devido ao represamento do rio Tocantins.

Em relação ao ano de 2008, a APA do Lago de Palmas já apresentava mudanças importantes na paisagem em comparação a 2000. Observa-se um aumento expressivo da classe corpos d'água, que passou a ocupar 18,9% da área (12.082,31 ha), refletindo o enchimento e a consolidação do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, na porção leste da APA. Ao mesmo tempo, houve uma redução relativa das áreas naturais, em que as formações savânicas e florestais representavam 39,7%, enquanto a pastagem permanecia como o principal uso antrópico, ocupando 36,7% da área total (23.423,11 ha). As classes de agricultura (3,9%) e área urbanizada (0,3%) representavam, por sua vez, uma parcela pequena da APA, mostrando que a expansão agrícola e urbana ainda estava em fase inicial dentro da unidade de conservação.

O fato é que, em 2008, a APA já experimentava transformações decorrentes da formação do reservatório e da dinâmica agropecuária regional, mas ainda mantinha predominância de usos rurais e cobertura vegetal típica do Cerrado, caracterizando um período intermediário entre a paisagem mais preservada de 2000 e a intensificação das mudanças observadas nos anos seguintes.

No ano de 2016, as formações naturais da APA do Lago de Palmas, representadas pelas formações savânicas e florestais, correspondiam a aproximadamente 38% da área total. Além disso, houve uma redução da pastagem para 31% da área, ao mesmo tempo que a agricultura cresceu e passou a ocupar 7,9%, concentrando-se principalmente na porção sudoeste da APA, em áreas próximas às rodovias TO-080 e TO-455 e ao eixo da ferrovia Norte-Sul, onde a melhor acessibilidade e logística favoreceram a intensificação produtiva.

A área urbanizada também continuou a expandir e alcançou 3%, sinalizando um avanço da ocupação urbana no entorno da APA, especialmente no distrito de

Luzimangues, enquanto os corpos d'água permaneceram praticamente estáveis (18,9%).

Ao final da série histórica, o uso e cobertura da terra da APA em 2024 apresenta mudanças marcantes em relação aos anos anteriores, evidenciando maior pressão antrópica na área da APA. As formações savânicas e florestais constituem cerca de 41% da área (26.335,91 ha), percentual ainda relevante, mas inferior ao observado em 2000 (60,8%), o que mostra uma redução das áreas naturais.

Os resultados também apontam que em 2024 as áreas de pastagem diminuíram para 21%, ao passo que houve uma intensificação das atividades agrícolas – a classe de agricultura passou a ocupar 12,5% da APA. A área urbanizada também aumentou para 3,4%, resultado da expansão urbana no distrito de Luzimangues, em Porto Nacional, que tem se desenvolvido como área de expansão metropolitana associada à proximidade e à integração funcional com a cidade de Palmas.

Desse modo, a dinâmica ambiental da Área de Proteção Ambiental do Lago de Palmas evidencia um processo de perda da vegetação nativa ao longo das últimas décadas. Oliveira, Peluzio e Silva (2019), ao analisarem as mudanças na vegetação nativa da APA Lago de Palmas, também observaram uma considerável diminuição das áreas com vegetação entre os anos de 2000 e 2017, com uma perda de aproximadamente 38% da vegetação nativa, sendo que 20% foram ocasionados principalmente pela expansão das áreas de pastagem e agricultura e do crescimento desordenado do núcleo urbano. Além disso, a redução da vegetação nativa ocorreu acompanhada da fragmentação dos remanescentes do Cerrado, com aumento do número de fragmentos e diminuição da conectividade ecológica entre eles, resultando em um maior isolamento das áreas naturais e risco à manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos locais (Moreira; Pinheiro, 2021).

Resultados semelhantes têm sido observados em outras Áreas de Proteção Ambiental no território brasileiro. Na APA Pouso Alto, localizada na Chapada dos Veadeiros – GO, aproximadamente 28% da área registrou mudanças na cobertura vegetal entre 2000 e 2023, em virtude sobretudo do avanço das áreas de pastagens e agricultura (Theulen *et al.*, 2026). Da mesma forma, na APA da Serra do Lajeado – TO, estudos apontam um aumento da classe agropecuária e a redução das formações naturais entre 1985 e 2021, além de um crescimento de ocupações irregulares associado à expansão urbana de Palmas, que refletem as pressões antrópicas persistentes sobre a unidade de conservação (Ribeiro *et al.*, 2022; Soares; Corrêa, 2023).

Segundo Pinto (2014), a expansão urbana do distrito de Luzimangues intensificou-se em 2001, a partir da criação do Lago de Palmas, e da construção da ponte entre Palmas e Luzimangues em 2002, aumentando o interesse imobiliário na região e impulsionando a criação dos primeiros loteamentos. Essa expansão tornou-se mais evidente entre 2007 e 2012, período no qual a produção imobiliária disponibilizou em torno de 18.000 lotes. Nesse contexto, segundo o mesmo autor, Luzimangues consolidou-se como uma nova fronteira de expansão do capital regional, marcada pela valorização fundiária e pela intensificação da ocupação urbana periférica.

Além disso, o crescimento urbano de Luzimangues está diretamente associado ao processo de integração funcional com a capital Palmas, configurando o distrito como área de expansão metropolitana e reserva fundiária da capital. A proximidade geográfica com Palmas, a grande distância entre o distrito de Luzimangues e a sede do município de Porto Nacional (cerca de 90 km) e a oferta de loteamentos com valores mais acessíveis impulsionaram o crescimento populacional e imobiliário do

distrito, intensificando processos de urbanização periférica e migração pendular voltados ao trabalho e ao acesso a serviços urbanos na capital (Silva; Bazzoli, 2023).

Deste modo, Luzimangues passou de reassentamento rural para área de expansão periférica articulada à dinâmica urbana de Palmas, marcada pela intensa produção de loteamentos e por processos de especulação imobiliária que reproduzem padrões de segregação socioespacial observados na própria capital (Oliveira *et al.*, 2024). Vivencia-se assim, no referido distrito, uma notável expansão urbana que mantém um estreito vínculo com a capital, seja como o principal local de trabalho, seja como local de consumo de bens e serviços, incluindo o lazer (Dias, 2025).

Adicionalmente, a própria capital do Tocantins apresenta um incremento substancial na sua população e, em alguma dimensão, na ocupação dos seus espaços urbanos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), Palmas foi a capital brasileira que exibiu o maior crescimento populacional em números relativos (quase 33%) no período compreendido entre 2010 e 2022.

Assim, o aumento da área urbanizada dentro da APA reflete não apenas o crescimento demográfico local, mas também a expansão territorial da capital tocantinense, consolidando Luzimangues como vetor estratégico de urbanização regional.

De acordo com Teles *et al.* (2013), o processo de urbanização do distrito de Luzimangues é marcado por tensões entre o desenvolvimento territorial e a conservação ambiental. Em muitos casos, interesses político-econômicos acabam se sobrepondo às necessidades de preservação de uma área com a presença de relevantes recursos hídricos e elevada biodiversidade. Como consequência, o território tem passado por transformações expressivas, associadas à expansão urbana acelerada e à intensificação da especulação imobiliária, o que dificulta a consolidação de um modelo de desenvolvimento mais sustentável.

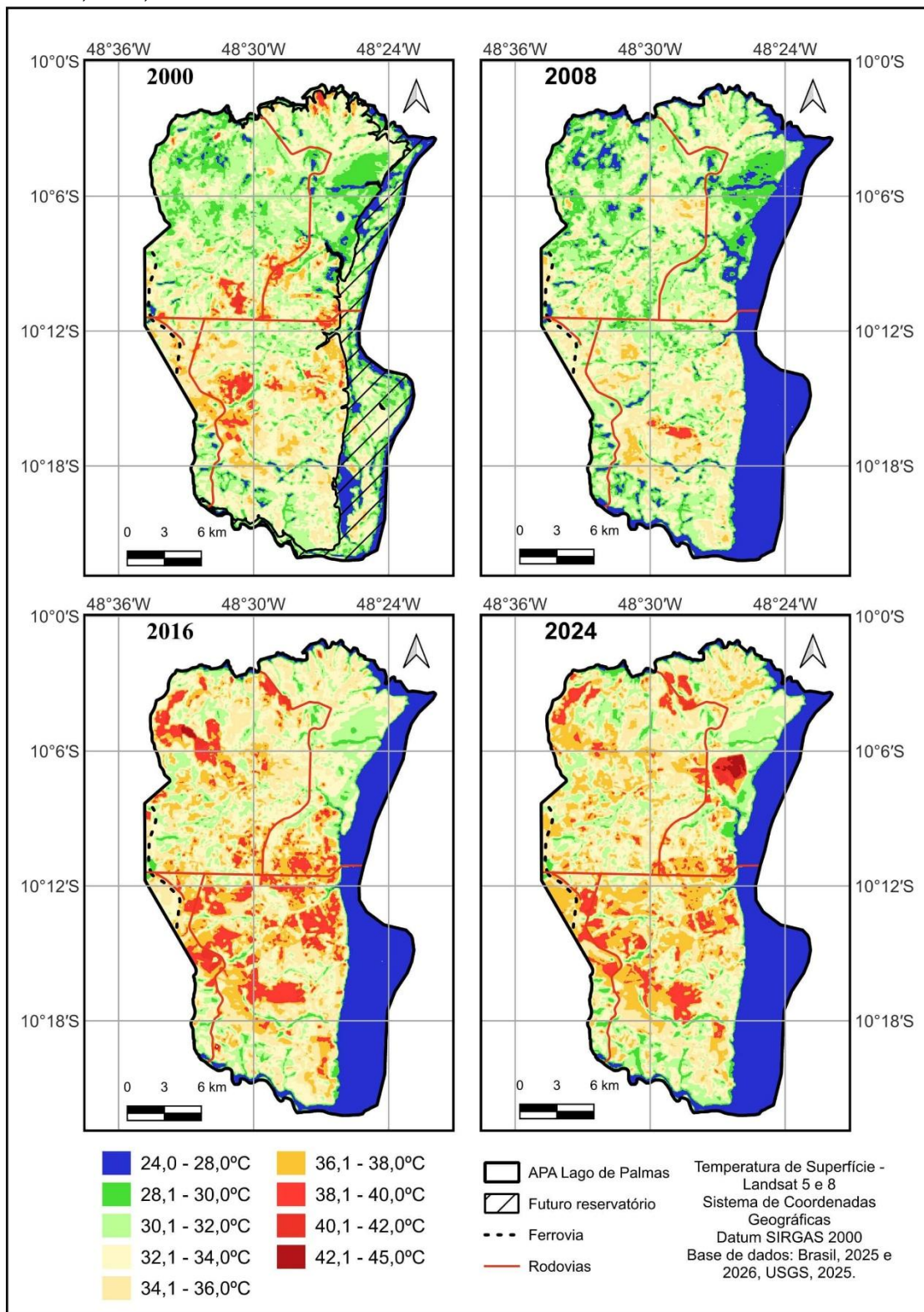
Cabe salientar que somente em 2020 foi aprovado o plano de manejo da APA do Lago de Palmas (Naturatins, 2020), instrumento essencial para orientar o uso do território e estabelecer regras claras de ocupação. Essa lacuna contribuiu para um processo de ocupação pouco controlado, marcado principalmente pela intensificação da pressão urbana associada à expansão da sede do distrito de Luzimangues. Enquanto o crescimento urbano passou a ser regulado pelo Plano Diretor do Município de Porto Nacional, a ausência de diretrizes específicas para a unidade de conservação fragilizou sua gestão, favorecendo conflitos entre a dinâmica de expansão imobiliária e os objetivos de proteção ambiental.

Portanto, a análise do uso e cobertura da terra na APA do Lago de Palmas mostra uma redução das áreas de vegetação natural e o crescimento das áreas antrópicas, sobretudo agricultura, pastagem e área urbanizada. Essas mudanças acompanham a ocupação no entorno de Luzimangues e das principais vias de acesso e ajudam a explicar a maior fragmentação da vegetação nativa e o aumento das pressões humanas sobre a unidade de conservação.

### **A temperatura de superfície terrestre e sua relação com o uso e cobertura da terra**

Os resultados indicam que houve uma grande variação espaço-temporal da temperatura de superfície terrestre na APA do Lago de Palmas – TO no período de 2000 a 2024. A figura 3 mostra o mapeamento da temperatura de superfície na APA durante o período de estudo. Os valores de temperatura de superfície foram divididos em nove classes, variando entre 24 e 45 °C. A tabela 2 apresenta a quantificação das classes de temperaturas de superfície na APA.

Figura 3 – Mapeamento da temperatura de superfície terrestre na APA do Lago de Palmas nos anos de 2000, 2008, 2016 e 2024



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Tabela 2 – Quantificação da temperatura de superfície (LST) na APA do Lago de Palmas

LST	Área (ha)				Área (%)			
	2000	2008	2016	2024	2000	2008	2016	2024
24,0 - 28 °C	4.215,78	14.027,49	11.537,73	11.623,59	6,6	22,0	18,1	18,2
28,1 - 30 °C	8.878,14	8.613,36	1.770,48	2.424,42	13,9	13,5	2,8	3,8
30,1 - 32 °C	17.814,83	15.261,44	7.277,76	8.056,08	27,9	23,9	11,4	12,6
32,1 - 34 °C	18.101,84	16.256,30	15.411,22	12.612,84	28,3	25,5	24,1	19,8
34,1 - 36 °C	8.873,64	8.081,55	13.518,10	13.751,43	13,9	12,7	21,2	21,5
36,1 - 38 °C	4.392,81	1.413,36	8.964,75	11.183,28	6,9	2,2	14,0	17,5
38,1 - 40 °C	1.375,65	201,33	4.869,18	3.648,08	2,2	0,3	7,6	5,7
40,1 - 42 °C	204,12	3,51	442,71	374,49	0,3	0,01	0,7	0,6
42,1 - 45 °C	1,53	-	66,42	184,14	0,002	-	0,1	0,3
<b>Total</b>	<b>63.858,34</b>	<b>63.858,34</b>	<b>63.858,34</b>	<b>63.858,34</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

A distribuição da temperatura de superfície na APA do Lago de Palmas para o ano de 2000 mostrou que 48,4% da área apresentou condições mais amenas ( $\leq 32$  °C), concentradas principalmente nas proximidades do rio Tocantins e em áreas com maior cobertura vegetal, localizadas nas porções norte e extremo sul da APA. Esse padrão espacial está associado ao efeito termorregulador da vegetação, que promove evapotranspiração e sombreamento e, conseqüentemente, tende a reduzir a temperatura da superfície (Ma *et al.*, 2025).

As áreas com temperaturas entre 32,1 e 36 °C corresponderam a aproximadamente 42% da APA e se distribuíram principalmente em áreas com mosaico de usos e pastagens, onde a cobertura vegetal é mais aberta ou fragmentada, favorecendo um maior aquecimento diurno. Quanto às temperaturas mais elevadas ( $>36$  °C), estas representavam cerca de 9% da área, concentrando-se em áreas de pastagens, principalmente na porção sudoeste da APA.

Em 2008, observou-se um aumento significativo das áreas com temperaturas na faixa de 24 a 30 °C, que passaram a representar cerca de 35,5% da área da APA, com maior presença de superfícies com temperatura mais amena. Isso se deve à consolidação do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, cuja área alagada já se encontrava estabelecida nesse período, ampliando a influência térmica da hidrografia sobre a paisagem. Em contrapartida, as maiores temperaturas da superfície concentraram-se nas áreas de pastagem e agricultura localizadas no sudoeste da APA, especialmente nas proximidades da rodovia TO-455, o que demonstra a vulnerabilidade térmica de superfícies com menor cobertura vegetal e solo exposto.

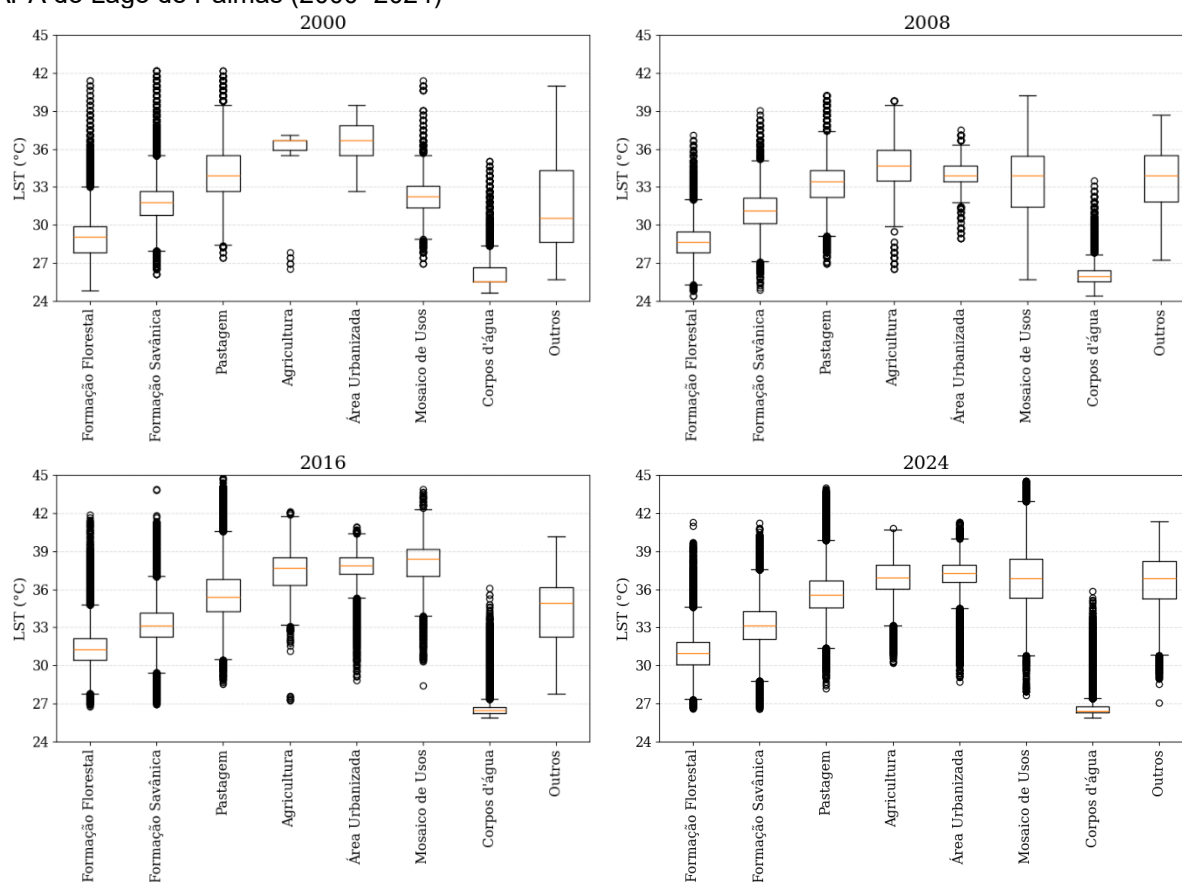
Um estudo realizado por Lima *et al.* (2023), ao analisar as transformações na cobertura e uso da terra na região do MATOPIBA entre 2008 e 2018, constatou uma forte expansão das áreas agrícolas e de pastagem sobre formações naturais do Cerrado. Além do mais, a pesquisa identificou correlações entre a redução da vegetação nativa e mudanças em indicadores ambientais como a temperatura de superfície, mostrando que a intensificação do agronegócio tem modificado o balanço ecológico regional e contribuído para processos de aquecimento e degradação ambiental. Esse comportamento também foi observado na APA do Lago de Palmas, onde a redução da vegetação nativa e a expansão de atividades antrópicas estão associadas ao aumento da temperatura de superfície.

No que se refere ao ano de 2016, ocorreram mudanças importantes na distribuição térmica das áreas da APA: as classes acima de 34 °C passaram a representar cerca de 42,8% da área, com destaque para o aumento expressivo das faixas entre 36 e 38 °C e de 38 a 40 °C. Nota-se que essas áreas coincidem espacialmente com aquelas onde houve a expansão da agricultura (porções sudoeste e noroeste da APA) e o aumento da urbanização no distrito de Luzimangues.

O fato é que a substituição de pastagens e da cobertura vegetal natural para uso agrícola tende a aumentar a temperatura de superfície. Ademais, essas mudanças podem reduzir a evapotranspiração e alterar o balanço hídrico-energético da superfície, contribuindo para um maior aquecimento da temperatura de superfície (Justino *et al.*, 2025).

Quanto ao ano de 2024, a distribuição espacial da temperatura aponta que as classes acima de 34 °C representam aproximadamente 45% da área. Além disso, verifica-se um crescimento expressivo das temperaturas entre 36 e 38 °C (17,5%) e da presença de áreas com temperaturas acima de 40 °C, observando-se a ocorrência de *hotspots* térmicos associados a áreas antropizadas. Em algumas áreas, observa-se uma elevação da temperatura de superfície de até 9 °C em relação a 2000. Isso provavelmente se deve à ocorrência de desmatamento de área de vegetação nativa e de pastagem para ampliação de novos loteamentos na região.

Figura 4 – Distribuição da temperatura de superfície (LST) por classes de uso e cobertura da terra na APA do Lago de Palmas (2000–2024)



Obs.: Cada boxplot mostra a distribuição da LST por classe de uso da terra: a linha central representa a mediana; os limites inferior e superior da caixa correspondem aos quartis Q1 e Q3, contendo 50% central dos dados (intervalo interquartil – IQR). Os bigodes (hastes) indicam os valores mínimo e máximo sem outliers, e os pontos externos representam valores discrepantes, definidos como aqueles situados além de 1,5 vezes o IQR.

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Desse modo, essas áreas coincidem com as áreas de expansão urbana de Luzimangues e intensificação agrícola, tornando visível o impacto da mudança no uso da terra na dinâmica térmica da APA. Adicionalmente, verificou-se que áreas com cobertura vegetal mais preservada e regiões mais próximas do reservatório registraram temperaturas mais amenas (até 32 °C). Esse comportamento estabelece um padrão espacial distinto em relação às áreas mais antropizadas da região.

A figura 4 apresenta a distribuição da temperatura de superfície por classes de uso e cobertura da terra na APA do Lago de Palmas nos anos de 2000, 2008, 2016 e 2024, representada por meio de *boxplots* que demonstram a relação direta entre o uso da terra e a temperatura da superfície. Cabe destacar que a mediana aponta a temperatura central típica de uma classe de uso da terra, sendo pouco impactada por pixels muito quentes ou muito frios.

As menores medianas de temperatura foram registradas nas áreas de formações florestais (~29 a 31 °C) e nos corpos d'água (~25 a 27 °C). Isso ratifica o papel da vegetação densa e dos recursos hídricos na regulação térmica. Por sua vez, notam-se diferenças nas características estruturais da vegetação e nos fluxos de energia superfície-atmosfera, tendo em vista que as classes de formação savânica (~31 a 33 °C) e pastagem (~33 e 36 °C) apresentaram temperaturas medianas intermediárias quando comparadas às formações florestais e corpos d'água.

Por outro lado, as maiores medianas de temperaturas de superfície ocorreram nas classes de agricultura, área urbanizada e mosaico de usos (34 a 38 °C), com picos de temperaturas acima de 40 °C. Esses resultados estão associados à maior exposição do solo, à presença de superfícies impermeáveis e à intensificação do uso antrópico, fatores que contribuem para o aumento da temperatura nessas áreas.

Desse modo, há um crescimento da heterogeneidade térmica da paisagem, associado principalmente à expansão agrícola nas áreas próximas às rodovias TO-080 e TO-455 e à ferrovia Norte-Sul, bem como ao crescimento urbano do distrito de Luzimangues, observado pelo aumento das medianas e pela maior dispersão térmica nas classes antrópicas ao longo do período de 2000 a 2024. Além disso, os valores mais discrepantes de temperaturas concentraram-se predominantemente nas classes antrópicas, com presença de áreas com solo exposto, superfícies impermeabilizadas ou áreas em processo de degradação.

A análise estatística da temperatura da superfície na APA também evidencia uma tendência de aquecimento e maior variabilidade térmica ao longo do período analisado, conforme a tabela 3. Nota-se que a temperatura média aumentou cerca de 1 °C entre 2000 e 2024, passando de 32,1 °C para 33,1 °C. Além do mais, ocorreu uma intensificação das áreas com maior aquecimento superficial, onde as temperaturas máximas passaram de 42,1 °C para 44,5 °C, resultando em uma elevação de 2,4 °C.

Tabela 3 – Dados estatísticos de temperatura de superfície para a APA do Lago de Palmas

Ano	Mínima (°C)	Média (°C)	Máxima (°C)	Desvio-padrão (°C)	CV (%)
2000	24,6	32,1	42,1	2,8	8,7
2008	24,4	30,8	40,2	3,1	10,1
2016	25,8	33,0	44,6	3,8	11,5
2024	25,9	33,1	44,5	3,9	11,7

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Paralelamente, também houve um incremento da variabilidade espacial da temperatura de superfície entre 2000 e 2024, em virtude do aumento do desvio-padrão dos dados de 2,8 °C para 3,9 °C, além do coeficiente de variação (cv) que passou de 8,7% para 11,7%. Isso possivelmente está associado à expansão de usos antrópicos como agricultura, pastagem e urbanização no entorno do reservatório da UHE de Luís Eduardo Magalhães e do distrito de Luzimangues.

Estudos realizados no Brasil também observaram uma forte correlação entre o uso da terra e a temperatura de superfície. Ferraz, Pires e Souza (2023), ao analisarem a evolução da temperatura de superfície em áreas do Cerrado Tocantinense, verificaram que a substituição da vegetação natural por áreas agrícolas e superfícies expostas contribui para a elevação da temperatura de superfície terrestre, devido à redução da evapotranspiração e do aumento da absorção de energia pelas superfícies antrópicas.

Pontua-se que o avanço do agronegócio no contexto do Tocantins tem sido frequentemente apresentado como uma expressão bem-sucedida de um projeto político e econômico. Todavia, a ideia de desenvolvimento deveria estar acompanhada de preocupações também voltadas às dimensões socioeconômicas, territoriais e ambientais (Scoleso; Komka; Leão, 2023).

Essa dinâmica se materializa de forma concreta na região do MATOPIBA, onde se insere a Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago de Palmas, localizada na microrregião de Porto Nacional, área marcada por intensas transformações no uso e cobertura da terra nas últimas décadas. Segundo Leite e Pinto (2025), nessa região observa-se a expansão das *commodities* agrícolas sobre ambientes naturais, com redução da cobertura vegetal nativa e expansão das áreas agropecuárias, especialmente associadas ao cultivo da soja. As autoras destacam ainda que esse padrão é observado de forma expressiva na microrregião de Porto Nacional, onde a supressão da vegetação nativa e a intensificação da produção de *commodities* evidenciam o processo de reconfiguração territorial do Cerrado.

Tal cenário apresenta coerência com os resultados observados na APA do Lago de Palmas, onde a expansão da agricultura, da pastagem e das áreas urbanizadas no entorno do reservatório tem sido acompanhada por aumento das temperaturas superficiais, sobretudo nas áreas próximas às rodovias e ao distrito de Luzimangues, enquanto as áreas de vegetação mantêm valores térmicos mais amenos.

Resultados semelhantes também foram observados por Azevedo e Barbosa (2020) ao constatarem um aumento da temperatura de superfície, acompanhado por redução do índice de vegetação (NDVI) e alterações na cobertura vegetal associadas ao avanço de atividades agropecuárias e ao desmatamento na APA Triunfo do Xingu – PA, ao longo de duas décadas.

Portanto, esses resultados reforçam a relação direta entre a dinâmica de uso da terra e as alterações no balanço energético da paisagem. Desse modo, a conservação da cobertura vegetal na APA desempenha papel fundamental na mitigação do aquecimento local e na manutenção das condições ambientais regionais.

### **Considerações finais**

Neste estudo, demonstrou-se a influência das mudanças no uso e cobertura da terra sobre a temperatura da superfície terrestre na APA do Lago de Palmas no período de 2000 a 2024.

A análise da dinâmica de uso e cobertura da terra na APA indica que, embora a unidade de conservação ainda mantenha parcelas relevantes de vegetação natural do Cerrado, ocorreu uma redução significativa dessas áreas e a expansão de usos

agropecuários e urbanos ao longo do período analisado. Isso evidencia transformações na paisagem e o aumento das pressões antrópicas sobre o território, resultantes, em especial, do avanço territorial e simbólico do agronegócio na região e de novas dinâmicas urbanas que se efetivam sem considerar os seus potenciais impactos em múltiplas dimensões.

Em relação à temperatura de superfície terrestre, houve uma grande variação espaço-temporal da temperatura na APA, principalmente nas áreas com maior influência antrópica. As áreas de vegetação e corpos d'água apresentaram as menores temperaturas; em contrapartida, as áreas de pastagem, agricultura e áreas urbanas registraram temperaturas mais elevadas.

Desse modo, os resultados indicam que, apesar de a APA do Lago de Palmas ser uma unidade de conservação de uso sustentável, a expansão urbana e agrícola no entorno tem provocado aumento significativo da temperatura da superfície, o que pode impactar processos ecológicos, a qualidade ambiental e o conforto térmico.

Além do mais, a proximidade da APA com o município de Palmas intensifica pressões decorrentes da expansão urbana, da valorização imobiliária e da ocupação do entorno do reservatório. Esse contexto tende a acarretar conflitos entre a função de proteção ambiental da unidade e as demandas por crescimento urbano, tornando o zoneamento e a fiscalização instrumentos fundamentais para equilibrar a conservação e o desenvolvimento territorial.

Diante desse cenário, é importante fortalecer as estratégias de gestão e planejamento territorial, com uma maior articulação entre políticas ambientais, ordenamento urbano e práticas agrícolas mais sustentáveis. Ademais, o acompanhamento contínuo por meio de geotecnologias e a atualização periódica do plano de manejo são medidas essenciais para orientar ações de conservação e contribuir para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade na área da APA.

Salienta-se que, apesar dos resultados obtidos, a estimativa da LST com imagens com resolução espacial intermediária pode apresentar limitações na representação de superfícies heterogêneas e estar sujeita à influência de incertezas atmosféricas. Assim, recomenda-se, em estudos futuros, o aprofundamento das análises por meio da integração de dados com melhor resolução espacial.

## Referências

AGUIAR, P. C. B. *et al.* Urbanização e desenvolvimento sustentável: um panorama dos estados brasileiros. **Geografia Ensino e Pesquisa**, Santa Maria, v. 27, e73970, p. 1-31, 2023.

ALMADA, H. K.; *et al.* Indigenous lands and conservation units slow down non-GHG climate change in the Cerrado-Amazon ecotone. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 22, p. 177-185, 2024.

ALMEIDA, J. R. R.; ROCHA, K. S.; BROWN, I. F. Análise espacial de paisagens térmicas e ilhas de calor no município de Rio Branco utilizando imagens do satélite Landsat-8 sensor TIRS (2015-2020). **UÁQUIRI: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, Rio Branco, v. 7, n. 1, p. 124-149, 2025.

ANGELINI, L. P. *et al.* Surface albedo and temperature models for surface energy balance fluxes and evapotranspiration using SEBAL and Landsat 8 over Cerrado-Pantanal, Brazil. **Sensors**, Basel, v. 21, n. 21, e7196, p. 1 -24, 2021.

ARAÚJO, A. L. *et al.* Análise das mudanças de parâmetros biofísicos sobre o Nordeste Brasileiro de 2002 a 2011 com dados MODIS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, p. 589-599, 2018.

AZEVEDO, L. S.; BARBOSA, L. C. Estudo do índice de vegetação e temperatura da superfície terrestre na Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu (PA) utilizando o Google Earth Engine. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 6, n. 2, p. 244-256, 2020.

BEZERRA, U. A. *et al.* STEEP: a remotely-sensed energy balance model for evapotranspiration estimation in seasonally dry tropical forests. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 333, 109408, 2023.

BRASIL. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação — CNUC. **Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima**, Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/areas-protetidas/plataforma-cnuc-1>. Acesso em: 12 dez. 2025.

BRASIL. Banco de Informações de Transportes (BIT): mapas. **Ministério dos Transportes**, Brasília, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bit-mapas>. Acesso em: 13 jan. 2026.

DIAS, P. H. **A expansão territorial do espaço urbano no distrito de Luzimangues, Porto Nacional, Tocantins**. 2025. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2025.

FAVORETI, A. L. F. *et al.* The impact of land use and land cover on regulating ecosystem services provided by green infrastructures in Campinas, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, 2026.

FERRAZ, A. M. M.; PIRES, E. G.; SOUZA, L. B. Alterações na temperatura de superfície em áreas de expansão do agronegócio sobre um território quilombola no Tocantins. **Interações**, Campo Grande, v. 24, n. 3, p. 975-989, 2023.

GAROFOLLO, L.; RODRIGUEZ, D. A. Impacto observado das mudanças no uso e cobertura da terra na hidrologia de bacias com ênfase em regiões tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 42, e201902069, p. 1-15, 2022.

HEINEMANN, S. *et al.* Land surface temperature retrieval for agricultural areas using a novel UAV platform equipped with a thermal infrared and multispectral sensor. **Remote Sensing**, v. 12, n. 7, p. 1075, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base de dados espacial 1:250.000, Brasil. **IBGE**, Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22453-cartas-1-250-000.html>. Acesso em: 15 dez. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022**: população e domicílios: primeiros resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha de setores censitários do Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas territoriais**: municípios e estados. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Base de dados meteorológicos (BDMEP). **INMET**, Brasília, 2025. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 29 set. 2025.

JUSTINO, S. T. P. *et al.* Land Use Change and Its Climatic and Vegetation Impacts in the Brazilian Amazon. **Sustainability**, v. 17, n. 15, p. 7099, 2025.

LEITE, S. E. F.; PINTO, M. L. C. A escalada da transformação da funcionalidade da terra em ativo financeiro na região do MATOPIBA/BRASIL - 1970-2022. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 9, e1824, 2025.

LI, M. *et al.* A study of the change in surface parameters during the last four decades in the MuUs Desert based on remote sensing data. **Remote Sensing**, Basel, v. 14, n. 16, p. 4025, 2022.

LI, Z.-L. *et al.* Satellite remote sensing of global land surface temperature: definition, methods, products, and applications. **Reviews of Geophysics**, Washington, D.C., v. 61, n. 1, 2023.

LIMA, T. P. *et al.* Correlação entre as transformações da cobertura e uso da terra com variáveis climáticas e ambientais na região do Matopiba, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 43, e202077, 2023.

MA, W. *et al.* What drives the cooling dynamics of urban vegetation via evapotranspiration and shading under extreme heat? **Sustainable Cities and Society**, v. 130, p. 106659, 2025.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomass** – Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. Brasília, 2025. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: 10 set. 2025.

MOREIRA, R. S.; PINHEIRO, R. T. Perda e fragmentação do Cerrado na Área de Proteção Ambiental do Lago de Palmas, Tocantins. **Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade**, v. 1, n. 2, p. 260–282, 2021.

INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS (NATURATINS). **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Lago de Palmas**. Palmas: Naturatins, 2020.

OLIVEIRA, L. A. *et al.* Expansão imobiliária em Luzimangues (TO): de reassentamento rural a espaço periférico. **Paranoá**, v. 17, e48738, 2024.

OLIVEIRA, P. A.; PELÚZIO, J. M.; SILVA, W. G. Análise das mudanças na vegetação nativa da APA Lago de Palmas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1376-1388, 2019.

PEREIRA, F. S.; FERNANDES, D. A.; VIEIRA, I. C. G. Impacts of land use and land cover change on ecosystem service values in the eastern Amazon. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 27, 2024.

PINTO, L. M. C. Luzimangues: uma “nova cidade” na periferia de Palmas? **Arquitextos**, São Paulo, ano 14, n. 164.02, 2014.

PORTO-GONÇALVES, C. W. Da geografia às geo-grafias: um mundo em busca de novas territorialidades. Para além do desenvolvimento sustentável: um mundo em busca de novas territorialidades. *In*: CECEÑA, A. E.; SADER, E. (org.). **A guerra infinita: hegemonia e terror mundial**. Petrópolis: Vozes, 2002.

RIBEIRO, L. S. *et al.* As transformações de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado e a sobreposição de unidades de conservação da natureza – Tocantins – Brasil. **Revista Interface**, Porto Nacional, n. 23, p. 40-57, 2022.

ROCHA, W. J. S. F. *et al.* Towards uncovering three decades of LULC in the Brazilian drylands: Caatinga biome dynamics (1985–2019). **Land**, Basel, v. 13, n. 8, p. 1250, 2024.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *In*: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3, 1973, Washington, D.C. **Proceedings** [...]. Washington, D.C.: NASA, v. 1, p. 309–317, 1974.

SAHANI, N. Assessment of spatio-temporal changes of land surface temperature (LST) in Kanchenjunga Biosphere Reserve (KBR), India using Landsat satellite image and single channel algorithm. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, Amsterdam, v. 24, e100659, 2021.

SANTOS, A. P. *et al.* The influence of land use and land cover on surface temperature in a water catchment sub-basin. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 35, e69161, 2023.

SANTOS, J. B. G. *et al.* Mudanças no uso e cobertura da terra e os seus impactos nos serviços ecossistêmicos e na saúde humana no município de Juína, Amazônia Meridional. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 17, n. 6, p. 4177-4205, 2024.

SANTOS, P. M.; BOHRER, C. B. A.; NASCIMENTO, M. T. Impactos das mudanças de uso e cobertura da terra em fitofisionomias da Mata Atlântica. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 27, 2024.

SANTOS, R. R. G.; LUCENA, A. J.; MIRANDA, V. F. V. V. Utilização do produto AST08 do sensor ASTER para estudo da temperatura da superfície continental (TSC) na cidade do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 5, n. 3, 2024.

SECRETARIA DA FAZENDA E PLANEJAMENTO (SEFAZ). Subsecretaria do Planejamento e Orçamento. Superintendência de Planejamento Governamental. Diretoria de Gestão de Informações Territoriais e Socioeconômicas. Gerência de Zoneamento Territorial (GZT). Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável. **Elaboração das Cartas Climáticas do Estado do Tocantins**. Palmas: SEFAZ/GZT, 2020.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO DO ESTADO DO TOCANTINS (SEPLAN -TO). Cursos d'água – base cartográfica digital contínua do Estado do Tocantins. **Geoportal do Tocantins**, Palmas, 2025. Disponível em: <https://geoportal.to.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/f25dfc33-e034-424d-8d86-25e07d791602>. Acesso em: 12 nov. 2025.

SILVA, M. A.; BAZZOLI, J. A. Dinâmica territorial do distrito de Luzimangues e o fenômeno da migração pendular. **Estudo & Debate**, Lajeado, v. 30, n. 4, p. 53-77, 2023.

SCOLESO, F.; KOMKA, J. P.; LEÃO, N. P. O Tocantins no centro da expansão da fronteira agrícola: Uma radiografia do mundo do trabalho no cerrado brasileiro **RBEST: Revista Brasileira de Economia Social e do Trabalho**, Campinas, v. 5, e023013, 2023.

SOARES, R. A.; CORRÊA, R. S. Ocupações irregulares na Área de Proteção Ambiental Serra do Lajeado em Palmas-TO e sua relação com a legislação municipal. **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Brasília, n. 36, 2023.

SOBRINO, J. A.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; PAOLINI, L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdam, v. 90, p. 434-440, 2004.

SOUZA JR., C. M. *et al.* Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, Basel, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

TELES, A. F. *et al.* Gestão ambiental e cidade: quando o discurso e a prática não dialogam. **Interface**, Porto Nacional, n. 6, p. 77-87, 2013.

THEULEN, V. *et al.* Mudanças temporais na cobertura vegetal da Área de Proteção Ambiental de Pouso Alto, Chapada dos Veadeiros – GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 19, n. 1, p. 284-299, 2026.

TOCANTINS. Lei nº 1.098, de 20 de outubro de 1999. Cria a Área de Proteção Ambiental do Lago de Palmas e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Tocantins**, Palmas, 1999.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Earth Explorer**. 2025. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 5 set. 2025.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product**. 2026. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>. Acesso em: 2 jan. 2026.

WINKLER, K. *et al.* Global land use changes are four times greater than previously estimated. **Nature Communications**, London, v. 12, e2501, 2021.

ZHAO, E. *et al.* Thermal infrared hyperspectral band selection via graph neural network for land surface temperature retrieval. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v. 62, p. 1-14, 2024.

#### Informações complementares

Descrição		Declaração
Financiamento		Não se aplica.
Aprovação ética		Não se aplica.
Conflito de interesses		Não há.
Disponibilidade dos dados de pesquisa subjacentes		O trabalho não é um <i>preprint</i> e os conteúdos subjacentes ao texto do manuscrito já estão disponíveis.
Uso de Inteligência Artificial		Não há.
CrediT	Érika Gonçalves Pires	Funções: conceitualização, análise formal, investigação, metodologia, administração do projeto, visualização, escrita – rascunho original, escrita – revisão e edição.
	Daniel Mallmann Vallerius	Funções: conceitualização, visualização, validação, escrita – revisão e edição.

Avaliadores: Os avaliadores optaram pela avaliação fechada e pelo anonimato.  
 Revisora do texto em português: Laura Akemi Côrtes Massunari.  
 Revisora do texto em inglês: Adriana de Oliveira Gomes Araújo.  
 Revisora do texto em espanhol: Graziani França Claudino de Anicézio.

#### Como citar (ABNT):

PIRES, Erika Gonçalves; VALLERIUS, Daniel Mallmann. Dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra e da temperatura da superfície na APA do Lago de Palmas – TO. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 10, p. e2086, 2026. DOI: 10.47236/2594-7036.2026.v10.2086. Disponível em: <https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/2086>.