SciELO Preprints

Estado da publicação: O preprint foi publicado em outro meio.
DOI do preprint publicado: https://doi.org/10.5016/geografia.v51i1.20206

Aspectos climáticos e implicações territoriais no Vale do Ribeira (SP): o caso do Guapiruvu

Roberto Greco, Guilherme Almussa Leite Torres, Kevin Hyslop

https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

Submetido em: 2026-03-27
Postado em: 2026-05-05 (versão 1)
(AAAA-MM-DD)

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

ASPECTOS CLIMÁTICOS E IMPLICAÇÕES TERRITORIAIS NO VALE DO RIBEIRA (SP): O CASO DO GUAPIRUVU

Roberto Greco

Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG/UNICAMP), Brasil.

https://orcid.org/0000-0001-8137-4386

Guilherme Almussa Leite Torres

Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG/UNICAMP), Brasil.

https://orcid.org/0000-0001-7388-2508

Kevin Hyslop

Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG/UNICAMP), Brasil.

https://orcid.org/0000-0002-8833-8553

DESTAQUES

- Identificação de tendências recentes de temperatura e precipitação no Vale do Ribeira (2000–2020).
- Aumento de temperaturas máximas e noites tropicais associado à redução da precipitação.
- Crescimento do número de dias secos consecutivos com potenciais impactos territoriais.
- Avaliação da aptidão agroclimática de cultivos estratégicos em Guapiruvu (SP).
- Sistemas agroflorestais como estratégia territorial de adaptação às mudanças climáticas.

Resumo: As mudanças climáticas aumentaram a demanda por estratégias de adaptação e mitigação baseadas em análises climáticas locais. Este estudo investigou tendências de temperatura e precipitação no bairro Guapiruvu, Sete Barras (SP), área marcada pela agricultura familiar em sistemas agroflorestais. Foram aplicados os testes de Mann-Kendall e Pettitt e índices de extremos climáticos do RClimDex a dados diários de temperatura e precipitação (2000–2020). Adicionalmente, elaborou-se uma tabela de aptidão agroclimática para banana, pupunha, juçara, cacau e mandioca. Os resultados indicam aumento das temperaturas máximas médias e redução da precipitação, com maior frequência de noites tropicais e de dias secos consecutivos. Tais tendências podem comprometer a viabilidade de cultivos com baixa tolerância à seca, especialmente a juçara. Nesse contexto, a manutenção e ampliação dos sistemas agroflorestais configuram estratégia territorial relevante para aumentar a resiliência produtiva local.

Palavras-chave: sistemas agroflorestais; estatística climatológica; RClimDex.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

CLIMATIC ASPECTS AND TERRITORIAL IMPLICATIONS IN THE RIBEIRA VALLEY (SP): THE CASE OF GUAPIRUVÚ

Abstract: Climate change has intensified the demand for adaptation and mitigation strategies supported by local climate analyses. This study investigated trends in temperature and precipitation in the Guapiruvu neighborhood, Sete Barras, São Paulo State, an area characterized by family farming within agroforestry systems. Mann–Kendall and Pettitt tests, as well as climate extreme indices from RClimDex, were applied to daily temperature and precipitation data (2000–2020). Additionally, an agroclimatic suitability table was developed for banana, peach palm, juçara, cocoa, and cassava. The results indicate an increase in average maximum temperatures and a reduction in precipitation, along with a higher frequency of tropical nights and consecutive dry days. These trends may compromise the viability of crops with low drought tolerance, particularly juçara. In this context, the maintenance and expansion of agroforestry systems represent a relevant territorial strategy to enhance local productive resilience.

Keywords: agroforestry systems; climatological statistics; RClimDex.

ASPECTOS CLIMÁTICOS E IMPLICACIONES TERRITORIALES EN EL VALLE DEL RIBEIRA (SP): EL CASO DE GUAPIRUVÚ

RESUMEN: El cambio climático ha intensificado la demanda de estrategias de adaptación y mitigación sustentadas en análisis climáticos locales. Este estudio investigó las tendencias de temperatura y precipitación en el barrio Guapiruvu, municipio de Sete Barras, estado de São Paulo, área caracterizada por la agricultura familiar en sistemas agroforestales. Se aplicaron las pruebas de Mann–Kendall y Pettitt, así como índices de extremos climáticos del RClimDex, a datos diarios de temperatura y precipitación (2000–2020). Adicionalmente, se elaboró una tabla de aptitud agroclimática para banana, pejibaye, juçara, cacao y mandioca. Los resultados indican un aumento de las temperaturas máximas medias y una reducción de la precipitación, junto con una mayor frecuencia de noches tropicales y de días secos consecutivos. Estas tendencias pueden comprometer la viabilidad de cultivos con baja tolerancia a la sequía, especialmente la juçara. En este contexto, el mantenimiento y la expansión de los sistemas agroforestales representan una estrategia territorial relevante para fortalecer la resiliencia productiva local.

Palabras clave: sistemas agroforestales; estadística climatológica; RClimDex.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios ambientais e socioeconômicos da atualidade, afetando sistemas naturais e humanos em todo o mundo (AYDINALP e CRESSER, 2008; HANSEN et al., 2010). A intensificação de eventos climáticos extremos, como secas, enchentes e tempestades, exige a adoção de estratégias de adaptação e mitigação eficazes perante os impactos adversos (CIAVARELLA, STOTT e LOWE, 2017; IPCC, 2018; IPCC, 2023).

Neste contexto, a utilização de estatísticas e índices climáticos torna-se crucial para compreender a magnitude e as tendências das mudanças climáticas

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

ao longo do tempo (STENSETH et al., 2003; NASH et al., 2020). Os índices climáticos oferecem uma base científica sólida para a tomada de decisões, permitindo que governos, empresas e comunidades adotem medidas preventivas e se preparem melhor para as adversidades climáticas futuras (IPCC, 2018; SÃO JOSÉ et al., 2020; IPCC, 2023).

No Brasil, país com vasta biodiversidade e economia fortemente dependente de recursos naturais, a adaptação às mudanças climáticas é crucial, especialmente em comunidades rurais que dependem diretamente do ambiente para sua subsistência (ZALLES et al., 2021; SILVA et al., 2023).

Neste escopo, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) surgem como uma técnica promissora para a adaptação às mudanças climáticas, combinando a produção agrícola com a conservação ambiental (MONTEITH, ONG e CORLETT, 1991; ALBRECHT e KANDJI, 2003; TORRES et al., 2023). Esses sistemas integram árvores, arbustos e cultivos agrícolas em uma única área, promovendo benefícios ecológicos, como o aumento da biodiversidade, a melhoria da qualidade do solo e regulação do microclima (ISAAC e BORDEN, 2019; MARSDEN et al., 2020; FAHAD et al., 2022). Além disso, os SAFs contribuem para a segurança alimentar e a resiliência econômica das comunidades, fornecendo múltiplas fontes de alimento e rendimento e reduzindo a vulnerabilidade às variações climáticas (MAIA, 2023; SANGALLI e STRATE, 2024).

A região do Vale do Ribeira, caracterizada por clima tropical úmido e economia baseada na agricultura familiar, apresenta alta vulnerabilidade social, sendo considerada uma das regiões mais pobres do estado de São Paulo (GEMIM, MELO SILVA e SCHAFFRATH, 2022; OLIVEIRA, 2024). Tais condições socioeconômicas fazem com que a região tenha alta exposição às mudanças climáticas. Nesse contexto, os agricultores locais podem enfrentar adversidades que comprometem sua subsistência.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo analisar as tendências e extremos climáticos em Guapiruvu entre os anos de 2000 e 2020, por meio da aplicação de testes e índices estatísticos de temperatura e precipitação. Além de identificar possíveis mudanças nos padrões climáticos locais, busca-se mensurar se os principais cultivos da região ainda seriam viáveis diante das possíveis alterações identificadas. Cabe ressaltar ainda que o presente trabalho, foi

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

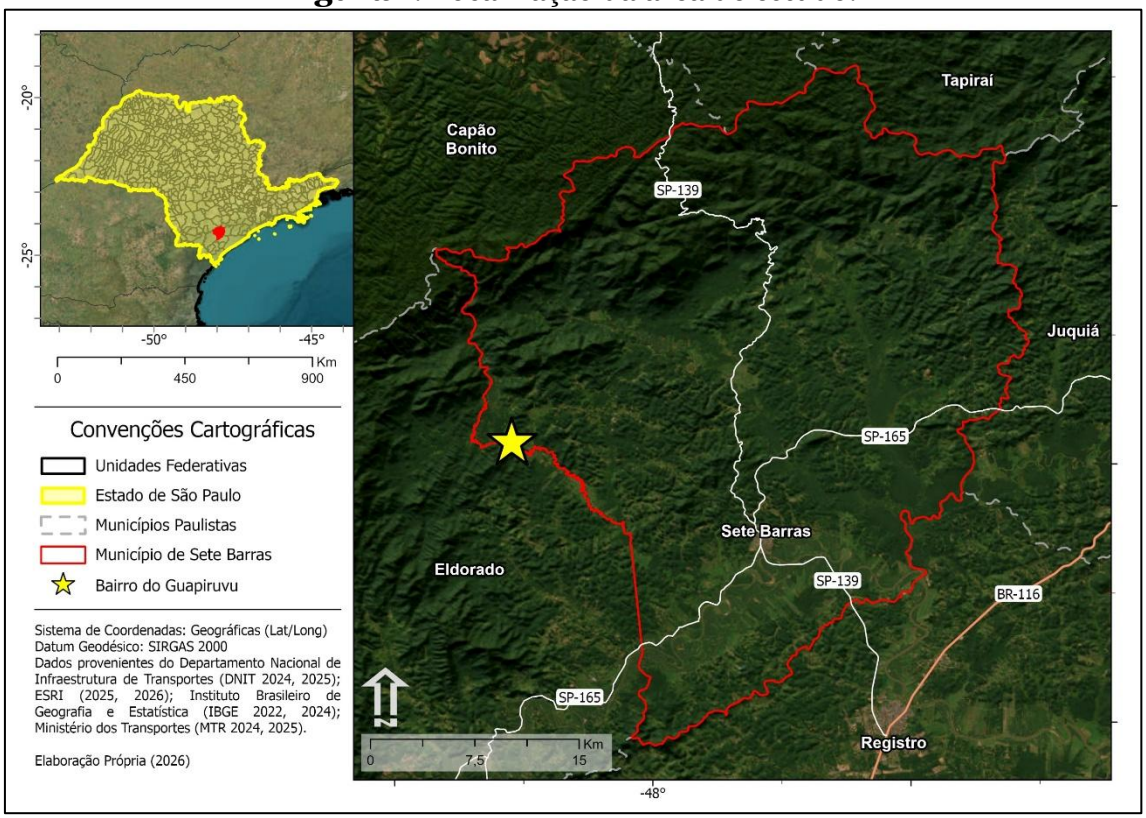
elaborado dentro do escopo do projeto de extensão: *Conectando na rede da natureza* (Pex - Proec 32/23), desenvolvido com financiamento da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). A demanda para este estudo surgiu pela própria comunidade durante um dos campos do projeto de extensão. Assim, espera-se que estes resultados contribuam para a melhor compreensão das questões climáticas em escala local e subsidiem trabalhos futuros a serem desenvolvidos no Vale do Ribeira e sirva como modelo para uma climatologia geográfica extensionista.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O bairro Guapiruvu, localizado no município de Sete Barras, na região do Vale do Ribeira do estado de São Paulo (**Figura 1**) é caracterizado por uma paisagem natural preservada e rica em floresta nativa e rios. A região abriga um conjunto de parques estaduais, como o Parque Estadual Intervales, que integra o Mosaico de Unidades de Conservação da Serra de Paranapiacaba.

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: Autores, 2026.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

A paisagem natural preservada, divide espaço com plantações de palmeira juçara e bananeiras (**Figura 2**) que, além de fazer parte da dieta dos moradores, se constituem como uma das principais formas de renda da população local. A região possui um clima caracterizado por temperaturas amenas e alta umidade ao longo do ano, sendo classificado como de clima subtropical úmido – Cfa de acordo com a classificação climática de Köppen – que corresponde a um clima com verões quentes e sem estação seca definida (DUBREUIL et al., 2018).

Figura 2. a) Estrada de terra que liga Guapiruvu ao município de Sete Barras. **b)** Vista do meio natural do bairro Guapiruvu; **c)** Plantação de bananeira no bairro Guapiruvu; **d)** Sistema agroflorestal com bananeiras no bairro Guapiruvu.



Fonte: Autores, 2026.

A área já foi foco de diversos estudos relacionados a políticas publicas (MARINHO e FURLAN, 2007; GRIGOLETTO, 2018) e reforma agrária

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

(BERNINI, 2009; OLIVEIRA, 2024) por congregar a produção familiar dos moradores a preservação ambiental dos parques estaduais da região.

Dados climáticos

Foram coletados dados climáticos em escala diária do NASA Power Project (https://power.larc.nasa.gov/) das variáveis de temperatura mínima, temperatura máxima e precipitação no distrito de Guapiruvu para o período de 2000 a 2020. Este período foi selecionado por corresponder à época de maior adesão e expansão dos SAFs no bairro, tido como uma das principais estratégias de adaptação e mitigação na agricultura (VIÑALS, 2023; LASCO, DELFINO e ESPALDON, 2024).

O NASA Power Project é um banco de dados amplamente utilizado para estudos ambientais e agrícolas devido à sua cobertura global e homogeneidade na coleta de informações (ZHANG e YANG, 2004). A escolha dessa base de dados justifica-se pela ausência de estações meteorológicas com séries temporais suficientemente longas e contínuas na região do Vale do Ribeira. Além disso, o NASA Power utiliza modelagem estatística e assimilação de dados de satélite para gerar séries temporais robustas, o que permite a análise climática mesmo em locais onde as medições convencionais são esparsas ou inexistentes (NASA, 2024).

Estudos anteriores (TORRES et al., 2022; TORRES et al., 2023; ZEZZO et al., 2023) demonstraram que os dados do NASA Power são comparáveis aos obtidos por estações meteorológicas convencionais, apresentando alta correlação e viabilidade para estudos de mudanças climáticas em escala regional.

Testes de tendências e índices estatísticos

Com os dados tabulados e organizados, foram realizados testes estatísticos de Mann-Kendall e Pettitt (MANN, 1935; KENDALL, 1975, PETTITT, 1979). Estes testes, ambos não paramétricos, são amplamente utilizados juntos, pois permitem análises complementares na avaliação de tendências.

O teste de Mann-Kendall verifica se há uma tendência monotônica (crescente ou decrescente) em uma série temporal sem exigir que os dados sigam uma distribuição específica.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

Estatística S – equação 1:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sing(x_j - x_i)$$

Onde – equação 2:

$$sign(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & se\ x_j > x_i \\ 0, & se x_j = x_i \\ -1, & se x_j < x_i \end{cases}$$

Essa equação conta o número de pares ordenados em que x_j é maior ou menor que x_i resultando no valor de S. Se não houver empates nos dados, a variância de S é dada por:

Equação 3:

$$Var\ (S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

Se houver empates (valores repetidos), a variância é ajustada por:

$$Var\ (S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_t t\ (t-1)(2t+5)}{18}$$

Onde t representa o número de dados empatados em cada grupo de empate.

Se n for grande (n>10), S segue aproximadamente uma distribuição normal com média zero, e pode ser padronizado como:

$$Z == \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}, & se\ S > 0 \\ 0, & se\ S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}, & se\ S < 0 \end{cases}$$

O valor de Z é então comparado com os valores críticos da distribuição normal padrão para determinar a significância da tendência.

O teste de Pettitt é um teste não paramétrico para detectar mudanças abruptas (pontos de quebra) em uma série temporal.

Primeiro, definimos a estatística U_k para cada ponto k da série temporal como:

$$U_k = 2 \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=k+1}^{n} sign\ (x_j - x_i)$$

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

Essa equação soma os sinais das diferenças entre as observações antes e depois do ponto k, de forma semelhante ao teste de Mann-Kendall. O ponto de quebra k* é identificado onde $|U_k|$ é máximo:

$$K = \max |U_k|$$

O valor crítico para avaliar a significância da mudança é obtido por:

$$p \approx 2\, exp\left(\frac{-6K^2}{n^3 + n^2}\right)$$

Se p for menor que o nível de significância (α), rejeitamos a hipótese nula de que não há mudança na série.

Testes de índices climáticos extremos

De maneira complementar, foram realizadas análises de índices de extremos climáticos com o objetivo de identificar variações nas temperaturas e nas precipitações. Para tanto, utilizou-se o pacote RClimDex disponível gratuitamente no software RStudio.

Os índices foram selecionados levando em consideração a necessidade de compreender melhor aspectos detalhados de temperatura e precipitação. Assim, selecionou-se o índice de amplitude térmica mensal (DTR), que possui significativa relevância para os ciclos fisiológicos e fenológicos das plantas e o índice de noites tropicais (TR) que complementa o DTR por possibilitar a identificação de tendências na temperatura noturna que também possuem relevância no desempenho biológico das plantas. Para a variável precipitação, também foram selecionados dois índices com o intuito de verificar como a precipitação anual está variando no período de análise (PRCPTOT) e se há aumento de períodos com dias secos seguidos (CDD) que podem contribuir para averiguação de possíveis impactos de longos períodos de seca na fisiologia das plantas. Os índices utilizados neste estudo estão descritos na **Tabela 1**.

Tabela 1. Código e significado dos índices utilizados neste estudo disponíveis no pacote RClimDex.

Código do índice	Significado	Justificativa
DTR	Amplitude térmica mensal	Indica variações térmicas relevantes para processos fisiológicos das culturas

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

PRCPTOT	Precipitação acumulada anual	Avalia mudanças no regime pluviométrico ao longo da série histórica
TR	Noites com temperatura mínima ≥ 20 °C	Detecta aquecimento noturno com impactos no metabolismo vegetal
CDD	Dias consecutivos com precipitação ≤ 1 mm	Identifica períodos secos prolongados com potencial estresse hídrico

Fonte: Autores, 2026 com base em ZHANG e YANG, 2004.

Os resultados foram expostos em tabelas ou plotados em gráficos e discutidos levando em consideração a literatura científica especializada sobre mudanças climáticas a nível local.

Elaboração da tabela de aptidão agrícola

Para a análise das implicações climáticas sobre as culturas agrícolas mais produzidas na área de estudo, elaborou-se, com base em Charles et al. (2023), uma tabela síntese (**Quadro 1**) – feita com base na literatura científica especializada – com as recomendações de temperatura e precipitação, além de um tópico que leva em consideração a tolerância à falta de água dessas culturas agrícolas. As culturas agrícolas analisadas foram banana (*Musa spp.*), pupunha (*Bactris gasipaes*), juçara (*Euterpe edulis*), cacau (*Theobroma cacao*) e mandioca (*Manihot esculenta*).

Assim, com base nas informações das estatísticas climáticas e na aptidão agroclimática dos cultivos agrícolas, dissertou-se sobre a rentabilidade destas culturas sob as novas condições climáticas identificadas nas análises.

RESULTADOS

Testes de Mann-Kendall e Pettitt

O teste de Mann-Kendall (**Tabela 2**) indicou que, para a temperatura máxima, há um aumento estatisticamente significativo (p=0.000) ocorrido ao longo do período de 2000 a 2020. O teste de Pettitt (**Tabela 2**) indicou uma mudança abrupta a partir de 2013. Quando comparado a temperatura máxima média diária de antes do ano de quebra da homogeneidade da série (25.25°C/dia)

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

com o período posterior ao ano de quebra (26.30°C/dia) há um aumento de 1.05°C/dia nesta variável em 20 anos de análise.

Em contrapartida, a variável temperatura mínima não apresentou uma tendência estatisticamente significativa (p=0.059) no teste Mann-Kendall (**Tabela 2**), não sendo possível afirmar que há tendência de queda ou de aumento nesta variável. Contudo, o teste de Pettitt identificou uma mudança abrupta em 2013, em que as médias diárias desta variável apresentaram um ligeiro aumento de 0.56°C/dia quando comparados os valores do período anterior (15.53°C/dia) ao ano de quebra da homogeneidade da série com o período posterior (16.09°C). Embora não exista tendência de aumento para está variável, o valor positivo de 0.56°C/dia na comparação entre períodos do teste de Pettitt pode representar sinal de atenção para esta variável.

A variável precipitação apresentou diminuição significativa (p=0.004) no teste de Mann-Kendall, com queda abrupta identificada a partir de 2011 pelo teste de Pettitt. A comparação dos valores de antes da quebra da homogeneidade da série (4.07mm/dia) com depois (3.48mm/dia) representa uma queda de -0.59mm/dia durante o período de 2000 a 2020.

Tabela 2. Resultados dos testes de Mann-Kendall (MK) e Pettitt (PTT) para as variáveis temperatura máxima (TMAX), temperatura mínima (TMIN) e precipitação (PREC).

Indicador	**TMAX**	**TMIN**	**PREC**
Tendência	Aumento	Sem tendência	Diminuição
Tau	0.028	0.014	−0.021
p-MK	0.000	0.059	0.004
p-PTT	3.885	8.620	6.378
Média pré-ruptura	25.25 °C	15.53 °C	4.07 mm
Ano da ruptura	2013	2013	2011
Média pós-ruptura	26.30 °C	16.09 °C	3.48 mm
Δ média	1.05 °C	0.56 °C	−0.59 mm

Fonte: Autores, 2026.

Em suma, os testes estatísticos indicaram aumento da temperatura máxima entre 2000 e 2020, com mudança abrupta a partir de 2013, resultando em uma

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

elevação média diária de 1,05 °C entre os períodos analisados. A temperatura mínima não apresentou tendência estatisticamente significativa, embora tenha sido identificada uma mudança abrupta em 2013, com aumento médio diário de 0,56 °C, o que sinaliza possível alteração no regime térmico noturno. Para a precipitação, observou-se tendência significativa de redução, com ruptura em 2011 e diminuição média diária de 0,59 mm ao longo da série histórica.

Índices de extremos climáticos

A análise dos dados de amplitude térmica mensal (**Figura 3**) foi realizada com base na classificação por quartis, em que valores ≤ 8,46 °C representam amplitudes baixas, 8,47–9,69 °C amplitudes moderadas, 9,70–11,09 °C amplitudes altas e ≥ 11,10 °C amplitudes muito altas. Observa-se o predomínio de amplitudes baixas e moderadas nos meses de verão e no início do outono (janeiro a abril), enquanto as amplitudes altas e muito altas concentram-se principalmente no inverno e na primavera (junho a outubro), com destaque recorrente para os meses de julho, agosto, setembro e outubro ao longo da série histórica. Nota-se ainda a intensificação de valores classificados nos quartis superiores a partir da década de 2010, sobretudo entre agosto e outubro, indicando maior variabilidade térmica intramental recente.

Figura 3. Amplitude térmica mensal (2000 a 2020) do distrito de Guapiruvu.

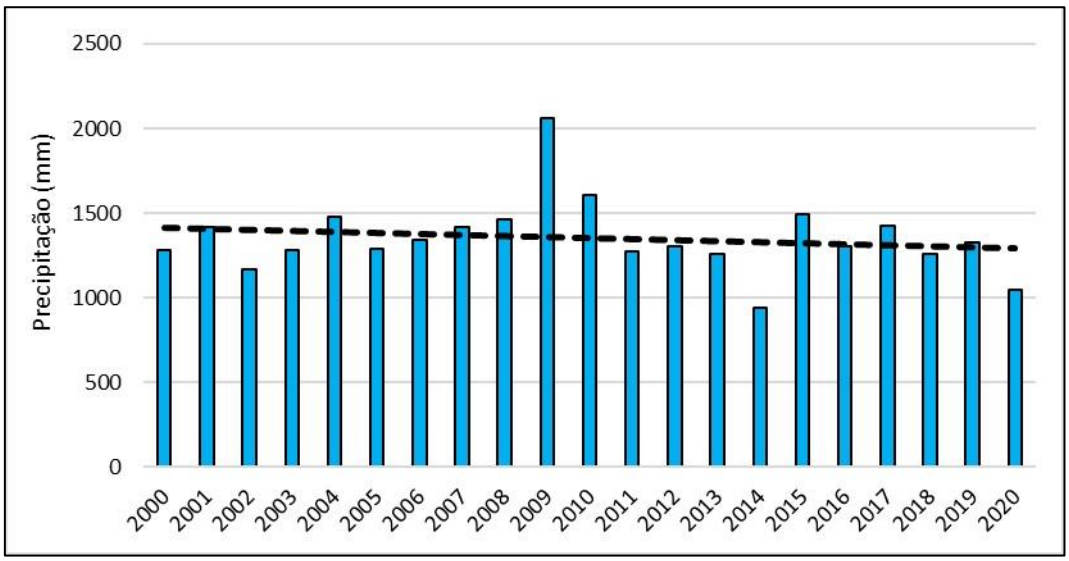
Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2000	9,08	8,24	8,13	11,16	11,13	11,75	12,98	12,98	9,99	13,07	11,21	9,77
2001	7,73	6,53	7,69	8,71	8,05	8,54	10,22	10,58	10,88	10,91	11.00	8,77
2002	8,23	8,39	9,41	9,79	8,94	11,27	11,04	13,01	12,8	14,43	10,70	10,13
2003	8,26	8,42	7,76	8,50	10,02	10,34	10,56	12,09	12,55	11,56	11,11	9,52
2004	9,01	8,32	8,65	7,88	8,39	8,84	8,33	11,46	13,24	10,79	10,39	9,19
2005	8,15	10,02	9,36	9,47	10,67	10,13	10,47	13,77	9,53	9,18	9,79	9,69
2006	9,37	8,57	7,68	8,46	9,01	9,69	11,72	12,73	11,34	10,79	10,40	8,85
2007	7,33	8,11	8,93	8,26	9,09	11,55	10,61	11,93	12,67	12,91	10,12	9,49
2008	7,44	7,90	8,14	8,05	8,89	8,92	11,41	10,41	10,67	10,05	9,88	11,09
2009	8,17	7,33	7,59	8,11	8,67	8,91	7,35	9,52	8,78	9,43	8,47	7,63
2010	6,40	7,67	7,40	7,67	7,99	8,73	8,46	10,02	10,51	10,07	11.00	8,71
2011	7,33	7,38	6,84	7,74	8,51	10,20	10,20	10,68	12,81	10,89	11,15	11,7
2012	8,89	9,49	11,11	9,53	8,55	8.00	9,29	11,09	12,81	12,93	11,23	9,65
2013	8,34	8,49	7,68	8,82	9,66	8,08	9,30	11,32	12,19	10,31	10,73	10,71
2014	10,39	12,31	9,67	9,28	10,20	9,97	10,55	13,77	13,25	14,94	11,25	10,26
2015	10,38	8,26	7,35	8,22	8,25	10,17	9,37	13,23	11,91	11,86	8,70	7,66
2016	7,91	7,04	7,72	8,85	8,13	9.00	10,54	11,22	11,50	10,93	11,20	10,76
2017	7,16	9,29	7,38	8,28	7,78	9,15	10,07	10,05	14,26	11,83	10,43	9,69
2018	7,69	8,39	7,83	8,22	9,35	9,28	12,04	11,21	11,87	9,69	10,59	11,02
2019	9,31	8,96	7,54	8,81	8,45	9,29	10,55	11,12	12,13	13,54	11,27	10,31
2020	10,28	8,60	9,53	11,26	12,73	10,22	11,69	11,13	14,30	13,37	12,62	11,1
Leegenda	≤ 8,46 °C			8,47 – 9,69 °C			9,70 – 11,09 °C			≥ 11,10 °C		

Fonte: Autores, 2026.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

A precipitação acumulada anual (**Figura 4**) registrou valores acumulados anuais próximos a 1500 mm para a maior parte do período. Os anos de 2009 e 2010 foram os únicos com registros maiores que 1500 mm, e o ano de 2014 foi o único com registro menor que 1000 mm no acumulado anual. A linha de tendência (pontilhada preta) demonstra uma leve queda ao longo da série histórica, finalizada em 2020, ano com o segundo menor registro de precipitação no distrito.

Figura 4. Precipitação acumulada anual (2000 a 2020) do distrito de Guapiruvu.

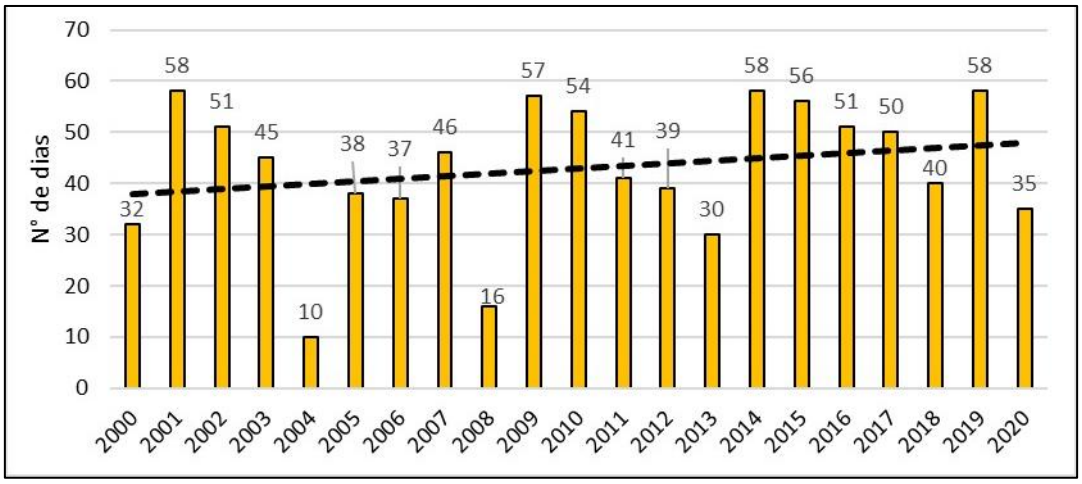


Fonte: Autores, 2026.

O número de noites tropicais (**Figura 5**) apresentou registros iguais ou superiores a 30 ocorrências no acumulado anual para a maior parte dos anos analisados. Apenas os anos de 2004 (10 ocorrências) e 2008 (16 ocorrências) apresentaram registros de ocorrência menores que 30 no acumulado anual. Nove anos da série apresentaram valores iguais ou maiores que 50 registros, com os anos de 2001, 2014 e 2019 registrando 58 ocorrências. A linha de tendência (pontilhada em preto) indica um aumento ao longo dos anos analisados.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

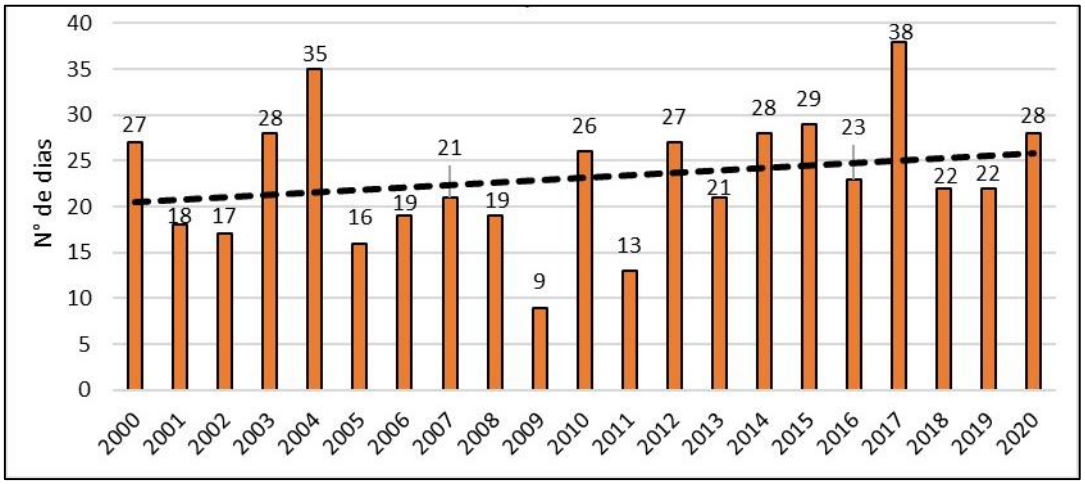
Figura 5. Número de noites com temperatura mínima igual ou maior que 20°C (2000 a 2020) do distrito de Guapiruvu.



Fonte: Autores, 2026.

O número de dias consecutivos secos (**Figura 6**) apresentou registros iguais ou superiores a 20 ocorrências no acumulado anual na maior parte dos anos analisados. Os anos de 2009 (9 ocorrências) e 2011 (13 ocorrências) foram os que apresentaram os menores registros, enquanto os anos de 2004 (35 ocorrências) e 2017 (38 ocorrências) apresentaram os maiores registros. Cabe ainda mencionar que a partir de 2012, todos os registros foram maiores que 20 ocorrências. A linha de tendência (pontilhada preta) indica um aumento na ocorrência destes dias.

Figura 6. Número de dias consecutivos com precipitação menor ou igual a 1 mm/dia (2000 a 2020) do distrito de Guapiruvu.



Fonte: Autores, 2026.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

Em suma, os resultados das análises dos índices climáticos apontam para tendências de precipitações e nas temperaturas. Havendo uma tendência de queda no acumulado anual das precipitações e um consequente aumento do número de dias consecutivos secos com precipitação igual ou inferior a 1 mm/dia, sendo que, a partir de 2012, todos os registros foram maiores que 20 ocorrências ao ano. Para os índices de temperatura, verificaram-se a tendência de aumento no registro de noites com temperaturas maiores ou iguais a 20°C (noites tropicais) e tendência de aumento das temperaturas, caracterizada por maiores amplitudes térmicas nos meses da estação inverno e início da primavera.

Aptidão agroclimática dos cultivos no Guapiruvu

Os resultados das análises estatísticas climáticas realizadas para o bairro Guapiruvu apontam para um cenário de tendência de aumento da temperatura máxima e de redução da precipitação anual, com aumento do número de noites tropicais e de dias secos consecutivos. Esses padrões climáticos podem impactar diretamente a aptidão agroclimática das principais culturas cultivadas na região, sendo necessário avaliar sua viabilidade sob novas condições meteorológicas.

O **Quadro 1**, sintetiza a aptidão agrícola para os cultivos mais comuns no Guapiruvu. Assim, levando em consideração as condições de temperatura e precipitação, bem como o de tolerância a seca, dissertou-se sobre como estes cultivos possuem potencial de expansão ou retração no local de estudo com base do que foi averiguado pela estatística climática.

Quadro 1. Aptidão agrícola para cultivos do bairro Guapiruvu.

Cultura agrícola	Temperatura recomendada (°C)	Precipitação recomendada (mm)	Tolerância à déficit hídrico	Referências
Banana (*Musa spp.*)	15 a 35	1900	Baixa	Ravi e Mustaffa, 2013. Abdoussalami et al., 2023. Robinson e Saúco, 2010.
Pupunha (*Bactris gasipaes*)	22 a 30	1800 a 3600	Baixa	Silva, 2008. Clement, Rival e Cole, 2009.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

				Lorenzi, 2010.
Juçara (*Euterpe edulis*)	18 a 28	1200 a 2500	Baixa	Danelli, Fisch e Vieira, 2016.
Cacau (*Theobroma cacao*)	22 a 30	1500 a 2500	Média	Wood e Lass, 2008; Fioravanti e Velho, 2011
Mandioca (*Manihot esculenta*)	20 a 35	1000 a 2000	Alta	El-Sharkawy, 2006.

Fonte: Fonte: Autores, 2026 com base nas referências.

Banana

A cultura da banana (*Musa spp.*) apresenta uma faixa de temperatura recomendada entre 15 e 35°C e precipitação média anual de 1900 mm (RAVI e MUSTAFFA, 2013; ABDOUSSALAMI et al., 2023.). No entanto, é considerada pouco tolerante à escassez hídrica (ROBINSON e SAÚCO, 2010.). Com a tendência de redução na precipitação anual e aumento do número de dias secos consecutivos na área de estudo, a viabilidade do cultivo da banana pode ser comprometida, especialmente nos meses mais secos do ano. Isso pode resultar em menor produtividade e maior suscetibilidade a pragas e doenças. A ampliação de SAFs e a adoção de práticas conservacionistas de solo e água tornam-se estratégias essenciais para manter a viabilidade desta cultura na região.

Pupunha

A pupunha (*Bactris gasipaes*) tem preferência por temperaturas entre 22 e 30°C e precipitação anual de 1800 a 3600 mm, apresentando baixa tolerância à seca (SILVA, 2008; CLEMENT, RIVAL e COLE, 2009; LORENZI, 2010.). Os resultados climáticos indicam que o aumento na temperatura máxima pode beneficiar seu crescimento, porém, a redução das chuvas e o aumento da frequência de dias secos podem representar um desafio para sua produção. Em cenários de seca prolongada, a cultura pode exigir sistemas de irrigação suplementar e técnicas de conservação da umidade do solo.

Juçara

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

A cultura da juçara (*Euterpe edulis*) apresenta uma faixa de temperatura recomendada entre 18 e 28°C e precipitação média anual entre 1200 e 2500 mm (DANELLI, FISCH e VIEIRA, 2016). No entanto, é considerada pouco tolerante à escassez hídrica. Com a tendência de redução na precipitação anual e aumento do número de dias secos consecutivos na área de estudo, a viabilidade do cultivo da juçara pode ser comprometida, especialmente nos meses mais secos do ano que ocorrem na estação inverno. Isso pode resultar em menor produtividade e maior vulnerabilidade a pragas e doenças típicas desta cultura agrícola.

Cacau

O cacau (*Theobroma cacao*) se desenvolve bem em uma faixa de temperatura entre 22 e 30°C e precipitação média anual entre 1500 e 2500 mm (WOOD e LASS, 2008). Apesar de apresentar tolerância moderada à escassez hídrica, períodos prolongados de seca podem impactar negativamente seu desenvolvimento e produção. Assim, com a tendência de redução na precipitação anual e de aumento do número de dias secos consecutivos no Guapiruvú, a viabilidade do cultivo do cacau pode ser comprometida, resultando em menor produtividade e maior suscetibilidade a doenças, como a vassoura-de-bruxa (FIORAVANTI e VELHO, 2011).

Mandioca

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta*) apresenta uma faixa de temperatura recomendada entre 20 e 35°C e precipitação média anual entre 1000 e 2000 mm (EL-SHARKAWY, 2006). Destaca-se por sua alta tolerância à escassez hídrica, o que a torna uma opção viável em condições climáticas adversas. No entanto, períodos prolongados de seca podem afetar o desenvolvimento radicular e reduzir a produtividade da cultura. Com a tendência de redução na precipitação anual e aumento do número de dias secos consecutivos na área de estudo, o cultivo da mandioca pode se tornar ainda mais relevante como alternativa para segurança alimentar e produção agrícola sustentável.

DISCUSSÃO

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

Os resultados deste estudo indicam mudanças nos padrões de temperatura e precipitação no bairro Guapiruvu, caracterizadas por um aumento na frequência de noites tropicais, maior variabilidade térmica nos meses de inverno e início da primavera, além de uma leve redução na precipitação acumulada anual. Esses achados são consistentes com tendências observadas em outras regiões tropicais e subtropicais do Brasil, onde o aumento das temperaturas noturnas e a redução das chuvas vêm sendo relatados como consequências das mudanças climáticas globais (IPCC, 2023; SILVA et al., 2023).

Estudos realizados em regiões mais próximas ao Vale do Ribeira, especialmente no Sudeste e Sul do Brasil, também têm identificado aumento na frequência de noites tropicais e no prolongamento de períodos secos, associados a mudanças recentes no regime térmico e pluviométrico. No estado do Paraná, foram identificados tendencias de secas mais intensas no mês de setembro e irregularidade no início da estação chuvosa (FERREIRA et al., 2021); no estado de São Paulo, há maior irregularidade de chuvas ao longo das últimas décadas e aumento de eventos extremos (NUNES, GABRIEL e MARENGO, 2023). Esses resultados reforçam que as tendências observadas em Guapiruvu não constituem um fenômeno isolado, mas integram um contexto regional mais amplo de mudanças climáticas em áreas de transição entre ambientes costeiros e continentais.

A intensificação dos períodos secos e o aumento das temperaturas mínimas são fatores que podem impactar negativamente a agricultura local, especialmente a produção de culturas sensíveis à disponibilidade hídrica. Entretanto, os SAFs desempenham um papel fundamental na mitigação desses impactos, pois promovem a retenção de umidade no solo, reduzem a temperatura ambiente por meio do sombreamento e contribuem para a resiliência hídrica das lavouras (ALBRECHT e KANDJI, 2003; TORRES et al., 2022).

Assim, os resultados dos testes estatísticos sugerem a necessidade de atenção para com as culturas agrícolas praticadas no Guapiruvu. Visto que, das culturas analisadas, apenas a mandioca possui condições fisiológicas naturais de se adaptar a tais alterações, com a banana, a juçara, a pupunha e o cacau não possuindo condições naturais de se desenvolver com rentabilidade em tais condições. Contudo cabe salientar que o uso de SAFs pode contribuir para o

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

melhor desempenho produtivo destas culturas agrícolas. Adicionalmente, O Guapiruvu está no pé da serra e é atravessado pelo rio Etá e outros afluentes, o que contribui para manter lençol freático alto, fornecendo aporte hídrico aos cultivos, especialmente juçara e banana, mesmo durante os períodos de estiagem.

Além dos benefícios ambientais, os SAFs também oferecem vantagens socioeconômicas aos agricultores familiares, ao diversificar as fontes de renda e reduzir a vulnerabilidade econômica a variações climáticas extremas (MBOW et al., 2014; WALDRON, 2017). O caso de Guapiruvu ilustra como essas práticas agroflorestais podem servir de modelo para outras regiões com características climáticas semelhantes, promovendo não apenas a adaptação às mudanças climáticas, mas também incentivando a conservação ambiental e a produção agrícola familiar sustentável.

CONCLUSÂO

Este estudo analisou as mudanças nos padrões climáticos no bairro Guapiruvu entre 2000 e 2020, prospectando os impactos que as alterações meteorológicas encontradas podem produzir na agricultura familiar praticada na região. Os resultados apontaram tendências que requerem atenção, como a redução da precipitação média diária (em cerca de -0.59mm/dia) e o aumento da temperatura máxima média diária (1.05°C/dia). Há tendência de aumento do número de dias secos consecutivos e a maior frequência de noites tropicais. Essas mudanças podem representar desafios significativos na produção 3 dos 4 principais cultivos agrícolas mais praticados da região.

Essas tendências climáticas podem comprometer a aptidão agroclimática de cultivos estratégicos da agricultura familiar, especialmente de aqueles com baixa tolerância ao estresse hídrico, como a juçara. Nesse contexto, os sistemas agroflorestais destacam-se como estratégia territorial de adaptação, ao contribuírem para a regulação microclimática, a conservação da umidade do solo e o aumento da resiliência produtiva diante da variabilidade climática.

Do ponto de vista metodológico, a aplicação integrada de testes de tendência, de detecção de rupturas e de índices de extremos climáticos mostrou-se adequada para diagnósticos agroclimáticos em escala local, podendo ser replicada em outras áreas do Vale do Ribeira. Assim, o estudo contribui para o

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

planejamento territorial e para o fortalecimento de estratégias adaptativas voltadas à agricultura familiar em cenários de mudanças climáticas e se apresenta como modelo de pratica de extensão na área da geografia climática que é possível replicar em outras áreas contribuindo a fortalecer a agricultura família.

AGRADECIMENTOS

- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Código 001.
- Projeto de extensão - Conectando na rede da natureza - Pex - Proec 32/23.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Roberto Greco – Aquisição de financiamento; Administração do projeto; Supervisão; Validação; Redação - revisão e edição.

Guilherme Almussa Leite Torres – Curadoria de dados; Investigação; Metodologia; Redação - rascunho original; Redação - revisão e edição.

Kevin Hyslop – Curadoria de dados; Análise formal; Software; Visualização.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

DECLARAÇÃO ÉTICA

Os autores declaram que esta pesquisa foi conduzida de acordo com os princípios éticos da integridade científica. O estudo utilizou exclusivamente dados secundários de domínio público, não envolvendo seres humanos, animais ou informações sensíveis, não sendo, portanto, necessária a submissão a comitê de ética.

DECLARAÇÃO SOBRE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados que embasam os resultados do presente estudo estão disponíveis mediante solicitação aos autores correspondentes.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

REFERÊNCIAS

ABDOUSSALAMI, A., HU, Z., ISLAM, A. R. M. T., WU, Z. Climate change and its impacts on banana production: a systematic analysis. **Environment, Development and Sustainability**, v.25, n.11, p.12217-12246, 2023. https://doi.org/10.1007/s10668-023-03168-2

ALBRECHT, A., KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, ecosystems & environment**, v.99, n.1-3, 15-27, 2003. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00138-5

AYDINALP, C., CRESSER, M. S. The effects of global climate change on agriculture. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v.3, n.5, 672-676, 2008.

BERNINI, C. I. De posseiro a assentado: a reinvenção da comunidade do Guapiruvu na construção contraditória do assentamento agroambiental Alves, Teixeira e Pereira, Sete Barras-SP. 2009. Tese (Doutorado em Geografia Humana) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-02022010-151735/en.php

CHARLES, R., OLIVEIRA, R. C., TORRES, G. A. L., GRECO, R. Análise das características ambientais e implicações da produção agrícola no Departamento Oeste da República do Haiti. **Geografares**, n.37, 2023. https://journals.openedition.org/geografares/10231

CIAVARELLA, A., STOTT, P., LOWE, J. Early benefits of mitigation in risk of regional climate extremes. **Nature Climate Change**, v.7, n.5, p.326-330, 2017. https://doi.org/10.1038/nclimate3259

CLEMENT, C., RIVAL, L., COLE, D. Domestication of Peach Palm (*Bactis gasipaes*): the roles of human mobility and migration. In: Mobility and migration in indigenous Amazonia: contemporary ethnoecological perspectives. p. 117–140, 2009. Disponível em: https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:1444c7b6-3fa2-4e56-84fe-896af5c2b04a

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

DANELLI, M. F., FISCH, S. T. V., VIEIRA, S. A. Análise da estrutura e biomassa florestal de áreas de colheita de frutos de juçara (*Euterpe edulis Mart.*) no Litoral Norte e Serra do Mar-SP. **Ciência Florestal**, v.26, p.773-786, 2016. https://doi.org/10.5902/1980509824206

DUBREUIL, V., FANTE, K. P., PLANCHON, O., SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**. v.37, 2018. https://doi.org/10.4000/confins.15738

EL-SHARKAWY, M. A. Drought-tolerant cassava for Africa, Asia, and Latin America. **Bioscience**, v.46, n.2, p.407-415, 2006. https://doi.org/10.2307/1311903

FAHAD, S., CHAVAN, S. B., CHICHAGHARE, A. R., et al. Agroforestry Systems for Soil Health Improvement and Maintenance. **Sustainability**, v.14, n.22, 2022. https://doi.org/10.3390/su142214877

FERREIRA, L. G. B., CALDANA, N. F. DA S., MARTELÓCIO, A. C., COSTA, A. B. F. DA, NITSCHE, P. R., CARAMORI, P. H. Water availability and risk of dry spells for soybean in the west of Paraná state, Brazil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.27, p.590–611, 2021. https://doi.org/10.5380/abclima.v27i0.69053

FIORAVANTI, C. H., VELHO, L. Fungos, fazendeiros e cientistas em luta contra a vassoura-de-bruxa. **Sociologias**, v.13, p.256-283, 2011. https://doi.org/10.1590/S1517-45222011000200010

GEMIM, B. S., DE MELO SILVA, F. A., SCHAFFRATH, V. R. Aspectos socioambientais da meliponicultura na região do Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável GUAJU**, v.8, 2022. http://dx.doi.org/10.5380/guaju.v8i0.82451

GRIGOLETTO, F. O bairro Guapiruvu como lugar-organização: uma abordagem institucional do organizar. 2018. Tese (Doutorado em Administração Pública e Governo) Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Varga, São Paulo, 2018. Disponível em:

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/2de93905-ffcb-49c0-874d-be4bd4a8a387/content

HANSEN, J., RUEDY, R., SATO, M., LO, K. Global surface temperature change. **Reviews of Geophysics**, v.48, n.4, 2010. https://doi.org/10.1029/2010RG000345

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. AR6 - Press Release: Climate change widespread, rapid, and intensifying. IPCC, Geneva, Suiça, 2023. Disponível em: http://www.ipcc.ch/ipccreports

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels. IPCC, 2018. Disponível em: http://www.ipcc.ch/ipccreports

ISAAC, M. E., BORDEN, K. A. Nutrient acquisition strategies in agroforestry systems. **Plant Soil,** v.444, p.1–19, 2019. https://doi.org/10.1007/s11104-019-04232-5

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Measures**. Charles Griffin: London, 1975.

LASCO, R. D., DELFINO, R. J. P., ESPALDON, M. L. O. Agroforestry systems: helping smallholders adapt to climate risks while mitigating climate change. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v.5, n.6, p.825-833, 2014. https://doi.org/10.1002/wcc.301

LORENZI, H. **Palmeiras no Brasil: Nativas e Exóticas**. Instituto Plantarum: Nova Odessa, 2010.

MAIA, F. R. The economic viability of an agroforestry system in relation to monoculture. **Journal of Interdisciplinary Debates**, v.4, n.04, p.341-356, 2023. https://doi.org/10.51249/jid.v4i04.1744

MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. **Econometrica**, v.13, p. 245-259. 1945.

MARINHO, M. D. A., FURLAN, S. Â. Conflitos e possíveis diálogos entre parques e populações: Intervales e Guapiruvu, SP. **Floresta e Ambiente**, v.14, n.2, p.22-

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

34, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/floram/a/k7r33jmkygG6qbtLBMsnpGg/?lang=pt#

MARSDEN, C., MARTIN-CHAVE, A., CORTET, J. et al. How agroforestry systems influence soil fauna and their functions - a review. **Plant Soil,** v.453, p.29–44, 2020. https://doi.org/10.1007/s11104-019-04322-4

MBOW, C., VAN NOORDWIJK, M., LUEDELING, E., NEUFELDT, H., MINANG, P. A., & KOWERO, G. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v.6, p.61-67, 2014. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.10.014

MONTEITH, J. L., ONG, C. K., CORLETT, J. E. Microclimatic interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and management**, v.45, n.1-4, p.31-44, 1991. https://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90204-9

NASA Power Project. 2024. Disponível em: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/. Acessado em: dez. 2025.

NASH, D. J., ADAMSON, G. C., ASHCROFT, L., et al. Climate indices in historical climate reconstructions: A global state-of-the-art. **Climate of the Past Discussions**, p.1-48, 2020. https://doi.org/10.5194/cp-17-1273-2021

NUNES, L., GABRIEL, G., MARENGO, J. More Erratic and More Extreme: Trends in Precipitation in the State of São Paulo, Brazil. **American Journal of Climate Change,** v.12, p.140-171, 2023. https://doi.org/10.4236/ajcc.2023.121008

OLIVEIRA, F. A. D. Potenciais inovadores e desafios das organizações alternativas: um estudo analítico no bairro Guapiruvu**.** 2024. Tese (Doutorado em Administração Pública e Governo) Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Varga, São Paulo, 2024. Disponível em: https://hdl.handle.net/10438/35031

OLIVEIRA, G. D. A. D. Análise de segurança alimentar e do consumo do pescado das famílias atendidas pelo CRAS em município de pequeno porte do Vale do Ribeira. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

Pesca) Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira da Universidade Estadual Paulista, Registro, 2024. Disponível em: https://hdl.handle.net/11449/256598

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series C (Applied Statistics), v.28, n.2, pp.126-135, 1979.

RAVI, I., MUSTAFFA, M. M. Impact, adaptation and mitigation strategies for climate resilient banana production. In: Climate-resilient horticulture: adaptation and mitigation strategies. India: Springer India, p. 45–52, 2013. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-0974-4_5#citeas

ROBINSON, J. C., SAÚCO, V. G. **Bananas and plantains**. Cambridge: CABI, 2010.

SANGALLI, A. R., STRATE, M. F. D. Indicadores de desempenho e multifuncionalidade de sistemas agroflorestais agroecológicos: biodiversidade, segurança alimentar e saúde sistêmica. **Revista Interdisciplinar em Educação e Territorialidade–RIET**, v.4, n.1, p.38-61, 2024. https://doi.org/10.30612/riet.v4i1.16592

SÃO JOSÉ, R. V. D., COLTRI, P. P., GRECO, R., SOUZA, I. S. D., TORRES, G. A. L., CHARLES, R., SANTOS, K. A. D. Avaliação de vulnerabilidade agrícola à seca: um estudo de caso no semiárido do estado da Bahia. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 77, p. 96–110, 2020. https://doi.org/10.14393/RCG217752133

SILVA, R. F. B., VICTORIA, D. C., NOSSACK, F. Á. et al. Slow-down of deforestation following a Brazilian forest policy was less effective on private lands than in all conservation areas. **Communication Earth Environmental**, v.4, n.111, 2023. https://doi.org/10.1038/s43247-023-00783-9

SILVA, P. P. M. da. Utilização do palmito basal de pupunha em alternativa ao palmito foliar, visando aumentar o aproveitamento da palmeira Bactris gasipaes. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba,

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

2008. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-26092008-141312/en.php

STENSETH, N. C., OTTERSEN, G., HURRELL, J. W., et al. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Nino Southern Oscillation and beyond. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v.270, n.1529, p.2087-2096, 2003. https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2415

TORRES, G. A. L., GRECO, R., COLTRI, P. P., PASCOALINO, A. Estatística climatológica para a região do Norte Pioneiro do estado do Paraná: implicações aos cafés especiais e técnicas para uma agricultura inteligente para o clima. **Labor e Engenho**, v.17, 2023. https://doi.org/10.20396/labore.v17i00.8672816

TORRES, G. A., ZEZZO, L. V., JOSÉ, R. V. D. S., GRECO, R., COLTRI, P. P. Exposure to Climate Risk: A case study for coffee farming in the region of Alta Mogiana, São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.94 (suppl 4), 2022. https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211379

VIÑALS, E., MANEJA, R., RUFÍ-SALÍS, M., MARTÍ, M., PUY, N. Reviewing social-ecological resilience for agroforestry systems under climate change conditions. **Science of the total environment**, v.869, 2023. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161763

WALDRON, A., GARRITY, D., MALHI, Y., GIRARDIN, C., MILLER, D. C., SEDDON, N. Agroforestry Can Enhance Food Security While Meeting Other Sustainable Development Goals. **Tropical Conservation Science**. 2017. https://doi.org/10.1177/1940082917720667

WOOD, G. A. R.; LASS, R. A. **Cocoa**. 4. ed. Oxford: Blackwell Science, 2008.

ZALLES, V. et al. Rapid expansion of human impact on natural land in South America since 1985. **Science Advances**, v.7, 2021. https://doi.org/10.1126/sciadv.abg1620

ZEZZO, L. V., TORRES, G. A. L., PANTANO, A. P., COLTRI, P. P. Análise climática como subsídios estatísticos para a discussão sobre mudanças climáticas

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15626

e produção cafeeira: o estudo de caso de Campinas-SP. **IRRIGA**, v.28, n.1, p.190-209, 2023. https://doi.org/10.15809/irriga.2023v28n1p190-209

ZHANG, X., YANG, F. **RClimDex (1.0) User Guide**. Downsview: Climate Research Branch Environment Canada, 2004. Disponível em: http://www.acmad.net/rcc/procedure/RClimDexUserManual.pdf

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença Creative Commons CC-BY.
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.