

VARIABILIDADE DO FLUXO DE CALOR NO SOLO (G) NA APA DE ITUPARARANGA ENTRE 1986 E 2021

Anderson Trindade de Moura¹

Liliane Moreira Nery²

Gabriela Gomes³

Enzo Felipe Ponzetta⁴

Darllan Collins da Cunha e Silva⁵

Análise dos impactos das mudanças

Resumo

As interações entre as superfícies urbanas e a atmosfera são influenciadas pela urbanização, alterando a distribuição do calor superficial. Fatores como a substituição de vegetação, a diminuição da umidade disponível e as mudanças nos fluxos radiativos contribuem para essa alteração. O Sensoriamento Remoto (SR) por satélite permite a coleta de dados quantitativos do espaço físico em alta resolução. O SR é utilizado para classificar diversos fenômenos urbanos, como crescimento da cidade, mudanças no uso do solo e alterações nos índices de vegetação. O SR possibilita identificar alterações climáticas decorrentes do uso da terra. Estudos demonstram concordância entre dados de SR e medições de estações meteorológicas. Atividades antrópicas contribuem significativamente para o aquecimento global. O uso de geotecnologias auxilia gestores no desenvolvimento de políticas para adaptação e mitigação às mudanças climáticas. Este estudo propõe avaliar a variação espaço-temporal da temperatura superficial da APA (Área de Proteção Ambiental) de Itupararanga entre 1986 e 2021 utilizando geotecnologias. A APA é crucial para o abastecimento público de água na região de Sorocaba e apresenta importância ambiental e econômica. Imagens orbitais dos satélites Landsat 5, 7 e 8 foram utilizadas para o período de menor cobertura por nuvens durante o período seco. O processamento das imagens e as análises foram realizadas nos *softwares* Qgis e Arcgis. O estudo visa contribuir para o conhecimento sobre a influência das mudanças no uso do solo sobre o fluxo energético da APA de Itupararanga, fornecendo informações importantes para a gestão ambiental da região.

Palavras-chave: Urbanização; Sensoriamento Remoto; Geotecnologias; Mudanças Climáticas.

¹ Estudante de graduação em Engenharia Ambiental (UNESP-ICTS). E-mail: anderson.moura@unesp.br

² Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS). E-mail: liliane.nery@unesp.br

³ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS). E-mail: gabriela.gomes98@unesp.br



⁴ Estudante de graduação em Engenharia Ambiental (UNESP-ICTS). E-mail: enzo.ponzetta@unesp.br

⁵ Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UNESP-ICTS). E-mail: darllan.collins@unesp.br

INTRODUÇÃO

As superfícies urbanas modificam fluxos de calor devido à substituição da vegetação por asfalto e concreto, diminuindo a evapotranspiração e alterando fluxos radiativos (Douset; Gourmelon, 2003). O Sensoriamento remoto (SR) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) fornecem dados detalhados sobre mudanças urbanas e ambientais (Gallo; Xian, 2014). Estudos de climatologia urbana são complexos, mas importantes para detectar mudanças no uso da terra e orientar políticas de adaptação climática (Sharifi, 2020). Objetiva-se com esse trabalho avaliar a variação do fluxo de calor no solo na APA de Itupararanga entre 1986 e 2021.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a Área de Proteção Ambiental de Itupararanga (APA), localizada no Estado de São Paulo, contém a principal fonte de abastecimento público da região Sorocaba, a Represa de Itupararanga. A represa abastece Ibiúna (100%), Sorocaba (74%), Votorantim (92%) e São Roque (32%), além de contribuir para a irrigação de centenas de propriedades agrícolas (Manfredini, 2018). A APA de Itupararanga é fundamental para a região de Sorocaba, também gera energia para a Companhia Brasileira de Alumínio e a bacia hidrográfica abrange 936,51 km² de rios e afluentes.



MÉTODO

O estudo utiliza imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8 para analisar a APA de Itupararanga. O processamento das imagens foi feito nos softwares Qgis e Arcgis utilizando o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) para estimar o fluxo de calor no solo (G) (Equação 1) na APA de Itupararanga. O SEBAL calcula G através da razão entre a taxa de radiação líquida (R_n) (Equação 2) e outros parâmetros como temperatura superficial (TS), índice de vegetação por diferença normalizada ($NDVI$) e albedo da superfície (α) (Waters et al., 2002).

$$\frac{G}{R_n} = \frac{TS}{\alpha (0,0038\alpha + 0,0074\alpha^2)(1 - 0,98NDVI^4)} \quad (1)$$

$$R_n = (1 - \alpha)RS \downarrow + RL \downarrow - RL \uparrow - (1 - \epsilon_0)RL \downarrow \quad (2)$$

Onde: α é o albedo da superfície; $RS \downarrow$ é a incidência de ondas curtas; $RL \uparrow$ é a emissão ondas longas; $RL \downarrow$ é incidência de ondas longas; TS é a temperatura superficial; ϵ_0 é a emissividade superficial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

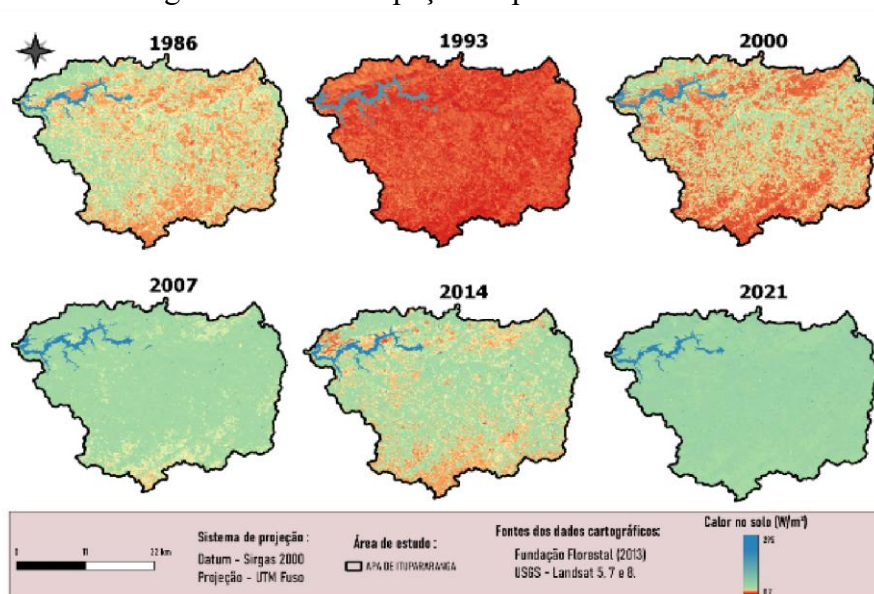
Áreas urbanas e de solo exposto apresentam as maiores médias de fluxo de calor, devido à menor disponibilidade hídrica e à predominância dos fluxos de calor sensível, resultando em maior absorção da radiação solar (Funari; Pereira Filho, 2017; Monteiro et al., 2014). A falta de vegetação nesses locais contribui para a absorção e liberação direta de calor, destacando a importância da cobertura vegetal na modulação dos fluxos térmicos.

Corpos hídricos têm os maiores valores de fluxo de calor devido à capacidade térmica da água, influenciando a troca de calor na interface ar-água (Morais, 2019). Vegetações arbóreas e áreas cultivadas mostram os menores valores de fluxo de calor, atribuídos à maior disponibilidade hídrica e à evapotranspiração, sublinhando a importância das plantas na regulação térmica (Machado et al., 2016).

Pastagens, com conteúdo hídrico e densidade de vegetação intermediários, apresentam médias de fluxo de calor situadas entre os valores das áreas urbanas e vegetadas, indicando uma resposta térmica proporcional ao ambiente (Galvani et al., 2001). Essas observações elucidam a complexidade dos processos de troca de calor em diferentes ambientes terrestres, oferecendo uma compreensão mais ampla das interações entre superfície e atmosfera, conforme ilustrado na Figura 1.

O aumento no fluxo de calor tem consequências ambientais e sociais significativas, afetando padrões de chuva, evaporação, distribuição de espécies, agricultura e saúde humana (Balbinot, 2008). Na APA de Itupararanga, medidas de adaptação e mitigação são essenciais para proteger o ecossistema e as comunidades locais (Fundação Florestal, 2010). O estudo fornece dados importantes para políticas públicas e gestão climática, enfatizando a necessidade de práticas sustentáveis e cooperação global para enfrentar as mudanças climáticas.

Figura 1: Análise espaço-temporal do calor no solo.



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÕES

O estudo oferece informações para embasar políticas públicas e ações práticas no combate às mudanças climáticas. O estudo analisou os padrões de fluxo de calor em diversos ambientes terrestres ao longo de 35 anos (1986-2021), destacando a influência da cobertura vegetal no fluxo de calor. A integração das informações sobre fluxo de calor nas políticas públicas é fundamental para promover a sustentabilidade ambiental e a resiliência das comunidades às mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Reitoria UNESP pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

- BALBINOT, Rafaelo et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas The forest role in the hydrological cycle at hydrological basins. *Ambiência*, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008.
- DOUSSET, B.; GOURMELON, F. Satellite Multi-Sensor Data Analysis of Urban Surface Temperatures and Landcover. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v. 58, n. 1, p. 43-54, 2003.
- FUNARI, Frederico Luiz; PEREIRA FILHO, Augusto José. Estimativa do fluxo de calor no solo a partir da temperatura do solo em São Paulo, SP. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, v. 38, n. 1, p. 49-57, 2017.
- FUNDAÇÃO FLORESTAL. Plano de Manejo da APA de Itupararanga. São Paulo. 2010. Disponível em:



<https://fflorestal.sp.gov.br/planos-de%20manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-o-apa-itupararanga/> Acesso em: 18 de junho de 2024.

GALLO, K.; XIAN, G. Application of Spatially Gridded Temperature and Land Cover Data Sets For Urban Heat Island Analysis. *Urban Climate*, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2014.

GALVANI, Emerson; ESCOBEDO, João Francisco; PEREIRA, ANDRÉ BELMONT. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. *Bragantia*, v. 60, p. 139-147, 2001.

MACHADO, Nadja Gomes et al. Sazonalidade do balanço de energia e evapotranspiração em área arbustiva alagável no pantanal mato-grossense. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, p. 82-91, 2016.

MONTEIRO, Priscilla Ferraz Câmara et al. Estimativa dos componentes do balanço de energia e da evapotranspiração para áreas de cultivo de soja no sul do Brasil utilizando imagens do sensor TM Landsat 5. *Bragantia*, Campinas, v. 73, n. 1, p. 72-80, 2014.

MORAIS, Thaise da Silva Oliveira. Comportamento térmico e termomecânico de fundações por estacas trocadoras de calor em solos não saturados em região de clima subtropical. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SHARIFI, A. Trade-offs and conflicts between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 276, p. 122813, 2020.

WATERS, R. et al. SEBAL Surface Energy Balance Algorithms for Land: Advanced training and user's manual. The Idaho Department of Water Resources, 2002.