

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE & WIPIS2023**  
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## ANÁLISE DA RADIAÇÃO LÍQUIDA EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

**Liliane Moreira Nery<sup>1</sup>**

liliane.nery@unesp.br

**Arthur Pereira dos Santos<sup>1</sup>**

arthur.p.santos@unesp.br

**Gabriela Gomes<sup>1</sup>**

gabriela.gomes98@unesp.br

**Ana Laura de Paula<sup>1</sup>**

al.paula@unesp.br

**Leticia Tondato Arantes<sup>1</sup>**

leticia.tondato@unesp.br

**Henzo Henrique Simionatto<sup>2</sup>**

henzo.h.simionatto@unesp.br

**Darllan Collins da Cunha e Silva<sup>1</sup>**

darllan.collins@unesp.br

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Ciências e Tecnologia de Sorocaba, Sorocaba, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil

**Resumo:** A radiação líquida ( $R_n$ ), que representa o saldo de energia resultante da entrada e saída de radiação eletromagnética na superfície terrestre, é fortemente influenciada pelas mudanças no uso e cobertura da terra (UCT). A urbanização e outras ações antrópicas têm causado alterações significativas nesse saldo energético, contribuindo para o aumento do efeito estufa em centros urbanos. Contudo, estudos conduzidos em biomas altamente antropizados, como a Mata Atlântica, são escassos e dificultam a compreensão dos mecanismos energéticos ao longo do tempo. Portanto, este estudo se concentra na avaliação das mudanças na  $R_n$  na Área de Proteção Ambiental de Itupararanga (APA de Itupararanga) entre os anos de 1986 e 2021. Para realizar essa avaliação, o estudo utilizou imagens dos satélites Landsat 5 e 8, o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*) e Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os resultados revelam que áreas compostas por corpos hídricos (destaca-se a Represa de Itupararanga) têm os valores mais elevados de  $R_n$ , atribuídos às características radiativa da água. No entanto, observou-se uma diminuição nos valores mínimos de  $R_n$ , ao longo do período de estudo, atribuída ao aumento das áreas urbanas na região. Áreas urbanas devido aos materiais constituintes dessas regiões, refletem mais radiação de ondas

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

longas, e portanto, favorecem o aumento da temperatura da superfície e diminuição da evapotranspiração. A distribuição espacial da  $R_n$  mostrou um aumento das áreas com valores intermediários, em concordância com as mudanças no UCT ao longo do tempo, como a diminuição das pastagens e o aumento das áreas agrícolas. Em resumo, as alterações na superfície terrestre, incluindo o avanço da agricultura e do desenvolvimento urbano, influenciaram o saldo energético da APA de Itupararanga. Esses resultados têm implicações significativas para o equilíbrio climático e hidrológico, além de subsidiarem a compreensão do microclima da região, destacando a importância de monitorar o balanço energético para a sustentabilidade e ordenamento do território.

**Palavras-chave:** SEBAL, APA de Itupararanga, Landsat.

## 1. INTRODUÇÃO

A radiação líquida ( $R_n$ ) pode ser compreendida como o saldo de energia após os fluxos de entrada e saída de radiação eletromagnética de ondas curtas e longas [1], sendo diretamente influenciada pela composição da superfície terrestre [2, 3]. Portanto, considerando as rápidas mudanças no ordenamento territorial em virtude dos avanços das cidades, Arteaga et al. [4] apontam que a mudança no uso e cobertura da terra (UCT) ocasiona alterações no saldo energético ao substituir a vegetação principalmente por áreas construídas, diminuindo a capacidade da utilização da radiação incidente na fotossíntese, contribuindo para o aumento do efeito estufa.

Diante do exposto, monitorar o comportamento energético de regiões estratégicas na provisão de recursos hídricos, promove a discussão dos impactos das mudanças espaciais ocorridas ao longo do tempo sobre a disponibilidade hídrica. Contudo, monitorar o microclima e o balanço energético local e municipal é um desafio brasileiro, pois há escassez na disponibilidade de dados meteorológicos.

Todavia, o desenvolvimento de algoritmos matemáticos como o *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL) utilizado em conjunto com o Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG), têm permitido a compreensão dos componentes do balanço energético [5, 6, 7].

Sendo assim, dada a sua importância para a conservação dos recursos hídricos e a ausência de estudos na região, o presente estudo tem por objetivo avaliar as alterações ocorridas na  $R_n$  da Área de Proteção Ambiental de Itupararanga (APA de Itupararanga) entre os anos de 1986 e 2021, utilizando imagens do satélite Landsat, SEBAL e SIG.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

### 2.1. Área de estudo

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

A APA de Itupararanga está localizada na região sudeste do Estado de São Paulo e pertence a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI-10) e se encontra em uma região de déficit hídrico, sendo um local de interesse regional em termos de gestão hídrica [9]. Essa região tem experimentado um expressivo avanço das atividades agrícolas (Figura 1), com uma expansão de lavouras temporárias de 7.736 ha (1986) para 27.277 há (2021). Atualmente (2021) 59,19% da área em estudo é utilizada para a produção agropecuária e uso urbano. Em 1986, essas atividades correspondiam 57,09% da área da APA [10].

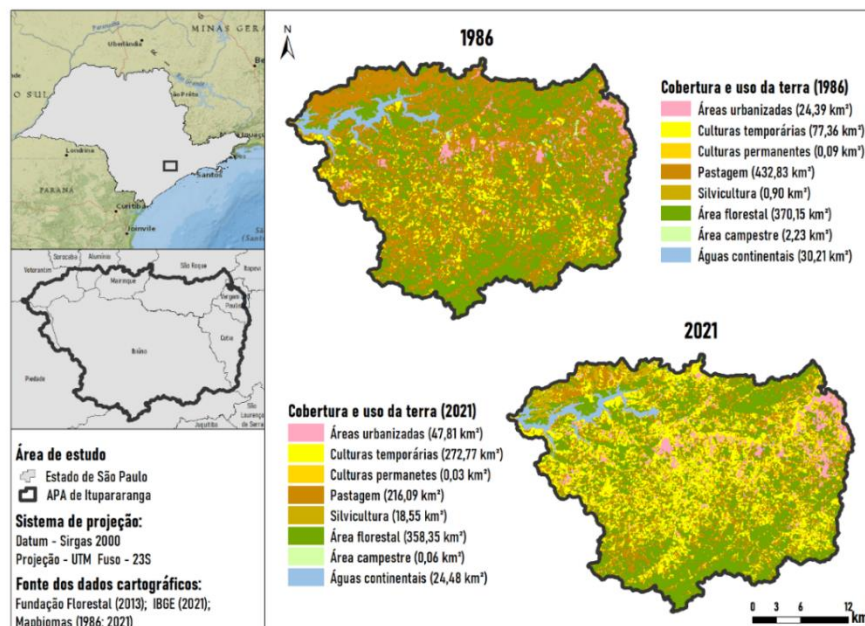


Figura 1. Localização, uso e cobertura da terra da APA de Itupararanga entre 1986 e 2021.

## 2.2. Imagens de satélite utilizadas

Foram utilizadas imagens da Coleção 2 – Nível 1 dos satélites Landsat 5 e 8 (Tabela I), obtidas gratuitamente através do *USGS EarthExplorer* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), considerando a ausência de nuvens para a região em estudo. Elas foram pré-processadas para obter a refletância no topo da atmosfera (TOA), conforme recomendado por Waters et al. [11], sendo que a correção radiométrica foi realizada utilizando o plugin SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*).



**Tabela I. Características das imagens utilizadas.**

Satélite	Ponto/Órbita	Data
Landsat 5	219/76	06/08/1986
Landsat 5	219/77	06/08/1986
Landsat 8	219/76	22/08/2021

### 2.3. Cálculo da radiação líquida

O algoritmo SEBAL foi utilizado para determinar a radiação solar de ondas curtas incidente na superfície ( $R_S \downarrow$ ), a radiação de ondas longas emitida pela superfície ( $R_L \downarrow$ ) a radiação de ondas longas refletida pela superfície terrestre ( $R_L \uparrow$ ), para posteriormente obter  $R_n$  (Equação 1) [11].

$$R_n = (1 - \alpha)R_S \downarrow + R_L \downarrow - R_L \uparrow - (1 - \varepsilon_0)R_L \downarrow \quad (1)$$

Onde:

$\alpha$  é o albedo da superfície;

$\varepsilon_0$  é a emissividade termal da superfície;

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores máximos de  $R_n$  (Tabela II) foram encontrados na Represa de Itupararanga, em ambos os períodos analisados. Os valores são condizentes com as características da água, pois por apresentar baixos valores de albedo, portanto menor reflexão de radiação de ondas curtas [2] e mais energia estará disponível para o processo de evaporação.

Observou-se uma diminuição em 3,70% no valor mínimo de  $R_n$  (Tabela 1), que pode ser compreendido como efeito do aumento das áreas urbanas durante o período avaliado, pois valores de  $R_n$  abaixo de 300  $W.m^{-2}$  para áreas urbanas foram observados em outros estudos [2, 4]. Os materiais constituintes de edificações e asfalto possuem propriedades radiativas e térmicas que aumentam a emissão de radiação de ondas longas, que por sua vez aquecem o ar e superfície, convertendo a pouca fração de  $R_n$  disponível em calor sensível (H) e calor no solo (G), impactando na evapotranspiração (ET) e na disponibilidade hídrica [2].

**Tabela II. Descrição da radiação líquida da APA de Itupararanga entre 1986 e 2021.**

	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão
<b>1986</b>	451,75	141,68	382,95	23,84
<b>2021</b>	589,64	136,43	486,31	35,81

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

Quanto a distribuição espacial da  $R_n$  nos períodos analisados (Figura 2), verifica-se uma aumento de áreas com valores intermediários de  $R_n$ , em concordância com o aumento do seu valor médio e desvio padrão (Tabela II), como consequência das mudanças no UCT da área em estudo, uma vez que as pastagens diminuíram significativamente de 1986 para 2021 enquanto houve um aumento das áreas de lavouras, sendo que a primeira apresenta menores valores de  $R_n$  do que a segunda, conforme observado por Arteaga et al. [4] em uma bacia hidrográfica localizada no limites da APA de Itupararanga.

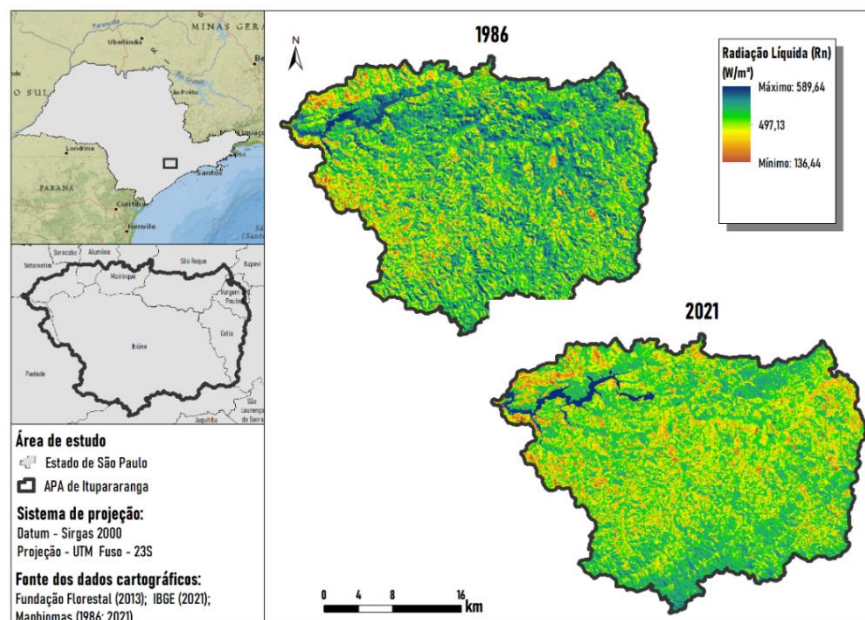


Figura 2. Radiação líquida da APA de Itupararanga entre 1986 e 2021.

#### 4. CONCLUSÃO

A mudança no UCT durante o período analisado, em particular o avanço das lavouras e das áreas urbanas, influenciaram o saldo energético da APA de Itupararanga. De maneira geral, os resultados podem contribuir para o desenvolvimento de estudos dirigidos para o equilíbrio climático e hidrológico.

#### AGRADECIMENTOS

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- [1] GOMIDE, R.; BORATTO, I. M. P. Evapotranspiration and energy balance components spatial distribution in the north region of Minas Gerais, Brazil, using the SEBAL model and Landsat 5 TM images. **Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology**, v. 9239, p. 205-218, 2014.
- [2] MACHADO, N. G. et al. Impact of changes in surface cover on energy balance in a tropical city by remote sensing: A study case in Brazil. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, p. 100373, 2020.
- [3] CABALLERO, C. B.; RUHOFF, A.; BIGGS, T. Land use and land cover changes and their impacts on surface-atmosphere interactions in Brazil: A systematic review. **Science of The Total Environment**, v. 808, p. 152134, 2022.
- [4] ARTEAGA, A. J. M. et al. Análisis de componentes biofísicos del balance de radiación neta, usando teledetección, en la cuenca hidrográfica de Sorocaba con bosque atlántico intervenido, Brasil. **Investigaciones Geográficas**, n. 104, p. e60235, 2021.
- [5] UDA, P. K; CORSEUIL, C. W.; KOBAYAMA, M. Evapotranspiração real da bacia do alto Rio Negro, região Sul brasileira, por meio do SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) e balanço hídrico. RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 1, p. 205-217, 2014.
- [6] SILVA, B. B. et al. Changes to the energy budget and evapotranspiration following conversion of tropical savannas to agricultural lands in São Paulo State, Brazil. **Ecohydrology**, v. 8, n. 7, p. 1272-1283, 2015.
- [7] TEIXEIRA, A. H. C. et al. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil: Part A: Calibration and validation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 3–4, p. 462-476, 2009.
- [8] FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Plano de Manejo da APA de Itupararanga**. São Paulo. 2010. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-apa-itupararanga/>. Acesso em: 10 ago. 2022.
- [9] CBH-SMT. Comitê da Bacia Hidrográfica Sorocaba-Médio Tietê. **Relatório de Situação 2022: Ano base 2021**. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-SMT/23316/rs-2022-2021.pdf>. Acesso em: 14 de jul. de 2023.
- [10] NERY, L. M.; SILVA, D. C. C. Mudança no uso e cobertura da terra da APA de Ituparanga: Uma análise entre 1986 e 2021. In: **Memórias do VII Workshop Integração De Saberes Ambientais: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Sorocaba: UNESP, 2023. p. 108-113.
- [11] WATERS, R. et al. **SEBAL Surface Energy Balance Algorithms for Land: Advanced training and user's manual**. The Idaho Department of Water Resources, 2002.