



LINCOLN OLIVEIRA MENDES

**ADEQUAÇÃO DA CAPACIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA
PARA SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NO BRASIL**

**LAVRAS-MG
2024**

LINCOLN OLIVEIRA MENDES

**ADEQUAÇÃO DA CAPACIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA PARA SISTEMAS
DE IRRIGAÇÃO NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, área de concentração de Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. PhD. Luiz Antônio de Lima
Orientador

Dr. Vinicius Oliveira Silva
Coorientador

**LAVRAS-MG
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Mendes, Lincoln Oliveira.

Adequação da capacidade de aplicação de água para sistemas de
irrigação no Brasil / Lincoln Oliveira Mendes. - 2024.

70 p. : il.

Orientador(a): Luiz Antônio de Lima.

Coorientador(a): Vinícius Oliveira Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Agricultura Irrigada. 2. Projetos de Irrigação. 3.
Evapotranspiração. I. de Lima, Luiz Antônio. II. Silva, Vinícius
Oliveira. III. Título.

LINCOLN OLIVEIRA MENDES

**ADEQUAÇÃO DA CAPACIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA PARA SISTEMAS
DE IRRIGAÇÃO NO BRASIL**

**ADEQUACY OF WATER APPLICATION CAPACITY FOR IRRIGATION
SYSTEMS IN BRAZIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, área de concentração de Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de mestre.

APROVADA em 31 de agosto de 2024.

PhD. Luiz Antônio de Lima	UFLA
Dr. Adriano Valentim Diotto	UFLA
Dr. José Alves Junqueira Junior	IFSUDESTEDEMINAS

Prof. PhD. Luiz Antônio de Lima
Orientador

Dr. Vinicius Oliveira Silva
Coorientador

**LAVRAS-MG
2024**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a oportunidade de viver.

Agradeço à CAPES pelo suporte oferecido durante o decorrer do curso.

Agradeço aos meus pais José e Sandra pelo amor e carinho em minha criação, que sempre se esforçaram para educação dentro e fora dos estudos.

Agradeço à minha namorada Mariana, que sempre me motiva a ser alguém melhor.

Agradeço também aos meus professores e mestres pelos ensinamentos.

Agradeço ainda aos meus amigos pelo companheirismo e pelos bons momentos vividos na Universidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A irrigação desempenha um papel de suma importância no contexto global, tanto no que diz respeito à produção de alimentos quanto à sustentabilidade dos recursos hídricos. No Brasil, esse cenário é igualmente relevante devido à vasta extensão territorial do país e à sua marcante diversidade climática, tornando a prática da agricultura irrigada indispensável para alcançar níveis desejáveis de produtividade. Diante disso, a adequada concepção e dimensionamento de sistemas de irrigação assumem uma significativa importância, uma vez que projetos bem elaborados proporcionam resultados superiores. O presente estudo foi concebido com o propósito de desenvolver fatores de correção da evapotranspiração para abranger todo o território brasileiro, baseado em totais máximos de 3, 5, 7 e 10 dias. Para o cálculo da evapotranspiração, dados provenientes de 380 estações meteorológicas distribuídas pelo país foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia. Devido à abrangência do território brasileiro e à grande interferência de mudanças climáticas nos últimos anos, adotou-se o período de janeiro de 2011 a dezembro de 2021 para a realização do estudo. Subsequentemente, aplicou-se a equação de Penman-Monteith (FAO-56) para o cálculo da evapotranspiração. Posteriormente foram feitas médias móveis para os intervalos críticos desejados. Utilizando a técnica da Krigagem Simples, foram gerados mapas interpolados que proporcionaram a obtenção de fatores de correção da evapotranspiração para todo o território brasileiro. Observou-se que a utilização dos dados diários a partir da média mensal subestima os valores das evapotranspirações para intervalos críticos. Ao se compararem a média mensal e o intervalo crítico de 7 dias, são encontrados fatores de correção que vão de 1,04 a 1,35. Isto representa 4% a 35% de redução da quantidade de água a ser fornecida por um sistema de irrigação, podendo implicar em perdas na produtividade da agricultura. A utilização de valores adequados de evapotranspiração pode influenciar diretamente na adequada gestão dos recursos hídricos, uma vez que melhora a precisão da elaboração e da execução de projetos de irrigação.

Palavras-chave: agricultura irrigada; projetos de irrigação; evapotranspiração.

ABSTRACT

Irrigation plays a vital role in the global context, both in terms of food production and the sustainability of water resources. In Brazil, this scenario is equally relevant due to the country's vast territorial extension and its remarkable climatic diversity, making the practice of irrigated agriculture essential to achieve desirable levels of productivity. In view of this, the adequate design and dimensioning of irrigation systems assume significant importance, since well-designed projects provide superior results. The present study was designed with the purpose of developing evapotranspiration correction factors to cover the entire Brazilian territory, based on maximum totals of 3, 5, 7 and 10 days. To calculate evapotranspiration, data from 380 meteorological stations distributed throughout the country were obtained from the National Institute of Meteorology. Due to the scope of the Brazilian territory and the great interference of climate change in recent years, the period from January 2011 to December 2021 was adopted for conducting the study. Subsequently, the Penman-Monteith equation (FAO-56) was applied to calculate evapotranspiration. Moving averages were then calculated for the desired critical intervals. Using the Simple Kriging technique, interpolated maps were generated that provided evapotranspiration correction factors for the entire Brazilian territory. It was observed that the use of daily data from the monthly average underestimates the evapotranspiration values for critical intervals. When comparing the monthly average and the 7-day critical interval, correction factors ranging from 1.04 to 1.35 were found. This represents a 4% to 35% reduction in the amount of water to be supplied by an irrigation system, which may result in losses in agricultural productivity. The use of adequate evapotranspiration values can directly influence the proper management of water resources, since it improves the accuracy of the preparation and execution of irrigation projects.

Keywords: irrigated agriculture; irrigation projects; evapotranspiration.

INDICADORES DE IMPACTO

Ao analisar o presente trabalho, é possível verificar impactos sociais, econômicos e ambientais. O estudo engloba todo o território brasileiro sendo capaz de auxiliar todas as regiões do país com relação ao dimensionamento de sistemas de irrigação. A irrigação tem grande participação na alimentação da população, o que faz com que o aprimoramento dos projetos consiga fornecer mais alimentos atingindo o fator social no quesito de fornecimento de alimentos às pessoas. Por outro lado, o desenvolvimento de técnicas mais apuradas para dimensionar sistemas aumenta a produtividade, trazendo retorno econômico para os produtores e demais pessoas envolvidas no ramo. Por último, e não menos importante, existem questões ambientais, uma vez que é possível observar transformações no uso da água, de tal modo que ela seja usada de forma racional e sustentável, evitando o desperdício, bem como sua falta, diminuindo assim o desgaste desse recurso natural. A utilização de valores adequados de evapotranspiração pode influenciar diretamente na adequada gestão dos recursos hídricos, uma vez que melhora a precisão da elaboração e da execução de projetos de irrigação. Além disso, espera-se que uma adequada ferramenta de estimativa de valores críticos de evapotranspiração possa ser utilizada por órgãos gestores de recursos hídricos para a fiscalização e concessão de outorgas. O presente estudo, dessa forma, enquadra-se em tópicos de meio ambiente, além de novas tecnologias que permitem o aprimoramento do dimensionamento de sistemas, de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas.

IMPACT INDICATORS

By analyzing this work, it is possible to verify social, economic and environmental impacts. The study encompasses the entire Brazilian territory and is capable of assisting all regions of the country in relation to design of irrigation systems. Irrigation plays a major role in feeding the population, which means that improving projects can provide more food, reaching the social factor in terms of providing food to people. On the other hand, the development of more accurate techniques for dimensioning systems increases yield, bringing economic returns to producers and other people involved. Last, but not least, there are environmental issues since it is possible to observe transformations in use of water, so that it is used in a rational and sustainable way, avoiding waste as well as its lack, thus reducing the wear and tear of this natural resource. The use of adequate evapotranspiration values can directly influence adequate management of water resources, since it improves the precision of the preparation and execution of irrigation projects. Furthermore, it is expected that an adequate tool for estimating critical evapotranspiration values can be used by water resource management agencies for monitoring and granting permits. This study therefore fits into environmental topics as well as new technologies that allow for the improvement of system sizing, in accordance with the United Nations Sustainable Development Goals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição dos métodos de irrigação predominantes por município brasileiro para o ano de 2021, segundo dados do Atlas Irrigação.	20
Figura 2 - Representação do semivariograma em forma de gráfico e parâmetros de ajuste (efeito pepita, contribuição, patamar e alcance).....	27
Figura 3 - Comparação da distribuição das estações automáticas do território brasileiro antes e após o tratamento dos dados.	29
Figura 4 - Gráfico Boxplot gerado a partir dos valores calculados da evapotranspiração média mensal para o território brasileiro.....	32
Figura 5 - Distribuição espacial para todo território Brasileiro, da evapotranspiração máxima calculada (mm dia^{-1}) com média dos valores diários para o mês mais crítico.	35
Figura 6 - Distribuição espacial para todo território brasileiro da evapotranspiração máxima calculada (mm dia^{-1}) com média móvel dos valores diários em intervalos de 10 dias.	37
Figura 7 - Distribuição espacial para todo território Brasileiro, da evapotranspiração máxima calculada com média móvel dos valores diários (mm dia^{-1}) em intervalos de 7 dias.	39
Figura 8 - Distribuição espacial para todo território brasileiro da evapotranspiração máxima (mm dia^{-1}) calculada com a média móvel dos valores diários em intervalos de 5 dias.	41
Figura 9 - Distribuição espacial para todo território Brasileiro, da evapotranspiração máxima calculada com a média móvel dos valores diários (mm dia^{-1}) em intervalos de 3 dias.....	41
Figura 10 - Comparação da distribuição espacial da evapotranspiração a partir da média mensal com a média de 3 dias.	43
Figura 11 - Comparação da evapotranspiração máxima diária calculada a partir da média mensal e a evapotranspiração diária máxima calculada para o intervalo crítico de 7 dias.	44
Figura 12 - Mapa gerado pela divisão da média da evapotranspiração estimada para o intervalo de 7 dias pela evapotranspiração estimada com base na média mensal.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Culturas irrigadas predominantes no Brasil para o ano de 2021 de acordo com dados da ANA.....	18
Tabela 2 - Áreas irrigadas por cada método e sistema no Brasil, em hectares para o ano de 2020.	19
Tabela 3 - Principais estados brasileiros com irrigação por pivô central segundo a ANA para o ano de 2022.....	21
Tabela 4 - Principais municípios com irrigação por pivô central no Brasil de acordo com dados do mapeamento realizado pela ANA, para o ano de 2022.	21
Tabela 5 - Parâmetros de ajuste dos modelos geostatísticos, classificação e análise de regressão do erro da validação cruzada.	34
Tabela 6 - Velocidade de Infiltração Básica (mm h^{-1}) e da Disponibilidade Total de Água no Solo (mm cm^{-1}), de acordo com as principais texturas de solo segundo o Manual da Irrigação 7ª edição de 2005.....	47

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água e Saneamento
ETo	Evapotranspiração de referência
ONU	Organização das Nações Unidas
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
ICID	Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem
ABIMAQ	Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos
CSEI	Câmara Setorial de Equipamentos para Irrigação
SIG	Sistema de Informação Geográfica
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
CNPAF	Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
PM	Penman-Monteith

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	HIPÓTESE	14
3	OBJETIVOS	15
3.1	Objetivo geral	15
3.2	Objetivos específicos	15
4	REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1	Importância da agricultura irrigada no mundo	16
4.2	Importância da agricultura irrigada no brasil	17
4.3	Dimensionamento de projetos de irrigação	22
4.4	Dificuldades encontradas para realização de um bom projeto	22
4.5	Impactos causados na produtividade pela carência de água	23
4.6	Estimativa da evapotranspiração nos dias atuais	24
4.7	Desafios e perspectivas futuras	25
4.8	Geoespacialização	26
5	MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1	Aquisição de dados	28
5.2	Tratamento dos dados	28
5.3	Cálculo da evapotranspiração	29
5.4	Análise exploratória dos dados	31
5.5	Cálculo das médias móveis	32
5.6	Geração de mapas	33
5.7	Mapeamento dos fatores de correção	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
7	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICE	56
	APÊNDICE A – DADOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO PARA O PERÍODO DE 7 DIAS E MENSAL	56

1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada desempenha um papel crucial no contexto global da segurança alimentar e na otimização do uso dos recursos hídricos. No Brasil, um país com vasta extensão territorial e diversidade climática, a prática da irrigação é fundamental para garantir a produtividade e a estabilidade da produção agrícola. Em particular, a compreensão e o dimensionamento preciso dos requisitos diários de irrigação são essenciais para garantir o sucesso dos sistemas de irrigação empregados.

A demanda crescente por alimentos e produtos agrícolas de qualidade, aliada à variabilidade climática, destaca a importância da implementação de sistemas de irrigação eficazes. No entanto, o dimensionamento adequado desses sistemas é um desafio complexo que envolve não apenas considerações técnicas, mas também fatores ambientais, econômicos e sociais.

No cenário brasileiro, em que a agricultura desempenha um papel de destaque na economia, a eficácia no uso da água se torna uma prioridade. A necessidade de projetos de irrigação precisos e bem dimensionados é crucial para atender não apenas às demandas de produção agrícola, mas também para promover o uso sustentável dos recursos hídricos. Os sistemas de irrigação adequados não apenas melhoram a produtividade, mas também reduzem o desperdício de água, um recurso valioso e muitas vezes escasso.

Contudo, a execução de um projeto de irrigação eficaz enfrenta desafios significativos. Desde a seleção do sistema mais apropriado para determinada cultura e região até a avaliação dos fatores climáticos e de solo, a complexidade na concepção e execução desses projetos demanda conhecimentos interdisciplinares e especializados.

O dimensionamento de sistemas de irrigação com capacidade de aplicação inadequada, especialmente com capacidade subestimada, pode gerar projetos que não atendam a real necessidade de cada local. Com a disponibilidade limitada de dados climáticos para se estimar a capacidade de aplicação dos sistemas de irrigação em diferentes locais do território nacional, é necessária uma alternativa para se chegar a essa “Lâmina máxima, ou capacidade máxima do projeto”.

2 HIPÓTESE

O uso de valores médios de evapotranspiração mensal para estimar a capacidade máxima de aplicação de água de um sistema de irrigação subestima a demanda da cultura. Sendo assim, é possível gerar, a partir de dados diários utilizando intervalos críticos, mapas de demanda máxima de aplicação de água para todo o território nacional.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Gerar mapas de evapotranspiração dos períodos críticos de 3, 5, 7 e 10 dias para todo o território do Brasil utilizando ferramentas do Sistema de Informação Geográfica, contribuindo para o dimensionamento de projetos de irrigação, inclusive nas regiões não monitoradas pelos principais órgãos do país, aplicando técnicas de Geoestatística.

3.2 Objetivos específicos

- Calcular as médias móveis de evapotranspiração para períodos críticos de 3, 5, 7 e 10 dias;
- Comparar os resultados dos valores críticos com as médias mensais;
- Encontrar fatores de correção da evapotranspiração para as regiões do Brasil.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Importância da agricultura irrigada no mundo

Segundo Angelakis (2020), a prática da irrigação desempenhou um papel fundamental no expansionismo e desenvolvimento das civilizações antigas. A adoção de uma gestão mais racional da água possibilitou o aprimoramento das práticas agropecuárias, refletindo-se como um catalisador essencial para o progresso dessas sociedades.

Globalmente, a agricultura irrigada é responsável por uma parcela significativa da produção de alimentos, cerca de 40% dos alimentos utilizados mundialmente advêm de áreas irrigadas (Evans; Sadler, 2008; Mpangaa; Idowub, 2021). Em um mundo com uma população crescente, estima-se que a demanda por alimentos aumentará exponencialmente nas próximas décadas. Friede (2020) mostra em seus trabalhos que projeções feitas pela Organização das Nações Unidas estimam um aumento de 2,2 bilhões de pessoas a mais no mundo até o ano de 2050. A irrigação é essencial para atender a essa crescente demanda, permitindo a produção de alimentos em maior escala e em regiões onde as condições climáticas naturais seriam limitantes para o cultivo (Paz; Teodoro; Mendonça, 2000).

Em nível mundial, conforme dados apresentados no Atlas Irrigação (2021), elaborado pela Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA), destaca-se que os países com as maiores áreas irrigadas são China, Índia e EUA, com aproximadamente 70 milhões de hectares para os dois primeiros e 25,7 milhões de hectares para os Estados Unidos. Essas nações consolidam-se como expressivos exportadores de *commodities*, reforçando a importância estratégica da irrigação no contexto global. Essa expansão da prática irrigada em países de destaque reforça a relevância desse método para a produção agropecuária em larga escala, além de evidenciar o papel crucial desempenhado por esses países no cenário agrícola internacional.

A China, no cenário atual, é responsável pelo abastecimento de cerca de 22% da alimentação mundial, contudo, devido ao alto desenvolvimento econômico do país, havia uma exploração descontrolada dos recursos hídricos (Lu *et al.*, 2021). Wang *et al.* (2019) apresentam em seus estudos a evolução chinesa no processo de irrigação. Dados da Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) do ano de 2010 mostram que a área irrigada chinesa era de 60 milhões de hectares, 10 milhões a menos quando comparados com os dados da ANA em 2021. Considerada como uma potência mundial, a produção de cereais e algodão predomina no país, e essa ascensão ao cenário da agricultura irrigada foi possível com o auxílio de políticas

governamentais de incentivo, como por exemplo melhorias das técnicas de irrigação, para o uso eficiente da água.

Ainda focando nos principais países irrigadores do mundo, os EUA, em que existe um predomínio na utilização de pivôs (segundo Zhang *et al.*, 2021, cerca de 55% das áreas irrigáveis utilizam pivô, principalmente na produção de cereais), os avanços no setor da irrigação também são consideráveis. O algodão e a alfafa, que eram as culturas mais irrigadas, foram substituídos pelo milho e a soja (Hrozencik, 2021). Ao passar dos anos, houve aumento no número de terras irrigadas (aproximadamente 1 milhão de hectares nos últimos 10 anos, passando de 24,7 milhões para 25,7 milhões de hectares irrigados de acordo com ICID em 2009 e ANA em 2021) simultaneamente a uma redução de quantidade de água utilizada, podendo concluir que existem melhoras no que tange ao uso eficiente da água (Taghvaeian *et al.*, 2020).

A Índia, que também se encontra entre os cinco maiores países com área irrigável do planeta, aumentou suas áreas irrigadas nos últimos anos, passando de 62 milhões de hectares no ano de 2010 para 70 milhões de hectares irrigados no ano de 2021, segundo dados da ANA (2021). O país não utiliza a irrigação somente para a produção de alimentos, Mishra *et al.* (2020) mostra em seu trabalho que, por meio de dados obtidos via satélite, a irrigação conseguiu proporcionar uma diminuição na temperatura a superfície da Planície Indo-Gangética com valores entre 0,5 e 1,5 °C, o que se torna de fato benéfico, uma vez que o país sofre com aumento populacional e de temperatura.

Oriente Médio, Norte de África, Ásia Central, Índia e China estão localizados em regiões em que predomina um baixo índice de precipitação. Frente a esse cenário, os produtores são obrigados utilizar a água disponível em cursos de água e também em aquíferos. Essa prática acaba gerando, por consequência, um desgaste exacerbado dos recursos hídricos, impactando no ambiente em questão (FAO, 2017).

A importância da agricultura irrigada também está associada a desafios significativos. Para Christofidis (2013), a pressão sobre os recursos hídricos, a necessidade de gestão sustentável da água, os impactos ambientais decorrentes do uso excessivo de água e os desafios enfrentados pelos agricultores para garantir práticas sustentáveis são questões críticas associadas à irrigação em escala global.

4.2 Importância da agricultura irrigada no Brasil

No contexto brasileiro, a agricultura irrigada desempenha um papel crucial na economia do país. Com um vasto território e uma gama diversificada de climas, o Brasil possui áreas com

diferentes níveis de pluviosidade, o que torna a irrigação um componente vital para garantir a produção agrícola consistente ao longo do ano. A prática da irrigação permite o cultivo de uma variedade de culturas em diferentes regiões, impulsionando não apenas a produção para o mercado interno, mas também para a exportação, contribuindo significativamente para a balança comercial do país (Guimarães, 2020).

Segundo Vieira Júnior *et al.* (2022), o Brasil está inserido em um importante conjunto de países com possibilidade de expansão de áreas irrigadas. No cenário atual, o território brasileiro possui por volta de 8 milhões de hectares irrigados. Levando em consideração políticas voltadas para a sustentabilidade, como por exemplo a gestão correta dos recursos hídricos, esse valor poderá atingir 50 milhões de hectares nos próximos anos.

A agricultura irrigada no Brasil é responsável por grande parte da produção de *commodities* agrícolas, como soja, milho, cana-de-açúcar, café, frutas, hortaliças, entre outros. Segundo dados da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (2021), a cana fertirrigada lidera o *ranking* de culturas mais irrigadas no Brasil, com um valor aproximado de 2,9 milhões de hectares, seguido pelo arroz, com aproximado 1,3 milhão de hectares.

A Tabela 1 mostra dados extraídos da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico para o ano de 2021, sobre as culturas irrigadas que predominam em território brasileiro.

Tabela 1 - Culturas irrigadas predominantes no Brasil para o ano de 2021, de acordo com dados da ANA.

Cultura	Área (ha)	%
Cana	747.290	9,12%
Arroz	1.304.007	15,91%
Café	449.283	5,48%
Demais culturas em pivôs centrais	1.445.111	17,63%
Demais culturas e sistemas	1.345.784	16,42%
SUBTOTAL	5.291.475	64,57%
Outras áreas irrigadas	5.291.475	64,57%
Cana fertirrigada	2.903.915	35,43%
TOTAL	8.195.390	100,00%

Fonte: Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (2021).

Segundo Guimarães (2020), a irrigação não apenas supre a demanda nacional, mas também consolida o Brasil como um dos principais personagens no mercado global de *commodities* agrícolas. A agricultura irrigada é um fator-chave na geração de empregos, especialmente em regiões rurais, contribuindo para o crescimento econômico e a redução das desigualdades sociais.

Vieira Júnior *et al.* (2022) mostram em seus estudos que, de acordo com levantamentos realizados pela Câmara Setorial de Equipamentos para Irrigação (CSEI) em conjunto com a Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ) para o ano de 2020, as áreas irrigadas por pivô central aumentaram aproximadamente 117.000 hectares por ano, seguido pela irrigação localizada com 78.775 hectares por ano, quando comparadas com o ano anterior.

A Tabela 2 traz dados apresentados por Carvalho (2020a), em seu trabalho, mostrando a relação de cada método e sistema de irrigação com a área irrigada no Brasil. Vale ressaltar que, por ser um trabalho de 2020, esses dados podem ter sofrido mudanças para o cenário atual.

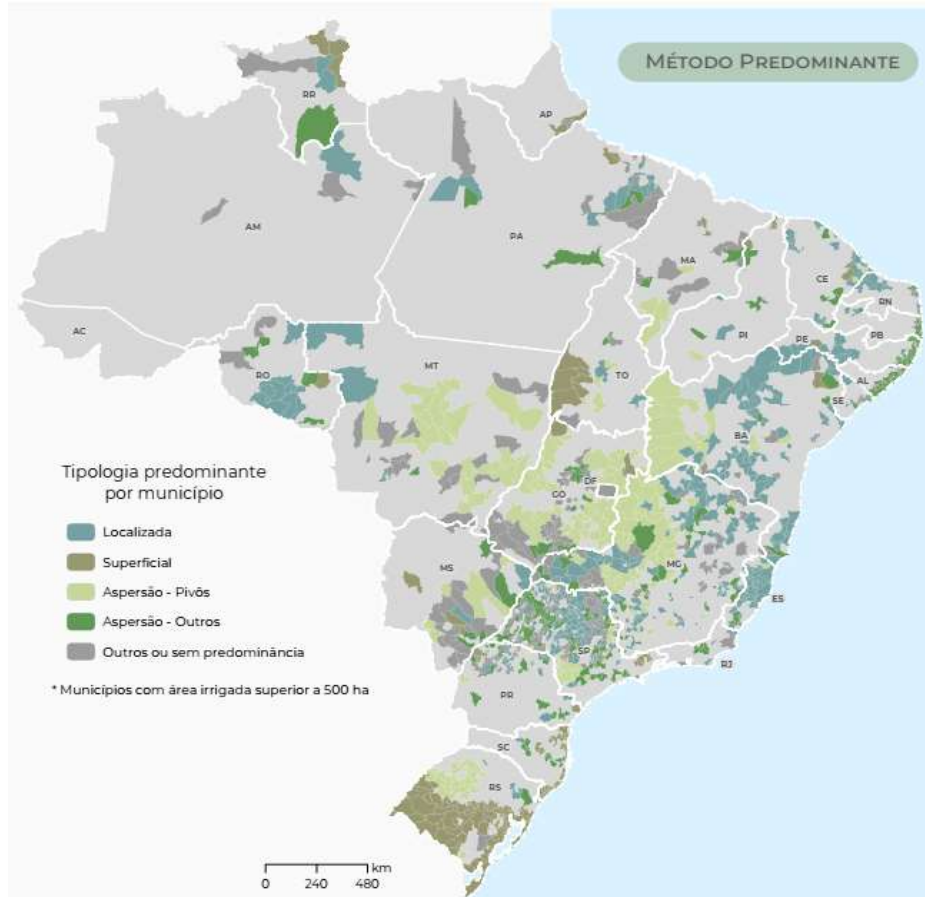
Tabela 2 - Áreas irrigadas por cada método e sistema no Brasil, em hectares, para o ano de 2020.

Método/Sistema	Área (ha)
Gotejamento	1.038.719
Microaspersão	641.803
Inundação	1.451.566
Sulco	89.740
Autopropelido	780.386
Pivô central	1.435.037
Aspersão convencional	1.098.383
Outros métodos	363.784

Fonte: Carvalho (2020a).

A Figura 1 foi extraída do Atlas Irrigação (2021), da ANA, e apresenta o mapa do Brasil, com cada método de irrigação predominante por município.

Figura 1 - Distribuição dos métodos de irrigação predominantes por município brasileiro, para o ano de 2021, segundo dados do Atlas Irrigação.



Fonte: ANA (2021).

Segundo dados mais atualizados da ANA, foi registrado um aumento de mais de 24% em relação ao número de terras irrigadas por pivô central no território brasileiro quando comparado ao ano de 2019 (ano em que foi considerado para produção do Atlas Irrigação 2021, em que as imagens acima foram extraídas), totalizando 370 mil hectares.

De acordo com o levantamento, cerca de 92,5% das áreas irrigadas se concentram em 6 estados.

A Tabela 3 mostra os principais estados irrigados com pivô central no Brasil e suas respectivas porcentagens.

Tabela 3 - Principais estados brasileiros com irrigação por pivô central, segundo a ANA, para o ano de 2022.

Estado	Porcentagem (%) da área irrigada por pivô central no Brasil
Minas Gerais	29,2
Goiás	16,3
Bahia	15,3
São Paulo	12,9
Rio Grande do Sul	10,2
Mato Grosso	8,6
Total	92,5

Fonte: ANA (2022).

Além disso, o mapeamento mostra também os municípios brasileiros com maior área irrigada por pivô central.

A Tabela 4 mostra os principais municípios brasileiros com áreas irrigadas por pivô central.

Tabela 4 - Principais municípios com irrigação por pivô central no Brasil, de acordo com dados do mapeamento realizado pela ANA, para o ano de 2022.

Município	Estado	Hectares irrigados
Paracatu	MG	79,9 mil
Unai	MG	72,7 mil
Cristalina	GO	65,6 mil
São Desidério	BA	56,5 mil
Barreiras	BA	48,2 mil
Total		312,9 mil

Fonte: ANA (2022).

Grande parte da área equipada com pivôs no Brasil se concentra nos Polos Nacionais de Agricultura Irrigada. A área identificada como Grande Polo Nacional é composta por 743,3 mil ha, o que inclui os seguintes polos: Alto Rio Preto (DF/GO), São Marcos (DF/GO/MG), Alto Paracatu-Entre RIBEIROS (MG), Alto Araguari-Paranaíba (MG), Guaíra-Miguelópolis (MG/SP) e Rio Pardo e Mogi Guaçu (SP).

O custo para a instalação de um pivô é baseado em variáveis de projeto, como por exemplo: declividade do terreno, distância do bombeamento, altura manométrica, tamanho da área a ser irrigada e a própria lâmina aplicada (Pazuch, 2021). Os valores podem variar de 20 a 35 mil reais por hectare.

Como pode ser observado, a irrigação é utilizada em todo território brasileiro, uma vez que contribui diretamente para aumentar a produtividade agrícola. Contudo, para que se eleve a produção, mais recursos acabam sendo utilizados. Para Christofidis (2013), um ponto

importante a ser considerado é que recursos naturais utilizados de forma irracional podem gerar consequências futuras desastrosas. Frente a esse cenário, torna-se indispensável contar com práticas de sustentabilidade. Algo de grande relevância para o desenvolvimento sustentável se dá em relação ao gerenciamento correto e eficiente dos recursos hídricos (Rodrigues, 2017). Um dos pilares que rege esse tópico é mostrado pelo dimensionamento correto de sistemas de irrigação. Projetos bem executados evitam desperdício da água, fazendo com que ela seja usada de forma racional (Faggion; Oliveira; Christofidis, 2009).

4.3 Dimensionamento de projetos de irrigação

Projetar a irrigação é uma prática antiga, que surgiu com as antigas civilizações. Os registros dos primeiros componentes de sistemas de irrigação datam do ano de 1926 (Dib, 2020). Para Albuquerque (2000), essa prática é indispensável, uma vez que consegue levar água na quantidade, no tempo e modo correto necessários à planta.

De acordo com Andrade (2001), o fracasso de muitos negócios está diretamente conectado ao dimensionamento incorreto de sistemas de irrigação. Isso resulta na insatisfação de produtores que é adicionado ao grande desperdício de água e outros recursos naturais e socioeconômicos demandados durante a realização dos projetos.

A função principal da irrigação é prover a demanda de água de uma determinada cultura, que não é suprida apenas com a precipitação. Diante desse exposto, o dimensionamento de um sistema de irrigação se inicia com o conhecimento das quantidades hídricas que a cultura necessita. Essa necessidade é influenciada por algumas variáveis, as quais se destacam o clima, o solo e as próprias características da cultura (Bezerra; Mansur, 2023).

Conhecer as características do solo torna-se relevante, uma vez que influencia diretamente na escolha de componentes do sistema (escolha de um aspersor, por exemplo, com base na taxa de infiltração de água no solo), conforme mostra De Almeida Júnior, De Castro e Santos (2020) em seu trabalho. O mesmo ocorre com o clima e a cultura, que de forma conjunta fornecem dados necessários para estimar a lâmina de água que será aplicada pelo sistema de irrigação (Alves, 2020).

4.4 Dificuldades encontradas para realização de um bom projeto

A combinação da quantidade de água perdida em uma superfície coberta por vegetação, em conjunto com a evaporação direta da superfície do solo mais a água perdida por plantas pela

transpiração, dá origem a evapotranspiração. Para a obtenção dessa variável existem métodos diretos, como por exemplo os lisímetros, e também métodos indiretos, que são as equações que estimam o valor, utilizando dados meteorológicos (Araújo *et al.*, 2010).

Monteiro (2023) mostra em seu trabalho as variáveis climáticas que mais contribuem para alterações na evapotranspiração. Como resultado, a temperatura é a variável com maior influência na evapotranspiração, de tal forma que regiões com temperaturas mais elevadas tendem a apresentar, por consequência, valores mais acentuados de evapotranspiração.

Segundo Bezerra e Mansur (2023), o conhecimento da lâmina correta de irrigação, com base na estimativa da evapotranspiração, pode prevenir possíveis desperdícios de água, uma vez que o excesso de água pode culminar em fenômenos de lixiviação de solo, impactando tanto no meio ambiente, quanto no bolso dos produtores.

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) apresenta, em seus boletins, trabalhos produzidos por diversos pesquisadores em que a evapotranspiração de referência (ET_o) é estimada de diferentes maneiras, por meio de métodos indiretos, a partir de dados coletados por estações meteorológicas. De acordo com Carvalho (2020b), os dados obtidos por meio de estações meteorológicas automáticas possuem uma boa confiabilidade.

Atualmente, a metodologia de Penman-Monteith é classificada como o método padrão para estimativa da evapotranspiração de referência pela FAO, exposto em seu boletim 56. Contudo, a equação requer muitas variáveis de entrada, de forma que em muitos casos os dados sejam escassos. Frente a isso, alguns outros métodos, como por exemplo Thornthwaite, Hargreaves & Samani e o próprio método da radiação FAO-24, mostram-se com um desempenho satisfatório no cálculo da ET_o (Conceição; Mandelli, 2005).

Segundo Jensen, Burman e Allen (1990), um empecilho da utilização das diferentes metodologias é que possuem especificidade com relação à localização onde os estudos foram conduzidos e, dessa forma, torna-se indispensável a calibração para condições locais em questão, caso contrário existe grande possibilidade da ocorrência de erros.

Além disso, de acordo com Lima (1991), citado por Back (2007), os melhores resultados obtidos com cada metodologia podem variar de acordo com o período desejado, ou seja, um determinado método pode não ser adequado para estimativas mensais, contudo pode ser útil para ser utilizado em períodos mais curtos.

4.5 Impactos causados na produtividade pela carência de água

A água é um recurso de extrema importância no que tange à produtividade, uma vez que atua em diversos processos fisiológicos da cultura. O estresse hídrico, principalmente nas fases de maior necessidade por parte da cultura, é fator limitante ao desenvolvimento e crescimento da cultura, impactando diretamente na produção vegetal (Alves, 2020).

Segundo Albuquerque (2000), para fins práticos, um projeto de irrigação leva em consideração as situações mais críticas, ou seja, os piores cenários que serão enfrentados pela cultura durante seu ciclo.

A utilização da evapotranspiração baseada na média mensal pode ser um passo inicial para determinação da demanda hídrica da cultura. Entretanto, esses valores devem ser alterados para garantir a produção, visto que podem subestimar os valores reais de necessidade de água das plantas, alterando a morfologia e fisiologia e, conseqüentemente, a produtividade (Campos; Santos; Nacarath, 2021).

Segundo Campos, Santos e Nacarath (2021), a falta de água compromete os processos fotossintéticos, transporte e absorção de nutrientes por parte das plantas, além de ocasionar o fechamento estomático, recurso que atua como mecanismo de defesa da cultura.

Como consequência aos acontecimentos supracitados, existe uma diminuição da área foliar, menor taxa de germinação, pode haver impedimento do florescimento, diminuição do enchimento de grãos, menor turgência, além de acelerar o processo de senescência, causando a morte da planta (Ferrari; Da Paz; Silva, 2015).

O aumento da quantidade de água fornecida a uma cultura implica em maiores gastos no projeto de irrigação (tubulação, aspersores ou gotejadores, energia, etc.), contudo, esses custos são supridos com a produtividade que é garantida, uma vez que atenderá a demanda de água, como mostram Alves (2023), no experimento com cebolinha verde, e Calvet (2023), em seu trabalho com coco verde, a influência de lâminas de irrigação (próximas da necessidade real da cultura) no aumento da produtividade.

4.6 Estimativa da evapotranspiração nos dias atuais

É notório que o clima no mundo está sofrendo mudanças. Por consequência, a ocorrência de eventos extremos torna-se cada vez mais frequente, como por exemplo chuvas intensas, secas e ondas de calor. Segundo Alpino (2022), houve um aumento considerável no número de eventos que ocorrem por ano, o que acarreta em mudanças na parte de dimensionamento e monitoramento de sistemas de irrigação, principalmente em relação à estimativa da evapotranspiração.

Estimar a evapotranspiração é um ponto crucial para o sucesso de um projeto de irrigação. Como já citado anteriormente, a medição pode ser feita de forma direta, com o uso de lisímetros ou por meio de modelos empíricos. Contudo, para Jia *et al.* (2023), a utilização de lisímetros acaba sendo limitada devido aos custos de implantação. Consoante essa limitação, os modelos empíricos necessitam de uma gama de variáveis de entrada, fazendo com que em diversos cenários não seja fácil o seu uso (Kumar *et al.*, 2023).

Nos dias atuais, com o avanço da tecnologia, todos os setores da economia são afetados, e na área agrícola não é diferente. Diante disso, diversos pesquisadores já estão correlacionando a inteligência artificial para estimativas da evapotranspiração (Kumar *et al.* 2023). Segundo Farias *et al.* (2020), o aprendizado de máquinas tem se mostrado como uma boa alternativa para se estimar a evapotranspiração, apresentando resultados satisfatórios.

Em nível nacional, Farias *et al.* (2020), por meio de um estudo na região de MATOPIBA (região formada pelo estado do Tocantins e partes dos estados do Maranhão, Piauí e Bahia), concluíram que métodos de aprendizado de máquinas apresentam resultados superiores a métodos convencionais existentes na literatura, com um acréscimo de desempenho quando se aumenta o número de variáveis de entrada. Segundo Ferraz (2014), o uso de redes neurais artificiais em locais em que exista uma carência de dados meteorológicos torna-se uma alternativa interessante para substituir Penman-Monteith.

4.7 Desafios e perspectivas futuras

No Brasil e no mundo, a busca por práticas agrícolas mais sustentáveis é imperativa. Isso inclui a promoção do uso eficiente da água na agricultura, o desenvolvimento de tecnologias que reduzam o desperdício e a busca por sistemas de irrigação mais precisos e adaptados a diferentes condições locais. Para Moraes (2021), a implementação de políticas e estratégias para a conservação dos recursos hídricos e a mitigação dos impactos ambientais é fundamental para garantir a continuidade da agricultura irrigada de forma sustentável.

A pesquisa contínua e o desenvolvimento de novas técnicas, aliados à colaboração entre setores público e privado, são cruciais para enfrentar os desafios e maximizar os benefícios da agricultura irrigada, tanto no Brasil quanto no mundo. A adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis na irrigação pode não apenas aumentar a produção agrícola, mas também contribuir para a conservação dos recursos naturais e a redução dos impactos ambientais (FAO, 2017).

Um assunto de extrema importância, no que toca o futuro da produção de alimentos, é em relação às mudanças climáticas. Segundo Alpino (2022), o assunto gera repercussão mundial, especula-se sua forte interferência na segurança alimentar, de tal forma que esteja diretamente ligada ao aumento da fome no mundo.

Na atualidade, fenômenos climáticos têm ganhado muito destaque, um exemplo é o *El Niño* e a *La Niña*, uma vez que afetam países produtores de *comodities*. De acordo com Arruda (2021), esses fenômenos alteram eventos de chuva, bem como as secas, de tal forma que é necessário um amplo estudo pela parte agrícola, para que a produção seja afetada o menos possível.

Existe uma relação direta entre as mudanças climáticas e a produção de alimentos, como conclui Alpino (2022) em seu trabalho, em que afirma ainda que, para perspectivas futuras, países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento tendem a ser mais afetados, estendendo-se também para o território brasileiro.

A gestão correta dos recursos hídricos, aumentando a eficiência dos sistemas de irrigação, minimizando perdas, será um dos pontos mais importantes para o sucesso da produção de alimentos, a fim de suprir a demanda da população, de acordo com a FAO (2017), que realizou estudos estimando a situação futura do mundo para o ano de 2050.

4.8 Geoespacialização

O uso das tecnologias disponíveis no mercado ajuda a solucionar ou mesmo amenizar problemas cotidianos dos mais diversos tipos, buscando sempre as soluções mais adequadas, de tal forma que exista uma economia de tempo e ganho de qualidade dos resultados obtidos (De Oliveira; Santos, 2019).

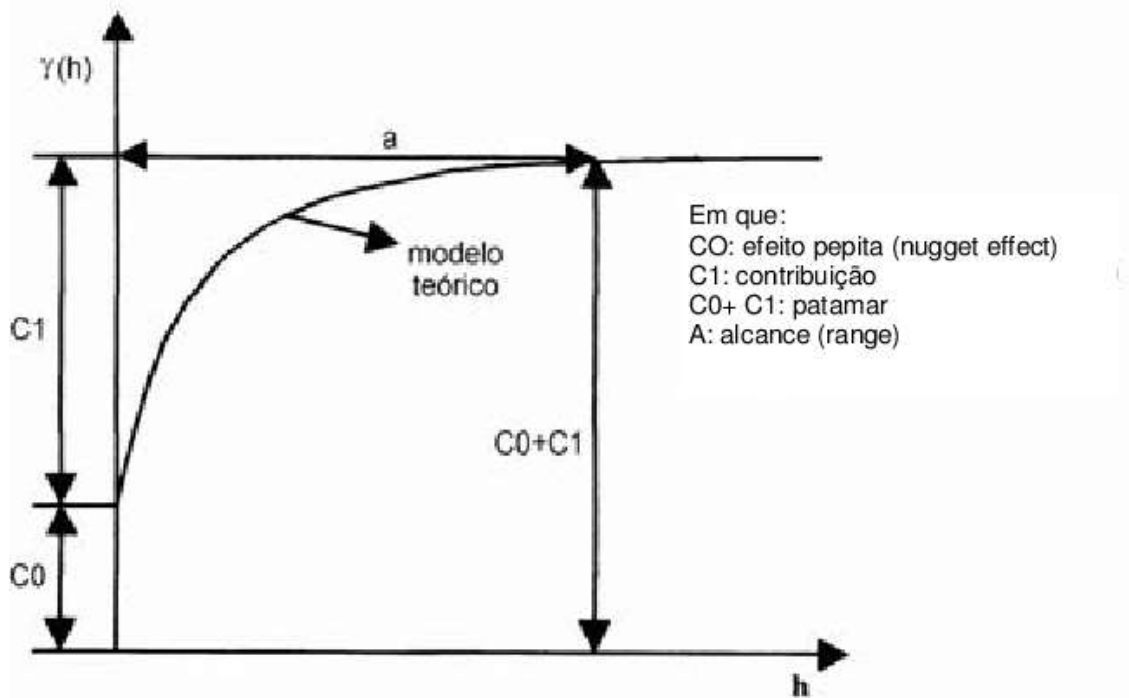
Nesse contexto, os mapeamentos se tornam recursos interessantes no que tange à organização espacial de dados. De acordo com De Oliveira e Santos (2019), mapear consiste em organizar os dados disponíveis de acordo com coordenadas geográficas, ou seja, realizar a manipulação de dados espaciais para o auxílio na análise e tomada de decisões.

No cenário brasileiro, em relação a dados meteorológicos, mapeamentos são úteis, visto que um dos grandes problemas existentes em relação a esse tipo de dados é a constante presença de falhas, frente a isso ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIGs) se tornam de grande valia, uma vez que, utilizando diferentes metodologias, conseguem preencher esses espaços vazios oriundos da ausência de dados (Brubacher; Oliveira; Guasselli, 2020).

De posse de um banco de dados que apresente falhas ou ausência de valores, uma metodologia muito difundida e com resultados interessantes é a interpolação. Tal técnica, a partir de pontos caracterizados e semelhantes, consegue estimar valores preenchendo as lacunas existentes na série de dados (Costa; Souza; Silva, 2020).

Um dos modelos de interpolação em grande uso pelos pesquisadores é a Krigagem, que usa a geoestatística para estimar dados em localidades desconhecidas, baseando-se em dados coletados de regiões próximas. Segundo Margeski e Virgens Filho (2021), modelos geoestatísticos superam os demais modelos, chamados de determinísticos, que estimam valores por médias, enquanto os primeiros levam em consideração ainda outras variáveis, como efeito pepita (valor da função variograma próximo à origem), anisotropia (variabilidade não se mantém constante em todas as direções) e amplitude (distância entre o campo aleatório e o campo estruturado). A Figura 2 mostra a representação gráfica do semivariograma e os principais parâmetros geoestatísticos para avaliação dos modelos de Krigagem.

Figura 2 - Representação do semivariograma em forma de gráfico e parâmetros de ajuste (efeito pepita, contribuição, patamar e alcance).



Fonte: Michelan, De Souza e Uribe-Opazo (2007).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Aquisição de dados

Os dados deste trabalho foram obtidos do Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Inicialmente foram utilizados dados horários de 587 estações automáticas distribuídas por toda extensão do território brasileiro, para o intervalo de 1 de janeiro de 2011 a 31 de dezembro de 2021. Optou-se pelas estações automáticas devido a uma maior confiabilidade dos dados medidos, visto que estações convencionais muitas vezes não possuem manutenção atualizada, o que pode gerar medições imprecisas.

A Região Norte conta com 88 estações distribuídas por seus estados, a Região Centro-Oeste conta com 101 estações, a Região Nordeste conta com 151 estações, a Região Sudeste conta com 152 estações e a Região Sul conta com 95 estações.

Como citado anteriormente, existe um menor número de estações na Região Norte do país, uma possível explicação é a quantidade de florestas fechadas que predominam nessas localidades, de tal forma que dificulta o acesso e instalação das estações.

5.2 Tratamento dos dados

O banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia subdivide as estações automáticas em relação ao seu estado de funcionamento, ou seja, possui estações operantes, com pane, fechadas, desativadas e temporariamente fechadas. Diante desse fato, o primeiro passo foi o descarte de todas as estações não operantes.

O banco de dados também possui estações incompletas, ou seja, estações mais novas, que foram instaladas após o ano de 2011, de tal forma que não existem dados para os anos propostos pelo estudo. Frente a isso, o segundo passo foi o descarte dessas estações.

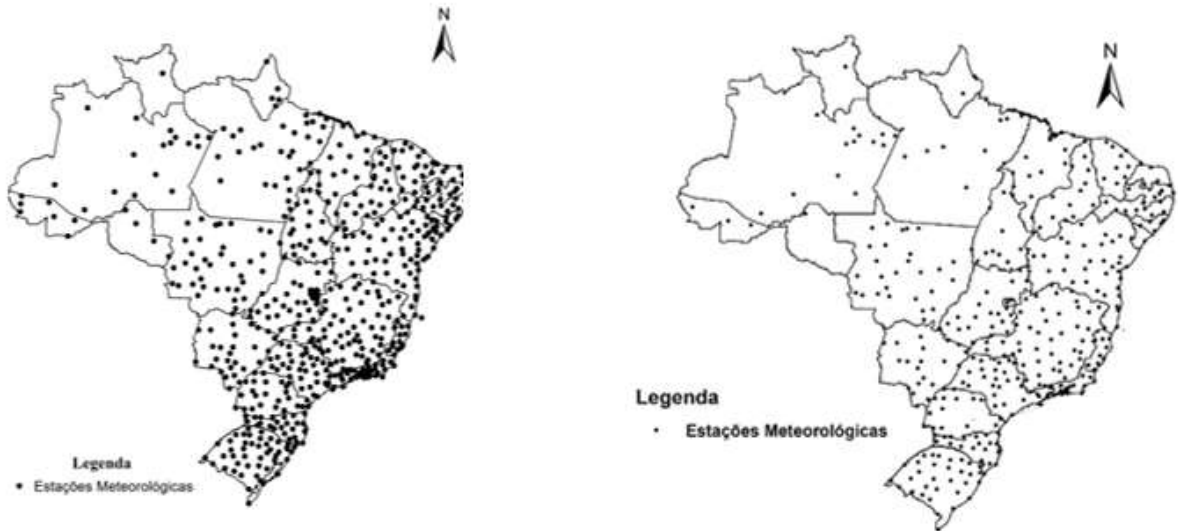
Estações automáticas são instrumentos que estão sujeitos ao aparecimento de falhas de leitura e medição, de tal forma que possa ocorrer valores incoerentes ou ausentes. Os descartes foram realizados para que erros como os citados anteriormente pudessem ser eliminados.

Para garantir a homogeneidade dos dados, foi feita a análise de consistência utilizando o modelo da dupla massa acumulada descrita por Bertoni e Tucci (2007). Tal metodologia se resume em selecionar a estação de interesse em conjunto com as estações mais próximas. Por

meio dos totais anuais é plotado um gráfico com as médias das demais estações, haverá consistência quando existir uma tendência linear dos dados.

Na Figura 3 é apresentada a comparação das estações automáticas distribuídas pelo território brasileiro antes e após o tratamento dos dados.

Figura 3 - Comparação da distribuição das estações automáticas do território brasileiro antes e após o tratamento dos dados.



Fonte: Do autor (2024).

5.3 Cálculo da evapotranspiração

De posse dos dados tratados, por meio da equação de Penman-Monteith-FAO, calculou-se a evapotranspiração de referência (ET_o) diária:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \frac{900}{T+273}u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)} \quad (1)$$

em que,

ET_o é a evapotranspiração de referência (mm d⁻¹);

R_n é a radiação líquida ou saldo de radiação (MJ m⁻² d⁻¹);

G é o fluxo de calor no solo, assumido o valor igual a zero (para cálculos diários é ignorado, devido à sua pequena magnitude);

T é a temperatura média do ar diária, medida a 2 m de altura (°C);

u₂ é a velocidade do vento, medida a 2 m de altura (m s⁻¹);

Δ é a declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹);

e_s é a pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a é a pressão de vapor real (kPa);

γ é a constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

Para cálculo dos termos independentes da equação de Penman-Monteith, tem-se que:

$$\gamma = 0,665 \times 10^{-3} P_{atm} \quad (2)$$

em que,

P_{atm} é a pressão atmosférica, kPa.

$$P_{atm} = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26} \quad (3)$$

em que,

z é a altura da estação ao nível do mar, m.

$$\Delta = \frac{4096 [0,6108 \exp \frac{17,27T}{T+237,3}]}{(T+237,3)^2} \quad (4)$$

em que,

\exp é a base logarítmica natural, 2,7183;

T é a média da temperatura do ar, °C.

$$e^o(T) = 0,6108 \exp \left[\frac{17,27T}{T+237,3} \right] \quad (5)$$

em que,

$e^o(T)$ é a pressão de saturação de vapor em uma determinada temperatura do ar, kPa;

T é a temperatura do ar, °C.

$$e_s = \frac{e^o(T_{máx}) + e^o(T_{mín})}{2} \quad (6)$$

em que,

e_s é a pressão de saturação de vapor, kPa.

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (7)$$

em que,

R_{ns} é a radiação de onda curta líquida que chega à superfície da terra, MJm²dia⁻¹;

R_{nl} é a radiação de onda longa líquida que chega à superfície da terra, MJm²dia⁻¹.

$$R_{ns} = R_s (1 - \alpha) \quad (8)$$

em que,

α é o albedo, 0,23.

$$R_{nl} = \alpha \left[\frac{T_{máxK^4} + T_{mínK^4}}{2} \right] (0,34 - 0,14 \sqrt{e_a}) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right) \quad (9)$$

em que,

σ é a constante de Stefan-Boltzmann, 4,903 x 10⁻⁹ MJm² dia⁻¹;

$T_{máxK}$ é a temperatura máxima absoluta durante período de 24 h, °K;

$T_{mínK}$ é a temperatura mínima absoluta durante período de 24 h, °K;

R_s é a radiação solar medida ou calculada, $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

R_{so} é a radiação de céu claro medida ou calculada, $\text{MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

$$R_{so} = (0,75 + 2 \times 10^{-5} z) R_a \quad (10)$$

em que,

z é a altitude da estação em relação ao nível do mar, m;

R_a é a radiação extraterrestre, $\text{MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

$$e_a = e^o(T_{min}) = 0,611 \exp\left[\frac{17,27 T_{min}}{T_{min} + 237,3}\right] \quad (11)$$

em que,

e_a é a pressão de vapor real, kPa;

$e^o(T_{mín})$ é a pressão de saturação de vapor na temperatura mínima, kPa;

$T_{mín}$ - temperatura mínima, °C.

$$R_s = k_{R_s} \sqrt{(T_{max} - T_{min})} R_a \quad (12)$$

em que,

R_s é a radiação solar, $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

R_a é a radiação extraterrestre, $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$;

T_{max} é a temperatura máxima, °C;

$T_{mín}$ é a temperatura mínima, °C;

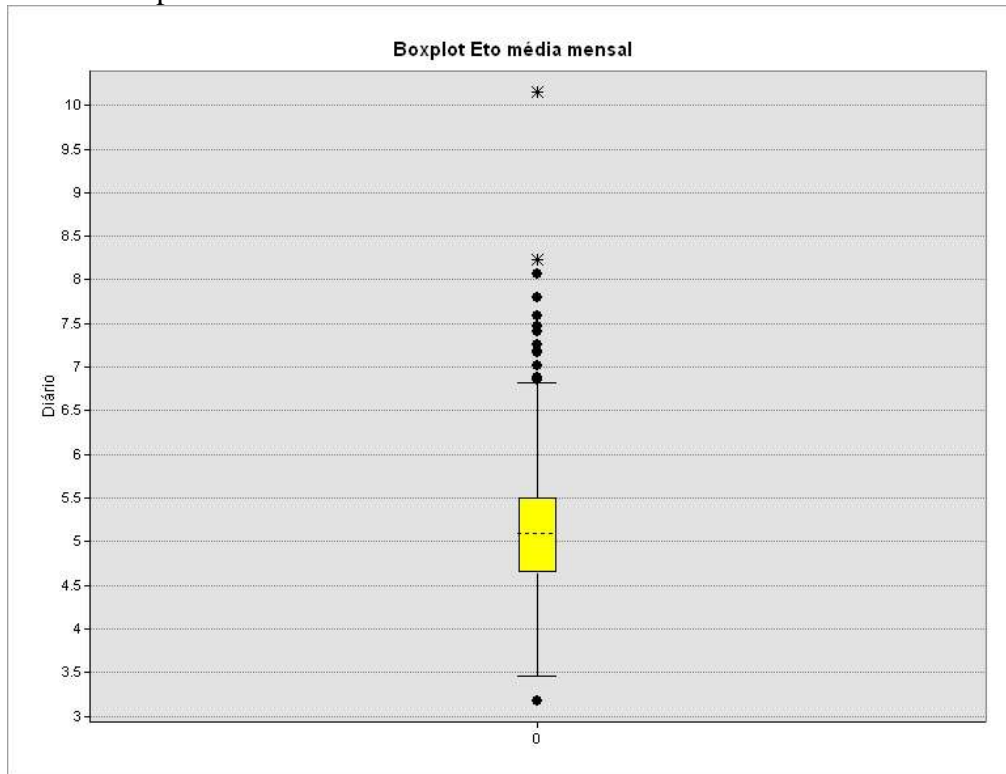
k_{R_s} é o coeficiente de ajuste, $^{\circ}\text{C}^{-0.5}$.

5.4 Análise exploratória dos dados

Posteriormente ao cálculo da evapotranspiração e anteriormente ao cálculo das médias móveis e uso da geoestatística, os dados foram submetidos a uma análise exploratória. O objetivo principal nessa etapa é identificar valores discrepantes que possam comprometer a série e alterar as médias, subestimando ou superestimando o resultado final esperado.

Para isso, foi gerado um gráfico por meio do *software* ArcGIS® no modelo *Boxplot*, sendo possível, a partir desse *software*, visualizar e identificar possíveis *outliers*. Na Figura 4 é apresentado o gráfico com os valores da evapotranspiração média mensal no formato *Boxplot*.

Figura 4 - Gráfico *Boxplot* gerado a partir dos valores calculados da evapotranspiração média mensal para o território brasileiro.



Fonte: Do autor (2024).

De posse do gráfico, identificamos os valores mais discrepantes para analisar a pertinência de exclusão ou não do dado. O *outlier* extremo é o município de Itaberaba-BA, que apresenta uma evapotranspiração média mensal de 10,15 mm dia⁻¹. Dessa forma, foi feita a análise dos dados medidos por essa estação meteorológica, na qual foram observados valores calculados de evapotranspiração diária na casa dos 40 mm dia⁻¹, o que indica a presença de falhas nessa estação, sendo necessária a sua exclusão para evitar o comprometimento da interpolação.

Os demais valores *outliers* também foram analisados, contudo não apresentavam irregularidades, além disso são regiões que na prática valores semelhantes já foram observados. Diante a esse cenário, esses dados não foram excluídos e fizeram parte da geoestatística.

5.5 Cálculo das médias móveis

A partir dos valores estimados de evapotranspiração diária, utilizando planilhas do *software* Microsoft Excel, foram calculadas as médias móveis dos valores críticos mensais para 10, 7, 5 e 3 dias.

A planilha percorre cada valor de evapotranspiração diária, realizando a média móvel para o intervalo definido, ou seja, se o intervalo crítico é o de 3 dias, por exemplo, a planilha seleciona o intervalo do 1º ao 3º dia, fazendo a média simples dos valores desses 3 dias (somando e dividindo pela quantidade de valores), em seguida do dia 2 ao dia 4, assim sucessivamente, repetindo o processo por toda a série, o que ocorre também para os outros valores propostos, respeitando suas particularidades.

De posse dos resultados obtidos, a planilha seleciona o valor mais crítico da série temporal estabelecida (1 de janeiro de 2011 a 31 de dezembro de 2021), e então divide pelo intervalo crítico posposto, obtendo a média diária.

5.6 Geração de mapas

Os mapas foram gerados com o auxílio da ferramenta ArcGIS®. Para estimar a evapotranspiração nas regiões com ausência de estações, foi utilizado o método de interpolação por Krigagem simples, uma vez que para o trabalho proposto foi a metodologia que melhor se adequou, conseguindo encontrar valores interpolados para todo o território brasileiro, enquanto outros modelos, como a Krigagem ordinária e IDW, não se ajustaram bem ao polígono, resultando em espaços “vazios”.

O modelo escolhido foi o Exponencial, que mostrou resultados satisfatórios com relação ao Grau de Dependência Espacial (comportamento dos dados e sua correlação). Este índice foi apresentado por Cambardella *et al.* (1994), dividido em fraco, moderado e forte e obtido pela seguinte equação:

$$DE = \left(\frac{C_0}{C_1 + C_0} \right) \cdot 100 \quad (13)$$

em que,

C_1 é a contribuição;

C_0 é o efeito pepita do modelo;

DE a dependência espacial.

Valores acima de 75% são classificados fracos, valores entre 25 e 75% são considerados moderados e abaixo de 25% são tidos como valores fortes para o modelo esférico. Além do cálculo de dependência espacial, foi feita a validação cruzada para escolha do melhor modelo. A Tabela 5 mostra os valores dos parâmetros do cálculo do Grau de Dependência Espacial (GD), efeito pepita (C_0), contribuição (C_1), patamar ($C_1 + C_0$) e a análise de regressão levando em consideração a Raíz do Erro Quadrático Médio (RMSE), gerado no próprio *software*.

Tabela 5 - Parâmetros de ajuste dos modelos geoestatísticos, classificação e análise de regressão do erro da validação cruzada.

Modelo	C₀	C₁	C₀ + C₁	GD	Classificação	RMSE
Gaussiano	0.59	0.45	1.04	56.73077	Moderada	0.530598
Esférico	0.52	0.51	1.03	50.48544	Moderada	0.515144
Exponencial	0.3	0.73	1.03	29.12621	Moderada	0.490848

Fonte: Do autor (2024).

5.7 Mapeamento dos fatores de correção

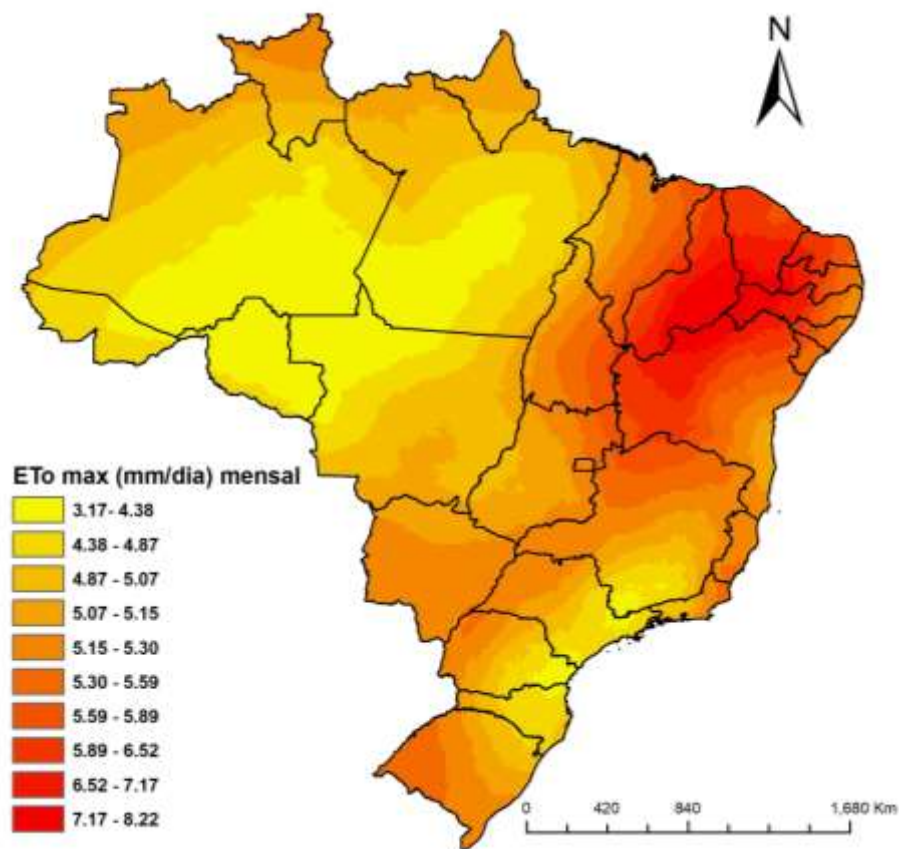
Uma ferramenta interessante do aplicativo ArcGis é a Calculadora de Rasters, oferecendo a possibilidade ao usuário fazer “operações com os mapas”. Pensando nisso, foi feita uma operação de divisão dos mapas acima, com o objetivo de gerar fatores de correção da média mensal, para que se possa encontrar valores mais aproximados da real necessidade de água pelas culturas. Frente a isso, dividiram-se os valores do intervalo crítico de 7 dias pelos valores críticos obtidos pela média mensal. Optou-se por fazer essa operação, pois para dimensionamentos de projetos de irrigação a utilização de valores semanais de evapotranspiração já é suficiente para a estimativa da demanda hídrica da cultura.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos com a geração dos mapas de evapotranspiração a partir da interpolação dos dados das estações automáticas.

A Figura 5 mostra a interpolação dos valores diários estimados a partir da média mensal da evapotranspiração.

Figura 5 - Distribuição espacial para todo território brasileiro da evapotranspiração máxima calculada (mm dia^{-1}) com média dos valores diários para o mês mais crítico.



Fonte: Do autor (2024).

Como pode ser observado na figura acima, existe uma maior taxa de evapotranspiração na Região Nordeste do país. Esta região possui umidade relativa baixa e elevados valores de radiação, influenciando diretamente na evapotranspiração, entretanto, existe a diferença entre a porção litorânea e região do sertão nordestino, que ocorre como resultado de um impedimento topográfico (Planalto da Borborema), culminando em uma barreira para os ventos do leste, de tal forma que as temperaturas nessa localidade sejam mais elevadas, ocasionando o aumento da evapotranspiração (Monteiro, 2020).

Outro ponto de destaque se mostra para Região Norte e parte da Centro-Oeste, em que estão os menores valores de evapotranspiração. Como Monteiro (2020) cita em seu trabalho, são regiões influenciadas diretamente pela Zona de Convergência Intertropical (responsável pela transferência de calor e umidade dos oceanos para algumas regiões), apresentando altos valores de precipitação e umidade relativa (acima de 80%).

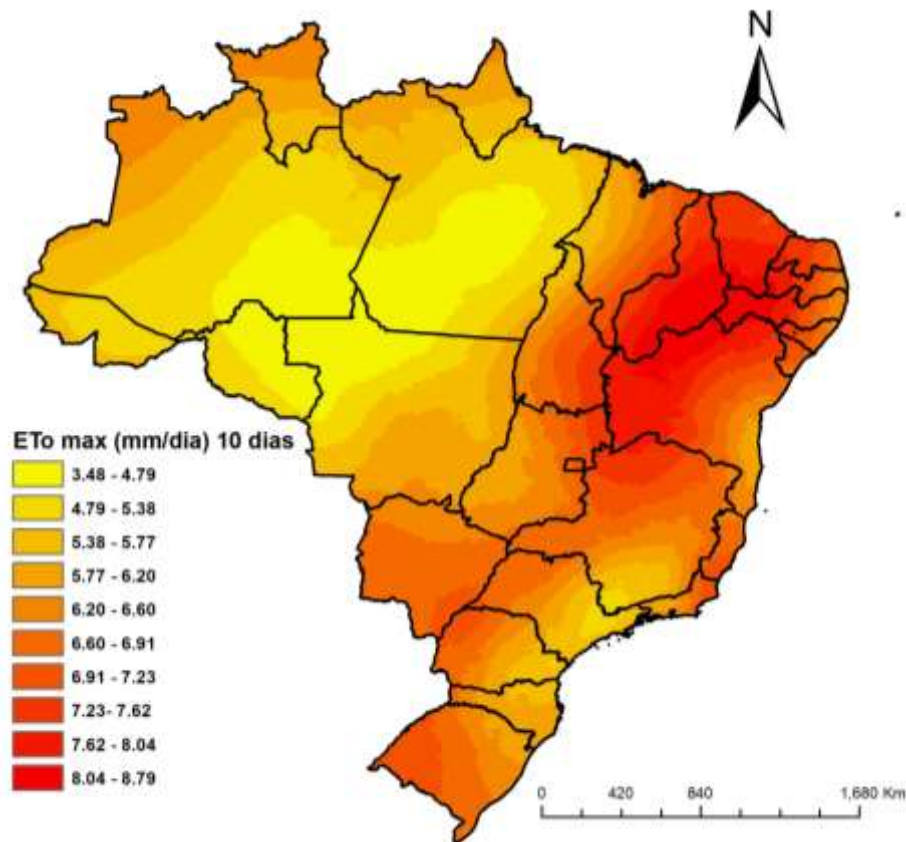
Os valores diários calculados a partir da média mensal de evapotranspiração variam de 3,17 mm dia⁻¹, representados pela cor amarela, até 8,22 mm dia⁻¹, representados pela cor vermelha, como pode ser observado nas legendas dos mapas.

Bezerra e Mansur (2023) apresenta em seu trabalho as evapotranspirações de referência para regiões do estado do Pará, que para o município de Conceição do Araguaia encontra valores médios na faixa de 4,5 mm dia⁻¹. Quando comparados com os resultados obtidos para a mesma localidade, o presente trabalho mostra resultados na faixa de 4,7 mm dia⁻¹. Essas pequenas divergências podem ser explicadas pela diferença na metodologia, embora ambas tenham utilizado a equação proposta pela FAO-56 Penman-Monteith, foram usados bancos de dados diferentes e séries históricas também diferentes. Enquanto o primeiro utilizou dados pertencentes à Embrapa por meio do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), o segundo utilizou dados do INMET, e como consequência as leituras das variáveis são diferentes, portanto, quando inseridas da fórmula de PM, estimam também valores diferentes.

O estudo feito por Ongaratto (2021), que compara evapotranspirações de referência estimadas por diferentes metodologias para o município de Alegrete, no Rio Grande do Sul, encontra pela equação de Penman-Monteith valor médio mensal na faixa de 3,87 mm dia⁻¹. Ao se comparar com os resultados obtidos no presente estudo, encontra-se uma diferença de aproximadamente 1,8 mm dia⁻¹. Tal diferença pode ser explicada principalmente pelo período de análise dos dados climáticos, uma vez que Ongaratto (2021) utilizou apenas 2 anos de dados (2008-2010), enquanto para este trabalho foram analisados os períodos de 2011-2021, de tal forma que o período de análise deste apresenta variações climáticas, principalmente com o aumento de temperatura no planeta, que por sua vez é a variável com maior influência na evapotranspiração.

A Figura 6 mostra a distribuição espacial da evapotranspiração máxima por meio da interpolação dos dados diários a partir da média móvel para o intervalo crítico de 10 dias.

Figura 6 - Distribuição espacial para todo território brasileiro da evapotranspiração máxima calculada (mm dia^{-1}) com média móvel dos valores diários em intervalos de 10 dias.



Fonte: Do autor (2024).

Como pode ser observado na Figura 6, predominantemente existem valores de evapotranspiração maiores na Região Nordeste. Entretanto, quando comparada com a Figura 5, diferenças podem ser notadas. Os valores mais intensos de evapotranspiração começam a incidir sobre a porção norte do estado de Minas Gerais.

Em nível nacional, o valor máximo para esse intervalo crítico é de $8,79 \text{ mm dia}^{-1}$, enquanto o valor mínimo é de $3,48 \text{ mm dia}^{-1}$, valores maiores que os resultados obtidos pela média mensal.

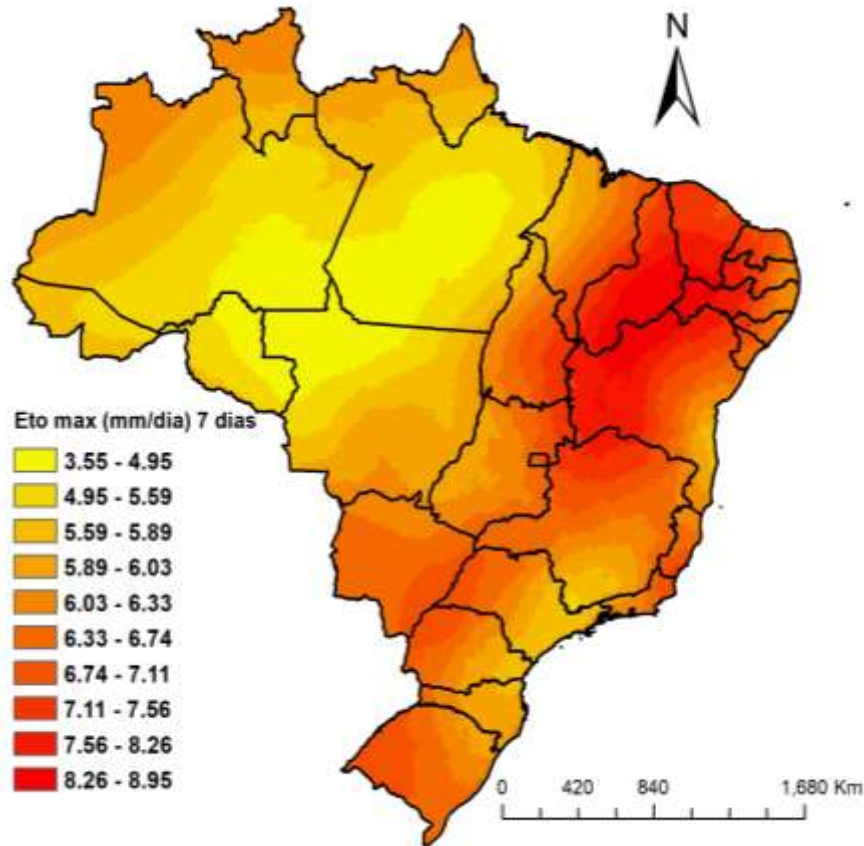
Da Silva *et al.* (2022), estudando a região de Confresa, no estado do Mato Grosso, encontrou valores aproximados de evapotranspiração na faixa de $5,50 \text{ mm dia}^{-1}$. Comparando-os com o valor obtido neste trabalho, encontra-se um valor de $5,18 \text{ mm dia}^{-1}$ para média móvel de 10 dias. A divergência de valor pode ser explicada por conta da diferença de metodologias, uma vez que o primeiro autor utiliza dados provenientes da estação automática localizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso - *campus* Confresa - para os anos de 2017 e 2018. Por se tratar de uma série temporal curta, pode resultar na exclusão de

eventos extremos de precipitação, temperatura e outras variáveis climáticas utilizadas na estimativa da evapotranspiração de referência.

Para a região de Uberaba, no Triângulo Mineiro, foi encontrado um valor médio de 5,7 mm dia⁻¹ baseado na média mensal, contudo, ao se utilizar a média móvel para o período de 10 dias, observa-se um valor de 6,5 mm dia⁻¹. Para a mesma localidade, Rosa, Fuzzo e Fischer Filho (2023) encontraram valor médio de 4,89 mm dia⁻¹, divergência que pode ser explicada pela diferença dos anos utilizados para o estudo, uma vez que os autores utilizaram o período de 2017 a 2020. Ainda para o estado de Minas Gerais, Pinheiro *et al.* (2019) encontraram, para o município de Mocambinho, o valor médio de 5,14 mm dia⁻¹, enquanto que neste estudo foi encontrado um valor de 5,48 mm dia⁻¹ para média mensal e 6,07 mm dia⁻¹ para o intervalo crítico de 10 dias. Embora sejam valores próximos (comparando-se as médias mensais), o primeiro autor utilizou a metodologia de Hargreaves e Samani (1985) que, embora exija menos variáveis de entrada, apresenta bons resultados quando comparada com a equação de Penman-Monteith.

A Figura 7 mostra a distribuição espacial da evapotranspiração máxima obtida por meio da interpolação dos valores diários calculados a partir do período crítico de 7 dias.

Figura 7 - Distribuição espacial para todo o território brasileiro da evapotranspiração máxima calculada com média móvel dos valores diários (mm dia^{-1}) em intervalos de 7 dias.



Fonte: Do autor (2024).

Como pode ser observado na Figura 7, em comparação aos resultados anteriores, os valores máximos e mínimos de evapotranspiração para o território brasileiro aumentaram. O valor mínimo para esse período crítico é de $3,55 \text{ mm dia}^{-1}$, localizado predominantemente na Região Norte e parte do Centro-Oeste, enquanto o valor máximo é de $8,95 \text{ mm dia}^{-1}$, localizado na Região Nordeste.

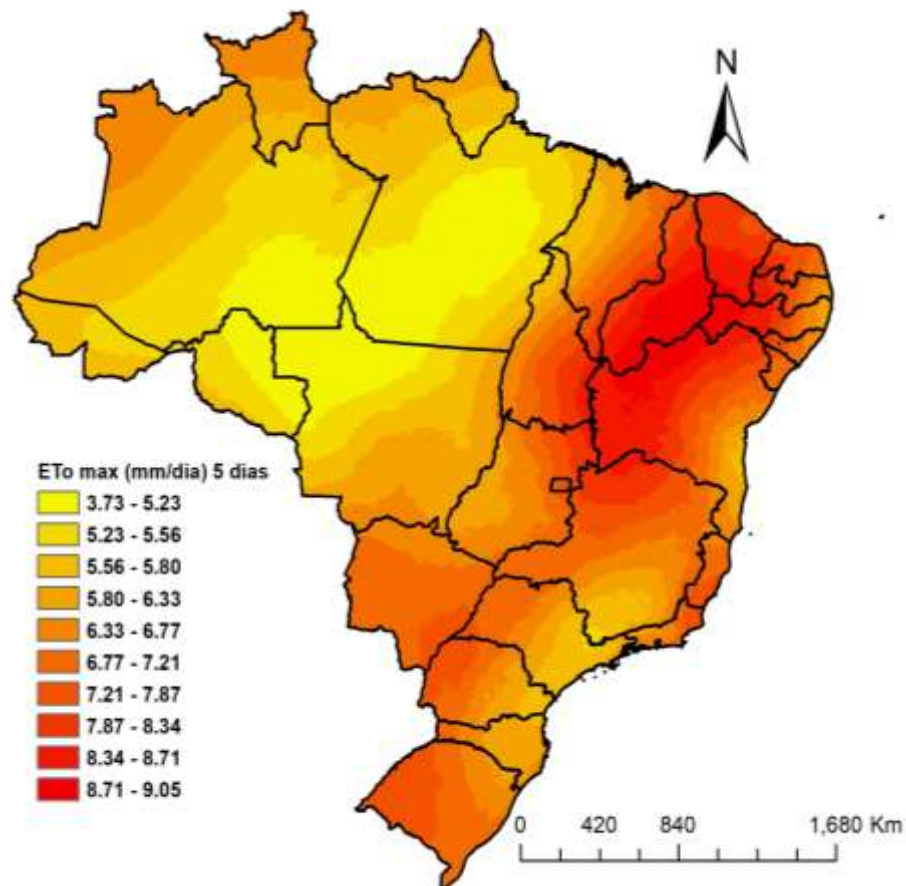
Na Região Nordeste, no município de Ilhéus, na Bahia, foi encontrado valor médio de $4,48 \text{ mm dia}^{-1}$ a partir da média móvel de 7 dias e $4,08 \text{ mm dia}^{-1}$ para evapotranspiração baseado na média mensal. Esse resultado, embora que próximo, diferencia-se dos valores obtidos por Braga *et al.* (2023), que encontraram valores aproximados de evapotranspiração de $4,19 \text{ mm dia}^{-1}$ e $3,87 \text{ mm dia}^{-1}$, para os anos de 2017 e 2018, respectivamente, para essa mesma localidade.

Para o município de Teresópolis, no estado do Rio de Janeiro, foi encontrado um valor médio de $3,67 \text{ mm dia}^{-1}$ na evapotranspiração de referência, utilizando dados diários obtidos a partir da média mensal, todavia, o valor estimado baseado na média de 7 dias é de $4,57 \text{ mm dia}^{-1}$. Este valor (mensal) se aproxima do valor encontrado por Coutinho (2020), que utilizou dados

do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC - INPE), encontrando o valor de evapotranspiração médio de $3,83 \text{ mm dia}^{-1}$ para os anos de 2005 a 2015. Pode-se observar a proximidade de valores ao se utilizarem séries temporais maiores, contudo, é notória a diferença para uma mesma localidade ao se compararem médias mensais e semanais.

A Figura 8 mostra a distribuição espacial da evapotranspiração como resultado da interpolação dos dados diários obtidos pela média do período crítico de 5 dias.

Figura 8 - Distribuição espacial para todo território brasileiro da evapotranspiração máxima (mm dia^{-1}) calculada com a média móvel dos valores diários em intervalos de 5 dias.



Fonte: Do autor (2024).

Os valores máximos e mínimos diários calculados para o período crítico de 5 dias sofreram aumento quando comparados com os resultados anteriores. O valor mínimo agora é de 3.73 mm dia^{-1} , enquanto o valor máximo é de 9.05 mm dia^{-1} . Com relação às localidades, não houve diferença.

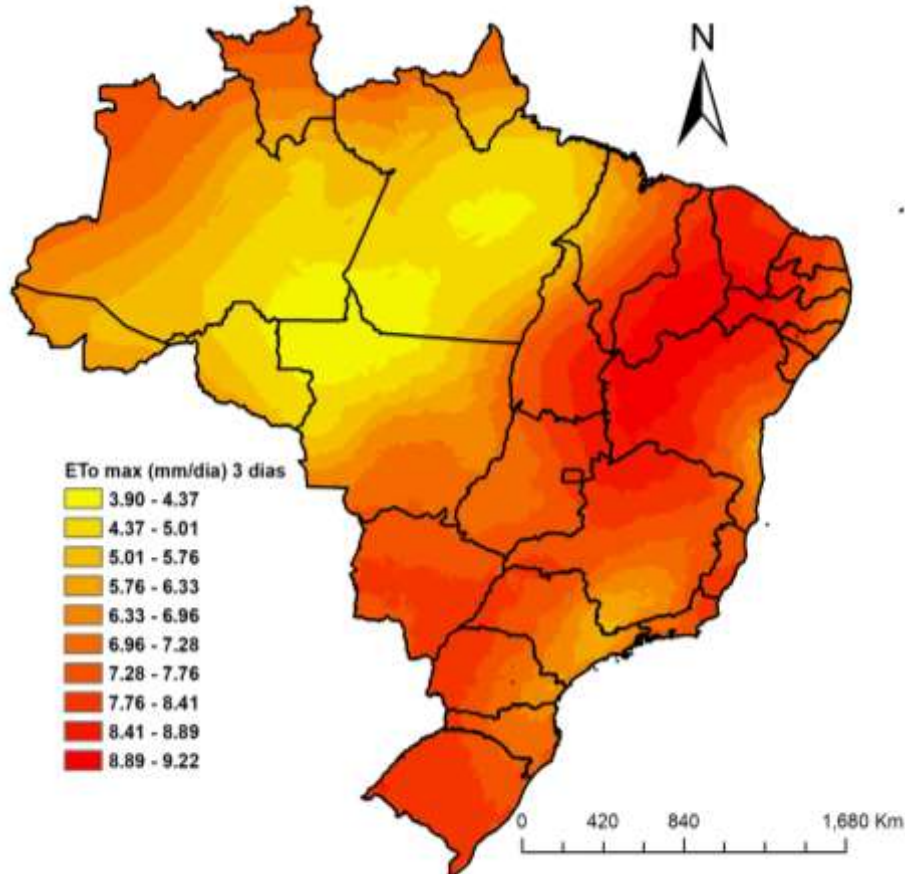
Nandorf *et al.* (2020), ao estudarem a evapotranspiração de referência, encontraram para o município do oeste baiano de Luís Eduardo Magalhães o valor de $5,4 \text{ mm dia}^{-1}$. Este valor se aproxima do valor encontrado para este trabalho quando utilizada a média mensal, que foi de

5,6 mm dia⁻¹. Embora os valores sejam próximos e utilizem dados do INMET, o primeiro autor utilizou dados referentes aos anos de 2004 e 2008. Contudo, ao se comparar com o intervalo crítico de 5 dias, esse valor sobe para 6,89 mm dia⁻¹, sendo notória a subestimativa quando se utilizam dados baseados na média mensal.

Mota (2020), em seus estudos, ao comparar diferentes metodologias para a estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Teresina, no Piauí, encontrou um valor médio de 4,5 mm dia⁻¹ para o intervalo de 2008 a 2018, aplicando a metodologia de Penman-Monteih, apresentando uma diferença de 0,6 mm dia⁻¹ quando comparado com este trabalho, que levou em consideração uma série temporal diferente (2011-2021). Há de se notar a diferença existente ao se comparar os resultados de Mota (2020) com o resultado aqui obtido a partir da média móvel para o período crítico de 5 dias, que é de 5,46 mm dia⁻¹.

A Figura 9 mostra a distribuição espacial evapotranspiração do território brasileiro interpolada com valores diários obtidos pela média do período crítico de 3 dias.

Figura 9 - Distribuição espacial para todo o território brasileiro da evapotranspiração máxima calculada com a média móvel dos valores diários (mm dia⁻¹) em intervalos de 3 dias.



Fonte: Do autor (2024).

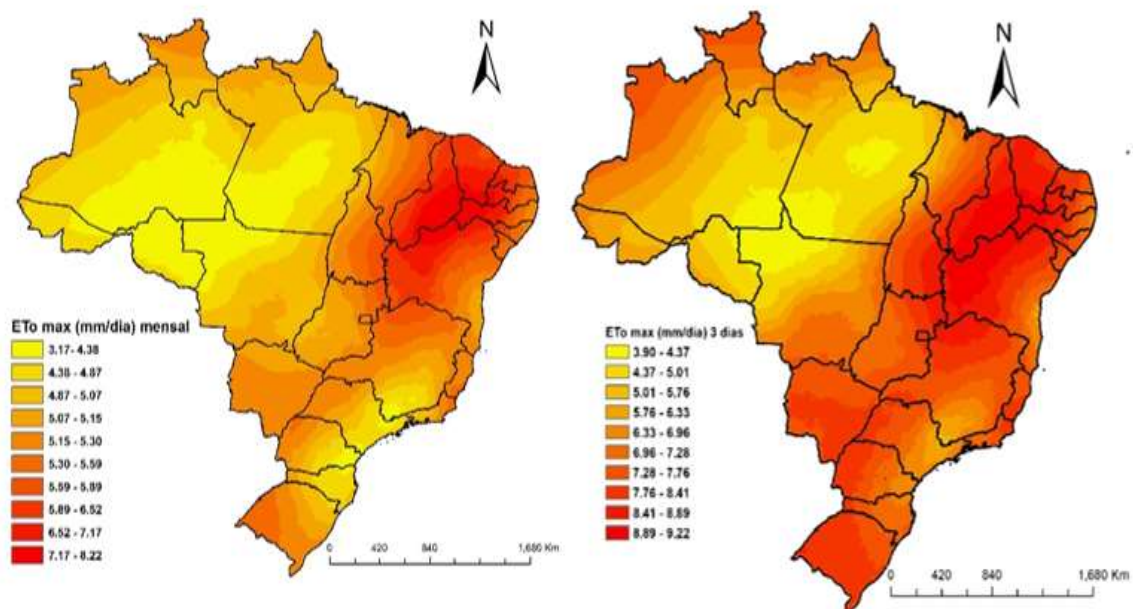
Na Figura 9 podemos observar um aumento relevante nos valores de evapotranspiração para o território brasileiro quando comparados com os valores obtidos pela média mensal. Regiões que em mapas anteriores possuíam cores mais claras, para o intervalo crítico de 3 dias, mostram-se em cores mais acentuadas, como pode ser observado na porção inferior da Região Centro-Oeste, Região Sudeste e também na Região Sul.

O valor máximo agora é de $9,22 \text{ mm dia}^{-1}$, enquanto o valor mínimo é de $3,90 \text{ mm dia}^{-1}$.

Santos, Souza e Rosa (2021), em seu trabalho, encontraram um valor médio de evapotranspiração para o município de Maringá, no estado do Paraná, na faixa de $5,22 \text{ mm dia}^{-1}$ para os anos de 2016 a 2018. Esse valor se aproxima do valor encontrado no presente trabalho quando se utiliza a média mensal, que é de $5,64 \text{ mm dia}^{-1}$, todavia, ao se utilizar a média móvel de 3 dias, esse valor aumenta para $7,16 \text{ mm dia}^{-1}$, sendo notória também a subestimativa da real necessidade hídrica diária.

A Figura 10 mostra a comparação dos mapas da distribuição espacial da evapotranspiração baseada na média mensal e a baseada na média do período crítico de 3 dias.

Figura 10 - Comparação da distribuição espacial da evapotranspiração a partir da média mensal com a média de 3 dias.



Fonte: Do autor (2024).

Santos *et al.* (2021), ao estudarem a evapotranspiração da mesorregião do Baixo São Francisco, encontraram para as localidades de Pão de Açúcar e Arapiraca, ambas no estado do Alagoas, evapotranspirações médias diárias de $4,69 \text{ mm dia}^{-1}$ e $4,18 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente.

Deve-se frisar que esses valores são médias anuais e que, para o mesmo trabalho, meses mais críticos apresentam valores de $5,66 \text{ mm dia}^{-1}$ e $4,96 \text{ mm dia}^{-1}$ para Pão de Açúcar e Arapiraca, respectivamente. Para as mesmas localidades, o presente trabalho obteve valores de $6,24 \text{ mm dia}^{-1}$ para o município de Pão de Açúcar e $5,57 \text{ mm dia}^{-1}$ para o município de Arapiraca, baseado na média mensal. As diferenças de valores podem ser explicadas pela diferença de série temporal utilizada, visto que o primeiro trabalho utiliza o período de 2009 a 2018.

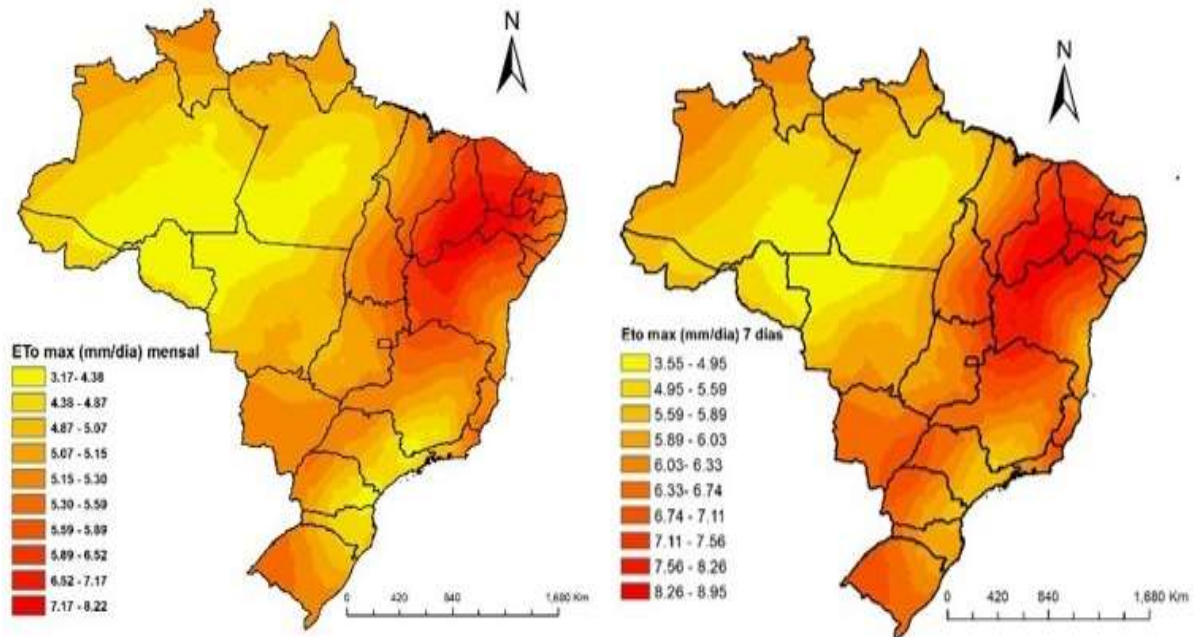
O que pode ser observado no trabalho de Santos *et al.* (2021) é o aumento na evapotranspiração de referência à medida que se reduz o intervalo de tempo para estimativa, de tal forma que os valores estimados com a média anual e a média mensal são diferentes. Esses resultados estão em consonância com o presente estudo, uma vez que, ao se comparar a localidade de Pão de Açúcar a média mensal e a média baseada no intervalo crítico de 3 dias, são $6,24 \text{ mm dia}^{-1}$ e $7,2 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente.

Esses resultados corroboram os resultados obtidos por Aparecido *et al.* (2020), que compararam resultados de evapotranspiração em diferentes intervalos temporais, concluindo que à medida que o intervalo diminui, os valores são mais próximos do valor real.

Algo de grande relevância a ser considerado quando foram feitas comparações com outros trabalhos presentes na literatura é o período de estudo específico de cada um, bem como a base de dados utilizada. Por se tratar de medições realizadas em anos hidrológicos distintos, bem como instrumentalizações diferentes, existe a possibilidade de divergência. Um exemplo de alteração seria por conta de séries muito curtas que acabam por excluir possíveis eventos climáticos (principalmente eventos extremos), cujas variáveis influenciam na estimativa da evapotranspiração de referência (precipitação, períodos de seca, etc.). Dessa forma, embora os valores sejam semelhantes e não apresentem grande discrepância, possuem diferença.

A Figura 11 apresenta uma comparação da evapotranspiração máxima diária calculada a partir da média mensal e a evapotranspiração diária máxima calculada para o intervalo crítico de 7 dias.

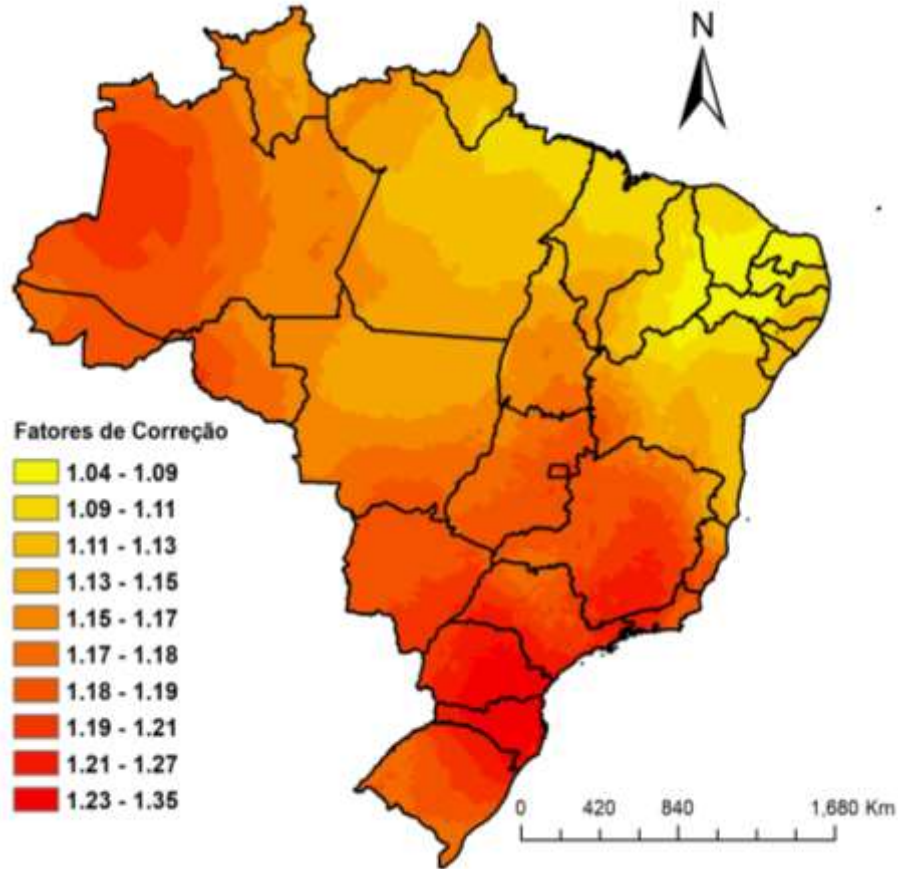
Figura 11 - Comparação da evapotranspiração máxima diária calculada a partir da média mensal e a evapotranspiração diária máxima calculada para o intervalo crítico de 7 dias.



Fonte: Do autor (2024).

A Figura 12 mostra o resultado da operação de divisão de Rasters, em que se dividiu média estimada da evapotranspiração para o intervalo de 7 dias pela evapotranspiração estimada baseada na média mensal.

Figura 12 - Mapa gerado pela divisão da média da evapotranspiração estimada para o intervalo de 7 dias pela evapotranspiração estimada com base na média mensal.



Fonte: Do autor (2024).

A Figura 12 mostra os fatores de correção para o território brasileiro, ou seja, são fatores que podem ser utilizados para transformar os dados de evapotranspiração máxima obtida por médias mensais em evapotranspiração máxima obtidas por média de 7 dias. Isso implica em um resultado mais próximo da real necessidade hídrica da cultura, de tal forma que a lâmina do projeto de irrigação atenda a essa demanda exigida e garanta a produtividade esperada.

Os menores fatores de correção se encontram na Região Nordeste, visto que ao comparar os mapas de evapotranspiração mensal e 7 dias, foi a localidade com menor diferença, a que apresentou menor diferença visual, à medida que se diminuía os intervalos críticos de evapotranspiração. Entretanto, a Região Norte, mesmo apresentando também uma pequena diferença entre as médias, mostra fatores de correção com valores moderados, fato que pode ser explicado pela menor quantidade de estações meteorológicas presentes nessa área, o que contribui para uma menor discretização e detalhamento da espacialização dessa região.

Os fatores de correção variam de 1,04 a 1,35, o que simboliza uma redução de 4% a 35% na quantidade de água fornecida à cultura caso se utilize a evapotranspiração baseada na

média mensal. Esses valores tendem a aumentar à medida que se diminui o intervalo crítico. Algo interessante a ser citado é a similaridade desses fatores com os valores citados por Pizarro Cabello *et al.* (1996) em seu livro “Riegos localizados de alta frecuencia RLAF: goteo, microaspersión, exudación”, no qual mostra que a evapotranspiração de referência deve ser majorada por 1,15 a 1,20 com base na variação climática, para que assim seja garantida a quantidade correta de água fornecida para cultura. Diante disso, considerando as piores situações que a cultura enfrenta ao longo do seu desenvolvimento e crescimento, ocorrerá falta de água, uma vez que a lâmina calculada para o projeto não suprirá a demanda, o que pode ocasionar consequências irreparáveis na produção.

O aumento da lâmina tende a elevar a produtividade. Krause (2022), em seu experimento com mangaritos, constatou que o uso de lâminas maiores de irrigação impactou positivamente na produtividade da cultura, resultando em um aumento na quantidade de rizomas comerciais, bem como nos diâmetros comerciais. Esses achados estão de acordo com os resultados obtidos por Ferreira *et al.* (2017), que mostram a influência de diferentes lâminas de irrigação em um sistema de gotejamento na cultura da cebola, em que se observou o aumento do bulbo e da produtividade comercial.

Olimpio *et al.* (2023), ao trabalharem com diferentes lâminas de irrigação para o algodoeiro, observaram como resultados o incremento do tamanho e a produção, além da acumulação de maior quantidade de fitomassa à medida que mais água era disponibilizada à cultura por meio de lâminas maiores.

Consoante este trabalho, Oliveira (2021), ao analisar o desenvolvimento do mamoeiro no município de Guanambi, estado da Bahia, sob diferentes lâminas de irrigação, concluiu que, ao aumentar a quantidade de água fornecida à cultura, houve melhora no desempenho da biologia floral, além da redução na quantidade de flores com algum tipo de anomalia e improdutivas. Além disso, o aumento da lâmina também influenciou na qualidade dos frutos, de acordo com exigências recomendadas para que possam ser comercializados.

Ben *et al.* (2021), ao realizarem a análise técnico-econômica da produção de milho em diferentes lâminas de irrigação, observaram que, apesar de existir um aumento no custo do milímetro irrigado, os valores de receita líquida também aumentaram com o incremento da lâmina de irrigação, de tal forma que essa prática seja viável financeiramente.

Deve-se frisar, contudo, que a quantidade de água a ser aplicada pode variar também de acordo com características do solo, uma vez que esses parâmetros acabam influenciando na disponibilidade de água para cultura. Bernardo, Soares e Mantovani (2005) mostram na 7ª edição do Manual da Irrigação a variação da Velocidade de Infiltração Básica e da

Disponibilidade Total de Água no solo em relação à textura, dessa forma, torna-se fundamental o estudo do solo para a determinação de sua textura.

A Tabela 6 apresenta dados extraídos da 7ª edição do Manual da Irrigação do ano de 2005, das principais texturas de solo, bem como as variações da Velocidade de Infiltração Básica (mm.h^{-1}) e da Disponibilidade Total de Água no Solo (mm.cm^{-1}).

Tabela 6 - Velocidade de Infiltração Básica (mm h^{-1}) e da Disponibilidade Total de Água no Solo (mm cm^{-1}), de acordo com as principais texturas de solo, segundo o Manual da Irrigação, 7ª edição, de 2005.

Textura	VIB (mm h^{-1})	DTA (mm cm^{-1})
Arenosa	25 a 250	0,6 a 1,0
Franco-Arenosa	13 a 76	0,9 a 1,5
Franco-Arenosa-Argilosa	5 a 20	1,4 a 2,0
Franco-Argilosa	2,5 a 15	1,6 a 2,2

Fonte: Bernardo, Soares e Mantovani (2005).

Pode-se observar na Tabela 5 uma inversão de proporcionalidade, pois, à medida que se diminui a textura do solo, existe o aumento da disponibilidade total de água no solo. Frente a esse cenário, períodos críticos menores sejam mais interessantes quando combinados com solos mais arenosos, pois existirá o aumento da quantidade de água disponível à cultura, enquanto que para solos mais argilosos períodos de 7 dias já são suficientes.

No Apêndice A está a lista de estações utilizadas no trabalho, com suas coordenadas geográficas, bem como os valores de evapotranspiração máxima mensal e máxima de 7 dias. Vale ressaltar que essa lista não contém as estações descartadas após o tratamento de dados feito para eliminar falhas.

7 CONCLUSÕES

Os valores de evapotranspiração diários calculados a partir da média mensal subestimam o valor real quando comparados a intervalos críticos de 3, 5, 7 e 10 dias.

À medida que o intervalo crítico diminui, os valores de evapotranspiração diária aumentam.

Os fatores de correção da evapotranspiração para o território brasileiro variam de 1,04 a 1,35, ou seja, ao se comparar a média mensal com o intervalo crítico de 3 dias, observa-se uma redução na quantidade de água para cultura de 4 a 35%.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas irrigação: Uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília: ANA, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Ana lança mapeamento com dados atualizados sobre agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil**. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/ana-lanca-mapeamento-com-dados-atualizados-sobre-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-no-brasil>. Acesso em: 10 jun. 2024.

ALBUQUERQUE, Paulo Emílio Pereira de. **Requerimento de água das culturas para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação localizada**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000.

ALPINO, Tais de Moura Ariza *et al.* Os impactos das mudanças climáticas na Segurança Alimentar e Nutricional: uma revisão da literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 273-286, jan. 2022.

ALVES, Cleber Pereira *et al.* Consórcio palma-sorgo sob lâminas de irrigação: balanço de água no solo e coeficientes da cultura. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 27, n. 2, p. 347-356, dez. 2020.

ALVES, Thallita Nayanna Bezerra *et al.* Quantidade e qualidade de água e adubo na produção de cebolinha verde. **Seven Editora**, [São José dos Pinhais], jul. 2023.

ANDRADE, C. de L. T. de. **Seleção do sistema de irrigação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001.

ANGELAKIS, Andreas N. *et al.* Irrigation of world agricultural lands: Evolution through the millennia. **Water**, [s.l.], v. 12, n. 5, May 2020.

APARECIDO, Lucas Eduardo de Oliveira *et al.* Acurácia de modelos de evapotranspiração potencial em diferentes escalas de tempo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 63-80, jan./mar. 2020.

ARAÚJO, G. L. *et al.* **FAO-24 corrected penman**: estimativa da et_0 e comparação com o método de penman-monteith FAO 56. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 10., 2010, Vale do Paraíba. **Anais eletrônicos...** Vale do Paraíba: EPG, 2010. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0315_0666_01.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.

ARRUDA, Elton Marques Paz. **Análise comparativa dos dados de temperatura e precipitação obtidos por uma estação meteorológica automática em Ouro Preto - MG**. 2021. 45 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

BACK, Álvaro J. Variação da evapotranspiração de referência calculada em diferentes intervalos de tempo. **Engenharia Agrícola**, [Jaboticabal], v. 27, n. 1, p. 139-145, jan./abr. 2007.

BEN, Luis Humberto Bahú *et al.* **Avaliação técnica e econômica da produção de milho em diferentes lâminas de irrigação**. Rio de Janeiro: Mérida publishers, 2021. p. 61-76. cap. 4.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: Editora UFV, 2005. 611 p.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. *In*: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 177-242.

BEZERRA, Leonardo Augusto dos Santos; MANSUR, Rafael Abdon Pereira. **Evapotranspiração de referência para projetos de irrigação no estado do Pará**. 2023. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2023.

BRAGA, Luan Galdêncio da Silva *et al.* Estimativa da evapotranspiração de referência por três métodos, para a região de Ilhéus/BA. **Research, Society and Development**, [Vargem Grande Paulista], v. 12, n. 4, p. 1-11, mar. 2023.

BRUBACHER, João Paulo; OLIVEIRA, Guilherme Garcia de; GUASSELLI, Laurindo Antonio. Preenchimento de falhas e espacialização de dados pluviométricos: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 615-629, out./dez. 2020.

CALVET, Amanda Soraya Freitas *et al.* Produtividade e qualidade dos frutos de coco verde sob lâminas de irrigação deficitárias. **Irriga**, Botucatu, v. 28, n. 3, p. 521-527, jul./set. 2023.

CAMBARDELLA, C. A. *et al.* Field-scale variability of soil properties in central iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, [United States], v. 58, n. 5, p. 1501-1511, Sept./Oct. 1994.

CAMPOS, Anna Júlia de Moraes; SANTOS, Sarah Medeiros; NACARATH, Inaia Rhavene Freire Fagundes. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, [Vargem Grande Paulista], v. 10, n. 15, p. 1-7, nov. 2021.

CARVALHO, Daniel F. de *et al.* Evolução e cenário atual da área irrigada no Brasil: Análise sistemática dos dados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 8, p. 505-511, ago. 2020a.

CARVALHO, Marcus Willame Lopes *et al.* Comparação de dados meteorológicos e estimativa da radiação líquida e evapotranspiração de referência utilizando estações convencional e automática. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 27, n. 2, p. 285-292, dez. 2020b.

CHRISTOFIDIS, Demetrios. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 115-127, jan./fev./mar. 2013.

- CONCEIÇÃO, Marco Antônio Fonseca; MANDELLI, Francisco. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 303-307, maio 2005.
- COSTA, Franklin Roberto da; SOUZA, Raquel Franco de; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro da. Caracterização pluviométrica da bacia hidrográfica do Rio Doce–RN/Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 26, n.16, p. 733-751, jan./jun. 2020.
- COUTINHO, Eluã Ramos *et al.* Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) diária para regiões dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 649-657, out./dez. 2020.
- DA SILVA, Kleber Oliveira *et al.* Estimativa de evapotranspiração de referência (ETO) por diferentes fórmulas empíricas no município de Confresa-MT. **PesquisAgro**, Confresa, v. 5, n. 1, p. 3-13, jan./jul. 2022.
- DE ALMEIDA JÚNIOR, Milton Cesar Delgado; DE CASTRO, Patrícia Alves Leão; SANTOS, Gilmar Oliveira. Taxa de infiltração de água no solo em diferentes usos do solo. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, [Gurupi], v. 8, n. 2, p. 115-121, jun. 2020.
- DE OLIVEIRA, Camila Maria Silva; SANTOS, Eduardo. Espacialização de ocorrências policiais e elaboração de um mapa web da criminalidade em 2018 no município de Jacareí–SP. **CIMATech**, São José dos Campos, v. 1, n. 6, p. 25-36, nov. 2019.
- DIB, Ana Emília Hernandez. **Projeto de irrigação de jardim utilizando Internet das Coisas**. 2020. 82 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecatrônica) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.
- EVANS, Robert G.; SADLER, E. John. Métodos e tecnologias para melhorar a eficiência do uso da água. **Water Resources Research**, [United States], v. 44, n. 7, jul. 2008.
- FAGGION, Francisco; OLIVEIRA, Carlos Alberto da Silva; CHRISTOFIDIS, Demétrios. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 187-190, jan./abr. 2009.
- FARIAS, Diego Bispo dos Santos *et al.* Performance evaluation of numerical and machine learning methods in estimating reference evapotranspiration in a Brazilian agricultural frontier. **Theoretical and Applied Climatology**, [Germany], v. 142, n. 3, p. 1481-1492, Sept. 2020.
- FERRARI, E., DA PAZ, A.; SILVA, A. Carvalho da. Déficit hídrico e altas temperaturas no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas. **Nativa**, [Sinop], v. 3, n. 1, p. 67–77, mar. 2015.
- FERRAZ, Rafael Camargo. Estimativa de evapotranspiração de referência utilizando redes neurais artificiais para o estado do Rio Grande do Sul. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 23, n. 1, p. 25-31, out. 2014.

FERREIRA, K. M. *et al.* Diferentes lâminas de irrigação no cultivo de cebola por gotejamento. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20., SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 5., 2017, Juazeiro. A agrometeorologia na solução de problemas multiescala: anais. Anais...* Petrolina: Embrapa Semiárido; Juazeiro: UNIVASF; Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The future of food and agriculture: Trends and challenges.** Rome: FAO, 2017.

FRIEDE, Reis. Aumento populacional e degradação ambiental: a conta que não quer fechar. **Revista Augustus**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 52, p. 82-93, out. 2020.

GUIMARÃES, Daniel Pereira; LANDAU, Elena Charlotte. **Georreferenciamento dos pivôs centrais de irrigação no Brasil: ano base 2020.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 63 p.

HARGREAVES, George H.; SAMANI, Zohrab A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, [United States], v. 1, n. 2, p. 96-99, Jan. 1985.

HROZENCIK, R. Aaron. **Trends in U.S. Irrigated agriculture: increasing resilience under water supply scarcity.** Dec. 2021. 55 p.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements.** New York: ASCE, 1990. 332 p.

JIA, Weibing *et al.* Daily reference evapotranspiration prediction for irrigation scheduling decisions based on the hybrid PSO-LSTM model. **Plos One**, [United States], v. 18, n. 4, Apr. 2023.

KRAUSE, Lucas Garcia. **Produtividade do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) sob efeito de diferentes lâminas de irrigação.** 2022. 28 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Santa Teresa, 2022.

KUMAR, Sunil *et al.* Reference evapotranspiration modelling using artificial neural networks under scenarios of limited weather Data: A case study in the malwa region of Punjab. **Environmental Modeling & Assessment**, [Netherlands], v. 29, n. 3, p. 589-620, Sept. 2023.

LIMA, Sueli Fatima Ferreira. **Comparação de métodos de estimativa de evapotranspiração potencial para o município de Ribeirão Preto - SP.** 1991. 169 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

LU, Weinan *et al.* Características da evolução espaço-temporal e fatores que influenciam a eficiência do uso agrícola da água no noroeste da China — Com base em um modelo super-DEA e em um modelo econométrico de painel espacial. **Água**, [s.l.], v. 13, n. 5, jan. 2021.

MAGERSKI, Juliane Macedo; VIRGENS FILHO, Jorim Sousa. Avaliação da técnica de krigagem ordinária utilizando o modelo geoestatístico estável no preenchimento de falhas de séries de precipitação pluviométrica nas sub-bacias hidrográficas localizadas em regiões de classificação climática distintas no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 4, p. 2149-2171, ago. 2021.

MICHELAN, Ricardo; DE SOUZA, Eduardo Godoy; URIBE-OPAZO, Miguel Angel. Determinação e remoção do tempo de atraso em mapas de colheita de milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 147-155, jan. 2007.

MISHRA, Vimal *et al.* Extremos de stress térmico húmido na Índia reforçados pela irrigação. **Natureza Geociências**, [s.l.], v. 13, n. 11, p. 722-728, jan. 2020.

MONTEIRO, Ana Flávia Martins *et al.* **Evapotranspiração no Brasil: cenário atual e projeções climáticas**. 2020. 99 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2020.

MONTEIRO, Ana Flávia Martins *et al.* **Projeções climáticas das principais variáveis que influenciam a evapotranspiração na América do Sul: uma avaliação multi-modelos**. 2023. 92 p. Tese (Doutorado em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2023.

MORAIS, Gabriel Alves de Sampaio *et al.* Irrigação, eficiência técnica e tamanho da propriedade: o caso do Brasil. **Sustentabilidade**, [s.l.], v. 13, n. 3, jan. 2021.

MOTA, Poliana Rocha D'Almeida *et al.* Evapotranspiração de referência para a região de Teresina, Piauí, Brasil por diferentes metodologias. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, Fortaleza, v. 14, n. 3, p. 4047-4057, nov. 2020.

MPANGA, Isaac K.; IDOWU, Omololu John. A decade of irrigation water use trends in southwestern USA: The role of irrigation technology, best management practices, and outreach education programs. **Agricultural Water Management**, [Netherlands], v. 243, Jan. 2021.

NANDORF, Rodrigo Junior *et al.* Comparação entre métodos de estimativa da Evapotranspiração de Referência no Oeste Baiano e Mesorregião Paulista. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, Fortaleza, v. 14, n. 3, p. 4058-4070, out. 2020.

NEPOMOCENO, Taiane Aparecida Ribeiro. As múltiplas dimensões da crise hídrica na agricultura do estado do Paraná. **Revista Pleiade**, [Foz do Iguaçu], v. 17, n. 38, p. 13-21, mar. 2023.

OLIMPIO, Evandro Fabricio de Vasconcelos. **Cultivo do algodoeiro colorido submetido a lâminas de irrigação e ácido salicílico**. 2023. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Centro de Ciências e Tecnologias Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2023.

OLIVEIRA, Elcivan Pereira. **Desempenho do mamoeiro com semeadura direta submetido a lâminas de irrigação no semiárido baiano**. 2021. 44 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Instituto Federal Baiano, Guanambi, 2021.

- ONGARATTO, Julia Mattia; BORTOLIN, Taison Anderson. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência no município de São José dos Ausentes (RS), Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 26, p. 979-987, set./out. 2021.
- PAZ, Vital Pedro da Silva; TEODORO, Reges Eduardo Franco; MENDONÇA, Fernando Campos. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, dez. 2000.
- PAZUCH, Félix Augusto *et al.* **Desenvolvimento, construção e validação de um pivô central experimental**. 2021. 80 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2021.
- PEREIRA, Livia Maria Pederzini *et al.* Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Londrina-PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 299-305, abr./jun. 2008.
- PINHEIRO, Marcus André Braido *et al.* Reference evapotranspiration based on temperature in Minas Gerais state, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 43, p. 1-18, May 2019.
- PIZARRO CABELLO, Fernando *et al.* **Riegos localizados de alta frecuencia RLAf**: goteo, microaspersión, exudación. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 471 p.
- RODRIGUES, Lineu Neiva; DOMINGUES, Antônio Félix. Agricultura irrigada e produção sustentável de alimentos. **Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Brasília: INOVAGRI, 2017. 327 p.
- ROSA, Giovani Bonício; FUZZO, Daniela Fernanda da Silva; FISCHER FILHO, João Alberto. Modelos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região sul do Triângulo Mineiro, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 33, n. 19, p. 81-97, jul. 2023.
- SANTOS, A. A.; SOUZA, J. L. M.; ROSA, S. L. K. **Estimativa da evapotranspiração de referência horária e diária com o modelo ASCE-PM**. CONVIBRA, 2021.
- SANTOS, Tatiana Vanessa dos *et al.* Estimativa da evapotranspiração na mesorregião do baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 35, p. 981-993, out./dez. 2021.
- TAGHVAEIAN, Saleh *et al.* Irrigation scheduling for agriculture in the United States: The progress made and the path forward. **Transactions of the ASABE**, [s.l.], v. 63, n. 5, p. 1603-1618, Jan. 2020.
- VIEIRA JÚNIOR, Pedro Abel *et al.* Irrigação: o próximo salto da agricultura brasileira. **Agricultura irrigada no Brasil: história e economia**. Piracicaba: ESALQ, 2022. 155 p.
- ZHANG, Jingwen *et al.* Challenges and opportunities in precision irrigation decision-support systems for center pivots. **Environmental Research Letters**, [s.l.], v. 16, n. 5, May 2021.

WANG, Jinxia *et al.* Forty years of irrigation development and reform in China. **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, [Austrália], v. 64, n. 1, p. 126-149, Jan. 2020.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Dados de evapotranspiração para o período de 7 dias e mensal

Localidade	Código Estação INMET	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Estado	ETo Mensal (mm/dia)	ETo 7 dias (mm/dia)
Parque Estadual Chandless	A102	-9.36	-69.93	184.51	AC	4.17	4.89
Porto Walter	A136	-8.27	-72.75	205.35	AC	4.25	4.69
Rio Branco	A104	-9.68	-68.17	163.00	AC	4.30	5.09
Coruripe	A355	-10.13	-36.29	82.39	AL	5.43	6.01
Maceió	A303	-9.55	-35.77	84.12	AL	5.47	6.12
Palmeira Dos Indios	A327	-9.42	-36.62	278.01	AL	5.93	6.83
Pão De Açúcar	A323	-9.75	-37.43	20.83	AL	6.25	6.99
São Luis Do Quitunde	A356	-9.29	-35.57	13.69	AL	4.35	4.80
Apui	A113	-7.21	-59.89	156.97	AM	3.80	4.29
Barcelos	A128	-0.99	-62.92	29.88	AM	4.32	5.00
Boca Do Acre	A110	-8.78	-67.33	111.98	AM	4.14	4.86
Itacoatiara	A121	-3.13	-58.48	41.54	AM	5.16	6.97
Labrea	A11	-7.26	-64.79	61.91	AM	4.08	4.65
Manacapuru	A119	-3.29	-60.63	36.57	AM	4.64	5.16
Manaus	A101	-3.10	-60.02	61.25	AM	4.45	5.11
Manicore	A133	-5.79	-61.29	40.64	AM	4.30	4.94
Maués	A122	-3.40	-57.67	25.49	AM	3.94	4.50
Parintins	A123	-2.64	-56.76	18.72	AM	4.95	5.34
Presidente Figueiredo	A126	-2.06	-60.03	60.99	AM	3.45	3.91
Rio Urubu	A125	-2.63	-59.60	112.84	AM	4.25	4.76
Urucara	A124	-2.53	-57.76	18.49	AM	4.78	5.30
Porto Grande	A244	0.69	-51.40	84.80	AP	4.99	5.26
Barreiras	A402	-12.12	-45.03	474.17	BA	5.80	6.85

Brumado	A433	-14.18	-41.67	473.37	BA	5.51	6.41
Guanambi	A426	-14.21	-42.75	552.23	BA	7.80	8.89
Amargosa	A434	-13.01	-39.62	397.80	BA	4.84	5.45
Barra	A429	-11.08	-43.14	407.50	BA	6.79	7.56
Barreiras	A402	-12.12	-45.03	474.17	BA	5.80	6.85
Belmonte	A447	-16.09	-39.22	89.67	BA	4.82	5.42
Bom Jesus Da Lapa	A418	-13.25	-43.41	447.75	BA	6.27	6.84
Brumado	A433	-14.18	-41.67	473.37	BA	5.51	6.40
Buritirama	A432	-10.72	-43.65	506.06	BA	6.41	7.32
Caravelas	A405	-17.74	-39.26	6.05	BA	5.44	5.93
Cruz Das Almas	A406	-12.68	-39.09	219.76	BA	5.18	5.73
Euclides Da Cunha	A442	-10.54	-39.00	431.96	BA	5.94	6.66
Feira De Santana	A413	-12.20	-38.97	229.64	BA	5.40	6.04
Guanambi	A426	-14.21	-42.75	552.23	BA	7.80	8.91
Ibotirama	A439	-12.19	-43.21	425.12	BA	7.16	7.97
Ilheus	A410	-14.66	-39.18	80.21	BA	4.08	4.48
Irece	A424	-11.33	-41.86	768.42	BA	6.12	6.87
Itapetinga	A446	-15.24	-40.23	271.48	BA	5.46	6.21
Itirucu	A407	-13.53	-40.12	757.42	BA	4.27	4.79
Jacobina	A440	-11.21	-40.47	440.78	BA	5.13	5.94
Lençóis	A425	-12.56	-41.39	438.09	BA	4.64	5.42
Luiz Eduardo Magalhães	A404	-12.15	-45.83	760.68	BA	5.67	6.68
Marau	A438	-13.91	-38.97	6.24	BA	5.24	5.85
Piata	A430	-13.16	-41.77	1283.95	BA	4.79	5.55
Porto Seguro	A427	-16.39	-39.18	86.36	BA	4.29	4.79
Queimadas	A437	-10.98	-39.62	310.11	BA	6.23	7.03
Remanso	A423	-9.63	-42.08	397.40	BA	8.07	8.76
Salvador	A401	-13.01	-38.51	47.56	BA	5.22	5.86
Senhor Do Bonfim	A428	-10.44	-40.15	532.09	BA	4.71	5.43

Uma	A437	-15.28	-39.09	74.08	BA	4.81	5.38
Valença	A444	-13.34	-39.13	93.12	BA	4.71	5.31
Vitória Da Conquista	A414	-14.89	-40.80	879.38	BA	5.43	6.27
Acarau	A360	-3.12	-40.09	67.15	CE	6.27	7.05
Fortaleza	A305	-3.82	-38.54	29.55	CE	5.56	6.00
Guaramirand a	A314	-4.23	-38.96	865.53	CE	4.13	4.80
Iguatu	A319	-6.40	-39.27	221.56	CE	5.61	6.12
Itapipoca	A359	-3.48	-39.59	104.49	CE	7.59	8.32
Jaguaribe	A358	-5.91	-38.63	149.31	CE	7.19	7.94
Morada Nova	A332	-5.09	-38.36	92.00	CE	6.39	6.68
Quixeramo bim	A325	-5.17	-39.29	221.04	CE	6.22	6.63
Taua	A324	-6.02	-40.28	410.87	CE	6.79	7.34
Brasília	A001	-15.79	-47.93	1160.96	DF	5.37	6.23
Águas Emendadas	A045	-15.60	-47.63	1030.36	DF	5.19	6.71
Brasília	A001	-15.79	-47.93	1160.96	DF	5.31	6.21
Alegre	A617	-20.75	-41.49	138.00	ES	5.65	6.71
Nova Venécia	A623	-18.70	-40.39	156.02	ES	5.15	5.80
Alegre	A617	-20.75	-41.49	138.00	ES	5.69	6.76
Alfredo Chaves	A615	-20.64	-40.74	14.19	ES	5.68	7.10
Linhares	A614	-19.36	-40.07	40.00	ES	5.38	6.28
Nova Venécia	A623	-18.70	-40.39	156.02	ES	5.17	5.84
Presidente Kennedy	A622	-21.10	-41.04	69.12	ES	5.90	7.33
Santa Teresa	A613	-19.99	-40.58	975.92	ES	4.26	5.29
São Mateus	A616	-18.68	-39.86	28.66	ES	5.25	5.98
Vitória	A612	-20.27	-40.31	9.00	ES	5.53	6.48
Alto Paraiso De Goiás	A024	-14.13	-47.52	1264.70	GO	4.91	5.53
Luziânia	A012	-16.26	-47.97	1000.82	GO	5.70	6.96

Morrinhos	A003	-17.75	-49.10	751.09	GO	5.17	6.19
Pires Do Rio	A033	-17.30	-48.28	757.27	GO	4.68	5.69
Sao Simao	A011	-18.97	-50.63	492.45	GO	5.17	6.49
Alto Paraíso De Goiás	A024	-14.13	-47.52	1264.70	GO	4.82	5.42
Caiaponia	A023	-16.97	-51.82	740.10	GO	4.80	5.57
Catalão	A034	-18.15	-47.93	900.72	GO	5.35	6.30
Cristalina	A036	-16.78	-47.61	1211.08	GO	4.95	6.07
Goiânia	A002	-16.64	-49.22	727.30	GO	4.73	5.57
Goiás	A014	-15.94	-50.14	512.86	GO	5.49	6.49
Itapaci	A015	-14.98	-49.54	551.16	GO	4.42	5.38
Itumbiara	A035	-18.41	-49.19	491.17	GO	5.08	5.82
Jatai	A016	-17.92	-51.72	670.08	GO	4.82	5.57
Mineiros	A026	-17.45	-52.60	862.00	GO	4.78	5.52
Monte Alegre De Goiás	A032	-13.25	-46.89	552.00	GO	6.22	7.18
Morrinhos	A003	-17.75	-49.10	751.09	GO	5.16	6.18
Parauna	A027	-16.96	-50.43	678.74	GO	4.71	5.64
Pires Do Rio	A033	-17.30	-48.28	757.27	GO	4.65	5.66
Posse	A017	-14.09	-46.37	830.00	GO	6.40	7.81
Rio Verde	A025	-17.79	-50.97	780.11	GO	4.92	5.85
São Simão	A011	-18.97	-50.63	492.45	GO	5.15	6.46
Silvânia	A037	-16.68	-48.62	952.00	GO	4.35	5.08
Alto Parnaíba	A223	-9.11	-45.93	283.69	MA	5.04	5.97
Balsas	A204	-7.46	-46.03	271.03	MA	5.80	6.47
Barra Do Corda	A221	-5.51	-45.24	154.19	MA	5.34	6.03
Buritcupu	A238	-4.32	-46.45	174.91	MA	4.89	5.43
Carolina	A205	-7.34	-47.46	182.88	MA	5.37	5.94
Caxias	A237	-4.82	-43.34	84.85	MA	5.54	5.89
Chapadinha	A206	-3.74	-43.35	104.00	MA	5.19	5.60
Estreito	A224	-6.65	-47.42	182.96	MA	4.98	5.48
Grajau	A207	-5.82	-46.16	232.29	MA	5.17	6.01

Imperatriz	A225	-5.56	-47.46	117.96	MA	4.47	5.13
Preguicas	A218	-2.59	-42.71	4.62	MA	6.29	6.59
São Luís	A203	-2.53	-44.21	54.80	MA	5.18	5.63
Almenara	A508	-16.17	-40.69	189.11	MG	5.67	6.45
Araxa	A505	-19.61	-46.95	1018.32	MG	5.33	6.50
Barbacena	A502	-21.23	-43.77	1168.76	MG	4.23	5.21
Buritis	A544	-15.52	-46.44	894.00	MG	6.01	7.57
Caldas	A530	-21.92	-46.38	1077.34	MG	3.85	4.67
Campina Verde	A519	-19.54	-49.52	559.07	MG	6.43	7.06
Capelinha	A541	-17.71	-42.39	932.06	MG	4.38	5.31
Caratinga	A554	-19.74	-42.14	609.25	MG	5.04	6.22
Chapada Gaucha	A548	-15.30	-45.62	873.20	MG	6.28	7.07
Conceicao Das Alagoas	A520	-19.99	-48.15	572.54	MG	6.42	7.05
Curvelo	A538	-18.75	-44.45	669.48	MG	5.18	6.31
Diamantina	A537	-18.23	-43.65	1359.25	MG	4.48	5.80
Dores Do Indaia	A536	-19.48	-45.59	721.09	MG	5.11	6.27
Espinosa	A543	-14.91	-42.81	565.36	MG	6.59	7.58
Formiga	A524	-20.46	-45.45	878.14	MG	4.48	5.46
Governador Valadares	A532	-18.83	-41.98	198.24	MG	5.18	6.21
Guarda-Mor	A546	-17.56	-47.20	997.01	MG	5.46	6.35
Itaobim	A550	-16.58	-41.49	271.63	MG	5.67	7.02
Joao Pinheiro	A553	-17.78	-46.12	877.05	MG	5.46	6.35
Juiz De Fora	A518	-21.77	-43.36	936.88	MG	4.15	5.37
Manhuacu	A556	-20.26	-42.18	819.47	MG	5.16	6.23
Mantena	A540	-18.78	-40.99	254.91	MG	5.09	5.95
Maria Da Fe	A531	-22.31	-45.37	1281.43	MG	3.85	4.67
Mocambinho	A539	-15.09	-44.02	454.00	MG	5.49	6.27
Montalvania	A526	-14.41	-44.40	519.52	MG	5.82	7.06
Monte Verde	A509	-22.86	-46.04	1544.89	MG	3.66	4.43

Montes Claros	A506	-16.69	-43.84	645.87	MG	5.41	6.52
Ouro Branco	A513	-20.56	-43.76	1048.20	MG	4.13	5.04
Passa Quatro	A529	-22.40	-44.96	1017.10	MG	4.42	5.32
Passos	A516	-20.75	-46.63	781.70	MG	4.77	5.76
Patrocínio	A523	-19.00	-46.99	978.11	MG	4.46	5.32
Pirapora	A545	-17.26	-44.84	505.32	MG	5.65	6.85
Rio Pardo De Minas	A551	-15.72	-42.44	850.06	MG	4.91	5.89
Sacramento	A525	-19.88	-47.43	913.12	MG	5.14	6.22
Salinas	A552	-16.16	-42.31	487.14	MG	5.66	6.47
Sao Joao Del Rei	A514	-21.11	-44.25	929.88	MG	4.48	5.46
Sao Romao	A547	-16.36	-45.12	490.29	MG	5.52	6.44
Serra Dos Aimores	A522	-17.80	-40.25	211.97	MG	5.35	6.08
Teofilo Otoni	A527	-17.89	-41.52	467.17	MG	5.31	6.17
Timoteo	A511	-19.57	-42.62	493.42	MG	4.52	5.45
Tres Marias	A528	-18.20	-45.46	931.01	MG	5.52	6.49
Uberlandia	A507	-18.92	-48.26	874.77	MG	5.31	6.46
Unai	A542	-16.55	-46.88	640.85	MG	5.29	6.30
Varginha	A515	-21.57	-45.40	949.78	MG	4.26	5.16
Vicosa	A510	-20.76	-42.86	697.64	MG	4.19	5.07
Ituiutaba	A512	-18.95	-49.53	540.08	MG	4.46	5.32
Paranaíba	A710	-19.70	-51.18	408.06	MS	5.48	6.39
Agua Clara	A756	-20.44	-52.88	323.63	MS	5.22	6.10
Amambaí	A750	-23.00	-55.33	433.59	MS	5.03	5.99
Aquidauana	A719	-20.48	-55.78	151.35	MS	5.31	6.05
Campo Grande	A702	-20.45	-54.72	528.47	MS	5.79	7.07
Cassilândia	A742	-19.12	-51.72	494.72	MS	4.93	5.75
Chapadão Do Sul	A730	-18.80	-52.60	820.82	MS	5.00	6.17
Corumbá	A724	-19.00	-57.64	111.73	MS	5.51	6.56
Coxim	A720	-18.51	-54.74	251.48	MS	4.73	5.79

Dourados	A721	-22.19	-54.91	463.30	MS	5.04	6.11
Itaquiraí	A752	-23.45	-54.18	337.82	MS	5.35	6.34
Ivinhema	A709	-22.30	-53.82	377.36	MS	5.55	6.80
Miranda	A722	-20.40	-56.43	132.49	MS	5.01	6.03
Nhumirim	A717	-18.99	-56.62	102.26	MS	5.16	6.24
Paranaíba	A710	-19.70	-51.18	408.06	MS	5.49	6.41
Ponta Pora	A703	-22.55	-55.72	668.00	MS	4.77	5.90
Rio Brilhante	A743	-21.77	-54.53	494.72	MS	4.98	5.82
São Gabriel Do Oeste	A732	-19.42	-54.55	646.00	MS	4.80	5.70
Sete Quedas	A751	-23.97	-55.02	398.40	MS	4.98	6.03
Sidrolândia	A754	-20.98	-54.97	471.43	MS	5.21	6.21
Três Lagoas	A704	-20.78	-51.71	328.94	MS	5.20	6.11
Água Boa	A908	-14.02	-52.21	440.00	MT	3.92	4.52
Alta Floresta	A924	-10.08	-56.18	680.00	MT	4.27	4.83
Alto Taquari	A934	-17.84	-53.29	862.42	MT	4.94	5.76
Apiacas	A910	-9.56	-57.39	217.75	MT	4.33	4.85
Brasnorte (Novo Mundo)	A927	-12.52	-58.23	426.20	MT	5.07	5.85
Campo Novo Dos Parecis	A905	-13.79	-57.84	525.41	MT	4.19	4.90
Campo Verde	A912	-15.53	-55.14	748.27	MT	5.20	6.30
Carlinda	A926	-9.97	-55.83	293.71	MT	4.49	5.00
Comodoro	A913	-13.71	-59.76	576.87	MT	3.75	4.07
Cotriguaçu	A919	-9.91	-58.57	265.00	MT	3.17	3.55
Gaúcha Do Norte	A930	-13.18	-53.26	375.87	MT	4.86	5.47
Guaranta Do Norte	A906	-9.95	-54.90	283.58	MT	3.68	4.24
Guiratinga	A932	-16.34	-53.77	525.43	MT	4.44	5.29
Itiquira	A933	-17.17	-54.50	593.12	MT	4.88	5.87
Juara	A914	-11.28	-57.53	263.43	MT	4.36	4.93
Juina	A920	-11.37	-58.77	365.39	MT	4.39	4.89
Nova Ubirata	A929	-13.41	-54.75	466.48	MT	5.25	6.10

Pontes E Lacerda	A937	-15.23	-59.35	272.53	MT	4.74	5.39
Porto Estrela	A935	-15.32	-57.23	147.75	MT	4.56	5.26
Querencia	A916	-12.60	-52.16	355.00	MT	4.71	5.32
Rondonópolis	A907	-16.46	-54.58	289.88	MT	4.72	5.45
S.J. Do Rio Claro	A903	-13.45	-56.68	339.59	MT	5.00	5.87
Salto Do Céu	A936	-15.12	-58.13	300.83	MT	4.41	5.29
Santo Antônio Do Leste	A931	-14.93	-53.88	664.21	MT	5.22	6.36
São Felix Do Araguaia	A921	-11.62	-50.73	201.37	MT	5.10	5.74
Sinop	A917	-11.98	-55.57	366.57	MT	4.82	5.38
Sorriso	A904	-12.56	-55.72	379.31	MT	4.49	5.01
Tangará Da Serra	A902	-14.65	-57.43	440.01	MT	5.05	5.94
Vila Bela Da Santíssima Trindade	A922	-15.06	-59.87	213.00	MT	4.62	5.37
Belém	A201	-1.41	-48.44	21.17	PA	4.06	4.41
Bragança	A226	-1.05	-46.79	41.00	PA	4.96	5.40
Castanhal	A202	-1.30	-47.95	47.13	PA	4.53	4.98
Conceição Do Araguaia	A241	-8.30	-49.28	175.74	PA	4.73	5.41
Itaituba	A231	-4.28	-55.99	24.46	PA	5.10	5.57
Medicilândia	A209	-3.51	-52.96	251.68	PA	4.27	4.68
Placas	A211	-3.86	-54.22	100.45	PA	4.21	4.61
Rondon Do Pará	A214	-4.83	-48.17	203.00	PA	4.50	5.17
Salinópolis	A215	-0.62	-47.36	23.18	PA	5.61	6.01
Tucuma	A234	-6.74	-51.14	320.93	PA	4.18	4.49
Tucuruí	A229	-3.82	-49.67	137.94	PA	4.13	4.67
Areia	A310	-6.98	-35.72	573.45	PB	4.31	4.73
Cabaceiras	A348	-7.48	-36.29	391.96	PB	6.09	6.53
Camaratuba	A352	-6.56	-35.14	135.51	PB	5.12	5.42

Campina Grande	A313	-7.23	-35.90	546.17	PB	5.45	5.97
João Pessoa	A320	-7.17	-34.82	33.50	PB	5.55	5.94
Monteiro	A334	-7.89	-37.12	606.39	PB	6.68	7.28
São Gonçalo	A333	-6.84	-38.31	237.04	PB	6.63	7.13
Arco Verde	A309	-8.43	-37.06	683.95	PE	6.28	6.60
Cabrobró	A329	-8.50	-39.32	342.74	PE	6.82	7.89
Floresta	A351	-8.60	-38.58	499.02	PE	7.01	7.70
Garanhuns	A322	-8.91	-36.49	827.78	PE	5.03	5.84
Ibimirim	A349	-8.51	-37.71	434.23	PE	6.65	7.14
Ouricuri	A366	-7.89	-40.10	457.85	PE	6.76	7.39
Palmares	A357	-8.67	-35.57	164.01	PE	4.63	5.30
Surubim	A328	-7.84	-35.80	421.44	PE	5.57	6.10
Bom Jesus Do Piauí	A326	-9.08	-44.33	296.00	PI	5.89	6.99
Canto Do Buriti	A365	-8.12	-42.98	312.07	PI	7.47	8.52
Caracol	A337	-9.29	-43.32	515.30	PI	7.26	7.90
Castelo Do Piauí	A361	-5.35	-41.51	268.75	PI	6.82	7.45
Gilbues	A364	-9.88	-45.35	425.10	PI	7.59	8.28
Oeiras	A354	-6.97	-42.15	154.03	PI	6.77	7.95
Parnaíba	A308	-3.09	-41.78	52.11	PI	6.44	7.08
Paulistana	A330	-8.13	-41.14	376.00	PI	8.23	8.95
Piripiri	A335	-4.28	-41.79	157.89	PI	6.37	7.04
São Raimundo Nonato	A345	-9.03	-42.70	385.00	PI	7.02	7.73
Teresina	A312	-5.03	-42.80	75.23	PI	5.11	5.40
Urucui	A346	-7.44	-44.34	398.83	PI	5.75	6.91
Valença Do Piauí	A363	-6.40	-41.74	313.39	PI	6.33	7.26
Cidade Gaúcha	A869	-23.36	-52.93	365.79	PR	5.50	6.66
Clevelândia	A877	-26.42	-52.35	966.06	PR	4.53	5.53
Diamante Do Norte	A849	-22.64	-52.89	368.22	PR	5.41	6.57

Dois Vizinhos	A843	-25.70	-53.10	545.95	PR	5.53	6.81
Foz Do Iguaçú	A846	-25.60	-54.48	235.09	PR	5.57	6.50
General Carneiro	A875	-26.40	-51.35	1009.01	PR	3.85	4.91
Goioere	A825	-24.18	-53.05	481.00	PR	5.24	6.27
Icaraíma	A824	-23.39	-53.64	381.29	PR	5.16	6.48
Inácio Martins	A823	-25.57	-51.08	1208.85	PR	3.72	5.00
Joaquim Távora	A821	-23.51	-49.95	512.67	PR	4.84	5.82
Marechal Cândido Rondon	A820	-24.53	-54.02	392.07	PR	5.36	6.38
Maringá	A835	-23.41	-51.93	548.51	PR	5.47	6.64
Morretes	A873	-25.51	-48.81	50.31	PR	4.17	5.24
Nova Fátima	A842	-23.42	-50.58	664.31	PR	5.00	6.42
Paranapoema	A850	-22.66	-52.13	368.22	PR	5.65	6.79
Planalto	A855	-25.72	-53.75	399.10	PR	5.20	6.41
Resende	A609	-22.45	-44.44	438.83	RJ	4.48	5.67
Valenca	A611	-22.36	-43.70	370.00	RJ	5.01	6.19
Arraial Do Cabo	A606	-22.98	-42.02	5.00	RJ	5.27	5.91
Cambuci	A604	-21.59	-41.96	46.00	RJ	5.59	6.71
Campo Dos Goytacazes	A607	-21.71	-41.34	17.00	RJ	5.89	6.92
Campo Dos Goytacazes - São Tomé	A620	-22.04	-41.05	7.00	RJ	6.12	7.07
Duque De Caxias - Xerem	A603	-22.59	-43.28	22.00	RJ	4.55	5.65
Macaé	A608	-22.38	-41.81	28.00	RJ	5.77	6.84
Nova Friburgo - Salinas	A624	-22.33	-42.68	1070.00	RJ	4.14	5.02
Paraty	A619	-23.22	-44.73	3.00	RJ	4.74	5.81
Resende	A609	-22.45	-44.44	438.83	RJ	4.49	5.68

Rio De Janeiro - Forte De Copacabana	A652	-22.99	-43.19	25.59	RJ	5.67	6.48
Rio De Janeiro - Marambaia	A602	-23.05	-43.60	12.00	RJ	5.72	6.79
Rio De Janeiro - Vila Militar	A621	-22.86	-43.41	30.43	RJ	5.32	6.36
Seropedica - Ecologia Agrícola	A601	-22.76	-43.68	35.00	RJ	4.83	6.14
Teresópolis - Parque Nacional	A618	-22.45	-42.99	981.00	RJ	3.67	4.57
Valença	A611	-22.36	-43.70	370.00	RJ	5.02	6.20
Caico	A316	-6.47	-37.08	171.26	RN	7.46	7.93
Macau	A317	-5.15	-36.57	17.37	RN	6.88	7.42
Mossoró	A318	-4.90	-37.37	29.44	RN	6.52	6.95
Santa Cruz	A367	-6.23	-36.03	227.49	RN	5.84	6.15
Porto Velho	A925	-8.79	-63.85	86.70	RO	4.43	4.90
Boa Vista	A135	2.82	-60.69	82.35	RR	5.57	6.22
Alegrete	A826	-29.71	-55.53	120.88	RS	5.63	6.66
Bagé	A827	-31.35	-54.01	226.19	RS	5.41	6.51
Bento Gonçalves	A840	-29.16	-51.53	623.27	RS	5.05	6.19
Caçapava Do Sul	A812	-30.55	-53.47	420.82	RS	5.09	6.05
Camaqua	A838	-30.81	-51.83	92.30	RS	4.54	5.50
Canela	A879	-29.37	-50.83	830.93	RS	4.21	5.24
Cruz Alta	A853	-28.60	-53.67	426.69	RS	5.08	6.19
Dom Pedrito	A881	-31.00	-54.62	150.00	RS	5.51	6.56
Jaguarao	A836	-32.53	-53.38	31.48	RS	5.01	5.85
Lagoa Vermelha	A844	-28.22	-51.51	833.83	RS	4.90	5.94
Mostardas	A878	-31.25	-50.91	3.82	RS	5.45	6.39
Palmeira Das Missões	A856	-27.92	-53.32	614.11	RS	4.96	5.97

Passo Fundo	A839	-28.23	-52.40	680.67	RS	4.88	5.91
Porto Alegre - Jardim Botânico	A801	-30.05	-51.17	41.18	RS	4.97	6.02
Quaraí	A831	-30.37	-56.44	113.05	RS	5.37	6.53
Rio Grande	A802	-32.08	-52.17	4.92	RS	5.29	6.16
Rio Pardo	A813	-29.87	-52.38	106.99	RS	5.14	6.17
Santa Maria	A803	-29.72	-53.72	103.10	RS	5.01	5.93
Santa Rosa	A810	-27.89	-54.48	272.84	RS	5.12	6.20
Santa Vitória Do Palmar - Barra Do Chuí	A899	-33.74	-53.37	7.41	RS	5.23	6.08
Santana Do Livramento	A804	-30.75	-55.40	196.00	RS	5.26	6.22
Santiago	A833	-29.19	-54.89	390.03	RS	5.46	6.52
Santo Augusto	A805	-27.85	-53.79	489.67	RS	5.46	6.22
São Borja	A830	-28.65	-56.02	81.08	RS	5.39	6.46
São Gabriel	A832	-30.34	-54.31	114.89	RS	5.56	6.57
São José Dos Ausentes	A829	-28.75	-50.06	1228.59	RS	3.79	4.87
Soledade	A837	-28.86	-52.54	660.44	RS	5.02	6.20
Torres	A808	-29.35	-49.73	8.44	RS	4.77	6.19
Tramandaí	A834	-30.01	-50.14	4.56	RS	5.21	6.12
Uruguaiana	A809	-29.84	-57.08	74.29	RS	5.96	7.18
Vacaria	A880	-28.51	-50.88	969.89	RS	4.34	5.15
Curitibanos	A860	-27.29	-50.60	978.10	SC	4.36	5.44
Dionísio Cerqueira	A848	-26.29	-53.63	807.54	SC	4.74	5.84
Florianópolis	A806	-27.60	-48.62	4.87	SC	4.69	5.73
Indaial	A817	-26.91	-49.27	72.24	SC	4.20	5.40
Itajaí	A868	-26.95	-48.76	9.76	SC	4.67	5.76
Itapoá	A851	-26.08	-48.64	6.18	SC	4.18	5.19
Ituporanga	A863	-27.42	-49.65	479.79	SC	4.78	5.95
Joacaba	A841	-27.17	-51.56	767.63	SC	4.48	5.59

Laguna - Farol De Santa Marta	A866	-28.60	-48.81	34.36	SC	5.17	6.30
Major Vieira	A864	-26.39	-50.36	799.58	SC	3.99	5.03
Novo Horizonte	A816	-26.41	-52.85	943.57	SC	4.62	5.89
Rio Negrinho	A862	-26.25	-49.57	800.00	SC	3.75	4.77
São Joaquim	A815	-28.28	-49.93	1400.06	SC	3.96	4.97
São Miguel Do Oeste	A857	-26.78	-53.50	700.00	SC	5.07	6.43
Urussanga	A814	-28.53	-49.32	40.56	SC	4.23	5.33
Xanxaré	A858	-26.94	-52.40	878.74	SC	4.73	5.88
Aracaju	A409	-10.95	-37.05	3.72	SE	5.66	6.20
Poço Verde	A419	-10.74	-38.11	367.01	SE	5.51	6.13
Votuporanga	A729	-20.40	-49.97	510.37	SP	4.99	5.82
Ariranha	A736	-21.13	-48.84	525.44	SP	5.03	5.93
Avaré	A725	-23.10	-48.94	776.36	SP	4.74	5.71
Barra Bonita	A741	-22.47	-48.56	533.68	SP	4.91	6.03
Barra Do Turvo	A746	-24.96	-48.42	659.89	SP	3.79	4.74
Barretos	A748	-20.56	-48.54	534.36	SP	4.93	5.82
Bauru	A705	-22.36	-49.03	636.17	SP	4.52	5.30
Casa Branca	A738	-21.78	-47.08	734.15	SP	3.96	4.87
Franca	A708	-20.58	-47.38	1002.74	SP	5.06	6.02
Ibitinga	A737	-21.86	-48.80	496.75	SP	5.27	6.05
Iguapé	A712	-24.67	-47.55	2.70	SP	4.45	5.43
Itapeva	A714	-23.98	-48.89	743.33	SP	4.83	5.91
Itapira	A739	-22.42	-46.81	634.89	SP	4.74	5.67
Ituverava	A753	-20.36	-47.78	610.58	SP	4.86	5.74
Jales	A733	-20.17	-50.59	460.44	SP	5.49	6.48
José Bonifácio	A735	-21.09	-49.92	408.35	SP	5.32	6.32
Lins	A727	-21.67	-49.73	460.65	SP	5.34	6.39
Gurupi	A019	-11.74	-49.05	274.00	TO	5.09	5.77
Araguaína	A021	-7.10	-48.20	230.76	TO	4.49	4.97

Dianópolis	A038	-11.59	-46.85	727.87	TO	6.85	7.79
Formoso Do Araguaia	A039	-11.89	-49.61	215.20	TO	5.95	6.89
Palmas	A009	-10.15	-48.31	267.00	TO	5.66	7.17
Parana	A010	-12.62	-47.87	284.96	TO	5.08	6.27
Peixe	A018	-12.02	-48.54	250.87	TO	5.34	6.07
