



## **SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO: USO E COBERTURA DA TERRA E SUAS INFLUÊNCIAS NA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE DO MUNICÍPIO DE PARAUPEBAS, AMAZÔNIA ORIENTAL**

Lanna Vitória Ribeiro Santos<sup>1</sup>; Yuri Antonio da Silva Rocha<sup>2</sup>; Maria Luíza Nascimento Dias<sup>3</sup>, Kamylla Eduarda Hamad Cabral<sup>4</sup>, Hiago Felipe Cardoso Pacheco<sup>5</sup>, Aline Maria Meiguins de Lima<sup>6</sup>, Cláudio Moisés Santos e Silva<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Florestal. Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA/IG/UFPA). Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus Belém, Pará, Brasil. E-mail: [santoslanna4@gmail.com](mailto:santoslanna4@gmail.com);

<sup>2</sup>Mestrando em Ciências Ambientais (PPGCA). Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém, Brasil. E-mail: [eng.yurirocha@gmail.com](mailto:eng.yurirocha@gmail.com);

<sup>3</sup>Mestranda em Ciências Ambientais (PPGCA). Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém, Brasil. E-mail: [m.luiza.dn@gmail.com](mailto:m.luiza.dn@gmail.com);

<sup>4</sup>Graduanda em Geologia. Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém, Brasil. E-mail: [kamylla.cabral@ig.ufpa.br](mailto:kamylla.cabral@ig.ufpa.br);

<sup>5</sup>Doutorando em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil. E-mail: [hiago.pacheco@ufv.br](mailto:hiago.pacheco@ufv.br);

<sup>6</sup>Doutora em Desenvolvimento Socioambiental. Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém, Brasil. E-mail: [ameiguins@ufpa.br](mailto:ameiguins@ufpa.br);

<sup>7</sup>Doutor em Meteorologia. Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas (DCAC) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). E-mail: [claudio.silva@ufrn.br](mailto:claudio.silva@ufrn.br).

### **RESUMO**

Este estudo analisou a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra no município de Parauapebas/PA e seus impactos na temperatura da superfície terrestre (*Land Surface Temperature – LST*), com a hipótese de que áreas antropizadas apresentam maior LST devido à ausência de biomassa florestal. Dados de sensoriamento remoto, processados no *Google Earth Engine* e no *software QGIS* versão 3.34.7, incluíram precipitação, LST e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index – NDVI*). Para avaliar a distribuição espacial dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), utilizou-se a Regressão Geograficamente Ponderada (*Geographically Weighted Regression – GWR*) via *SAGA GIS*. Os resultados revelaram uma tendência de aumento das atividades de agropecuária e outras áreas

Realização



Apoio





não vegetadas, resultando na redução dos ambientes florestais e maior *LST* nas áreas antropizadas, confirmando a hipótese levantada. Concluiu-se que mudanças no uso da terra influenciam a interação solo-planta-atmosfera, destacando a necessidade de recuperação de áreas degradadas e infraestrutura verde urbana para mitigar esses impactos.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas. Interação solo-planta-atmosfera. Sensoriamento remoto.

**Área de Interesse do Simpósio:** Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Monitoramento Ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

As florestas amazônicas abrigam grande biodiversidade e proporcionam diversos bens e serviços ecossistêmicos, como a provisão de água, a regulação do clima e a ciclagem de nutrientes (Cardozo; Diniz; Szlafsztein, 2023). Porém, apesar do reconhecimento dos bens e serviços ecossistêmicos e das legislações ambientais vigentes, as mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra não cessam. Entre 1988 e 2023, a taxa intermediária de desmatamento na Amazônia Legal foi de  $13.637,02 \pm 6.351,25 \text{ km}^2$ , e no estado do Pará foi de  $4.724,25 \pm 1.762,60 \text{ km}^2$  (INPE, 2024).

As mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra na Amazônia Brasileira são causadas principalmente pela expansão de pastagens, de atividades agrícolas, da extração madeireira e expansão da urbanização em resposta ao aumento populacional (Rivero *et al.*, 2009; Parente; Da Silva; Da Silva, 2021).

Portanto, é essencial realizar diagnósticos e análises das mudanças do uso e cobertura da terra em escalas municipais, podendo ser empregados como mecanismos de subsídio para tomadas de decisões e políticas públicas. Logo, este trabalho analisou os padrões de uso e cobertura da terra no município de Parauapebas (Pará), e sua influência na temperatura da superfície terrestre. A hipótese é de que a influência seja mais acentuada em áreas sem cobertura vegetal.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo analisada é o município de Parauapebas (Figura 1), localizado na região sudeste do Pará, Brasil. O município possui  $6885,79 \text{ km}^2$  de área territorial, 267836 pessoas, densidade demográfica de  $38,90 \text{ habitante/km}^2$  (IBGE, 2022).

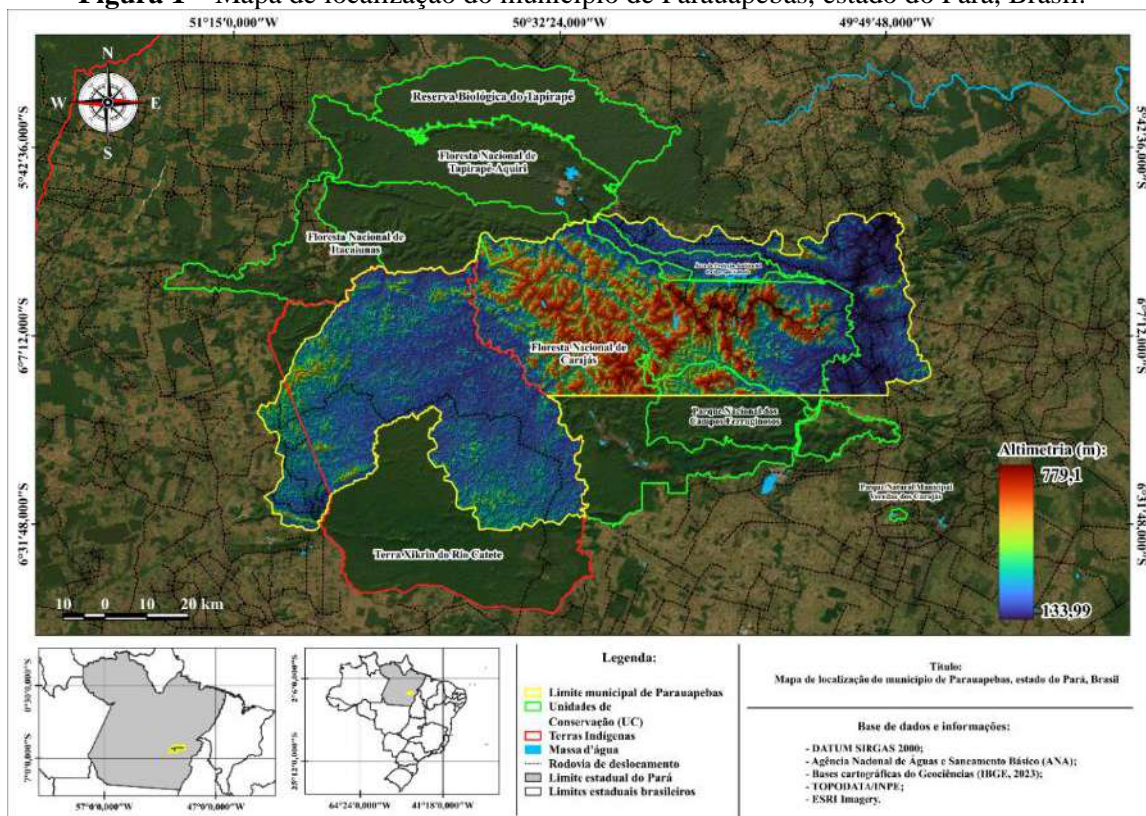
Realização



Apoio



**Figura 1** – Mapa de localização do município de Parauapebas, estado do Pará, Brasil.



**Elaboração:** Os autores, 2024.

A Tabela 1 sintetiza os dados utilizados neste trabalho.

**Tabela 1** – Base de dados utilizada no trabalho.

Dados	Formato	Resolução espacial	Data ou período	Acesso
Precipitação		0,05 graus (~5 km)	Ano de 2023	<i>Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations – CHIRPS.</i> <i>Climate Hazards Center – UC, Santa Bárbara.</i>
Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ( <i>Normalized Difference Vegetation Index – NDVI</i> )	Matricial	30 metros	Ano de 2023	<i>Landsat Collection 2</i> , de cenas ortorectificadas Tier 1 Level 2 do período de 8 dias (LANDSAT/COMPOSITES/C02/T1_L2_8 DAY_NDVI), cortesia do United States Geological Survey (USGS) via <i>Google Earth Engine (GEE)</i>
Temperatura da Superfície Terrestre ( <i>Land Surface Temperature – LST</i> )		1 km	Ano de 2023	<i>MODIS Aqua (MYD11A2.061)</i> (Wan; Hook; Hulley, 2021) via <i>Google Earth Engine (GEE)</i>
Uso e cobertura da terra		30 metros	Série histórica de 1985 a	Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomias)

**Elaboração:** Os autores, 2024.

Dentro do *GEE*, o *raster* de *LST* teve sua unidade de medida convertida de *Kelvin* para *Celsius* multiplicando-se pela escala de 0,02 e subtraindo 273,15. Os índices de vegetação derivam da reflectância da superfície em resposta a comprimentos de onda ópticas das folhas, revelando a quantidade de clorofila (Povh *et al.*, 2008). Dentro da plataforma *GEE*, o *NDVI* foi calculado a partir da seguinte equação (1):

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

Sendo: *NDVI* = *Normalized Difference Vegetation Index*; *NIR* = *Near Infrared* (banda do infravermelho próximo); *Red* (banda do vermelho).

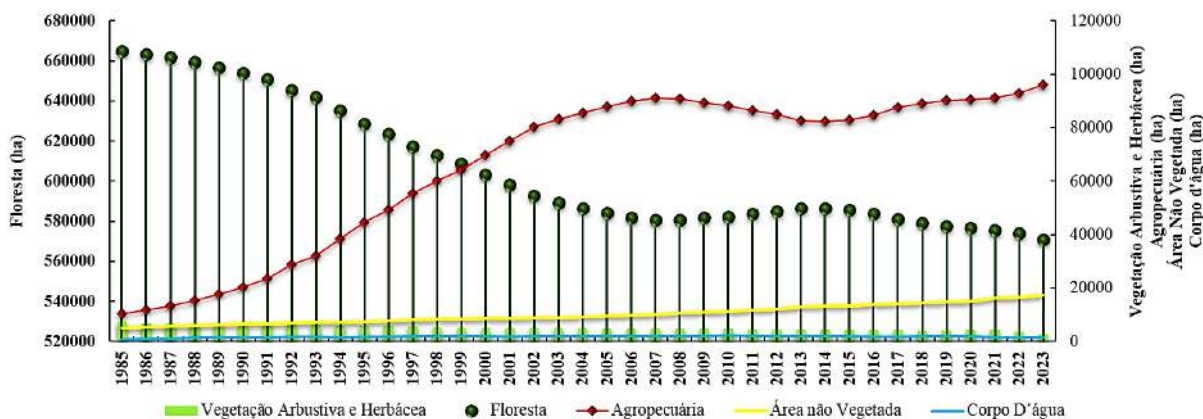
Aplicou-se o método de Regressão Geograficamente Ponderada (*Geographically Weighted Regression – GWR*) para analisar a distribuição espacial dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) entre os pares de variáveis: Precipitação e *LST*, *NDVI* e Precipitação, e *NDVI* e *LST*. A análise foi realizada por meio do *software SAGA GIS*, cuja ferramenta está habilitada para uso no *software QGIS*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. MUDANÇA NA COBERTURA E USO DA TERRA EM PARAUAPEBAS/PA

Referente a série histórica de 1985 a 2023, a dinâmica do quantitativo de área das classes Floresta, Vegetação Arbustiva e Herbácea, Agropecuária, Área não Vegetada e Corpos d'água, pode ser visualizada na Figura 2 e a estatística descritiva está disposta na Tabela 2.

**Figura 2** – Dinâmica anual das mudanças no uso e cobertura da terra no município de Parauapebas (série histórica de 1985 a 2023).



Fonte: MapBiomias, 2024.

Elaboração: Os autores, 2024.

**Tabela 2** – Estatística descritiva da dinâmica anual das mudanças no uso e cobertura da terra no município de Parauapebas (série histórica de 1985 a 2023).

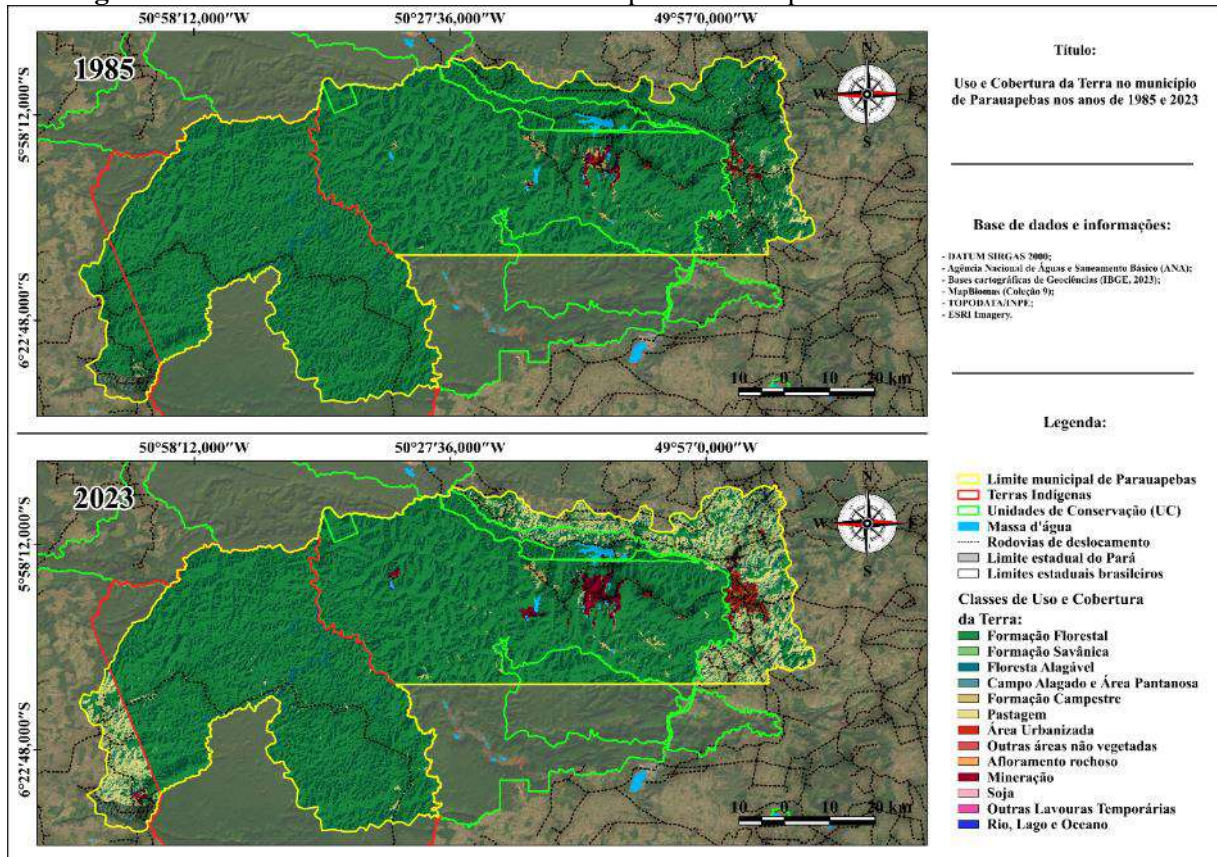
Classes de cobertura e uso da terra	Média (ha)	Desvio padrão	Máximo		Mínimo	
			Valor (ha)	Ano	Valor (ha)	Ano
Floresta	606003,93	± 31426,03	664954,98	1985	570809,91	2023
Vegetação Arbustiva e Herbácea	4945,12	± 954,89	7139,39	1985	2592,11	2023
Agropecuária	65635,62	± 29242,35	96173,05	2023	10519,90659	1985
Área não Vegetada	10163,84	± 3436,57	17455,01	2023	5085,609423	1985
Corpo D'água	1819,24	± 321,14	2256,1	2010	867,8732827	1985

Fonte: MapBiomias, 2024.

Elaboração: Os autores, 2024.

A Classe Floresta decai em resposta ao crescimento das classes Agropecuária e Área não vegetada (mineração; área urbanizada; praia, duna, areal; outras áreas não vegetadas). Atividades antrópicas ocorrem mais na região leste, adjacentes às unidades de conservação Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado e Floresta Nacional de Carajás (Figura 3).

**Figura 3** – Uso e Cobertura da Terra no município de Parauapebas nos anos de 1985 a 2023.



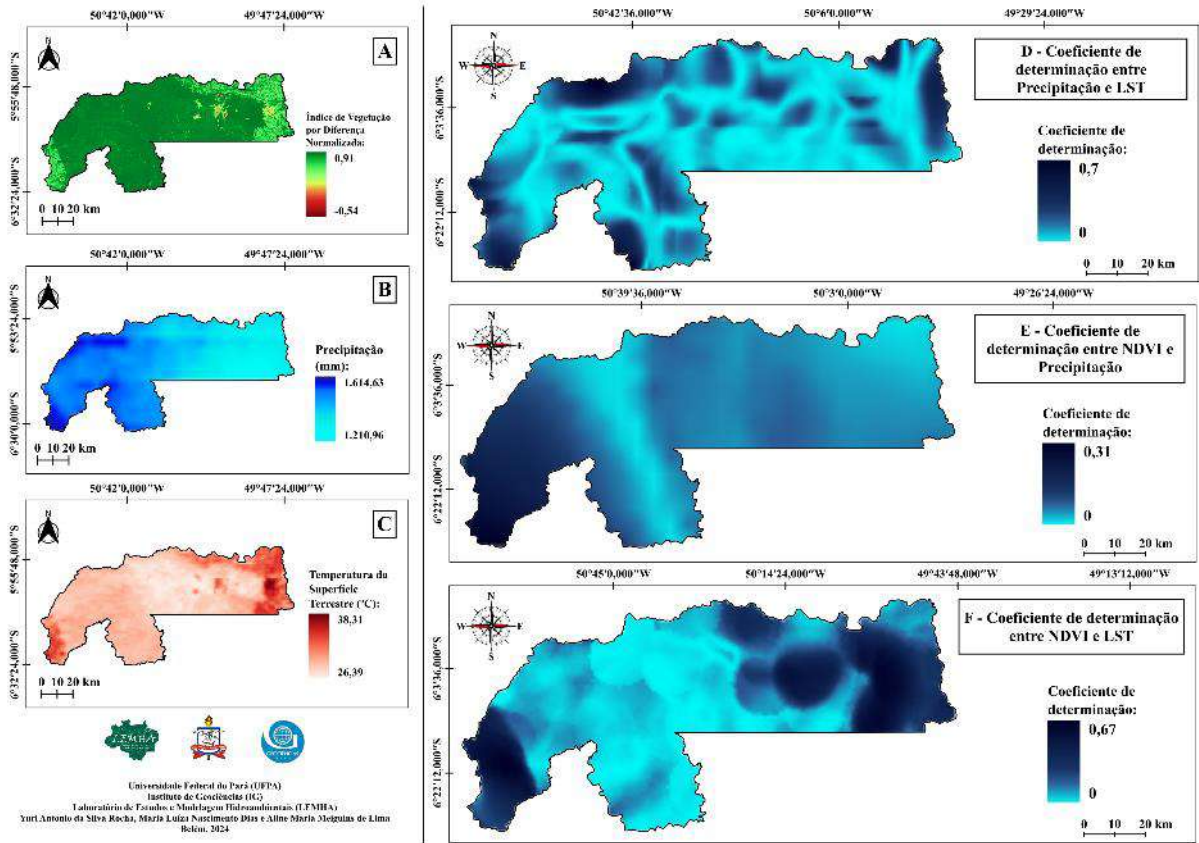
**Elaboração:** Os autores, 2024.

Essas atividades aumentam a entrada de radiação solar na superfície da terra, elevando a temperatura do ar, da *LST*, e a emissão de gases relacionados ao efeito estufa, reduzindo a estocagem de carbono. De forma geral, geram um incremento da vulnerabilidade do solo à processos erosivos (De Lima, 2002), além de alterarem regimes hidrológicos (Nobre; Sampaio; Salazar, 2007).

### 3.2. MUDANÇA NA COBERTURA E USO DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA NA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA NO MUNICÍPIO DE PARAUAPEBAS/PA

Especialmente, em 2023, o *NDVI* (Figura 4A), a precipitação (Figura 4B) e a *LST* (Figura 4C), variaram de -0,54 a 0,91, de 1210,96 a 1614,53 mm e de 26,39 °C a 38,31 °C, respectivamente.

**Figura 4** – *NDVI* (A), Precipitação pluviométrica (B), *LST* (C), Coeficiente de determinação entre a precipitação e a *LST* (D), Coeficiente de determinação entre *NDVI* e Precipitação (E) e Coeficiente de determinação entre *NDVI* e *LST* (F).



**Elaboração:** Os autores, 2024.

A distribuição espacial dos valores de coeficiente de determinação indicaram a maior correlação entre o *NDVI* e a *LST* nas áreas antropizadas (Figura 4F), semelhante ao observado por Hu e Xu (2019) e Da Silva, Lopes e Santos (2023). O *NDVI* representa de forma mais significativa a densidade florestal na porção oeste do município (Figura 4A), onde há maior preservação em decorrência da Terra Indígena Xikrin do Rio Cateté e da Floresta Nacional de Carajás. A distribuição espacial observada no município de Parauapebas indicou as áreas de maior volume de chuvas (Figura 4B), coincidindo com os menores valores de *LST* (Figura 4C), o que representa um fator de atenção à gestão municipal, em relação as áreas de vegetação climática ou secundária substituídas por áreas de mineração, pastagem e aglomerados urbanos.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados indicam que há uma tendência de crescimento da agropecuária e de demais áreas não vegetadas no município de Parauapebas/PA. Evidenciou-se que as áreas de unidades de conservação (UC's) e terras indígenas proporcionam a preservação de ambientes



florestais. De forma geral, a metodologia geoestatística se mostrou eficiente para avaliar as observações oriundas dos produtos de sensoriamento remoto, reforçando que as áreas com maior densidade de biomassa florestal apresentam maior volume de chuvas e menor LST, sendo o inverso nas áreas antropizadas, confirmando a hipótese levantada. A conjuntura desses aspectos apontam para a necessidade de maiores fiscalizações ambientais sobre as áreas desmatadas, execução de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e de infraestruturas urbanas verdes, de tal forma que viabilizem o conforto térmico para a população.

## 5. REFERÊNCIAS

CARDOZO, M. L.; DINIZ, M. B.; SZLAFSZTEIN, C. F. Os serviços ecossistêmicos dos recursos hídricos da Bacia Amazônica como Bens Públicos Globais. **Agua y Territorio/Water and Landscape**, n. 21, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17561/at.21.5609>.

CHIRPS. CLIMATE HAZARDS CENTER – UC, SANTA BARBARA. **Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations** (2024). Disponível em: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>. Acessado em: 20 de novembro de 2024.

DA SILVA, R. M.; LOPES, A. G.; SANTOS, C. A. G. Deforestation and fires in the Brazilian Amazon from 2001 to 2020: Impacts on rainfall variability and land surface temperature. **Journal of Environmental Management**, v. 326, p. 116664, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116664>.

DE LIMA, M. A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 451-472, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2002.v19.8816>.

HU, X.; XU, H. Spatial variability of urban climate in response to quantitative trait of land cover based on GWR model. **Environmental monitoring and assessment**, v. 191, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7343-1>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Panorama: Parauapebas, 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/parauapebas/panorama>. Acessado em: 31 de outubro de 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). TERRABRASILIS – PLATAFORMA DE DADOS GEOGRÁFICOS. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES)**. Disponível em: [https://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal\\_amazon/rates](https://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates). Acessado em: 31 de outubro de 2024.

Realização



Apoio







NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252007000300012&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252007000300012&script=sci_arttext&tlng=en).

PARENTE, E. B.; DA SILVA, L. V. A.; DA SILVA, W. C. Desmatamento na Amazônia: O desmatamento em vista da expansão pecuarista no município de Xinguara-PA. **Revista GeoAmazônia**, v. 9, n. 17, p. 126-142, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/geo.v9i17.12580>.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1075-1083, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000800018>.

PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NO BRASIL (MAPBIOMAS). Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acessado em: 10 de fevereiro de 2024.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova economia**, v. 19, p. 41-66, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-63512009000100003>.

WAN, Z.; HOOK, S.; HULLEY, G. MODIS/Aqua land surface temperature/emissivity daily L3 global 1km SIN Grid V061. **NASA EOSDIS Land Process. DAAC**, 2021.