

# **CONDIÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS E O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO AMENDOIM NO ESTADO DE SÃO PAULO SAFRA 2023/24**

Orivaldo **BRUNINI**

Denizart **BOLONHEZI**

Ignácio José de **GODOY**

Marcos Doniseti **MICHELOTTO**

Rodolfo Pires **RIBEIRO**

Guilherme Salis **UITDWILLIGEN**

Juliano **CORÓ**

Letícia **BORGES**



**Governo do Estado de São Paulo**  
**Secretaria de Agricultura e Abastecimento**  
**Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios**  
**Instituto Agrônômico**

**Governador do Estado de São Paulo**  
Tarcísio de Freitas

**Secretário de Agricultura e Abastecimento**  
Guilherme Piai Filizzola

**Secretário Executivo de Agricultura e Abastecimento**  
Edson Alves Fernandes

**Subsecretário de Agricultura**  
Orlando Melo de Castro

**Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios**  
Carlos Nabil Ghobril

**Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agrônômico**  
Marcos Guimarães de Andrade Landell

**CONDIÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS E O  
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO AMENDOIM NO  
ESTADO DE SÃO PAULO SAFRA 2023/24**

Orivaldo **BRUNINI**

Denizart **BOLONHEZI**

Ignácio José de **GODOY**

Marcos Doniseti **MICHELOTTO**

Rodolfo Pires **RIBEIRO**

Guilherme Salis **UITDWILLIGEN**

Juliano **CORÓ**

Leticia **BORGES**

C745 Condições agrometeorológicas e o desenvolvimento da cultura do amendoim no estado de São Paulo Safra 2023/24 / Orivaldo Brunini, Denizart Bolonhezi, Ignácio José de Godoy, et al. Campinas: Instituto Agrônomo, 2024. 39p. (on-line) (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 240)

ISSN 1809-7936

1. Cultura de amendoim. 2. Condições agrometeorológicas – amendoim. I. Brunini, Orivaldo. II. Bolonhezi, Denizart. III. Godoy, Ignácio José de. IV. Michelotto, Marcos Doniseti. V. Ribeiro, Rodolfo Pires. VI. Uitdwilligen, Guilherme Salis. VII. Coró, Juliano. VIII. Borges, Letícia. IX. Série.

CDD. 635.659

**O Conteúdo do Texto é de Inteira Responsabilidade dos Autores.**

### **Comitê Editorial do Instituto Agrônomo**

Lúcia Helena Signori Melo de Castro

Fernando Alves de Azevedo

Fernando César Bachiega Zambrosi

Gabriel Constantino Blain

Valéria Aparecida Modolo

### **Equipe participante desta publicação**

Coordenação da Editoração: Silvana Aparecida Barbosa

Editoração Eletrônica: Cíntia Rafaela Amaro - Amaro Comunicação

Fone: (19) 99142-8371 | cintia\_amaro6@hotmail.com

Capa: Quebra-Cabeça

Fone (19) 99729-2463 | qcartesgraficas@terra.com.br

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação do Copyright © (Lei nº 9.610).

### **Instituto Agrônomo**

Caixa Postal 28

13012-970 Campinas (SP) - Brasil

www.iac.sp.gov.br

# SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
RESUMEN .....	2
1. EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS DA CULTURA DO AMENDOIM .....	3
2. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS .....	3
3. CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS .....	16
4. EFEITOS INTERATIVOS CLIMA - EVAPOTRASPIRAÇÃO - ÍNDICES DE SECA - ÁGUA NO SOLO .....	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS.....	39

# CONDIÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS E O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO AMENDOIM NO ESTADO DE SÃO PAULO SAFRA 2023/24

Orivaldo **BRUNINI** <sup>(1,2)</sup>  
Denizart **BOLONHEZI** <sup>(2)</sup>  
Ignácio José de **GODOY** <sup>(2)</sup>  
Marcos Doniseti **MICHELOTTO** <sup>(2)</sup>  
Rodolfo Pires **RIBEIRO** <sup>(3)</sup>  
Guilherme Salis **UITDWILLIGEN** <sup>(4)</sup>  
Juliano **CORÓ** <sup>(5)</sup>  
Leticia **BORGES** <sup>(6)</sup>

## RESUMO

As condições agroclimáticas das regiões produtoras de amendoim no estado de São Paulo foram estudadas de outubro de 2023 a março de 2024. O estudo baseou-se nas características de temperatura média do ar, assim como os seus valores extremos, agregando-se a avaliação das condições hídricas que foi feita com base no total mensal da precipitação, assim como na variabilidade temporal e espacial deste elemento. Foram incluídas considerações sobre índices de seca, como o Índice Padronizado de Precipitação e Evapotranspiração (SPEI), assim como a relação da água disponível no solo e a interação desta com a evapotranspiração potencial e seu efeito na evapotranspiração real dessa cultura. As análises indicaram que a cultura foi submetida a altos estresses térmicos durante grande parte de seu ciclo vegetativo, porém com diferenças espaciais devido à alta variabilidade da precipitação. As altas taxas de evapotranspiração potencial tiveram efeito restritivo na evapotranspiração real, mesmo com água disponível no solo acima de 50% de sua capacidade máxima. Observou-se também que o uso do SPEI foi uma ferramenta adequada para quantificar o estresse à cultura. A passagem de sistema climático no final de março alterou as condições térmicas e hídricas no estado. Porém, além das chuvas não terem sido uniformes na distribuição espacial, houve desfavorecimento à cultura, devido às condições térmicas continuarem inadequadas, durante o desenvolvimento da cultura e mesmo as condições de precipitação, não foram suficientes para recuperar totalmente a disponibilidade hídrica e reduzir o impacto térmico.

**Palavras-chave:** *Arachis hypogaea* L., deficiência hídrica, temperatura máxima, índice, produtividade de vagens.

---

<sup>(1)</sup> Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG), orivaldobrunini@gmail.com.

<sup>(2)</sup> Instituto Agrônomo (IAC).

<sup>(3)</sup> Cooperativa CAMDA.

<sup>(4)</sup> Beatrice Peanuts.

<sup>(5)</sup> Sementes Manduca.

<sup>(6)</sup> Seeds Esperança.

## AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS AND THE DEVELOPMENT OF PEANUT CROP IN THE STATE OF SÃO PAULO 2023/24 HARVEST ABSTRACT

The agroclimatic conditions of peanut producing regions in the State of São Paulo were studied from October 2023 to March 2024. The study was based on the average air temperature and its extreme values and on the hydric conditions monthly, along with its temporal and spatial variability. Considerations on drought indices such as the Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI) were done, as well as the relationship of available soil water, the interaction with potential evapotranspiration and its effect on the actual crop evapotranspiration. The analyzes indicated that the crop was submitted to high thermal stresses during large part of its vegetative development, but with spatial differences due to the high variability of the precipitations. The high rates of potential evapotranspiration had a restrictive effect on the actual evapotranspiration even with water available above 50% of its maximum capacity. It should be also noted that the use of SPEI was an adequate tool to quantify crop stress. The passage of this climate system at the end of March changed the thermal and water conditions along the peanut regions of the State of São Paulo. In addition to the fact that the rains were not uniform in spatial distribution, the crop was also affected due to the high temperatures values in a large part of the crop cycle, and even when precipitation occurred, it was not sufficient to overcome the drought stresses and the thermal impact.

**Key words:** *Arachis hypogaea* L., water deficiency, maximum temperature, index, pod yield.

## CONDICIONES AGROMETEOROLÓGICAS Y DESARROLLO DEL CULTIVO DEL MANÍ EN EL ESTADO DE SÃO PAULO CAMPAÑA 2023/24 RESUMEN

Las condiciones agrometeorológicas de las regiones productoras de maní en el Estado de São Paulo fueron estudiadas desde octubre de 2023 a marzo de 2024. El estudio se basó en las condiciones de la temperatura media del aire, así como sus valores extremos y las condiciones del agua en el suelo con base en el total mensual de precipitación, así como en la variabilidad temporal y espacial de este elemento. Se incluyeron consideraciones sobre índices de sequía, como el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI), así como la relación entre el agua disponible en el suelo y la interacción con la evapotranspiración potencial y su efecto sobre la evapotranspiración real del cultivo. Los análisis indicaron que el cultivo fue sometido a un elevado estrés térmico durante gran parte de su ciclo vegetativo, pero con diferencias espaciales debido a la alta variabilidad de las precipitaciones. Las altas tasas de evapotranspiración potencial tuvieron un efecto restrictivo sobre la evapotranspiración real, incluso con agua disponible en el suelo encima del 50% de su capacidad máxima. Cabe señalar también que el uso del SPEI fue una herramienta adecuada para cuantificar el estrés del cultivo. El paso de un sistema climático cambió las condiciones térmicas y hídricas en el Estado de São Paulo. Además de que las precipitaciones no tuvieron una distribución espacial uniforme, el cultivo se vio perjudicado, debido a las inadecuadas condiciones térmicas, durante gran parte del período de desarrollo del cultivo. Las condiciones de precipitación recién se tornaron favorables en la última quincena de marzo, pero no fueron suficientes para recuperar la disponibilidad de agua y reducir el impacto térmico y hídrico en el cultivo.

**Palabras clave:** *Arachis hypogaea* L., del agua, temperatura máxima, índice, productividad de vainas.

## 1. EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS DA CULTURA DO AMENDOIM

Comparativamente a outras espécies leguminosas de metabolismo C3, o amendoim é uma planta bastante resistente à seca, e um dos fatores que a induzem a essa característica é a grande capacidade de aprofundamento das raízes, a qual permite a exploração da umidade de camadas do solo normalmente não disponíveis para outras culturas anuais. O amendoim parece não ser afetado pelo fotoperiodismo. Por essa razão, apenas os fatores térmicos e hídricos são considerados na definição da aptidão das regiões para a cultura e na determinação da época adequada de plantio.

Para o amendoim expressar seu potencial genético, são necessários entre 510 e 710 mm de precipitação e temperaturas entre 24 e 33 °C (Nogueira *et al.*, 2013). Temperaturas máximas acima de 33 °C associadas a longos períodos de deficiência hídrica, podem ocasionar: redução expressiva na taxa de fotossíntese, diminuição da quantidade de flores, afetar a penetração dos ginóforos, redução do índice de área foliar, diminuição da nodulação, redução da absorção de N, Ca, Mg e B, redução da produtividade de vagens, bem como afetar a qualidade do produto colhido, sobretudo em termos de aumento dos níveis de aflatoxina. As exigências climáticas para exploração comercial do amendoim, em cultura anual única podem ser assim definidas, como pelo menos, cinco meses com temperaturas médias acima de 21 °C e umidade suficiente nos dois primeiros meses do período vegetativo, seja com ausência de deficiências hídricas ou deficiências inferiores a 10 mm.

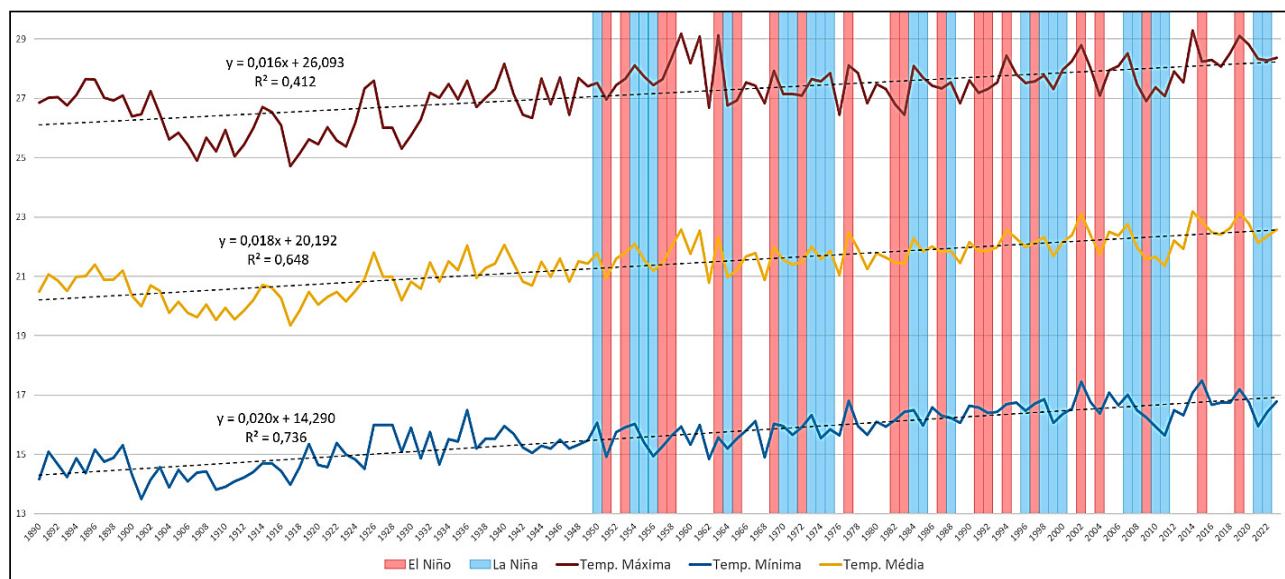
Os bons momentos vivenciados pela cadeia produtiva do amendoim têm impulsionado os produtores a expandirem suas atividades para novas regiões edafoclimáticas e novos sistemas de produção, com características diferentes das regiões tradicionais. Esse fato, aliado às frequentes intercorrências climáticas, têm reduzido a estabilidade produtiva. Embora seja uma cultura que apresente razoável tolerância à seca, em condições adversas extremas, como altas temperaturas do ar, ou período longo de estiagem, essa cultura pode ser afetada, em especial na fase de formação das vagens. O maior ou menor impacto dependerá da coincidência desses episódios climáticos com a fase fenológica dos diferentes cultivares em cultivo, bem como com a época de semeadura, característica edáfica, histórico de cultivo anterior e manejo de solo adotado.

Este Boletim traz uma análise dinâmica das condições agroclimáticas ocorridas nas regiões produtoras de amendoim no estado de São Paulo no período de 1 de outubro de 2023 a 31 de março de 2024 e os possíveis efeitos na lavoura desta cultura.

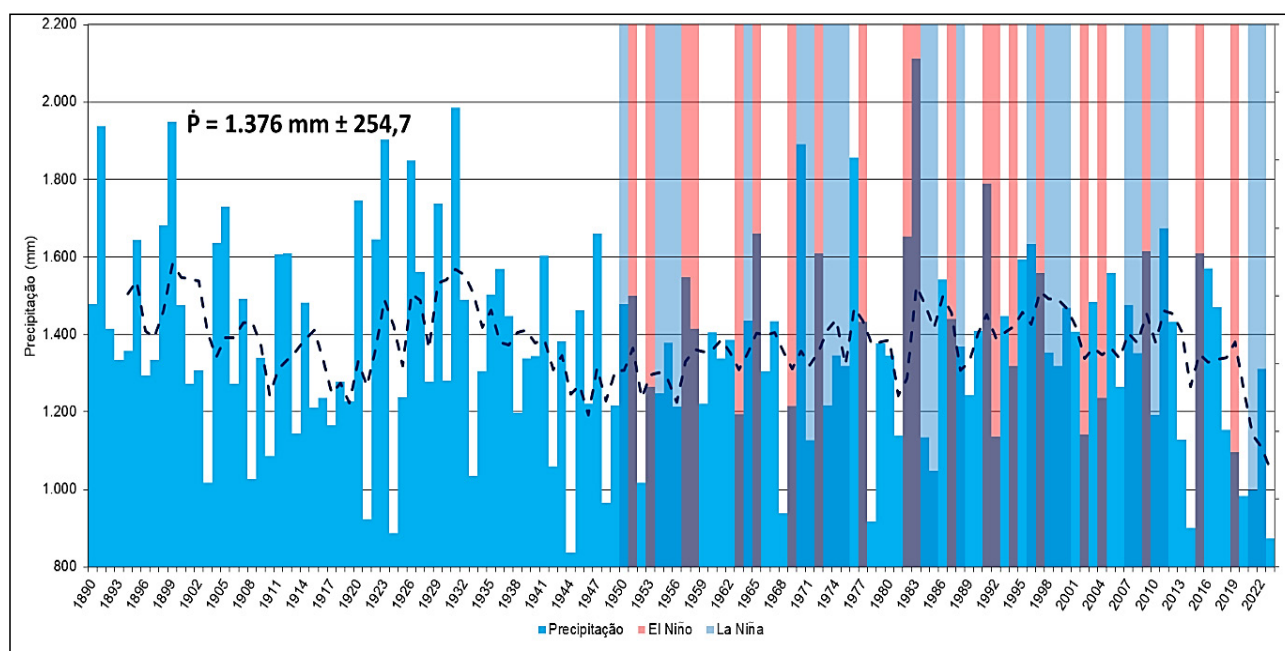
## 2. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Desde setembro de 2023, o estado de São Paulo apresentou valores elevados de temperatura média do ar (máxima e mínima), com alguns períodos de abrandamento do processo, porém, de maneira geral, as temperaturas foram acima da média histórica, o que indica o efeito combinado do fenômeno El Niño, mas também caracterizando uma tendência de aumento das temperaturas ocasionado pelas mudanças climáticas e aquecimento global. A série meteorológica histórica do Instituto Agrônomo (IAC/APTA/SAA), demonstra um aquecimento de cerca de 2 °C desde sua implantação em 1890, e ainda, tem sido observado um deslocamento do início da estação chuvosa para finais de outubro e início de novembro.

Essa anomalia pode ser visualizada pelos dados apresentados nas figuras 1 e 2, onde se destaca a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, mostrando a variabilidade climática que tem sido fator constante nos últimos anos.



**Figura 1.** Variação temporal da temperatura anual do ar de 1890 a 2023 em Campinas (SP) e indicação da ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña.



**Figura 2.** Variação do total anual de precipitação para Campinas (SP) de 1890 a 2022 e a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña.

No caso específico do período analisado, os gráficos de variabilidade espacial referentes às temperaturas médias anuais, da temperatura máxima média, temperatura máxima absoluta e temperatura média do ar são indicadas nas figuras 3 a 8, com os subperíodos compreendendo de outubro de 2023 a março de 2024.

Embora alguns produtores conseguiram instalar suas lavouras no mês de setembro, a semeadura concentrou-se predominantemente nos meses de outubro e novembro. Nota-se nos mapas as temperaturas máximas que foram verificadas nas principais regiões produtoras de amendoim que aliado à deficiência hídrica, ocasionaram falhas expressivas no estande inicial, demandando em muitos casos nova semeadura em época diferente da tradicional.

Observa-se que nas análises mensais a lavoura foi altamente afetada com temperaturas médias do ar e as máximas médias muito superiores aos requisitos térmicos dessa cultura. Um fato a mais a se destacar é a constância de dias com temperaturas (máximas e médias) do ar com limites muito superiores aos indicados agronomicamente, ocasionando com certeza alto estresse térmico às lavouras. Isto é melhor observado nas figuras 9 a 12, onde localidades representativas das regiões produtoras de amendoim são destacadas, inferindo o alto estresse térmico. Outro detalhe a ser considerado são as altas temperaturas na primeira quinzena de março, cujos valores de temperatura máxima foram em até 5 °C acima das médias históricas (Figuras 13 e 14).

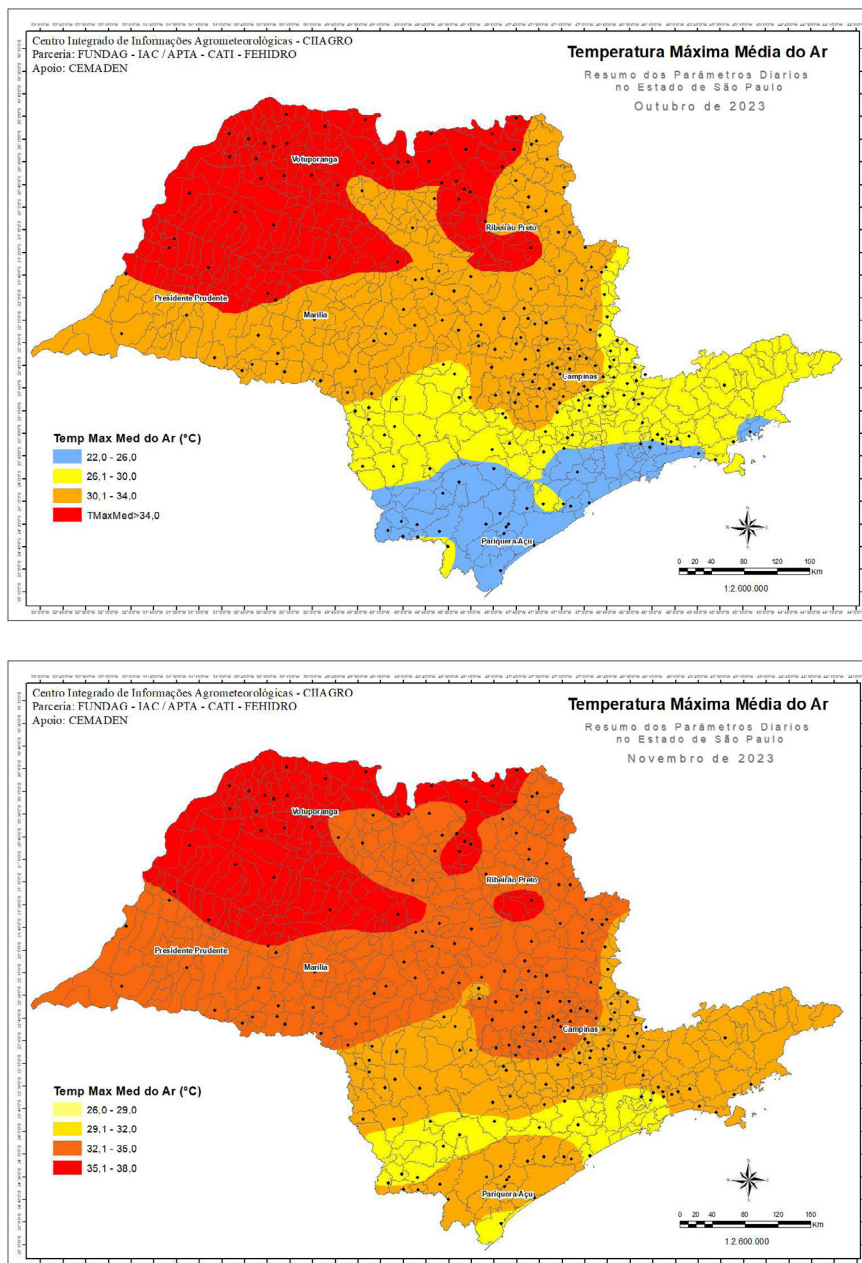


Figura 3. Variabilidade espacial da temperatura máxima média mensal do ar em outubro de 2023 e novembro de 2023.

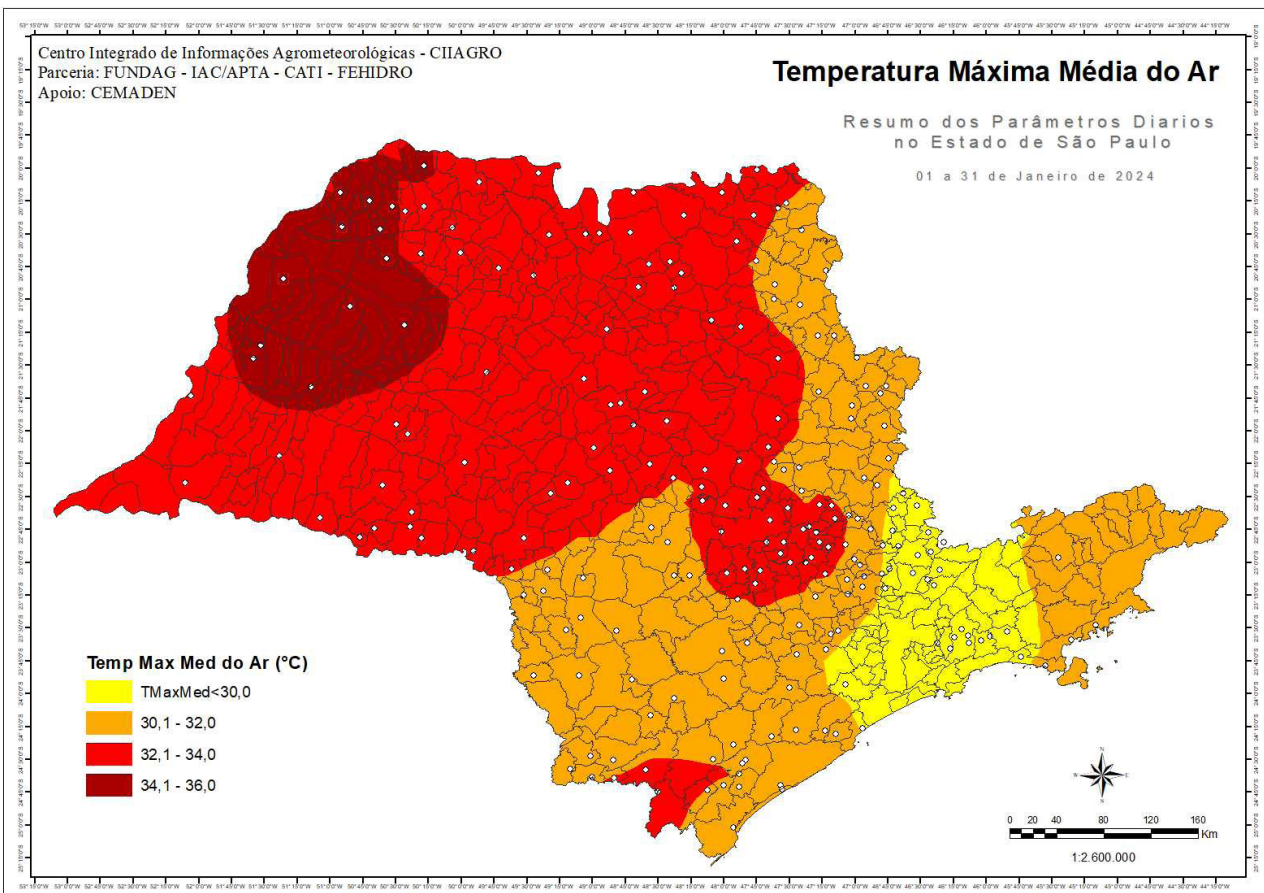
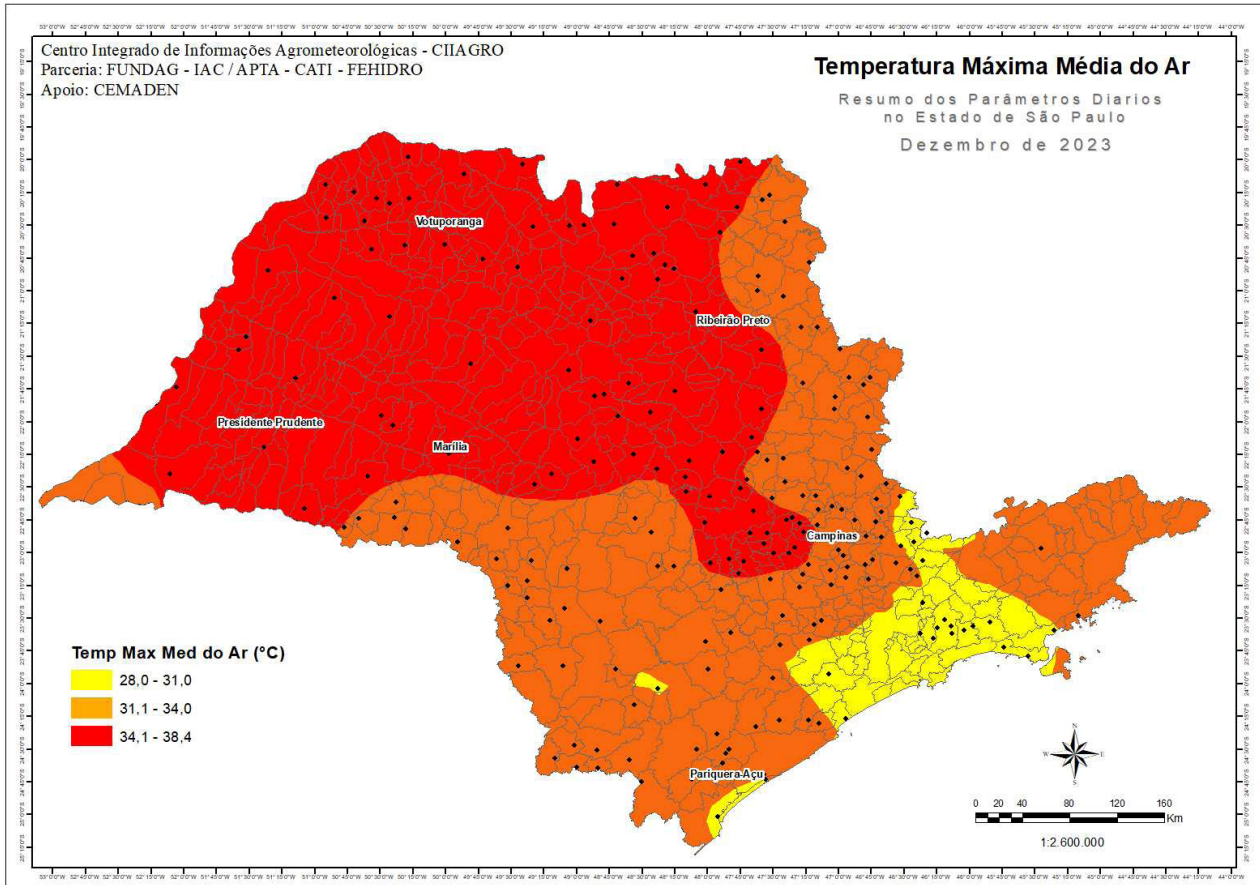


Figura 4. Variabilidade espacial da temperatura máxima média mensal do ar em dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

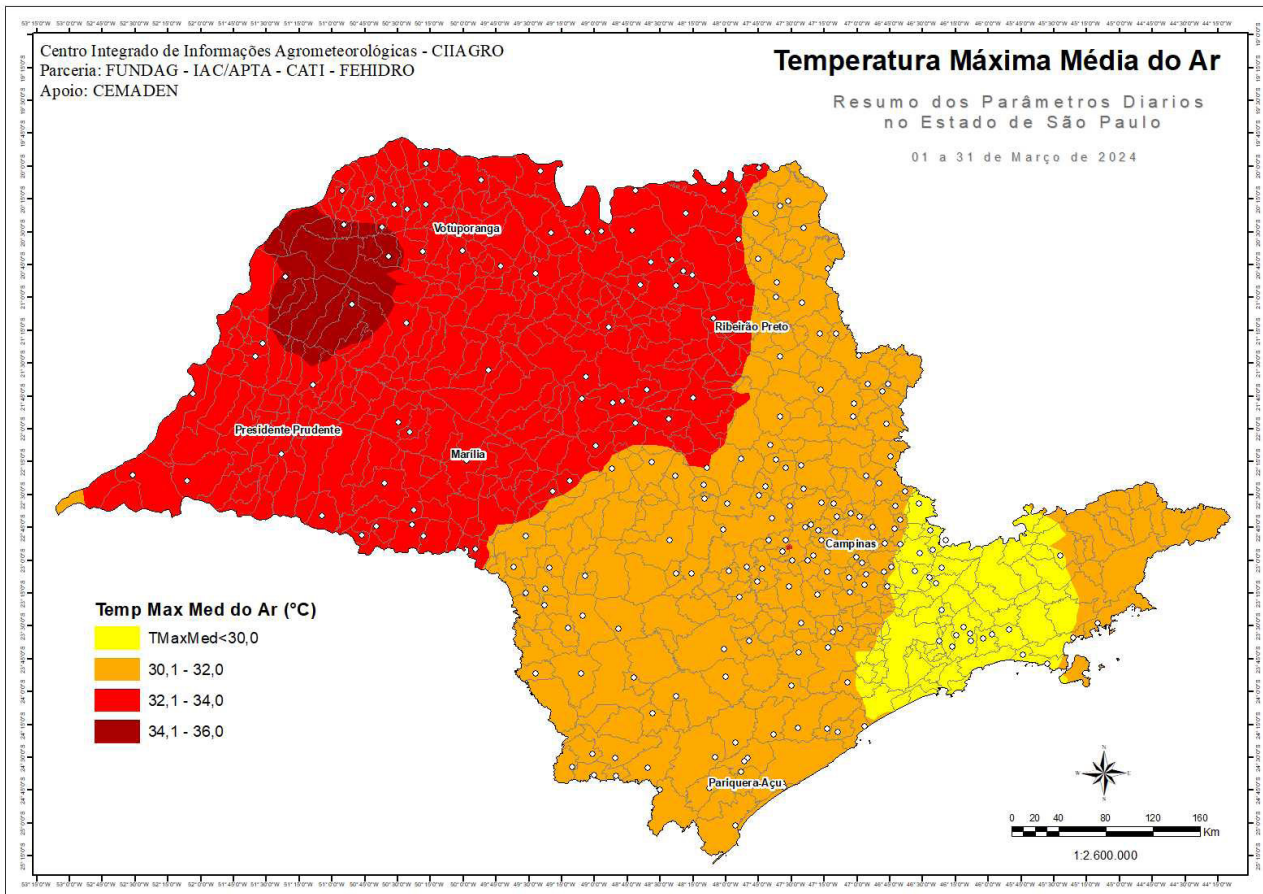


Figura 5. Variabilidade espacial da temperatura máxima média mensal do ar em fevereiro e março de 2024.

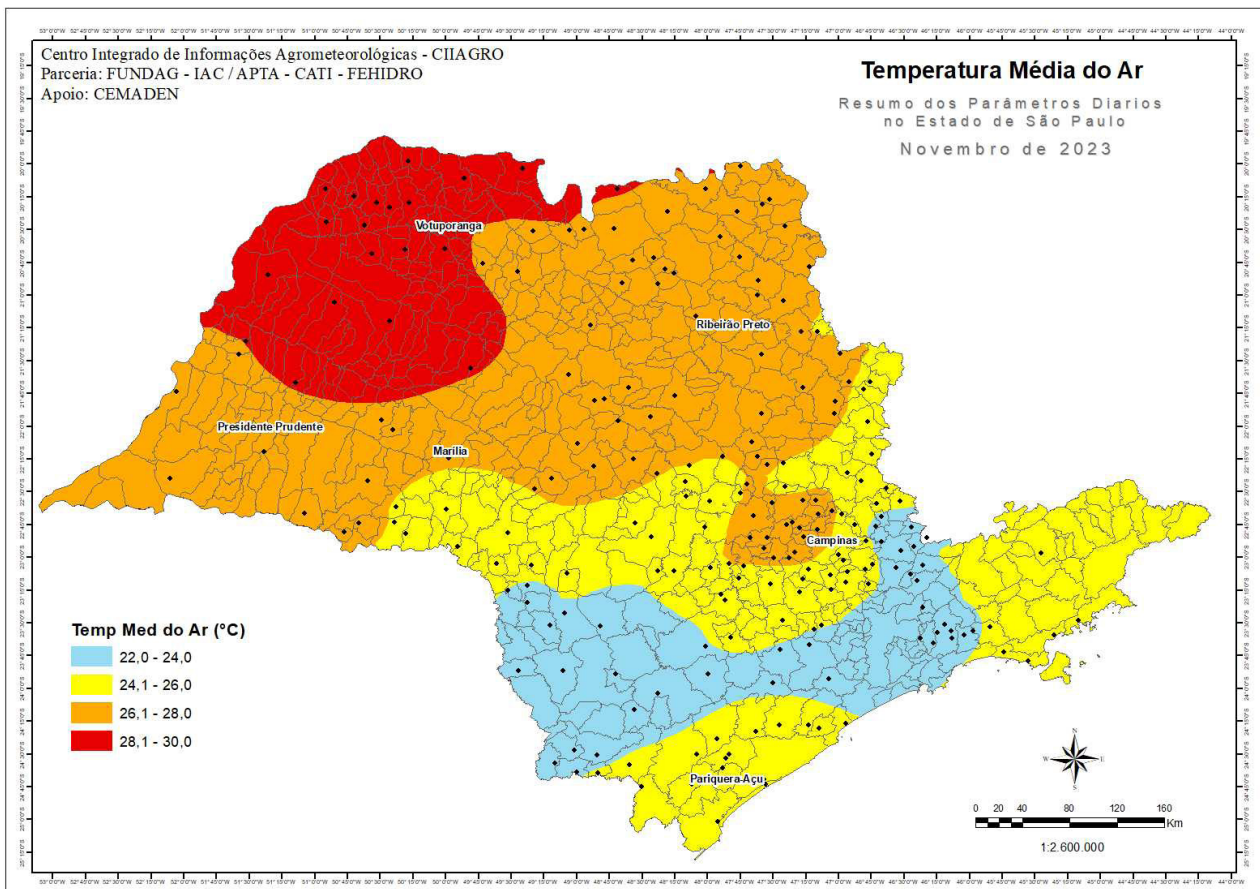
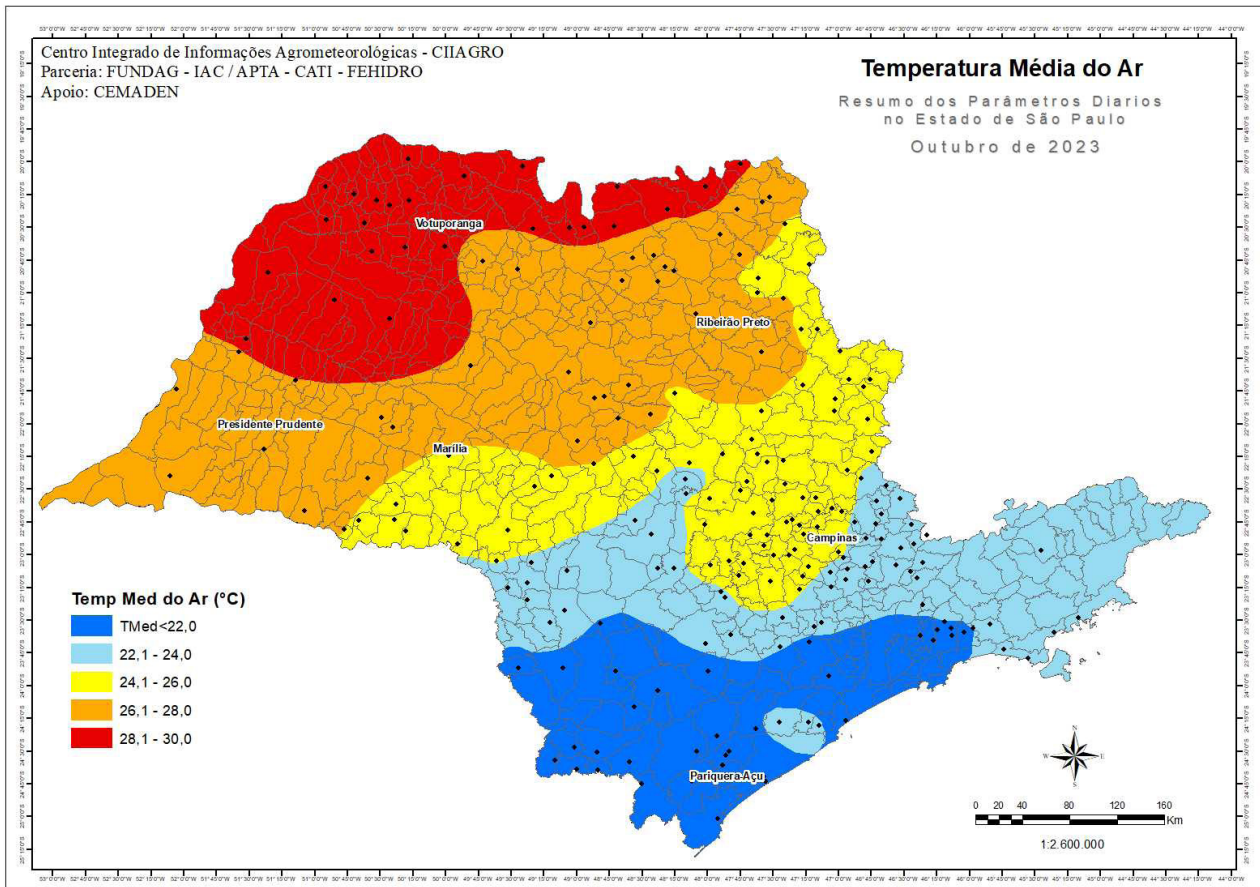


Figura 6. Variabilidade espacial da temperatura média mensal do ar em outubro e novembro de 2023.

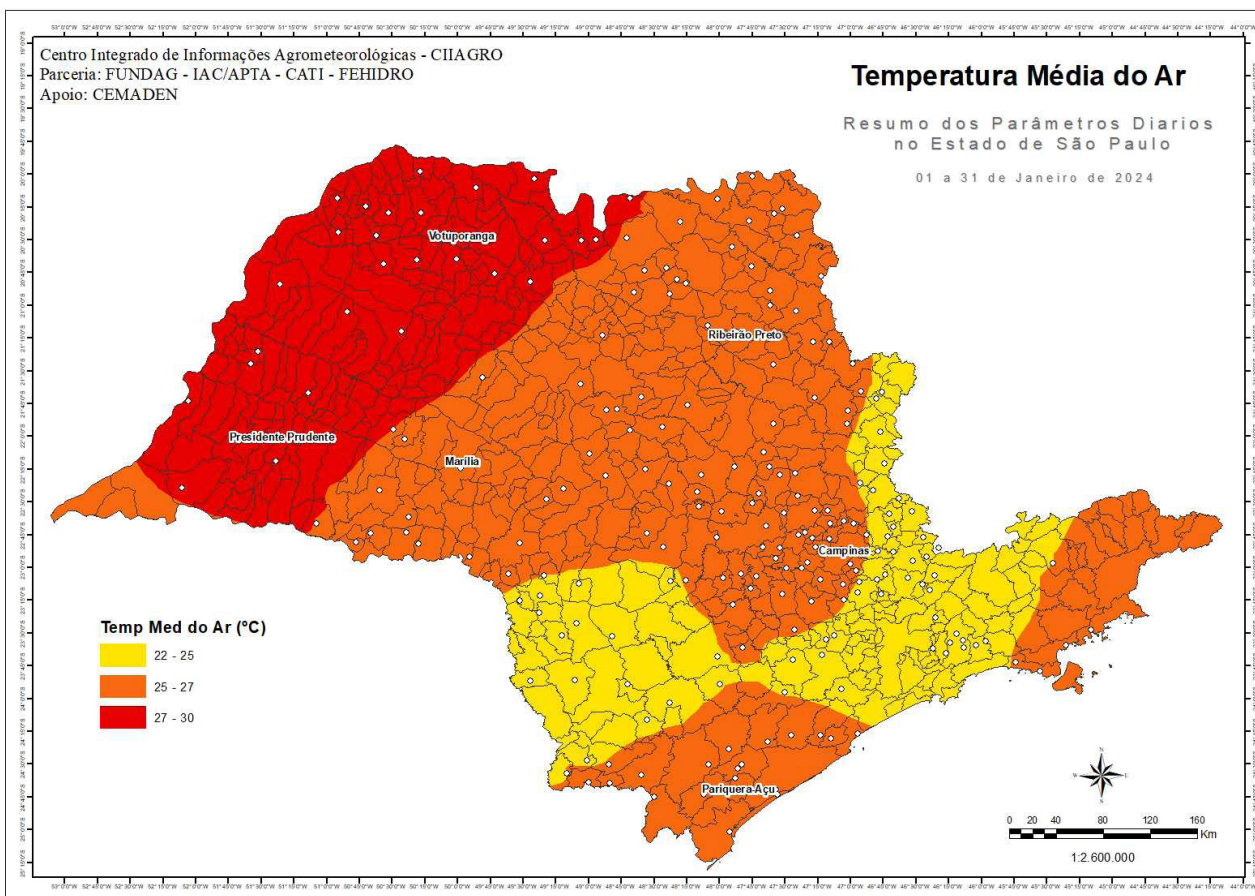
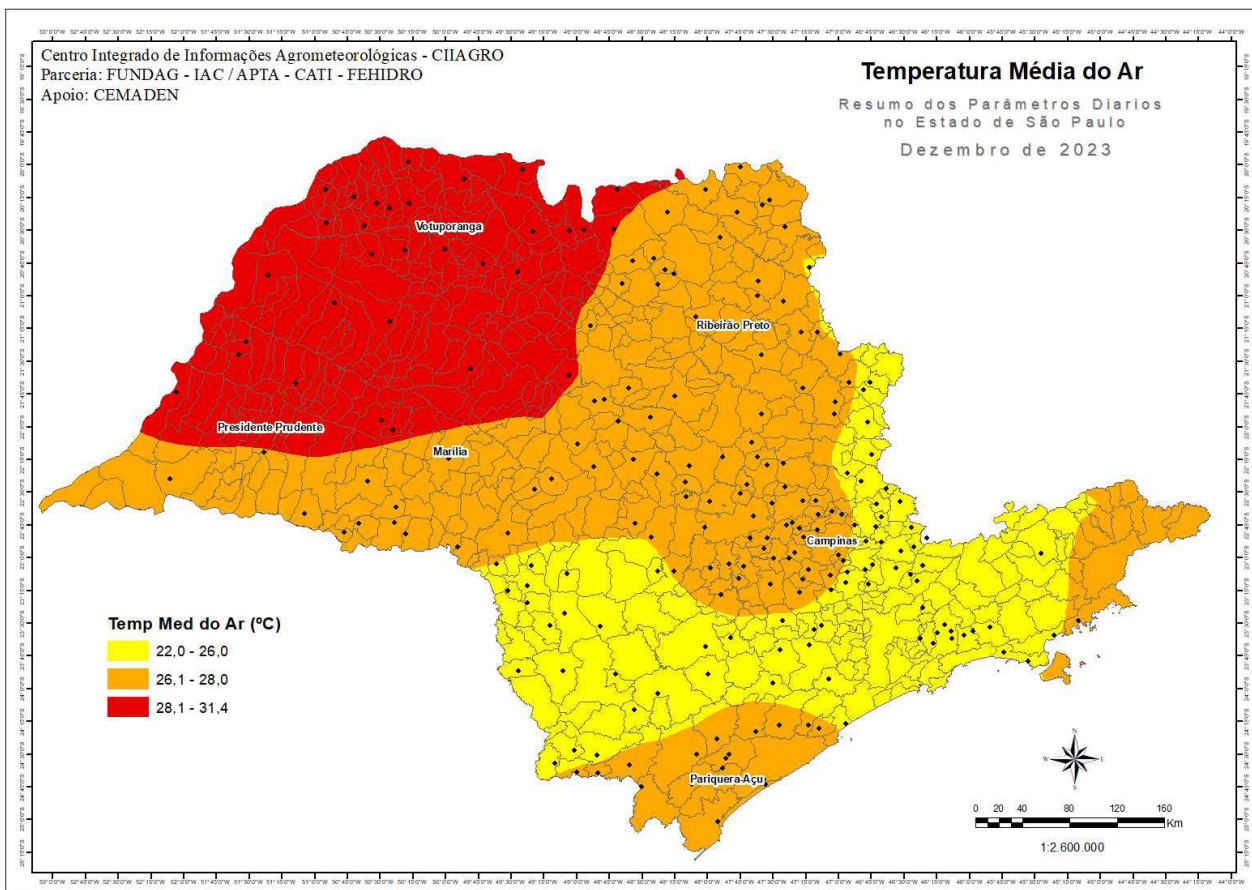


Figura 7. Variabilidade espacial da temperatura média mensal do ar em dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

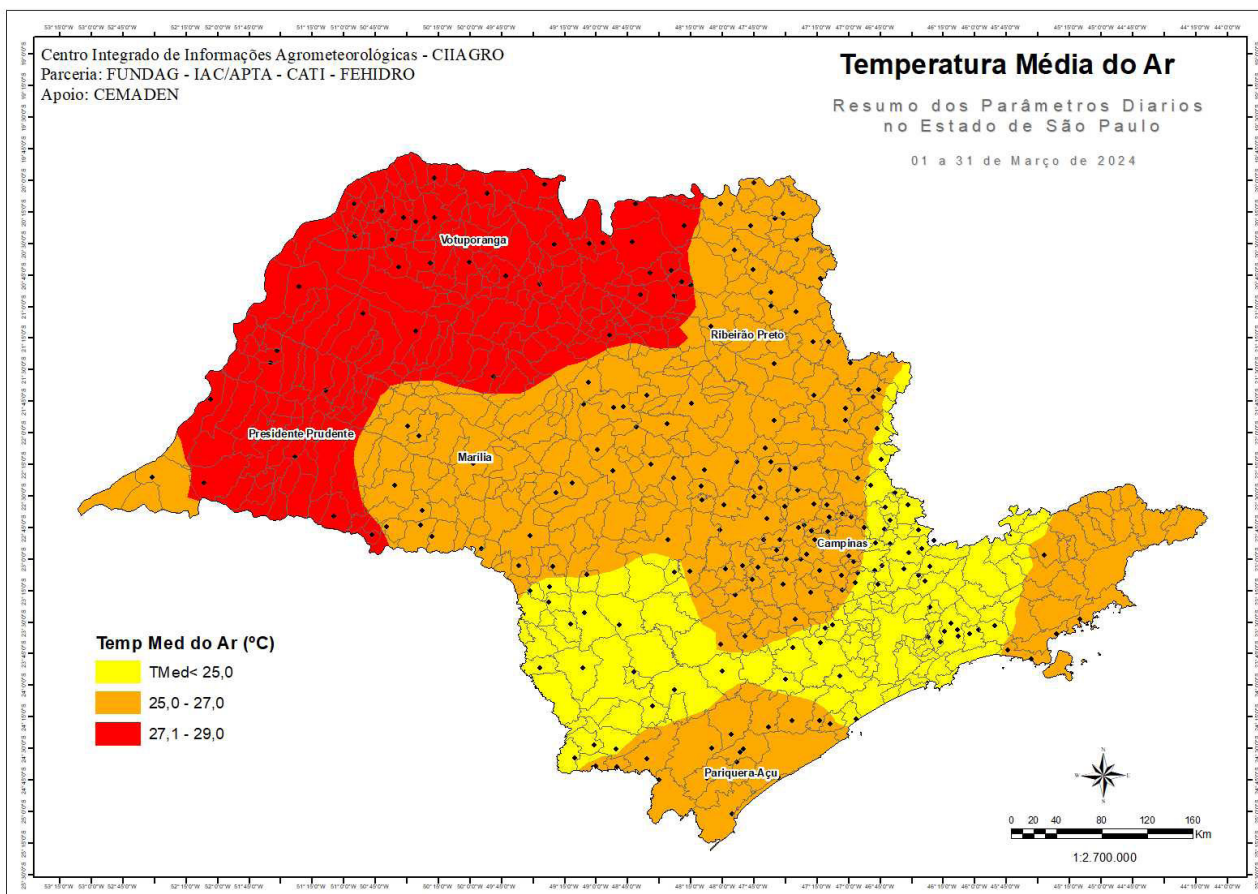
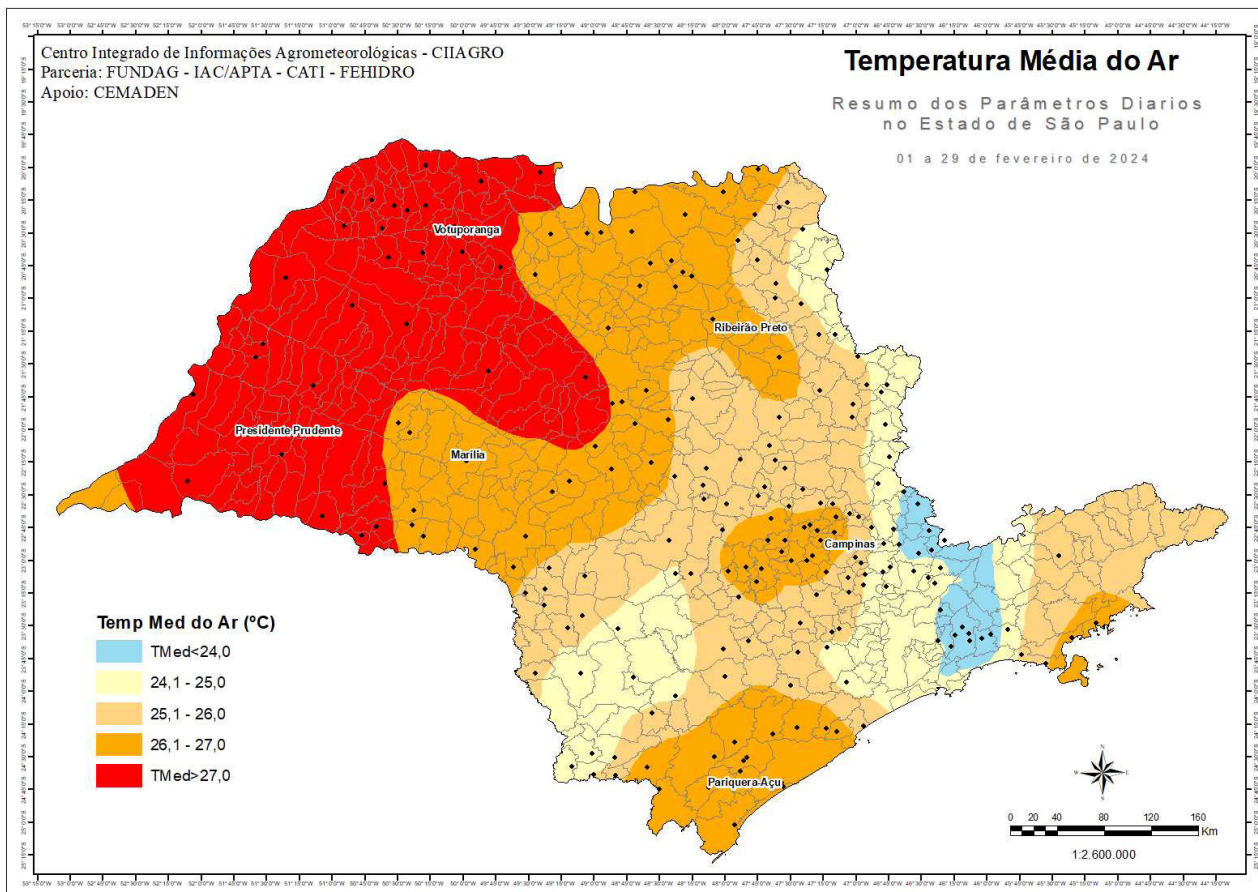


Figura 8. Variabilidade espacial da temperatura média mensal do ar em fevereiro e março de 2024.

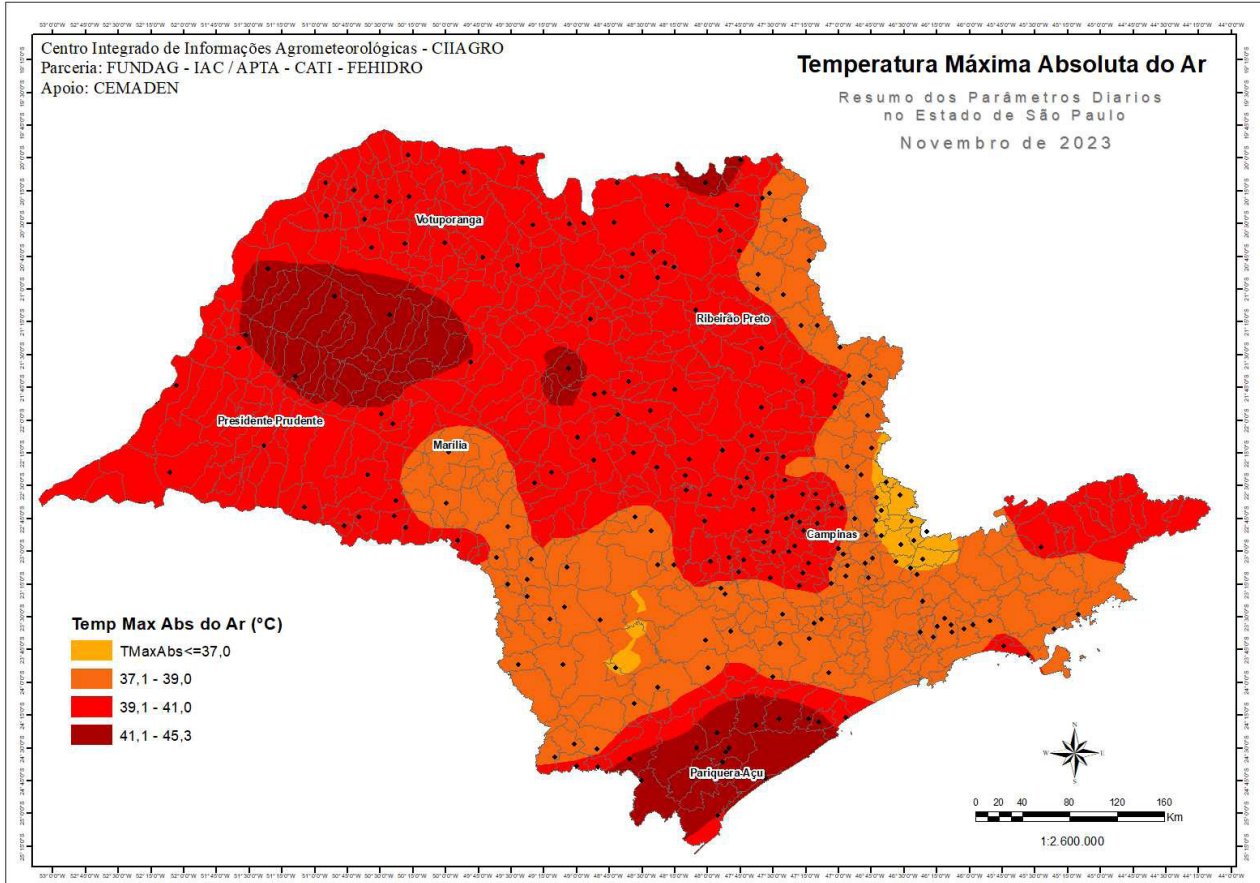
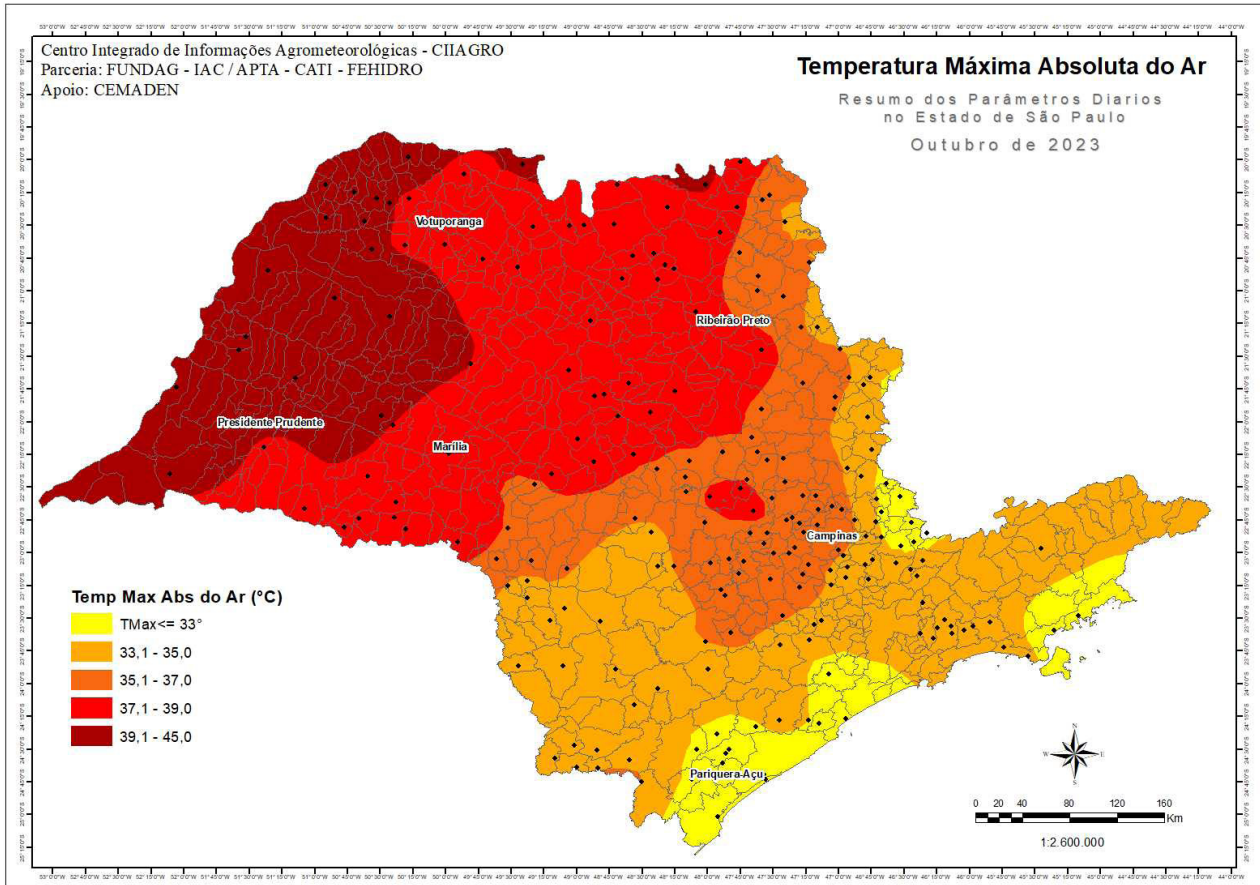


Figura 9. Variabilidade espacial da temperatura máxima absoluta mensal do ar em outubro e novembro de 2023.

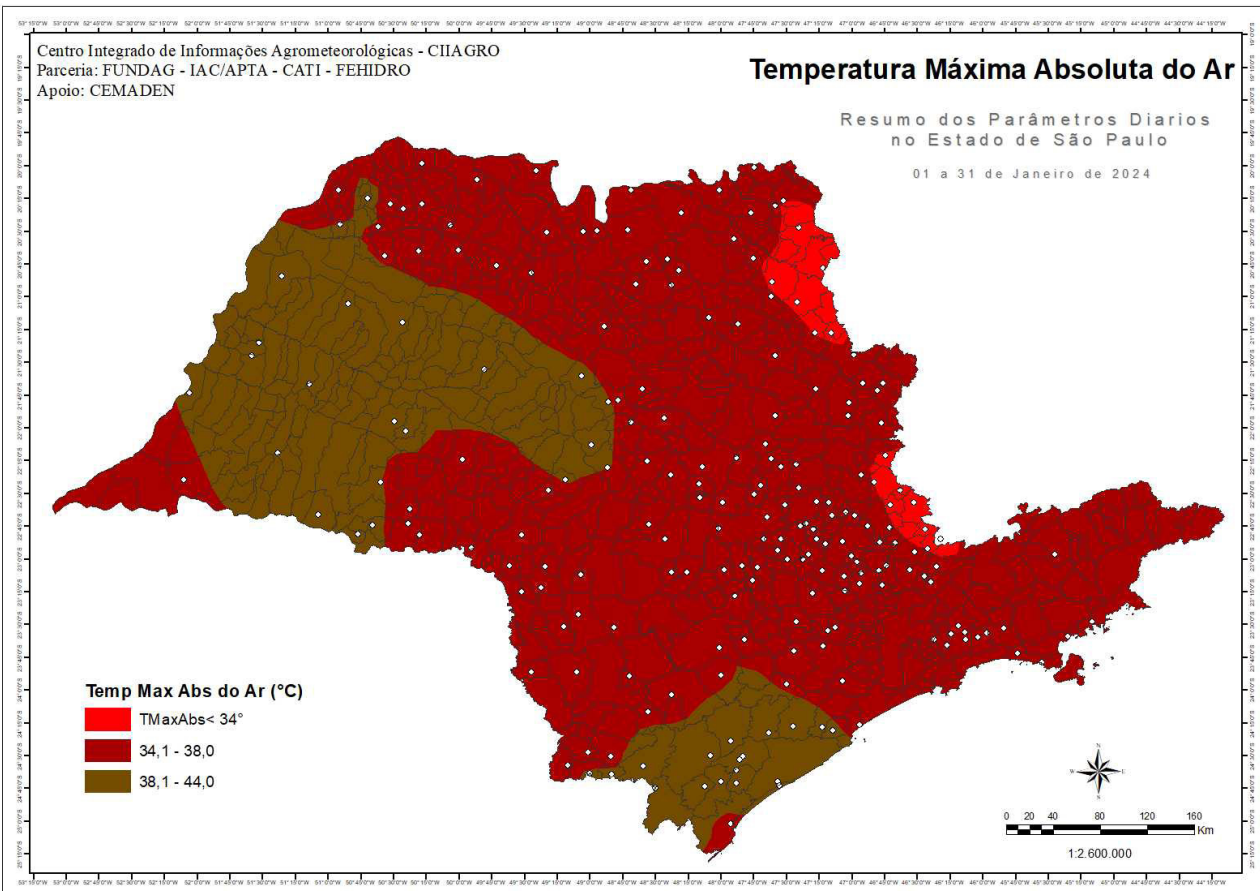
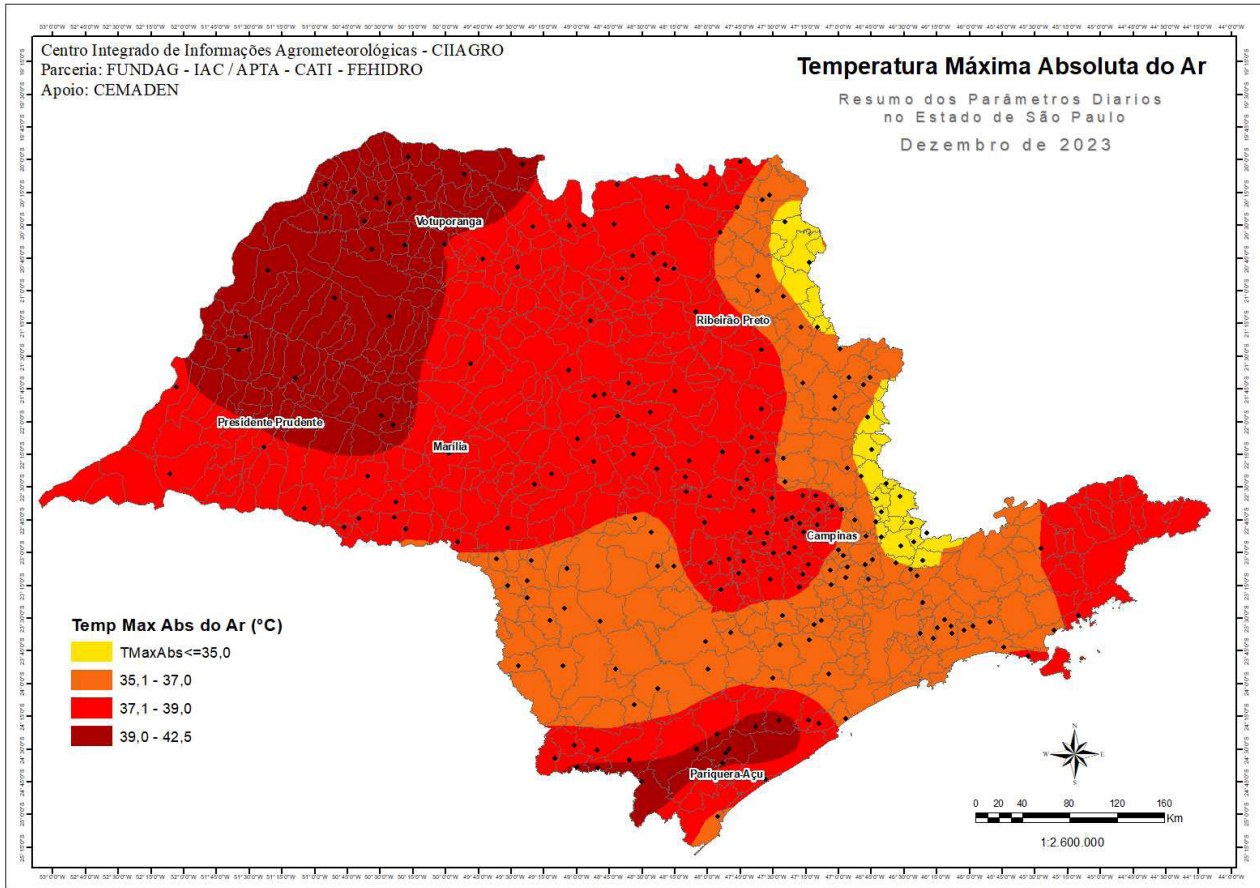


Figura 10. Variabilidade espacial da temperatura máxima absoluta mensal do ar em dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

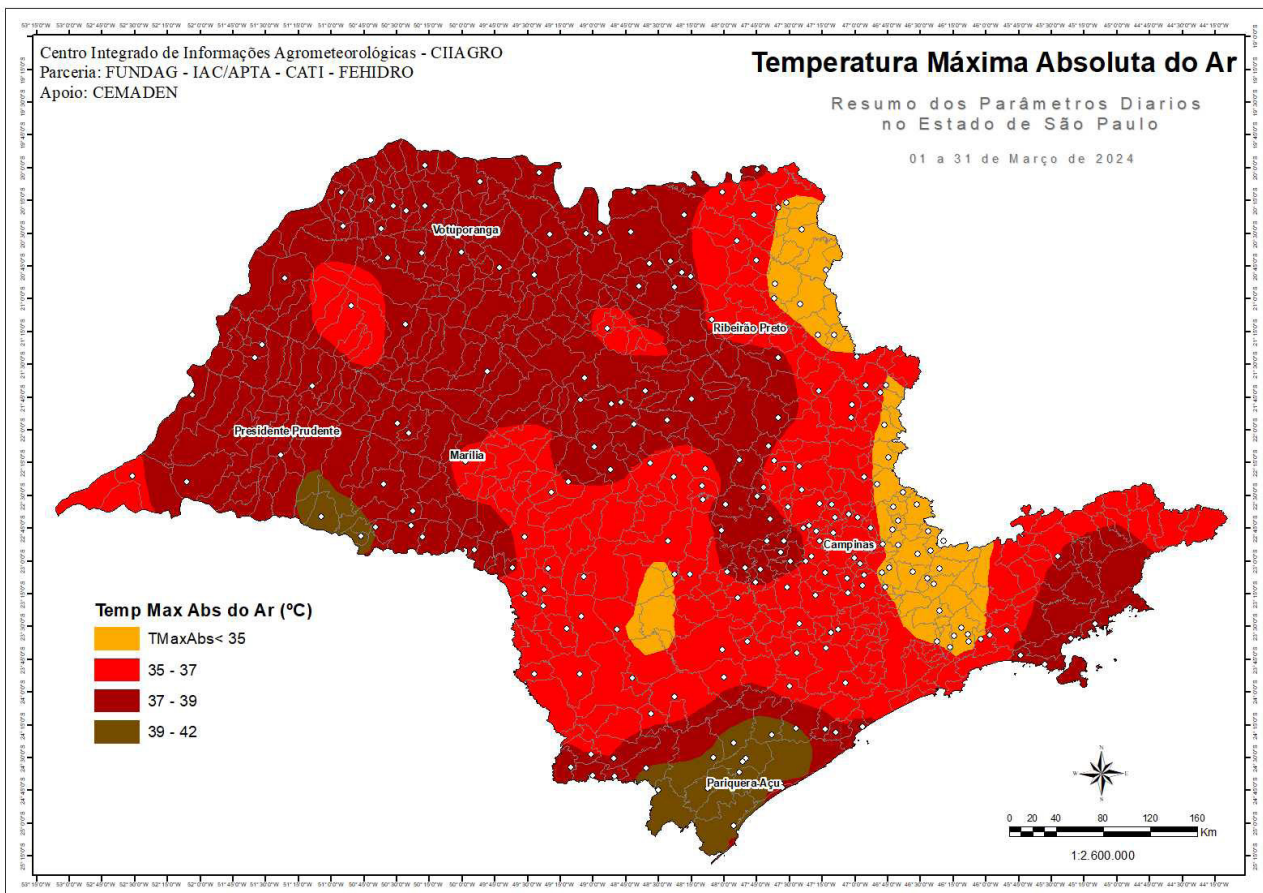
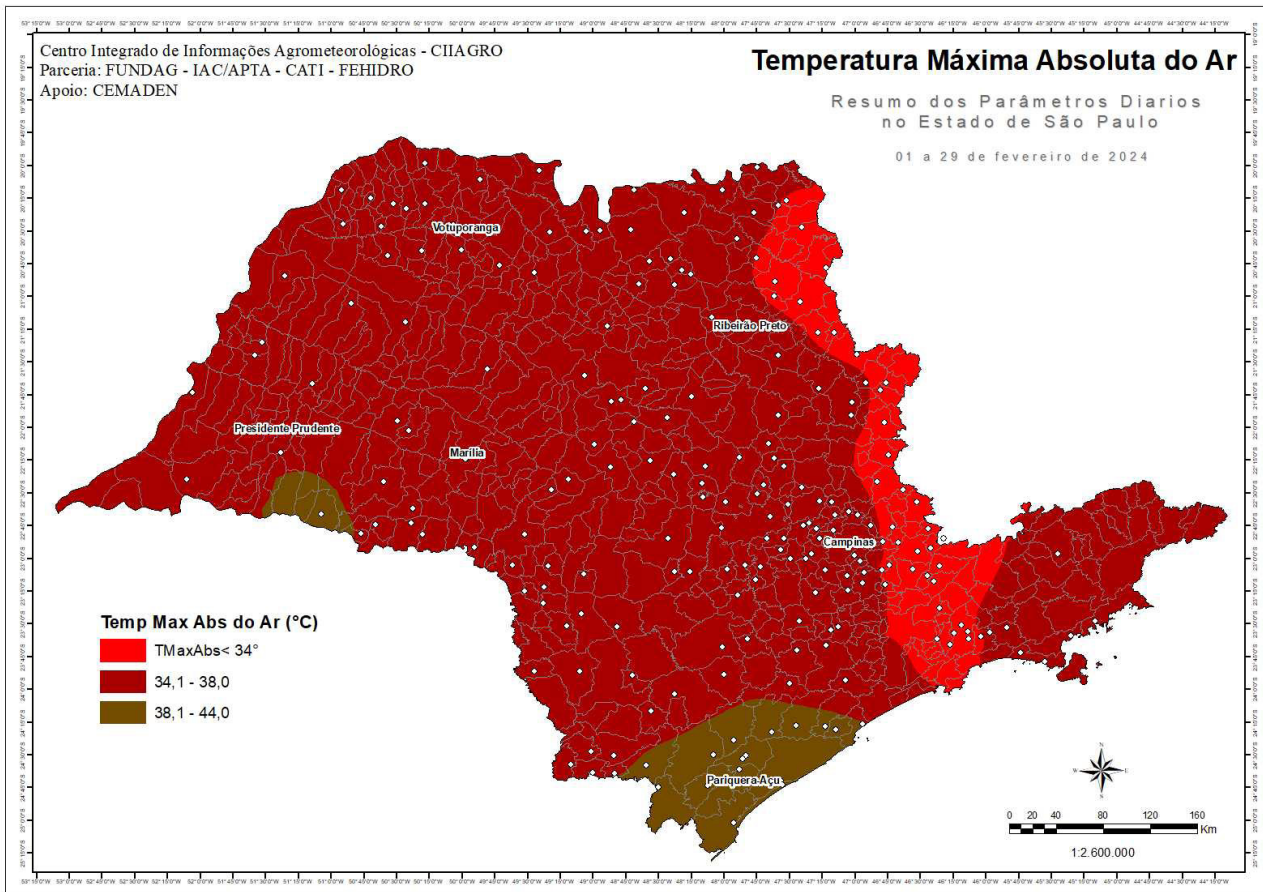
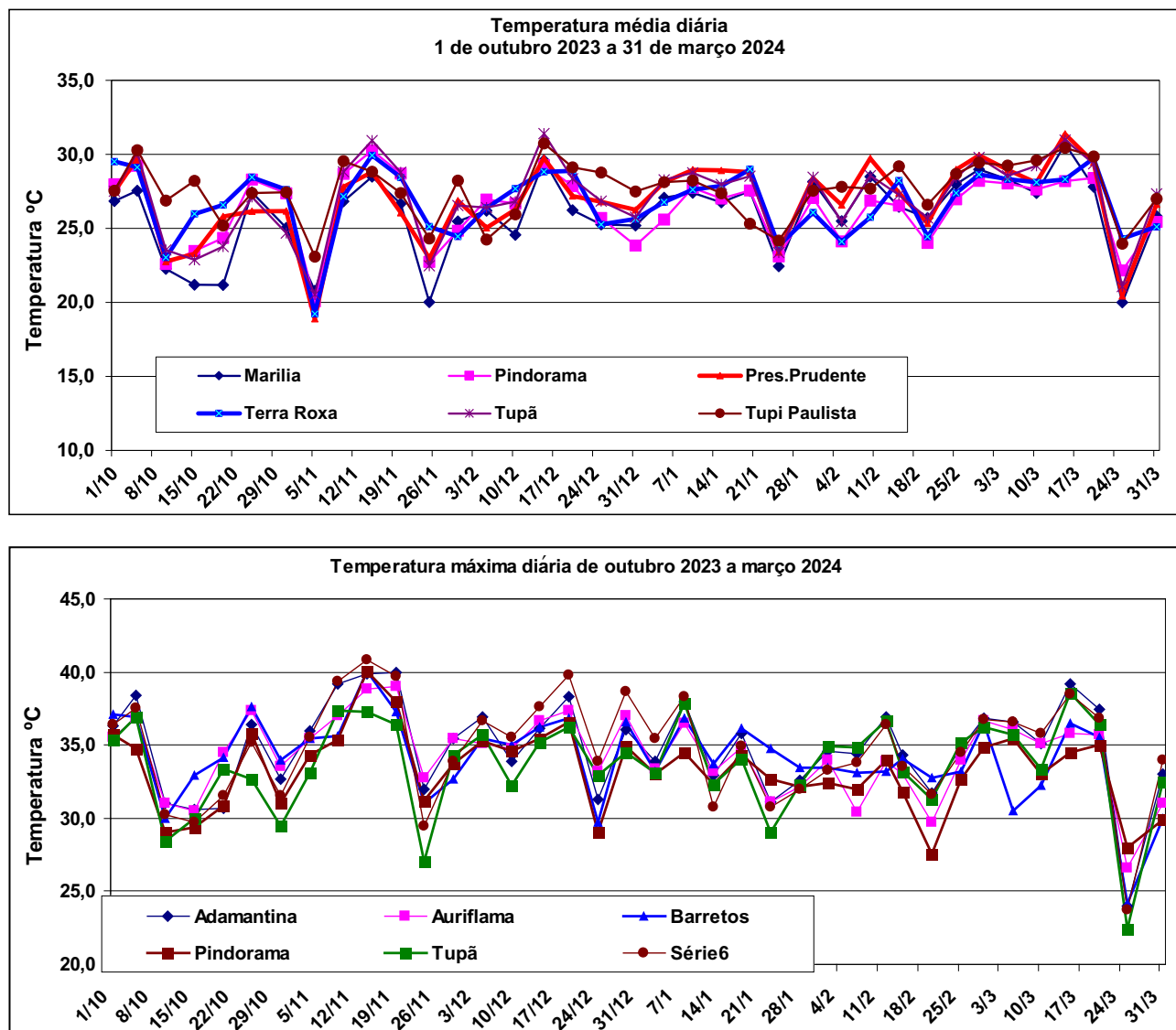


Figura 11. Variabilidade espacial da temperatura máxima absoluta mensal do ar em fevereiro e março de 2024.



**Figura 12.** Variação da temperatura média diária do ar de outubro de 2023 a março de 2024, em distintas localidades do estado de São Paulo.

Destacam-se nos gráficos apresentados na figura 12, as altas temperaturas médias diárias, que na maioria das localidades indicadas os valores foram acima de 25 °C, atingindo em muitos casos valores médios de 30 °C, indicando valores máximos diários acima de 34 °C, ou seja, acima dos limites favoráveis à cultura. Esse efeito térmico negativo pode ser também avaliado quando se compara os valores diários com as médias históricas da temperatura média do ar com base nas médias mensais (Figura 13), com valores em até 5 °C acima das normais. Embora sejam apresentados dados para duas localidades somente, pode-se afirmar que este foi o padrão de toda a região, como indicam os mapas presentes nas figuras 3 a 8.

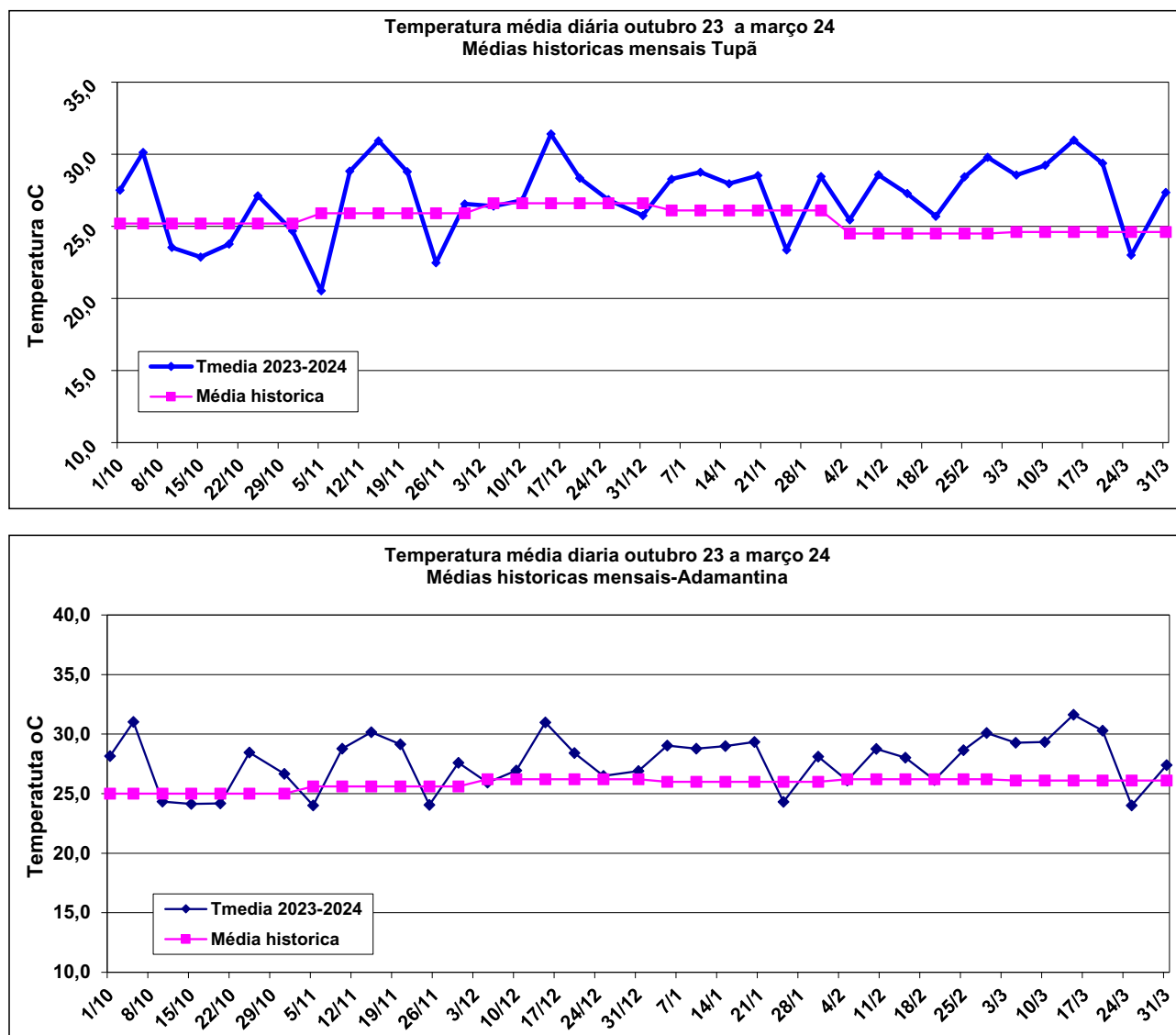
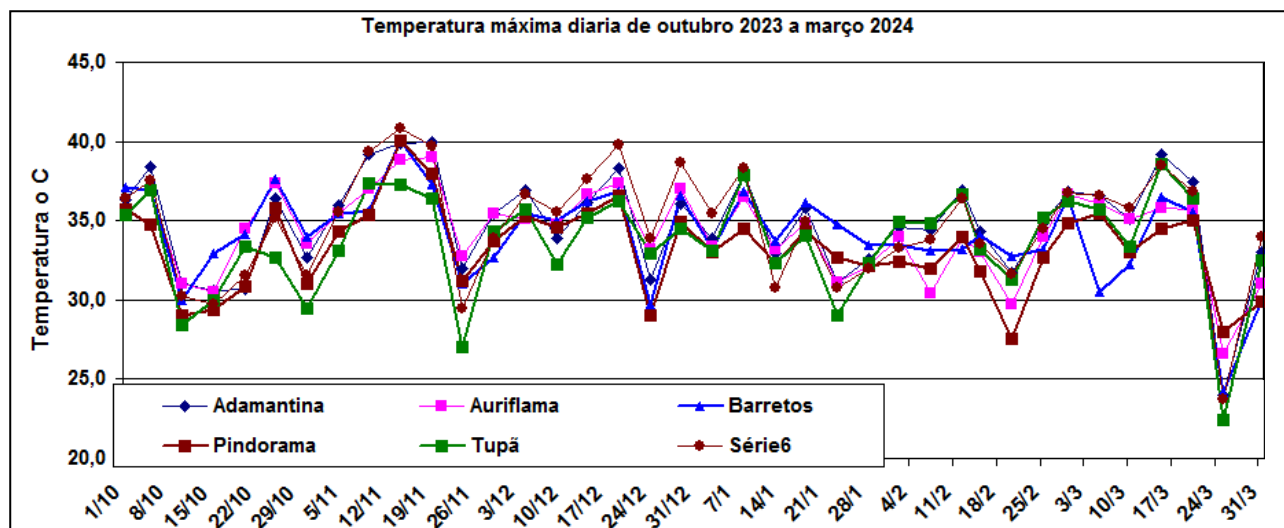


Figura 13. Variação da temperatura média diária do ar de outubro a março em Tupã (SP) e Adamantina (SP), em comparação com as médias.

Destacam-se também os altos valores da temperatura máxima do ar (Figura 14), onde pode ser observado que na predominância dos dias em que a temperatura máxima do ar foi acima de 33 °C, o que significa um longo período diurno com altas temperaturas, ou seja, acima de 28 °C, que ocorreu em fase crítica da cultura e pode ter induzido a estresse, especialmente na fase de florescimento. Conforme boletins já publicados pelo grupo CLIMASAA, nos meses de setembro a fevereiro as temperaturas estiveram, em muitas regiões do estado de São Paulo, até 5 °C acima das normais, consequência de efeito combinado do fenômeno El Niño e mesmo do aquecimento global.

A temperatura é o fator ambiental que determina a taxa de crescimento do amendoim, porém entre 35 e 43 °C, ocorre inibição do desenvolvimento. Nessas condições, a fotossíntese é reduzida, aumenta a taxa de respiração, diminui a eficiência das enzimas, rompimento da membrana da parede celular, aumenta o abortamento de flores e compromete o desenvolvimento dos “pegs”, além disso, as altas temperaturas do solo “queimam” as extremidades dos ginóforos (Kvien, 1995; Ketring; Reid, 1995). É importante salientar que em condições normais, o amendoim é muito mais tolerante que outras culturas, tais como a soja. Contudo, as temperaturas excepcionalmente altas exerceram um impacto severo para as plantas ao longo de toda a estação de cultivo (outubro até março).



**Figura 14.** Variação da temperatura máxima diária do ar de outubro a março, em distintas localidades do estado de São Paulo.

### 3. CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS

O regime hídrico no período de desenvolvimento da cultura do amendoim foi altamente irregular, não somente em relação ao total mensal, mas também e em particular à distribuição espacial. Essa alta variabilidade temporal e espacial é indicada pelos mapas do total mensal da precipitação de outubro de 2023 a março de 2024 (Figura 15 a 17) e as respectivas anomalias mensais (Figura 18 a 20). Verifica-se na figura 15 que nos meses de outubro e dezembro, as lavouras situadas na região de Tupã (SP) e centro do estado de São Paulo tiveram menor precipitação acumulada, em comparação com a região de Ribeirão Preto. Nota-se pelos mapas que na região mais central (Novo Horizonte, Borborema, Itápolis, Reginópolis) as baixas precipitações persistiram até fevereiro, sinalizando condições mais drásticas ao desenvolvimento vegetativo. Observa-se recuperação somente no mês de março, enquanto as lavouras situadas no extremo oeste apresentaram as menores precipitações no final da estação do verão.

A situação foi tão anormal, que se observaram casos, onde as lavouras receberam alguma chuva e, há poucos metros de distância, outras glebas permaneceram sem água. Esse comportamento errático do clima ocorreu durante todo o período da safra, desde outubro até maio, ou seja, todas as cultivares, independentemente do ciclo e da janela de plantio, foram prejudicadas, de alguma forma. Nos depoimentos de técnicos e produtores, notou-se que esse comportamento errático do clima afetou as lavouras de maneira desigual e de difícil quantificação no tempo e no espaço.

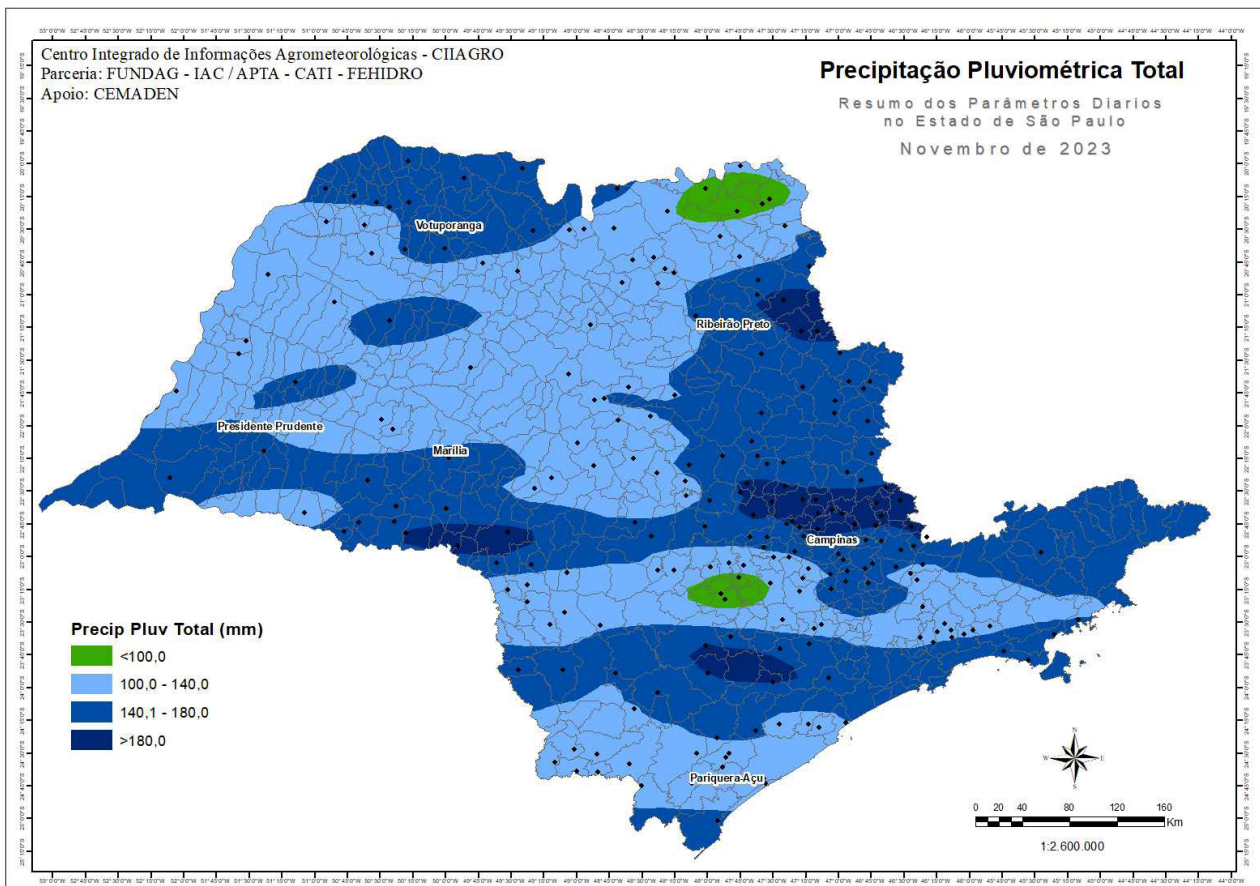
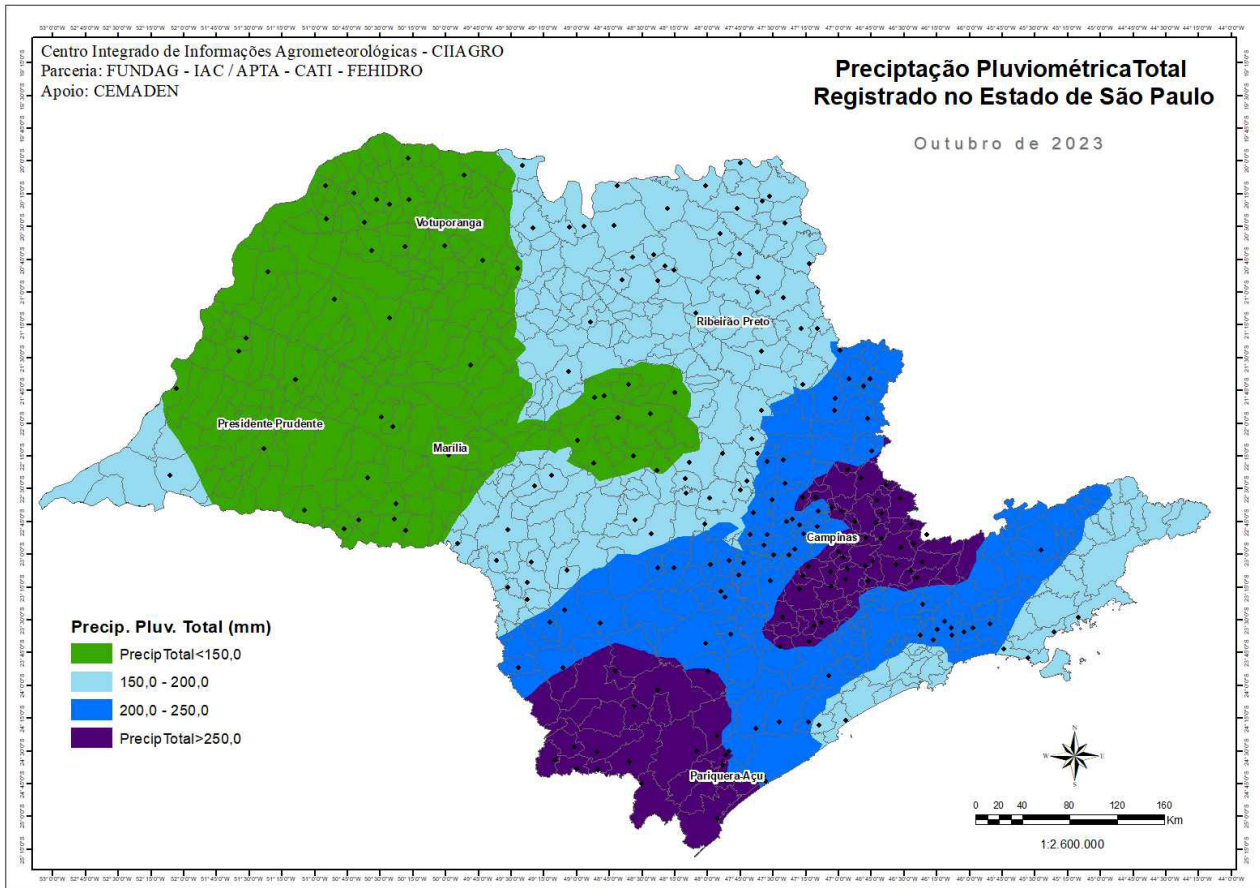


Figura 15. Total mensal da precipitação referente a outubro e novembro de 2023.

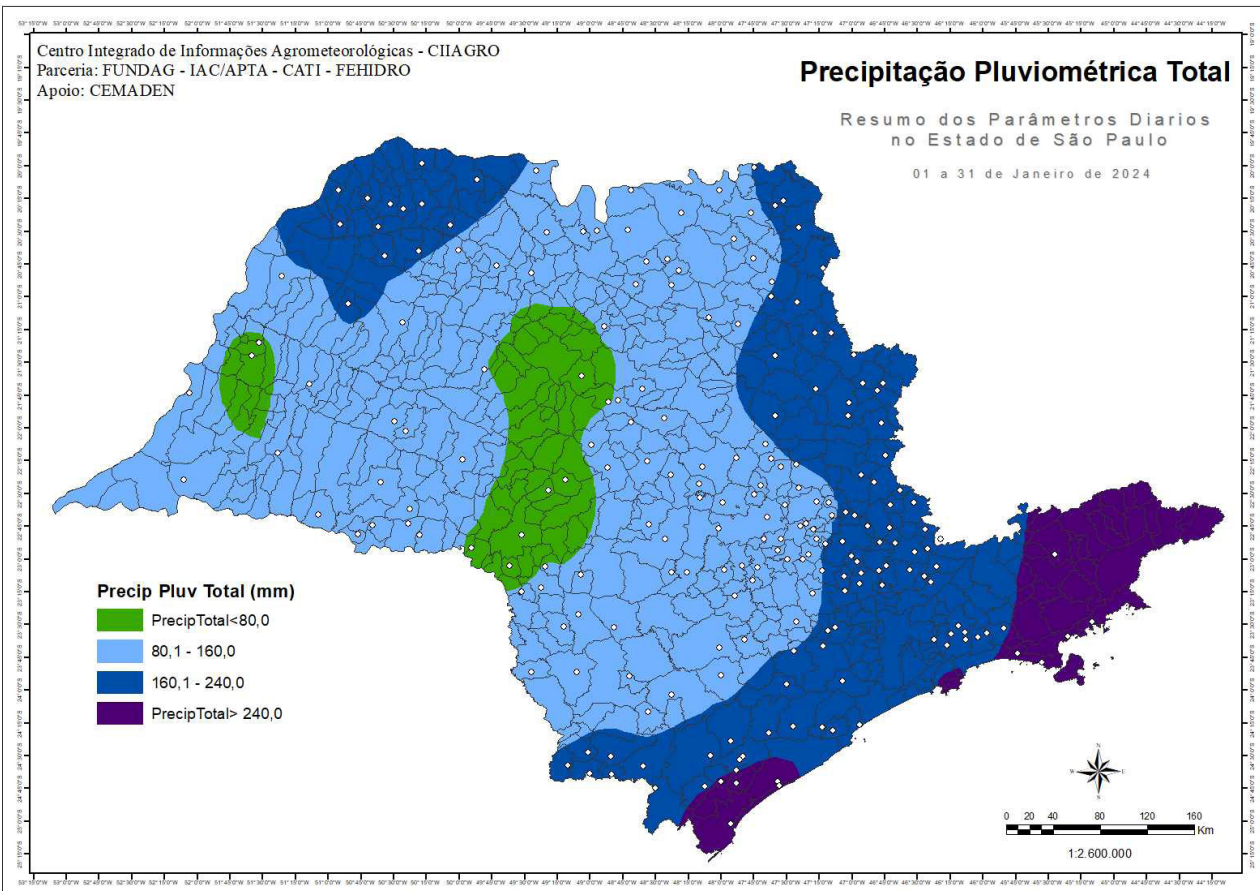
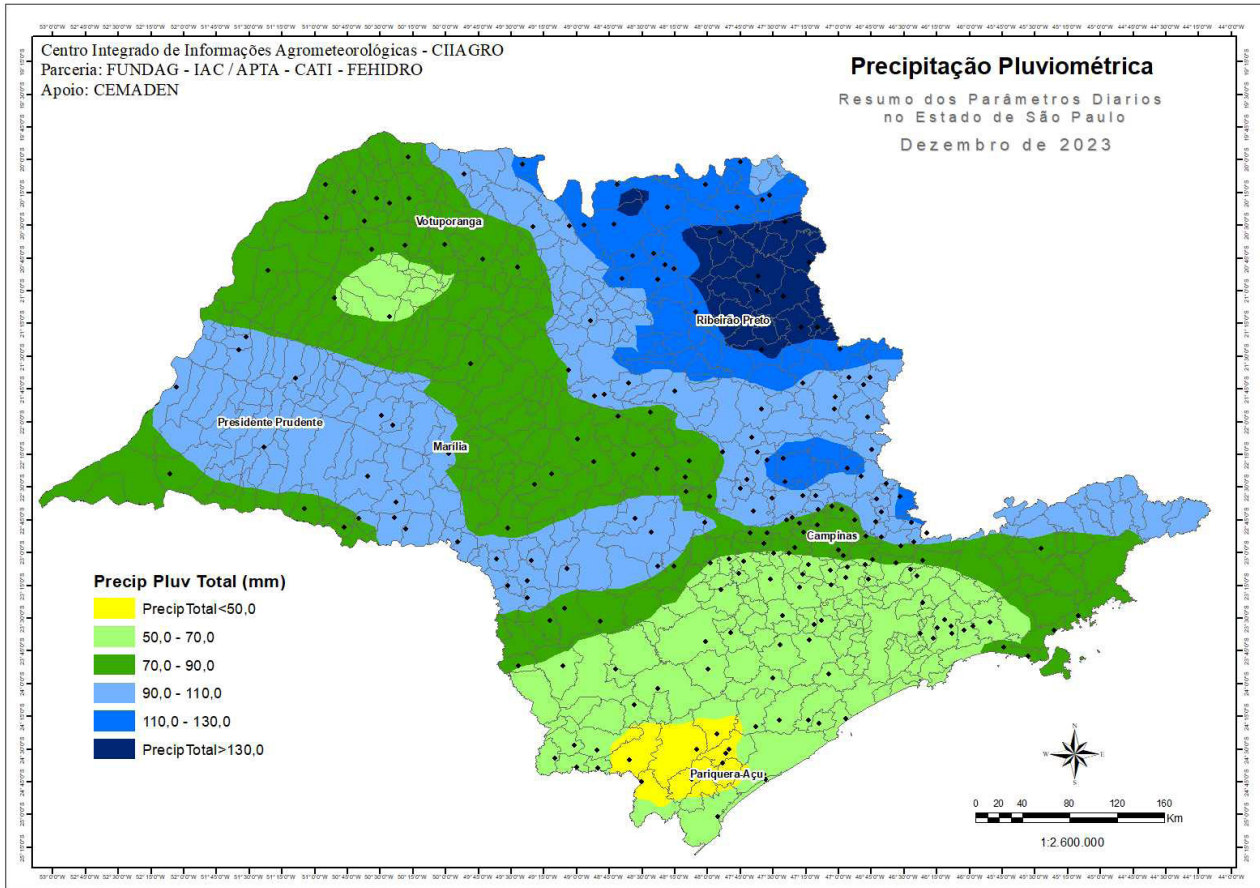


Figura 16. Total mensal da precipitação referente a dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

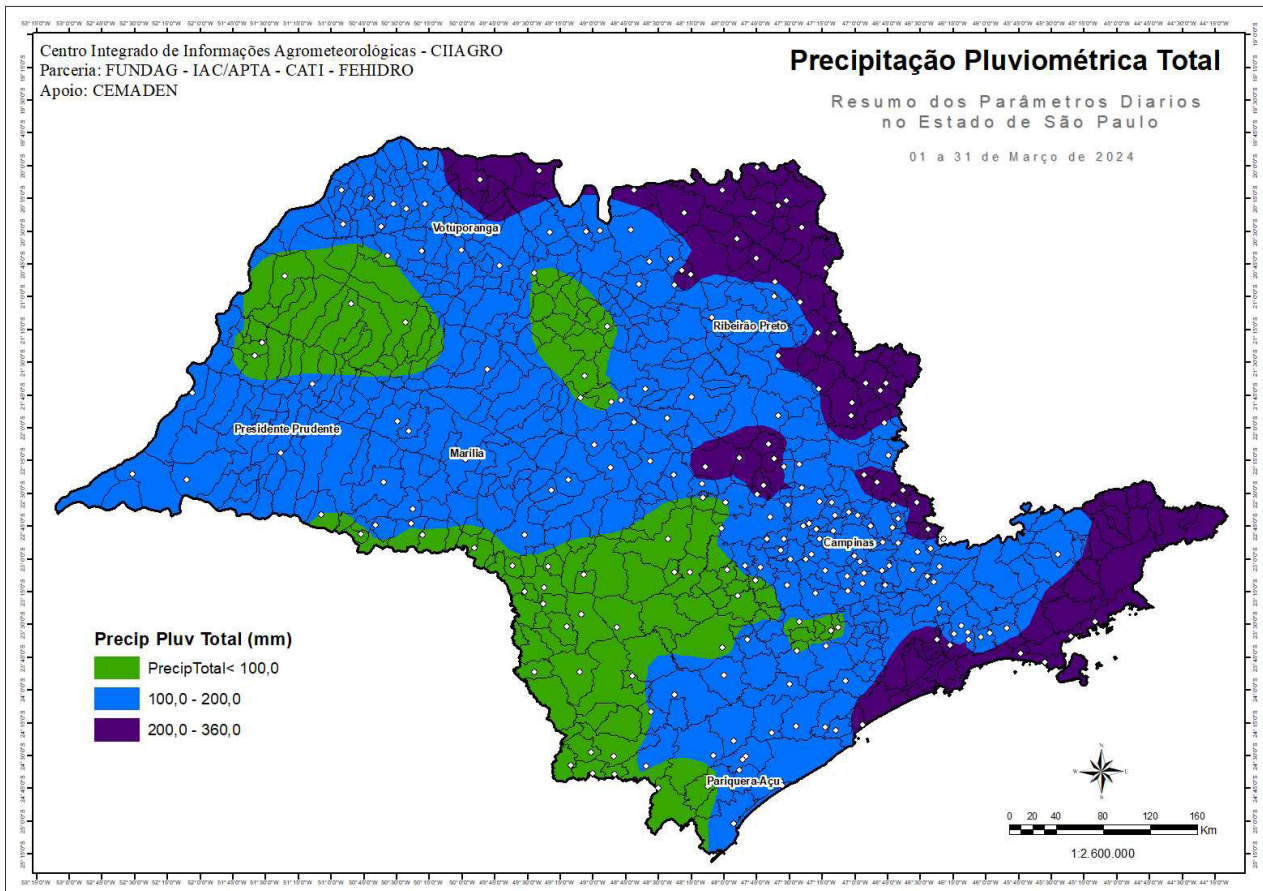
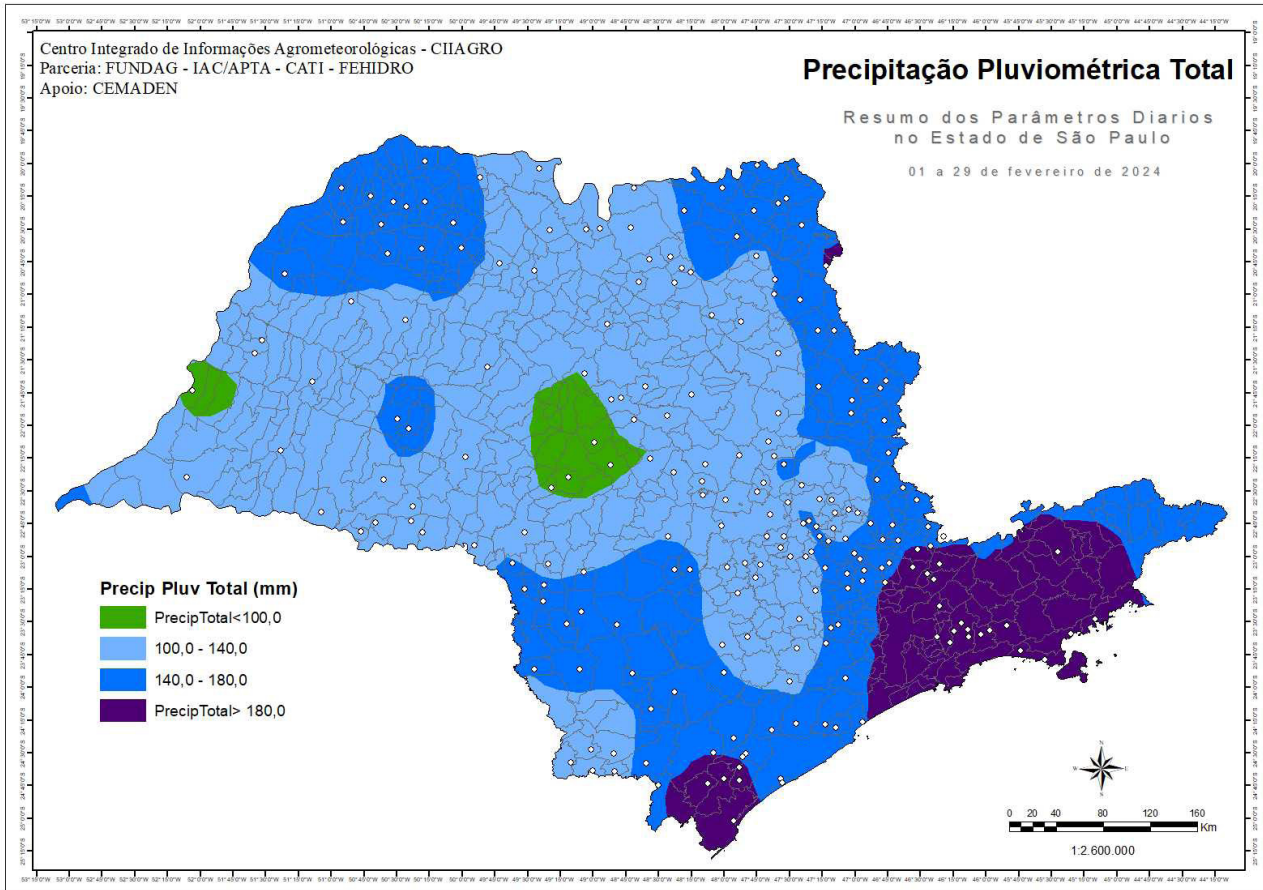


Figura 17. Total mensal da precipitação referente a fevereiro e março de 2024.

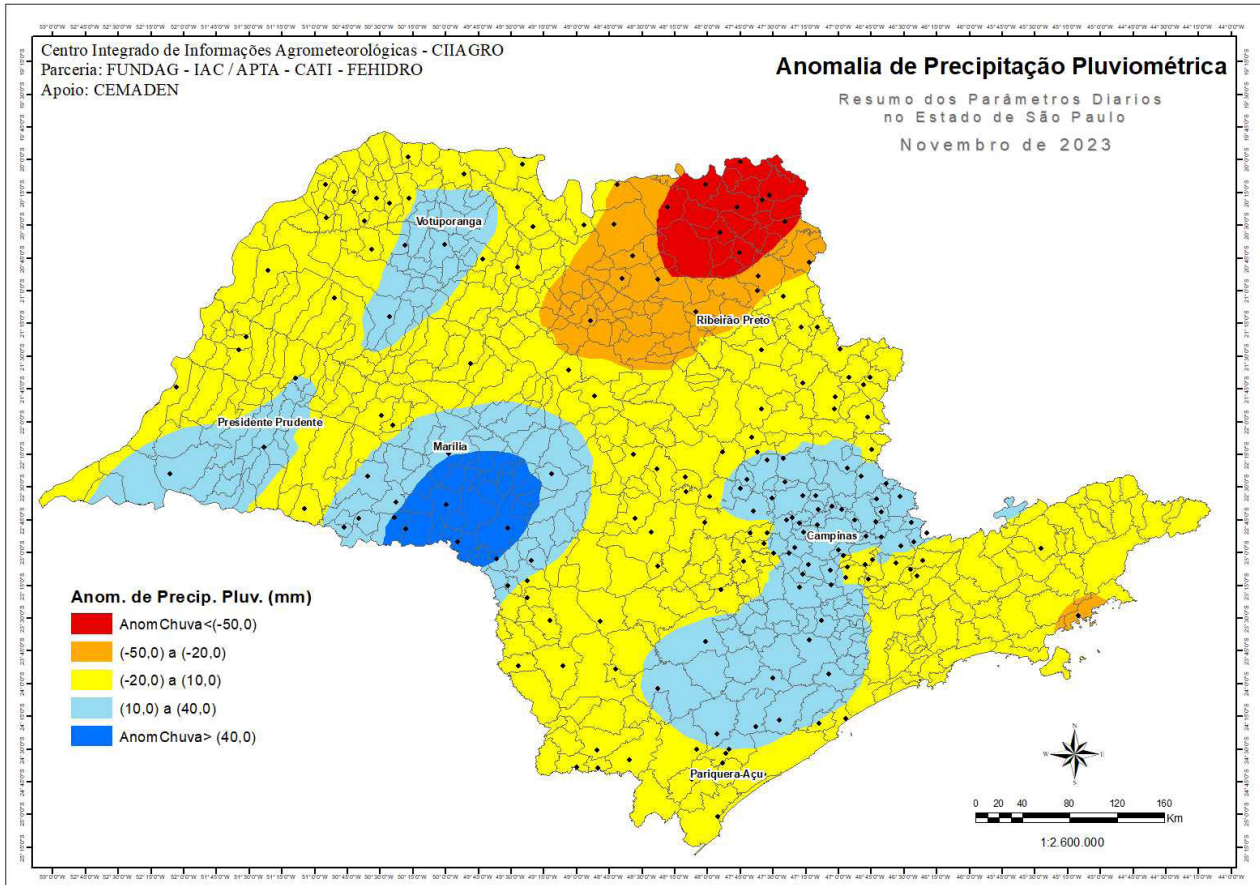
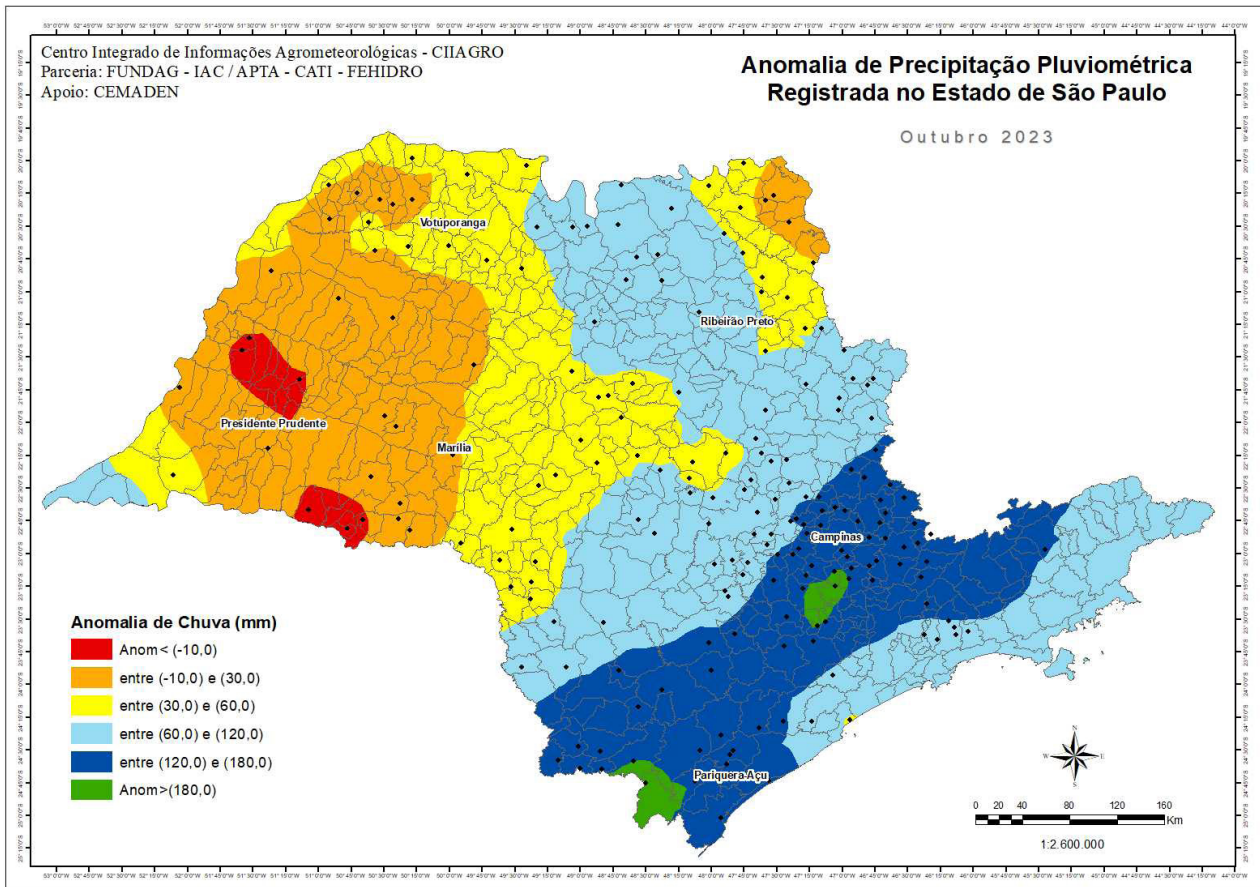


Figura 18. Anomalia do total mensal da precipitação referente a outubro e novembro de 2023.

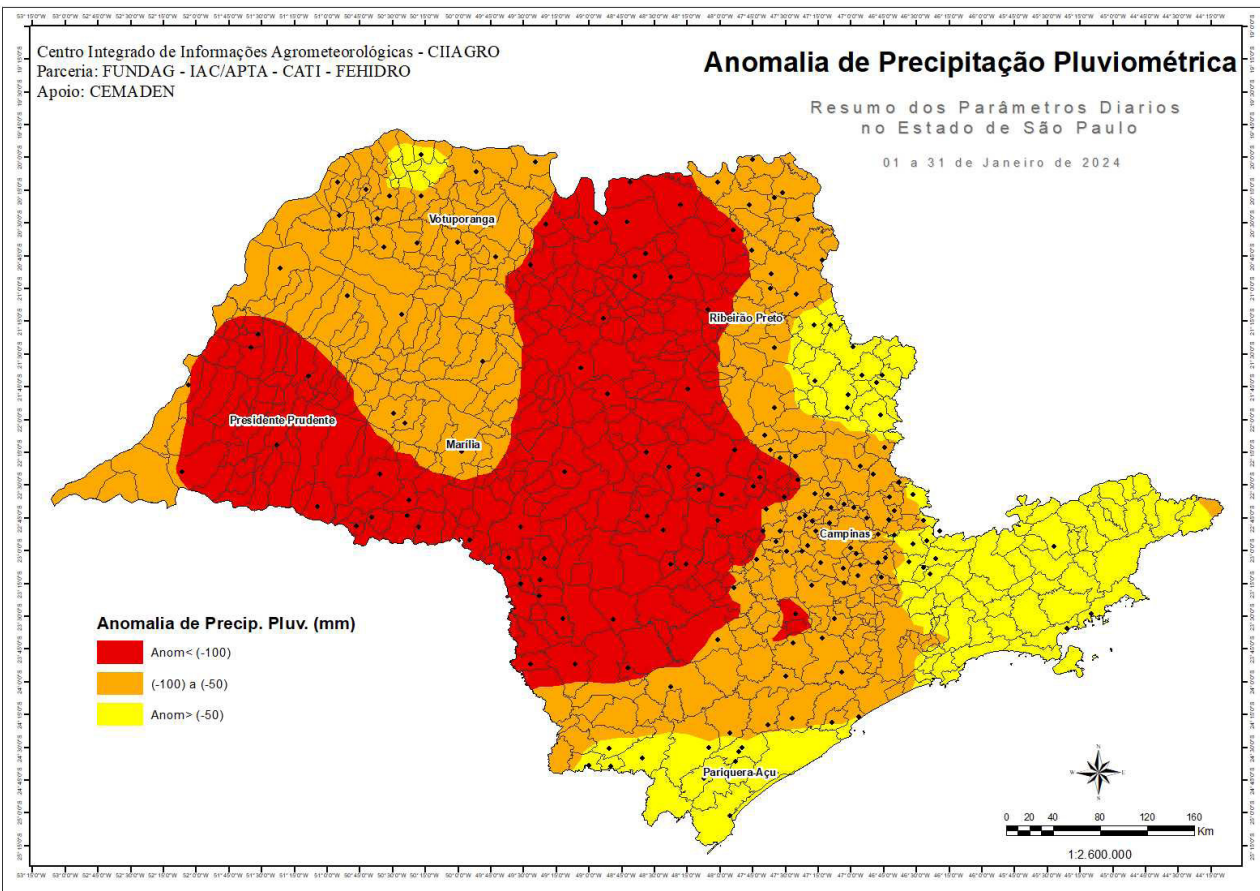
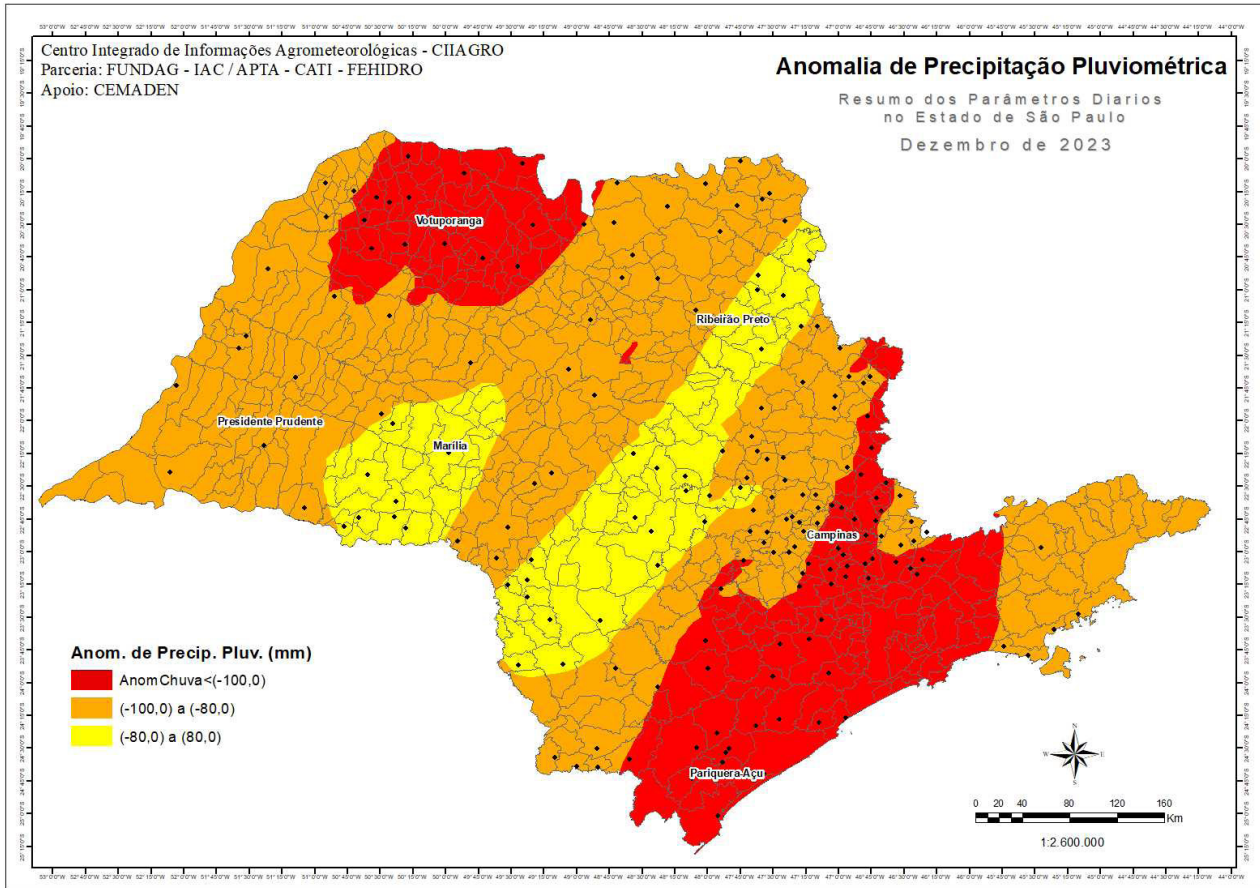
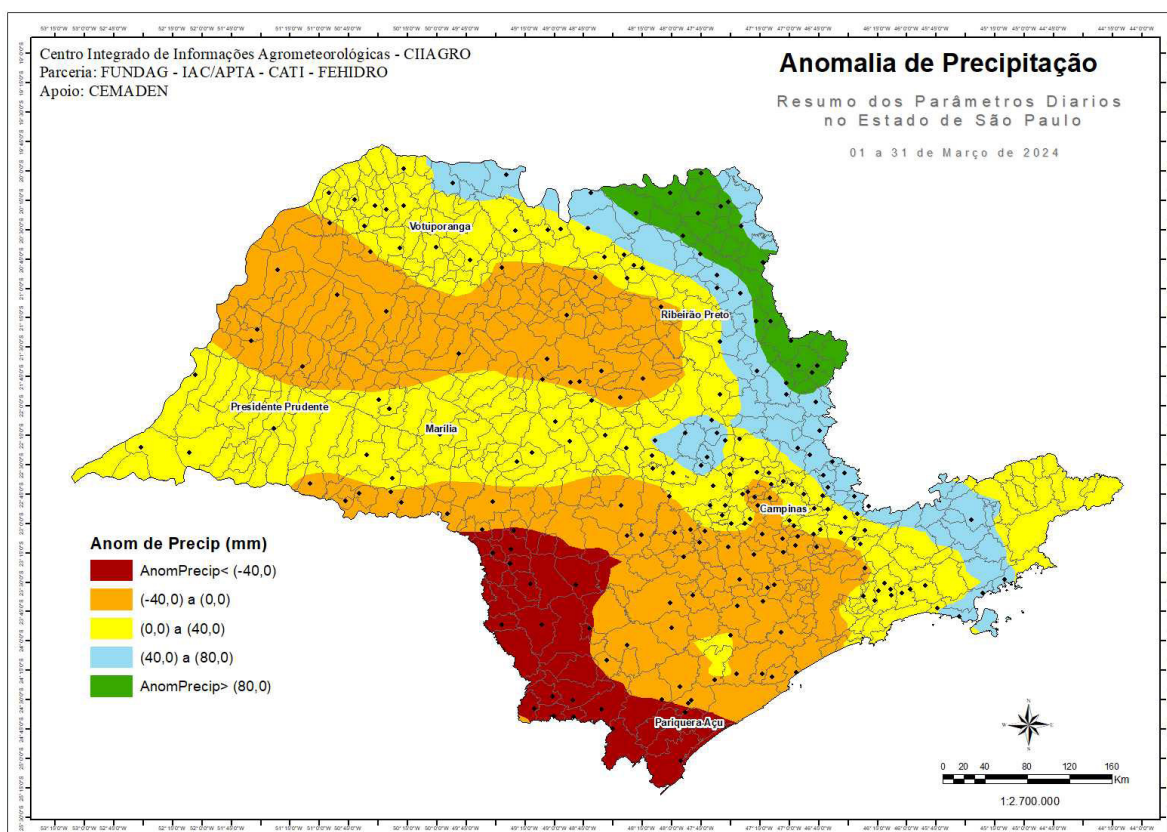
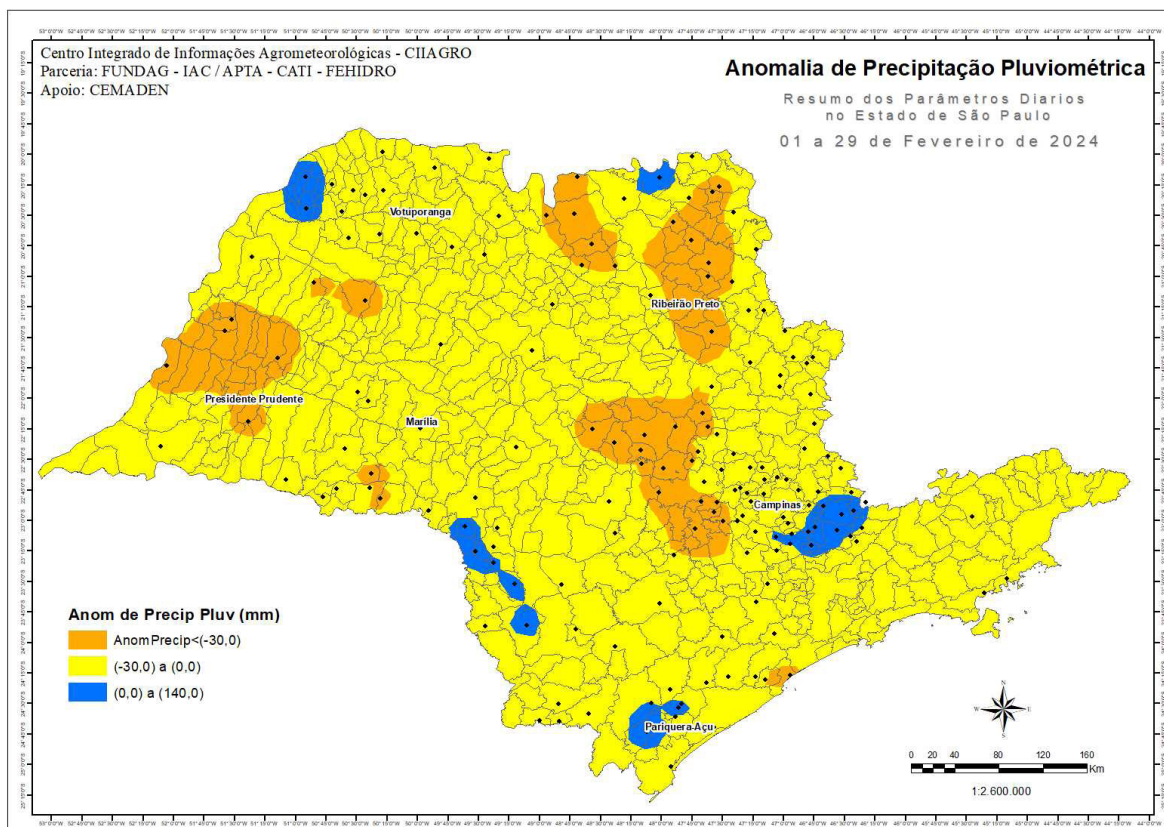


Figura 19. Anomalia do total mensal da precipitação referente a dezembro de 2023 e janeiro de 2024.



**Figura 20.** Anomalia do total mensal da precipitação referente a fevereiro e março de 2024.

Observa-se também que regiões do estado de São Paulo como Tupi Paulista ou mesmo Tupã, Presidente Prudente apresentam vários dias com precipitação diária inferior a 10 mm, contrastando com a região de Barretos (Figura 21).

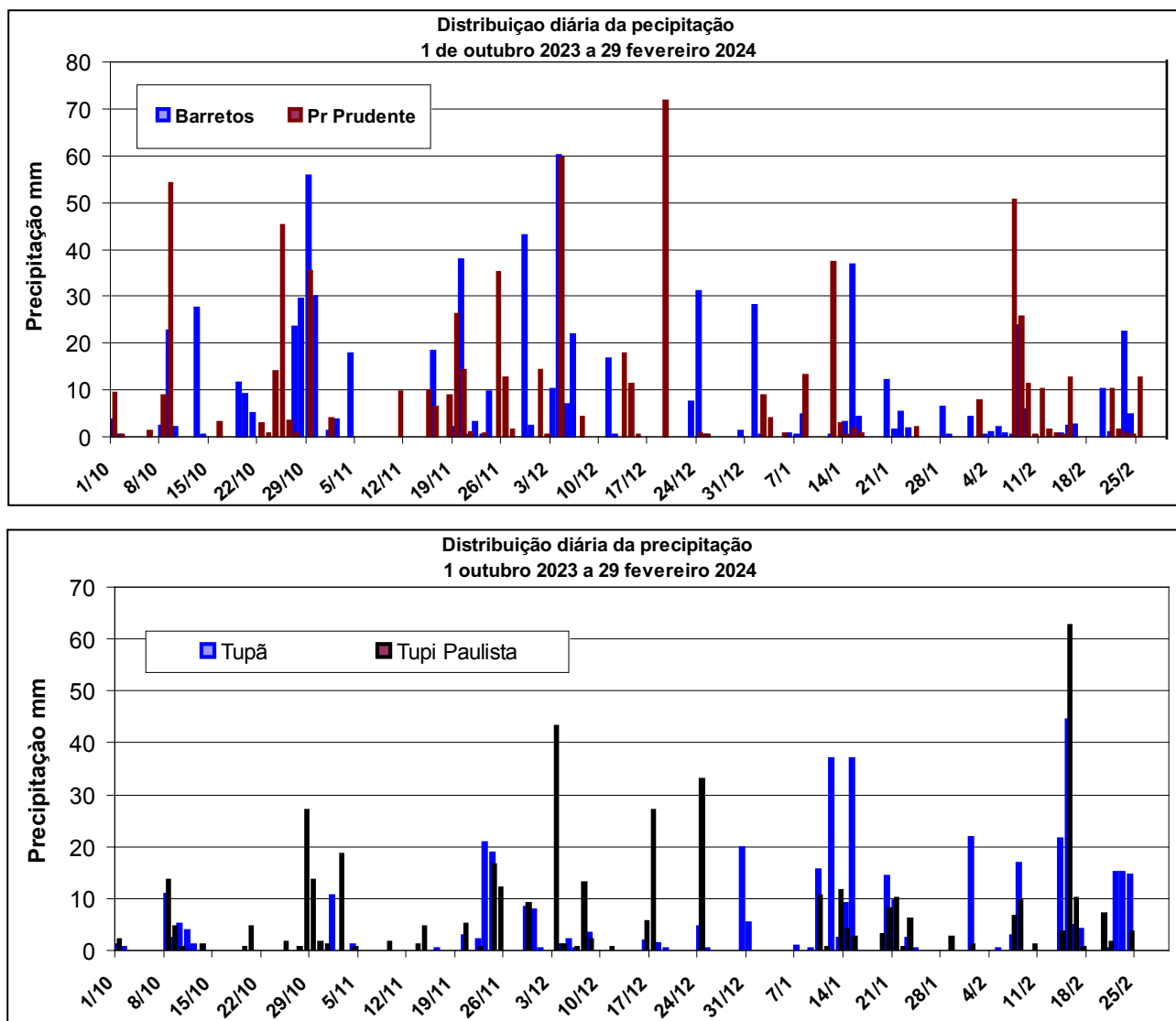


Figura 21. Distribuição diária da precipitação de outubro de 2023 a fevereiro de 2024 em distintas localidades do estado de São Paulo.

Conforme apresentado, as baixas precipitações associadas à irregularidade da distribuição e elevadas temperaturas, caracterizaram a safra 2023/24. O impacto foi severo para a cultura do amendoim, a despeito das características favoráveis dessa planta em termos de tolerância à deficiência hídrica. Morfologicamente, as plantas de amendoim possuem características que amenizam os efeitos da estiagem, tais como: sistema radicular robusto (>1,0 m de profundidade), folhas constituídas de quatro folíolos de tamanho pequeno que permitem recuperação da turgidez após período de murchamento, crescimento indeterminado (simultaneamente produz flores e estruturas reprodutivas) que conferem plasticidade e adaptação aos períodos de estresse hídrico. Em algumas cultivares esse grau de “indeterminação” é maior do que outros. A coincidência da fase fenológica mais sensível com as condições meteorológicas mais severas que determinará o maior ou menor impacto sobre a produtividade de vagens. De maneira geral, a ocorrência de seca na fase inicial do desenvolvimento não compromete significativamente, enquanto entre o pico de florescimento e maturação das vagens esse impacto é em média 33% (Sivakumar; Sarma, 1985). Quando o período de deficiência hídrica ocorre nas fases entre 30-65, 65-100 e 100-135 dias após o plantio, o impacto sobre a produtividade de vagens de amendoim Runner, pode ser em média de 14%, 33% e 21%, respectivamente (Kvien, 1995).

## 4. EFEITOS INTERATIVOS CLIMA - EVAPOTRASPIRAÇÃO - ÍNDICES DE SECA - ÁGUA NO SOLO

Vários métodos existem para quantificação do estresse climático sobre as culturas e que permitem quantificar o grau de estresse. Um dos métodos mais utilizados é o que representa a diferença entre a precipitação (P) acumulada em determinado período e a evapotranspiração potencial (ETP), ou seja, P-ETP, onde P indica a entrada de água no sistema e ETP a evapotranspiração potencial, que representa a perda de água pelas plantas. Quando esse número é negativo, significa que a demanda hídrica imposta às culturas é maior que o suprimento, o que indica estresse hídrico às plantas. Os valores representativos dessa relação (P-ETP) desde outubro de 2023 a março de 2024 demonstram que em média o suprimento hídrico não foi suficiente para atender à demanda das lavouras (Figuras 22 a 24).

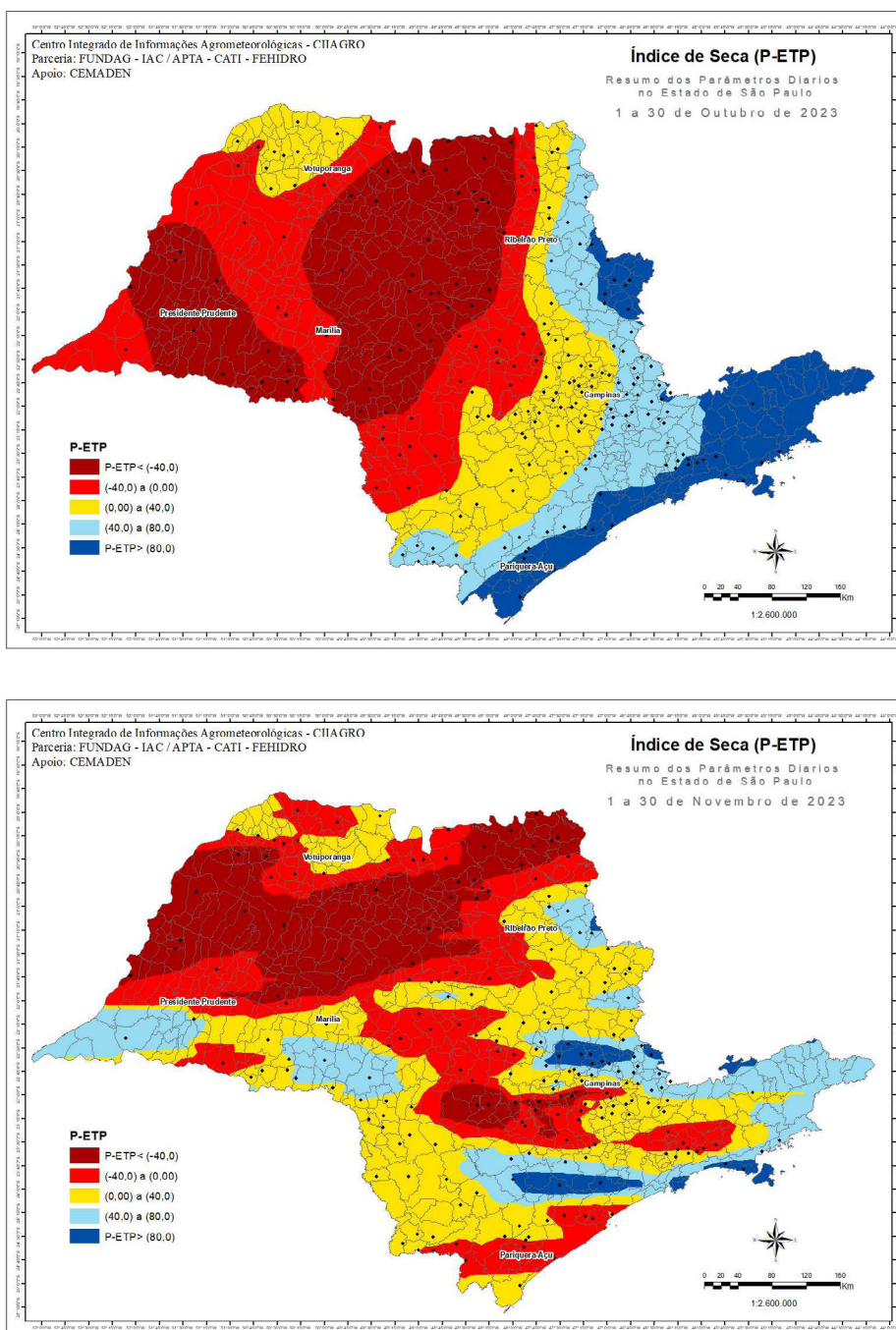


Figura 22. Variabilidade espacial da diferença P-ETP durante os meses de outubro e novembro de 2023.

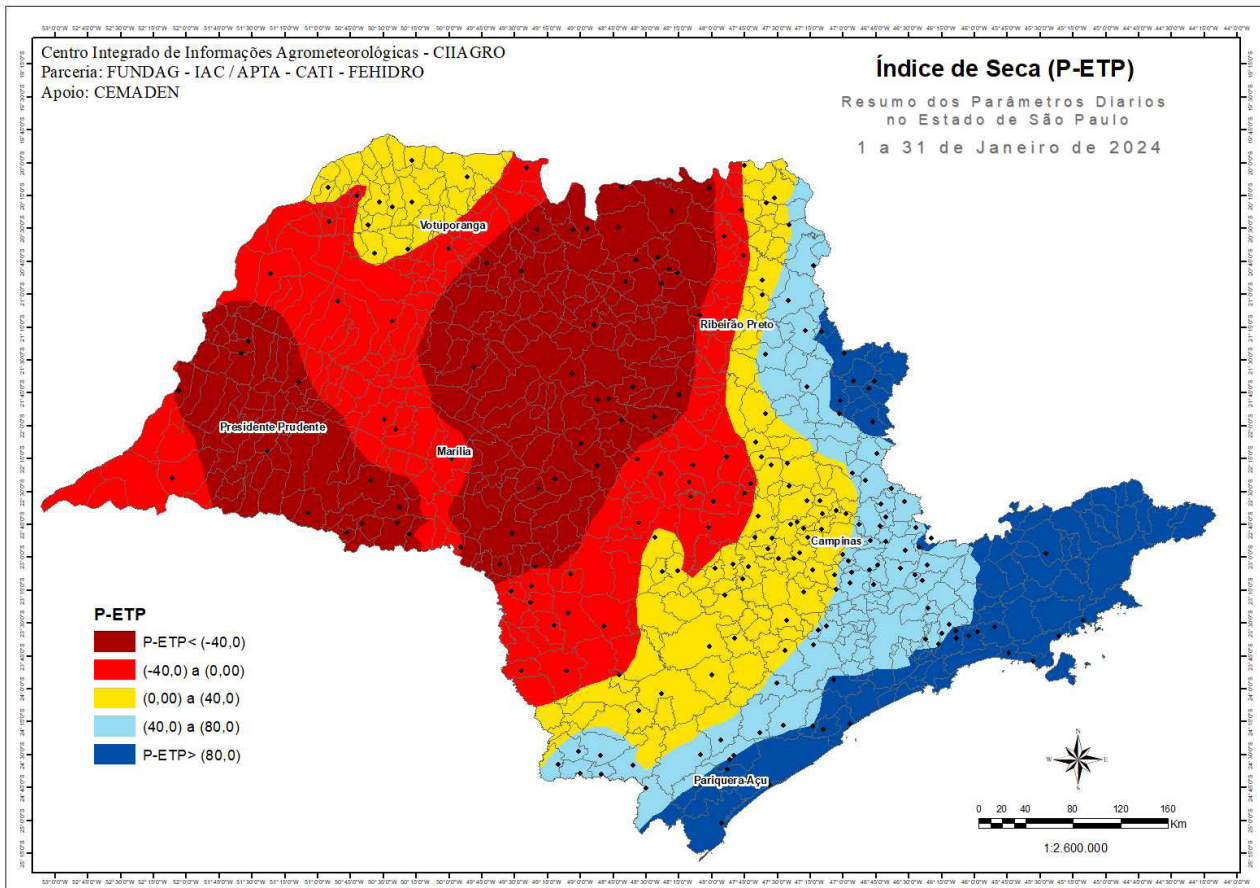
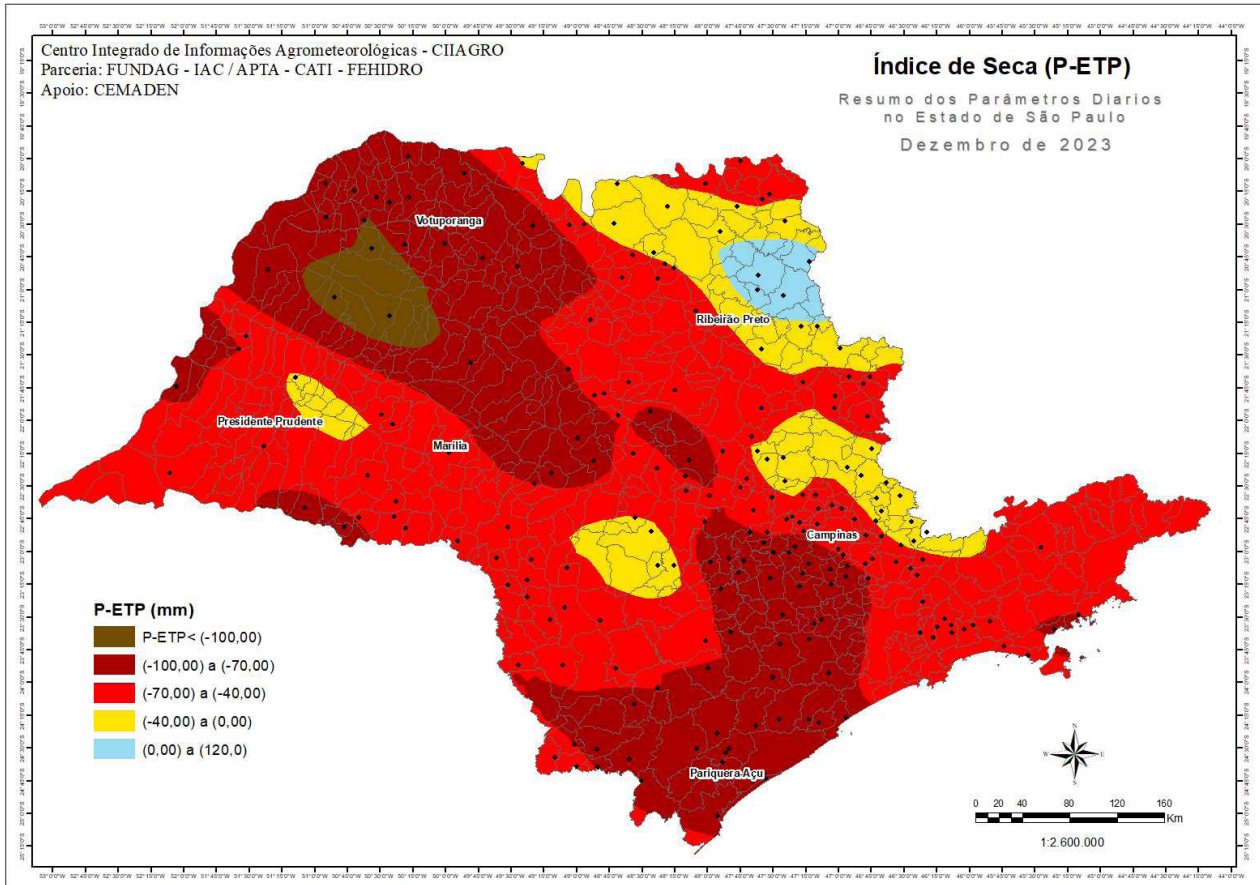


Figura 23. Variabilidade espacial da diferença P-ETP durante os meses de dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

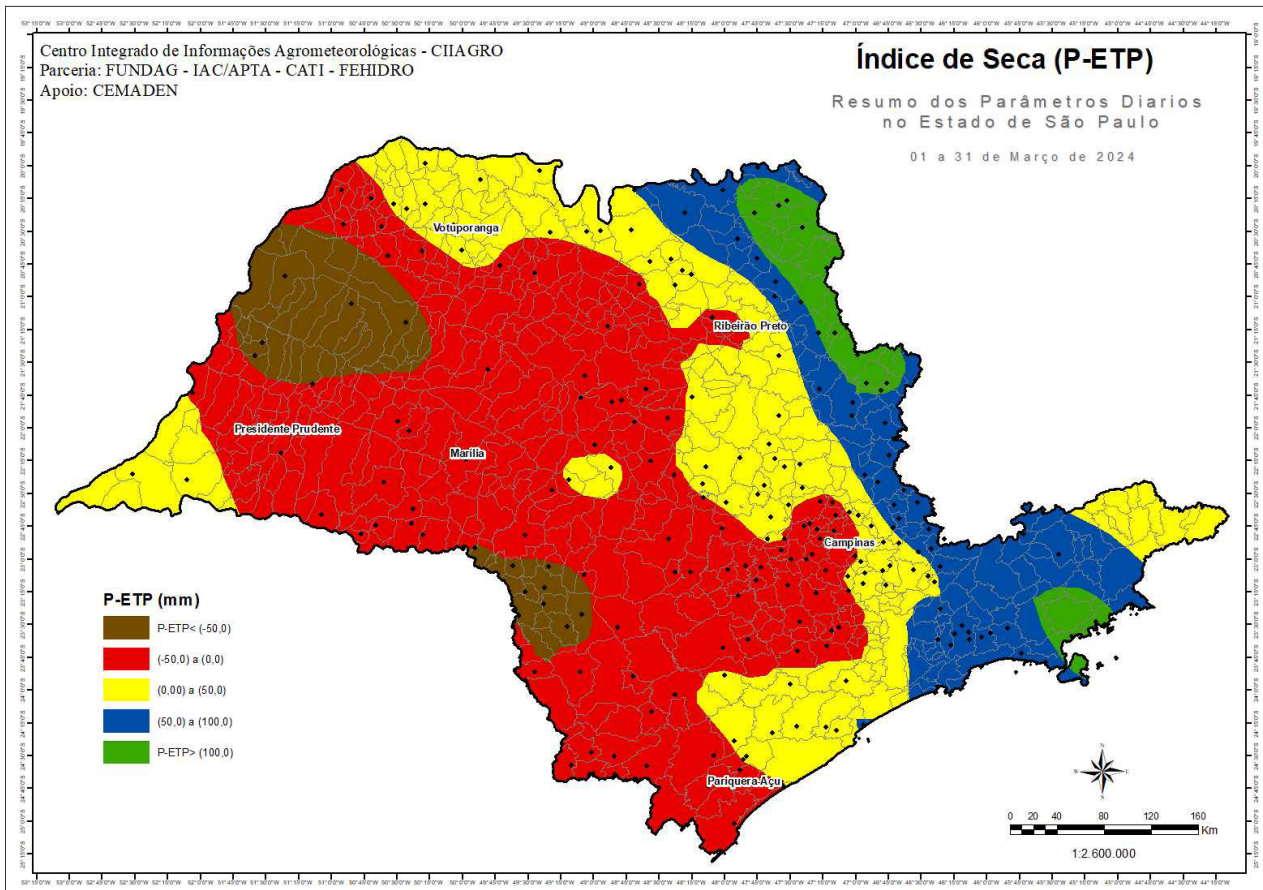
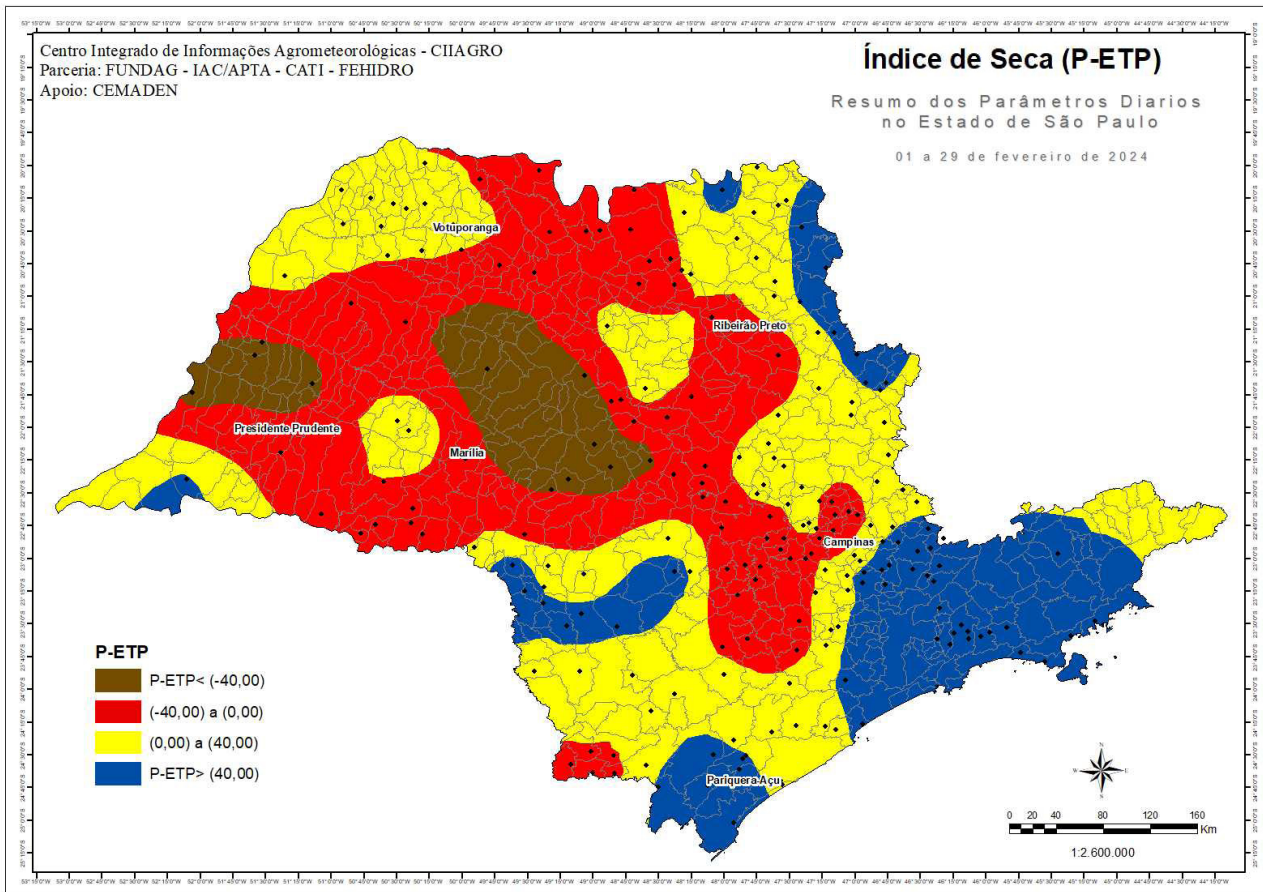


Figura 24. Variabilidade espacial da diferença P-ETP durante os meses de fevereiro e março de 2024.

Os resultados dos mapas nas figuras 22 a 24, destacam as altas demandas evaporativas (ETP) impulsionadas pelas altas temperaturas, fato este que pode ter tido efeito crítico às lavouras, aumentando o estresse térmico e hídrico.

Outros índices de caráter mais probabilísticos como SPI e SPEI podem ser utilizados. O Índice Padronizado de Precipitação (SPI) e o Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI) são os quantificadores de seca mais utilizados no planeta. O primeiro, utiliza apenas a precipitação pluvial (P) em seus cálculos ao passo que o segundo, utiliza a diferença entre precipitação e evapotranspiração potencial (P-ETP). Ambos são métodos de base probabilística, recomendados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), que apresentam séries temporais distribuídas de acordo com a distribuição normal padrão. Essa normalização no espaço e no tempo é resultante do conceito de seca adotado por esses dois índices, que assume que essa adversidade ocorre quando as condições climáticas vigentes em determinada região e período, se encontram significativamente abaixo do que seria, em termos climatológicos, esperado para aquela região e período.

Assim, se um total de precipitação pluvial mensal for consideravelmente inferior a seu valor mediano (histórico), o SPI apresentará valores negativos, indicando déficit regional de precipitação, e potencialmente, um evento de seca. Quanto menor o valor do SPI (mais negativo), mais severa é a seca. O SPEI pode ser interpretado de forma análoga ao SPI, substituindo-se a precipitação pela P-ETP. Nesse ponto, torna-se importante ressaltar que, por utilizar a evapotranspiração, o SPEI consegue quantificar o efeito da temperatura atmosférica na intensidade de um evento de seca, já o SPI não apresenta essa capacidade. O uso do SPEI permite avaliar o efeito conjunto da alta temperatura refletindo uma alta evapotranspiração potencial e ao contabilizar os efeitos acumulativos de três meses, temos indicação de restrição hídrica, em especial em escala temporal de três meses, sendo ainda mais subjetiva no caso do SPEI, refletindo as altas temperaturas que o estado foi afetado desde junho, o que com certeza teve impactos negativos às culturas, como o amendoim neste caso. As figuras 25 a 27 indicam a variação espacial do SPEI de outubro de 2023 a março de 2024 em escala trimestral.

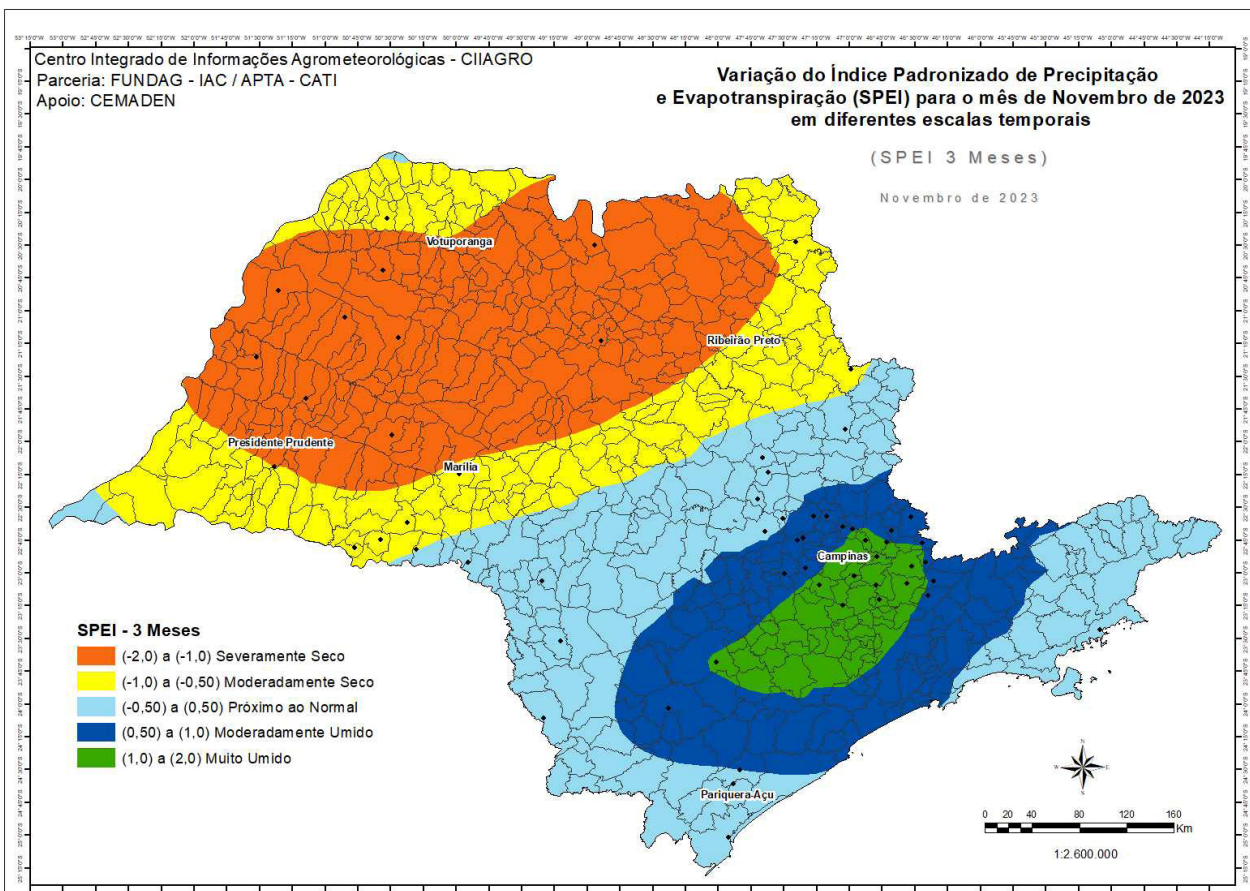
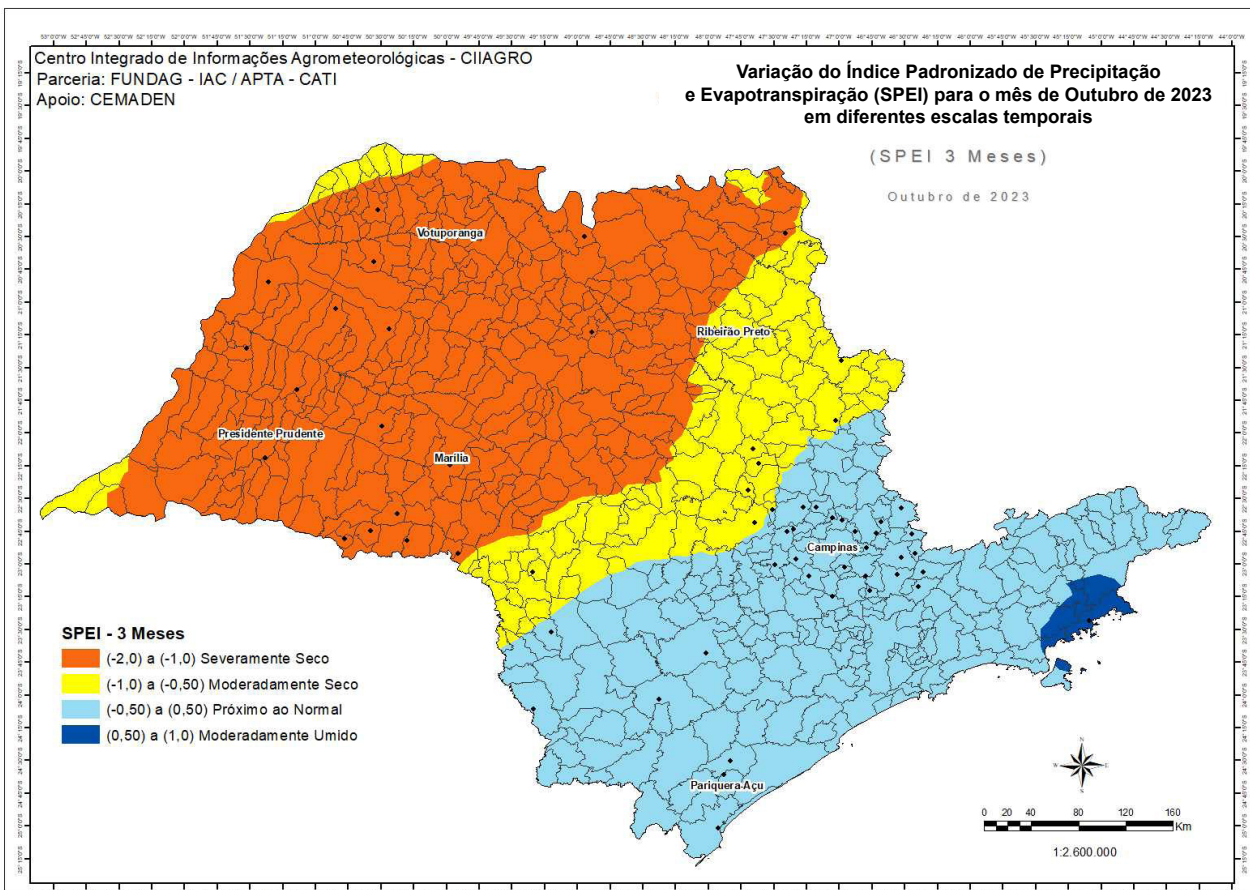
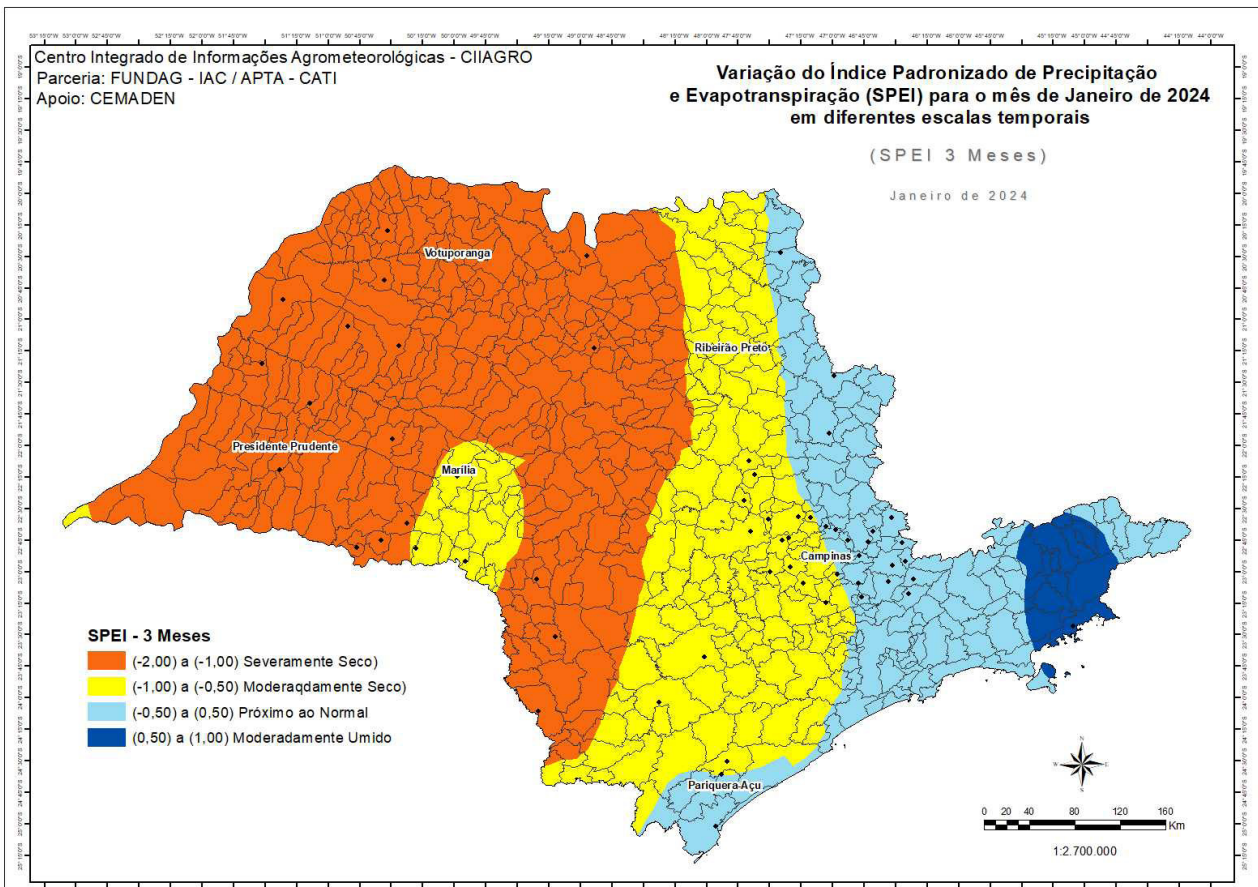
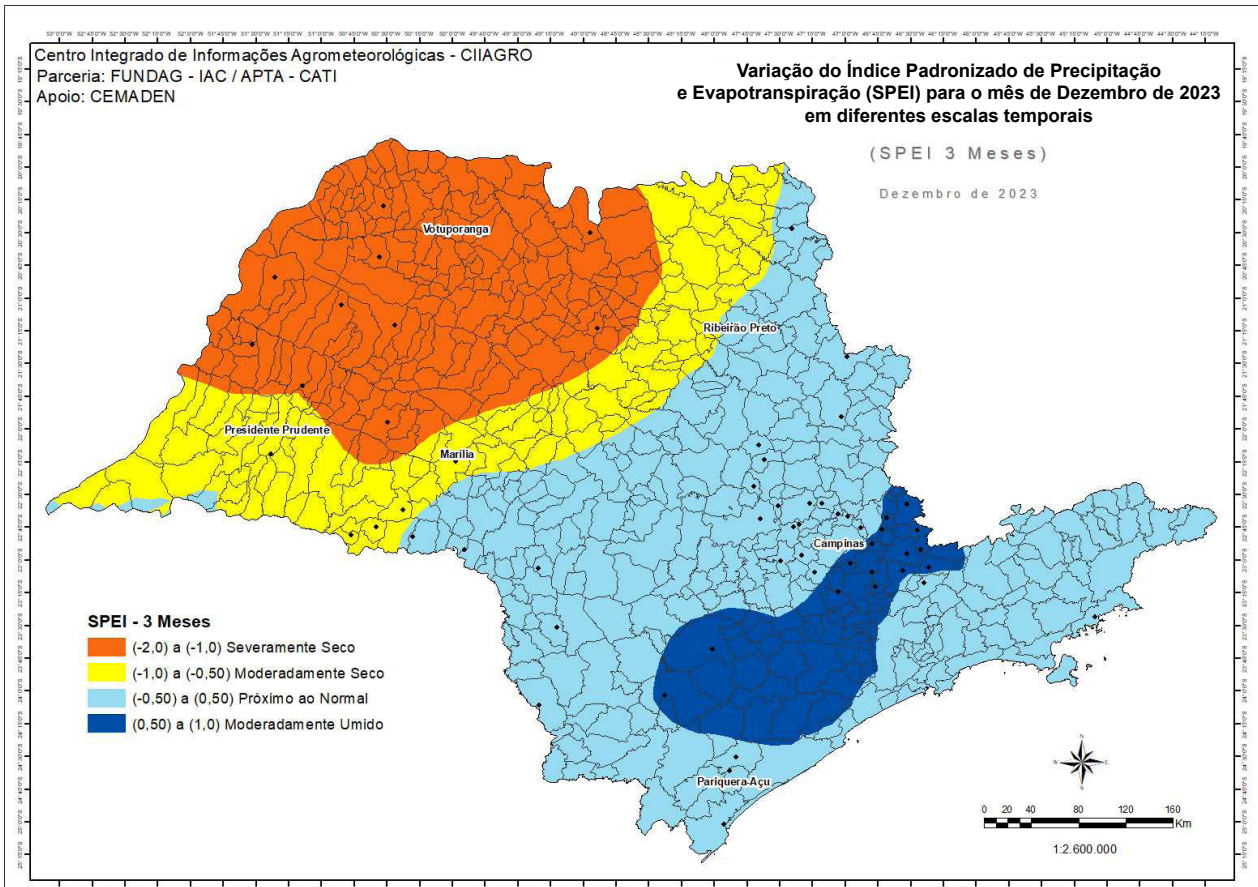
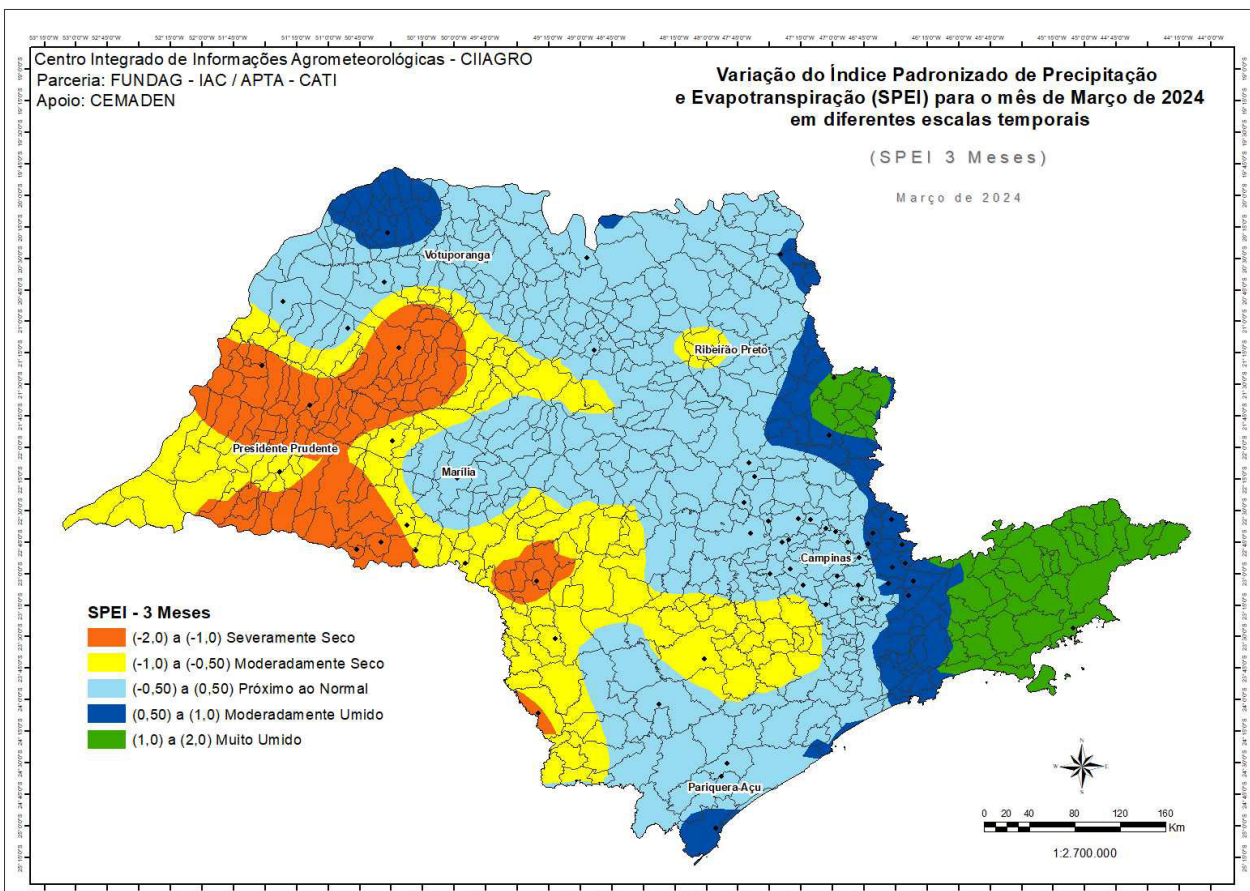
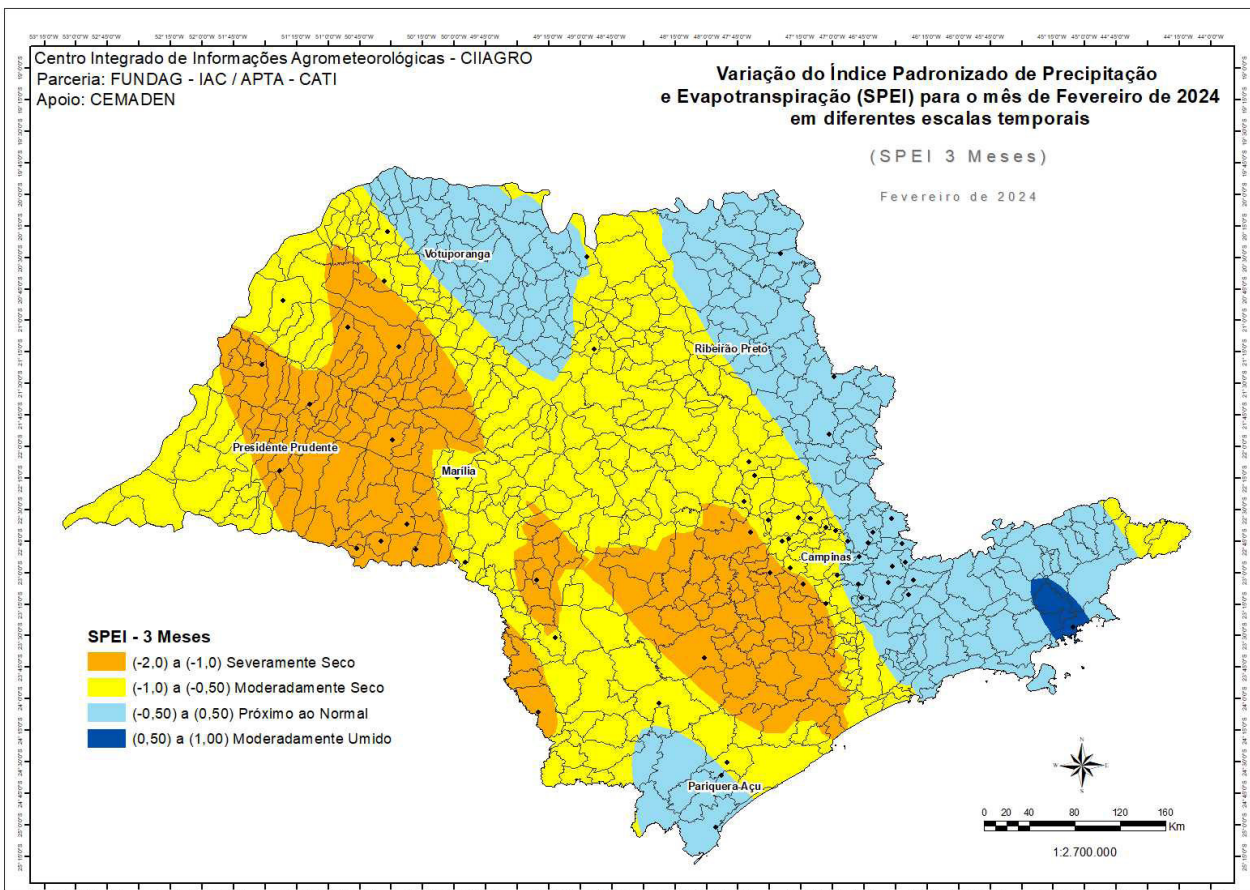


Figura 25. Variação espacial do SPEI em escala trimestral para os meses de outubro e novembro de 2023, indicando o alto estresse térmico e hídrico na maioria das regiões produtoras de amendoim.



**Figura 26.** Variação espacial do SPEI em escala trimestral para os meses de dezembro 2023 e janeiro de 2024, indicando o alto estresse térmico e hídrico na maioria das regiões produtoras de amendoim.



**Figura 27.** Variação espacial do SPEI em escala trimestral para os meses de fevereiro e março de 2024, indicando o alto estresse térmico e hídrico na maioria das regiões produtoras de amendoim.

Um SPEI em escala trimestral indica a variabilidade do total de precipitação dos últimos três meses em comparação com a mediana da precipitação desses últimos três meses em escala temporal de 30 anos, com o total de ETP também desses três meses.

Neste trabalho, além desses valores climatológicos indicados anteriormente, uma análise foi feita comparando-se o valor diário da Evapotranspiração Potencial (ETP), estimada pelo método de Camargo (1983), com os valores médios históricos da evapotranspiração potencial diária. Observa-se nas figuras 28 e 29, que de outubro de 2023 a março de 2024 os valores estimados da ETP foram substancialmente superiores à média existente. Esse fato corrobora com observações de campo, que mesmo com razoável índice pluviométrico as lavouras apresentaram características de estresse.

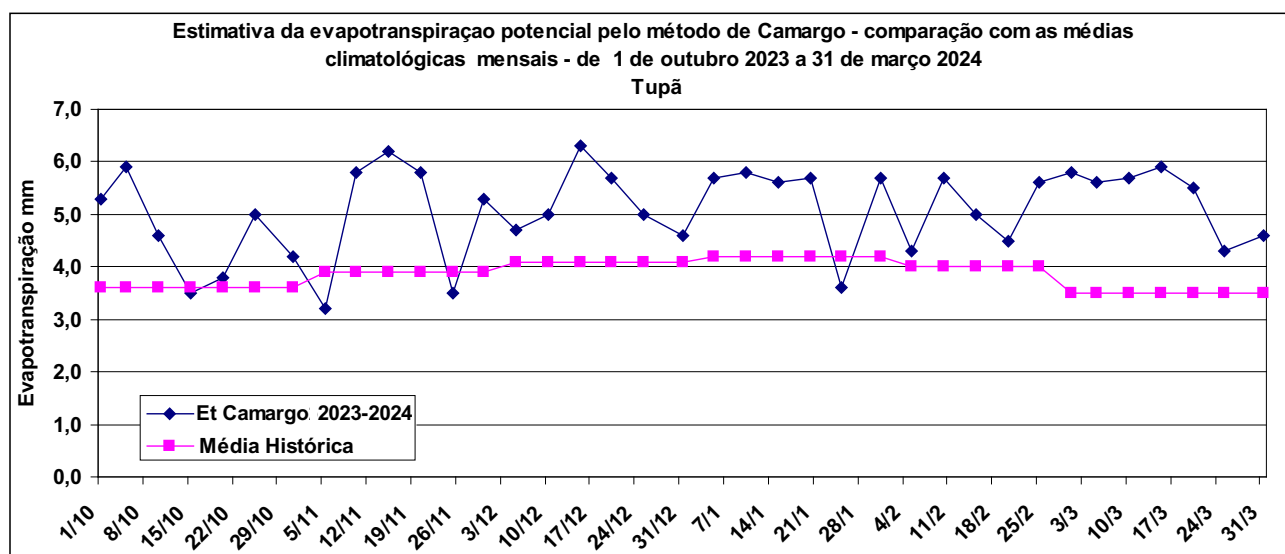


Figura 28. Variação diária da evapotranspiração diária estimada pelo método de Camargo (1983) no período de outubro 2023 a março de 2024, em comparação com as médias climatológicas para a localidade de Tupã (SP).

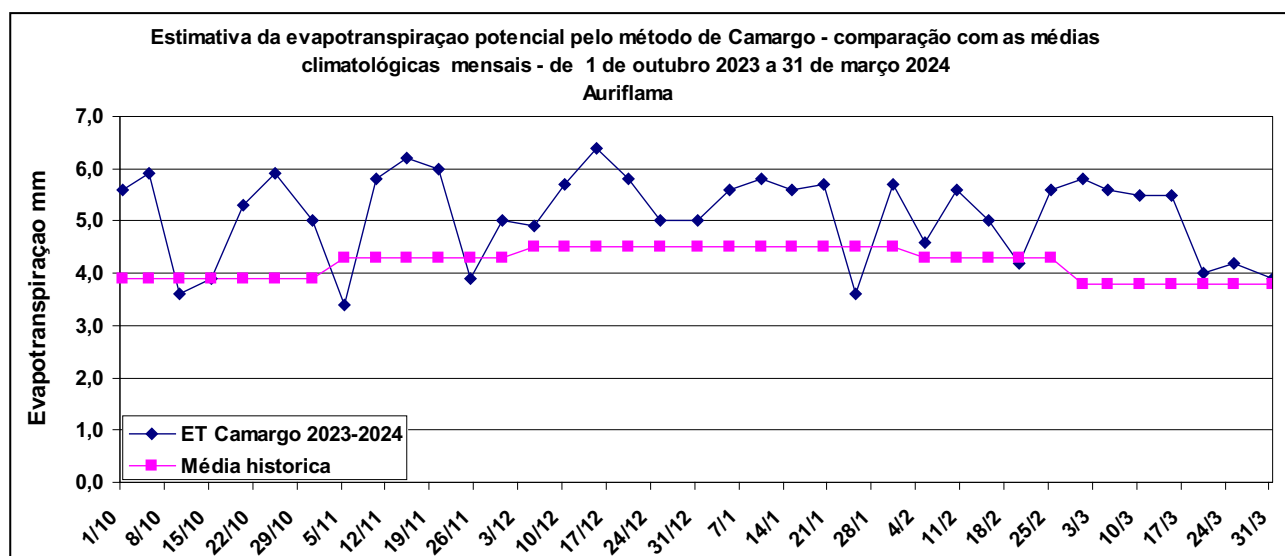
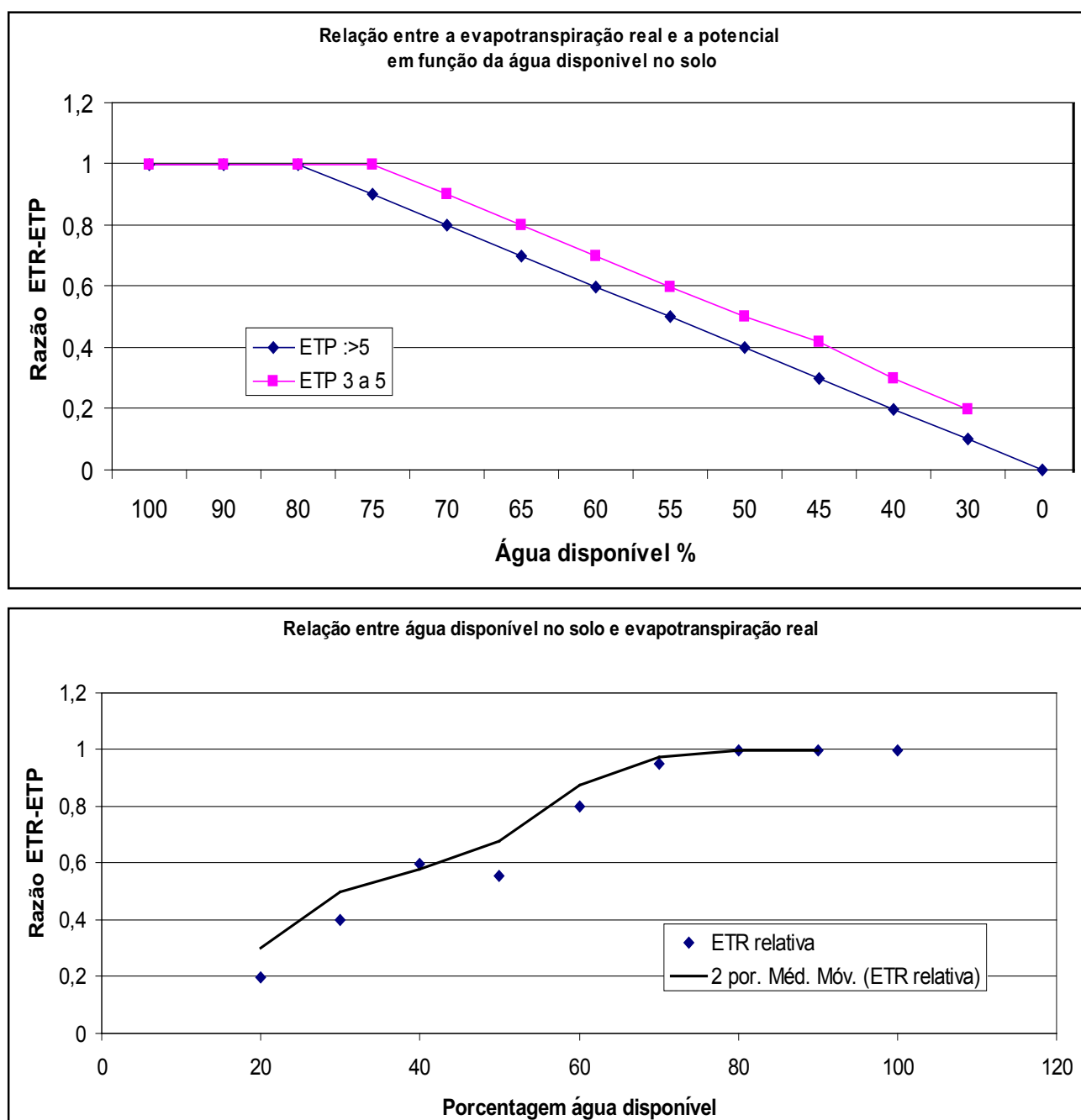


Figura 29. Variação diária da evapotranspiração diária estimada pelo método de Camargo (1983) no período de outubro 2023 a março de 2024, em comparação com as médias climatológicas para a localidade de Auriflamma (SP).

A resposta das culturas às condições agroclimáticas é o resultado integrado das condições de umidade do solo, profundidade efetiva do sistema radicular e a evapotranspiração potencial. Por meio de metodologia desenvolvida junto ao CIIAGRO e AgroclimaSP pode-se estimar o balanço hídrico com base na umidade do solo, considerando-se o máximo de água disponível em uma camada de solo pela diferença entre Capacidade de Campo e Ponto de Murcha e, assim quantificar se o teor de água disponível do solo, que favorece à absorção de água pelas plantas em função da Evapotranspiração Potencial. Brunini (2003) determinou que para culturas como a do amendoim, a relação é como apresentada na figura 30, a qual corrobora com o trabalho.



**Figura 30.** Relação entre água disponível no solo, evapotranspiração potencial e efeito na evapotranspiração real. Fonte: Brunini, O. (2003).

Para melhor entendimento dessas análises, o primeiro processo é determinar ou conhecer o limite de água disponível, que favorece as culturas em diferentes tipos de solo. Dessa maneira, pode-se qualificar o nível de disponibilidade de água em função das características físicas do solo, e seu favorecimento ou não para as culturas. De acordo com os dados da figura 30, a planta de amendoim tem relativa tolerância à seca, e seu sistema radicular favorece a absorção de água até quando a evapotranspiração potencial (ETP) está entre 3 e 5 mm/dia, e a água disponível acima de 70% do limite máximo. Abaixo desse valor e com ETP de 5 mm/dia a planta está sujeita a estresse.

Os mapas sequenciais da estimativa da umidade do solo, em função da quantificação da água disponível demonstra que as lavouras foram submetidas por vários períodos a alta demanda e que afetou a absorção de água pelas plantas, o que pode ter ocasionado severas perdas de produtividade (Figura 31).

Assim, mapas de umidade do solo até uma profundidade de 30 cm são apresentados (Figura 31) demonstrando uma estimativa média de umidade do solo, com base nos detalhes da figura 30, e considerando que a ETP média diária foi superior a 5 mm/dia, chegando a até 7 mm/dia, pode-se observar que mesmo com água disponível no solo acima de 60% da capacidade máxima, a Evapotranspiração Real (ETR) foi altamente reduzida, indicando estresse às lavouras (Figura 31). Observa-se, pelos mapas da umidade média estimada no perfil, em somente dois pequenos períodos as lavouras não estavam submetidas a estresse térmico e hídrico conjuntamente, onde a razão umidade atual/umidade na capacidade de campo estava acima de 0,70. Nos demais períodos essa razão estava inferior a 0,60 em toda área de plantio dessa cultura.

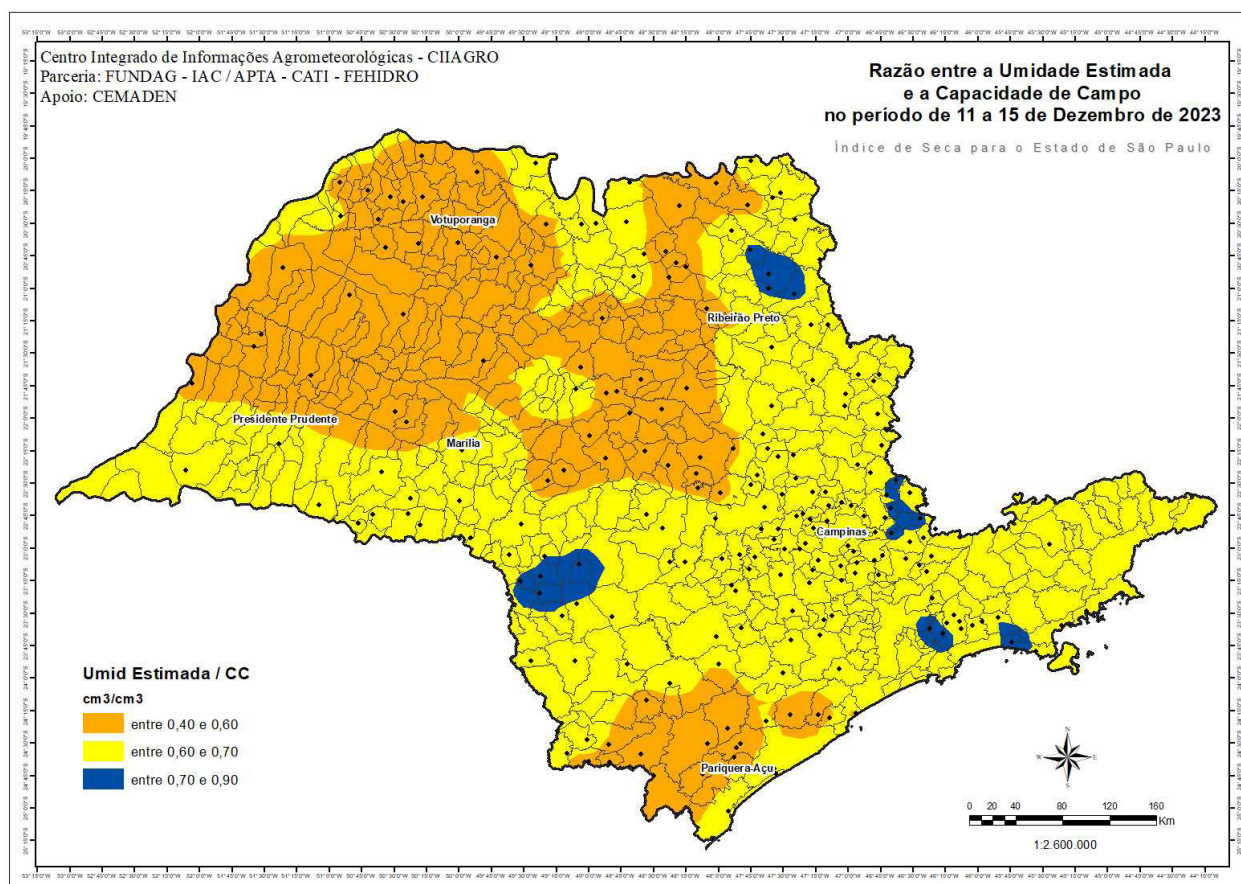
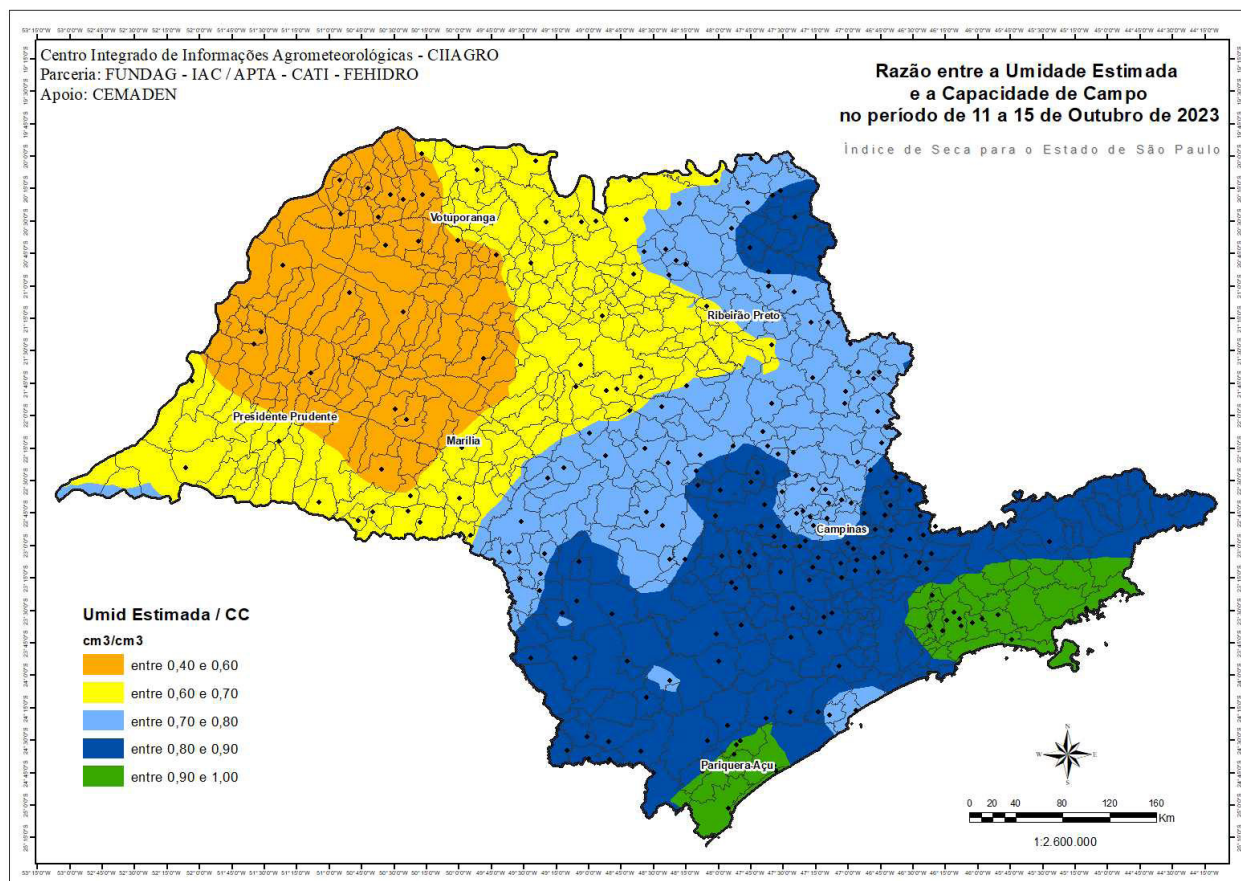


Figura 31. Estimativa da razão entre umidade média atual do perfil do solo, em comparação com a umidade na capacidade de campo, destacando-se a restrição nas regiões produtoras de amendoim, em períodos distintos. *Continua...*

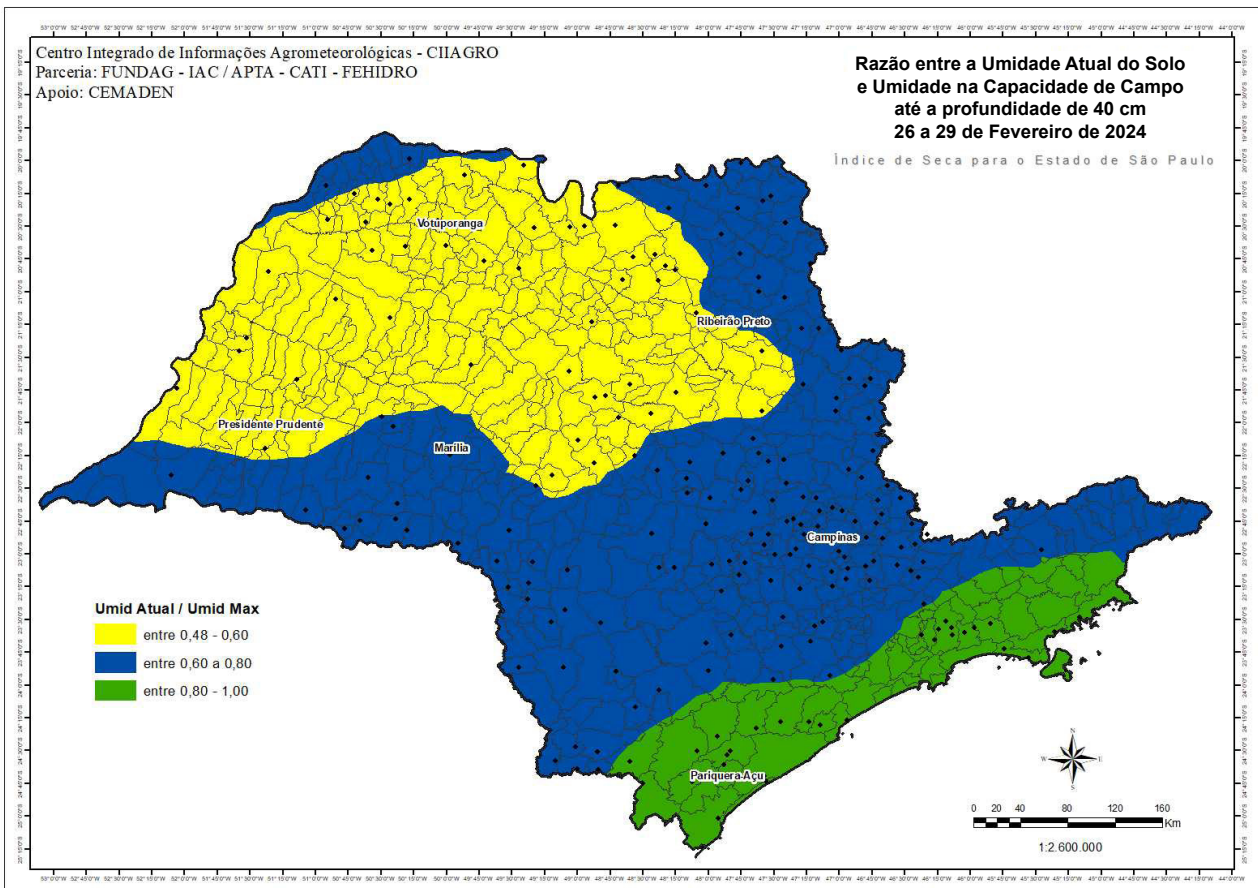
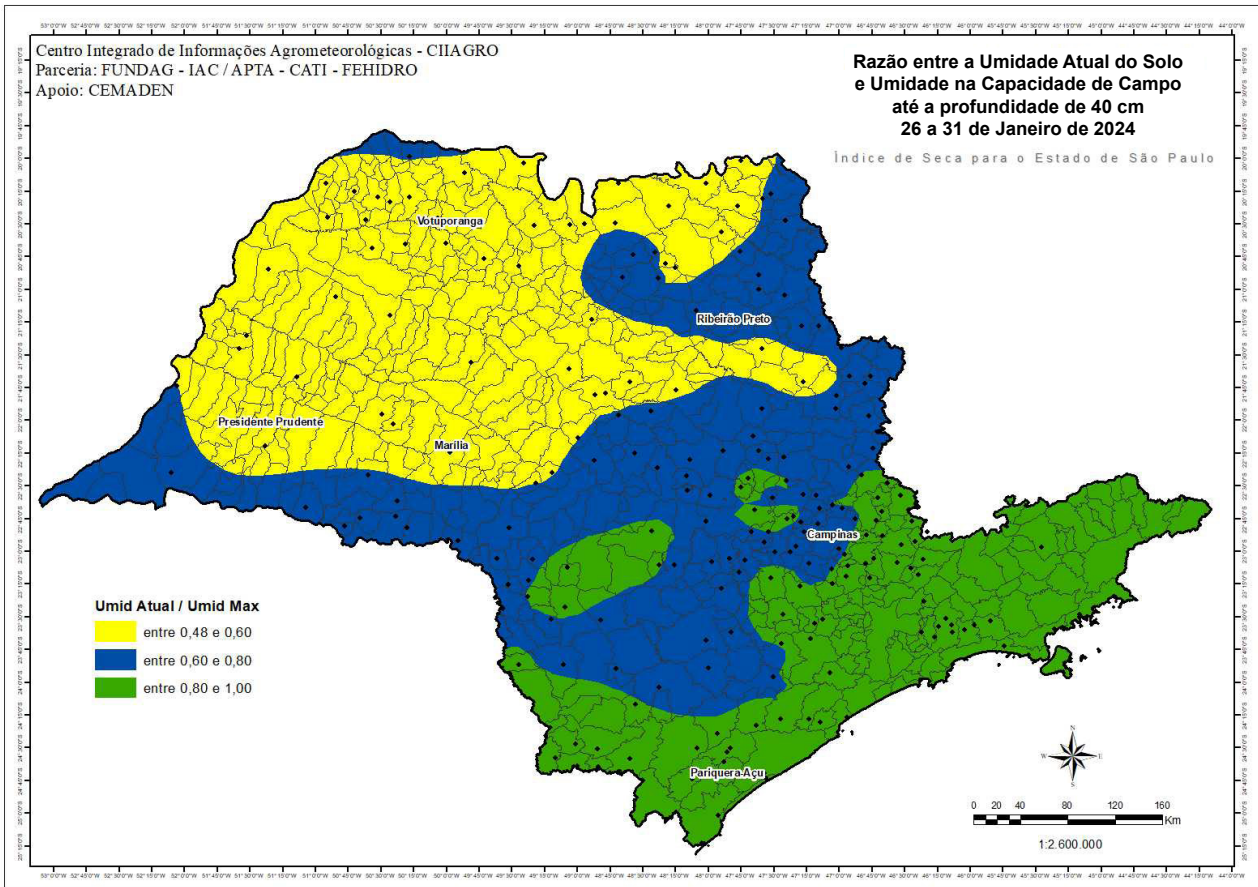


Figura 31. Continuação...

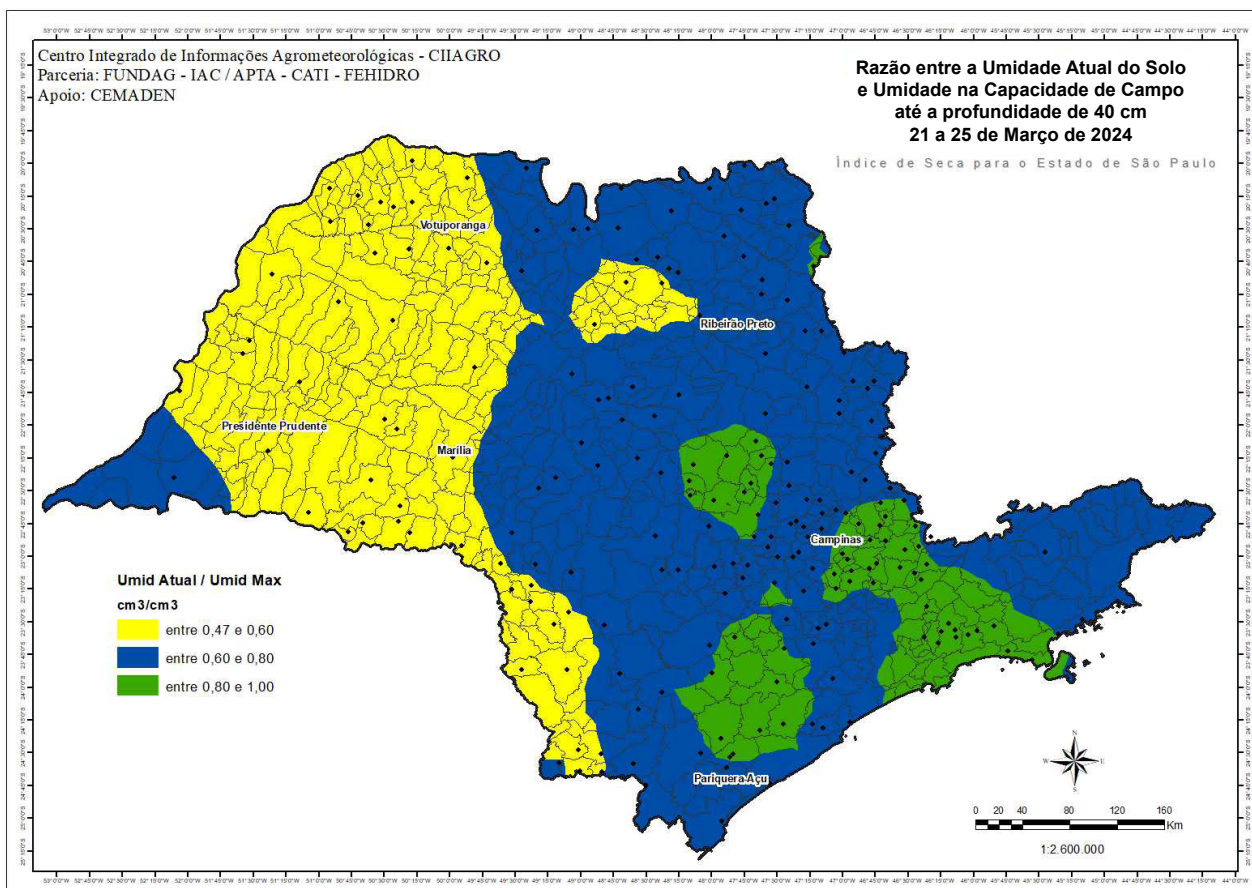
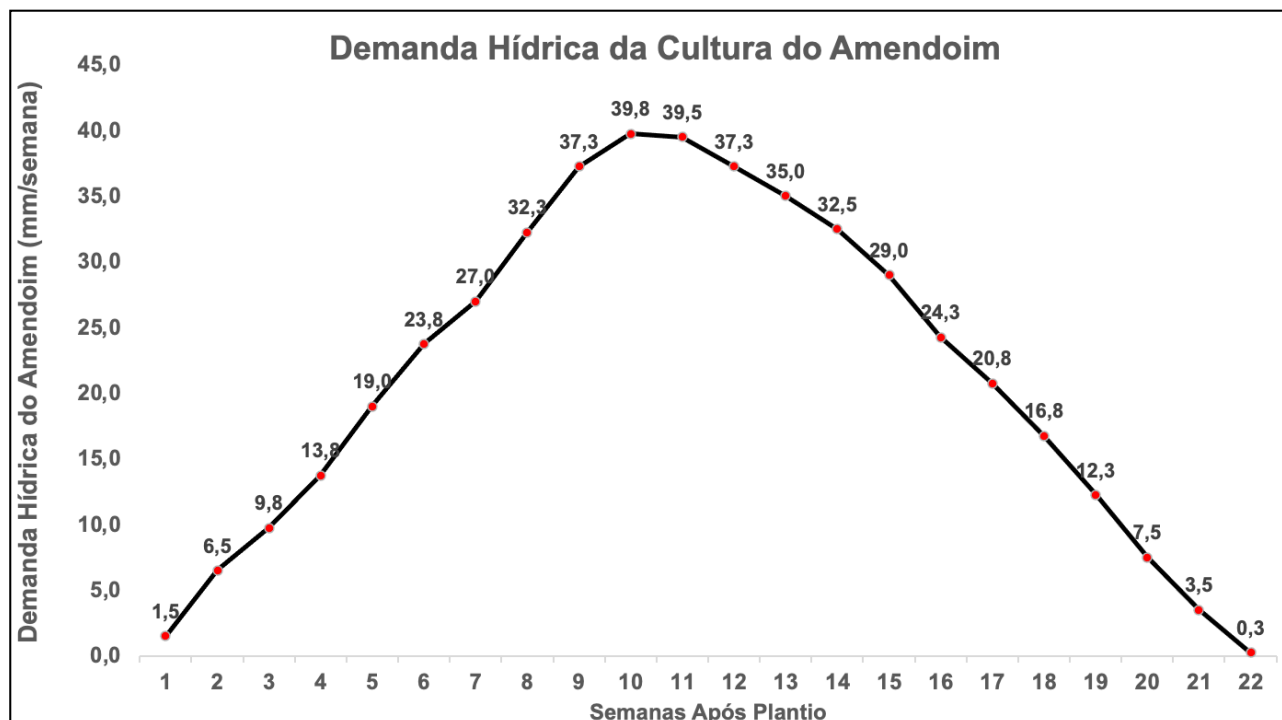


Figura 31. Conclusão.

Deve-se considerar também que a Capacidade de Água Disponível (CAD) de um solo é a quantidade de água disponível multiplicada pela profundidade em questão. De maneira geral, dependendo da classificação do solo, o armazenamento de água pode ser maior ou menor conforme os teores de argila no mesmo. Nas regiões de Tupã, José Bonifácio, Borborema e Presidente Prudente, predominam solos com textura média a arenosa (<15% de argila) combinados com baixos teores de matéria orgânica, fato que diminui a capacidade de armazenamento de água e consequentemente a resiliência da cultura nos períodos de adversidades climáticas, como os apresentados neste trabalho. Portanto, o real impacto dos períodos de altas temperaturas, associados com baixa pluviosidade, dependem da capacidade de armazenamento de água do solo presente na gleba. A presença de 1% a mais no conteúdo de matéria orgânica representa um ganho de 16 L de água m<sup>-3</sup> de solo. Outro aspecto a ser observado é a possibilidade de adoção da semeadura na palhada, como estratégia para mitigar os efeitos das adversidades climáticas sobre a cultura do amendoim. Iniciativas experimentais e em áreas comerciais na referida safra, permitiram verificar ganhos de 10% na produtividade de vagens para a cultivar de amendoim IAC 505 em semeadura direta sobre palhicho de cana no município de Tambaú (SP), sobre condição de solo com textura média.

Inferências sobre o real impacto das adversidades climáticas sobre as lavouras, dependerão do conhecimento do estágio fenológico em que se encontravam as culturas no período considerado, pois dependendo do estágio, implicará na maior ou menor demanda hídrica. Pode-se observar na figura 32 que entre 56 e 105 dias após o plantio, são requeridos pela cultura do amendoim 283 mm de água para seu pleno desenvolvimento. No máximo desenvolvimento vegetativo, o consumo médio pode

ultrapassar 6 mm/dia. O pico de consumo médio de água dependerá do potencial de água no solo, sendo: 3,8, 4,8 e 6,1 mm/dia, respectivamente em potencial baixo, médio e alto (Basuchaudhuri, 2022) Considerando-se que no mês de novembro houve a maior concentração da semeadura, o acumulado de chuva em janeiro e fevereiro, na maioria das regiões produtoras foi inferior a 70% do requerido pela cultura do amendoim. O aumento das chuvas verificado no mês de março, contribuiu para as culturas semeadas em dezembro, com a recuperação da umidade do solo, assim como, favoreceu o arranquio daquelas semeadas em outubro/novembro.



**Figura 32.** Demanda hídrica da cultura do amendoim (mm/semana). Fonte: Universidade da Geórgia, Serviço de Extensão. Georgia Precision Ag, 2023.

Essas afirmações são corroboradas pela análise dos termos decendiais do balanço hídrico e total decendial de precipitação para a localidade de Tupã (SP) de outubro de 2023 a março de 2024. Observa-se que o período todo apresentou elevados índices de deficiência hídrica, exceto por pequeno período em março (Figura 33), considerando-se que o total de precipitação para os plantios de outubro e novembro não totalizaram o acima indicado (Figura 34).

De forma genérica, baseado em relatos e observações práticas realizadas nas diferentes regiões produtoras do estado de São Paulo, pode-se identificar níveis variáveis do impacto das adversidades ocorridas sobre a cultura do amendoim na safra 2023/24, conforme apresentadas a seguir:

- ◆ Em algumas lavouras, a produção ficou muito baixa, as plantas não suportaram a seca e atingiram o ponto de murchamento permanente, obrigando o produtor a abandonar a área;
- ◆ Em muitos casos, a estiagem prejudicou o desenvolvimento vegetativo, a cultura não fechou nas entrelinhas, as floradas também foram prejudicadas, resultando em plantas com baixa produtividade;
- ◆ Em outros casos, as plantas sobreviveram com bom desenvolvimento vegetativo, porém o número de vagens formadas foi baixo, reduzindo a produtividade. Nesses casos, além da estiagem, as temperaturas

excessivamente altas certamente provocaram: a redução no número de flores, o aborto de flores formadas, o aborto dos ginóforos (esporões), ou o aborto de embriões dentro das vagens em formação;

◆ Em alguns casos, as lavouras receberam precipitação praticamente normal e as temperaturas também ocorreram dentro da normalidade para a época, resultando em produtividade relativamente boa;

◆ Como resultado de todas essas situações, o desempenho geral da cultura no estado de São Paulo foi com certeza prejudicado, mas de difícil quantificação quanto ao volume que será produzido.

Ressalta-se também o impacto da seca sobre a qualidade do produto colhido. Os fungos produtores de aflatoxina são especialmente ativos em solos com baixa umidade, resultando em altos níveis da toxina. Pesquisas realizadas em condições norte-americanas com diversas cultivares de amendoim com e sem estresse hídrico, concluíram que a deficiência hídrica comprometeu entre 14% e 26% a produtividade de vagens e aumentou em até 37 vezes os níveis de aflatoxina nos grãos (Luís *et al.*, 2016).

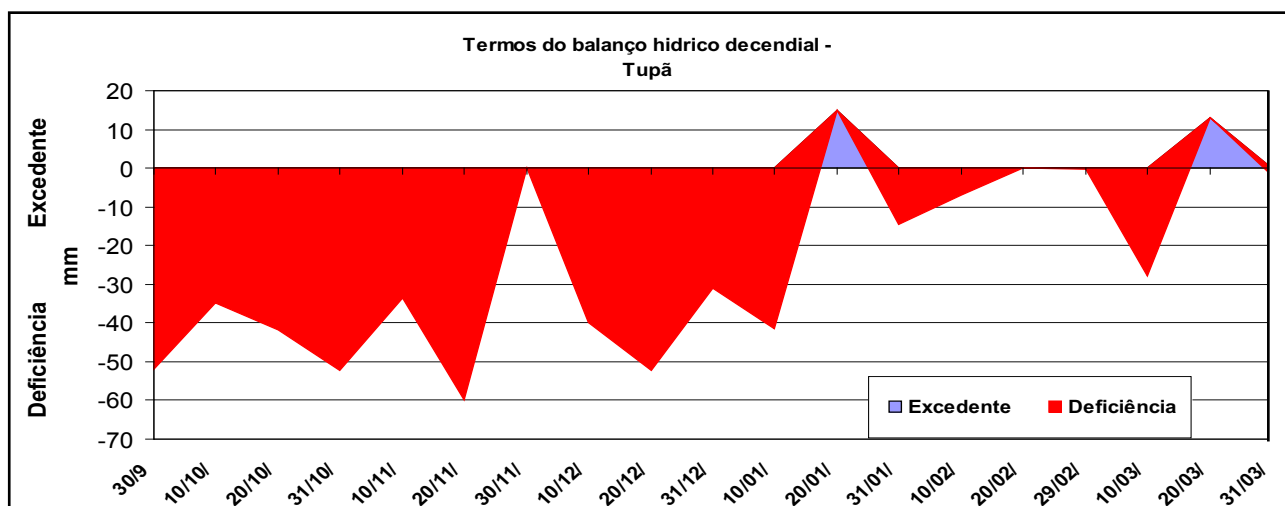


Figura 33. Termos do balanço hídrico em nível decenal para a localidade de Tupã (SP) de outubro de 2023 a março de 2024.

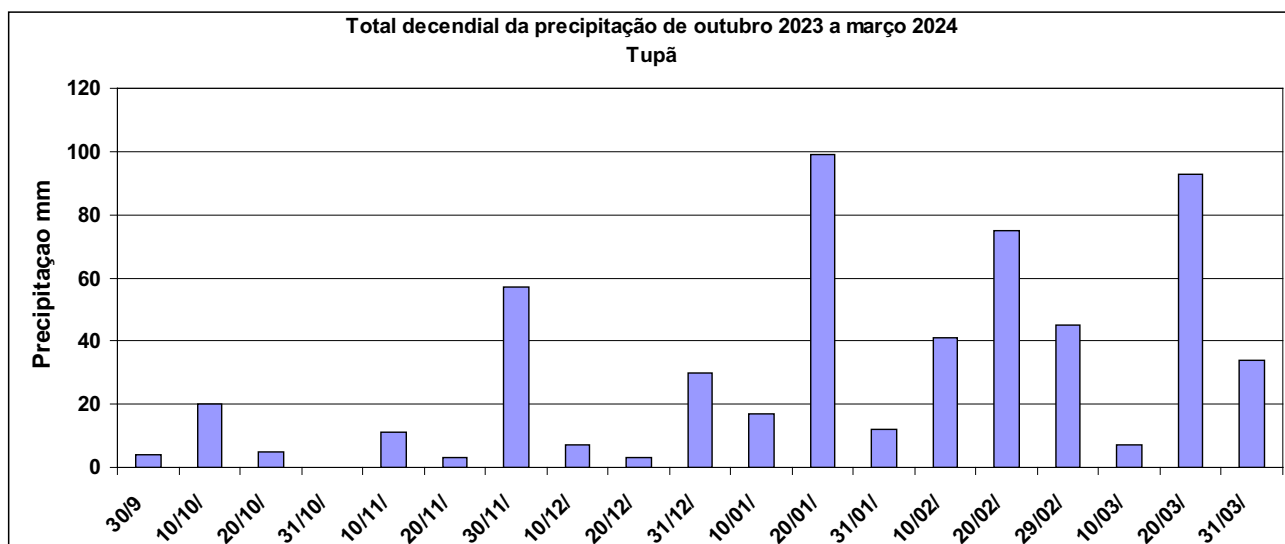


Figura 34. Total decenal da precipitação de outubro de 2023 a março de 2024 para a localidade de Tupã (SP).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise deste trabalho permite observar alguns aspectos distintos. Sob o ponto de vista agrometeorológico, as ferramentas utilizadas permitiram uma avaliação adequada das condições ocorridas durante o ciclo de plantio e desenvolvimento das lavouras. A inclusão de estimativa da umidade do solo com a evapotranspiração potencial permitiu avaliar que mesmo com razoável disponibilidade hídrica, as lavouras não puderam atender à alta taxa evaporativa (alto ETP). Outro aspecto a salientar foi a inclusão do SPEI, o qual se distingue do SPI, pois combina restrição hídrica com altos valores de ETP, que demonstra o estresse térmico e hídrico imposto à cultura do amendoim em diversas fases.

Os impactos sobre a produtividade e qualidade do amendoim colhido são variáveis e dependentes da coincidência dos estádios fenológicos de maior sensibilidade à seca, com os períodos mais severos das adversidades climáticas observadas. Em virtude da magnitude do fenômeno, sem precedentes relatados, pode-se inferir redução média de 40% na produtividade de vagens, porém com inúmeros relatos de perdas superiores a 65%.

## REFERÊNCIAS

- BASUCHAUDHURI, P. **Physiology of peanut plant**. CRS Press, 2022, 417 p.
- BRUNINI, O. **Manejo da água em comunidades vegetais-métodos agrometeorológicos**. In: Reunião Grupo Fitotécnico-Evapotranspiração e Manejo de Água-CAPTA-Canade Açúcar-IAC. Ribeirão Preto, 2003, 64 p.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO M. B. P. Teste de uma equação simples para estimativa da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEREOLOGIA, 3., Campinas, 1983, **Anais...**, Campinas, 1983, p. 229-244.
- KETRING, D. L.; REID, J. L. Peanut Growth and Development. In: MELOUK, H. A.; SHOKES, F. M. (eds.). **Peanut Health Management**. APS Press, 1995, p. 11-18.
- KVIEN, C. Physiological and Environmental Disorders of Peanut. In: MELOUK, H. A.; SHOKES, F. M. (eds.). **Peanut Health Management**. APS Press, 1995, p. 33-42.
- LUIS, J. M.; OZIAS-AKINS, P.; HOLBROOK, C. C.; KEMERAIT, R. C.; SNIDER, J. L.; LIAKOS, V. Phenotyping peanut genotypes for drought tolerance. **Peanut Science**, v. 43, n.1, p. 36-48, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3146/0095-3679-43.1.36>.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; ALBUQUERQUE, M. B.; NASCIMENTO, H. H. C.; SANTOS, R. C. S. Ecofisiologia do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). In: SANTOS, R. C.; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. (eds.). **O Agronegócio do Amendoim no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2013, p. 72-113.
- SIVAKUMAR, M. V. K.; SARMA, P. S. Studies on water relations of groundnuts. Agrometeorology of peanut. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM. **Proceedings...** ICRISAT - International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Niamey, Niger, India, 1985, p. 83-98.

**Instituto Agrônomo**  
Av. Barão de Itapura, 1.481  
13020-902 - Campinas (SP) BRASIL  
Fone: (19) 2137-0600  
[www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)

**Apoio:**



Secretaria de  
**Agricultura e Abastecimento**



**SÃO PAULO**  
GOVERNO DO ESTADO  
SÃO PAULO SÃO TODOS