

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 ESPAÇO-TEMPORAL DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DA APA DE ITUPARARANGA

**Anderson Trindade de Moura**

anderson.moura@unesp.br

**Liliane Moreira Nery**

liliane.nery@unesp.br

**Gabriela Gomes**

gabriela.gomes98@unesp.br

**Helena Gabriela Henrique do Nascimento**

helena.gabriela@unesp.br

**Enzo Felipe Ponzetta**

enzo.ponzetta@unesp.br

**Darllan Collins da Cunha e Silva**

darllan.collins@unesp.br

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP-ICTS, Sorocaba, São Paulo, Brasil

### Resumo

As mudanças na superfície terrestre alteram fluxos de energia e calor, sendo possível monitorar e compreender essas mudanças utilizando sensoriamento remoto (SR), explorar a influência da urbanização nas interações entre superfícies urbanas e a atmosfera, abordando fatores como mudanças na cobertura do solo, umidade superficial, fluxos radiativos e calor antropogênico se tornou muito importante nos dias de hoje. O uso crucial de SR por satélite e sistemas de informações geográficas (SIG) é destacado para estudar a climatologia urbana. Pode-se enfatizar a necessidade de uma abordagem sistemática da influência da cobertura do solo nas temperaturas superficiais, pois estudos anteriores revelaram mudanças climáticas relacionadas às transformações no uso e cobertura da terra (SR). Portanto, o foco do estudo é a Área de Proteção Ambiental de Itupararanga, onde imagens do satélite Landsat, entre 1986 e 2021, foram usadas para avaliar a variação espaço-temporal da temperatura superficial (Ts). Verificou-se um aumento na temperatura, tanto nas máximas, mínimas e médias, principalmente nas regiões noroeste e central da APA, constituídas por áreas construídas e agrícolas.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto, Unidade de Conservação, Mudanças climáticas.

### 1. Introdução

As interações das superfícies urbanas com a atmosfera são regidas por fluxos de calor superficiais, cuja distribuição é drasticamente modificada pela urbanização. Os principais fatores contribuintes são as mudanças nas características físicas da superfície (albedo, capacidade

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

térmica, condutividade térmica), devido à substituição da vegetação por asfalto e concreto; a diminuição da umidade superficial disponível para evapotranspiração; mudanças nos fluxos radiativos e no fluxo próximo à superfície, devido à complicada geometria das ruas, edifícios altos, e ao calor antropogênico (Douset; Gourmelon, 2003).

Enquanto os processos físicos são difíceis de monitorar apenas com instrumentos *in situ*, sensores instalados em satélites fornecem dados quantitativos do espaço físico em altas resoluções espaciais e temporais. Sistemas de sensoriamento remoto (SR) nas bandas visível e infravermelha têm sido amplamente utilizados para classificar fenômenos como o crescimento da cidade, mudanças no uso e ocupação do solo, alterações de índices de vegetação e estatísticas populacionais (Gallo; Xian, 2014).

Aplicações sobre climatologia urbana têm sido um campo de estudos menos comum, quando comparado a áreas rurais, devido à complexidade das interações das radiações do infravermelho termal e em micro-ondas (Amiri et al., 2009). Com isso, destaca-se a necessidade de trabalhos que aborde mais sistematicamente a influência de cobertura do solo, em meios urbanos, nos valores de temperatura superficial terrestre (Nascimento, 2010).

Foram identificadas alterações climáticas decorrentes de mudanças no uso da terra mediante SR, sendo verificada uma boa concordância entre dados obtidos por SR e medições de estações meteorológicas (Bezerra; Silva; Ferreira, 2008). De acordo com o quarto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, as atividades antrópicas contribuíram para 90% do aquecimento global (Core Writing Team; Pachauri; Reisinger, 2017).

Esses dados apoiam gestores no desenvolvimento de políticas voltadas para a adaptação e mitigação às mudanças climáticas e seus efeitos (Sharifi, 2020), assim como orientam o crescimento urbano e a conservação de áreas naturais. Dentro desse contexto, o uso de geotecnologias possibilita avaliar a dinâmica da variação espaço-temporal de dados climáticos para áreas extensas e que não possuem dados meteorológicos disponíveis. Portanto, considerando a importância e relevância da Área de Proteção Ambiental de Itupararanga (APA de Itupararanga), o presente estudo propôs avaliar, através de geotecnologias, a variação espaço-temporal da temperatura superficial da APA de Itupararanga entre os anos de 1986 a 2021.

## 2. Fundamentação teórica

O Geoprocessamento é uma área que abrange Sistemas de Informação Geográfica (SIG), SR e análise espacial, conectando-se a disciplinas como Cartografia, Geografia e Estatística (Chiaravalloti, 2017). O SR envolve a medida e o registro da energia no espaço e no tempo. Essas observações podem ser reunidas em três domínios: 1. Espacial – tamanho, forma e distribuição; 2. Temporal – variação no decorrer do tempo; 3. Físico – trocas energéticas por radiação eletromagnética ou alterações em campos de força (Amaral, 1990).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

O SR se torna uma ferramenta de suma importância, devido a sua capacidade de melhoramento e precisão dos dados levantados. Isso faz com que os SIG venham ganhando espaço em várias atividades para estimar características almeçadas (Santos, 2021). A aparência da cobertura vegetal em um produto de SR é resultado de um processo complexo que incorpora uma ampla gama de parâmetros e fatores ambientais (Boratto; Gomide, 2013).

O que um sensor remoto, posicionado a distância, consegue captar de uma determinada vegetação (alvo) não pode ser completamente compreendido apenas pelas características inerentes a essa vegetação. Esse processo envolve a influência de diversos outros elementos, incluindo a fonte de radiação, os efeitos do espalhamento atmosférico, as características das folhas e do dossel, os níveis de umidade do solo, a interferência da refletância do solo, a sombra e muitos outros fatores (Boratto; Gomide, 2013).

A base da modelagem dos índices de vegetação está no comportamento inversamente proporcional da refletância da vegetação na faixa do espectro visível (Jensen, 2009). Em outras palavras, quanto mais densa for a vegetação, menor será a refletância devido à absorção da radiação pelos pigmentos fotossintetizantes (Jensen, 2009). Por outro lado, quanto mais densa for a vegetação, maior será a refletância, decorrente do espalhamento em diferentes camadas das folhas (Jensen, 2009).

Dessa forma, utilização de índices de vegetação, como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e o Índice de Área Foliar (IAF), torna mais fácil a aquisição e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, tais como área foliar, biomassa e a porcentagem de cobertura do solo, esses índices destacam-se na região do espectro eletromagnético do infravermelho, proporcionando informações cruciais sobre a evapotranspiração das plantas (Gameiro, 2016).

NDVI, SAVI e IAF desempenham um papel crucial no cálculo da temperatura superficial ( $T_s$ ) a partir de imagens de satélite, eles são necessários para a correção dos efeitos da atmosfera nas imagens, garantindo medições precisas, além de fornecerem informações sobre a saúde e densidade da vegetação, sendo essenciais para compreender seu impacto na temperatura da superfície, revelando a relação inversa entre cobertura vegetal e  $T_s$  (Waters, 2002).

Esses índices permitem identificar áreas de interesse, como florestas, áreas agrícolas e urbanas, segmentando-as para cálculos mais precisos da  $T_s$ , conforme o tipo de cobertura do solo (Maia Júnior, 2020). Em resumo, os índices de vegetação desempenham um papel fundamental na obtenção de informações precisas sobre a temperatura da superfície terrestre a partir de imagens de satélite (Santos; Amorim, 2014).

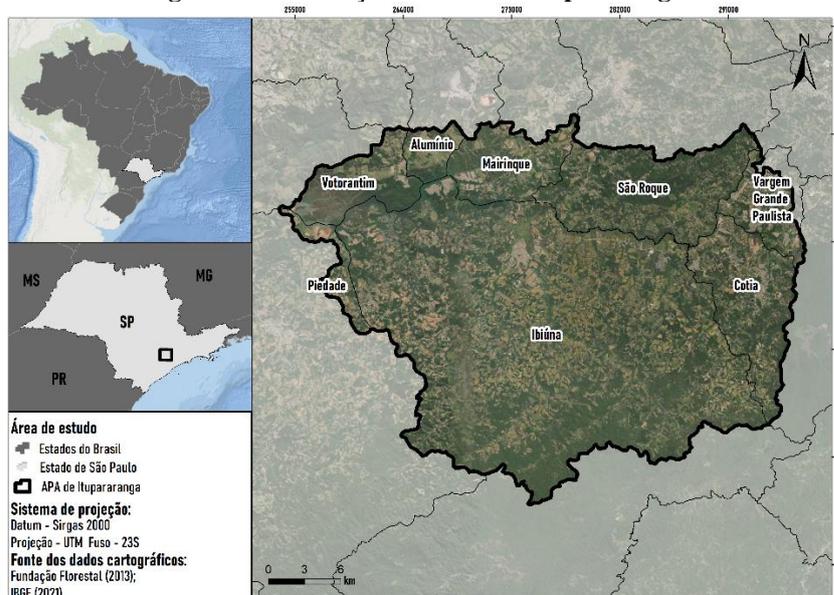


### 3. Metodologia

#### 3.1. Área de estudo

A área de estudo é a APA de Itupararanga (Figura 1), que 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).

**Figura 1: Localização da APA de Itupararanga.**



Fonte: Autoria própria.

A bacia hidrográfica da Represa de Itupararanga possui uma área de aproximadamente 936,51 km<sup>2</sup> e está localizada a poucos quilômetros da Região Metropolitana de São Paulo, sendo responsável pelo abastecimento de 63% da população residente na região da bacia hidrográfica e pela geração de energia elétrica destinada à Companhia Brasileira de Alumínio – CBA (Duarte, 2008).

#### 3.2. Descrição das imagens de satélite utilizadas

Para o desenvolvimento do projeto proposto, foram utilizadas imagens orbitais dos satélites Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, que foram coletadas considerando o período de menor percentual de cobertura por nuvens durante o período seco. Foram obtidas imagens do Landsat 5 (LT 05) para os anos de 1986; 1993; 2007. Para o ano 2000, foi necessário utilizar uma imagem de abril do satélite Landsat 7 (LT 07) por conta de excesso de nuvens na região estudada. Para



os anos de 2014 e 2021 foram utilizadas imagens do Landsat 8 (LT 08). Os procedimentos metodológicos aqui descritos foram desenvolvidos nos softwares Qgis e Arcgis.

Tabela 1: Dados das imagens utilizadas.

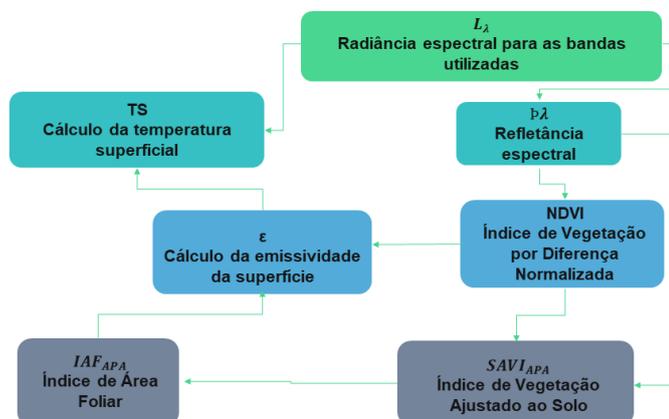
Ano	ID Imagem	Ponto/Orbita	Satélite
1986	LT05_L1TP	219076	Landsat 5
1986	LT05_L1TP	219077	Landsat 5
1993	LT05_L1TP	219076	Landsat 5
2000	LE07_L1TP	219076	Landsat 7
2007	LT05_L1TP	219076	Landsat 5
2014	LC08_L1TP	219076	Landsat 8
2021	LC08_L1TP	219076	Landsat 8

Fonte: Elaboração própria a partir dos metadados das imagens.

### 3.3 Método utilizado

O fluxo de trabalho pode ser verificado na Figura 2. Após obtida as imagens, o projeto deu sequência através da correção radiométrica das mesmas. Para isso, foi utilizado o plug-in SCP (Semi-Automatic Classification Plugin), obtendo-se os valores de reflectância no topo da atmosfera (TOA). Também calculou-se a radiância para a banda termal conforme a metodologia proposta por Waters et al. (2002). Logo em seguida foram reprojetaadas as coordenadas de todas as imagens para Datum EPSG: 31983, SIRGAS 2000/UTM zona 23S.

Figura 2: Fluxograma da pesquisa desenvolvida.



Fonte: Autoria própria.

A determinação da Ts por meio de SR envolve etapas precedentes ao cálculo da temperatura propriamente dita (Waters et al., 2002). Portanto, os seguintes índices de vegetação foram uti-



lizados: *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI (Equação 1); *Soil Adjusted Vegetation Index* – SAVI (Equação 2); e o Índice de Área Foliar – IAF (Equação 3) (Waters et al., 2002).

$$NDVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(\rho_{nir} + \rho_{red})} \quad (1)$$

Onde:

$\rho_{nir}$  a refletância na banda do infravermelho próximo;

$\rho_{red}$  a refletância na banda do vermelho.

Posteriormente, verificou-se a estatística zonal do NDVI com base nos mapas de uso e cobertura da terra (UCT) disponibilizados pelo Projeto Mapbiomas (<https://mapbiomas.org/>) e determinou-se um plano de informação (PI) para o valor de L do SAVI a partir do NDVI, de modo que a reclassificação seguiu a seguinte orientação: sem cobertura vegetal – L = 0; baixa cobertura vegetal – L = 1; média a alta cobertura vegetal – L = 0,5. Uma vez obtido o PI referente ao valor de L, calculou-se o SAVI de acordo com a Equação 2.

$$SAVI_{APA} = \frac{(1 + L_{PI})(\rho_{nir} - \rho_{red})}{(L_{PI} + \rho_{nir} + \rho_{red})} \quad (2)$$

Onde:

$SAVI_{APA}$  é o valor de SAVI obtido para a APA de Itupararanga em cada um dos anos avaliados;

$L_{PI}$  é o plano de informação referente ao valor de L obtido para cada ano avaliado, dependendo da cobertura do solo analisada por meio de estatística do NDVI;

$\rho_{nir}$  a refletância na banda do infravermelho próximo;

$\rho_{red}$  a refletância na banda do vermelho.

O Índice de Área Foliar (IAF) é a relação entre a área da superfície de todas as folhas em uma determinada parcela de terra e a área dessa parcela. Sua estimativa é feita de acordo com a Equação 3 adaptada de Waters et al. (2002).

$$IAF_{APA} = - \frac{\ln \left( \frac{\lambda - SAVI_{APA}}{0,59} \right)}{0,91} \quad (3)$$

Onde:

$IAF_{APA}$  é o índice de área foliar obtido para a APA de Itupararanga em cada um dos anos avaliados;

$\lambda$  é o valor da variável obtida após avaliação do valor máximo de SAVI para cada ano na APA de Itupararanga.



**Tabela 2: Determinação do coeficiente  $\lambda$  em função do SAVI.**

Ano	$\lambda$	SAVI MÁX
1986	0,7000	0,6917
1993	0,7200	0,7112
2000	0,7100	0,7062
2007	0,7200	0,7122
2014	0,7900	0,7811
2021	0,7800	0,7651

Fonte: Autoria própria.

O cálculo da emissividade da superfície ( $\epsilon$ ), componente da equação para o cálculo da TS, considera os valores dos índices obtidos anteriormente. Para valores de NDVI maiores que 0 e valores de IAF menores que 3, a Equação 4 foi aplicada. Se identificado valores de NDVI inferiores a 0, adotou-se o valor de  $\epsilon$  igual a 0,99, se verificado valores de IAF superiores ou iguais a 3, adotou-se o valor de  $\epsilon$  igual a 0,98 (Waters et al., 2002).

$$\epsilon = 0,97 + 0,0033 \text{ IAF} \quad (4)$$

A temperatura da superfície em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) será obtida de acordo com a Equação 5, adaptada a partir de (Waters et al., 2002).

$$T_s = \left( \frac{k_2}{\ln\left(\frac{\epsilon k_1}{L_\lambda}\right) + 1} \right) - 273,15 \quad (5)$$

Onde:

$\epsilon$  é a emissividade calculada através da Equação 3 espectral das bandas utilizadas;

$k_1$  e  $k_2$  são constantes de calibração da radiância da banda termal;

$L_\lambda$  é a radiância espectral para as bandas utilizadas ( $\text{W}/\text{m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ ).

#### 4. Resultados e discussão

Na Tabela 3 estão organizadas as estatísticas descritivas dos resultados obtidos: máximo, mínimo, média e desvio padrão. Pela seguinte tabela pode-se observar que 2014 foi o ano que se obteve os menores valores de NDVI, SAVI e IAF. Também foi nesse ano que se obteve os maiores valores médios. Observando a Tabela 3 e a Figura 3, pode-se notar que o NDVI da maioria dos anos ficou abaixo de 1.

**Tabela 3: Estatística descritiva dos índices de vegetação.**

Ano	Máximo	Mínimo	Média	Desvio padrão
-----	--------	--------	-------	---------------

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

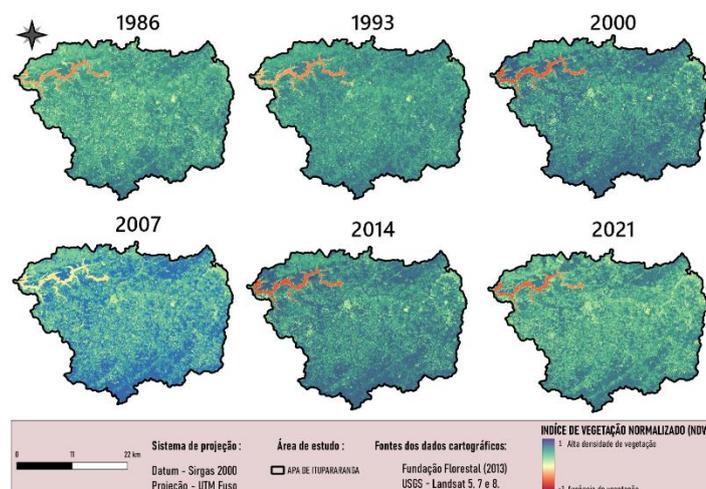
SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

NDVI	1986	0,84	-0,52	0,47	0,18	
	1993	0,85	-0,51	0,53	0,17	
	2000	1,00	-0,78	0,59	0,19	
	2007	1,00	-0,78	0,50	0,18	
	2014	0,89	-1,00	0,58	0,21	
	2021	0,87	-0,76	0,47	0,20	
		<b>Ano</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
SAVI	1986	0,69	-0,52	0,29	0,12	
	1993	0,71	-0,51	0,30	0,12	
	2000	0,71	-0,78	0,32	0,12	
	2007	0,71	-0,78	0,24	0,10	
	2014	0,78	-1,00	0,32	0,14	
	2021	0,77	-0,76	0,23	0,11	
		<b>Ano</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
IAF	1986	1,97	-0,88	0,21	0,24	
	1993	2,21	-0,87	0,23	0,25	
	2000	2,15	-1,08	0,28	0,26	
	2007	2,23	-1,08	0,09	0,19	
	2014	4,60	-1,22	0,30	0,29	
	2021	3,48	-1,06	0,09	0,21	

Fonte: Autoria própria.

Figura 3: Análise espaço temporal do NDVI Índice de Vegetação de Diferença Normalizada a APA de Itupararanga.



Fonte: Autoria própria.

Como pode ser claramente observado na Figura 3, a região sul da APA de Itupararanga em todos os anos é a área que mais contém alta densidade de vegetação. Ela se destaca por

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

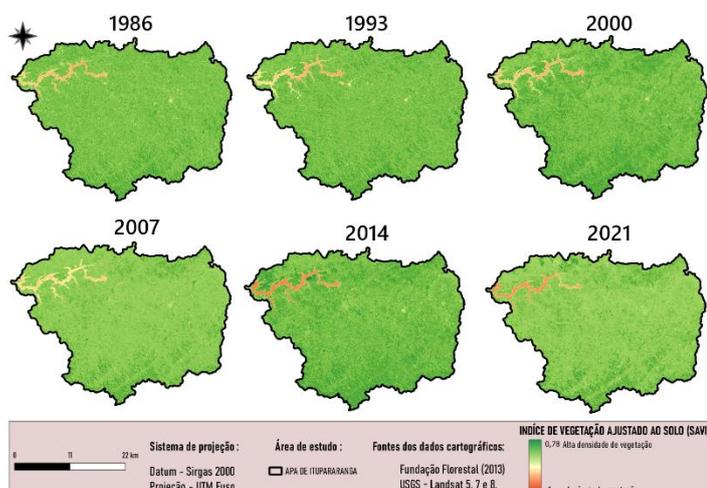
22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

proteger áreas florestais que desempenham um papel crucial na conservação da biodiversidade, fornecendo habitat para uma variedade de espécies vegetais e animais (Fundação Florestal, 2010). Além disso, essa região pode ser caracterizada por possuir uma menor incidência de perturbações antrópicas, em virtude do estabelecimento de uma zona específica para a proteção da biodiversidade a partir do plano de manejo da APA, onde são adotadas medidas para preservar a fauna e a flora locais (Fundação Florestal, 2010).

Essas medidas podem incluir a restrição de atividades humanas que possam prejudicar o meio ambiente, como a caça, a pesca e o desmatamento (Fundação Florestal, 2010), o que contribui para a manutenção de ecossistemas mais saudáveis e resilientes. Além disso, podem ser realizados programas de monitoramento e pesquisa para entender melhor as espécies presentes na área e como elas interagem com o ecossistema, ajudando a garantir que a biodiversidade seja preservada (Fundação Florestal, 2010). Em concordância com essa observação, os resultados obtidos pelo SAVI demonstraram semelhanças notáveis em comparação com os valores do NDVI. No entanto, ao examinar a Tabela 3 podemos observar que os valores do SAVI são homogêneos ao longo do tempo, conforme também se observa na Figura 4. Como pode ser observado na Tabela 3, a maior média do SAVI foi a do ano 2000 e a menor foi em 2021.

Valores homogêneos de SAVI podem indicar que a cobertura vegetal na área em questão tem se mantido estável ao longo do período analisado, um sinal de que as condições ambientais na região são favoráveis à manutenção da vegetação e possa ser que as atividades humanas não têm causado impactos significativos na cobertura vegetal remanescente.

**Figura 4: Análise espaço temporal do SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) a APA de Ituparanga.**



Fonte: Autoria própria.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

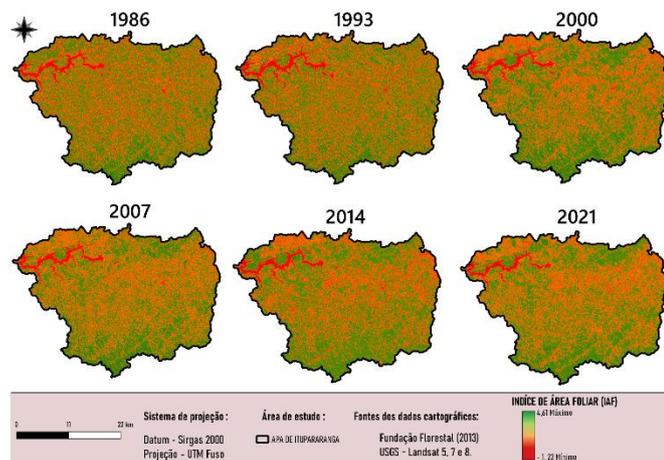
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

O IAF apresentou resposta semelhante aos outros índices de vegetação estudados (Figura 5). Observando a Tabela 3, verifica-se que o maior valor de média foi em 2014 e as menores médias são observadas em 2007 e 2021. Ao relacionar os valores de NDVI com o IAF, os menores valores podem representar uma vegetação mais rala e uma agricultura em estágio de maturação (Silva et al., 2009).

**Figura 5: Análise espaço temporal do IAF (Índice de Área Foliar) da APA de Itupararanga.**

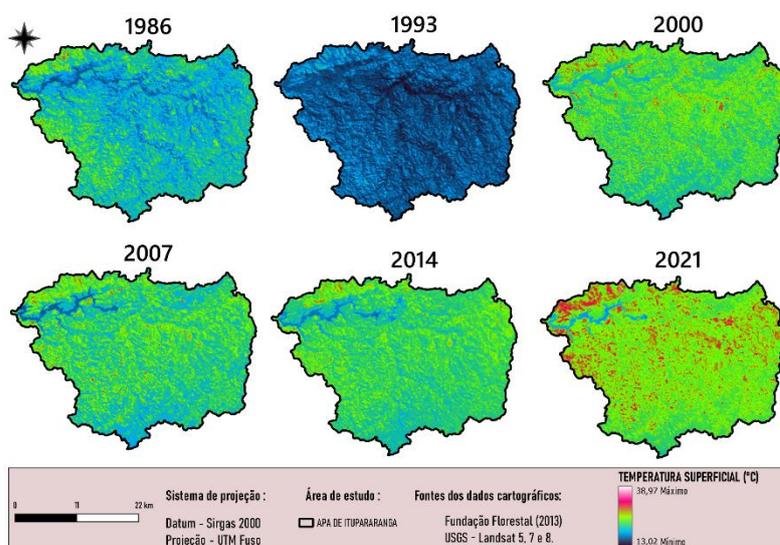


Fonte: Autoria própria.

Já em questão a temperatura, o ano de 1993 se mostrou atípico (Figura 6), revelando-se ser o ano mais frio da série histórica, com temperaturas mínimas e máximas mais baixas quando comparado com os outros anos. Ao analisar os valores de temperatura ao longo dos anos, é possível notar que ocorre uma variação significativa nas temperaturas máximas e mínimas em cada período (Tabela 4).



Figura 6: Análise espaço temporal da temperatura superficial da APA de Itupararanga.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 4: Estatística descritiva da temperatura superficial.

	Ano	Máximo	Mínimo	Média	Desvio padrão
Temperatura da superfície (°C)	1986	36,10	15,61	20,94	1,88
	1993	23,34	13,02	17,10	1,06
	2000	34,60	18,45	23,61	1,83
	2007	35,70	17,01	22,59	1,91
	2014	31,58	15,98	22,83	1,55
	2021	38,97	17,43	25,69	1,98

Fonte: Autoria própria.

Essa variação é pode ser compreendida como uma característica natural do clima e pode estar relacionada a diversos fatores, como mudanças sazonais, oscilações climáticas e eventos meteorológicos específicos. De acordo com Berlato, Farenzena e Fontana (2005), o ano de 1993 teve um evento de El Niño, considerado um dos eventos mais marcantes e fortes já registrados na história moderna devido à sua duração que abrangeu dois anos (Araújo, 2012; Carvalho et al., 2013). Contudo, o ano de 1993 foi um ano com ocorrência de chuvas acima da média no sul do Brasil e chuvas abaixo da média no nordeste do Brasil, sugerindo que esse comportamento meteorológico esteja correlacionado com uma frente fria que ascendeu para o sudeste, impactando temporariamente na temperatura superficial e atmosférica (Cavalcanti, 1996). De acordo com as informações meteorológicas da Estação Mirante Santana em São Paulo (Tabela 5), a temperatura do ar em 1993 teve uma média bem abaixo das outras temperaturas no período



de 1986 a 2021, o que pode estar relacionado com a passagem de uma frente fria coincidente com a data de aquisição da imagem de satélite utilizada nesse estudo.

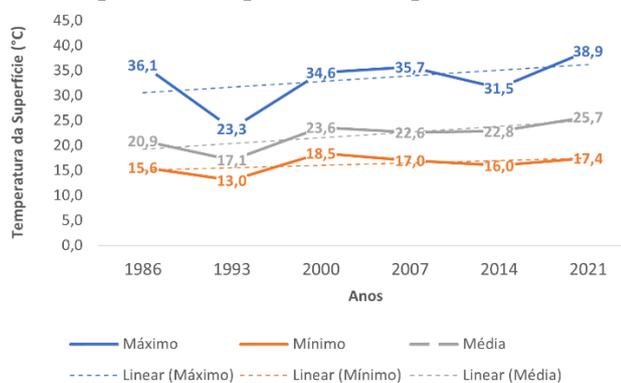
Contudo, com base no cálculo da temperatura da superfície a avaliação de seus valores médios, verificou-se uma tendência geral de aumento da temperatura que ao longo das décadas, como pode ser observado na Figura 7.

**Tabela 5: Temperatura do ar Estação Meteorológica Mirante Santana.**

	Ano	Média
Temperatura do ar (°C)	1986	18,58
	1993	16,82
	2000	21,66
	2007	20,28
	2014	21,78
	2021	23,32

Fonte: BDMEP (2023).

**Figura 7: Análise temporal da temperatura da superfície na APA de Itupararanga.**



Fonte: Autoria própria.

Esse aumento é observado tanto nas temperaturas máximas quanto nas médias. Por exemplo, entre 1986 e 2021, a temperatura máxima aumentou de 36,10°C para 38,97°C, representando um aumento de quase 3°C ao longo desse período de 35 anos. Da mesma forma, a temperatura média subiu de 20,94°C em 1986 para 25,69°C em 2021, indicando um aumento de cerca de 4,75°C.

O aumento dessas médias de temperatura entre 1986 e 2021 pode ser atribuído principalmente à emissão de gases de efeito estufa provenientes de atividades humanas, como queima de combustíveis fósseis e desmatamento, esses gases atuam como um cobertor em torno da Terra, permitindo que a radiação solar entre, mas dificultando a saída de calor da superfície terrestre de volta para o espaço (Maruyama, 2009; Mattei, Silva, 2021; Duarte, 2022).



Fatores naturais, como variações climáticas de curto prazo, também podem influenciar as tendências de temperatura ao longo de décadas, mas a atividade humana é considerada o principal impulsionador do aquecimento global (Maruyama, 2009; Mattei, Silva, 2021; Duarte, 2022).

O aumento das temperaturas pode ter efeito significativo para o meio ambiente e a sociedade, pois temperaturas mais altas podem influenciar padrões de chuvas, aumentar a evaporação da água, afetar a distribuição de espécies vegetais e animais, bem como impactar setores agrícolas e de saúde humana, esses efeitos podem ser sentidos na APA de Itupararanga e em toda a região circundante (Balbinot, 2008).

Os resultados apontam para a importância de medidas de adaptação e mitigação das mudanças climáticas na região da APA de Itupararanga. Essas medidas não apenas preservam o ecossistema local e a biodiversidade, mas também garantem a segurança das comunidades diante das ameaças climáticas, além disso são cruciais para manter a economia, infraestrutura e setores como agricultura e turismo resilientes às variações climáticas (Fundação Florestal, 2010). Pode-se perceber através das Figura 3, 4 e 5 o aparecimento valores negativos de SAVI e NDVI ao longo do tempo nas áreas centrais e norte da APA, assim como apresentam os menores valores de IAF. Isso pode ser consequência do crescimento urbano em áreas onde antes tinham mais vegetação. Por outro lado, a região sul da APA há uma grande área de vegetação em todos os anos, conforme observa-se nos maiores valores de IAF, SAVI e NDVI. Por consequência, também pode ser notar valores de temperatura superficial mais baixa nessa região, que pode ser associada com áreas como floresta. Relação oposta ocorre na na região norte e central, pois pode-se ser observado que essas áreas tem altas temperaturas, o que pode estar relacionada com poucas áreas verdes.

Esse estudo contribui de maneira significativa para as políticas públicas e a gestão climática, ao fornecer informações embasadas cientificamente para tomadas de decisões informadas. Além disso, sua relevância se estende à conscientização pública, orientação de ações práticas e possíveis colaborações internacionais.

Em suma, o estudo não aborda apenas os desafios locais, ações de conservação e recuperação de áreas naturais, implementação de práticas agrícolas ecológicas, redução das emissões de gases de efeito estufa e investimentos em infraestrutura resiliente podem ajudar a enfrentar os desafios impostos pelo aumento das temperaturas.

## 5. Conclusões

Verificou-se menor impacto das atividades humanas na região sul da APA de Itupararanga, em virtude da avaliação dos índices de vegetação nessa região (NDVI, SAVI e IAF), o que contribuiu para as temperaturas superficiais mais baixas. Além disso, a estabilidade dos valores do SAVI ao longo do tempo sugere que a cobertura vegetal dos remanescentes florestais na área tem sido relativamente constante.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

Houve um aumento da temperatura superficial ao longo das décadas, o que pode ser atribuídas às atividades humanas que podem contribuir para o aumento da temperatura superficial, que incluem a queima de combustíveis fósseis, desmatamento, agricultura intensiva e pecuária e crescimento urbano.

## 6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Reitoria/UNESP em formato de bolsa de Iniciação Científica PIBIC.

## 7. Referências bibliográficas

AMARAL, G. **Princípios de sensoriamento remoto**. Campinas: Instituto de Geociências, 1990. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/bitstreams/2495b691-ac34-43a6-b505-ad33ca903158>. Acesso em 19 de setembro de 2023.

AMIRI, R. et al. Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz Urban Area, Iran. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 12, p. 2606-2617, 2009.

ARAÚJO, P. H. C. **Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões nordeste e sul do Brasil**. 55f. Dissertação (Mestrado em Economia e Gerenciamento do Agronegócio; Economia das Relações Internacionais; Economia dos Recursos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BALBINOT, R. et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008

BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. **Dados históricos**. 2023. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 29 de agosto de 2023.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C.; Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, p. 423-432, 2005.

BEZERRA, B. G.; SILVA, B. B.; FERREIRA, N. J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 3, p. 305-317, 2008.

BORATTO, I. M.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, 2013 Foz do Iguaçu, PR. **Anais [...]**. São Jose dos Campos: INPE, 2013. p. 7345-7352.

CARVALHO, A. L. D. et al. Estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo, Alagoas baseada em métodos diretos e sua relação com o El Niño-Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, p. 192-198, 2013.



CAVALCANTI, I. F. Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. **Climanálise Especial**, 1996.

CHIARAVALLI NETO, F. O geoprocessamento e saúde pública. **Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 23, n. 4, p. 01-02, 2017.

CORE WRITING TEAM; PACHAURI, R.; REISINGER, A. **Contribuição dos grupos de trabalho I, II e III para o quarto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas**. Genebra, Suíça, IPCC, 2007.

DUARTE, P. E. R. **Avaliação da Quantidade de Carbono Orgânico do Solo em Diferentes Regimes: Uma Comparação Entre Extensivo e Intensivo em Sistemas Agro-Pastoris**. 82f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física - Ambiente e Ordenamento do Território) – Faculdade de Letras Universidade de Coimbra, Coimbra, 2022.

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.

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 de agosto de 2023.

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.

GAMEIRO, S. et al. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. **Terræ**, v. 13, n. 1-2, p. 15-22, 2016.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente. In: EPIPHANIO, J. C. N. (Coord.). **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Parêntese: São José dos Campos, 2009. p. 1-40.

MANFREDINI, F.N. **Aplicação da legislação ambiental na valoração econômica dos serviços ambientais da Área de Proteção Ambiental (APA) de Itupararanga**. 210f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual Paulista - Instituto de Ciência e Tecnologia Campus de Sorocaba, Sorocaba, 2018.

MAIA JÚNIOR, L. P. **Emprego do Surface Energy Balance Algorithm for Land na Análise dos Impactos das Mudanças no Uso e Cobertura da Terra sobre a Variabilidade de Parâmetros Biofísicos na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu (Ibiúna-SP)**. Tese (Doutorado em ciências ambientais) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Sorocaba, 2020.

MARUYAMA, S. **Aquecimento global?**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

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

MATTEI, T. F.; SILVA, C., M. Emissão de gases do efeito estufa no Brasil: análise de curto e longo prazo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, 2021.

NASCIMENTO, D. T. F. **Use of remote sensing techniques and geoprocessing in multitemporal analysis of heat island phenomenon in the municipality of Goiânia- Go (1986/2010)**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SANTOS, E. F. O. **Uso de imagens de satélite para monitoramento da cultura do café: Uma revisão de literatura**. 25f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes, 2021.

SANTOS, C., R.; AMORIM, M. C. C. T. Características do clima urbano em Presidente Prudente/SP a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar e técnicas de sensoriamento remoto. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 28, p. 39-64, 2014.

SHARIFI, A. Trade-offs and conflicts between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 276, p. 122-813, 2020.

SILVA, C. A. V. et al. Uso do sensoriamento remoto através de índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá-PE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 3079-3085.

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