

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO E SEUS IMPACTOS SOBRE O PLANEJAMENTO HÍDRICO PARA REGIÕES DO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

Poliana Rocha D'Almeida Mota<sup>1</sup>, Monaliza da Silva Borges<sup>2</sup>, Shailane Vitória Costa de Oliveira<sup>2</sup>, Diovana Viana da Cruz<sup>2</sup>, Rafael Pereira de Sousa<sup>2</sup>, Eliana Vitoria Miranda Jansen<sup>2</sup>

**RESUMO:** o planejamento hídrico para a agricultura depende de uma compreensão aprofundada da demanda hídrica atmosférica. A evapotranspiração potencial (ETp) é a variável que melhor expressa essa demanda. O objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise climatológica detalhada da ETp em seis municípios do Estado do Piauí, Brasil (Bom Jesus, Cristino Castro, Floriano, Paulistana, Piriapiri e São João do Piauí), utilizando uma série histórica de 30 anos (1991-2020) de dados do INMET. A análise revelou um regime sazonal unimodal com extrema amplitude, identificando o trimestre de abril a junho como o período de menor demanda evaporativa e o trimestre de setembro a novembro como a janela crítica de máxima ETp, com picos que superam 350 mm por mês. A discussão aprofunda as implicações destes resultados para o manejo agrícola, abordando a definição de calendários de plantio para minimizar riscos na agricultura de sequeiro e os parâmetros essenciais para o dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação. Conclui-se que a quantificação da dinâmica da ETp é um subsídio estratégico para o aumento da resiliência e eficiência da agropecuária nessas regiões. Tais informações são essenciais para a formulação de políticas públicas e privadas para a gestão de riscos.

**PALAVRAS-CHAVE:** balanço hídrico, planejamento agrícola, clima semiárido

## EVAPOTRANSPIRATION AND ITS IMPACTS ON WATER PLANNING FOR REGIONS OF THE STATE OF PIAUÍ, BRAZIL

**ABSTRACT:** water planning for agriculture depends on a thorough understanding of atmospheric water demand. Potential evapotranspiration (ETp) is the variable that best

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, Doutora. Dep. de Eng. Agrícola e Solos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Campus Agrícola da Socopo, 64049-550, Teresina, Piauí, Brasil. (86) 3215-5745. poliana@ufpi.edu.br.

<sup>2</sup> Acadêmico (a) de Zootecnia. CCA, Universidade Federal do Piauí.

expresses this demand. The objective of this study was to conduct a detailed climatological analysis of ETp in six municipalities in the state of Piauí, Brazil (Bom Jesus, Cristino Castro, Floriano, Paulistana, Piripiri, and São João do Piauí), using a 30-year historical series (1991-2020) of INMET data. The analysis revealed a unimodal seasonal regime with extreme amplitude, identifying the April-June quarter as the period of lowest evaporative demand and the September-November quarter as the critical window of maximum ETp, with peaks exceeding 350 mm per month. The discussion delves into the implications of these results for agricultural management, addressing the definition of planning calendars to minimize risks in rainfed agriculture and the essential parameters for the design and management of safety systems. We conclude that quantifying the dynamics of ETp is a strategic tool for increasing the resilience and efficiency of agriculture in these regions. This information is essential for formulating public and private risk management policies.

**KEYWORDS:** water balance, agricultural planning, semi-arid climate

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração potencial (ETp) é um dos componentes mais importantes do ciclo hidrológico e um conceito central para as ciências agrárias e ambientais. Ela representa a taxa máxima de transferência de água de uma superfície vegetada para a atmosfera, em um cenário onde não há restrição de água no solo. A ETp é, portanto, a expressão da demanda evaporativa da atmosfera, um processo governado por um complexo de variáveis meteorológicas, incluindo o saldo de radiação, a temperatura do ar, a velocidade do vento e o déficit de pressão de vapor (Allen et al., 1998). Distingue-se da evapotranspiração real (ETr), que é a perda de água que de fato ocorre, limitada pela disponibilidade hídrica. Em regiões áridas e semiáridas, a ETp é quase sempre superior à precipitação, e seu estudo é fundamental para quantificar o estresse hídrico a que os ecossistemas e as culturas agrícolas estão submetidos.

No contexto do Nordeste brasileiro, e especificamente em parte do Estado do Piauí, a análise da ETp é crítica. A região é marcada por uma sazonalidade pluviométrica e a agricultura, principal motor econômico de muitas localidades, opera sob o constante risco de veranicos e secas prolongadas (Marengo et al., 2017). O conhecimento da dinâmica da ETp permite um planejamento mais resiliente, informando sobre os períodos de maior risco e as necessidades hídricas para a agricultura. Isso é especialmente relevante para a fronteira agrícola do

MATOPIBA, onde a expansão da produção de grãos demanda um manejo cada vez mais eficiente da água (Alves et al., 2020).

Estudos como o de Steinke e Paiva (2017) demonstram a sensibilidade da produção agrícola a essa variável. Apesar de sua importância, a caracterização detalhada da ETp, com base em séries históricas longas, ainda é necessária para fornecer subsídios em escala local.

Mota et al. (2024) objetivando verificar a aptidão agropecuária a partir do balanço hídrico climatológico para a região Sudoeste do Estado do Piauí, concluíram que para garantir altas produtividades e qualidade na produção agropecuária, é necessário um planejamento do plantio, de modo que as fases de máxima exigência hídrica das culturas não coincida com os meses de máxima deficiência de água no solo.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica mensal da ETp em seis municípios do Piauí, buscando detalhar o regime sazonal, comparar a magnitude da demanda hídrica entre diferentes localidades e discutir as implicações diretas destes resultados para o planejamento da agricultura, tanto em regime de sequeiro quanto irrigado.

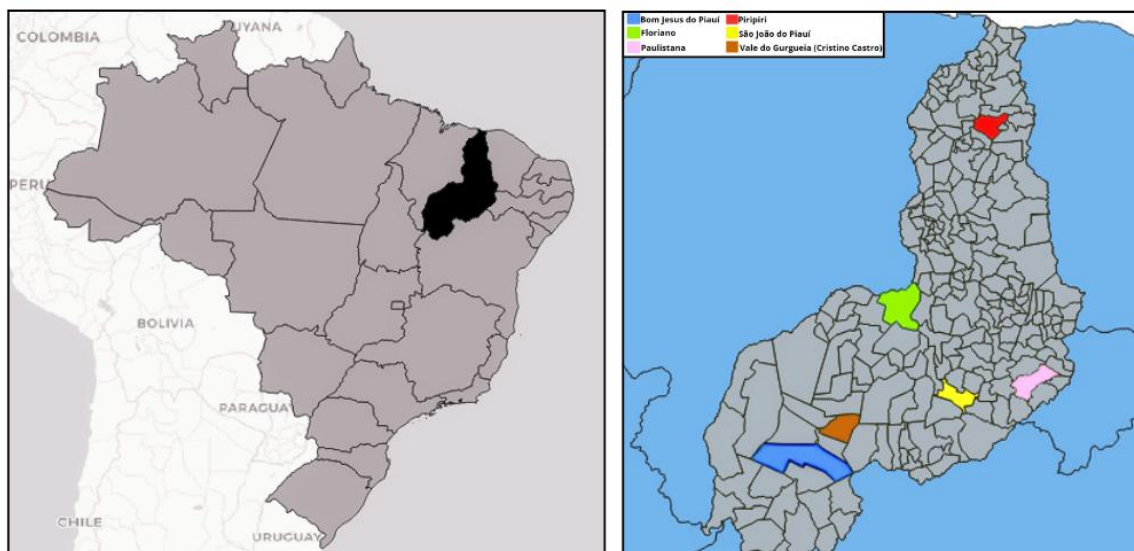
## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado para seis municípios distribuídos em diferentes mesorregiões do Estado (Tabela 1): Bom Jesus e Cristino Castro (Sudoeste Piauiense), Floriano (Centro-Norte Piauiense), Paulistana e São João do Piauí (Sudeste Piauiense), e Piripiri (Norte Piauiense). A seleção destes locais foi baseada na disponibilidade de séries históricas de dados meteorológicos consistentes. As coordenadas geográficas detalhadas de cada estação meteorológica utilizada são apresentadas na Tabela 1, e sua distribuição espacial no território piauiense é ilustrada na Figura 1.

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas das estações meteorológicas analisadas no Estado do Piauí.

<b>Estação</b>	<b>Município</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude</b>
Convencional	Bom Jesus do Piauí	-9,10	-44,11	296,00
Convencional	Cristino Castro	-8,41	-43,71	265,00
Convencional	Floriano	-6,76	-43,01	123,27
Automática	Paulistana	-8,16	-41,15	359,00
Automática	Piripiri	-4,27	-41,77	170,00
Automática	São João do Piauí	-8,36	-42,25	222,00

Fonte: dados INMET (2020).



**Figura 1.** Mapa do Brasil com o Estado do Piauí em destaque e a distribuição espacial dos municípios com estações meteorológicas da rede do INMET e disponibilidade de dados de Evapotranspiração. Fonte: Elaborado pelos autores (2025) utilizando o software QGIS® e a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Foram utilizados dados da série histórica de evapotranspiração potencial (ETp) mensal, em milímetros (mm), para o período de 1º de janeiro de 1991 a 31 de dezembro de 2020, totalizando 30 anos. A utilização deste intervalo temporal atende à definição de uma Normal Climatológica, conforme preconizado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), o que confere maior representatividade e robustez estatística à análise.

Os dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponível em seu site oficial. É importante ressaltar que os valores de ETp fornecidos pelo INMET são estimados pelo método padrão de Penman-Monteith, parametrizado conforme o boletim 56 da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura). Este método é considerado o padrão-ouro internacional por ser um modelo combinado, de base física, que considera tanto os fatores energéticos quanto os aerodinâmicos que governam o processo de evapotranspiração.

Os dados brutos da série histórica de ETp para cada município foram organizados em planilhas no software Microsoft Excel®. O tratamento inicial consistiu na organização dos dados e no cálculo das médias mensais para cada um dos doze meses do ano, ao longo de toda a série de 30 anos. Este procedimento permitiu a caracterização do comportamento sazonal médio, ou o regime climatológico, da variável.

A análise focou-se na estatística descritiva dos dados, com ênfase na identificação dos valores médios, máximos e mínimos mensais. A partir desta análise, foi possível determinar os

períodos de menor e maior demanda hídrica atmosférica, quantificar a amplitude da variação sazonal e comparar a magnitude da ETp entre as diferentes localidades estudadas. Os resultados consolidados foram utilizados para a elaboração de gráficos comparativos e para a subsequente discussão das implicações práticas para o planejamento hídrico e agrícola da região.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

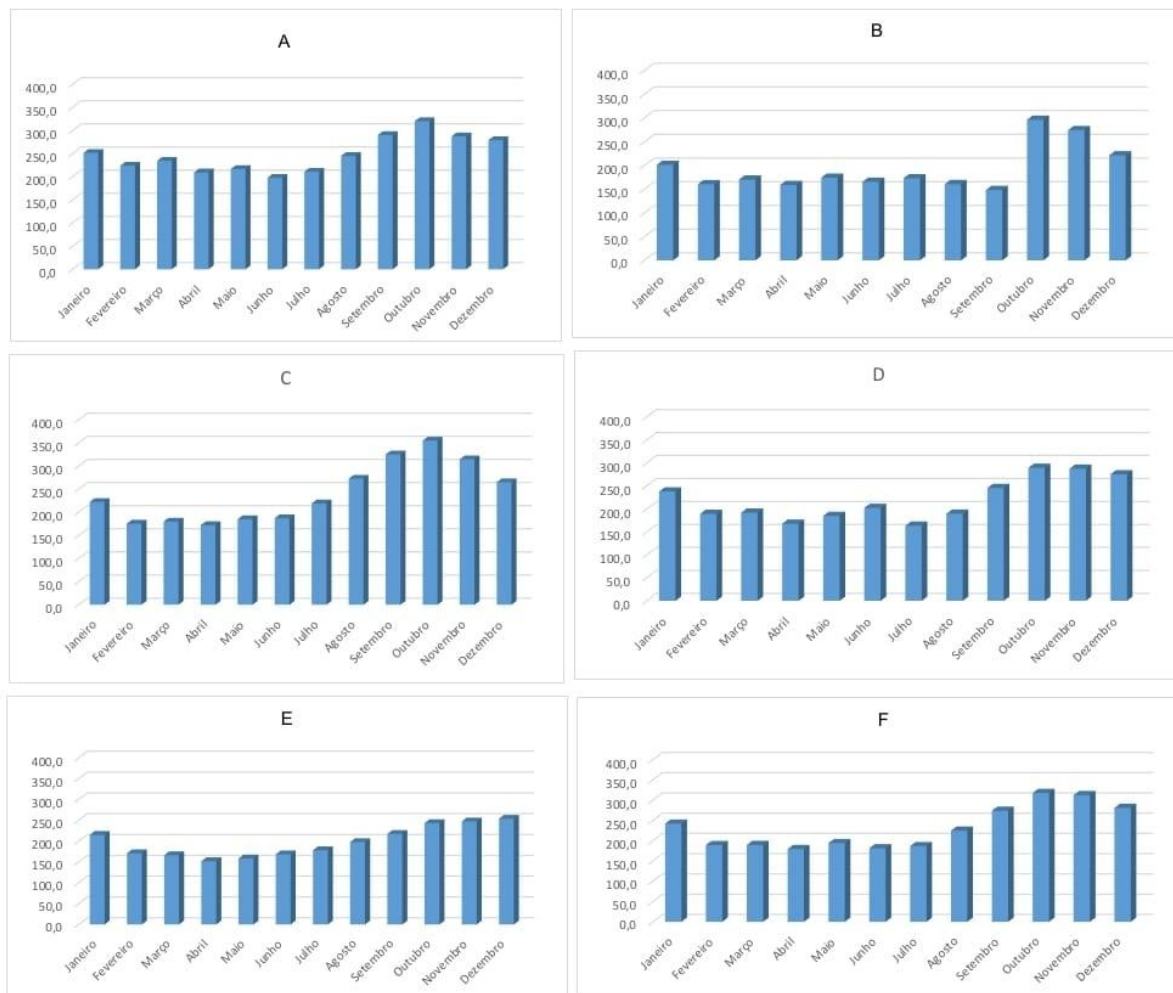
A análise climatológica da evapotranspiração potencial (ETp) para a série 1991-2020 revelou um regime sazonal marcadamente unimodal e de grande amplitude para todos os municípios estudados, conforme detalhado nos painéis da Figura 2. O comportamento da demanda hídrica atmosférica ao longo do ano segue um padrão claro, com um período de baixa e um de alta intensidade, cujas nuances variam entre as diferentes regiões do Estado.

O período de menor demanda hídrica atmosférica ocorre de maneira consistente no trimestre de abril a junho, sucedendo a estação chuvosa. Conforme se observa, a maioria dos municípios (Floriano, Piripiri, São João do Piauí e Cristino Castro) registra suas taxas mínimas em abril, com valores que variam de 151,9 a 179,5 mm. As exceções são Bom Jesus, com sua mínima em junho (197,8 mm), e Paulistana, em julho (163,3 mm), indicando o final da estação chuvosa como um período de relativo alívio no estresse evaporativo.

Em contrapartida, o segundo semestre é caracterizado por uma intensificação drástica da ETp, culminando no período crítico de setembro a novembro. A análise comparativa entre os painéis da Figura 2 evidencia diferenças espaciais importantes. No Sudoeste do Estado (Figura 2A: Bom Jesus), a demanda atinge o pico extremo de 355,2 mm em outubro, valor que define a capacidade máxima requerida para projetos de irrigação na fronteira agrícola do MATOPIBA. Nos municípios do semiárido (Figura 2D: Paulistana; Figura 2F: São João do Piauí), os picos são similarmente elevados, refletindo as condições de aridez mais severas da região. O município de Piripiri (Figura 2E), por sua vez, se destaca pelo comportamento distinto, com um pico inferior (253,9 mm) e mais tardio, em dezembro, sugerindo a influência de um regime climático de transição.

Essa dinâmica sazonal quantifica a intensidade do déficit hídrico a que a região está submetida e possui implicações diretas para o planejamento. A janela de alta ETp no final do ano representa um período de altíssimo risco para a agricultura de sequeiro, sendo desaconselhável para as fases críticas das culturas. Para a agricultura irrigada, os valores máximos observados são o principal subsídio técnico para o dimensionamento de sistemas e

para a elaboração de calendários de irrigação que visem otimizar o uso da água e garantir a segurança da produção. O conhecimento deste regime é, portanto, uma ferramenta estratégica fundamental para a gestão de riscos e para o aumento da resiliência da agropecuária Piauiense.



**Figura 2.** Regime sazonal da evapotranspiração potencial (ETp) média mensal (mm) para os municípios de (A) Bom Jesus, (B) Cristino Castro (Vale do Gurguéia), (C) Floriano, (D) Paulistana, (E) Piriapiri e (F) São João do Piauí, para a série climatológica de 1991-2020.

Fonte: Autores, 2025.

## CONCLUSÕES

A análise da evapotranspiração potencial (ETp) para os seis municípios no estado do Piauí permitiu quantificar um regime sazonal bem definido, caracterizado por um período de baixa demanda hídrica de abril a junho e uma janela de máxima demanda e alto risco climático entre setembro e novembro.

Os picos de demanda hídrica atmosférica demonstraram variabilidade espacial, superando os 350 mm na região do Cerrado (Bom Jesus) e 320 mm no Semiárido (Paulistana), enquanto na região de transição Norte (Piripiri) o pico foi inferior, em torno de 250 mm, e ocorreu mais tardiamente (dezembro), evidenciando a necessidade de estratégias de manejo hídrico específicas para cada região.

A criticidade do último trimestre do ano para o planejamento agrícola foi claramente evidenciada, definindo-o como o período de maior necessidade de irrigação e de maior vulnerabilidade para a agricultura de sequeiro.

O estudo conclui que a quantificação da dinâmica da ETp é uma ferramenta indispensável para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, permitindo a formulação de estratégias que visem minimizar perdas e otimizar a produção agropecuária nas diferentes regiões do Piauí.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper 56**. Rome: FAO, 1998. 300 p.

ALVES, J. A.; MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N. MATOPIBA: Caracterização e desafios da nova fronteira agrícola do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2821-2836, 2020.

CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; OLIVEIRA, G. S.; ALMEIDA, C. D. Análise da variabilidade da evapotranspiração real no semiárido brasileiro a partir de dados do sensor MODIS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 125-136, 2015.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, p. 1189-1200, 2017.

MOTA, P. R. D'A.; SILVA, N. R. F. da; SANTANA, L. D. de A.; SILVA, A. C. E. Agricultural suitability of the southwest region of the state of Piauí, Brazil, through the climatological water balance. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 16, p. 128-146, 2024.

STEINKE, E. B.; PAIVA, R. C. D. Análise de sensibilidade da evapotranspiração e vazão à variabilidade climática na América do Sul através de modelagem hidrológica. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: ABRHidro, 2017. 8 p.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.