

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

JÚNIOR EUGÊNIO BORKOWSKI

**RISCO CLIMÁTICO PARA OCORRÊNCIA DA REQUEIMA DA BATATA NO
BRASIL**

**CERRO LARGO
2023**

JÚNIOR EUGÊNIO BORKOWSKI

**RISCO CLIMÁTICO PARA OCORRÊNCIA DA REQUEIMA DA BATATA NO
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

CERRO LARGO

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Borkowski, Júnior Eugênio

Risco climático para a ocorrência da requeima da batata no Brasil / Júnior Eugênio Borkowski. -- 2023. 65 f.:il.

Orientador: Doutor Sidinei Zwick Radons

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2023.

1. Manejo de fungicida. 2. Sistema de previsão de doenças. 3. Phytophthera infestans. I. Radons, Sidinei Zwick, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

JÚNIOR EUGÊNIO BORKOWSKI

**RISCO CLIMÁTICO PARA OCORRÊNCIA DA REQUEIMA DA BATATA NO
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 16/11/2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **SIDINEI ZWICK RADONS**
Data: 12/12/2023 10:17:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons – UFFS
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **JULIANE LUDWIG**
Data: 12/12/2023 10:13:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Juliane Ludwig – UFFS
Avaliadora

Documento assinado digitalmente
 **JANAINA SILVA SARZI**
Data: 09/12/2023 10:02:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr.^a Janaina Silva Sarzi – UFFS
Avaliadora

Dedico este trabalho a toda minha família, que
sempre me incentivou a seguir estudando.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e saúde.

Aos meus pais, pelo incentivo e por todo o esforço para que eu pudesse ter a oportunidade de estudar.

Aos meus colegas e amigos da graduação, em especial ao Anderson, Luís Fernando, Luís Felipe e Samuel pela parceria ao longo do curso.

A Universidade Federal da Fronteira Sul, pela excelente formação que me proporcionou.

Aos professores e servidores, que ao longo de toda minha trajetória contribuíram para a minha formação.

As professoras Marlei Veiga dos Santos e Nessana Dartora pela oportunidade, paciência e ensinamentos durante o meu tempo de Iniciação Científica.

Ao meu orientador, professor Sidinei Zwick Radons, pela orientação, disposição e apoio ao longo da realização desse trabalho.

A todos que, de alguma forma fizeram parte da minha caminhada nesses cinco anos.

Muito obrigado!

“Não digas que o solo é árido, que não chove
frequentemente, que o sol queima ou que a
semente não serve. Não é tua função julgar a
terra e o tempo. Tua missão é semear.”

(Gibran)

RESUMO

O modelo Blitecast utiliza dados de temperatura e umidade relativa do ar, a fim de indicar valores de severidade diários (VSC) para a ocorrência da requeima da batata (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary), auxiliando no manejo fitossanitário da mesma. Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o risco climático para a ocorrência da requeima da batata ao longo do ano nos principais estados produtores dessa hortaliça no Brasil baseando-se no modelo Blitecast. Foram utilizados dados de umidade relativa do ar (UR) e temperatura média do ar (T) de 265 estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia distribuídas pelos estados de Minas Gerais (65), São Paulo (38), Paraná (25), Rio Grande do Sul (43), Bahia (46), Goiás (25) e Santa Catarina (23). A partir dos dados brutos, coletados desde a sua data de fundação até o ano de 2022, obteve-se o número de horas com $UR \geq 90\%$ e a T média durante este período para calcular o VSC. Em sequência, foi calculada a média mensal e anual de horas com $UR \geq 90\%$, T e VSC de cada estação meteorológica e elaborou-se gráficos do tipo *Boxplot* afim de verificar a uniformidade dos dados e o teste de correlação de Pearson para avaliar qual dos fatores exerceu maior influência sobre o acúmulo de VSC. Os dados médios mensais de VSC foram submetidos ao teste de Scott-Knott, com nível de significância de 5%, para verificar a significância da diferença entre os meses do ano. Mapas trimestrais foram elaborados no *software* QGIS para verificar a distribuição espacial do VSC, T e horas com $UR \geq 90\%$ de cada estado. A umidade relativa do ar apresentou-se como o evento meteorológico mais importante na oscilação do VSC ao longo do ano em relação a temperatura, exceto quando esta esteve abaixo de 12,4 °C, ou a redução da temperatura esteve associada a redução do período de molhamento. O maior volume e a distribuição uniforme das precipitações na Região Sul fizeram com que esta apresentasse os maiores VSC ao longo de todo ano, o que justifica o risco climático maior observado nesta região. O estado de Santa Catarina apresentou os maiores VSC, com valores médios mensais acima de 1 VSC em vários meses do ano e valores mínimos que superaram os valores máximos encontrados em Goiás em seus meses de maior risco climático. Nos estados com precipitações sazonais, o maior risco climático se concentrou nas estações chuvosas, além de apresentarem valores médios de VSC inferiores aos estados da Região Sul.

Palavras-chave: *Phytophthora infestans*; Sistemas de previsão; Manejo de fungicida.

ABSTRACT

The Blitecast model uses temperature and relative humidity data to indicate daily severity values (VSC) for the occurrence of potato late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary), assisting in its phytosanitary management. Therefore, the objective of this work was to evaluate the climatic risk for the occurrence of potato late blight throughout the year in the main states producing this vegetable in Brazil based on the Blitecast model. Relative air humidity (RH) and average air temperature (T) data from 265 National Institute of Meteorology automatic weather stations distributed across the states of Minas Gerais (65), São Paulo (38), Paraná (25), Rio Grande do Sul (43), Bahia (46), Goiás (25) and Santa Catarina (23). From the raw data, collected since its foundation until the year 2022, the number of hours with $RH \geq 90\%$ and T in this period were obtained to calculate the VSC. Consequently, monthly and annual averages of hours with $RH \geq 90\%$, T and VSC were calculated for each meteorological station and Boxplot graphs were created to verify the uniformity of the data and the Pearson correlation test to evaluate which of the factors had the greatest influence on the accumulation of VSC. The average monthly VSC data were subjected to the Scott-Knott test, with a significance level of 5%, to verify the significance of the difference between the months of the year. Quarterly maps were created in the QGIS software to verify the spatial distribution of VSC, T and hours with $RH \geq 90\%$ for each state. The RH was the most important meteorological event in the oscillation of VSC throughout the year in relation to temperature, except when the temperature was below 12.4 °C, or the reduction in temperature was associated with a reduction in the moistening period. The greater volume and uniform distribution of precipitation in the South Region caused it to have the highest VSC throughout the year, which justifies the greater distribution of climate risk in this region. The state of Santa Catarina presented the highest VSC, with average monthly values above 1 VSC in several months of the year and minimum values that exceeded the maximum values found in Goiás in its months of greatest climate risk. In states with seasonal precipitation, the greatest climate risk was concentrated in the rainy seasons, despite having lower average VSC values than states in the Southern Region.

Keywords: *Phytophthora infestans*; Forecasting systems; Fungicide management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Análise de <i>Boxplot</i> dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com UR $\geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado de Minas Gerais.....	30
Figura 2 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR $\geq 90\%$ (E-H) e temperatura média quando a UR $\geq 90\%$ (I-L), para o estado de Minas Gerais.....	32
Figura 3 - Análise de <i>Boxplot</i> dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com UR $\geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado de São Paulo.	34
Figura 4 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR $\geq 90\%$ (E-H) e temperatura média quando a UR $\geq 90\%$ (I-L), para o estado de São Paulo.....	35
Figura 5 - Análise de <i>Boxplot</i> dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com UR $\geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado do Paraná.	37
Figura 6 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR $\geq 90\%$ (E-H) e temperatura média quando a UR $\geq 90\%$ (I-L), para o estado do Paraná.	39
Figura 7 - Análise de <i>Boxplot</i> dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com UR $\geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022,	40
estado do Rio Grande do Sul.	40
Figura 8 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR $\geq 90\%$ (E-H) e temperatura média quando a UR $\geq 90\%$ (I-L), para o estado do Rio Grande do Sul.....	42
Figura 9 - Análise de <i>Boxplot</i> dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com	

UR \geq 90% (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado da Bahia.....	44
Figura 10 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR \geq 90% (E-H) e temperatura média quando a UR \geq 90% (I-L), para o estado da Bahia. ...	46
Figura 11 - Análise de <i>Boxplot</i> dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar \geq 90% (B) e temperatura média durante os períodos com UR \geq 90% (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado de Goiás.....	48
Figura 12 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR \geq 90% (E-H) e temperatura média quando a UR \geq 90% (I-L), para o estado de Goiás. ...	49
Figura 13 - Análise de <i>Boxplot</i> dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar \geq 90% (B) e temperatura média durante os períodos com UR \geq 90% (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado de Santa Catarina.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção e área plantada de batata nos estados responsáveis por cerca de 99% da produção brasileira, na safra de 2022.	26
Tabela 2 – Classe de temperatura média do ar, durante períodos contínuos de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ e respectivos valores de severidade diários para o controle de requeima da batata.	27
Tabela 3 – Média mensal e anual do valor de severidade (VSC) nos estados da Bahia (BA), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) e seus respectivos coeficientes de variação (CV).	28
Tabela 4 – Correlação de Pearson do valor de severidade com o número de horas de molhamento foliar (VSC/UR) e do valor de severidade com a temperatura média durante o molhamento foliar (VSC/T).....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BA	Bahia
C	Celsius
CV	Coefficiente de variação
ETc	Evapotranspiração da cultura
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	United Nations Statistics Division of the Food and Agriculture Organization
GO	Goiás
ha	Hectare
Mg	Megagrama
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW	Inverse Distance Weighted (Interpolação pelo inverso da distância)
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MG	Minas Gerais
mm	Milímetro
PR	Paraná
RS	Rio Grande do Sul
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná
SC	Santa Catarina
SP	São Paulo
T	Temperatura do ar
UR	Umidade relativa do ar
VSC	Valor de severidade diário

LISTA DE SÍMBOLOS

$\%$	Por cento
$^{\circ}$	Graus
$<$	Menor que
\leq	Menor ou igual
$>$	Maior que
\geq	Maior ou igual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	A CULTURA DA BATATA	17
2.1.1	Aspectos socioeconômicos da cultura da batata	17
2.1.2	Exigências climáticas e o ciclo da cultura	18
2.2	INTERAÇÃO ENTRE DOENÇA DE PLANTA, AMBIENTE E HOSPEDEIRO	19
2.3	REQUEIMA DA BATATA.....	20
2.3.1	Aspectos gerais.....	20
2.3.2	Etiologia e epidemiologia	21
2.3.3	Sintomatologia	22
2.3.4	Controle	22
2.4	MODELOS PARA PREVISÃO DE DOENÇAS DE PLANTAS.....	24
2.4.1	Conceito e histórico	24
2.4.2	Modelo de alerta para a requeima da batata Blitecast	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	ACÚMULO DE VALORES DE SEVERIDADE DIÁRIOS E CORRELAÇÃO.....	28
4.2	ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DE MINAS GERAIS	30
4.3	ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DE SÃO PAULO.....	33
4.4	ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DO PARANÁ	36
4.5	ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	40
4.6	ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DA BAHIA	43
4.7	ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DE GOIÁS	47
4.8	ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DE SANTA CATARINA ..	50
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS.....	54
	APÊNDICE A – Estações meteorológicas automáticas do INMET utilizadas	58

1 INTRODUÇÃO

A cultura da batata (*Solanaceae tuberosum* L. spp. *tuberosum*), é a hortaliça mais produzida no mundo (FAO, 2022), e no Brasil (IBGE, 2023), além de ter grande espaço em pequenas e médias propriedades onde é cultivada para a subsistência, principalmente devido à sua alta eficiência produtiva (PULZ et al., 2018). Uma das principais dificuldades para o cultivo da batata são as doenças que ocorrem ao longo do seu ciclo, sendo a requeima a mais agressiva. Essa doença, que é causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, ataca principalmente as folhas, mas pode causar danos aos pecíolos, caules e tubérculos, causando sérios prejuízos quando associada a condições de temperatura e molhamento foliar favoráveis, uso de cultivares menos tolerantes ou quando há falhas no controle fitossanitário (TÖFOLI et al., 2013).

A agressividade da requeima e o seu difícil controle levam ao uso rotineiro de fungicidas, em que o intervalo entre as aplicações é normalmente baseado no período de proteção do fungicida e não as condições meteorológicas recentes. Dessa forma, a adoção de modelos de previsão capazes de identificar os dias mais favoráveis para a ocorrência da infecção e desenvolvimento do patógeno, podem auxiliar na escolha do momento mais adequado para a aplicação, uma vez que estes consideram a interação entre o patógeno e o ambiente (BOSCO et al., 2010).

Um dos modelos mais utilizados é o Blitecast (KRAUSE et al., 1975), que indica o aparecimento da doença baseado nas condições de temperatura e umidade relativa do ar. Este modelo foi validado em trabalhos realizados no Rio Grande do Sul com diferentes cultivares de batata, nos quais mostrou-se capaz de reduzir o número de aplicações em cerca de 25% nas épocas com condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento do patógeno, como na primavera (GOMES, 2002; TRENTIN et al., 2009) e em até 70% quando as condições são menos favoráveis, como no outono (TRENTIN et al., 2009).

Além disso, modelos como este podem ser utilizado para gerar dados e mapas de risco de ocorrência de uma determinada doença ao longo do ano, sendo de grande importância para o planejamento agrícola de uma determinada região (GARCIA, 2005). Alguns exemplos são os dados de risco climático para ocorrência de doenças fúngicas da videira em São Paulo (BARDIN et al., 2010), para a ferrugem asiática da soja no Brasil (HENCK, 2022) e no Rio Grande do Sul (RADONS et al., 2021), para a requeima da batata na Região Central do Rio Grande do Sul (RADONS, 2012) e na região andina da Venezuela (GARCIA et al., 2008).

Dessa forma, é possível identificar os períodos do ano onde tem-se maiores riscos de ocorrência da doença nas regiões produtoras, o que permite a elaboração de estratégias de controle mais eficientes, redução do uso de fungicidas, dos custos de produção e dos riscos ambientais e à saúde humana.

Desse modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar o risco climático para a ocorrência da requeima da batata ao longo do ano nos principais estados produtores de batata do Brasil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA BATATA

2.1.1 Aspectos socioeconômicos da cultura da batata

A batata, ou batata-inglesa, pertence à família Solanaceae e foi domesticada há cerca de 8000 anos no Centro Sul-Americano, mais precisamente nas Cordilheiras dos Andes, Região Sul do Peru (MAZOYER; ROUDART, 2010), sendo levada para a Europa por volta de 1570 e difundida nos demais continentes pela colonização realizada pelos países europeus, inclusive nos Estados Unidos e no Brasil (SILVA; LOPES, 2015).

Apesar de possuir cerca de 20 espécies de batata cultivadas no mundo (SILVA; LOPES, 2015), atualmente a espécie mais importante economicamente é a *Solanum tuberosum* L. spp. *tuberosum*, destacando-se por ser a hortaliça mais produzida no mundo (FAO, 2022). Em 2020, os maiores produtores foram a China, Índia e Ucrânia, enquanto os maiores importadores foram países europeus, onde encontra-se o maior consumo *per capita* do mundo (FAOSTAT, 2023). A batata, é a cultura que atinge as maiores latitudes, pois é cultivada desde a linha do Equador, nos altiplanos do Equador e do Quênia, até o círculo polar da Finlândia (TRENTIN, 2006).

No Brasil, a batata foi introduzida por colonizadores no final do século XIX, e é hoje a hortaliça mais importante, com uma produção de 4,027 milhões de toneladas distribuída em três safras anuais, em uma área colhida de aproximadamente 123.900 hectares e uma produtividade média de 32,50 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2023). O estado com a maior produção é Minas Gerais, responsável por 31,67% da produção nacional, seguido por São Paulo (22,38%), Paraná (18,79%), Rio Grande do Sul (10,09%), Bahia (8,79%), Goiás (5,59%) e Santa Catarina (2,43%) (IBGE, 2023). Juntos, esses estados são responsáveis por cerca de 99,7% da produção brasileira de batata comercial. A cultura da batata também tem grande importância em pequenas propriedades, destacando-se por sua eficiência produtiva em áreas destinadas à produção de alimentos para subsistência (PULZ et al., 2008).

De acordo com Valadares e Landau (2020), a cultura da batata possui três safras no Brasil, sendo a primeira plantada no período de dezembro a março (safra das águas), a segunda de abril a agosto (safra da seca) e a terceira com plantio de setembro a novembro (safra de inverno). Destas, a safra das águas é a de maior importância devido ao regime hídrico, que

permite o plantio em grande parte do país sem a necessidade de irrigação total ou suplementar, diferente das demais safras. O Rio Grande do Sul, possui duas safras, sendo a de primavera a principal delas, com plantio realizado de agosto a outubro, enquanto a de verão/outono tem menor importância no estado, com plantio de janeiro a março (BISOGNIN, 1996).

2.1.2 Exigências climáticas e o ciclo da cultura

A classificação do ciclo fisiológico das cultivares de batata pode ser dividida em ciclo curto, com duração inferior a 90 dias, ciclo médio, que varia 100 a 110 dias, e ciclo longo, quando ultrapassa os 110 dias. (SORATTO, et al., 2015). A produção da cultura da batata é influenciada diretamente pelo fotoperíodo e temperatura. Temperaturas mais amenas (15 a 22°C) e fotoperíodos mais longos durante o ciclo da batata favorecem a obtenção de maiores produtividades, ocorrendo reduções significativas em cultivares de ciclo mais tardio em relação às de ciclo curto principalmente relacionadas a fotoperíodos menores (SILVA; LOPES, 2015). Temperaturas muito baixas também não são toleradas pela batateira, assim como a formação de geada.

Embora a temperatura ideal esteja entre 15 e 22°C, em regiões onde há maior intensidade luminosa as temperaturas podem ser mais elevadas ocorrendo uma maior amplitude térmica, com temperaturas diurnas elevadas e noturnas mais amenas que pode ser favorável a produção (SILVA; LOPES, 2015). Landau e colaboradores (2020), destacam que a produção de batata no Brasil ocorre principalmente em regiões com temperaturas médias entre 18 e 22°C. No entanto, as altas temperaturas podem reduzir a longevidade das folhas e o índice de área foliar, causando uma diminuição na síntese de fotoassimilados e do acúmulo de massa seca dos tubérculos (SILVA; LOPES, 2015).

A demanda hídrica da batateira é elevada, sendo necessário o uso de irrigação total ou suplementar quando esta é cultivada na segunda e terceira safra em algumas regiões do país. Em geral, o consumo de água em um ciclo pode variar de 300 a 800 mm, dependendo do clima, solo, sistema de irrigação adotado e a duração do ciclo da cultivar utilizada (OLIVEIRA; VALADÃO, 1997). Marouelli et al. (2008), estabeleceram valores de evapotranspiração da cultura (ETc) de acordo com o estágio de desenvolvimento, temperatura média do ar (T) e umidade relativa do ar (UR). Para T de 22°C e UR de 60%, a ETc é de 2,7 mm dia⁻¹ nos estágios I e II (inicial e vegetativo), 4,2 mm dia⁻¹ no estágio III (estolinização/tuberização), 5,6 mm dia⁻¹ no estágio IV (formação da produção) e 3,7 mm⁻¹ dia no estágio V (senescência)

(MAROUELLI et al., 2008). Esses valores tendem a ser maiores conforme a temperatura média aumenta e a umidade relativa do ar diminui.

2.2 INTERAÇÃO ENTRE DOENÇA DE PLANTA, AMBIENTE E HOSPEDEIRO

O conceito de doença pode ser definido como a série de respostas, visíveis ou não, das células e tecidos vegetais a um organismo patogênico ou ao ambiente, resultando em alterações adversas na forma, função ou integridade da planta que podem levar a danos parciais, deterioração ou morte de partes ou de toda planta (AGRIOS, 2005). Doenças causadas por agentes patogênicos como vírus, bactérias, fungos, fitoplasmas e nematoides são consideradas bióticas, o que diferencia estas de alterações de processos fisiológicos causados pela restrição hídrica, por exemplo (REZENDE et al., 2018).

A ocorrência de uma doença depende da presença do inóculo, de um hospedeiro suscetível a ele e de um ambiente favorável ao patógeno (MICHEREFF, 2001; AGRIOS, 2005; REZENDE et al., 2018). O ambiente é o único que está em constante mudança, sendo capaz de determinar o grau de severidade e predisposição de um hospedeiro a uma doença, além de ter efeito direto sobre o patógeno, podendo favorecer ou não o seu desenvolvimento e sobrevivência no hospedeiro ou fora dele (BEDENDO et al., 2018).

Da mesma forma que o ambiente é capaz de influenciar diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, o mesmo ocorre aos patógenos, que tem a sua sobrevivência, taxa de multiplicação, esporulação, bem como distância de disseminação e viabilidade dos esporos influenciados pelas condições do tempo (AGRIOS, 2005). Logo, a presença de um hospedeiro e de uma fonte de inóculo não garante a ocorrência de uma epidemia, uma vez que não haja condições ambientais favoráveis para este, tais como a temperatura, umidade ou vento.

Para a maioria dos patógenos, a ausência do hospedeiro suscetível não é necessariamente o término da sua linhagem devido a algumas estratégias que permitem a sua sobrevivência. Os patógenos biotróficos, que são capazes de infectar e completar o seu ciclo apenas em tecidos vivos, produzem algumas estruturas de resistências menos duradouras, mas que são capazes de suportar períodos em que não há a presença do hospedeiro principal, ou ainda, permanecer em hospedeiros alternativos ou em plantas voluntárias de seu hospedeiro (AMORIM; PASCHOALATI, 2018).

Outros patógenos, denominados de necrotróficos, possuem a capacidade de infectar e sobreviver e completar o seu ciclo em tecidos mortos, tais como restos culturais reproduzindo-

se de forma assexuada até que haja novamente a presença do hospedeiro vivo, servindo assim de inóculo primário. Nesse caso, a eliminação de restos culturais e a rotação de culturas tornam-se manejos imprescindíveis para a redução da fonte de inóculo primário, tardando a ocorrência de uma epidemia.

Algumas espécies, no entanto, são capazes de gerar estruturas especializadas de resistência que permanecem no campo por longos períodos sob condições ambientais adversas e sem a presença do hospedeiro (AMORIM; PASCHOALATI, 2018). Esse tipo de estrutura torna difícil o controle através da rotação de culturas, uma vez que estes mecanismos de sobrevivência podem perdurar por anos no ambiente.

2.3 REQUEIMA DA BATATA

2.3.1 Aspectos gerais

A requeima da batata é causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, e foi responsável pela maior epidemia de doença de plantas no mundo, causando a destruição de plantações e tubérculos armazenados, o que levou a uma crise de fome na Europa, em especial na Irlanda (AGRIOS, 2005; REZENDE et al. 2018). A descoberta do agente causal da requeima, em 1861, foi o marco do nascimento da fitopatologia.

Na década de 90, descobriu-se que *P. infestans* era capaz de se reproduzir sexualmente fora de seu centro de origem, o que aumentou a sua variabilidade genética, tornando-a mais agressiva e cada vez mais resistente aos fungicidas sistêmicos (REZENDE et al. 2018). Apesar de as populações naturais de plantas possuírem genes para a resistência de fungos patogênicos, a busca por genótipos com alto potencial produtivo levou a uniformização das culturas, o que contribui para a pressão de seleção da população de patógenos, acelerando o seu processo evolutivo (MATIELLO et al. 1997). Esses dois aspectos tornam hoje as doenças causadas por *P. infestans* uma das mais agressivas nas culturas da batata e do tomate, demandando de aplicações constantes de fungicidas para o seu controle efetivo.

2.3.2 Etiologia e epidemiologia

Segundo Salas e Töfoli (2017), *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, pertence a filo Oomycota, Reino *Stramenopila* (Chromista) e, apesar de possuir características morfológicas que se assemelham aos fungos, taxonomicamente está mais relacionada a organismos aquáticos, como as algas marrons. Além disso, apresenta parede celular contendo celulose e não quitina, como ocorre nos fungos verdadeiros. *P. infestans*, apresenta micélio cenocítico e esporângios hialinos em forma de limão, com parede delgada e uma papila apical em cada um deles (VALE et al, 1996).

A reprodução sexuada resulta em oósporos que apresentam uma parede externa espessa tornando-o um mecanismo de sobrevivência do oomiceto no solo até que as condições estejam favoráveis para que ele germine (BEDENDO, 2018). Ao germinar, novas hifas e esporângios semelhantes aos da fase assexuada são produzidos (VALE et al, 1996; BEDENDO, 2018). Os indivíduos de *P. infestans* são classificados em dois tipos de compatibilidade (A1 e A2), sendo necessário que estes dois grupos coexistam para que a reprodução sexuada ocorra (VALE et al, 1996; AGRIOS, 2005; SALAS; TÖFOLI, 2017).

Na ausência do tipo A2, o oomiceto se reproduz majoritariamente de forma assexuada, logo, não há a formação do principal mecanismo de sobrevivência (oósporo), fazendo com que este sobreviva entre uma safra e outra apenas através de restos culturais infectados (AGRIOS, 2005). Apesar de no Brasil haver apenas indivíduos A2 em batata, Zonatta (2019), identificou isolados capazes de produzir oósporo durante o crescimento vegetativo por meio de mecanismos de autofertilização.

Na reprodução assexuada, os esporângios podem germinar pela emissão do tubo germinativo, com temperaturas entre 18 e 24°C, ou pela produção de zoósporos (VALE et al., 1996). Os zoósporos liberados são levados pela água e podem atingir as plantas próximas pelos respingos gerados pelos impactos das gotas da chuva, irrigação, ação do vento, circulação de pessoas e máquinas agrícolas (SALAS; TÖFOLI, 2017). Os zoósporos germinam com temperaturas entre 12 a 17°C, podendo penetrar no hospedeiro através do tubo germinativo pelos estômatos ou outras aberturas (danos nas folhas), ou, mais comumente, pela emissão do apressório, no qual as hifas entram diretamente pela cutícula (VALE et al. 1996; AGRIOS 2005; BEDENDO, 2018).

A doença é favorecida por períodos de molhamento foliar superiores a 12 horas, ambientes de névoa, chuva fina e até mesmo a presença de orvalho associada a temperaturas

noturnas mais amenas (SALAS; TÖFOLI, 2017). O molhamento foliar geralmente é estimado considerando as horas com UR acima de 90%, entretanto, este depende de outros fatores, tais como a umidade do solo, precipitação, velocidade do vento e o saldo de radiação, principalmente no período noturno (TRENTIN, 2006).

2.3.3 Sintomatologia

A requeima da batata pode afetar folhas, hastes, pecíolos e tubérculos. Os primeiros sintomas são manchas de aspecto úmido que aparecem nas bordas das folhas mais baixas, evoluem para coloração pardo-escuras a negras e irregulares, podendo ou não apresentar halos necróticos (AGRIOS, 2005; SALAS; TÖFOLI, 2017). Quando se tem condições de alta umidade e temperaturas amenas (12 a 24°C), ocorre a formação de manchas na face inferior das lesões, com coloração acinzentadas e com aspecto aveludados, sendo estas, compostas pelos esporângios e esporangióforos do patógeno (SALAS; TÖFOLI, 2017).

Já nos tubérculos, as lesões têm coloração castanhas, são superficiais, irregulares e com bordos definidos, enquanto que a necrose no seu interior é assimétrica e de coloração castanho-avermelhada (SALAS; TÖFOLI, 2017). No pecíolo e nas hastes, o ataque do patógeno pode resultar na morte de toda a parte acima das lesões (MIRANDA; SILVA, 2017). Quando as condições de molhamento continuam favoráveis, todas as partes afetadas pelo patógeno morrem e apodrecem, exalando um odor característico (AGRIOS, 2005).

2.3.4 Controle

A requeima pode ser controlada com a combinação de medidas sanitárias adequadas, utilização de cultivares resistentes e aplicações de fungicidas nos momentos corretos (AGRIOS, 2005). A aquisição da batata-semente livre da presença do inóculo primário, além da destruição de restos culturais e a eliminação de hospedeiros alternativos são umas das principais medidas sanitárias a serem observadas antes da implantação da cultura (VALE et al., 1996). Além disso, recomenda-se a aplicação de herbicida para controlar as plantas espontâneas que brotaram após a colheita e as pilhas de batatas que foram descartadas na lavoura devem ser removidas e enterradas (AGRIOS, 2005). A adoção da rotação de culturas com milho, trigo, pastagens, soja e feijão por pelo menos 3 anos é fundamental para reduzir o potencial de inóculo nas áreas

cultivadas (SALAS; TÖFOLI, 2017), e deve-se evitar o cultivo de outras espécies da família Solanaceae na mesma área, tal como o tomateiro.

Muitas cultivares possuem genes de resistência (R) ao oomiceto, entretanto, o grande número de raças que este possui torna difícil que qualquer uma delas seja totalmente resistente. De acordo com Agrios (2005), algumas cultivares possuem a chamada resistência horizontal, que é uma resistência parcial de vários graus de tolerância, mas eficaz contra todas as raças do oomiceto. Entretanto, quando as condições ambientais são favoráveis para o desenvolvimento do patógeno, essa resistência não é suficiente, havendo a necessidade da utilização de fungicidas protetivos como nas cultivares suscetíveis (AGRIOS, 2005). Apesar disso, o uso dessas cultivares pode ser uma estratégia para minimizar a aplicação de defensivos, uma vez que não há nenhuma cultivar totalmente resistente a *P. infestans*.

O manejo comumente adotado pelos produtores é o controle químico, que, na maioria das vezes, consiste em calendários de aplicações de fungicidas sem que as interações entre as condições meteorológicas e o ciclo do desenvolvimento do patógeno sejam levadas em consideração (TRENTIN, 2006). Existem 205 produtos comerciais com diferentes misturas e combinações de ingredientes ativos registrados no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para o controle da requeima da batata no Brasil (AGROFIT, 2023).

O controle da requeima é mais eficiente quando são feitas aplicações alternadas de fungicidas sistêmicos e de contato (COSTA et al., 2002), sendo inicialmente aplicados para prevenir e, em seguida, para retardar o desenvolvimento da doença (TÖFOLI et al., 2013).

Segundo os fabricantes dos fungicidas, o período de proteção pode variar de 5 a 7 dias para os fungicidas protetores (caso não haja a ocorrência de precipitação) e de 10 a 14 dias para os fungicidas sistêmicos. Estes dados são utilizados pelos produtores para calendarizar as aplicações de fungicidas, utilizando intervalos semelhantes ao período de proteção do produto. Entretanto, o controle efetivo da requeima depende da quantidade de produto que é depositado na folha e absorvido pela planta antes da exposição à chuva, e o quanto permanece ativo após a precipitação (TÖFOLI et al., 2013).

2.4 MODELOS PARA PREVISÃO DE DOENÇAS DE PLANTAS

2.4.1 Conceito e histórico

Um modelo de previsão pode ser considerado como qualquer sistema que preveja o início ou o desenvolvimento futuro de uma doença a partir de informações sobre o patógeno, hospedeiro ou o clima, podendo ser desde um programa de computador até regras simples que relacionam a ocorrência de uma doença a partir da relação entre o número de horas de molhamento foliar com a temperatura do ar em um dado período (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 2018). Estes modelos podem auxiliar no manejo integrado de doenças e melhorar a gestão do uso de fungicidas (BATISTA, et al., 2006).

De acordo com Agrios (2005), alguns sistemas de alerta começaram a ser utilizados na metade da década de 1970, onde os produtores eram alertados eletronicamente ou através de telefonemas sobre condições favoráveis para o desenvolvimento de uma determinada doença, orientando-os a fazer aplicações nesses momentos. Os sistemas eram compostos por um computador central que processava os dados climáticos coletados em algumas propriedades e emitiam alertas para os demais produtores quando as condições meteorológicas estavam favoráveis para a ocorrência de uma epidemia (AGRIOS, 2005).

Modelos semelhantes, têm sido usados ao redor do mundo como uma estratégia para o controle efetivo de doenças de plantas buscando minimizar o uso de fungicidas e reduzir o custo de produção sem afetar a produtividade. Estes sistemas permitem que as aplicações sejam realizadas de acordo com as condições ambientais, e não com intervalos fixos entre elas (TRENTIN et al., 2009). Considerando os problemas ambientais que os fungicidas podem causar, o uso de sistemas ou modelos de previsão de doenças é uma ferramenta interessante para controlar as doenças de plantas de forma racional (RADONS, et al., 2021).

2.4.2 Modelo de alerta para a requeima da batata Blitecast

O Blitecast é um dos modelos de alerta mais conhecidos e utilizados para nortear as aplicações de fungicidas para o controle da requeima da batata, e é a combinação de dois sistemas. O primeiro é o sistema de Hyre (1954), que leva em consideração padrões de chuva e temperatura, e prevê a ocorrência da requeima da batata 7 a 14 dias após a ocorrência de 10

dias favoráveis. Um dia é considerado favorável quando durante os 5 dias anteriores a temperatura média ficou entre 7,2 e 25,5°C e ocorreram pelo menos 30 mm de chuva nos últimos 10 dias (KRAUSE et al., 1975). O segundo sistema é o de Wallin (1962), que prevê a ocorrência de uma epidemia de requeima após a combinação de longos períodos com alta UR ($\geq 90\%$), associados a temperaturas adequadas para o desenvolvimento do patógeno, prevendo a aplicação de fungicida após o acúmulo de 18 a 20 valores de severidade (VSC) acumulados a partir da emergência das plantas.

Os dados de estações meteorológicas necessários para o Blitecast são: temperatura máxima e mínima do dia; número de horas em que a UR $\geq 90\%$; temperatura máxima e mínima durante o período em que a UR $\geq 90\%$; e a precipitação registrada nas últimas 24 horas (KRAUSE et al., 1975). Os valores de severidade diários podem variar de 0 a 4.

O uso de sistemas de previsão, como o Blitecast, tem se mostrado uma boa alternativa não só para reduzir o número de aplicações de fungicidas, mas também, para distribuí-los em momentos mais críticos para a ocorrência da requeima da batata, intensificando as aplicações em períodos com maiores índices de pluviosidade, umidade e temperaturas adequadas e reduzindo quando há temperaturas mais elevadas e ausência de molhamento foliar (COSTA et al., 2002; TRENTIN et al., 2009; BOSCO et al., 2010).

Em um experimento com diferentes valores de severidade para o Blitecast, Trentin et al. (2009), obtiveram uma redução no uso de fungicidas de 70% no cultivo de primavera e de 25% no cultivo de outono, sem que houvesse redução significativa na produtividade de tubérculos comerciais. Os autores observaram que o acúmulo de valores de severidade mais eficiente para o modelo Blitecast foi de 18 VSC. Entretanto, esse número deve ser ajustado de acordo com a cultivar, região, condições climáticas locais e sazonais para que o modelo seja aplicado de forma segura e sem riscos para os produtores (COSTA et al., 2002; BATISTA et al., 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se a série de dados horários registrados nas estações meteorológicas automáticas distribuídas nos 7 estados responsáveis por cerca de 99% da produção de batata no Brasil (TABELA 1). Esses dados foram obtidos no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), e organizados em uma planilha para cada estação contendo os dados meteorológicos horários desde a data de fundação até o ano de 2022.

Tabela 1 – Produção e área plantada de batata nos estados responsáveis por cerca de 99% da produção brasileira, na safra de 2022.

Estado	Produção (Toneladas)	Produção (%)	Área plantada (Hectares)	Área plantada (%)
Minas Gerais	1.275.438	31,67	35.976	29,04
São Paulo	901.300	22,38	27.800	22,44
Paraná	756.700	18,79	26.074	21,04
Rio Grande do Sul	406.187	10,09	16.901	13,64
Bahia	350.000	8,69	7.950	6,42
Goiás	225.280	5,59	5.075	4,10
Santa Catarina	97.684	2,43	3.746	3,02
Total	4.012.589	99,63	123.522	99,69

Fonte: Adaptado de IBGE (2023).

Somaram-se ao todo 279 estações meteorológicas, sendo 66 em Minas Gerais (MG), 43 em São Paulo (SP), 27 no Paraná (PR), 45 no Rio Grande do Sul (RS), 48 na Bahia (BA), 26 em Goiás (GO) e 24 em Santa Catarina (SC). Destas, foi desconsiderado 5% das que apresentavam maior quantidade de falhas, restando 265 estações, sendo 65 em MG, 38 em SP, 25 no PR, 43 no RS, 46 na BA, 25 em GO e 23 em SC (APÊNDICE A).

O sistema utilizado, o Blitecast (TABELA 2), considera as horas em que umidade relativa do ar é igual ou superior a 90% ($UR \geq 90\%$) como horas de molhamento foliar e, juntamente com a temperatura média durante esse período, indica valores de severidade diários que variam de 0 a 4. O VSC é 0 quando a faixa de temperatura média ficou abaixo ou acima da temperatura necessária para o desenvolvimento do patógeno, ou não houve pelo menos 9 horas de molhamento foliar, logo, a doença não evolui. Quando o VSC é 1, as condições de molhamento e temperatura estão pouco favoráveis, no entanto, há um lento desenvolvimento

da doença. Dessa forma, o VSC aumenta até chegar em 4, onde as condições ambientais são ótimas para o desenvolvimento da doença e a severidade é máxima.

Tabela 2 – Classe de temperatura média do ar, durante períodos contínuos de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ e respectivos valores de severidade diários para o controle de queima da batata.

Temperatura média* (°C)	Valores de Severidade (VSC)				
	Horas com UR $\geq 90\%$				
	0	1	2	3	4
7,2 - 11,6	≤ 15	16-18	19-21	22-24	24
11,7 - 15,0	≤ 12	13-15	16-18	19-21	≥ 22
15,1 - 26,6	≤ 9	10-12	13-15	16-18	≥ 19

*Temperatura média no período em que a umidade relativa do ar $\geq 90\%$.

Fonte: KRAUSE et al., (1975).

Inicialmente, fez-se a média mensal com os dados de horas de molhamento foliar, temperatura (T) e valores de severidade diários (VSC) de todo o período em que a estação estava em operação. Foram considerados apenas os dias que haviam registro de 24 horas sem falhas.

A partir destas médias, foram elaborados gráficos do tipo *Boxplot*, (percentil 5%, 25%, 50%, 75% e 95%) a fim de verificar a variabilidade dos dados ao longo dos meses do ano e qual das variáveis (T ou UR $\geq 90\%$) exerceu maior influência sobre o aumento no VSC.

As médias mensais dos valores de severidade diários foram submetidas ao teste de Scott-Knott, com nível de significância de 5%, afim de identificar em quais meses ocorrem os maiores acúmulos de VSC em cada estado. Foram elaborados mapas no *software* QGIS, utilizando a interpolação pela ponderação do inverso da distância (IDW), da média trimestral de VSC, UR $\geq 90\%$ e T, buscando observar a distribuição espacial desses elementos em cada estado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ACÚMULO DE VALORES DE SEVERIDADE DIÁRIOS E CORRELAÇÃO

Em um contexto geral, dos sete estados analisados apenas Santa Catarina apresentou VSC médio acima de 1,0, que ocorreu nos meses de março, maio e junho, enquanto os demais estados permaneceram abaixo desse valor durante todo o ano (TABELA 3). Entretanto, para Santa Catarina, os valores destes meses não diferiram significativamente dos demais meses do primeiro semestre (janeiro, fevereiro e abril). O mesmo ocorreu no Paraná, onde os maiores VSC foram observados no primeiro semestre do ano e nos meses de outubro e dezembro. Já no Rio Grande do Sul, os meses que apresentaram maiores VSC foram maio e junho, o que indica que para a Região Sul do Brasil, o primeiro semestre do ano é o período com maior risco de ocorrência da requeima da batata.

Tabela 3 – Média mensal e anual do valor de severidade (VSC) nos estados da Bahia (BA), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), São Paulo (SP), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) e seus respectivos coeficientes de variação (CV).

Tratamento	BA (n=46)	GO (n=25)	MG (n=65)	SP (n=38)	PR (n=25)	SC (n=23)	RS (n=43)
Janeiro	0,337 b	0,610 a	0,602 a	0,773 a	0,884 a	0,942 a	0,503 c
Fevereiro	0,359 b	0,621 a	0,576 a	0,684 a	0,884 a	0,980 a	0,545 b
Março	0,448 b	0,603 a	0,565 a	0,689 a	0,809 a	1,036 a	0,627 b
Abril	0,597 a	0,404 b	0,431 b	0,566 a	0,696 a	0,967 a	0,623 b
Maio	0,720 a	0,148 c	0,300 c	0,495 b	0,819 a	1,108 a	0,772 a
Junho	0,786 a	0,076 d	0,198 c	0,534 a	0,827 a	1,001 a	0,705 a
Julho	0,716 a	0,018 d	0,087 d	0,285 b	0,511 b	0,775 b	0,550 b
Agosto	0,543 a	0,006 d	0,061 d	0,293 b	0,464 b	0,665 b	0,404 c
Setembro	0,354 b	0,042 d	0,109 d	0,391 b	0,520 b	0,792 b	0,615 b
Outubro	0,299 b	0,122 c	0,241 c	0,450 b	0,687 a	0,869 b	0,573 b
Novembro	0,418 b	0,394 b	0,508 b	0,458 b	0,547 b	0,656 b	0,402 c
Dezembro	0,373 b	0,549 a	0,663 a	0,602 a	0,714 a	0,771 b	0,387 c
Ano	0,496	0,303	0,362	0,518	0,697	0,880	0,559
CV (%)	113,85	62,71	72,20	95,69	70,85	59,80	50,73

Médias seguidas por letras diferentes indicam que há diferença significativa, pelo teste Scott-Knott (nível de significância de 5%), entre os valores médios de VSC de cada mês. Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Nos estados de Goiás e Minas Gerais os maiores VSC foram no período de dezembro a março, enquanto em São Paulo se estendeu até o mês de abril, juntamente com o mês de junho. No estado da Bahia por outro lado, os meses de abril a agosto foram os que apresentaram maiores VSC. De forma geral, esses estados tiveram um acúmulo de VSC médio menor em comparação aos estados da Região Sul, fator esse, relacionado ao clima mais ameno e úmido, devido a distribuição mais uniforme das precipitações que o sul do país apresenta ao longo do ano (NIMER, 1989), o que colabora para o maior acúmulo médio de VSC.

Os meses de junho a agosto, para o estado de Minas Gerais e julho a setembro para o estado de Goiás apresentaram acúmulos de VSC extremamente baixos ($\leq 0,109$). Este período coincide com a estação seca que ocorre nesses estados e, portanto, não há molhamento foliar suficiente para que ocorra a emissão do apressório ou desenvolvimento do patógeno, uma vez que a presença de água é fundamental para isso (AGRIOS, 2005). Devido à grande variabilidade climática observada dentro de cada estado, bem como a distribuição desuniforme de estações meteorológicas, observou-se um coeficiente de variação alto em todos os estados avaliados, especialmente na Bahia, o qual foi de 113%.

Todos os estados apresentaram correlação positiva entre o acúmulo do VSC com o número de horas de molhamento foliar (Tabela 4). Os estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás, apresentaram uma correlação positiva muito forte, acima de 0,9, o que indica que a presença de UR $\geq 90\%$ está diretamente ligado ao aumento dos valores de severidade, uma vez que estes estados apresentam sazonalidade das precipitações ao longo do ano. Os demais estados, apresentaram uma correlação positiva superior a 0,8, considerada como uma correlação forte (MUKAKA, 2012).

Tabela 4 – Correlação de Pearson do valor de severidade com o número de horas de molhamento foliar (VSC/UR) e do valor de severidade com a temperatura média durante o molhamento foliar (VSC/T).

Estado	VSC/UR	VSC/T
MG	0,850 ***	0,265 ***
SP	0,911 ***	0,179 ***
PR	0,891 ***	-0,034 ns
RS	0,831 ***	-0,115 ns
BA	0,942 ***	-0,008 ns
GO	0,940 ***	0,492 ***
SC	0,868 ***	0,006 ns

*** Valor de interação significativa com $p < 0,001$; ns: não significativo.

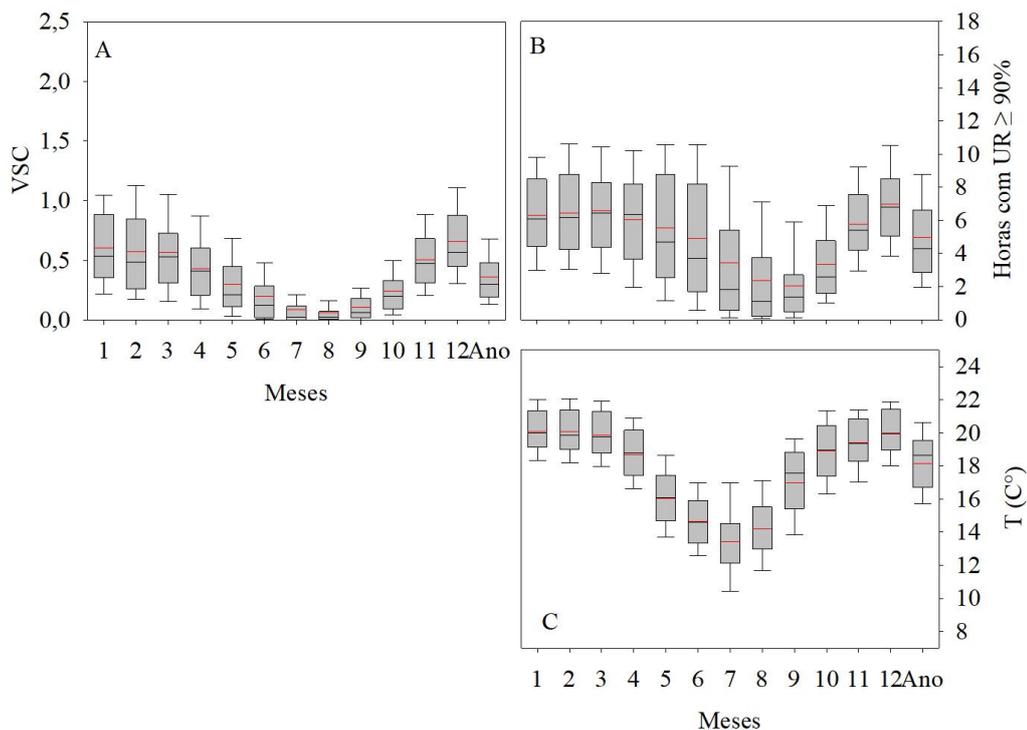
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por outro lado, a correlação entre o VSC e a temperatura, foi fraca para todos os estados. Isso se deve ao fato de que muitos destes estados não apresentaram significativamente temperaturas médias superiores ou inferiores as estabelecidas pelo modelo Blitecast como limitantes para o desenvolvimento do patógeno, durante os períodos de molhamento foliar (KRAUSE et al., 1975).

4.2 ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DE MINAS GERAIS

No estado de Minas Gerais, ocorreu uma considerável diminuição do VSC durante os meses de junho, julho, agosto e setembro, com a média situando-se abaixo de 0,2 (FIGURA 1A). Além disso, houve uma acumulação diária de horas UR \geq 90% abaixo do valor médio (5h) (FIGURA 1B). É importante destacar que, devido à variação dos dados entre as estações, as médias foram maiores que as medianas. Em outras palavras, a maioria das estações meteorológicas registraram valores abaixo da média mensal.

Figura 1 - Análise de *Boxplot* dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar \geq 90% (B) e temperatura média durante os períodos com UR \geq 90% (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado de Minas Gerais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

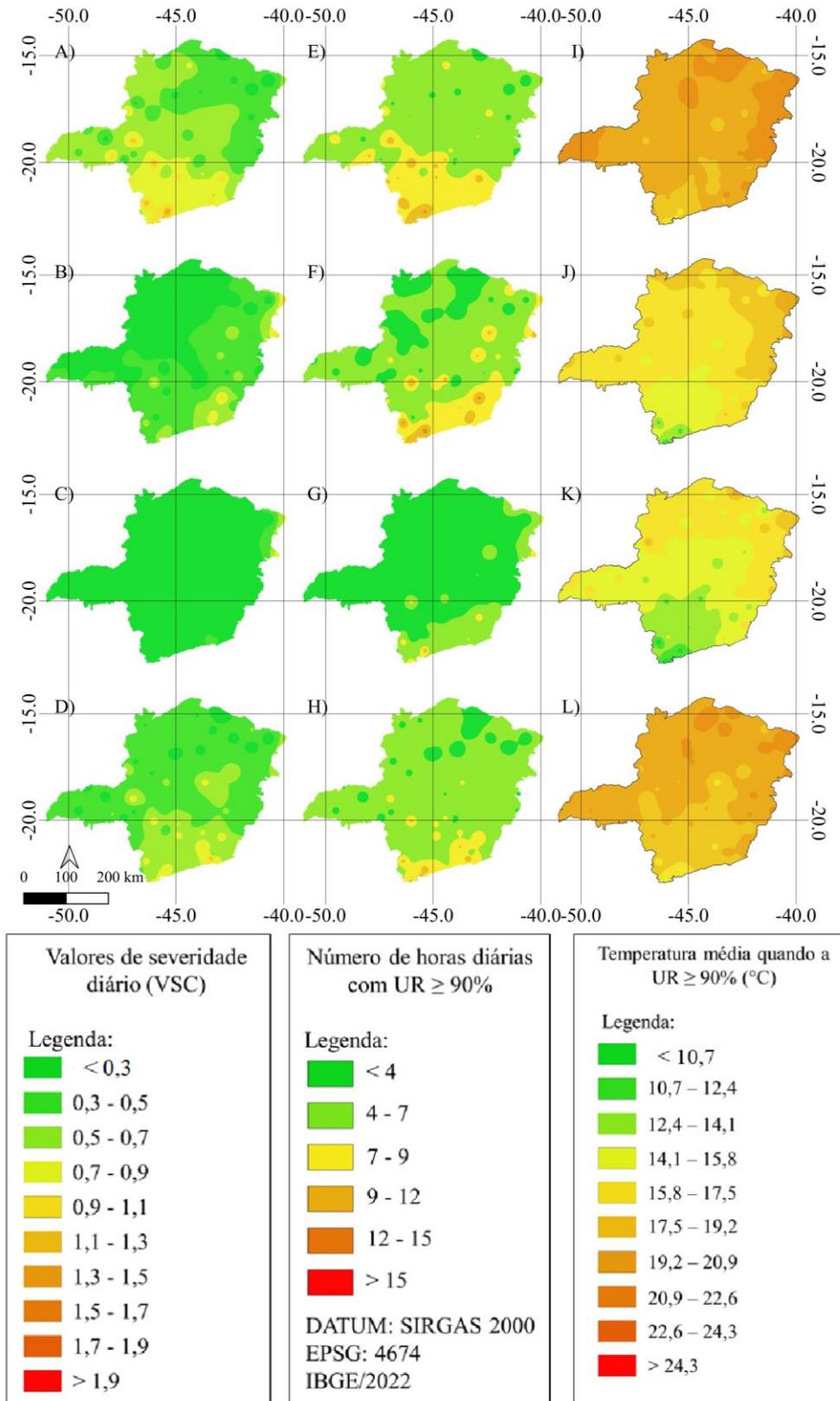
Considerando que o patógeno *P. infestans* necessita de, pelo menos, 12 horas de umidade nas folhas para que ocorra infecção e subsequente colonização (SALAS; TÖFOLI, 2017), a estação seca predominante durante essa época em Minas Gerais leva à ausência de umidade nas folhas e impede a formação do apressório e o crescimento do patógeno. No entanto, um estudo realizado por Garcia e sua equipe (2008) identificou que, embora a estação chuvosa aumente os riscos de disseminação da requeima na região andina da Venezuela, com uma diminuição nos meses secos, a variabilidade dos dados revelou haver riscos em outras épocas também.

Em Minas Gerais, durante a estação seca, também é possível notar uma diminuição de aproximadamente 3 a 4°C na temperatura média (18°C) (FIGURA 1C). Isso contribui para a redução do VSC, uma vez que o crescimento do oomiceto é favorecido por temperaturas que variam entre 18 e 21°C (FRY et al., 1983). De acordo com o modelo desenvolvido por Krauze e colaboradores (1975) (Tabela 2), existe uma relação inversa entre a temperatura e a necessidade de horas de molhamento foliar. Em outras palavras, quando a temperatura média diminui, a exigência de horas de umidade nas folhas aumenta para que ocorra a infecção e a colonização pelo patógeno. Considerando que nos meses de junho, julho e agosto a temperatura média permaneceu abaixo dos 15°C, seriam necessárias pelo menos 13 horas seguidas com uma UR \geq 90% para que fosse registrado 1 VSC.

De acordo com o IBGE (2023), a safra das águas (plantio de dezembro a março) juntamente com a safra da seca (plantio de abril a agosto), representaram 78% da produção de batata em Minas Gerais. A partir da FIGURA 1A, é possível estabelecer que durante a safra da seca o risco climático para ocorrência da requeima da batata é menor em relação à safra das águas, o que permite a redução do número de aplicações ao longo do ciclo da cultura com a utilização do modelo.

Os mapas apontam que durante o primeiro trimestre do ano os maiores VSC foram registrados na Região Sul e Centro-Oeste do estado (FIGURA 2A), onde observou-se também o maior número de horas de molhamento foliar (FIGURA 2E) e a temperatura ficou entre 17 e 21°C durante esse período do ano (FIGURA 2I). O mesmo padrão pode ser observado no segundo e no quarto trimestre, embora no segundo a temperatura seja um pouco mais amena (FIGURA 2J). Já no terceiro trimestre, praticamente todo o estado demonstra ter baixo risco de ocorrência de requeima da batata, o que é justificado pela redução do número de horas com UR \geq 90%, que fica abaixo de 4h em praticamente todo território (FIGURA 2G).

Figura 2 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR \geq 90% (E-H) e temperatura média quando a UR \geq 90% (I-L), para o estado de Minas Gerais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme citado anteriormente, as principais safras de batata no estado de Minas Gerais ocorrem nos meses de dezembro a março (safra das águas) e de abril a agosto (safra da seca). Nesse contexto, durante a safra da seca tem-se o menor risco climático de ocorrência da requeima, principalmente na fase final da safra (julho e agosto) (FIGURA 2C). Já durante a safra das águas, a Região Sul do estado é a que possui o maior risco de ocorrência, em função das condições climáticas serem adequadas para o desenvolvimento do patógeno (FIGURAS 2A e 2D).

Apesar disso, a predominância do cultivo de batata ocorre na Região Sul, sudoeste e no triângulo mineiro (VALADARES; LANDAU, 2020). A Região Norte do estado, onde o cultivo da olerícola é menos comum, há um baixo acúmulo de VSC ao longo do ano ($\leq 0,5$), exceto no primeiro trimestre quando o valor de VSC médio atingiu 0,7 em uma parte da região (FIGURA 2A). Se considerarmos realizar as aplicações após um acúmulo de 18 VSC, ao longo de 90 dias seriam necessárias apenas 3,5 aplicações de fungicida.

4.3 ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DE SÃO PAULO

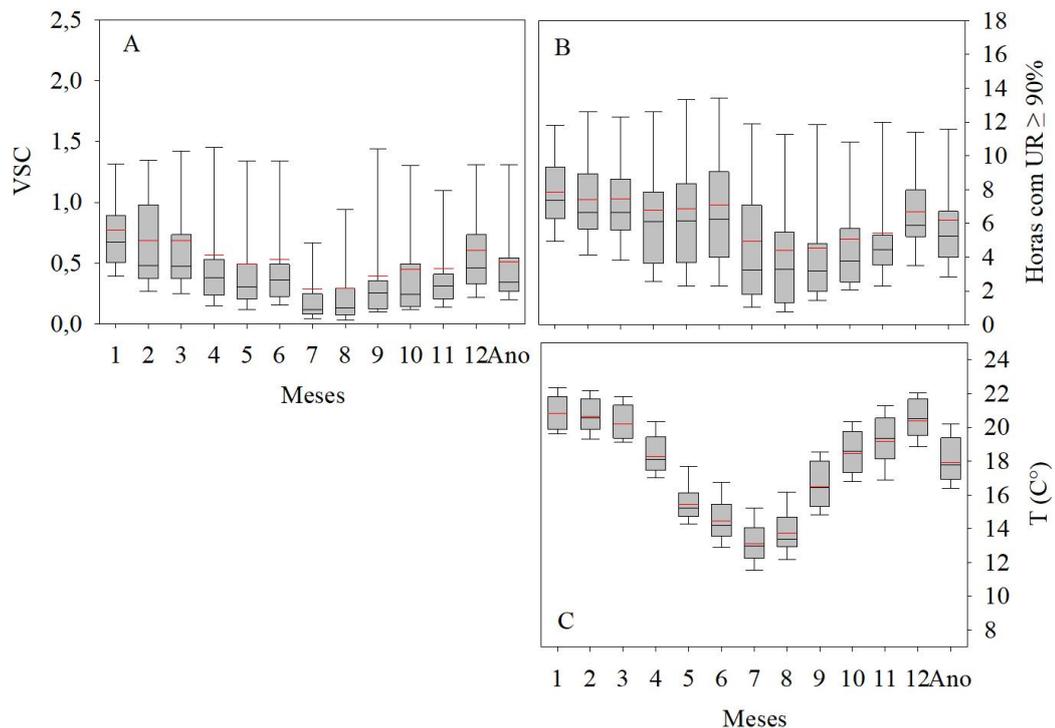
No estado de São Paulo, os meses que registram valores médios mais elevados de VSC coincidem com a temporada de chuvas (dezembro a abril) (FIGURA 3A), assim como ocorre em Minas Gerais. Esse aumento de risco está associado ao período em que as temperaturas na Região Sudeste se elevam e as chuvas se intensificam (época chuvosa). Isso ocorre devido ao aumento na frequência de frentes polares com trajetória oceânica e também de sistemas de instabilidade tropical (NIMER, 1989).

Como resultado desse cenário, verifica-se um incremento nas horas em que a umidade relativa do ar atinge ou supera 90% (FIGURA 3B), e as temperaturas médias se aproximam dos 20°C (FIGURA 3C) levando a um aumento do VSC durante esse período do ano. No mês de junho, é possível notar um aumento notável no VSC devido à persistência do molhamento foliar, uma vez que as médias de temperatura estão em declínio.

O plantio da safra de inverno é realizado entre setembro e novembro, e essa é a safra predominante no estado de São Paulo, abrangendo cerca de 43% da área cultivada anualmente (IBGE, 2023). Durante esses meses, o acúmulo de VSC é menor em comparação aos meses seguintes, correspondentes à temporada de chuvas. Isso ocorre porque nesse período ocorre uma transição entre a estação seca e a estação chuvosa, resultando em um número relativamente baixo de horas com presença de umidade nas folhas (FIGURA 3B). O crescimento e a

esporulação do oomiceto cessam quando as condições ambientais, como temperatura ou umidade relativa do ar, não são favoráveis, contudo, o patógeno retoma seu desenvolvimento quando estas são restabelecidas (AGRIOS, 2005).

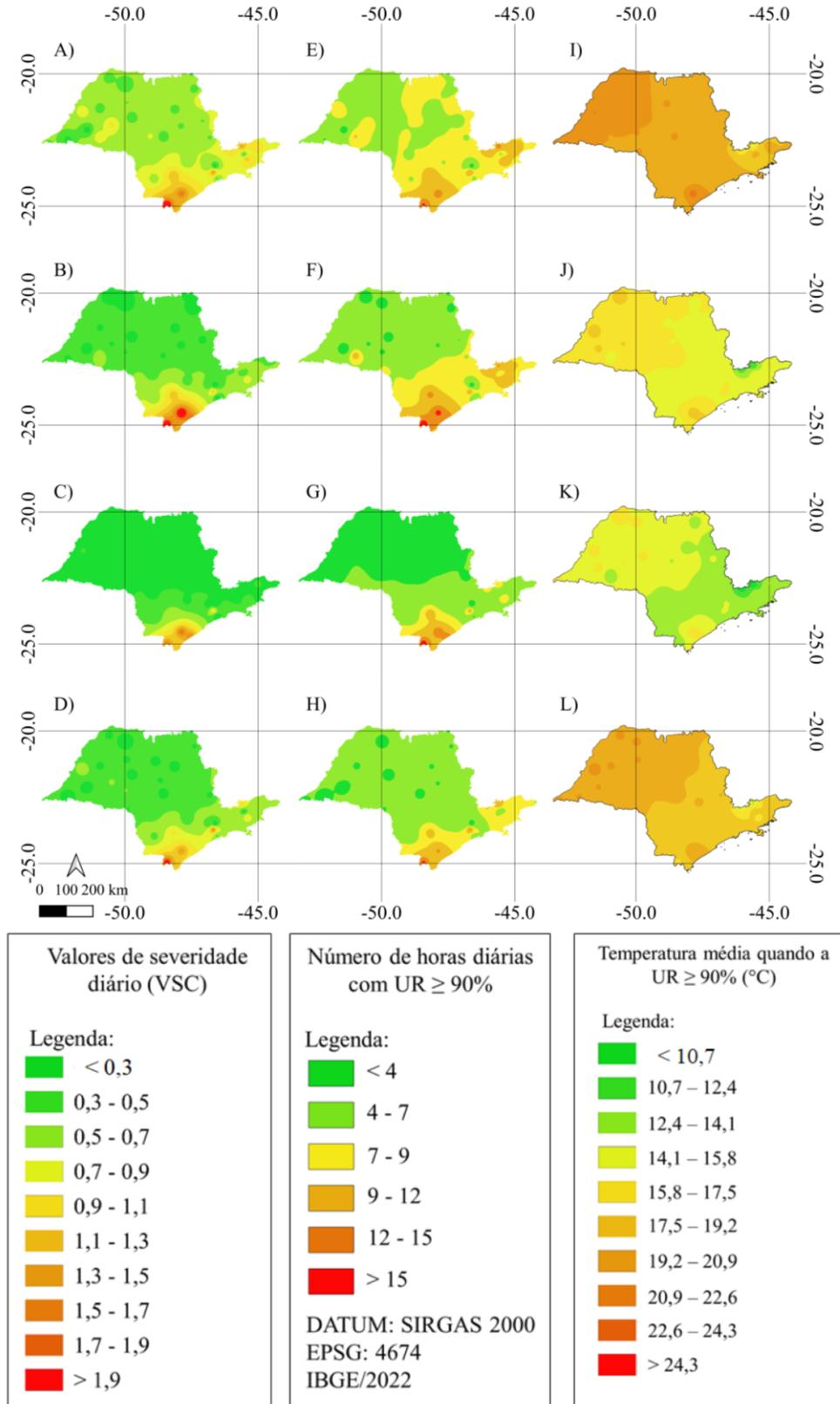
Figura 3 - Análise de *Boxplot* dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com UR $\geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado de São Paulo.



Fonte: Elaborados pelo autor (2023).

De acordo com Camargo e colaboradores (2023), as regionais de Itapetininga e Itapeva são uma das principais produtoras de batata de 1ª e 3ª safra, estando localizadas na parte sul do estado, onde a média de VSC podem chegar a 1,5 no primeiro, segundo e quarto trimestre do ano (FIGURAS 4A - 4D). O acúmulo de VSC mais elevado pode ser explicado pelos longos períodos de molhamento foliar durante todo ano, no qual a média pode variar de 7 a 12h por dia (FIGURAS 4E - 4H). Apesar de a temperatura média da região variar de 12 a 15°C durante as épocas mais frias e de 19 a 20°C nas épocas mais quentes, este evento meteorológico não pareceu ter uma ligação direta com a variação de VSC na região (FIGURAS 4I - 4L).

Figura 4 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR ≥ 90% (E-H) e temperatura média quando a UR ≥ 90% (I-L), para o estado de São Paulo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A porção mais ao sul do estado, que corresponde a regional de Registro apresentou o maior risco de ocorrência ao longo de todo o ano, com um acúmulo médio de VSC superior 1,9 em algumas localidades (FIGURAS 4A - 4D). Entretanto, nessa região a produção de batata não é significativa.

As regionais de Avaré e de São João da Boa Vista, foram as principais produtoras de batatas na 1ª e 3ª safra de 2022, respectivamente (CAMARGO et al., 2023). A regional de Avaré se localiza ao norte de Itapeva, e demonstra ter um risco que pode variar de 0,7 a 0,9 no primeiro semestre, período em que a batata se encontra no campo (FIGURA 4A). Já a regional de São João da Boa Vista, localiza-se na parte leste do estado, onde o acúmulo de VSC permanece baixo durante praticamente todo ano, especialmente durante o segundo semestre, que é quando ocorre a safra de inverno (FIGURA 4B).

4.4 ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DO PARANÁ

O Paraná é o estado mais ao norte da Região Sul e, por estar localizado em uma região de transição entre o clima tropical e subtropical do Brasil, possui padrões de precipitação que se assemelham às regiões tropicais, com volumes de chuvas mais expressivos durante o verão e menos intensos no inverno. Entretanto, apenas uma pequena área na região noroeste do estado possui uma distribuição de chuvas pouco uniforme capaz de apresentar uma estação seca por um a dois meses durante o inverno (NIMER, 1989). Ademais, o restante do estado acompanha o ritmo de chuvas do restante da Região Sul, com distribuição relativamente uniforme ao longo do ano.

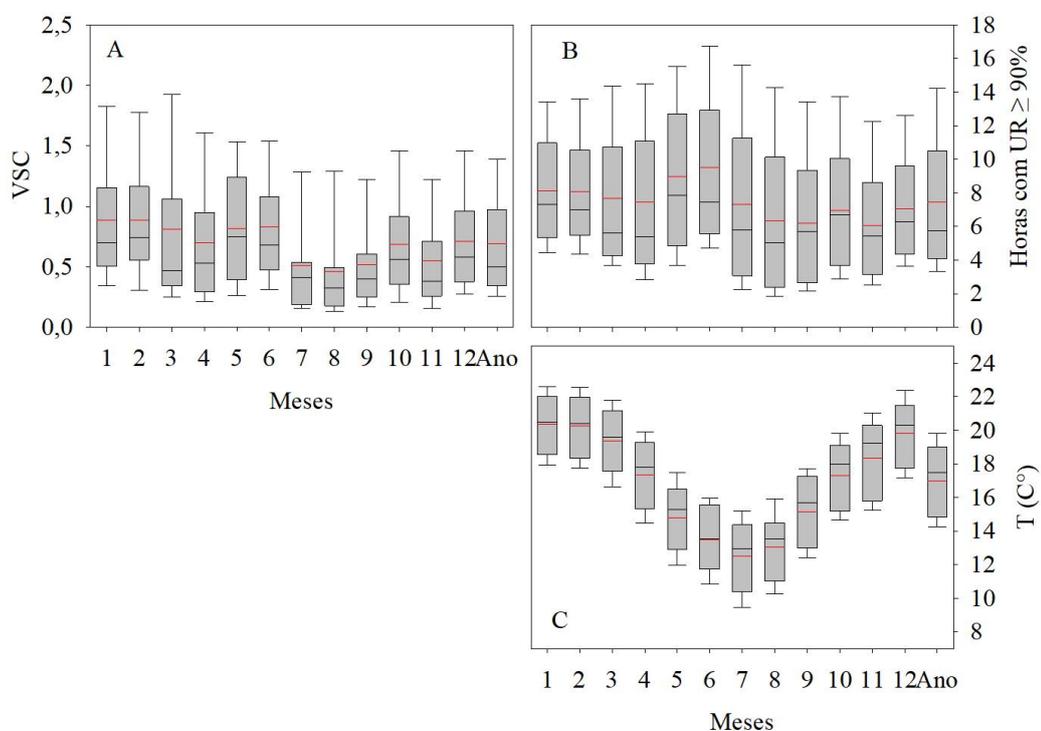
O estado do Paraná apresentou a segunda média mais alta de VSC dentre os sete estados estudados, ficando atrás apenas de Santa Catarina. O período de dezembro a junho apresentou o maior risco de ocorrência desses eventos (FIGURA 5A). É exatamente durante esse intervalo que a olerícola está no campo, uma vez que 59% da produção total do Paraná ocorre durante a safra das águas (dezembro a março), enquanto os 41% restantes ocorrem na safra da seca (abril a agosto) (IBGE, 2023).

Nos meses de maio e junho houve uma redução da temperatura média (FIGURA 5C), ao passo que também houve um aumento no número de horas com UR \geq 90% (FIGURA 5B), fazendo com que o acúmulo de VSC não decrescesse nesses meses (FIGURA 5A). Isso se deve ao fato de que a UR tem um impacto considerável na manutenção da umidade nas folhas, o que é crucial para o processo de infecção e desenvolvimento da doença. Embora a temperatura

também funcione como um catalisador nas reações químicas e acelere esse processo (RADONS, 2012), sem o molhamento foliar o patógeno não é capaz de se estabelecer e/ou se desenvolver.

Além da utilização de fungicidas, a implementação de práticas de manejo como a seleção de cultivares com genes de resistência, a rotação de culturas, a erradicação de plantas guaxas e o uso de tubérculos livres de infecção são abordagens extremamente importantes que podem atrasar o surgimento da doença (AGRIOS, 2005). Estes, podem diminuir a frequência da doença e estão sob o controle humano, no entanto, fatores ambientais, como a umidade relativa do ar e as flutuações diárias de temperatura, são elementos que não podem ser diretamente controlados. Essas variáveis ambientais podem ser monitoradas, analisadas e estudadas por modelos como o Blitecast, a fim de direcionar melhor as aplicações de fungicidas durante os períodos com menor ou maior risco de ocorrência da doença.

Figura 5 - Análise de *Boxplot* dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com UR $\geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado do Paraná.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

De acordo com a SEAB (Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná) (2021), o município de Guarapuava e arredores, juntamente com a Região Metropolitana de Curitiba e os Campos gerais, são responsáveis por 70% da produção de batatas do estado. Os mapas trimestrais de acúmulo médio de VSC mostram que a porção Sudeste e Metropolitana do estado do Paraná, nas quais se localizam boa parte da produção do estado, são as que possuem maior risco de ocorrência da requeima da batata, com VSC médio acima de 1 durante todo ano, podendo ainda ser superior a 1,9 em certas localidades (FIGURAS 6A - 6D).

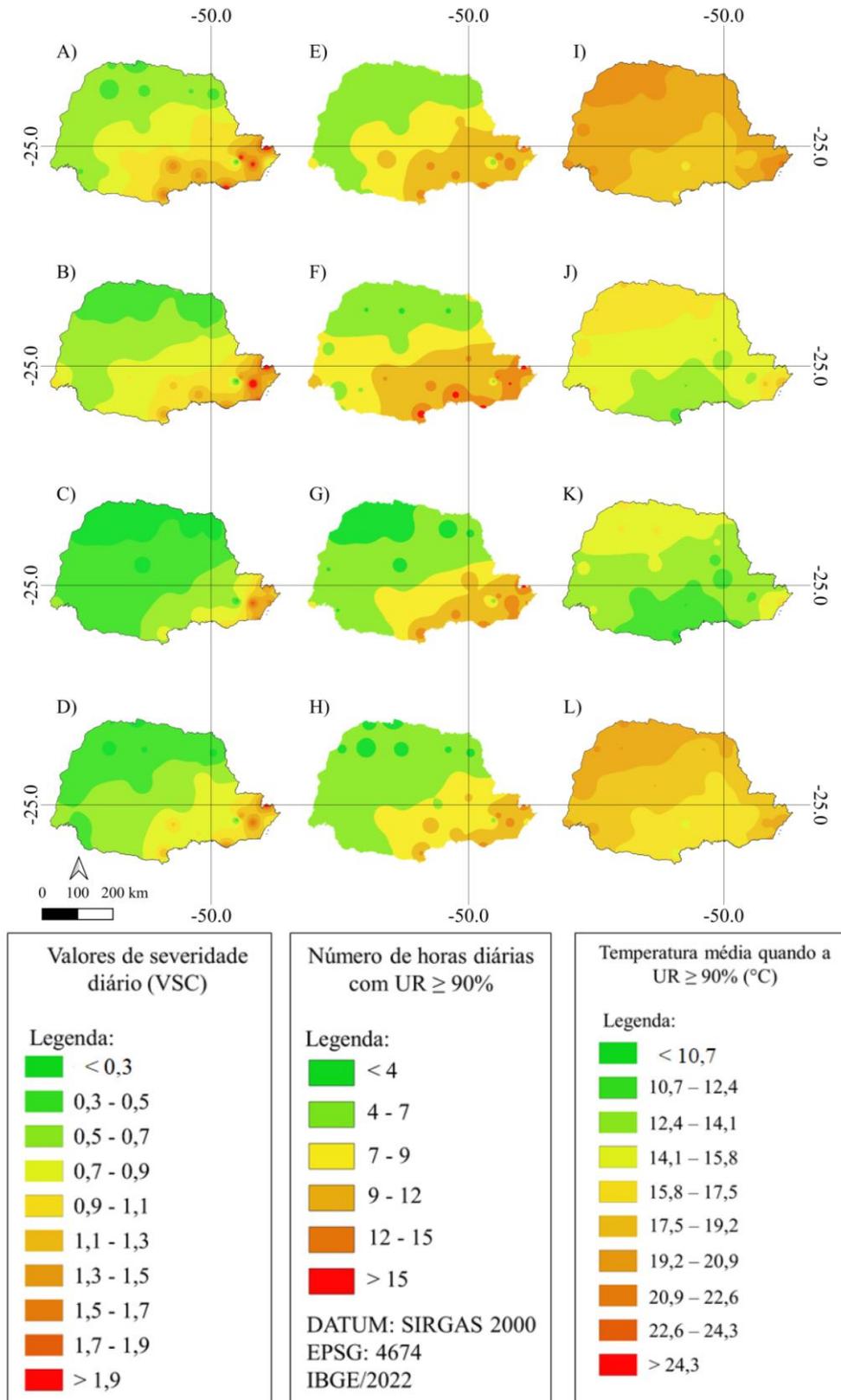
Ao analisarmos os mapas de molhamento, é possível notar que nessa região o número de horas com $UR \geq 90\%$ é de 12 a 15h durante o primeiro e segundo trimestre, enquanto no terceiro e quarto fica em uma faixa que varia de 7 a 12h (FIGURAS 6E - 6H), o que justificam o acúmulo significativo de VSC nesta região.

Por outro lado, as temperaturas amenas apresentadas durante o segundo e terceiro trimestre parecem ter minimizado os efeitos do molhamento foliar prolongado, uma vez que nas regiões em que as temperaturas estiveram entre 10,7 e 14,1°C observou-se uma redução no acúmulo de VSC, principalmente na parte sul do estado (FIGURAS 6J e 6K).

Já em Guarapuava, que se localiza na Região Centro-Sul do estado, durante o primeiro e segundo trimestre o VSC variou de 0,7 a 1,1 (FIGURAS 6A e 6B). Já no terceiro trimestre, as horas de molhamento diminuem, bem como a temperatura, o que reduz o acúmulo de VSC para valores inferiores a 0,5 (FIGURAS 6C, 6G e 6K).

A porção norte do estado foi a que teve os menores VSC ao longo de todo ano, muito em função do baixo número de horas de molhamento, uma vez que a temperatura média permaneceu favorável durante todo período. Isso comprova, mais uma vez, a forte relação que o molhamento foliar tem com a severidade da requeima da batata, uma vez que na ausência deste, o desenvolvimento da *P. infestans* é severamente afetado.

Figura 6 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR \geq 90% (E-H) e temperatura média quando a UR \geq 90% (I-L), para o estado do Paraná.



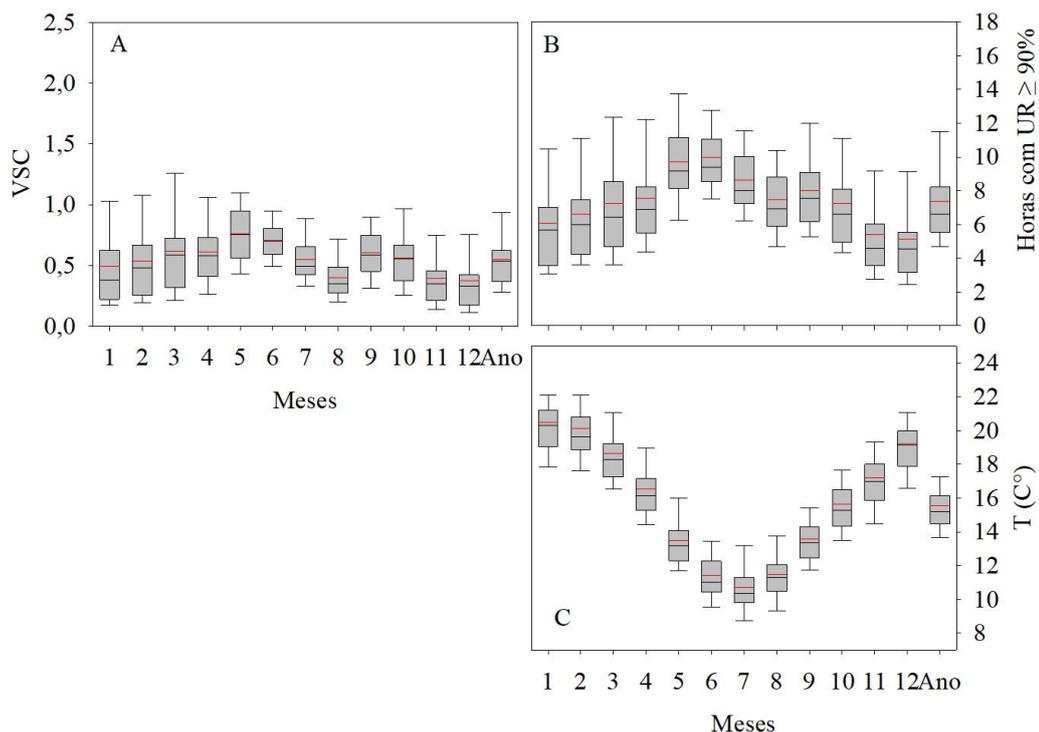
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.5 ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

O Rio Grande do Sul possui estações definidas pela variação da temperatura, uma vez que a distribuição de chuvas ao longo do ano normalmente é uniforme de tal maneira que o trimestre mais chuvoso não chega a significar uma tendência (NIMER, 1989). Este estado apresentou a maior variação de temperatura média ao longo do ano (FIGURA 7C), com uma amplitude de aproximadamente 11°C entre o mês mais quente e o mais frio, causada devido a localização geográfica do estado (no subtropical), que garante uma maior variação no ciclo de temperatura (CAVALCANTI, et al., 2009).

A redução das temperaturas durante os meses de maio e junho podem ter auxiliado na manutenção do molhamento foliar por um período maior e, por consequência, levaram a um maior acúmulo médio de VSC em relação aos demais meses do ano (FIGURA 7). Já nos meses de julho e agosto houve uma redução no molhamento foliar, causando uma significativa queda na média de VSC destes meses, como apresentado anteriormente na tabela 3.

Figura 7 - Análise de *Boxplot* dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com UR $\geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

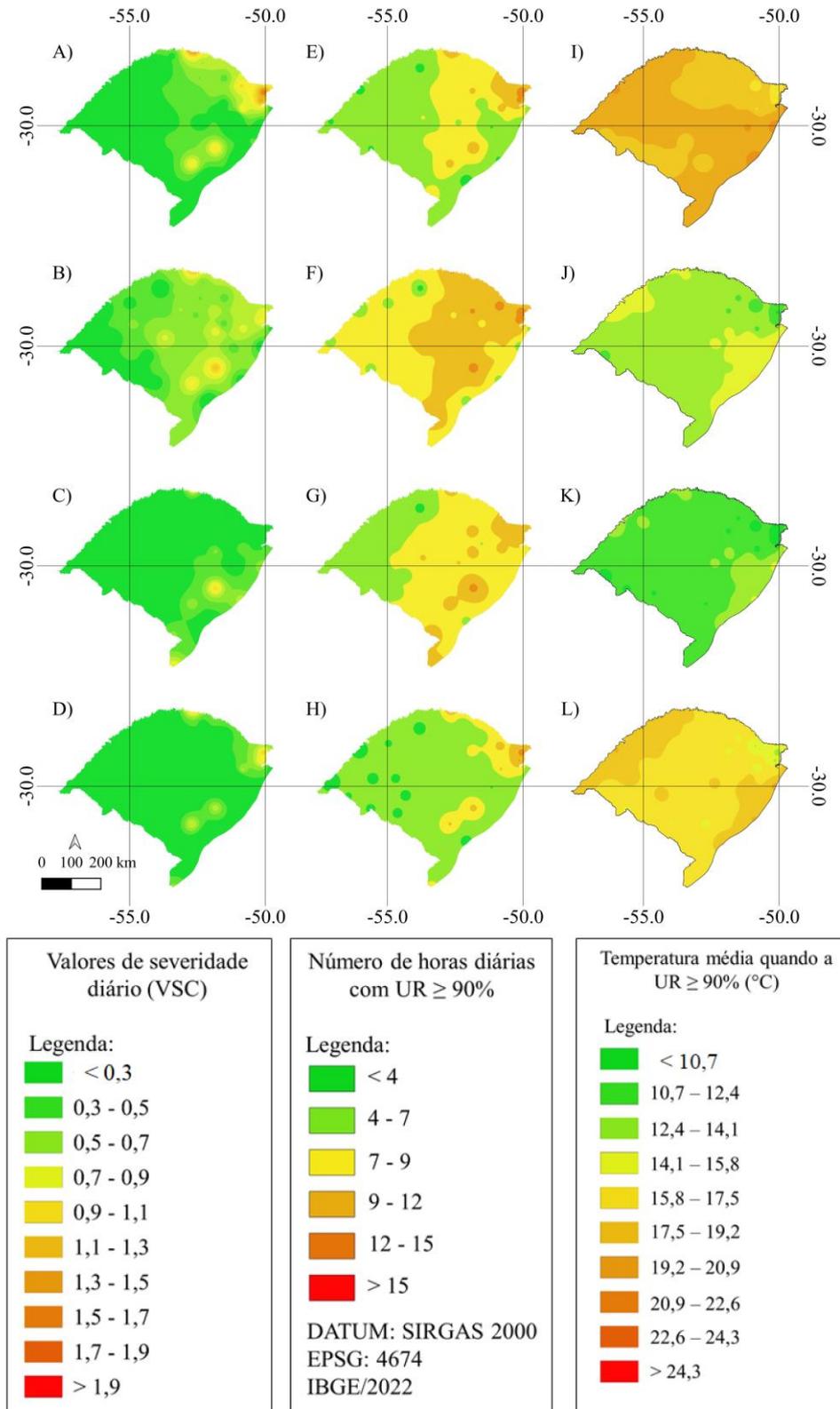
Durante os meses de novembro e dezembro, tem-se uma diminuição no número de horas de molhamento, o que colabora para a redução do acúmulo de VSC (FIGURAS 7A e 7B). De forma geral, o risco de ocorrência parece estar mais relacionado com a umidade relativa do ar do que com a temperatura, uma vez que mesmo nos períodos mais frios, as temperaturas médias ainda estão acima da temperatura base do modelo, que é 7,2°C.

No Rio Grande do Sul, a estação de cultivo conhecida como safra de primavera com o plantio sendo realizado de agosto a outubro, abrange cerca de 82% da área total cultivada no estado (IBGE, 2023). Embora essa época seja mais propensa à ocorrência de requeima devido às temperaturas mais baixas e à elevada umidade relativa do ar, os agricultores optam por cultivar durante esse intervalo devido ao maior retorno financeiro que este proporciona (PEREIRA; MADAIL, 2008).

Durante os meses de novembro e dezembro, observa-se uma redução tanto no molhamento foliar, quanto na ocorrência de VSC, apesar de a temperatura permanecer próxima da faixa ideal para o desenvolvimento do oomiceto (18 a 21°C). Trentin e colaboradores (2009), observaram que ao realizar as aplicações baseadas no modelo Blitecast durante a safra de verão/outono, período no qual houve o menor acúmulo diário de VSC no município de Santa Maria, foi possível reduzir em até 70% o número de aplicações de fungicidas sem que houvesse redução da produtividade, enquanto que na safra de primavera, a qual possui um risco maior, a redução do número de aplicações foi de 30%.

Ao analisarmos os mapas de VSC do Rio Grande do Sul, é possível observar que o estado possui duas regiões distintas com maiores risco de ocorrência da doença. A primeira é a Região Nordeste do estado, que tem elevado risco no primeiro, segundo e quarto trimestre (FIGURAS 8A, 8B e 8D) com valores diário médios acima de 1,0, mas que podem superar 1,9 em determinadas localidades devido principalmente ao molhamento foliar prolongado (FIGURAS 8E, 8F e 8H). Durante o terceiro trimestre (FIGURA 8C), tem-se uma significativa redução no VSC devido à acentuada queda da temperatura durante essa época do ano (FIGURA 8K), embora haja de 9 a 12h de molhamento foliar ao dia (FIGURA 8G). Nesse caso a temperatura parece ter influenciado negativamente o desenvolvimento do patógeno.

Figura 8 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR ≥ 90% (E-H) e temperatura média quando a UR ≥ 90% (I-L), para o estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A segunda parte com significativo acúmulo de VSC é a Região Centro-Leste e Sudeste do estado, onde durante o segundo trimestre, os valores médios podem variar de 0,7 até 1,3 dependendo da localidade (FIGURA 8B). O alto número de horas com UR \geq 90% favorece o aumento da severidade da doença, enquanto a temperatura desempenha um papel regulador da mesma durante o terceiro trimestre (FIGURAS 8C, 8G e 8K). Já no quarto trimestre, a redução do molhamento foliar é responsável por tornar o acúmulo de VSC mais baixo nessa região (FIGURAS 8D e 8H).

De acordo com o IBGE (2023), os principais municípios produtores de batata do estado se localizam na Região Nordeste e Centro-Leste do estado, ou seja, na região que apresenta o maior risco climático de ocorrência da requeima da batata. O fato de a *Phytophthora infestans* se tratar de um organismo emibiotrófico torna a rotação de culturas fundamental nessas regiões. Entretanto, a velocidade de decomposição dos restos culturais pela ação dos microrganismos e o clima podem afetar o tempo de sobrevivência do patógeno no solo, o que reduz a sua colaboração como inóculo para a ocorrência de epidemias principalmente se considerarmos a quantidade de esporângios presentes no ar (LIMA, 2005).

Ao realizarmos as aplicações, baseando-se no modelo Blitecast, após um acúmulo de 18 VSC, ao longo de 110 dias, que é o ciclo médio de muitas cultivares da olerícola, seriam necessárias 9 aplicações de fungicida na região do estado com maior risco climático, a qual apresentou um acúmulo médio de cerca de 1,5 VSC. Por outro lado, em um modelo de aplicações semanal esse número poderia ser de até 16 aplicações em um único ciclo de cultivo.

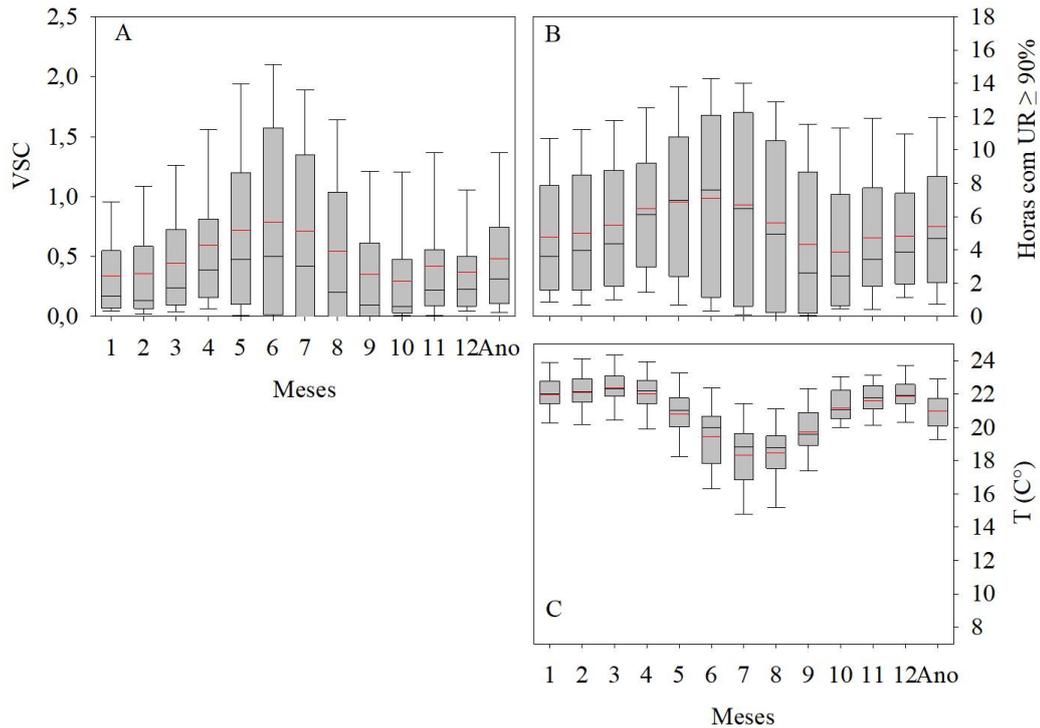
4.6 ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DA BAHIA

A Bahia é o único estado da Região Nordeste que está entre os maiores produtores de batata inglesa do país. O período entre abril a agosto apresentou os maiores valores de severidade ao longo do ano, com uma média mensal variando de 0,543 em agosto, a 0,786 VSC em junho, conforme apresentado anteriormente na tabela 3.

O clima da Bahia é bastante diversificado quanto a distribuição das chuvas, havendo cinco diferentes zonas pluviométricas, onde a faixa litorânea possui uma distribuição uniforme de precipitações ao longo do ano, enquanto o restante do estado tem durante a estação das chuvas o maior índice de pluviosidade (DOURADO et al., 2013). Os gráficos do tipo *Boxplot* apresentaram uma grande variabilidade nos dados de VSC e de horas com UR \geq 90%

(FIGURAS 9A e 9B), o que pode ter sido causado pelo maior número de estações meteorológicas presentes no litoral do estado.

Figura 9 - Análise de *Boxplot* dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com UR $\geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado da Bahia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Embora a média diária de horas com UR $\geq 90\%$ esteve próxima a 6h ao longo de todo ano, a temperatura observada durante o molhamento foliar esteve sempre acima de 18°C (FIGURA 9C), o que reduz a demanda de molhamento foliar para que o oomiceto se desenvolva. Ou seja, para este estado a temperatura se mostrou o elemento meteorológico determinante para o aumento do risco de ocorrência da requeima da batata.

A Chapada Diamantina é a região do estado responsável por praticamente toda a produção de batata, na qual o plantio se dá durante todo o ano em função do clima adequado e o uso de irrigação, tais como o pivô central e a aspersão convencional, como o uso de canhões (OLIVEIRA, et al., 2023). Apesar de a irrigação colaborar para o aumento do número de horas de molhamento foliar, um trabalho realizado por Grimm (2007), mostrou que o uso desse manejo não favoreceu a ocorrência da requeima da batata quando o intervalo entre irrigações é de pelo menos três dias, uma vez que as irrigações normalmente ocorrem em períodos secos e

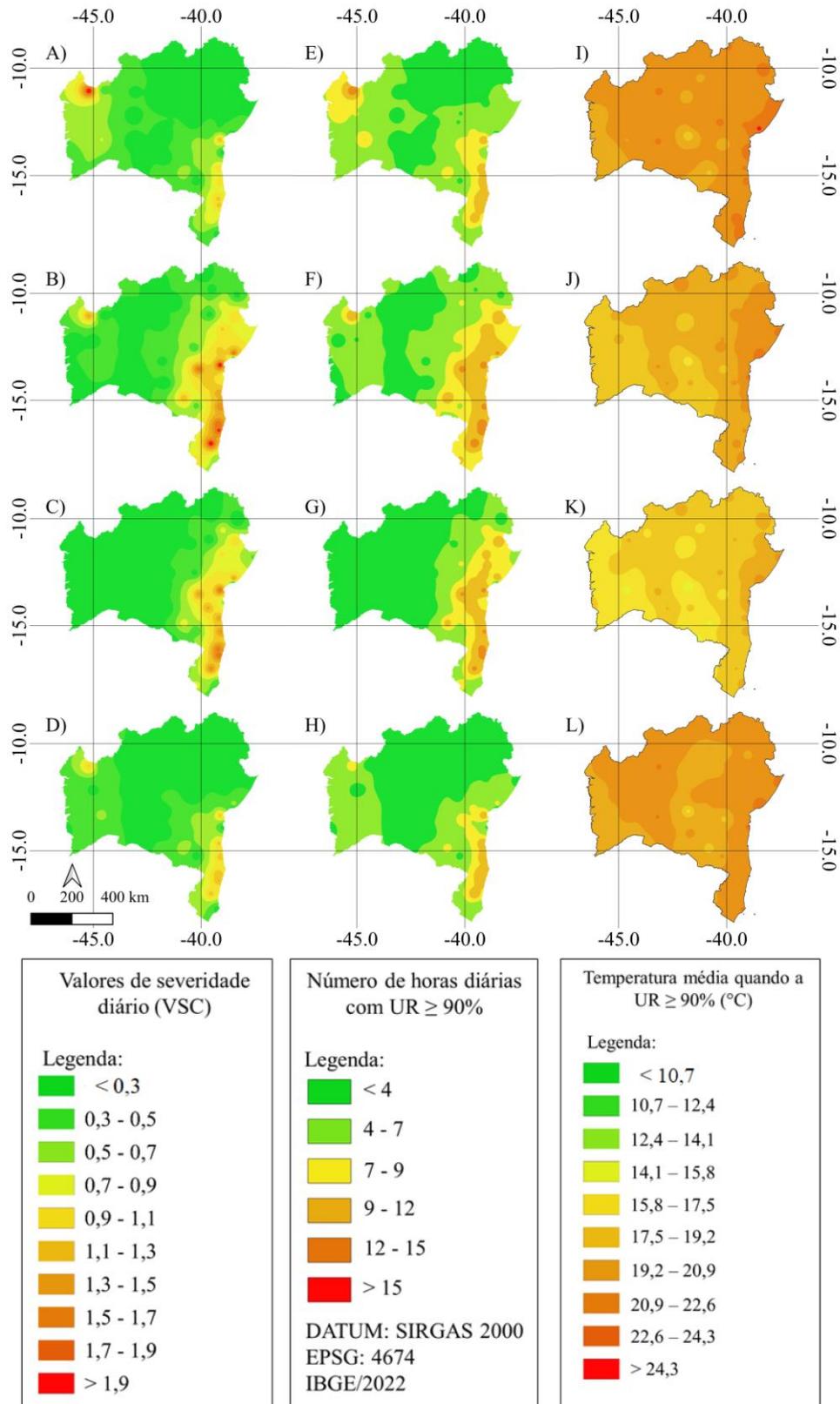
com temperaturas elevadas (acima de 26 °C), condições estas pouco favoráveis para o desenvolvimento do oomiceto.

Ao analisarmos os mapas de valores de severidade diário, podemos notar que a faixa litorânea e noroeste do estado apresentaram a maior média ao longo do ano, enquanto as demais regiões do estado permaneceram com um baixo risco (FIGURAS 10A a 10D).

Na parte noroeste do estado, o primeiro semestre foi o mais crítico, no qual o VSC superou 1,9, devido, ao aumento do molhamento foliar, que ficou entre 12 e 15h por dia (FIGURAS 10A e 10E). A temperatura média durante este período foi de 20,9 e 22,6°C (FIGURA 10I) e colaborou para o aumento de VSC (FIGURA 10A), uma vez que o modelo Blitecast prevê uma necessidade menor de horas de molhamento foliar para temperaturas mais elevadas.

A região litorânea do estado também apresentou as mesmas características climáticas, onde os períodos com maior número de horas de molhamento coincidiram com temperaturas favoráveis ao patógeno. Na Chapada Diamantina, o segundo e terceiro trimestre apresentaram o maior potencial de ocorrência da requeima da batata, enquanto que no restante do ano o risco permaneceu baixo devido ao menor número de horas com molhamento foliar na região (FIGURAS 10B, 10C, 10F e 10G).

Figura 10 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR \geq 90% (E-H) e temperatura média quando a UR \geq 90% (I-L), para o estado da Bahia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.7 ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DE GOIÁS

O estado de Goiás localiza-se na Região Centro-Oeste, e possui um clima Aw, de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado pelo inverno com pouca chuva (estação seca), baixa UR e temperaturas mínimas médias próximas aos 18°C, enquanto o verão apresenta precipitações mais abundantes (estação das chuvas). De acordo com Nimer (1989), a estiagem que ocorre no inverno, é resultado da estabilidade influenciada pelo anticiclone subtropical do Atlântico Sul e pelas pequenas cristas atmosféricas que se formam sobre a região continental da América do Sul. Já as precipitações, que ocorrem principalmente durante o verão, estão ligadas ao movimento para o sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCI) (NIMER, 1989).

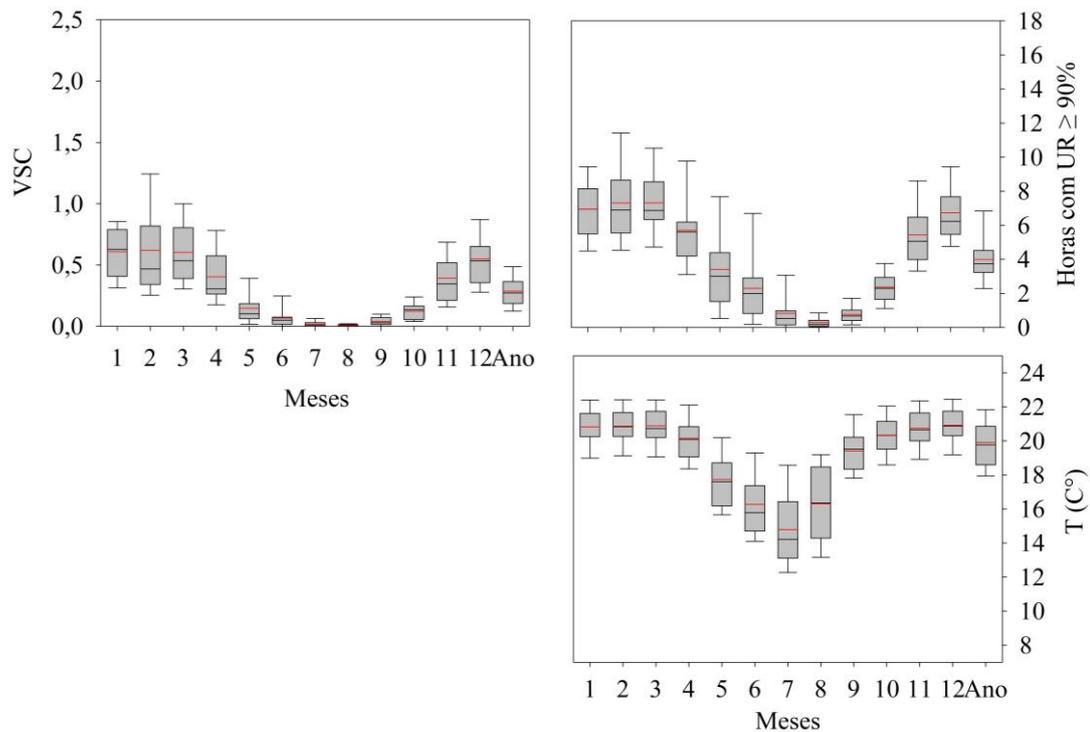
O VSC médio mensal no estado de Goiás acompanhou a sazonalidade das chuvas, com valores de severidade médio próximos a 0,6 nos meses de janeiro a março, e abaixo de 0,1 no período de junho a setembro (FIGURA 11A). Devido a isso, esse foi o estado que apresentou o menor risco ao longo do ano, pois mesmo nos meses chuvosos o risco foi baixo quando comparado a outros estados.

Na FIGURA 11A, é possível observar a redução de VSC durante os meses de maio a outubro, foi acompanhada pelo decréscimo no número de horas de molhamento foliar, com uma média diária inferior a 4h (FIGURA 11B). Apesar de a temperatura média também ter caído nesse período (FIGURA 11C), o evento climático mais limitante foi a UR baixa, que tem grande influência sobre a manutenção do molhamento foliar, fundamental para o processo de infecção, e desenvolvimento da doença e esporulação (AGRIOS, 2005; RADONS, 2012).

Os meses de novembro a março apresentaram o maior número de horas com UR $\geq 90\%$ em função do aumento da frequência das chuvas nesse período, o que eleva também o acúmulo de VSC durante os meses de dezembro a março (FIGURAS 11A e 11B), com valores variando de 0,549 em dezembro a 0,621 em fevereiro.

A principal safra de batata no estado de Goiás tem seu plantio entre os meses de setembro e novembro (IBGE, 2023), afim de que a cultura esteja no campo quando há a ocorrência de chuva. Assim como nos demais estados produtores de batata que possuem estação das chuvas, esse período coincide com os meses de maior risco para a ocorrência da requeima, uma vez que o cultivo em épocas secas torna necessário o uso de irrigação total ou complementar, devido à alta demanda hídrica da cultura (VALADARES; LANDAU, 2020).

Figura 11 - Análise de *Boxplot* dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com $UR \geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado de Goiás.

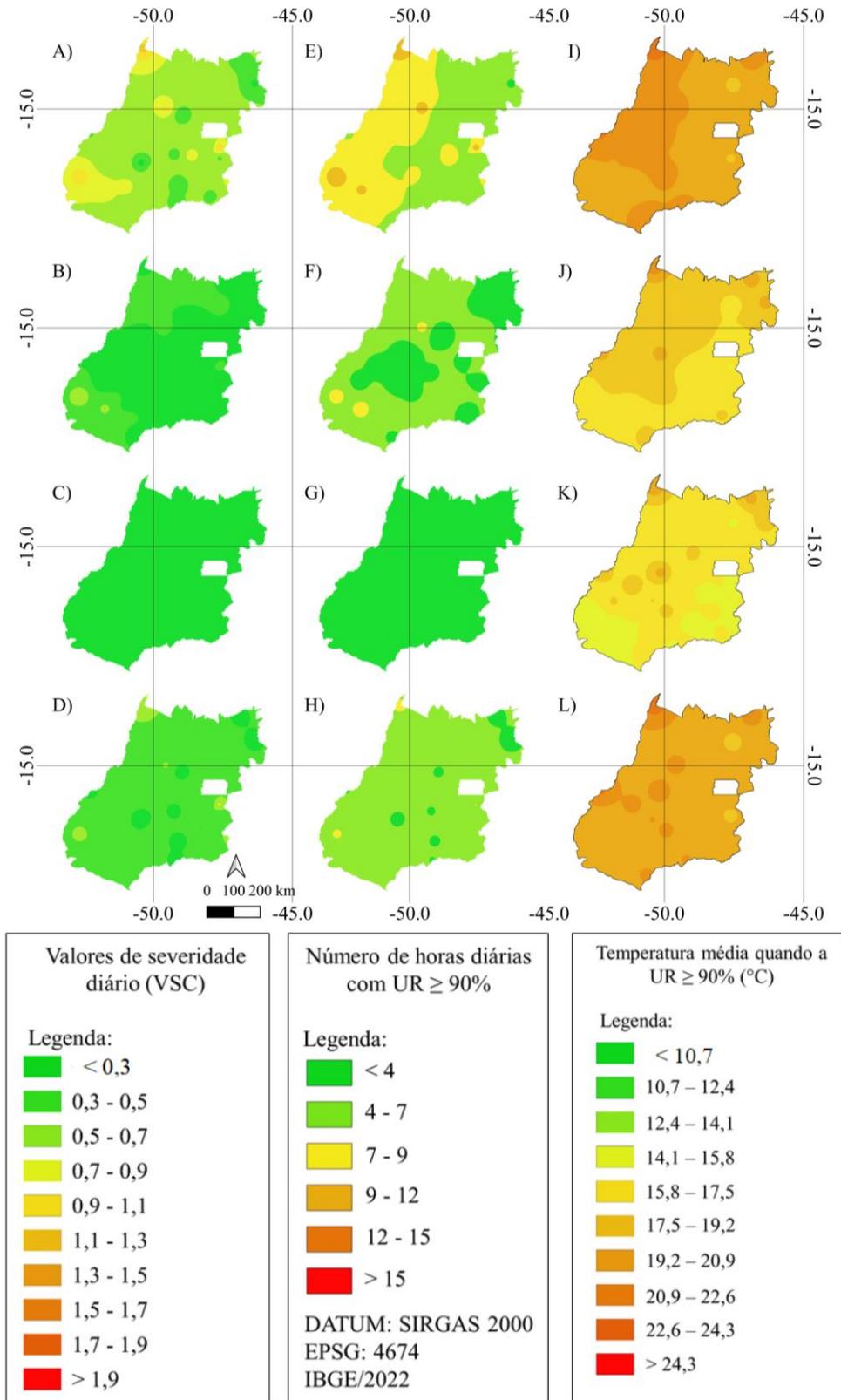


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ao analisarmos os mapas de VSC, podemos observar que o primeiro trimestre foi o que mais apresentou risco em diferentes regiões, mas com maior significância na porção noroeste e sudoeste do estado. Apesar disso, os valores de severidade médio se situaram entre 0,7 e 0,9 em algumas regiões isoladas (FIGURA 12A). Se considerarmos realizar as aplicações após um acúmulo de 18 VSC, seriam necessárias 6 aplicações ao longo de um ciclo de cultivo na região com maior risco climático. As regiões em que se observou os maiores acúmulos de VSC são aquelas onde houve maior número de horas com molhamento foliar médio (entre 7 e 12h) (FIGURA 12E), associado ainda a temperaturas entre 19,2 e 22,6 °C (FIGURA 12I).

O segundo e terceiro trimestre tiveram baixos riscos de ocorrência da requeima (≤ 3 VSC), uma vez que o molhamento foliar diário foi inferior a 4h. Isso se deve a sazonalidade das precipitações, que é muito comum no cerrado como um todo, e se manifesta com um período seco e com baixa umidade relativa do ar durante o outono e inverno (NASCIMENTO; NOVAIS, 2020).

Figura 12 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR \geq 90% (E-H) e temperatura média quando a UR \geq 90% (I-L), para o estado de Goiás.



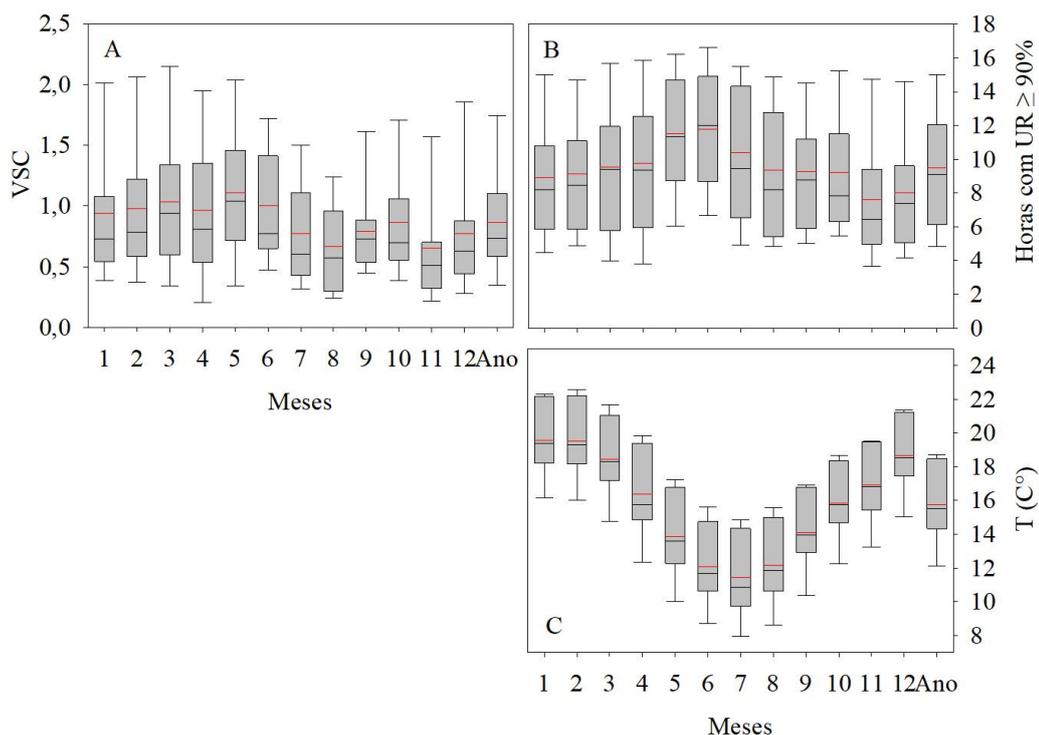
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

De acordo com o IBGE (2023), 60% da área total cultivada no estado de Goiás se concentra em municípios a sudeste do Distrito Federal, sendo o Cristalina o principal deles. Nessa região, o VSC médio variou de 0,5 a 0,9 durante o primeiro e quarto trimestre, período no qual a olerícola é cultivada, contendo um risco menor quando comparada a regiões produtoras de outros estados.

4.8 ANÁLISE DO RISCO CLIMÁTICO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Da mesma forma que o Rio Grande do Sul, Santa Catarina não possui muita variação de precipitação ao longo do ano, diferentemente da temperatura média, que é responsável por marcar as estações do ano (NIMER, 1989). Assim sendo, a distribuição uniforme das precipitações, em conjunto com temperaturas médias relativamente baixas durante o ano todo, colabora para a manutenção do molhamento foliar por um tempo mais prolongado e, por consequência, aumenta o risco de ocorrência de epidemias de requeima (FIGURA 13).

Figura 13 - Análise de *Boxplot* dos valores de severidade diários (VSC) (A), acúmulo diário de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ (B) e temperatura média durante os períodos com UR $\geq 90\%$ (T) (C), desde a data de fundação das estações meteorológicas até o ano de 2022, no estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Dessa forma, o estado de Santa Catarina apresentou os maiores valores de VSC dentre os sete estados analisados, com valores próximos a 1 durante a primeira metade do ano (FIGURA 13A). O segundo semestre apresentou uma redução significativa no VSC, porém o menor valor observado no mês de novembro (0,656) foi superior ao valor mais alto observado no estado de Goiás, por exemplo. Os momentos com UR \geq 90% se manteve estável ao longo do ano, com uma média de cerca de 8h por dia durante a maior parte do ano e próxima a 12h em maio e junho, meses estes, que juntamente com março, obtiveram VSC médio superior a 1 (FIGURAS 13A e 13B).

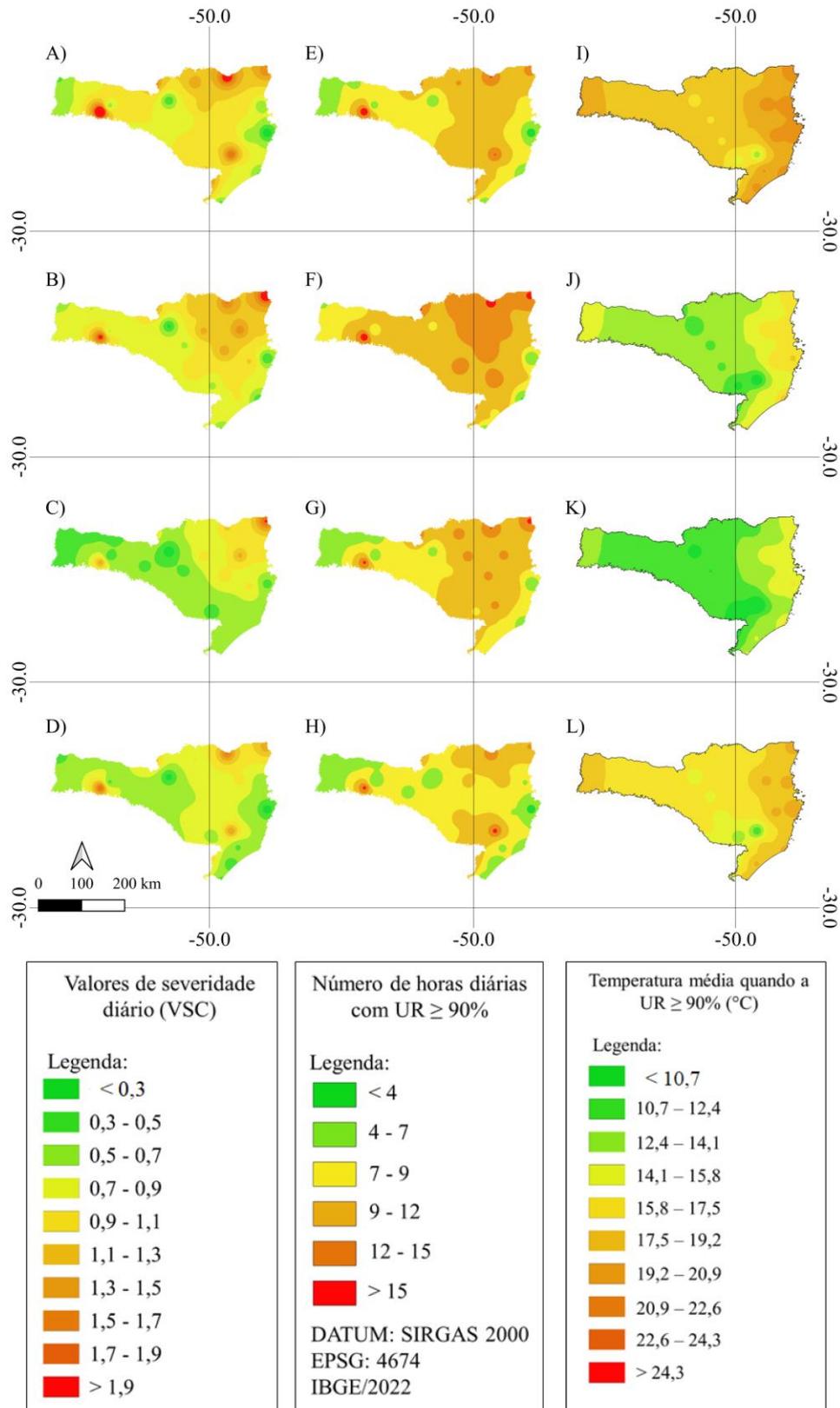
Assim como os demais estados da Região Sul do Brasil, Santa Catarina tem a primeira safra como a sua principal, com plantio realizado de dezembro a março, representando 84% da produção estadual em 2022 (IBGE, 2023). O ciclo da batateira pode variar de 90 dias a 120 dias, portanto, o plantio realizado mais tardiamente, no mês de março, por exemplo, tem seu crescimento e desenvolvimento durante os meses com maior risco de ocorrência da requeima. Logo, pode ser benéfico para o agricultor antecipar o plantio da cultura buscando minimizar o risco de uma epidemia causada pela *P. infestans*.

Os mapas de VSC mostram que o estado de Santa Catarina possui alto risco em boa parte do seu território, principalmente no segundo e terceiro trimestre (Figuras 14B e 14C), corroborando com as elevadas médias observadas nos gráficos *Boxplot* (FIGURA 13A). As regiões do Norte e Oeste possuem a maior propensão a ocorrência da requeima, com locais onde a média de VSC é superior a 1,9 durante o primeiro semestre do ano (Figuras 14A e 14B).

Ambas as regiões registraram de 9 a 15h de molhamento foliar diariamente, com algumas áreas em que esse valor ultrapassou as 15 h (Figuras 14E e 14F), associado a temperaturas entre 17,5 e 19,2 °C, no primeiro trimestre, e entre 12,4 e 15,8 °C durante o segundo trimestre (Figuras 14I e 14J). Embora a temperatura média tenha sido menor de abril a junho, o número de horas com UR \geq 90% se manteve estável, o que propiciou a continuidade do risco durante esse período. No decorrer do terceiro trimestre, a temperatura média durante o molhamento foliar (FIGURA 14K) e o número de horas de molhamento (FIGURA 14G) diminuiu em boa parte do estado, reduzindo também o acúmulo de VSC.

O plantio da batata é predominantemente feito durante o quarto trimestre, quando o risco de doenças começa a aumentar devido ao aumento das temperaturas (FIGURA 14L). As fases vegetativas e final da planta ocorrem durante o primeiro trimestre do ano, que é o período mais crítico devido às temperaturas mais elevadas (FIGURA 14I) e ao aumento de horas de molhamento foliar (FIGURA 14E), o que contribui para a infecção, crescimento e desenvolvimento do patógeno.

Figura 14 – Mapas do primeiro, segundo, terceiro e quarto trimestre dispostos respectivamente, do valor de severidade diário (VSC) (A-D), número de horas diárias com UR $\geq 90\%$ (E-H) e temperatura média quando a UR $\geq 90\%$ (I-L), para o estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A umidade relativa do ar teve a maior correlação com a oscilação do acúmulo de VSC do que a temperatura. Apesar disso, quando a temperatura média esteve abaixo de 12,4 °C, ou ainda, quando associada a redução do molhamento foliar, este evento meteorológico demonstrou-se importante na redução do acúmulo de VSC, como ocorreu no estado de Santa Catarina.

Os estados da Região Sul do país foram os que apresentaram maior risco médio ao longo do ano, principalmente em função da distribuição mais uniforme das chuvas, no entanto, o maior risco para estes estados foi observado durante o segundo trimestre do ano.

Os estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás, que apresentam sazonalidade nas precipitações, tiveram os maiores riscos de ocorrência durante a estação das chuvas, que coincidem com os períodos de maior plantio da olerícola.

O estado da Bahia por sua vez, apresentou o maior risco durante a estação seca na faixa litorânea, devido às maiores temperaturas observadas e a uniformidade das precipitações nessa região, enquanto no restante do estado o risco foi maior no período chuvoso.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5. th. New York, US: Elsevier Academic press, 2005.
- AMORIM, L.; PASCHOLATI, S. F. Ciclo de relações patógeno-hospedeiro. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres Ltda, 2018. cap. 19, p. 289-302.
- BATISTA, D. C. et al. Validation of decision support systems for tomato early blight and potato late blight, under Brazilian conditions. **Crop Protection**, Viçosa, v. 25, p. 664–670, 2006.
- BEDENDO, I. P. Damping-off. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres Ltda, 2018. cap. 23, p. 323-328.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Sistemas de previsão e avisos. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres Ltda, 2018. cap. 19, p. 289-302.
- BISOGNIN, D. A. **Recomendações técnicas para o cultivo da batata no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Santa Maria. Gráfica Universitária. 1996. 64p.
- BOSCO, L. C. et al. Sistemas de previsão de requeima em cultivos de batata em Santa Maria, RS. **Bragantia**. Campinas, v. 69, n.3, p. 649-660, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROFIT. [S. l.], Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 12 mar. 2023.
- CAMARGO, F. P. de et al. Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo, Levantamento Parcial, Ano Agrícola 2022/23 e Levantamento Final, Ano Agrícola 2021/22, novembro de 2022. Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo, v. 18, n. 2, fev. 2023, p. 1-20. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-05-2023.pdf>. Acesso em: 22 set. 2023.
- CAVALCANTI, I. F. A, et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- COSTA, R. V. et al. Previsão da requeima da batateira. **Rev. Fitopatologia brasileira**. Viçosa, 27(4), jul./ago. 2002.
- DOURADO, C. S.; OLIVEIRA, S. R. M., DE AVILA, A. M. H. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p.192-198, 2013.
- FAO. World Food and Agriculture – **Statistical Yearbook 2022**. Rome, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc2211en>. Acesso em: 04 mar. 2023

FAOSTAT, **Production indices**. [S. l.: s. n.], Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>. Acesso em: 04 mar. 2023.

FRY, W.E.; APPLE, A.E.; BRUHN, J.A. Evaluation of potato late blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. **Phytopathology**, v.73, p.1054-1059, 1983.

GARCIA, B. I. L. **Risco climático de ocorrência da requeima da batata na Região dos Andes, Venezuela**. 2005. Tese (Doutor em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GARCIA, B. I. L. et al. Climatic risk for potato late blight in the Andes Region of Venezuela. **Sci. Agric**. Piracicaba, Brazil, v.65, special issue, p.32-39, 2008

GOMES, C. B. et al. **Viabilidade do Uso da Previsão no Controle da Requeima (*Phytophthora Infestans*) em Batata nas Regiões de Pelotas e São Lourenço do Sul - RS**. 1. ed. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2002. 4 p.

GRIMM, E. L. **Efeito de diferentes níveis de irrigação na produtividade e ocorrência da requeima na cultura da batata**. 2007. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

HENCK, A. U. **Risco climático para ocorrência da ferrugem asiática da soja no Brasil**. 2022, 72p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2022.

HYRE, R.A. Progress in forecasting late blight of potato and tomato. **Plant Disease Reporter**, [S. l.], v.38, p.245-253, 1954.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola safra 2022**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>. Acesso em: 04 mar. 2023.

KRAUSE, R. A., et al. BLITECAST a computerized forecast of potato late blight. [S. l.: s. n.] **Plant Disease Reporter**, v.59, p.95-98, 1975.

LANDAU, E. C. et al. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: Sistemas agrícolas, paisagem natural e análise integrada do espaço rural**. 1. ed. v. 4. Brasília: EMBRAPA, 2020.

LIMA, M. A. ***Phytophthora infestans*: Sobrevivência em restos culturais, hospedeiros alternativos e dinâmica temporal de esporângios no ar**. 2005. Tese (Doutor em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Hortaliças, 2. ed. 150 p. 2008.

MATIELLO, R. R.; BARBIERI, R. L.; CARVALHO, F. I. F. de. Resistência das plantas a moléstias fúngicas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.27, n.1, p.161-168, 1997.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. Revolução agrícola neolítica. *In: História das agriculturas no mundo*. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2010. cap. 2, p. 97-128.

MICHEREFF, S. J. **Fundamentos de fitopatologia**. [s. n.], Recife: UFRP, 2001.

MIRANDA B. E. C. de; SILVA, R. V. da. Manejo de doenças. *In: NICK, C.; BORÉM, A. Batata do plantio a colheita*. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. cap. p. 126-153.

MUKAKA, M. M. Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**; n. 24: 69-71 September 2012.

NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS G. T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Rev. Geo. UEG**. Goiás, v.9, n.2, jul./dez. 2020.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

OLIVEIRA, E. L.; SOUZA, A. G.; SANTOS, R. L. Produção agrícola e sistema de irrigação: caso do município de Ibicoara - BA. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 2415-2418, 2023.

OLIVEIRA, C. A. da S.; VALADÃO, L. T. **Manejo da água do solo no cultivo da batata**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997.

PEREIRA, A. D. S. & MADAIL, J. C. M. Produção de batata na região sul do Rio Grande do Sul. **Batata Show**, Itapetininga, n 20, p. 41-42, 2008.

PULZ, A. L. et al. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, [S. l.], 32: p. 1651-1659, 2008.

RADONS, S. S. **Análise numérica do risco climático de ocorrência de requeima na cultura da batata na Região Central do Rio Grande do Sul**. 2012. Tese (Doutor em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

RADONS, S. S. et al. Climate risk of Asian soybean rust occurrence in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Tropical Plant Pathology**, [S. l.], 46, 435–442, 2021.

REZENDE, J. A. M.; MASSOLA JÚNIOR, N. S.; BEDENDO, I. P. Conceito de doença, sintomatologia e diagnose. *In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. Manual de fitopatologia*. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres Ltda, 2018. cap. 3, p. 27-45.

SALAS, F. J. S.; TÖFOLI, J. G. **Cultura da batata: Pragas e doenças**. 1. ed. São Paulo: Instituto Biológico, 2017.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Segundo maior produtor, Paraná responde por um quinto da batata do país**. [S. l.: s. n.] 2021. Disponível em: <https://encurtador.com.br/wxOQZ>. Acesso em: 23 ago. 2023.

SILVA, G. O. da; LOPES, C. A. **Batata**: Sistema de produção EMBRAPA. 2. ed. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132923/1/Sistema-de-Producao-da-Batata.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

SORATTO, R. P. et al. Cultivares. *In*: SILVA, G. O. da; LOPES, C. A. **Batata**: Sistema de produção EMBRAPA. 2. ed. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132923/1/Sistema-de-Producao-da-Batata.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

TÖFOLI, J. G. et al. Controle da requeima e pinta preta da batata por fungicidas: conceitos, evolução e uso integrado. **Biológico**, São Paulo, v.75, n.1, p.41-52, jan./jun., 2013.

TRENTIN, G. **Avaliação de sistemas de previsão de ocorrência de *Phytophthora infestans* em batata**. 2006. 102 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5164/Dissertacao%20Gustavo%20Trentin.pdf?s equence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 mar. 2023.

TRENTIN, G. et al. Controle da requeima em batata cv. ‘Asterix’ como base para modelos de previsão da doença. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.39, n.2, mar-abr, 2009.

VALADARES, G. M.; LANDAU, E. C. Evolução da produção de batata-inglesa. *In*: LANDAU, H. C. et al. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**: Produtos de Origem Vegetal. 1. ed. v. 4, Brasília: EMBRAPA, 2020. cap. 16, p. 465-528.

VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L.; COSTA, H. Doenças causadas por fungos em batata. **Inf. Agrop.**, Belo Horizonte, v.18, n.184, 1996.

WALLIN, J. R. Summary of recente progress in predicting late blight epidemics in United States and Canada. **American Potato Journal**. [S. l.], v.39, p.306-312, 1962.

ZONATTA, S. **Caracterização da população de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary em regiões produtoras de batata (*Solanum tuberosum* L.) no Brasil**. 2019. Tese (Doutor em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, São Paulo, 2019.

APÊNDICE A – Estações meteorológicas automáticas do INMET utilizadas

Região	Estado	Cidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Data de abertura
NE	BA	Abrolhos	-17,9642	-38,6961	25	21/07/2008
NE	BA	Amargosa	-13,0094	-39,6169	407	11/07/2008
NE	BA	Barra	-11,0847	-43,1392	403	12/05/2008
NE	BA	Barreiras	-12,15	-45,0167	470,37	20/12/2001
NE	BA	Belmonte	-16,0881	-39,2156	88	02/07/2009
NE	BA	Bom Jesus da Lapa	-13,4167	-43,1842	440	18/05/2007
NE	BA	Brumado	-14,1817	-41,6722	470	28/04/2008
NE	BA	Buritirama	-10,7231	-43,6511	506,5	15/05/2008
NE	BA	Caravelas	-17,7333	-39,2667	2,88	20/12/2002
NE	BA	Conde	-11,8	-37,5997	31,9	07/04/2008
NE	BA	Correntina	-13,3322	-44,6172	549	09/11/2007
NE	BA	Cruz das Almas	-12,65	-39,15	225,87	19/01/2003
NE	BA	Curaçá	-9,00139	-39,9128	370	20/08/2015
NE	BA	Delfino	-10,455	-41,2072	637	15/07/2008
NE	BA	Euclides da Cunha	-10,5372	-38,9967	430	31/03/2008
NE	BA	Feira de Santana	-12,1958	-38,9672	231	26/05/2007
NE	BA	Formoso do Rio Preto	-11,0522	-45,2008	488	02/06/2016
NE	BA	Guanambi	-14,2081	-42,7494	882	24/04/2008
NE	BA	Ibotirama	-12,1925	-43,2125	430	28/04/2008
NE	BA	Ilhéus	-14,6594	-39,1811	78	25/01/2003
NE	BA	Ipiaú	-14,1714	-39,6925	125	30/06/2009
NE	BA	Irecê	-11,3289	-41,8644	755	31/03/2008
NE	BA	Itaberaba	-12,5167	-40,3	249,89	29/01/2003
NE	BA	Itamaraju	-17,0072	-39,5514	110	28/05/2016
NE	BA	Itapetinga	-15,2447	-40,2294	269	25/06/2009
NE	BA	Itiruçu	-13,5283	-40,1197	755,61	09/02/2003
NE	BA	Jacobina	-11,205	-40,465	453	01/05/2008
NE	BA	Jeremoabo	-10,0808	-38,3458	261	13/08/2015
NE	BA	Lençóis	-12,5572	-41,3889	438,74	05/04/2008
NE	BA	Luiz Eduardo Magalhães	-12,1522	-45,8297	754,04	18/04/2002
NE	BA	Macajuba	-12,1167	-40,1833	380	03/02/2003
NE	BA	Maraú	-13,9072	-38,9722	10	22/06/2008
NE	BA	Piatã	-13,1558	-41,7742	1290	03/05/2008
NE	BA	Porto Seguro	-16,3892	-39,1825	85	10/07/2008
NE	BA	Queimadas	-10,9847	-39,6169	315	23/05/2008
NE	BA	Remanso	-9,60278	-42,1028	401	26/03/2008
NE	BA	Ribeira do Amparo	-11,0586	-38,4442	182	20/09/2018
NE	BA	Salvador	-13,0167	-38,5167	51,41	13/05/2000
NE	BA	Salvador (Rádio Farol)	-12,8083	-38,4958	31	10/03/2018

NE	BA	Santa Rita de Cassia	-11,02	-44,525	450	28/05/2007
NE	BA	Senhor do Bonfim	-10,4431	-40,1483	539	27/03/2008
NE	BA	Serrinha	-11,6644	-39,0231	339	09/05/2008
NE	BA	Uauá	-9,83361	-39,4956	453	20/05/2008
NE	BA	Una	-15,28	-39,0911	74	25/06/2008
NE	BA	Valença	-13,3436	-39,1267	105	29/06/2009
NE	BA	Vitória da Conquista	-14,8861	-40,8014	874,81	01/06/2007
CO	GO	Alto Paraiso de Goiás	-14,1331	-47,5231	1260	04/06/2007
CO	GO	Aragarças	-15,9058	-52,2439	347	13/07/2007
CO	GO	Caiapônia	-16,9667	-51,8175	737	21/05/2007
CO	GO	Catalão	-18,1578	-47,9264	890	31/01/2008
CO	GO	Cristalina (A-036)	-16,7881	-47,6117	1202	14/12/2007
CO	GO	Cristalina (Fazenda Santa Mônica)	-16,3994	-47,6258	932	25/01/2018
CO	GO	Edeia	-17,3369	-49,9147	608	26/08/2017
CO	GO	Goianésia	-15,2203	-48,9903	667	02/06/2007
CO	GO	Goiânia	-16,6428	-49,22	770	29/05/2001
CO	GO	Goiás	-15,9392	-50,1414	512	18/07/2007
CO	GO	Iporá	-16,4231	-51,1481	625	24/06/2013
CO	GO	Itapaci	-14,9803	-49,5394	522	03/02/2007
CO	GO	Itumbiara	-18,4097	-49,1919	488	01/11/2007
CO	GO	Jataí	-17,9239	-51,7178	582	23/05/2007
CO	GO	Luziânia	-16,2722	-47,9664	959,5	21/10/2006
CO	GO	Mineiros	-17,4547	-52,6011	862	24/11/2007
CO	GO	Monte Alegre de Goiás	-13,2481	-46,8897	1253	07/06/2007
CO	GO	Morrinhos	-17,7167	-49,1	771,42	25/05/2001
CO	GO	Paraúna	-16,9458	-50,4253	678	29/03/2008
CO	GO	Pires do Rio	-17,3042	-48,2842	752	12/10/2007
CO	GO	Posse	-14,0892	-46,3664	834	18/04/2007
CO	GO	Rio Verde	-17,7858	-50,9814	782	17/05/2007
CO	GO	São Miguel do Araguaia	-12,8197	-50,3417	340	29/06/2017
CO	GO	São Simão	-18,9667	-50,6167	488,51	15/07/2006
CO	GO	Silvania	-16,6769	-48,6181	949	08/10/2010
SE	MG	Águas Vermelhas	-15,7522	-41,4583	740	09/09/2007
SE	MG	Aimorés	-19,5328	-41,0908	83,74	05/08/2007
SE	MG	Almenara	-16,1667	-40,6878	194	15/12/2002
SE	MG	Araçuaí	-16,8489	-45,0353	308	19/05/2017
SE	MG	Araxá	-19,6056	-46,9494	1020	19/12/2002
SE	MG	BambuÍ	-20,0311	-46,0086	697	23/11/2016
SE	MG	Barbacena	-21,2289	-43,7669	1155	05/12/2002
SE	MG	Belo Horizonte - Cercadinho	-19,98	-43,9586	1214	27/12/2013
SE	MG	Buritis	-15,5242	-46,4356	894	19/06/2007
SE	MG	Caldas	-21,9181	-46,3831	1150	28/11/2006

SE	MG	Campina Verde	-19,5392	-49,5181	555,2	15/07/2006
SE	MG	Capelinha	-17,7053	-42,3892	948	31/08/2007
SE	MG	Caratinga	-19,7358	-42,1536	615	24/05/2007
SE	MG	Chapada Gaúcha	-15,31	-45,6167	880	22/06/2007
SE	MG	Coronel Pacheco	-21,5469	-43,2611	431	17/10/2012
SE	MG	Curvelo	-18,7644	-44,4536	670	18/12/2006
SE	MG	Diamantina	-18,2311	-43,6481	1356	05/06/2007
SE	MG	Divinópolis	-20,1731	-44,8747	796	26/10/2017
SE	MG	Dores do Indaiá	-19,4817	-45,5939	722	01/06/2007
SE	MG	Espinosa	-14,9128	-42,8297	569,64	14/11/2007
SE	MG	Florestal	-19,8853	-44,4169	750	27/06/2008
SE	MG	Formiga	-20,4547	-45,4539	873	17/08/2006
SE	MG	Governador Valadares	-18,8303	-41,9767	214	27/05/2007
SE	MG	Guanhães	-18,7867	-42,9431	860	02/06/2007
SE	MG	Guarda-Mor	-17,5617	-47,1994	616	11/07/2007
SE	MG	Ibirité (Rola Moça)	-20,0311	-44,0111	1208	06/06/2008
SE	MG	Itaobim	-16,5756	-41,4853	266	05/09/2007
SE	MG	Ituiutaba	-18,9528	-49,525	560	12/05/2006
SE	MG	Janaúba	-15,8028	-43,2969	532	19/11/2016
SE	MG	Januária	-15,4481	-44,3664	480	23/06/2016
SE	MG	Joao Pinheiro	-17,7847	-46,1192	877	07/07/2007
SE	MG	Juiz de Fora	-21,77	-43,3642	950	26/05/2007
SE	MG	Machado	-21,6808	-45,9444	969	21/07/2017
SE	MG	Manhuaçu	-20,2636	-42,1828	836	25/09/2010
SE	MG	Mantena	-18,7803	-40,9858	213,5	01/08/2007
SE	MG	Maria da Fé	-22,3144	-45,3728	1276,33	01/12/2006
SE	MG	Mocimbuinho	-15,0858	-44,0161	460	11/11/2007
SE	MG	Montalvânia	-15,0858	-44,0158	512	26/06/2007
SE	MG	Monte Verde	-22,8614	-46,0433	1500	19/12/2004
SE	MG	Montes Claros	-16,7167	-43,8667	646,29	19/12/2002
SE	MG	Muriae	-21,1047	-42,3758	297	30/08/2006
SE	MG	Oliveira	-20,7147	-44,8644	1025	19/10/2017
SE	MG	Ouro Branco	-20,5458	-43,7694	1061	28/07/2006
SE	MG	Pampulha	-19,8842	-43,9694	869	10/10/2006
SE	MG	Paracatu	-17,2442	-46,8817	712	16/03/2018
SE	MG	Passa Quatro	-22,3961	-44,9617	1040	#####
SE	MG	Passos	-20,745	-46,6339	784	16/07/2006
SE	MG	Patos de Minas	-18,5206	-46,4406	950	12/05/2017
SE	MG	Patrocínio	-18,9964	-46,9858	976	22/08/2006
SE	MG	Pirapora	-17,2578	-44,8356	503	04/07/2007
SE	MG	Sacramento	-19,8753	-47,4342	912	19/08/2006
SE	MG	Salinas	-16,1603	-42,3103	495	14/09/2007
SE	MG	São João del Rei	-21,2264	-44,9794	991	09/06/2006
SE	MG	São Romão	-16,3625	-45,1239	460	30/06/2007

SE	MG	São Sebastiao do Paraíso	-20,91	-47,1142	845	17/08/2015
SE	MG	Serra dos Aimorés	-17,7986	-40,2497	208	21/08/2006
SE	MG	Sete Lagoas	-19,455	-44,1733	719	10/06/2016
SE	MG	Teófilo Otoni	-17,9	-41,5167	475	25/08/2006
SE	MG	Timóteo	-19,5736	-42,6222	333	22/02/2006
SE	MG	Três Marias	-18,2006	-45,4597	921	25/08/2006
SE	MG	Uberaba	-19,71	-47,9617	778	19/05/2017
SE	MG	Uberlândia	-18,9172	-48,2556	869	18/12/2002
SE	MG	Unai	-16,5539	-46,8819	631	16/06/2007
SE	MG	Varginha	-21,5664	-45,4042	955	13/07/2006
SE	MG	Viçosa	-20,7628	-42,8639	712,2	15/09/2005
S	PR	Castro	-24,7894	-49,9997	1007,76	09/07/2006
S	PR	Cidade Gaúcha	-23,3758	-52,9319	381	11/03/2008
S	PR	Clevelândia	-26,4172	-52,3489	980	15/05/2008
S	PR	Colombo	-25,3222	-49,1575	950	01/06/2016
S	PR	Curitiba	-25,4333	-49,2667	923,5	28/01/2003
S	PR	Diamante do Norte	-22,6339	-52,8589	362	06/03/2008
S	PR	Dois Vizinhos	-25,6947	-53,0944	520	29/03/2007
S	PR	Foz do Iguaçu	-25,6019	-54,4831	242	15/02/2008
S	PR	General Carneiro	-26,3986	-51,3544	1018	30/04/2008
S	PR	Icaraíma	-23,3903	-53,6347	385	16/11/2006
S	PR	Ilha do Mel	-25,4944	-48,3258	1	23/03/2007
S	PR	Inácio Martins	-25,5658	-51,0894	1260	16/10/2006
S	PR	Ivaí	-25,0133	-50,8711	808	11/07/2006
S	PR	Japira	-23,7731	-50,1806	694	29/02/2008
S	PR	Joaquim Távora	-23,5053	-49,9464	522	23/11/2006
S	PR	Laranjeiras do Sul	-25,3689	-52,3919	835	07/08/2016
S	PR	Mal. Cândido Rondon	-24,5358	-54,0197	392	18/11/2006
S	PR	Maringá	-23,4078	-51,9167	542	21/11/2006
S	PR	Morretes	-25,5128	-48,8086	59	13/03/2008
S	PR	Nova Fátima	-23,4069	-50,5778	668	08/02/2007
S	PR	Nova Tebas	-24,4372	-51,9631	654	21/12/2006
S	PR	Paranapoema	-22,4917	-52,1344	311	04/03/2008
S	PR	Planalto	-25,7219	-53,7481	398	07/11/2007
S	PR	São Mateus Do Sul	-25,835	-50,3686	788	17/04/2011
S	PR	Ventania	-24,2383	-50,2456	1106	15/04/2011
S	RS	Alegrete	-29,7117	-55,5261	121	28/09/2006
S	RS	Bagé	-31,3478	-54,0133	230	04/01/2007
S	RS	Bento Gonçalves	-29,1672	-51,5347	640	01/12/2006
S	RS	Caçapava do Sul	-30,5478	-53,4675	420	22/06/2006
S	RS	Camaquã	-30,8106	-51,8347	90,66	12/12/2006
S	RS	Cambara do Sul	-29,0489	-50,1494	1017	24/11/2016
S	RS	Campo Bom	-29,6744	-51,0642	24	29/11/2013
S	RS	Canela	-29,3689	-50,8275	830	23/08/2008

S	RS	Canguçu	-31,4058	-52,7011	462	24/01/2007
S	RS	Cruz Alta	-28,6036	-53,6736	432	31/05/2007
S	RS	Dom Pedrito	-31,0025	-54,6181	150	23/04/2010
S	RS	Erechim	-27,6603	-52,3064	765	25/11/2006
S	RS	Frederico Westphalen	-27,3956	-53,4128	490	14/12/2007
S	RS	Ibirubá	-28,6533	-53,1119	456	13/12/2012
S	RS	Jaguarão	-32,5375	-53,3764	47	09/01/2007
S	RS	Lagoa Vermelha	-28,2219	-51,5122	842,58	02/03/2007
S	RS	Mostardas	-31,2478	-50,9056	10	11/03/2008
S	RS	Palmeira das Missões	-27,9217	-53,3169	631	26/02/2008
S	RS	Passo Fundo	-28,2294	-52,4039	684,05	27/11/2006
S	RS	Porto Alegre	-30,05	-51,1667	46,97	22/09/2000
S	RS	Quaraí	-30,3686	-56,4372	124	17/10/2007
S	RS	Rio Grande	-32,0333	-52,1	2,46	16/11/2001
S	RS	Rio Pardo	-29,8733	-52,3825	111	30/09/2006
S	RS	Santa Maria	-29,7083	-53,7036	95	26/11/2001
S	RS	Santa Rosa	-27,8931	-54,4806	276	15/11/2006
S	RS	Santa Vitória do Palmar - Barra do Chuí	-33,7417	-53,3714	26	08/03/2008
S	RS	Santana do Livramento	-30,8425	-55,6128	196	22/11/2001
S	RS	Santiago	-29,1914	-54,8856	394	04/02/2009
S	RS	Santo Augusto	-27,8542	-53,7911	490	05/12/2001
S	RS	São Borja	-28,6494	-56,0156	83	21/07/2007
S	RS	São Gabriel	-30,3414	-54,3108	126	11/07/2007
S	RS	São José dos Ausentes	-28,7514	-50,0583	1244	26/10/2006
S	RS	São Luiz Gonzaga	-28,4169	-54,9622	245,11	25/07/2007
S	RS	São Vicente do Sul	-29,7019	-54,6942	134	06/04/2016
S	RS	Serafina Correa	-28,7047	-51,8706	545	01/04/2016
S	RS	Soledade	-28,8536	-52,5583	667	01/03/2008
S	RS	Teutônia	-29,4503	-51,8242	81	04/10/2012
S	RS	Torres	-29,3503	-49,7331	4,66	01/06/2006
S	RS	Tramandaí	-30,0097	-50,1353	1	09/03/2008
S	RS	Tupanciretã	-29,8939	-53,8267	462	11/08/2016
S	RS	Uruguaiana	-29,8425	-57,0825	62,31	28/09/2006
S	RS	Vacaria	-28,5136	-50,8828	986	26/04/2008
S	SC	Araranguá	-28,9314	-49,4981	12	28/09/2008
S	SC	Bom Jardim da Serra - Morro da Igreja	-28,1333	-49,4833	1810	17/06/2007
S	SC	Caçador	-26,8194	-50,9856	952	19/03/2008
S	SC	Chapecó	-27,0853	-52,6357	680	19/02/2019
S	SC	Curitibanos	-27,2886	-50,6042	860	28/02/2008
S	SC	Dionísio Cerqueira	-26,2864	-53,6328	810	31/05/2008
S	SC	Florianópolis	-27,6025	-48,62	1,8	22/01/2003
S	SC	Indaial	-26,9136	-49,2675	86,13	02/07/2006
S	SC	Itajaí	-26,9508	-48,7619	18	24/06/2010

S	SC	Itapoá	-26,0811	-48,6417	2	06/06/2007
S	SC	Ituporanga	-27,4183	-49,6467	484	04/03/2008
S	SC	Joaçaba	-27,1694	-51,5756	776	20/09/2007
S	SC	Lages	-27,8022	-50,3356	955	06/11/2014
S	SC	Laguna - Farol De Santa Marta	-28,6042	-48,8133	52	01/06/2008
S	SC	Major Vieira	-26,3936	-50,3633	808	09/02/2009
S	SC	Novo Horizonte	-26,4069	-52,8506	960	20/09/2008
S	SC	Rancho Queimado	-27,6786	-49,0419	881	31/05/2016
S	SC	Rio do Campo	-26,9375	-50,1464	592	10/03/2008
S	SC	Rio Negrinho	-26,2486	-49,5806	869	22/03/2008
S	SC	São Joaquim	-28,2756	-49,9344	1410	12/04/2008
S	SC	São Miguel do Oeste	-26,7767	-53,5044	665	12/03/2008
S	SC	Urussanga	-28,5325	-49,3156	48	29/05/2008
S	SC	Xanxerê	-26,9386	-52,415	889	15/03/2008
SE	SP	Ariranha	-21,1331	-48,8403	525	13/11/2007
SE	SP	Avaré	-23,0997	-48,9456	775	22/09/2006
SE	SP	Barra Bonita	-22,3708	-48,5572	544	24/04/2008
SE	SP	Barra do Turvo	-24,9631	-48,4164	667	03/07/2008
SE	SP	Barretos	-20,5589	-48,5447	533	19/06/2010
SE	SP	Barueri	-23,5233	-46,8692	791	29/03/2011
SE	SP	Bauru	-22,3581	-49,0289	666	30/08/2001
SE	SP	Bragança Paulista	-23,9519	-46,5306	891	20/12/2017
SE	SP	Cachoeira Paulista	-22,6889	-45,0056	586	20/10/2017
SE	SP	Campos do Jordão	-22,7503	-45,6039	1642	13/03/2002
SE	SP	Casa Branca	-21,7797	-47,0797	730	25/06/2007
SE	SP	Dracena	-21,4578	-51,5522	383	03/11/2016
SE	SP	Franca	-20,58	-47,38	1026	12/12/2002
SE	SP	Ibitinga	-21,8556	-48,6667	492	09/11/2007
SE	SP	Iguape	-24,7167	-47,55	2,66	20/07/2006
SE	SP	Itapeva	-23,9814	-48,8853	745	25/07/2006
SE	SP	Itapira	-22,415	-46,8053	633	05/11/2007
SE	SP	Ituverava	-20,3594	-47,775	600	17/07/2008
SE	SP	Jales	-20,165	-50,595	457	22/08/2007
SE	SP	Jose Bonifácio	-21,0856	-49,9206	405	03/09/2007
SE	SP	Lins	-21,6653	-49,7342	450	20/09/2006
SE	SP	Marília	-22,2353	-49,965	660	15/05/2017
SE	SP	Ourinhos	-22,9486	-49,8942	448	29/08/2006
SE	SP	Piracicaba	-22,7028	-47,6231	573	26/09/2006
SE	SP	Pradópolis	-21,3383	-48,1139	544	22/04/2008
SE	SP	Presidente Prudente	-22,12	-51,4	435,55	04/02/2003
SE	SP	Rancharia	-22,3725	-50,9742	398	01/09/2006
SE	SP	Registro	-24,5331	-47,8642	35	09/02/2017
SE	SP	São Carlos	-21,9797	-47,8833	863	04/09/2006
SE	SP	São Luis Do Paraitinga	-23,2283	-45,4172	730	01/11/2007

SE	SP	São Miguel Arcanjo	-23,8514	-48,1644	678	15/08/2006
SE	SP	São Paulo - Interlagos	-23,7247	-46,6781	771	14/03/2018
SE	SP	São Paulo - Mirante	-23,4833	-46,6167	792,06	25/07/2006
SE	SP	Sorocaba	-23,35	-47,6667	609	22/08/2006
SE	SP	Taubaté	-23,0419	-45,5203	571	20/12/2006
SE	SP	Tupã	-21,9272	-50,4903	498	12/05/2017
SE	SP	Valparaiso	-21,3192	-50,9303	374	30/08/2007
SE	SP	Votuporanga	-20,4031	-49,9658	465	04/12/2006