

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

MAPEAMENTO GEOFITOPATOLÓGICO DE RISCO DE ENTRADA,  
ESTABELECIMENTO E DISSEMINAÇÃO DE *Candidatus* Liberibacter spp. NO  
ESTADO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.

Ricardo Augusto Felicetti  
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Mestre em  
Fitotecnia, Programa de Pós Graduação em Fitotecnia. Área de Concentração Sanidade  
Vegetal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre (RS), Brasil.  
Julho de 2024.

### CIP - Catalogação na Publicação

Felicetti, Ricardo Augusto  
MAPEAMENTO GEOFITOPATOLÓGICO DE RISCO DE ENTRADA,  
ESTABELECIMENTO E DISSEMINAÇÃO DE Candidatus  
Liberibacter spp. NO ESTADO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.  
/ Ricardo Augusto Felicetti. -- 2021.  
72 f.  
Orientador: Roberto Lanna Filho.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2021.

1. Fitopatologia. 2. Huanglongbing. 3. Candidatus  
Liberibacter. 4. Citros. 5. Geofitopatologia. I. Lanna  
Filho, Roberto, orient. II. Título.

RICARDO AUGUSTO FELICETTI  
Engenheiro Agrônomo - UFRGS

## **DISSERTAÇÃO**

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM FITOTECNIA**

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 09 de julho de 2021  
Pela Banca Examinadora

ROBERTO LANNA FILHO  
Orientador  
PPG em Fitotecnia UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE  
Coordenadora do Programa de Pós-  
Graduação em Fitotecnia UFRGS

JOSÉ ANTÔNIO MARTINELLI – Ph.D.  
PPG em Fitotecnia UFRGS

EDSON BERTOLINI – Ph.D.  
PPG em Fitotecnia UFRGS

Alexandre Sandri Capucho – Ph.D.  
Universidade Federal do Vale do São  
Francisco

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de Agronomia -  
UFRGS

## AGRADECIMENTOS

Aos meus filhos, Beatriz e Luiz Henrique, por serem a minha inspiração.

Aos meus pais, José Carlos e Magda, origem de minha vida e exemplo para minha caminhada, bem como todos meus familiares que me apoiaram neste intento. À minha irmã Fernanda e familiares pelos incentivos neste desafio, e à mãe dos meus filhos, Kátia, pelo cuidado junto à nossa maior preciosidade, nossos filhos.

Aos colegas da SEAPDR e à instituição como um todo pelo apoio e condições para o trabalho, em especial os colegas, Paulo Ricardo, Deise Riffel, Hellen Arantes, Jackson Brilhante, Fernando Groff, Antônio Carlos (Cacaoio), e aos colegas da Divisão de Defesa Sanitária Vegetal e do Departamento de Defesa Agropecuária.

Ao Serviço de Sanidade Vegetal-RS do MAPA, em especial aos auditores Jairo Carbonari e Roque Danieli, pelo apoio e estímulo prestado e ao professor Valmir Duarte pelos ensinamentos e convivência nas atividades laborais.

À EMBRAPA Clima Temperado, em especial aos pesquisadores Roberto Pedroso e Dori Nava pelo apoio e indispensáveis contribuições na elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador Roberto Lanna Filho pela oportunidade de sua orientação, transmitindo grandes ensinamentos e confiança, pelo exemplo de dedicação à fitobacteriologia e à ciência agrônômica e pelo apoio nesta construção.

Aos professores da Fitotecnia da UFRGS, em especial Simone Jahnke, que possibilitou minha escolha de trabalho e incentivo ao ingresso no curso, bem como os professores Edson Bertolini, Josué Sant'Ana, Lauri Radunz, Luiza Redaelli, Rafael Dionello, José Martinelli, Sérgio Schwarz e Christian Bredemeier pela atenção e ensinamentos.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, instituição de excelência na geração de conhecimento e valores a toda sociedade, e aos colegas da pós-graduação, que proporcionaram momentos de coleguismo e enriquecimento cultural que só este ambiente acadêmico da UFRGS proporciona.

À minha mulher Deisi Lopes pelo incentivo, apoio, carinho, compreensão e todos os momentos especiais vividos.

Aos amigos e colegas que por sua convivência possibilitaram a concretização deste sonho.

*“Nature, to be commanded, must be obeyed.”*

(Francis Bacon)

# MAPEAMENTO GEOFITOPATOLÓGICO DE RISCO DE ENTRADA, ESTABELECIMENTO E DISSEMINAÇÃO DE *Candidatus Liberibacter* spp. NO ESTADO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.<sup>1</sup>

Autor: Ricardo Augusto Felicetti

Orientador: Dr. Roberto Lanna Filho

## RESUMO

O Huanglongbing (HLB) ou Greening, é uma doença da cultura dos citros causada pelo grupo de fitobactérias *Candidatus Liberibacter* spp., não detectadas no Rio Grande do Sul, cujo inseto-vetor é *Diaphorina citri*. A entrada do patógeno no estado pode causar impactos negativos nas atividades socioeconômicas que envolvam a citricultura, por reduzir drasticamente a produção de citros. O emprego de um mapeamento geofitopatológico para *Ca. Liberibacter* spp. pode determinar as áreas com potencial risco para o ingresso do patógeno. Isso porque incluem atributos biológicos, preferências climáticas e potenciais vias para a disseminação do patógeno exótico, bem como do inseto-vetor. Neste estudo, é proposto um mapeamento de risco do HLB, baseado em dados biológicos e epidemiológicos das espécies de *Ca. Liberibacter* spp. para entrada, estabelecimento e disseminação do patógeno. Para o mapeamento de risco de entrada, foram utilizados dados de ingresso de material cítrico proveniente de estados de ocorrência da doença, área de hospedeiro por município e a localização na fronteira com a Argentina, país com presença do patógeno. Os dados foram integrados ao Sistema de Informações Geográficas (SIG), um *software* indutivo para análise de dados, com definição de índice resultante nas classes baixo, médio e alto risco de entrada de *Ca. Liberibacter* spp. no estado do RS. No mapeamento de risco para estabelecimento do patógeno, dados de 8 variáveis bioclimáticas foram utilizadas para comparar as condições do Rio Grande do Sul com os estados de ocorrência do patógeno no Brasil, Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Os dados foram analisados em *software* de Modelagem de Nicho Ecológico (MNE), definindo-se as áreas do estado com condições climáticas preferenciais para o estabelecimento da fitobactéria. Da análise resultante, atribuiu-se as classes baixo, médio e alto risco de estabelecimento do patógeno. Para o mapeamento de risco de disseminação foram sobrepostas com as áreas de presença de hospedeiro, zoneamento do inseto-vetor e risco de estabelecimento obtido no estudo, definindo-se as áreas com potencial de disseminação de *Ca. Liberibacter* spp. em baixo, médio e alto risco. Os resultados mostraram que 34 municípios são de alto risco de Entrada de *Ca. Liberibacter* spp., respondendo por 8.855 ha de citros (23,96% do total), 102 municípios apresentam alto risco de estabelecimento, com 12.525 ha de citros nesta condição (33,90% do total) e 269 municípios apresentam alto risco de disseminação, com 33.020 ha sob esta condição (89,36%). Os mapas e informações resultantes poderão ser utilizados pela cadeia produtiva, na extensão rural e junto aos órgãos de proteção fitossanitária, em ações de prevenção ao ingresso do patógeno.

**Palavras-chave:** Greening. Huanglongbing. Análise de Risco de Praga. Geofitopatológico. *Candidatus Liberibacter* spp. *Diaphorina citri*.

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (72f.) Julho, 2021.

# GEOPHYTOPATHOLOGICAL RISK MAPPING OF ENTRY, ESTABLISHMENT AND DISSEMINATION OF *Candidatus Liberibacter* spp. IN THE RIO GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL.<sup>1</sup>

**Author: Ricardo Augusto Felicetti**

**Adviser: Dr. Roberto Lanna Filho**

## ABSTRACT

Huanglongbing (HLB) or Greening is a citrus disease caused by the *Candidatus Liberibacter* spp. group of phytobacteria, not detected in Rio Grande do Sul, whose vector-insect is *Diaphorina citri*. The entry of the pathogen in the state can cause negative impacts on socio-economic activities involving citrus production, as it drastically reduces its production. The use of a geophytopathological mapping for *Ca. Liberibacter* spp. can determine the areas with potential risk for the pathogen occurrence. This is because it includes biological attributes, climate preferences and potential pathways for the spread of the exotic pathogen, as well as the insect-vector. In this study, an HLB risk mapping is proposed, based on biological and epidemiological data of *Ca. Liberibacter* spp. for the entry, establishment and spread of the pathogen. For the entry risk mapping, data on the entry of citrus material from states where the disease occurred, host area per municipality and location on the border with Argentina, a country with the presence of the pathogen, were used. The data were integrated into the Geographic Information System (GIS), an inductive software for data analysis, with definition of the resulting index in the classes low, medium and high risk of entry of *Ca. Liberibacter* spp. in the state of RS. In the risk mapping for the establishment of the pathogen, data from 8 bioclimatic variables were used to compare conditions in Rio Grande do Sul with the states in which the pathogen occurs in Brazil, Paraná, São Paulo and Minas Gerais. The data were analyzed in Ecological Niche Modeling (MNE) software, defining the areas of the state with preferential climatic conditions for the establishment of the phytobacteria. From the resulting analysis, low, medium and high risk of establishment of the pathogen were assigned. For the dissemination risk mapping, the areas of presence of host, zoning of the insect-vector and risk of establishment obtained in the study were overlaid with areas with potential for dissemination of *Ca. Liberibacter* spp. at low, medium and high risk. The results showed that 34 municipalities are at high risk of *Ca. Liberibacter* spp. entry, accounting for 8,855 ha of citrus (23.96% of the total), 102 municipalities present a high risk of establishment, with 12,525 ha of citrus in this condition (33.90% of the total) and 269 municipalities are at high risk of dissemination, with 33,020 under this condition (89.36%). The resulting maps and information can be used by the production chain, in rural extension and with the phytosanitary protection agencies, in actions to prevent the ingress of the pathogen.

**Keywords:** Greening. Huanglongbing. Pest risk analysis. Geophytopathology. *Candidatus Liberibacter* spp. *Diaphorina citri*.

---

<sup>1</sup>Master dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (72p.) July, 2021.



## SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO ..... 1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 4
2.1	Citricultura ..... 4
2.2	O Huanglongbing ..... 5
2.3	Análise de Risco de Praga ..... 8
2.4	Mapeamento geofitopatológico e ferramentas espaciais ..... 9
3	MATERIAL E MÉTODOS ..... 11
3.1	Risco de entrada de <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. .... 11
3.2	Risco de estabelecimento de <i>Candidatus Liberibacter</i> spp ..... 16
3.3	Risco de disseminação de <i>Candidatus Liberibacter</i> spp ..... 22
4	RESULTADOS ..... 27
4.1	Mapeamento de risco para a entrada de <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. no Rio Grande do Sul ..... 27
4.2	Risco de estabelecimento de <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. no Rio Grande do Sul ..... 28
4.3	Risco de disseminação de <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. no Rio Grande do Sul ..... 29
4.4	Mapeamento de atenção ao risco de <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. no Rio Grande do Sul ..... 32
5	DISCUSSÃO ..... 34

	Página
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS ..... 38
	REFERÊNCIAS ..... 39
7	APÊNDICES ..... 49

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Divisão em quantis da soma da área dos municípios produtores de laranja, limão e tangerina para determinação do grau de risco para a área de hospedeiro (AH). .....	15
2. Variáveis de risco, intervalo utilizado e índice atribuído aos municípios para o risco de entrada da fitobactéria <i>Candidatus Liberibacter spp.</i> no estado do Rio Grande do Sul. ....	15
3. Conversão dos índices atribuídos aos municípios para as classes de baixo, médio e alto risco de entrada da fitobactéria <i>Candidatus Liberibacter spp.</i> no estado do Rio Grande do Sul. ....	16
4. Variáveis bioclimáticas utilizadas na comparação entre os estados São Paulo, Minas Gerais e Paraná com o Rio Grande do Sul. ....	17
5. Índices atribuídos aos atributos de risco de disseminação Área de Hospedeiro, Risco de Estabelecimento e Potencial de Gerações Anuais de <i>Diaphorina citri</i> . .....	26
6. Quantitativo em área e percentagem dos municípios classificados em níveis de risco para a entrada do <i>Candidatus Liberibacter spp.</i> em pomares cítricos do estado do Rio Grande do Sul. ....	27
7. Números de municípios que se encontram no zoneamento para o risco baixo, médio e alto para o estabelecimento de espécies da fitobactéria <i>Candidatus Liberibacter</i> em área de pomares cítricos do estado do Rio Grande do Sul. ....	29
8. Distribuição dos municípios e área de citros classificados como baixo, médio e alto risco potencial de disseminação de para o estabelecimento de espécies da fitobactéria <i>Candidatus Liberibacter</i> no Rio Grande do Sul. ....	31
9. Resultado do somatório de classes de risco obtidas e atribuição de escala ao risco de <i>Candidatus Liberibacter</i> no Rio Grande do Sul. ....	32

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1 Mapa do estado do Rio Grande do Sul com a distribuição das áreas de cultivo de citros por município. As áreas cultivadas com laranja, limão e tangerina são representadas em hectares (ha), distribuídas nas cores bege (0-13 ha), laranja (13-30 ha), laranja-escuro (30-69 ha) e marrom (69-1745 ha) para diferenciar os municípios com menor e, ou, maior área plantada de citros. ....	12
2 Mapa do estado do Rio Grande do Sul com pontos de ingresso de material cítrico IMC (vermelho) provenientes de estados brasileiros com potencial para a presença do <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. e, ou, do inseto-vetor virulífero ( <i>Diaphorina citri</i> ). ....	13
3 Mapa parcial da América do Sul, destacando as condições fitossanitárias das províncias argentinas, em especial Misiones e Corrientes, que fazem fronteira com o estado do Rio Grande do Sul. As regiões em vermelho têm a presença do Huanglongbing (HLB) e as em amarelo a presença do vetor <i>Diaphorina citri</i> (adaptado de SENASA, 2018). ....	14
4 Mapa mostrando as variáveis bioclimáticas dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul com os parâmetros de alto (verde escuro), médio (azul claro) e baixo (azul escuro). ....	18
5 (a) Seleção de um pomar cítrico para obtenção de coordenada geográfica pela plataforma Google Earth. (b) Mapa mostrando a distribuição geográfica dos pontos de referência (verde) dos pomares cítricos nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. ....	19
6 Mapa dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul com as zonas climáticas favoráveis para o estabelecimento das espécies de <i>Candidatus Liberibacter</i> (MaxEnt) classificadas em muito alto (vermelho-intenso), alto (vermelho), médio-alto (laranja), médio (verde-claro), médio-baixo (verde-intenso), baixo (azul-claro) e muito baixo (azul escuro). ....	20
7 a) Área Abaixo da Curva (AUC) média das modelagens sequenciais em modelo cumulativo ( <i>Cummulative</i> ) do software MaxEnt para ocorrência do <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. e b) Omissão média de pontos das modelagens sequenciais do modelo para ocorrência de <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. no Rio Grande do Sul em comparação com os estados Paraná, São Paulo e Minas Gerais. ....	21

- 8 Distribuição quantil da soma das áreas de laranja, limão e tangerina em ha, por município, no Rio Grande do Sul (a), risco de estabelecimento de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul por suscetibilidade de fatores climáticos em comparação aos estados de ocorrência da doença no Brasil (b) e zoneamento de *Diaphorina citri* para o Rio Grande do Sul com potencial de gerações anuais. .... 23
- 9 Índice atribuído à distribuição quantil da soma das áreas de laranja, limão e tangerina em ha, por município, no Rio Grande do Sul (a), índice atribuído por município às classes baixo, médio e alto risco de estabelecimento de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul (b) e índice utilizado por município do potencial de gerações anuais de *Diaphorina citri* para o Rio Grande do Sul (c). .... 25
- 10 Mapa do estado do Rio Grande do Sul com as zonas de risco de entrada à fitobactéria *Candidatus Liberibacter* spp., classificadas em baixo (verde), médio (amarelo) e alto (vermelho) risco. .... 27
- 11 Mapa do estado do Rio Grande do Sul com as áreas de risco de estabelecimento para as espécies de *Candidatus Liberibacter*. As regiões de baixo risco (verde) são representadas pelas regiões nordeste e noroeste. As regiões de médio risco (amarelo) estão concentradas no centro-sul do estado e na linha de fronteira com Argentina e divisa com o estado de Santa Catarina. As regiões de alto risco (vermelho) concentram-se no sudoeste, com fronteira ao Uruguai, região centro-leste e norte do estado. .... 29
- 12 Risco Potencial Disseminação para as espécies de *Candidatus Liberibacter*, por município, no Rio Grande do Sul, Brasil. Na região de baixo risco (verde) estão inseridos municípios da região nordeste do estado. As regiões de médio risco (amarelo) estão representadas por parte da região nordeste e distribuída pela metade norte do estado, juntamente com a região leste e sul. As regiões de alto risco (vermelho) compreendem municípios das regiões oeste, centro-sudeste, norte e noroeste do estado. .... 31
- 13 Atenção ao risco para *Candidatus Liberibacter* spp. por município no Rio Grande do Sul. As regiões de alto risco (marrom escuro) aplicam-se aos municípios cuja atenção deve ser priorizada com base no mapeamento deste estudo. As regiões de médio risco (marrom claro) identificam municípios de media prioridade e as regiões de baixo risco (marrom translúcido) compreendem municípios de menos exigência de atenção. .... 33

## 1 INTRODUÇÃO

O grupo citros engloba as espécies dos gêneros *Citrus*, *Poncirus* e *Fortunella*, amplamente cultivados em mais de 140 países do mundo em climas tropical, subtropical e mediterrâneo, no chamado “cinturão cítrico” entre 40° N e 40° S de latitude (Zong; Nicolosi, 2020). Neste grupo estão as laranjas doces e azedas bem como tangerinas, mexericas, limões e limas, pomelos, toranjas, cidras e seus híbridos (Ladaniya, 2008; Fao, 2016). No que tange as laranjas, o Brasil se destaca como o maior produtor mundial, com cerca de 689.000 hectares, destacando-se lavouras de laranja com 574.563 ha, limão com 58.502 ha e tangerina com 55.632 ha, conforme o IBGE (2020), participando com 15,6 milhões de toneladas anuais, sendo 34% da produção global (USDA, 2020) e correspondendo a um valor bruto de produção, em 2020, de aproximadamente R\$ 13,8 bilhões nas culturas de laranja, tangerina e limão somadas (IBGE, 2020). Dessas três culturas, o estado Rio Grande do Sul é o quinto produtor brasileiro, com 516,8 mil toneladas distribuídas em mais de 35 mil hectares na safra 2019 (Rio Grande do Sul, 2020), resultando um valor bruto de produção estimado de R\$ 414,8 milhões (IBGE, 2020).

Embora o montante produzido represente 2,64% da produção nacional, a cadeia produtiva da citricultura tem grande importância socioeconômica para o estado. Isto porque a maior fatia da produção do estado tem o envolvimento direto de pequenos produtores, do total envolvido na atividade de cerca de 8.000 produtores (Rio Grande do Sul, 2020). Dentro deste contexto econômico-social, as ameaças fitossanitárias devem ser objeto de atenção, visando não incrementar as vulnerabilidades da cadeia. O Estado é considerado área sem ocorrência de *Candidatus Liberibacter* (MAPA, 2021), agente causal do Huanglongbing (HLB), a principal ameaça para a citricultura rio grandense, que acomete os pomares dos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (Sulzbach *et al.*, 2018; Bassanezi *et al.*, 2020).

O HLB é causado por espécies da fitobactéria *Candidatus Liberibacter*, as quais são habitantes do floema de plantas de citros e insetos vetores (Teixeira *et al.*, 2005; Lopes *et al.*,

2009; Sauer *et al.*, 2015; Paula *et al.*, 2019; Raiol-Junior *et al.*, 2021). No Brasil, as espécies de ocorrência são *Ca. Liberibacter asiaticus* e *Ca. Liberibacter americanus*, com larga prevalência da primeira (Bassanezi *et al.*, 2020). Considerada a principal enfermidade da citricultura mundial (Bové, 2006; Khan; Razi, 2018), o HLB causa um complexo de sintomas, tais como mosqueado e amarelecimento foliar, desfolha, seca-de-ponteiros, frutos verdes com manchas circulares amareladas na casca, internamente, apresentam diferença na maturação, um filete alaranjado partindo da região da inserção com o pedúnculo e abortamento de sementes (Mishra *et al.*, 2011; Haapalainen, 2014). Sem controle efetivo, a doença resulta em diminuição da produtividade e longevidade dos pomares, acarretando à inviabilização da atividade citrícola e abandono da área de cultivo (Gottwald, 2010). Como forma de evitar os prejuízos e impactos decorrentes do HLB, a prevenção ao ingresso do patógeno em áreas indenés é a maneira mais eficiente para evitar ações de controle dispendiosas para erradicar a enfermidade.

Modelos geofitopatológicos podem ser usados como suporte às ações preventivas contra doenças economicamente importantes, por conterem informações climáticas, adaptativas e de disseminação do patógeno e a distribuição geográfica do hospedeiro (Korniss; Caraco, 2005). Utilizados como modelos probabilísticos para o risco de ocorrência de doenças em áreas indenés (Lopes *et al.*, 2008; Moraes *et al.*, 2014; Galdino *et al.*, 2016; Sumida *et al.*, 2019), são capazes de produzir mapeamentos funcionais para melhorar o prognóstico e controle de doenças (Weltzien *et al.*, 1972). O sistema de informação geográfica (SIG) tem sido empregado para a elaboração de mapeamentos geofitopatológicos por agrupar dados de georreferenciamento, climáticos e ecológicos, formando uma complexa rede de modelos de previsibilidade e determinísticos (Rafoss, 2003; Ponti, *et al.*, 2015; Buja, *et al.*, 2021). Estes são capazes de determinar com precisão, áreas com maior e, ou, menor vulnerabilidade para o risco de entrada, estabelecimento e disseminação do patógeno (Soliman, *et al.*, 2012; Bruggen, *et al.*, 2018; Jeger *et al.*, 2018).

Neste estudo foram utilizados dados de área cultivada com citros no estado Rio Grande do Sul por município (IBGE, 2020), as condições climáticas das diferentes regiões do estado e dados de ingresso de material cítrico no estado. Os dados foram incorporados ao *software* SIG, para a composição de modelo determinístico a fim de designar áreas com maior vulnerabilidade à entrada do patógeno, classificando-as conforme o risco de entrada de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul, bem como a identificação de condições

climáticas propícias ao estabelecimento do patógeno no estado, em comparação com estados brasileiros com presença da praga, utilizando-se software de modelagem de nicho ecológico para classificação do risco de estabelecimento. Por fim, foram utilizados os resultados obtidos em *software* SIG para estimativa de áreas de risco de disseminação de *Candidatus Liberibacter spp.* no território do Rio Grande do Sul.

O objetivo proposto do presente estudo foi elaborar mapeamento de matriz de risco de entrada, estabelecimento e disseminação de *Candidatus Liberibacter spp.* no Rio Grande do Sul para subsidiar análise de risco e estratégias de defesa aos patógeno.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Citricultura

O grupo citros representa um conjunto de espécies frutíferas subtropicais e tropicais com maior distribuição pelo globo, tendo como centro de origem o sudeste asiático (Wu *et al.*, 2018). A citricultura possui papel importante para a econômica brasileira, pois o país se destaca como o maior produtor mundial de laranja (15,1 milhões de toneladas) e suco de laranja (992 mil toneladas) no ano 2019 (USDA, 2020). O Rio Grande do Sul ocupa o 4º lugar entre os estados da federação em área de produção de laranja, limão e tangerina, perfazendo um total de 35,4 mil hectares (IBGE, 2019). No que tange ao volume de produção, ocupa a 5ª posição (516,8 mil toneladas) com um valor produtivo de R\$ 400,6 milhões (IBGE, 2019). Os frutos produzidos no estado apresentam excelente aptidão para mesa devido às condições climáticas de alternância de calor durante o dia e frio à noite, proporcionando um alto grau Brix (°Brix) e ótimas propriedades organolépticas (GRUPEX, 2005).

A cultura foi introduzida no estado por imigrantes açorianos no final do século XVIII, nas regiões dos vales dos rios Caí e Taquari, passando a expandir-se para os polos citrícolas das regiões Serra, Sul do estado (região de Pelotas), Alto Uruguai e Fronteira Oeste (Sulzbach *et al.*, 2018). Esta última mais recente e com vocação empresarial (GRUPEX, 2005). Embora as regiões citadas se destaquem como prevalentes na produção citrícola, praticamente todo o estado tem aptidão para a citricultura. Nas regiões mais frias, a restrição ao cultivo pode ser contornada com uso de porta-enxertos mais tolerantes (EMBRAPA, 2004).

A cultura torna-se especialmente importante no Rio Grande do Sul por ser desenvolvida majoritariamente por agricultores familiares, na qual estima-se o sustento de mais de 10 mil famílias (Efrom *et al.*, 2018). Tendo em vista a realidade socioeconômica no meio rural do estado, a cultura responde pela geração de renda e manutenção de produtores no campo, traduzindo-se em importante ativo econômico e social para o desenvolvimento do estado.

Apesar de toda a produção mencionada, o Rio Grande do Sul adquire de outras regiões cerca de 40 mil toneladas de frutas cítricas anualmente (Câmara Setorial da Citricultura do RS), devido principalmente à entressafra durante os meses mais quentes. Este fato pode contribuir para o ingresso de pragas importantes para a cultura e causar prejuízos vultosos para a produção, fazendo-se necessária constante vigilância das fronteiras e divisas para evitar a entrada de produtos *in natura* ou material propagativo contaminado com pragas que podem inviabilizar a produção de citros no estado e trazer um cenário socioeconômico caótico para as regiões e famílias que dependem diretamente da cultura.

Em especial sobre o ingresso de frutos e material propagativo potencialmente infestado, medidas quarentenárias foram estabelecidas para a praga ou em benefício a estas medidas, na forma de legislação para atuação dos órgãos de defesa agropecuária. (Brasil, 2005; Brasil, 2006; Brasil, 2008; Rio Grande do Sul, 2011, Brasil, 2016a; Brasil, 2016b; Brasil, 2018; Brasil, 2021). Entretanto, devido à divisa com o Estado de Santa Catarina apresentar 82 pontos de passagem terrestre, as fronteiras internacionais do estado, sendo frequentes as detecções de ingressos irregulares, associadas à insuficiência de controle no trânsito frente do transporte irregular de produtos vegetais e mesmo por desconhecimento de produtores e da população em geral dos riscos envolvidos na disseminação de pragas a áreas indenes, a incursão de material vegetal infectado pode ocasionar o ingresso da praga, sendo ponto de atenção necessário das autoridades e entidades do setor.

## 2.2 O Huanglongbing

A doença Huanglongbing (HLB), também conhecida por “Greening” ou “Amarelão”, tem como agente associado as fitobactérias nominadas *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Jagoueix *et al.*, 1994), *Candidatus Liberibacter americanus* (Teixeira *et al.* 2005) e *Candidatus Liberibacter africanus* (Jagoueix *et al.*, 1997). São fitobactérias restritas ao floema, cuja identificação completa está inconclusa devido às dificuldades de isolamento e cultivo em condições axênicas (Haapalainen, 2014). De natureza biotrófica, estas bactérias possuem como agentes de disseminação os insetos-vetores *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae; Capoor *et al.*, 1967; Martinez; Wallace, 1967; Teixeira *et al.*, 2005b) e *Trioza erytrae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae; McClean; Oberholzer, 1965). No Brasil, o único inseto-vetor presente é a *D. citri*, com ampla distribuição pelo país (EPPO, 2014). Ainda que a penetração do patógeno seja possível pela enxertia (Davis *et al.*, 2008; Sechler *et*

*al.*, 2009), a principal forma de transmissão é pelo inseto-vetor. Na América do Sul o patógeno apresenta ocorrência na Argentina, Colômbia e Paraguai (Ebratt *et al.*, 2011; Badaracco *et al.*, 2017; González Segnana *et al.*, 2020). No Brasil, estão presentes as fitobactérias *Ca. Liberibacter asiaticus* e *Ca. Liberibacter americanus*, restritas aos estados Minas Gerais, São Paulo, Paraná e recentemente o Mato Grosso do Sul (CABI, 2020), além da ocorrência em *D. citri* em plantas de murta na Bahia (EPPO, 2020).

O inseto-vetor *D. citri*, conhecido como o psilídio-asiático-dos-citros, está relatado no Brasil desde 1942 (Lima, 1942). Possui tamanho de 2 a 3 mm, alimenta-se do floema de plantas hospedeiras e ocorre preferencialmente em ramos novos das plantas da família Rutaceae (Hall; Hentz, 2011; Haapalainen, 2014). A murta [*Murraya paniculata* (L.) Jack] é o seu hospedeiro preferencial, muito utilizada em arborizações e paisagismo no país. Este hospedeiro alternativo é reservatório para as fitobactérias, destacando-se como importante fonte de inóculo. A *D. citri* apresenta ciclo de vida de aproximadamente 18 dias, porém, pode haver variações entre 12,1 a 43,5 dias conforme as condições de temperatura e tipo de hospedeiro (Nava *et al.*, 2007). A dispersão do inseto-vetor apresenta padrão de distribuição agregada (Paiva, 2009), com aumentos populacionais relacionados à emissão de ramos novos pelos hospedeiros (Tsai; Wang; Liu, 2002). Os adultos podem voar continuamente até 2,4 km na ausência de vento, com evidências de maior dispersão localizada e duração de voo quando infectado por *Ca. Liberibacter asiaticus* (Martini; Pelz-Stelinski; Stelinski, 2016). No transporte passivo, está relatada a dispersão pelo vento com potencial de atingir entre 90 a 145 km (Gottwald; Graça; Bassanezi, 2007; Kobori *et al.*, 2011). Notadamente, a distribuição das fitobactérias em pomares de citros, bem como a dispersão a longa distância estão diretamente relacionados ao comportamento do inseto-vetor (Halbert; Manjunath, 2004). Desta forma, é recomendado que medidas de ação contra as fitobactérias tenham como alvo primário o inseto-vetor, para ter um resultado satisfatório na redução ou eliminação da doença.

Em se tratando de sintomas, o HLB se manifesta no limbo foliar em matizes de cores que variam de cloróticas ao verde-claro e escuro, configurando um aspecto de mosqueado difuso, muito semelhante à deficiência de zinco. Nos frutos, o flavedo pode apresentar coloração irregular com manchas amareladas e esverdeadas (Bové, 2006; Gottwald; Graça; Bassanezi, 2007; Wang; Trivedi, 2013). O endocarpo também pode ter maturação irregular, com regiões amarelas e outras verdes. Na columela ocorre o deslocamento do eixo central causando assimetria (Belasque Junior, *et al.*, 2010). A queda de frutos é progressiva, podendo comprometer em até 100% a

produção da planta (Bassanezi *et al.*, 2006). Os ramos infectados ficam amarelos e apresentam intensa desfolha, evoluindo para a seca-de-ponteiros. O HLB não provoca a morte da planta, porém, a partir do surgimento da primeira planta sintomática, os pomares podem se tornar inviáveis economicamente de sete a dez anos (Belasque Junior *et al.*, 2009). Este tempo pode ser menor em pomares jovens, passando para cinco anos (Gottwald; Graça; Bassanezi, 2007).

As medidas preventivas à infecção pelo patógeno baseiam-se em medidas de exclusão, com programas governamentais e precauções à entrada de plantas infectadas. O controle da população de *D. citri* e monitoramento de plantas sintomáticas são adotados em regiões de ocorrência de *Ca. Liberibacter* spp. (EMBRAPA, 2017). O manejo da doença consiste principalmente na erradicação das plantas doentes e controle do inseto-vetor. Medidas legislativas são adotadas nos territórios de ocorrência, bem como a busca por melhoramento genético para tolerância e barreiras físicas à dispersão do vetor. O sucesso das abordagens individuais ou combinadas depende do nível de infestação. Em regiões onde a incidência da doença é baixa, as práticas mais comuns são evitar a propagação da infecção por meio da remoção de árvores sintomáticas, proteger as bordas dos bosques por meio de monitoramento intensivo e controle do inseto-vetor.

O manejo de árvores infectadas inclui nutrição aprimorada por pulverizações foliares de nutrientes e fitohormônios prontamente absorvíveis, ou regulação do pH do solo para aumentar a absorção de nutrientes e irrigação de precisão com base na detecção de umidade do solo e nas necessidades de árvores afetadas por HLB (Stansly; Arevalo; Zekri, 2010; Albrecht *et al.*, 2012; Martini; Pelz-Stelinski; Stelinski, 2016; Zheng *et al.*, 2018; Dala-Paula *et al.*, 2019). Na Flórida, Tratamentos térmicos e com antibióticos têm sido utilizados (Zhang *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2012; Hoffman, 2013; Zheng *et al.*, 2019). Todavia, as estratégias de controle apresentaram-se ineficientes a campo, pois o período de incubação das *Ca. Liberibacter* spp. é de três meses a dois anos (Belasque Junior, *et al.*, 2010) o que dificulta a identificação de árvores infectadas assintomáticas, resultando em insucesso no controle. Para pomares com detecção a partir de 28% de plantas sintomáticas, a erradicação é o ideal (Belasque Junior, *et al.*, 2010), tendo em vista que o custo do manejo se torna economicamente inviável. Além disso, a manutenção do pomar não fornece o retorno econômico desejável e pode servir de fonte de inóculo para pomares indenes (Bassanezi *et al.*, 2010). Medidas de natureza quarentenária são preconizadas por órgãos de proteção fitossanitária no Brasil, no

intuito de conter a doença nos territórios de ocorrência e barrar sua disseminação. As medidas ocorrem em estados de ocorrência e nacionalmente, a fim de prevenir o ingresso em áreas indenes (Portarias estaduais e Portaria 317 MAPA, de 2021)

### **2.3 Análise de Risco de Praga**

A Análise de Risco de Praga (ARP) vem se tornando um instrumento de avaliação cada vez mais exigido frente às transferências de material em escala interterritorial e global (Robinet *et al.*, 2012). Com a facilitação do transporte de mercadorias e o aumento gradual do comércio de produtos vegetais em nível mundial, uma maior importância tem sido dada à prevenção do ingresso de pragas nas regiões de destino. A entrada de um patógeno em uma área indene pode trazer conseqüências catastróficas, como foi observado à devastação da cultura da batata, pelo ingresso de *Phytophthora infestans* na Irlanda, resultando em milhões de mortos e emigração da população (Goss *et al.*, 2014).

Outras perdas de biomassa vegetal com o ingresso de patógenos resultaram em situações impactantes, levando os governos a tomarem medidas preventivas e mitigadoras de risco (MAPA, 2008; Mansfield *et al.*, 2012; Graig *et al.*, 2017). A entrada de patógenos exógenos em áreas indenes pode impactar negativamente na agropecuária de um determinado país ou região, bem como nas condições socioeconômicas da população. Admitindo-se o risco em potencial para o ingresso de novas pragas, diversos estudos vêm sendo conduzidos para aprimoramento dos modelos de análise (Rafoss, 2003; Rank *et al.*, 2020; Mastin *et al.*, 2020).

As ARPs comumente admitem três fases de identificação de risco, às quais delimita-se o risco de entrada, estabelecimento e de disseminação de um patógeno (Stansbury *et al.*, 2001; Bruggen *et al.*, 2018). Adicionalmente, são levantados em análise os impactos econômicos diretos e indiretos do ingresso e disseminação do agente patogênico. A entrada refere-se à probabilidade de um patógeno exótico (unidade propagativa) infectar um hospedeiro suscetível na área estudada. O estabelecimento indica a probabilidade dos propágulos do patógeno sobreviverem e estarem aptos para infectar novos hospedeiros. Por último, a disseminação consiste na avaliação de unidades espaciais (hospedeiros) como potenciais alvos de novas infecções provenientes das fontes de inóculo (unidades infectadas inicialmente) (EPPO, 2011; FAO, 2017; Jeger *et al.*, 2018).

A entrada do patógeno em uma área pode ser por vias naturais ou facilitadas pela ação antrópica. Enquanto que, o estabelecimento tende a ser majoritariamente influenciado pelas condições climáticas para a sobrevivência do patógeno e sucesso de novas infecções. A disseminação ocorre com a integração dos fatores anteriores (Bruggen *et al.*, 2018; Jeger *et al.*, 2018). Os métodos distintos de avaliação são aplicados conforme a disponibilidade de dados, ambiente e agente etiológico, nas diferentes fases de análise de risco (Korniss; Caraco, 2005; Tyson; Wilson; Lane, 2011; Fennel, *et al.*, 2012; Jia, *et al.*, 2013; Douma, *et al.*, 2016). O desafio maior é associar os dados disponíveis (rotas de ingresso, material infestante e áreas de hospedeiros) com a biologia do patógeno para a elaboração de um modelo com maior acurácia e precisão (Bruggen *et al.*, 2018). Isto torna o modelo robusto para a predição dos eventos que podem favorecer o patógeno na entrada, estabelecimento e disseminação.

O estudo do comportamento epidemiológico das doenças de plantas, associado às condições geográficas, características do patógeno, suscetibilidade do hospedeiro e predisposições climáticas, fundamentam a geofitopatologia como campo de estudo de possibilidades crescentes para o manejo e a prevenção de doenças distribuídas em escala geográfica (Jeger, 2020; Trebicki, 2020; Savary; Willocquet, 2020). Neste contexto, metodologias têm sido utilizadas para a determinação de áreas de risco à ocorrência de doenças, bem como norteadas ações para o manejo vislumbrando maior eficiência e redução de custos (Torres-Pacheco *et al.*, 2013; Narouei-Khandan *et al.*, 2016; Sulzbach *et al.*, 2018).

#### **2.4 Mapeamento geofitopatológico e ferramentas espaciais**

O termo geofitopatologia foi primeiramente cunhado por Weltzien, em 1967 (Weltzien, 1967), trazendo a conceitualização do estudo da distribuição espacial de doenças em plantas. Outras abordagens semelhantes são relatadas tratando do mesmo assunto, derivadas de estudos médicos de doenças humanas e suas distribuições geográficas (Reichert, 1950; Weltzien, 1967). O termo engloba o estudo dos fenômenos de distribuição geográfica de doenças de plantas, compreendendo as interdependências ecológicas e demais fatores envolvidos (epidemiologia do agente causal, vetores e disseminação). A ênfase dos fatores envolvidos recai sobre as condições climáticas para a área geográfica estudada, como reportado por estudos pioneiros (Stakman; Harrar, 1947; Moore, 1970). Notadamente, por ser um fator determinante às atividades de estabelecimento e disseminação necessárias para o sucesso do patógeno introduzido ou autóctone de uma determinada área.

As informações ecológicas, geográficas, climáticas e outras, são conjuminadas para a elaboração de mapas produzidos em *softwares*, para a confecção dos modelos de risco (Kelly *et al.*, 2007; Galdino *et al.*, 2016; Ramos *et al.*, 2018; Ramos *et al.*, 2019; Almeida *et al.*, 2020). O emprego destes modelos possibilita a compreensão dos processos epidemiológicos à aplicação de estratégias de manejo na prevenção e controle de pragas agrícolas (Bartell; Nair, 2004; Korniss; Caraco, 2005; Jerde; Lewis, 2007). No caso do HLB, causado por espécies de *Candidatus Liberibacter*, para o qual não há controle efetivo, há vantagem adicional no uso de ferramentas espaciais para determinação do risco e manutenção de áreas indenens, o que é objetivado na legislação (Brasil, 2005; Brasil, 2006; Brasil, 2008; Rio Grande do Sul, 2011; Brasil, 2016, Brasil, 2016, Brasil, 2021). Isto porque permite antever possíveis eventos que favoreçam a chegada da doença em áreas de importância citrícola, bem como o estabelecimento e disseminação dentro de uma determinada região.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Risco de entrada de *Candidatus Liberibacter spp.*

Para a elaboração do mapa das zonas de risco de entrada da fitobactéria, foram utilizadas dados de Área com cultivo do Hospedeiro (AH), Ingresso de Material Cítrico (IMC) e Fronteira Internacional (FI) com o país com ocorrência do HLB (fronteira com a Argentina). A AH foi composta pela soma da área disponível para colheita, em hectares, de pomares de laranja, limão e tangerina para cada município do RS (FIGURA 1), com dados da Produção Agrícola Municipal do IBGE (IBGE, 2018). Para o IMC foram utilizados dados do Departamento de Defesa Agropecuária da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural do RS (Rio Grande do Sul, 2018), de interceptação de cargas em barreiras fitossanitárias localizadas nos municípios de Torres, Vacaria, Barracão, Marcelino Ramos, Iraí e Nonoai, na divisa dos estados do Rio Grande do Sul com Santa Catarina durante o ano de 2018 (FIGURA 2). Adicionalmente, dados de cargas de citros em *packing houses* oriundas dos estados de ocorrência da enfermidade, também foram utilizados (SDA, 2018). Por último, para a FI, os municípios que fazem fronteira com a Argentina (FIGURA 3) foram incluídos como de risco adicional, por haver o HLB naquele país (CABI, 2018).

A AH (FIGURA 1) reflete o risco de ingresso do patógeno conforme a área de citros no município. Esta variável de risco foi considerada proporcional ao risco de entrada do patógeno, atribuindo-se classes de risco baixo, médio e alto conforme a área com cultivo de citros. As áreas de laranja, limão e tangerina foram somadas em planilha eletrônica e os resultados referenciados aos municípios do estado. A variável AH resultante foi subdividida em quatro quantis subdividindo a extensão de área de citros por município do RS (TABELA 1; FIGURA 1) pelo *software* Qgis 3.8 Zanzibar (Qgis, 2019). Um arquivo *shapefile* foi elaborado com a distribuição das áreas nos quantis, por município (FIGURA 1).



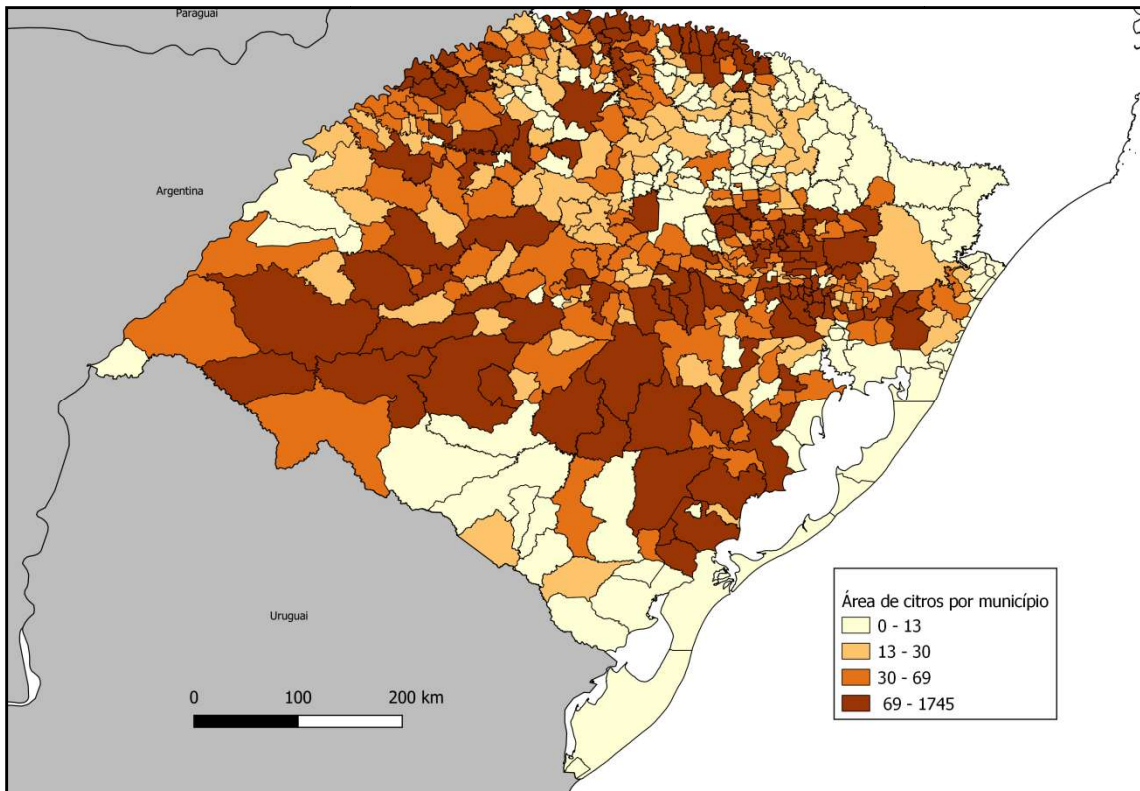


FIGURA 1 - Mapa do estado do Rio Grande do Sul com a distribuição das áreas de cultivo de citros por município. As áreas cultivadas com laranja, limão e tangerina são representadas em hectares (ha), distribuídas nas cores bege (0-13 ha), laranja (13-30 ha), laranja-escuro (30-69 ha) e marrom (69-1745 ha) para diferenciar os municípios com menor e, ou, maior área plantada de citros. Felicetti, 2021.

A variável IMC refere-se ao risco de entrada do patógeno ou inseto-vetor virulífero por materiais de citros oriundos dos estados brasileiros Minas Gerais, Paraná e São Paulo, com ocorrência da doença (FIGURA 2). Tendo em vista a ocorrência do inseto-vetor no estado, conforme levantamento do MAPA em conjunto com EMBRAPA e SEAPDR constatando a presença de *D. citri* no RS (EMBRAPA, 2012), juntamente com a presença de hospedeiros em pomares domésticos não comerciais, fatores adicionados à frequente utilização da murta (*Murraya paniculata* (L.) Jack), hospedeira de *D. citri*, em arborização urbana, o risco de ingresso (entrada e estabelecimento) do patógeno é potencializado. Com isso, foi adotado o critério categórico de atribuição de alto risco para os municípios com registro de entrada de materiais provenientes dos estados de ocorrência da doença, uma vez que a disseminação de pragas tem forte influência antrópica (Macleod; Baker, 2003; Korniss; Caraco, 2005; Douma *et al.*, 2016) e o vetor *Diaphorina citri* virulífero pode sobreviver ao transporte em condições de dispersão (Bassanezi *et al.*, 2010). Dos registros de IMC foram

obtidas as coordenadas geográficas e atribuídas aos municípios com IMC. Os dados obtidos foram lançados em arquivo *shapefile* no *software* Qgis para visualização em mapa de todo o estado. Ao todo, foram verificados registros de 2.448 ocorrências de IMC em 24 municípios do estado.

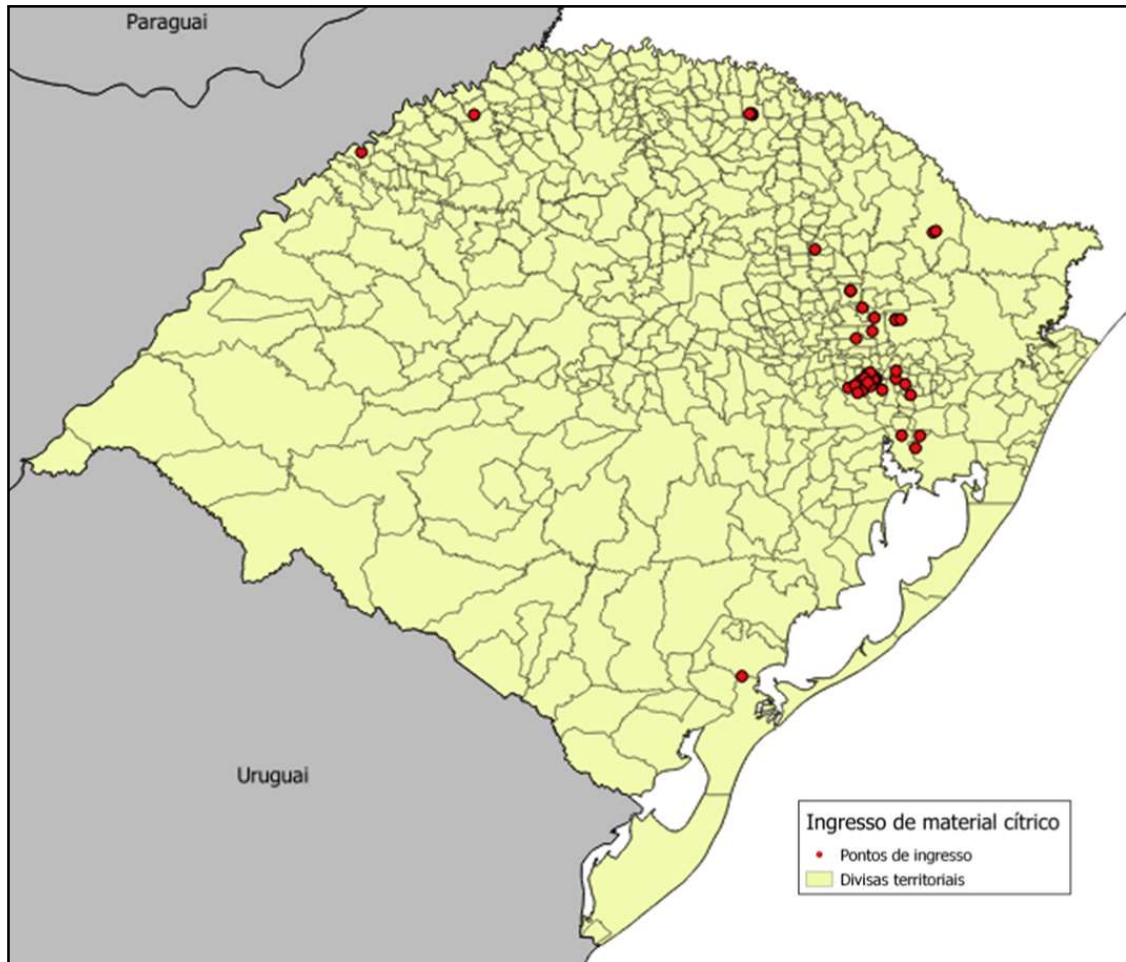


FIGURA 2. Mapa do estado do Rio Grande do Sul com pontos de ingresso de material cítrico IMC (vermelho) provenientes de estados brasileiros com potencial para a presença do *Candidatus Liberibacter* spp. e, ou, do inseto-vetor virulífero (*Diaphorina citri*). Felicetti, 2021.

Na variável FI foi considerado o risco do deslocamento autônomo (vôo) ou por correntes de vento de *D. citri* virulífero, bem como o transporte fronteiriço de material potencialmente infectado com o patógeno. Esta possibilidade se torna importante frente ao *status* fitossanitário de ocorrência do *Candidatus Liberibacter* spp. na citricultura argentina, sobretudo nas províncias ao nordeste do país, Misiones e Corrientes, as quais têm fronteira com o RS (FIGURA 3). Notadamente, isto eleva o risco para o surgimento de infecções em

plantas hospedeiras nos municípios de fronteira. Assim, foi adotado critério categórico de alto risco nos municípios limítrofes com o país vizinho.

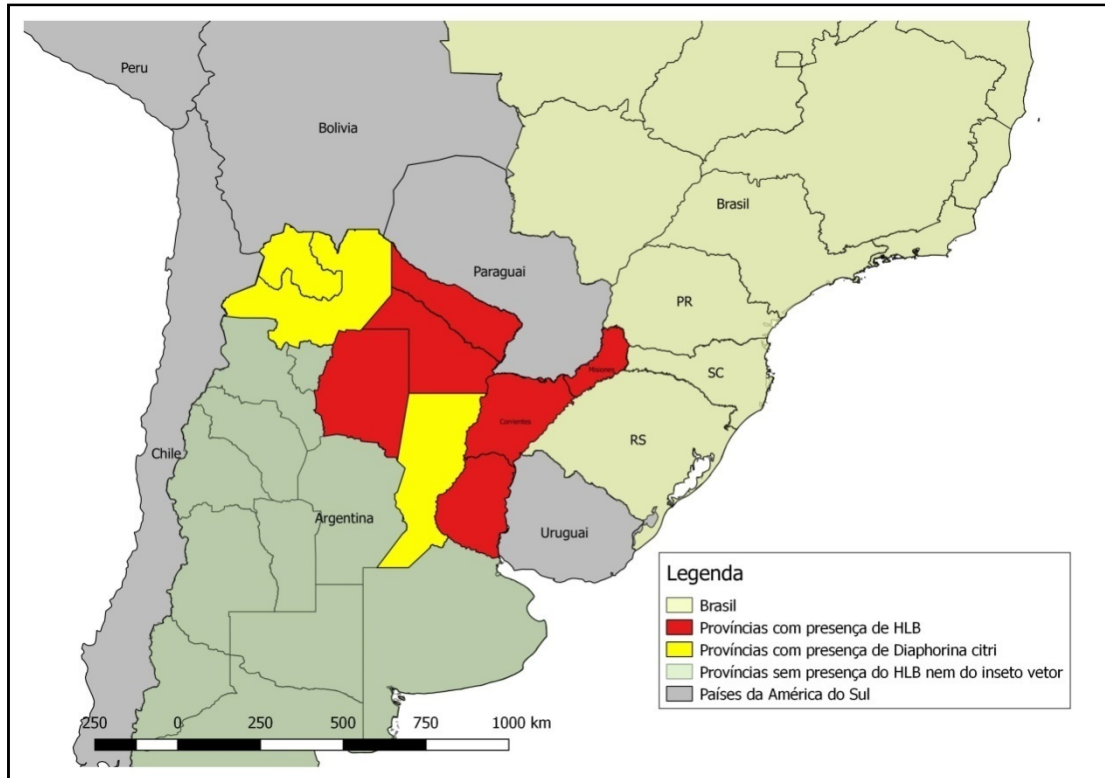


FIGURA 3. Mapa parcial da América do Sul, destacando as condições fitossanitárias das províncias argentinas, em especial Misiones e Corrientes, que fazem fronteira com o estado do Rio Grande do Sul. As regiões em vermelho têm a presença do Huanglongbing (HLB) e as em amarelo a presença do vetor *Diaphorina citri* (adaptado de Argentina, 2018). Felicetti, 2021.

Definida a composição do risco às variáveis, foi efetuada a atribuição dos índices para definição das classes baixo, médio e alto risco de entrada de *Candidatus Liberibacter spp.* no Rio Grande do Sul, por município. Estabeleceu-se a divisão das variáveis em contínuas e categóricas para o procedimento da análise com base em modelo adaptado (Macleod; Baker, 2003). Os dados foram reunidos por município, utilizando-se a divisão por quantis (TABELA 1) pelo risco AH, no qual os 1º e 2º quantis foram considerados de baixo risco de entrada do patógeno, o 3º quantil foi considerado de médio risco de entrada e o 4º quantil foi considerado de alto risco para entrada de *Candidatus Liberibacter spp.* no Rio Grande do Sul. Para o IMC foi atribuído o índice alto (4) para os municípios que receberam material cítrico oriundo dos estados com a ocorrência da doença, bem como para os municípios limítrofes à FI com a Argentina, sendo utilizada em ambos a identificação V para índice 4 e F para índice 0

(TABELA 2). Posteriormente, foi efetuado o somatório dos índices atribuídos às variáveis AH, IMC e FI. O somatório permitiu um índice nominal máximo de 12 e mínimo de 1, resultando nas categorias de risco por município para a entrada de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul.

TABELA 1. Divisão em quantis da soma da área dos municípios produtores de laranja, limão e tangerina para determinação do grau de risco para a área de hospedeiro (AH).

Quantil	Área (ha)
1 – Baixo risco	0 – 12
2 – Baixo risco	13 – 30
3 – Médio risco	31 – 69
4 – Alto risco	70 - 1745

Felicetti, 2021.

TABELA 2. Variáveis de risco, intervalo utilizado e índice atribuído aos municípios para o risco de entrada da fitobactéria *Candidatus Liberibacter* spp. no estado do Rio Grande do Sul.

Variável de Risco	Intervalo	Índice Atribuído
Área do Hospedeiro (AH)	0 – 1745	1 a 4
Ingresso de Material Cítrico (IMC)	V ou F	0 ou 4
Fronteira Internacional (FI)	V ou F	0 ou 4

Felicetti, 2021.

Os valores dos índices obtidos por variável de risco e por município foram somados, resultando em um índice de risco geral para as três variáveis (TABELA 3) e permitindo uma classificação do risco para a entrada do patógeno em baixo, médio e alto risco, por município do Rio Grande do Sul através da divisão do índice pelas três classificações. Desta forma, foi elaborado um arquivo no formato *shapefile* com os índices dos municípios e atribuídas as classes, com associação do intervalo de índices definidos em baixo, médio e alto risco de entrada da fitobactéria no Rio Grande do Sul (TABELA 3), para os quais foi elaborado o mapa com as classes de risco de entrada (FIGURA 11).

TABELA 3. Conversão dos índices atribuídos aos municípios para as classes de baixo, médio e alto risco de entrada da fitobactéria *Candidatus Liberibacter spp.* no estado do Rio Grande do Sul.

Classe de Risco	Intervalo do índice resultante
Baixo Risco	1,0 a 3,0
Médio Risco	4,0 a 6,0
Alto Risco	7,0 a 12,0

Felicetti, 2021.

### 3.2 Risco de estabelecimento de *Candidatus Liberibacter spp.*

Para a determinação do risco de estabelecimento do *Candidatus Liberibacter spp.* no território do estado do Rio Grande do Sul, foi utilizado o método de Modelagem de Nicho Ecológico, baseado em comparação quantitativa entre sítios geográficos para a ocorrência de uma espécie e condições ambientais (Hill; Terblanche, 2014; Warren; Glor; Turelli, 2010), uma vez que para o estabelecimento de uma praga as variáveis climáticas são consideradas de grande importância (Roura-Pascual *et al.*, 2011; Sutherst, 2003). Foi utilizado o *software* de mapeamento global (Google, 2018) para localização dos pontos geográficos de pomares cítricos, selecionados em áreas de pomares dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná, que têm a presença do patógeno, enquanto que para a modelagem de nicho ecológico foi utilizado o *software* MaxEnt (Phillips; Dudík; Schapire, 2018), com base em máxima entropia de dispersão dos agentes biológicos de estudo (Radosavlji; Vicelalli, 2013; Phillips *et al.*, 2006). Foi utilizado mapa do Rio Grande do Sul (Mapas IBGE, 2018) em um *software* de Informações Geográficas (Qgis, 2018), para conversão em arquivo numérico (extensão CSV) e analisado no *software* de modelagem de nicho ecológico (Maxent, 2018), juntamente com variáveis bioclimáticas. As variáveis bioclimáticas geolocalizadas foram obtidas pelo consórcio WorldClim (Worldclim, 2018). Este disponibiliza mapas matriciais com informações espaciais de 19 variáveis bioclimáticas na forma de imagens com os atributos bioclimáticos. Para análise em modelo de nicho ecológico, é necessário que sejam utilizadas variáveis com influência independente no modelo, excluindo-se as correlacionadas (Merow; Smith; Silander, 2013). Na definição das variáveis bioclimáticas a serem utilizadas no estudo foi utilizado o *software* SDMtoolbox (Brown; Bennett; French, 2017) de correlação entre variáveis, eliminando-se variáveis bioclimáticas com alta correlação estatística e evitando a sobreposição de dados na análise (Merow; Smith; Silander, 2013). Como resultado, foram

utilizadas oito variáveis bioclimáticas (TABELA 4; FIGURA 4) em análise no *software* MaxEnt visando verificar a similaridade ecológica com as regiões de ocorrência.

TABELA 4. Variáveis bioclimáticas utilizadas na comparação entre os estados São Paulo, Minas Gerais e Paraná com o Rio Grande do Sul.

Variável Bioclimática de Estudo
Temperatura média anual
Faixa de temperatura diurna média mensal (máxima – mínima)
Faixa anual de temperatura
Temperatura média do trimestre mais seco
Precipitação anual
Precipitação do mês mais úmido
Precipitação do mês mais seco
Precipitação do trimestre mais quente

Felicetti, 2021.

Os mapas matriciais com as variáveis bioclimáticas selecionadas foram unificados com o mapa do Rio Grande do Sul. Ambas as projeções foram ajustadas para o Datum ESPG4326 - WGS 84. Com o emprego da ferramenta 'Uniões' do *software* Qgis, as projeções foram unidas e foi gerado um novo arquivo *shapefile* com todos os atributos bioclimáticos sobrepostos. Posteriormente o arquivo foi exportado em extensão de texto para proceder a análise no *software* MaxEnt.

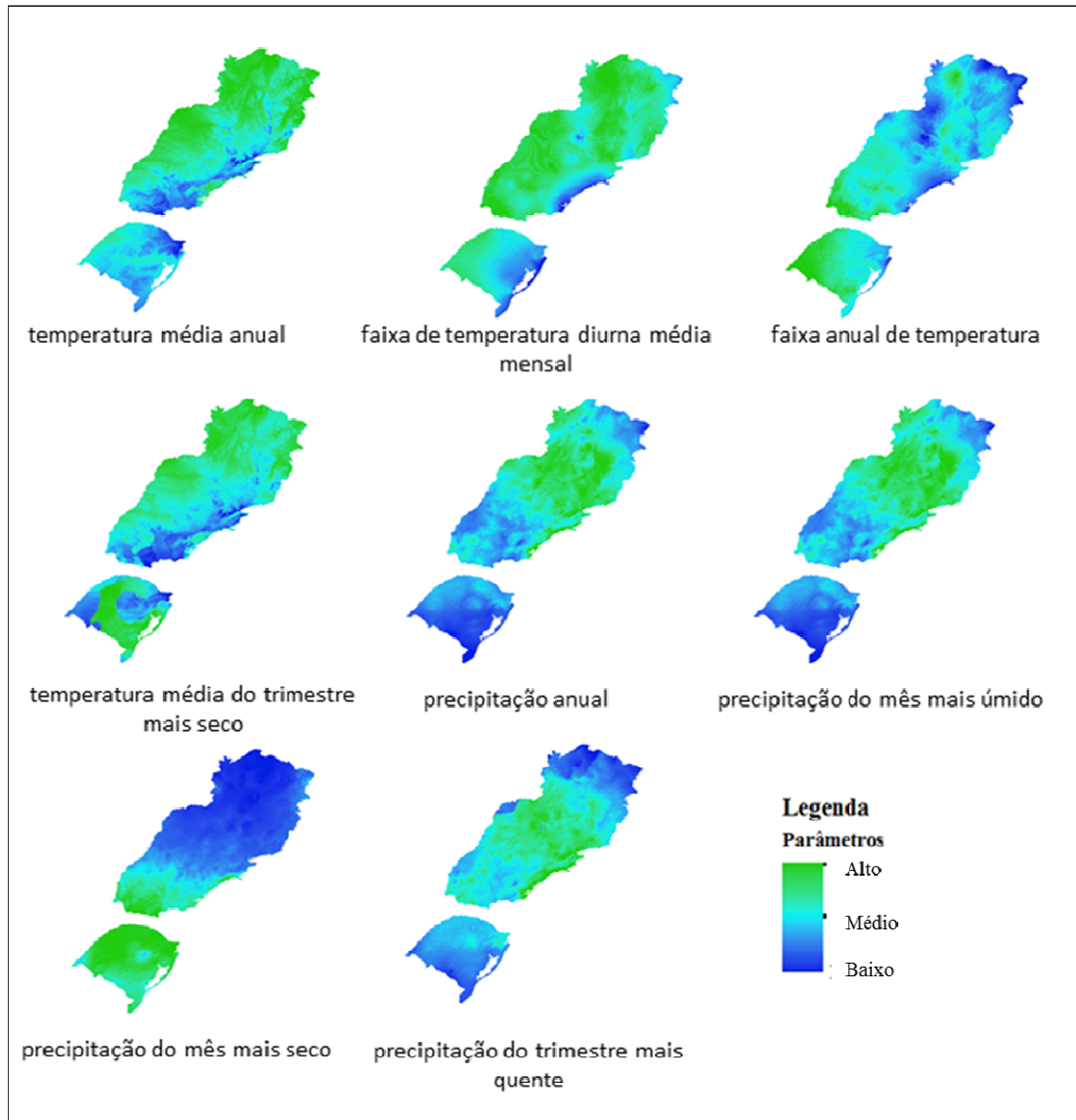


FIGURA 4. Mapa mostrando as variáveis bioclimáticas dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul com os parâmetros de alto (verde escuro), médio (azul claro) e baixo (azul escuro). Felicetti, 2021.

Para realizar a modelagem de nicho ecológico, foram selecionados municípios nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná que apresentaram maior porcentagem de erradicação de plantas cítricas em decorrência do HLB (São Paulo, 2018; IMA, 2018, ADAPAR, 2018). As coordenadas das áreas geográficas dos pomares cítricos foram obtidas via plataforma Google Earth<sup>®</sup> (FIGURA 5a), no qual foram selecionados 89 pontos de referência (FIGURA 5b). As coordenadas obtidas foram salvas em arquivo de texto e utilizadas como amostras (*samplers*) para rodagem do programa MaxEnt.



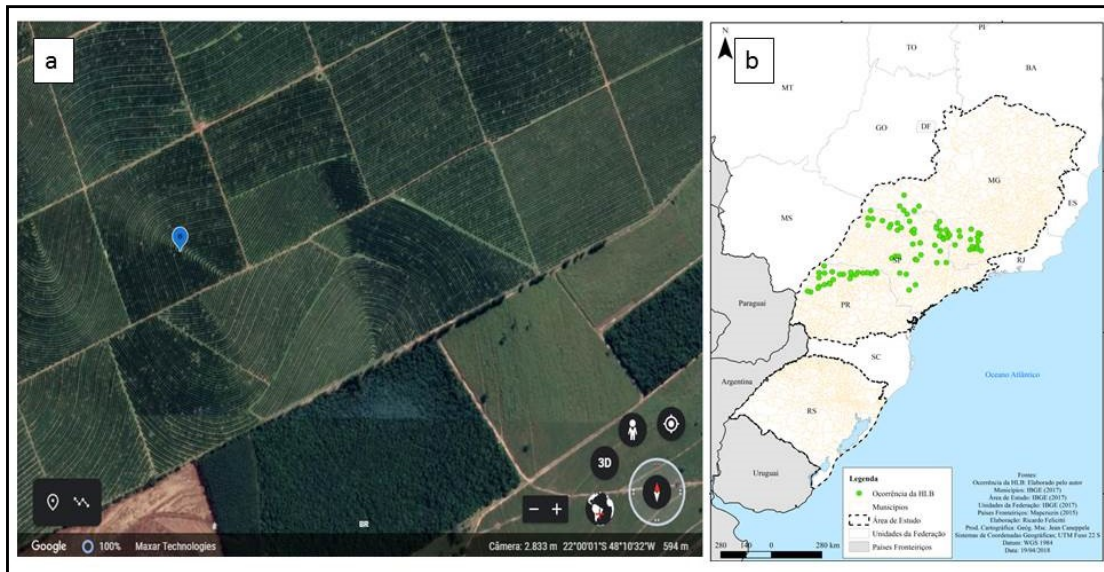


FIGURA 5. (a) Seleção de um pomar cítrico para obtenção de coordenada geográfica pela plataforma Google Earth. (b) Mapa mostrando a distribuição geográfica dos pontos de referência (verde) dos pomares cítricos nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Felicetti, 2021.

Após a obtenção dos pontos e conversão das coordenadas em arquivo de texto, os dados foram computados no *software* Maxnt. A base de cálculo no modelo desempenhado pelo *software* fundamenta-se na quantidade de escolhas aleatórias envolvendo ocorrência de *Candidatus Liberibacter* spp., estabelecendo a probabilidade relativa de ocorrência do patógeno para cada unidade de estudo no território em análise, convalidado pela similaridade bioclimática (Merow; Smith; Silander, 2013). A análise é comumente aplicada para previsões nas quais há pouca disponibilidade de dados ou dados incompletos (Dalapicolla, 2016).

A análise no programa consistiu no uso de 19 dos pontos geográficos de ocorrência (FIGURA 5b) de *Candidatus Liberibacter* spp. como calibragem do programa (treino) e o uso dos 70 pontos restantes na análise definitiva (teste). Foram realizadas 14 modelagens em cada função de análise disponível no *software* (*default*, *Raw* e *Cumulative*). A função *Cumulative* foi selecionada por melhor representar visualmente as condições ambientais de estabelecimento no estado do Rio Grande do Sul em comparação com os estados de ocorrência do patógeno (FIGURA 6).



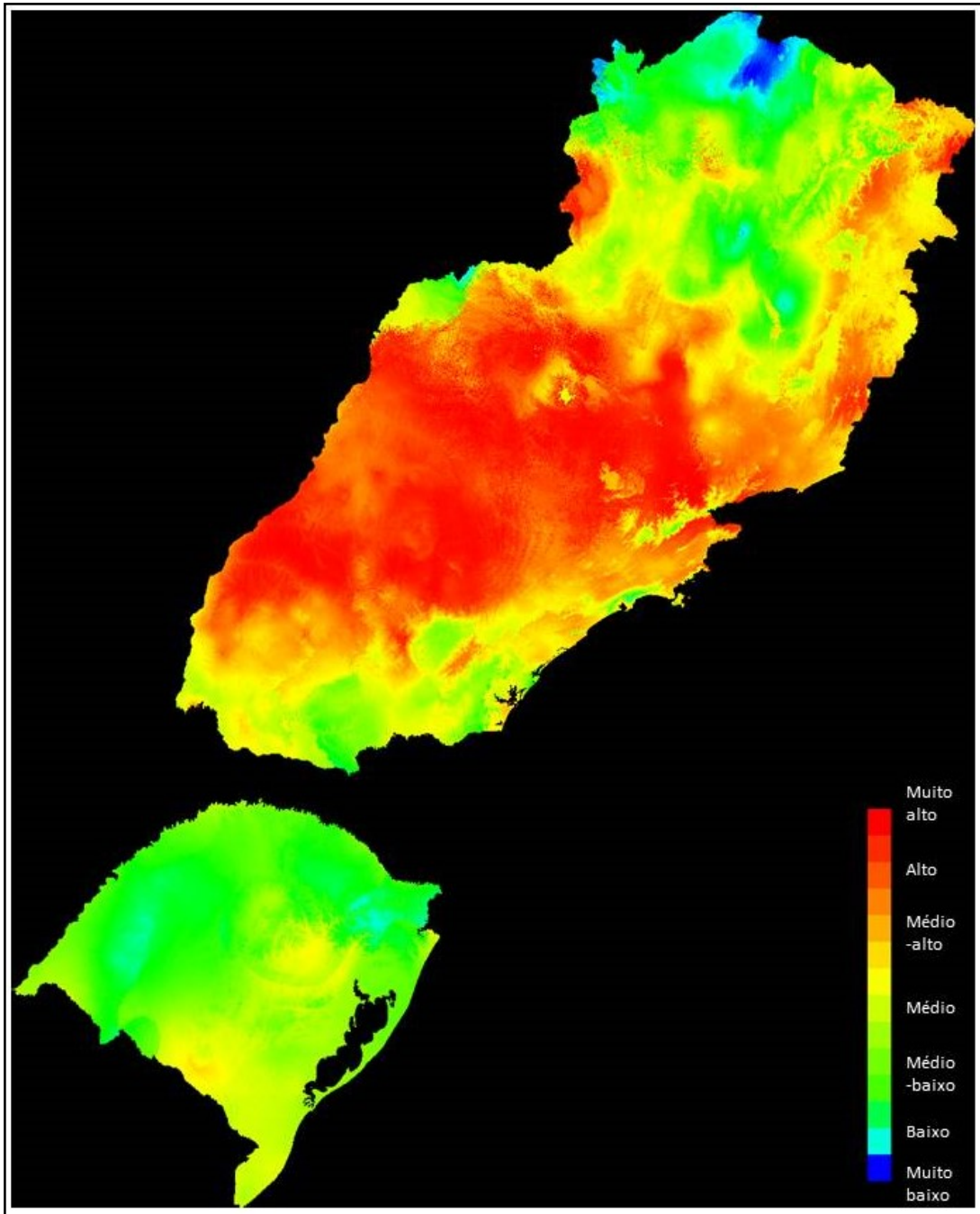


FIGURA 6. Mapa dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul com as zonas climáticas favoráveis para o estabelecimento das espécies de *Candidatus Liberibacter* (MaxEnt) classificadas em muito alto (vermelho-intenso), alto (vermelho), médio-alto (laranja), médio (verde-claro), médio-baixo (verde-intenso), baixo (azul-claro) e muito baixo (azul escuro). Felicetti, 2021.

A análise estatística que compõe o software MaxEnt permite a avaliação da acurácia do modelo elaborado através da Área Abaixo da Curva (do original AUC), referindo que quanto maior a área, maior a acurácia do modelo, bem como as omissões do modelo com base

nos testes proporcionados (FIGURA 8). No caso do modelo proposto as análises sequenciais permitiram uma AUC média de 0,898, indicando um modelo satisfatório para as previsões esperadas. (Dalapicolla, 2016; Merow; Smith; Silander, 2013; Narouei-Khandan *et al.*, 2016; Phillips *et al.*, 2006; Radosavljevic; Anderson, 2013; Torres-Pacheco *et al.*, 2013).

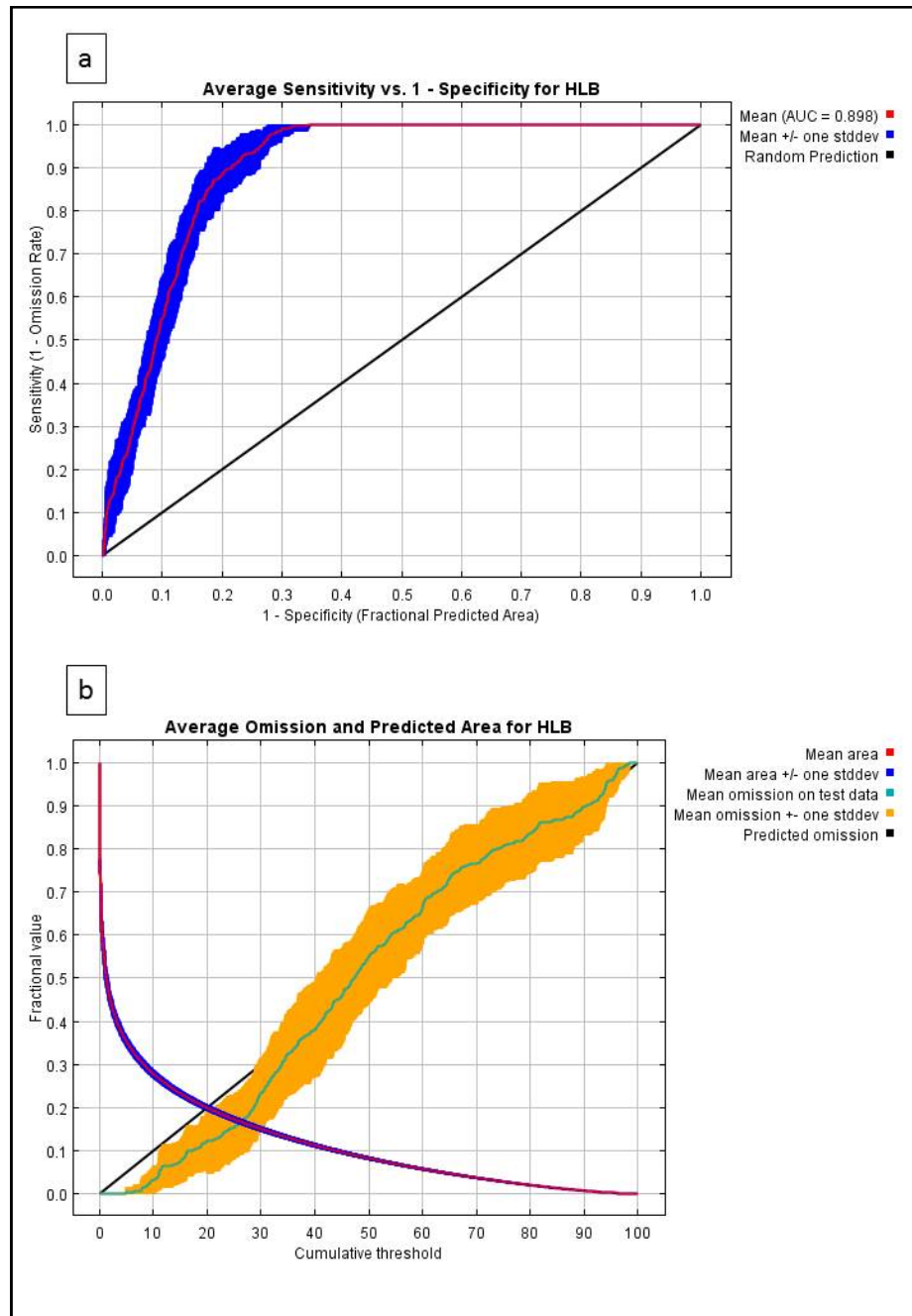


FIGURA 7. a) Área Abaixo da Curva (AUC) média das modelagens sequenciais em modelo cumulativo (*Cummulative*) do *software*MaxEnt para ocorrência de *Candidatus* Liberibacter spp. e b) Omissão média de pontos das modelagens sequenciais do modelo para estabelecimento de *Candidatus* Liberibacter spp. no Rio Grande do Sul em comparação com os estados Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Felicetti, 2021.

A imagem resultante da análise pelo modelo do software MaxEnt (FIGURA 7) foi recortada e georreferenciada para o Rio Grande do Sul pelo *software* Qgis, sendo feito tratamento de matizes e transparência para conversão das bandas à escala colorimétrica usada neste estudo e definição das classes baixo, médio e alto risco de estabelecimento de *Candidatus Liberibacter* spp. no estado, resultando em composição de mapa com as definições da análise (FIGURA 11).

### **3.3 Risco de disseminação de *Candidatus Liberibacter* spp.**

O mapeamento proposto para análise de risco teve por base a definição de disseminação de uma praga agrícola, que é o movimento de uma praga em uma área onde a mesma persiste (EFSA, 2014). Para a ocorrência de disseminação de uma praga são necessários a presença de hospedeiros e demais fatores como ocorrência de vetor, condições ambientais e transferência de material infestante (Koch *et al.*, 2014). Para o estudo proposto da disseminação de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul, foram utilizados os dados de presença de hospedeiro (IBGE, 2018) nos municípios do estado com o zoneamento do vetor *Diaphorina citri* (EMBRAPA, 2012), tratando-se dos principais fatores de disseminação difusa do patógeno (Khan; Razi, 2018). O risco de estabelecimento obtido foi utilizado na composição da análise por contribuir na persistência do agente patogênico. Na elaboração do modelo os mapas de presença de hospedeiro no estado (FIGURA 8a), risco de estabelecimento de *Candidatus Liberibacter* spp. no RS (FIGURA 8b) e de zoneamento do potencial de gerações anuais de *D. citri* (FIGURA 8c) foram georreferenciados e sobrepostos para o procedimento da análise.

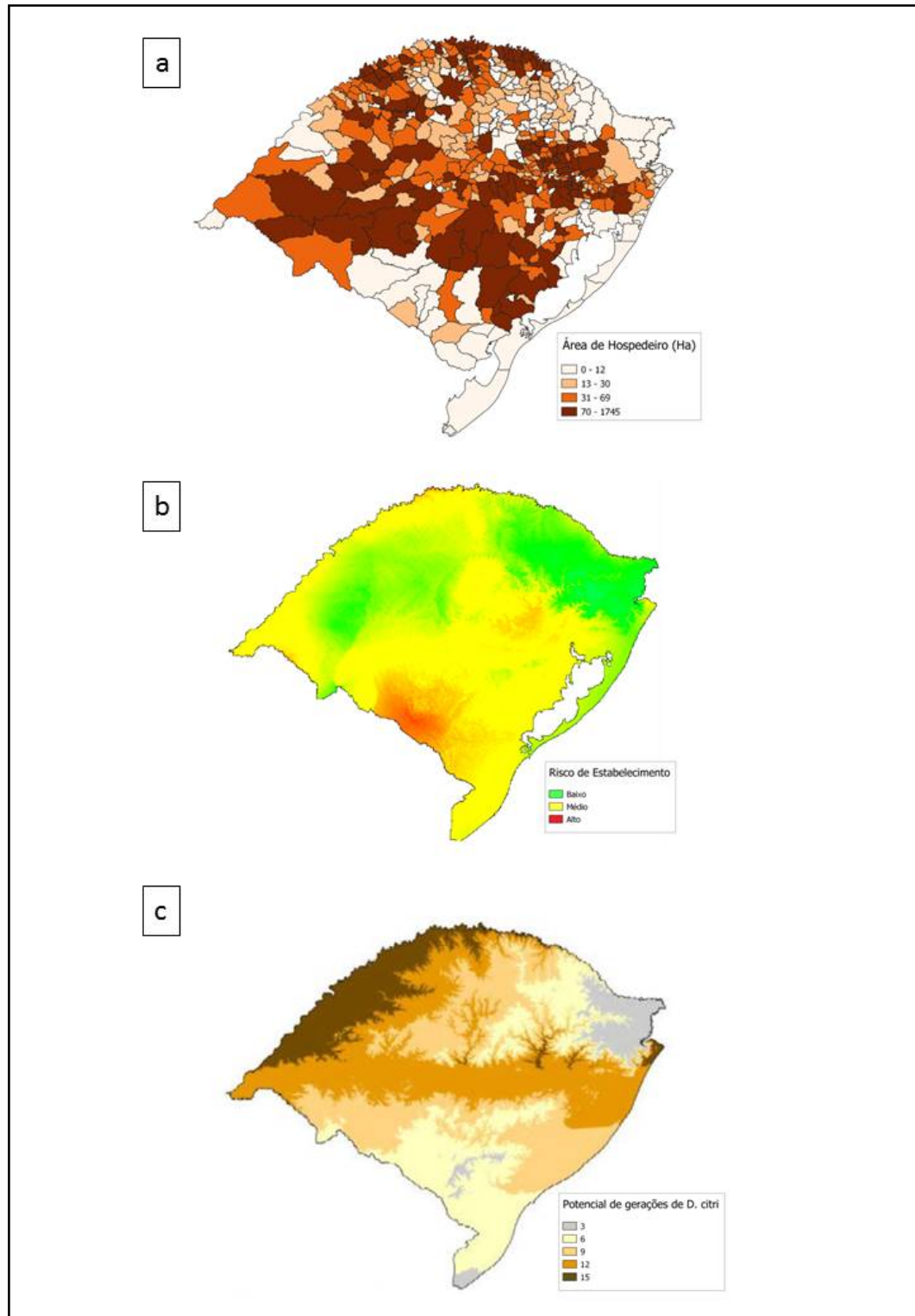


FIGURA 8. Distribuição quantil da soma das áreas de laranja, limão e tangerina em ha, por município, no Rio Grande do Sul (a), risco de estabelecimento de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul por suscetibilidade de fatores climáticos em comparação com estados de ocorrência da doença no Brasil (b) e zoneamento de *Diaphorina citri* para o Rio Grande do Sul com potencial de gerações anuais (c). Felicetti, 2021.

O mapa de Risco de Estabelecimento de *Candidatus Liberibacter* spp. (FIGURA 11) foi utilizado para selecionar manualmente, através do *shapefile* de municípios do RS, os municípios com ocorrência de áreas de risco de estabelecimento alto, médio e baixo nesta ordem (FIGURA 9b). Aos municípios categorizados foi atribuído índices de dois desvios padrões para nível baixo de risco, três desvios padrões para médio e quatro para alto risco de estabelecimento na escala de 1 a 15, com o fim de corresponder numericamente ao número de gerações anuais previstas no zoneamento de *D. citri*, de 1 a 15 gerações (TABELA 5). Para a área de hospedeiro também foi realizada a correspondência numérica ao total de 15 do zoneamento de *D. citri*, correspondendo às quatro categorias de área de hospedeiro nos municípios (TABELA 5; FIGURA 9a). Ao mapa do zoneamento de *D. citri* foram definidos os municípios com seleção manual para potencial de ocorrência de gerações de 15 até 3, nesta ordem, totalizando 5 categorias (FIGURA 9c).

Da seleção dos municípios contendo as distintas áreas de classe de risco foram sobrepostos os mapas no *software* QGIS, cuja soma dos índices obtidos, por município, com amplitude de 10,25 a 45 (TABELA 5), permitiu a definição das classes baixo, médio e alto risco do Risco de Disseminação de *Candidatus Liberibacter* spp. por município no Rio Grande do Sul (FIGURA 12).

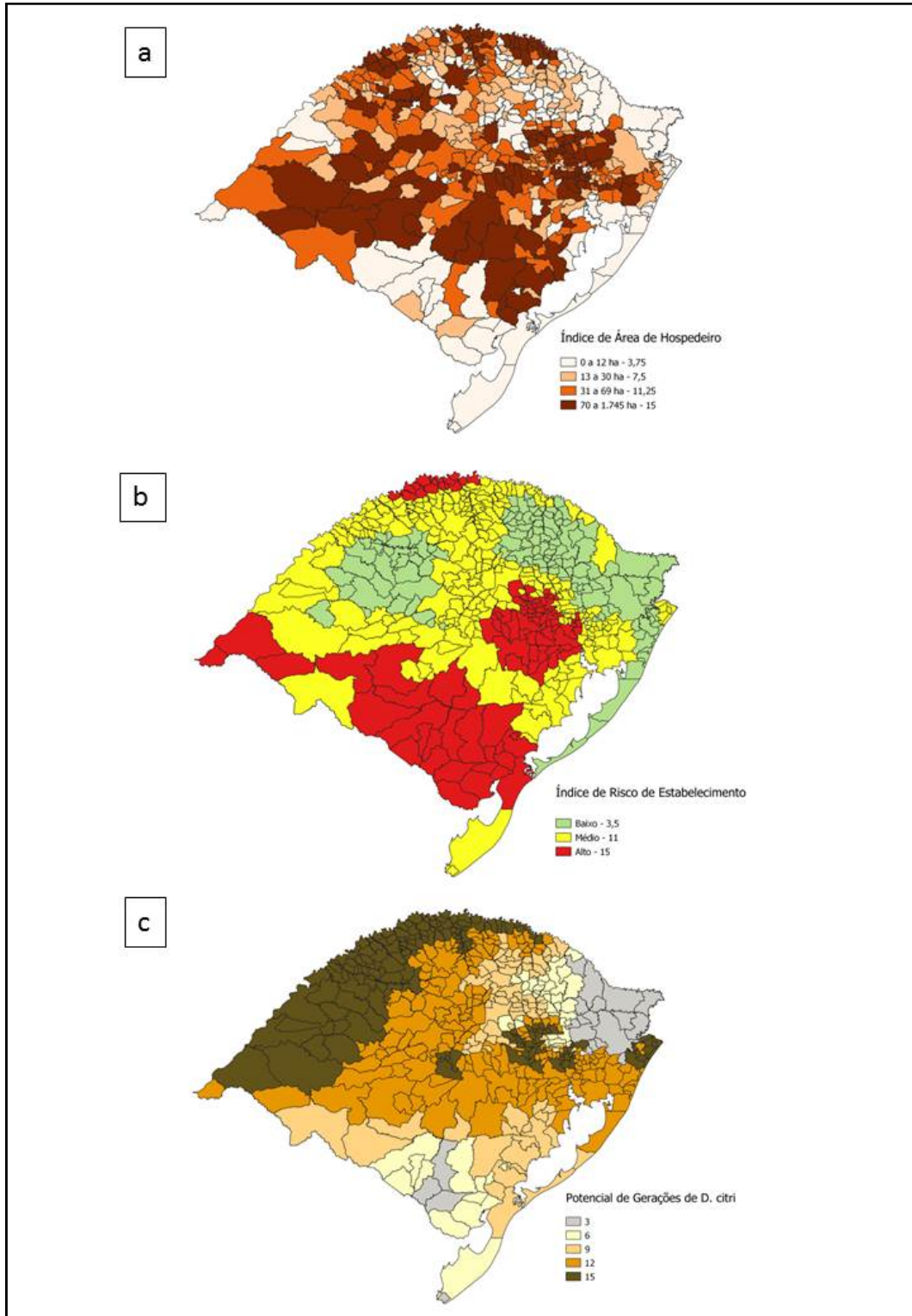


FIGURA 9. Índice atribuído à distribuição quantil da soma das áreas de laranja, limão e tangerina em ha, por município, no Rio Grande do Sul (a), índice atribuído por município às classes baixo, médio e alto risco de estabelecimento de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul (b) e índice utilizado por município do potencial de gerações anuais de *Diaphorina citri* para o Rio Grande do Sul (c). Felicetti, 2021.

TABELA 5. Índices atribuídos aos atributos de risco de disseminação Área de Hospedeiro, Risco de Estabelecimento e Potencial de Gerações Anuais de *Diaphorina citri*.

Área de Hospedeiro		Desvio Padrão do Risco Estabelecimento		Potencial de Gerações de <i>D. citri</i>	
Classe	Índice atribuído	Classe	Índice atribuído	Classe	Índice atribuído
				1 a 3	3
0 a 12	3,75	Baixo	3,5	3 a 6	6
13 a 30	7,5	Médio	11	6 a 9	9
31 a 69	11,25	Alto	15	9 a 12	12
70 a 1.745	15			12 a 15	15

Felicetti, 2021.



## 4 RESULTADOS

### 4.1 Mapeamento de risco para a entrada de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul.

O mapa desenvolvido para o risco da entrada do patógeno no estado do Rio Grande do Sul (FIGURA 10) mostra três níveis de risco: baixo (verde), médio (amarelo) e alto (vermelho). Baseado nos atributos Área de Hospedeiro (AH), Ingresso de Material Cítrico (IMC) e Fronteira Internacional (FI), 34 municípios foram classificados como de alto risco à entrada do patógeno. Isto corresponde a uma área cultivada de citros de 8.855 ha. Áreas com médio risco de entrada somaram 115 municípios, perfazendo um total de 19.921 ha com plantas cítricas cultivadas. Na classificação de baixo risco estão 349 municípios, os quais compõem uma área de 8.174 ha de pomares cítricos. A soma das áreas de risco de entrada do patógeno no estado do Rio Grande do Sul perfazem 36.950 ha (TABELA 6).

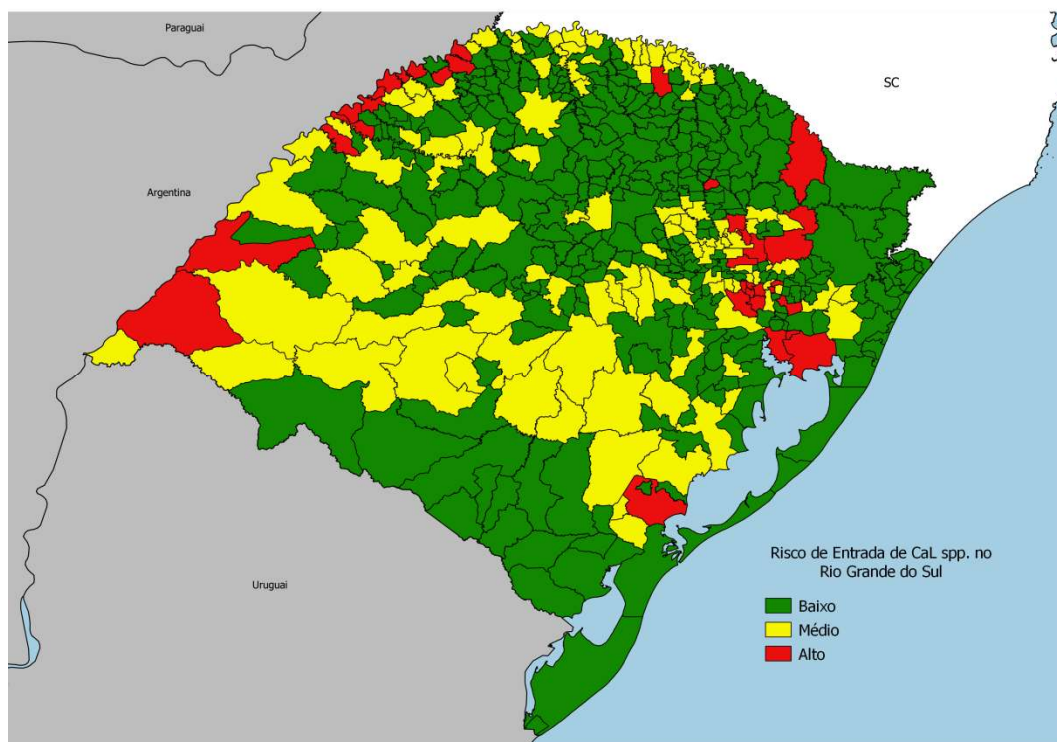


FIGURA 10. Mapa do estado do Rio Grande do Sul com as zonas de risco de entrada à fitobactéria *Candidatus Liberibacter* spp., classificadas em baixo (verde), médio (amarelo) e alto (vermelho) risco. Felicetti, 2021.



TABELA 6. Quantitativo em área e percentagem dos municípios classificados em níveis de risco para a entrada do *Candidatus Liberibacter* spp. em pomares cítricos do estado do Rio Grande do Sul.

Risco de entrada do patógeno	Nº de municípios	Área citrícola (ha)	Pomares (%)
Alto	34	8.855	23,96
Médio	115	19.921	53,91
Baixo	348	8.174	22,12
Total	497	36.950	100

Felicetti, 2021.

#### 4.2 Risco de estabelecimento de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul.

A classificação das áreas de risco de estabelecimento para a fitobactéria (FIGURA 11), baseadas em modelagem de nicho ecológico por comparação com estados brasileiros de ocorrência do patógeno (Minas Gerais, São Paulo e Paraná), mostraram três níveis de risco (TABELA 7). A porção territorial do estado com alto risco (vermelho) para o estabelecimento do patógeno se concentrou na região sudoeste, na fronteira com o Uruguai. Há também a ocorrência de alto risco no centro-leste do estado, bem como em uma pequena porção das regiões entre o norte e noroeste, (divisa com Santa Catarina e fronteira com a Argentina), e na região oeste-sudoeste, na fronteira com o Uruguai tendo o município de Quaraí e arredores como referência.

O médio risco (amarelo) para o estabelecimento do patógeno abrangeu uma grande porção territorial do estado, formada pelas regiões centro-leste e a linha mediana do estado, juntamente com a porção sul. Nesta condição também se encontra a faixa de fronteira oeste e norte. O baixo risco (verde) ficou inserido na região nordeste, coincidindo com as regiões de maior altitude no estado, juntamente com a porção da metade norte ao noroeste. As áreas de citros na condição de alto risco de estabelecimento somadas são de 12.525 ha. No médio risco de estabelecimento para o patógeno está inserida a maior parte das áreas produtivas de citros, com 20.536 ha (55,58%). Em baixo risco de estabelecimento do patógeno estão compreendidos 3.889 ha de área produtiva de citros do estado (TABELA 7).

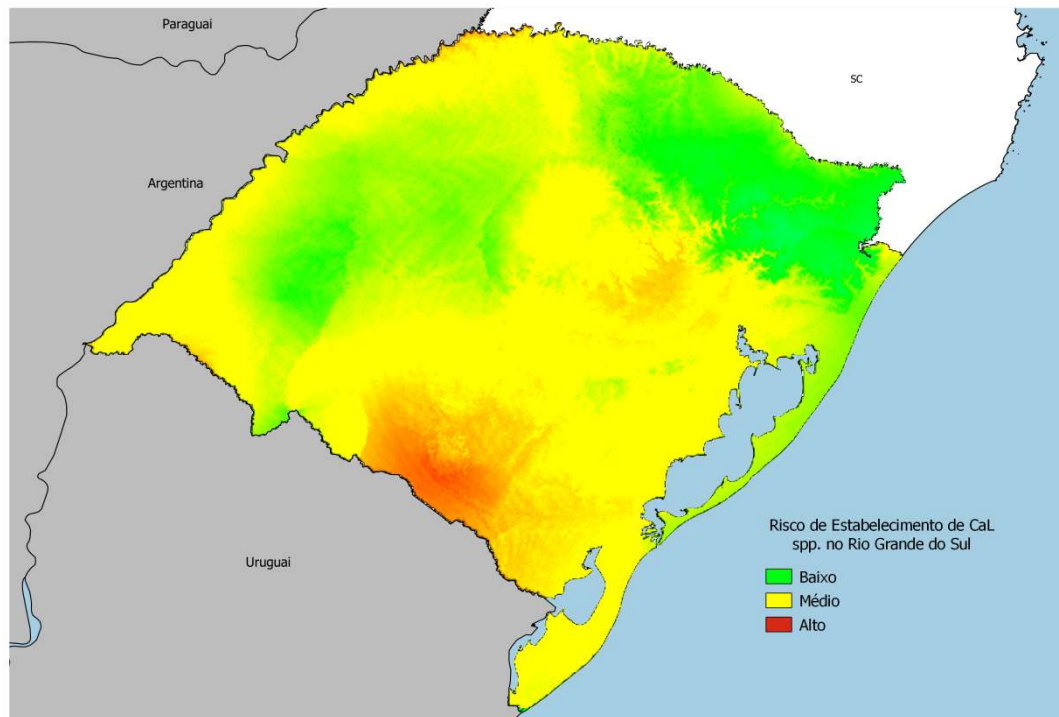


FIGURA 11. Mapa do estado do Rio Grande do Sul com as áreas de risco de estabelecimento para as espécies de *Candidatus Liberibacter*. As regiões de baixo risco (verde) são representadas pelas regiões nordeste e noroeste. As regiões de médio risco (amarelo) estão concentradas no centro-sul do estado e na linha de fronteira com Argentina e divisa com o estado de Santa Catarina. As regiões de alto risco (vermelho) concentram-se no sudoeste, com fronteira ao Uruguai, região centro-leste e norte do estado. Felicetti, 2021.

TABELA 7. Números de municípios que se encontram no zoneamento para o risco baixo, médio e alto para o estabelecimento de espécies da fitobactéria *Candidatus Liberibacter* em área de pomares cítricos do estado do Rio Grande do Sul.

Risco de estabelecimento do patógeno	Nº de municípios	Área citrícola (ha)	Pomares (%)
Alto	102	12.525	33,90
Médio	263	20.536	55,58
Baixo	132	3.889	10,52
Total	497	36.950	100

Felicetti, 2021.

### **4.3 Risco de disseminação de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul.**

O zoneamento para o risco de disseminação do patógeno (FIGURA 12) no estado do Rio Grande do Sul evidenciou que as regiões oeste, centro-sudeste, norte e noroeste do estado apresentam níveis alto de risco (vermelho). O risco médio (amarelo) ficou distribuído principalmente nas regiões sul e leste e distribuído em municípios da metade norte do estado. No baixo risco de disseminação (verde) concentraram-se municípios da região nordeste do estado.

Os municípios classificados como de alto risco para a disseminação do patógeno perfazem a maior área citrícola do estado, com 33.020 ha (TABELA 8), compreendendo 89,36% da área com pomares de citros, seguido de longe pelo somatório das áreas de médio risco com 10,28%. A área do estado classificada como de baixo risco compreendeu a menor porção geográfica para a produção citrícola, com apenas 131 ha.

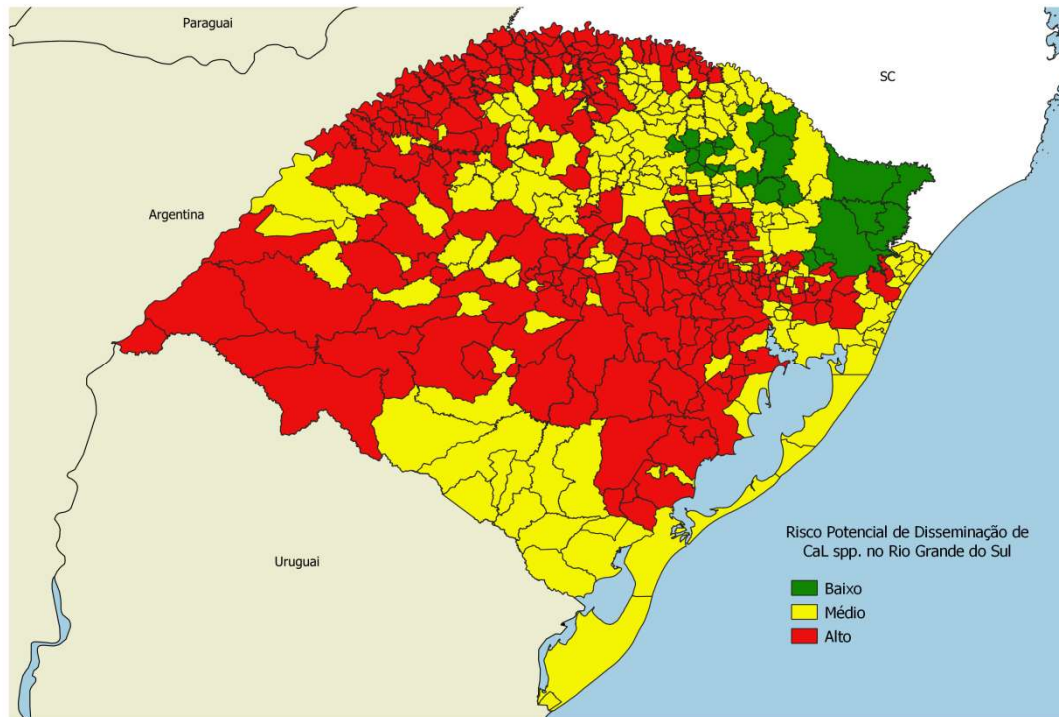


FIGURA 12. Risco Potencial de Disseminação para as espécies de *Candidatus Liberibacter*, por município, no Rio Grande do Sul, Brasil. Na região de baixo risco (verde) estão inseridos municípios da região nordeste do estado. As regiões de médio risco (amarelo) estão representadas por parte da região nordeste e distribuída pela metade norte do estado, juntamente com a região leste e sul. As regiões de alto risco (vermelho) compreendem municípios das regiões oeste, centro-sudeste, norte e noroeste do estado. Felicetti, 2021.

TABELA 8. Distribuição dos municípios e área de citros classificados como baixo, médio e alto risco potencial de disseminação de para o estabelecimento de espécies da fitobactéria *Candidatus Liberibacter* no Rio Grande do Sul.

Risco para a disseminação do patógeno	Nº de municípios	Área citrícola (ha)	Área com pomares (%)
Alto	269	33.020	89,36
Médio	204	3.799	10,28
Baixo	24	131	0,36
Total	497	36.950	100

Felicetti, 2021.

#### 4.4 Mapeamento de atenção ao risco de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul

A fim de consolidar a matriz de risco elaborada concentrando as variáveis do estudo, os riscos de entrada, estabelecimento e disseminação foram sobrepostos através de somatório de índices finais dos respectivos mapeamentos.

A composição de mapeamento de atenção ao risco de *Candidatus Liberibacter* spp. no Rio Grande do Sul foi obtida através da atribuição das classes numéricas 3, 2 e 1 às respectivas classes de risco alto, médio e baixo atribuídas aos municípios do estado nos três estudos, efetuando-se o somatório de cada classe aos mapeamentos obtidos, resultando em um quarto índice com amplitude numérica de 3 a 9 e sendo atribuídas as classes de risco correspondentes.

TABELA 9. Resultado do somatório de classes de risco obtidas e atribuição de escala ao risco de *Candidatus Liberibacter* no Rio Grande do Sul.

Prioridade de atenção	Atribuição de índice
Alto	8 e 9
Médio	5, 6 e 7
Baixo	3 e 4

Felicetti, 2021.

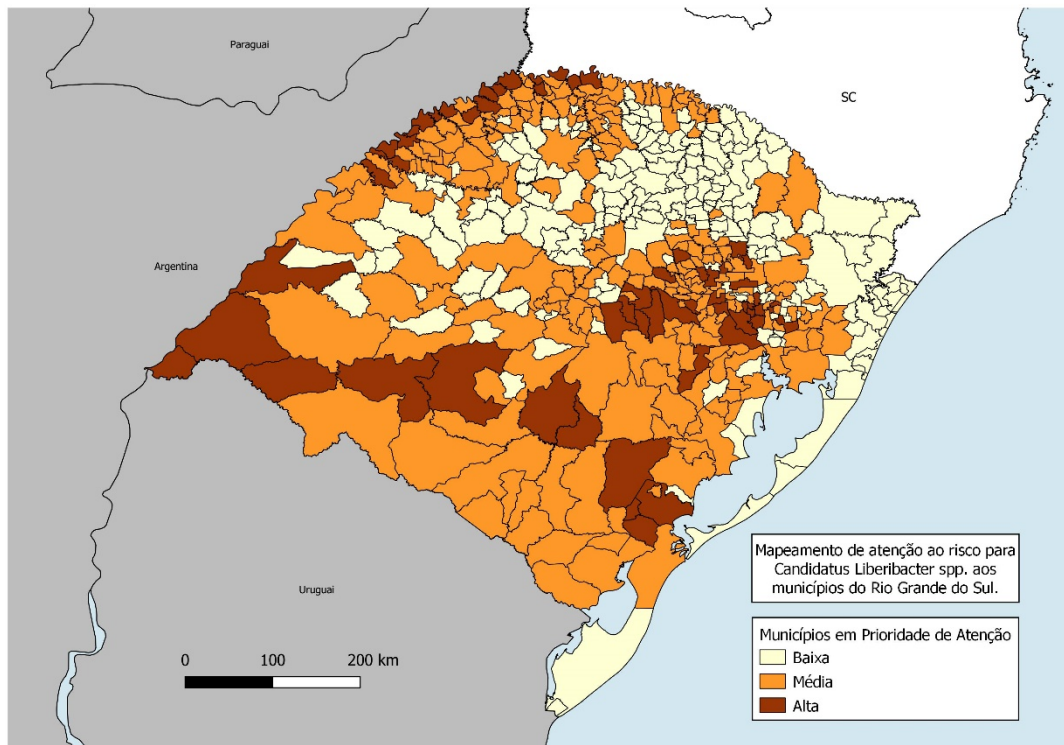


FIGURA 13. Atenção ao risco para *Candidatus Liberibacter* spp. por município no Rio Grande do Sul. As regiões de alto risco (marrom escuro) aplicam-se aos municípios cuja atenção deve ser priorizada com base no mapeamento deste estudo. As regiões de médio risco (marrom claro) identificam municípios de média prioridade e as regiões de baixo risco (marrom translúcido) compreendem municípios de menos exigência de atenção. Felicetti, 2021.

## 5 DISCUSSÃO

Os municípios classificados como de alto risco de entrada encontram-se distribuídos em dois eixos principais: na porção norte-noroeste, com grande influência da Argentina como país de ocorrência do patógeno, e eixo leste, caracterizado pela maior parte do ingresso de material com potencial infestante e evidenciando a importância do trânsito de materiais na prevenção (Douma, *et al.*, 2016; Addo-Bediako *et al.*, 2007; Korniss; Caraco, 2005). No eixo leste, a associação de ingresso de material de risco juntamente com a maior concentração de área plantada por município foi determinante para a definição da classe. A importância do risco no eixo leste pode ser potencializada pela presença das rodovias BR 116 e BR 118 e malha rodoviária adjacente, as quais respondem por grande parte do volume de transporte ao estado, assumindo fator de risco adicional quando consideradas as transações comerciais com produtos com origem em estados de ocorrência da doença. No eixo norte-noroeste a associação de área de hospedeiro com a proximidade de regiões da Argentina com ocorrência do patógeno evidenciam o risco associado às trocas locais de material entre os territórios. Outra possibilidade adicional de risco na fronteira norte-noroeste é a entrada através dos ventos predominantes de oeste (Rio Grande do Sul, 2002), capazes de carrear o vetor virulífero a este eixo. Todavia, estes ventos ocorrem com predominância no inverno, período onde as brotações dos hospedeiros diminuem consideravelmente no estado devido às condições climáticas desfavoráveis associada a porta-enxertos menos vigorosos utilizados no estado (Schafer; Dornelles, 2000).

Os municípios classificados como de médio risco estão distribuídos pela faixa central e norte e centro-leste, com destaque ao eixo leste-oeste, com grande quantidade de municípios nesta classificação. Este eixo exige atenção ao risco atribuído devido à presença da BR 290, importante rodovia de transporte de cargas, o que pode favorecer uma eventual ocorrência de foco do patógeno. O maior peso na definição de médio risco é atribuído à variável área de

hospedeiro, fator condicionante à ocorrência da doença (Venette, 2017; Douma *et al.*, 2016). O baixo risco ficou na maior parte dos municípios (348), muito em virtude destes conterem menor área de hospedeiro que nos municípios classificados como de médio e alto risco.

Há um questionamento geral entre os especialistas do porquê ainda não haver detecção de *Ca. Liberibacter* spp. no estado, tendo em vista as condições consideradas propícias e fontes de inóculo na Argentina e através de ingresso de material. Alguns fatores não inseridos na análise tendem a afetar a entrada, como a sobrevivência do vetor *D. citri* nos pomares em períodos de frio e regime hídrico desfavorável, influência da distribuição fundiária, caracterizada sobretudo por pequenas propriedades que desenvolvem a atividade, juntamente com fatores agroecológicos, auxiliando a ocorrência de inimigos naturais ao vetor, bem como o controle da transferência de materiais por autoridades e pelo próprio setor produtivo. De qualquer forma, há o entendimento por especialistas que seria questão de tempo para uma detecção no estado e admite-se a possibilidade que exista ocorrência sem detecção. A abordagem do risco de entrada estabelece um parâmetro de hierarquização de prioridades, definidas em escala nas unidades de estudo, os municípios, e utilizando dados concretos frente à exigência dos mesmos para uma acurácia nas análises (Bruggen, *et al.*, 2018; Korniss; Caraco, 2005), permitindo ações planejadas e favorecendo as probabilidades de êxito nas medidas de exclusão em contraponto a métodos com maior subjetividade nas determinações de risco (Mourits; Lansink, 2006).

Na análise de risco de estabelecimento de *Ca. Liberibacter* spp. foram aplicadas variáveis bioclimáticas não correlacionadas em comparação aos estados de ocorrência. Naturalmente, com a influência da latitude nos regimes pluviais e temperatura nos estados comparados, o Rio Grande do Sul apresentou diferenças inerentes ao clima conforme a abordagem metodológica (Nava *et al.*, 2016; Narouei-Khandan *et al.*, 2016; Estay *et al.*, 2014; Eyre *et al.*, 2012). O padrão de risco obtido difere em grande monta dos observados nos estados de ocorrência, devido às diferenças climáticas entre os estados em comparação, sob influência da diferença entre latitudes. Com esta diferença, era esperado que o RS apresentasse menor categorização no risco por influência das variáveis ambientais. Contudo, observa-se a ocorrência do patógeno nas regiões argentinas de latitude similar ao Rio Grande do Sul, evidenciando as possibilidades do estabelecimento da praga no estado (Kumar *et al.*, 2015; Bebber *et al.*, 2013). Possivelmente a análise em latitudes similares atribuiria maior presença de alto risco como resultado, sendo uma proposta interessante para melhorar a



análise em se superando a falta de uniformidade dos dados entre diferentes países (Bebber *et al.*, 2013).

As regiões de alto risco observadas situam-se na porção sul-sudoeste do estado, influenciadas pelo regime pluvial da região. Foi observado alto risco também na região nortenoeste e centro-nordeste do estado. Estas regiões acrescentam preocupação adicional à análise de risco, uma vez que nestas regiões concentram-se a maior parte dos cultivos de citros, bem como coincidem as áreas de alto risco de entrada do patógeno. As áreas de médio risco de estabelecimento estão distribuídas majoritariamente à porção central do estado e em adjacência às áreas de alto risco, abrangendo grandes regiões produtoras da cultura e exigindo maior necessidade de atenção. Ações adicionais de vigilância e prevenção à praga teriam de ser adotadas com o fim de minimizar o risco nestas regiões. O risco de entrada e estabelecimento conjuntos estabelecem o risco de ingresso de uma praga, sendo os fatores principais a serem observados nas medidas de exclusão (Venette, 2017; EPPO, 2011). A facilidade atual no uso de ferramentas de informação geográfica permite a identificação de pomares de citros nas regiões definidas pelo risco de estabelecimento, possibilitando o planejamento desde o nível de pomar até às ações regulatórias de uma eventual necessidade de contenção de foco.

A adoção dos critérios de área de hospedeiro, condições climáticas evidenciadas pelo risco de estabelecimento obtido e o zoneamento do vetor resultaram em atribuição do risco de disseminação da praga para cada município do estado (Macleod; Baker, 2003). Na falta de identificação georreferenciada das áreas de citros e para a obtenção dos resultados pretendidos, as definições de risco de estabelecimento foram atribuídas por município, selecionando-se os que continham as variáveis componentes da análise a partir da variável de maior risco. Procedimento idêntico foi adotado para a definição de zoneamento de potencial de gerações de *D. citri* por município. A sobreposição com a distribuição municipal de área de hospedeiro possibilitou a identificação de potencial de disseminação por município, estabelecendo base de análise com unidades de dados disponíveis (Bruggen *et al.*, 2018; Macleod; Baker, 2003; Stansbury *et al.*, 2001).

No mapa resultante, evidencia-se a predominância de alto risco de potencial de disseminação pela associação da presença de hospedeiro, condições climáticas e potencial de gerações do vetor (Bruggen *et al.*, 2018; Douma *et al.*, 2016; EPPO, 2014). Deve-se observar, como abordado anteriormente, que a cultura dos citros é amplamente distribuída no estado e

os dados de área de citros utilizados refletem apenas dados de produção comercial e estimativas municipais. Pomares cítricos caseiros e o hospedeiro *M. paniculata* estão presentes distribuídos pelo território do estado e não há dados precisos para a estimativa em questão, subestimando por este lado os graus de risco obtidos. Adicionalmente, o vetor *D. citri* é uma realidade no estado, sendo encontrado principalmente em centros urbanos (EMBRAPA, 2012), do qual o potencial de gerações associado à presença de hospedeiro constituem agravantes ao risco. Não está claro se o vetor mantém-se permanentemente em regiões de produção comercial de citros, apresentando flutuação em suas detecções. Contudo, períodos de altas temperaturas e déficit hídrico tendem a favorecer a proliferação do vetor (Haapalainen, 2014; Kobori *et al.*, 2011, Nava *et al.*, 2007) o que pode acarretar em disseminações sazonais ou influenciadas por anos com variação negativa de precipitação, como em períodos sob influência do fenômeno climático La Niña, tornando a doença estabelecida, de difícil manejo em grandes áreas e dificultando as medidas contrárias à disseminação.

Nas três análises, o incremento na precisão de dados como georreferenciamento de pomares, identificação precisa dos locais de produção e distribuição, o fluxo apurado de transferência de material com potencial infestante e a identificação de fluxos adicionais, como a comercialização de mudas e rastreabilidade das mesmas, permitiria uma valiosa ferramenta na aplicação do modelo e adoção de medidas com maior segurança no controle das informações para ações de proteção e contenção de focos (Bruggen *et al.*, 2018). Adicionalmente, dados quantitativos permitem maior acurácia nas análises de risco frente a levantamentos e análises com maior grau de subjetividade. Tendo em vista o capital social e econômico envolvido e, admitindo-se os resultados obtidos com a atividade citrícola na economia e no desenvolvimento regional, bem como os possíveis ganhos com a expansão da atividade em cenários favoráveis, a aplicação do modelo como orientação para evitar os prejuízos advindos da doença se justifica como estratégia para exploração sustentável da atividade.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base matriz de risco das variáveis utilizadas para o estudo e nos resultados obtidos no presente trabalho, é possível obter que:

- O mapeamento de risco de entrada do *Candidatus Liberibacter* spp. permitiu hierarquizar os municípios em condição de baixo, médio e alto risco, indicando 34 municípios e 8.855 ha de citros em situação de alto risco de entrada do patógeno.
- O mapeamento de risco de estabelecimento do *Candidatus Liberibacter* spp. indicou as áreas com as classes de baixo, médio e alto risco de estabelecimento, classificando 102 municípios e 12.525 ha em alto risco.
- O mapeamento de risco de disseminação do *Candidatus Liberibacter* spp. classificou os municípios em baixo, médio e alto risco de disseminação, estabelecendo 269 municípios e 89,36% das áreas de citros do estado sob alto risco de disseminação.
- O mapeamento proposto permite a adoção de metodologias orientadas para exclusão e em fases de ocorrência do *Candidatus Liberibacter* spp. no RS, possibilitando a elaboração de diferentes estratégias de defesa ao patógeno em nível territorial.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANÁ - ADAPAR. **Ações de defesa sanitária vegetal visando a prevenção e controle do HLB no Paraná**. Curitiba: ADAPAR, 2018. Disponível em: [https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos\\_restritos/files/migrados/File/GSV/Citricultura/Prevencao\\_Controlo\\_HLB\\_PR.pdf](https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/migrados/File/GSV/Citricultura/Prevencao_Controlo_HLB_PR.pdf). Acesso em: 23 abr. 2021.
- ALBRECHT, U. *et al.* Influence of rootstock variety on Huanglongbing disease development in field-grown sweet orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 138, p. 210-220, 2012.
- ALMEIDA, S. L. H. *et al.* Fuzzy modeling of the risk of cacao moniliasis occurrence in Bahia state, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 4, p. 225-230, 2020.
- ANGELOTTI, F. *et al.* Climate change and the occurrence of downy mildew in Brazilian grapevines. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 52, n. 6, p. 426-434, 2017.
- ARGENTINA. Ministerio de Economía. Secretaría de Bioeconomía. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). **Programa Nacional de Prevención del HLB**. [Buenos Aires]: SENASA, 2018. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/senasa/micrositios/hlb>. Acesso em: 18 jul. 2018.
- BADARACCO, A. *et al.* Citrus huanglongbing in Argentina: detection and phylogenetic studies of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Australasian Plant Pathology**, Clayton, v. 46, p. 171-175, 2017.
- BARTELL, S. M.; NAIR, S. K. Establishment risks for invasive species. **Risk Analysis**, New York, v. 24, n. 4, p. 833-845, 2004.
- BASSANEZI, R. B. *et al.* Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 45, p. 251-264, 2020.
- BEBBER, D. P. *et al.* Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. **Nature Climate Change**, London, v. 3, p. 985-988, 2013.
- BELASQUE JUNIOR, J. *et al.* Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 137-145, 2009.
- BELASQUE JUNIOR, J. *et al.* Controle do Huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v. 31, p. 53-63, 2010.
- BOVÉ, J. M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, Pisa, v. 88, p. 7-37, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 10, de 18 de março de 2005. Da continuidade aos trabalhos de levantamento da ocorrência do HLB, visando delimitar a extensão das áreas afetadas e adotar medidas de prevenção e erradicação. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 22 mar. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 32, de 29 de setembro de 2006. Prorroga os trabalhos de levantamento da ocorrência da praga denominada Huanglongbing (HLB). **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 2 out. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa No. 53, de 16 de outubro de 2008. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 17 out. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 28, de 24 de agosto de 2016. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, n. 164, p. 6-8, 25 ago. 2016a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 33, de 24 de agosto de 2016. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 25 ago. 2016b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n.º 38, de 1º de outubro de 2018. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, n. 190, p. 14, 2 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 317, de 21 de maio de 2021. Institui o Programa Nacional de Prevenção e Controle à doença denominada Huanglongbing (HLB) - PNCHLB, e dá outras providências. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 21 maio 2021a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria nº 317, de 21 de maio de 2021. Institui o Programa Nacional de Prevenção e Controle à doença denominada Huanglongbing (HLB) - PNCHLB, e dá outras providências. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, n. 97, p. 17, 25 maio 2021b.

BRUGGEN, A. H. C. *et al.* Input data needed for a risk model for the entry, establishment and spread of a pathogen (*Phomopsis vaccinii*) of blueberries and cranberries in the EU. **Annals of Applied Biology**, Warwickshire, v. 172, n. 2, p. 126-147, 2018.

BUJA, I. *et al.* Advances in plant disease detection and monitoring: from traditional assays to in-field diagnostics. **Sensors**, Basel, v. 21, n. 6, [art.] 2129, 2021.

CABI - COMMONWEALTH AGRICULTURAL BUREAUX INTERNATIONAL. **Invasive species compendium**. [Base de Dados]. Wallingford: CAB International, 2020. Disponível em: [www.cabi.org/isc](http://www.cabi.org/isc). Acesso em: 14 maio 2021.

DALA-PAULA, B. M. *et al.* Effect of huanglongbing or greening disease on orange juice quality, a review. **Frontiers in Plant in Science**, Lausanne, v. 9, [art.] 1976, 2019.

- DALAPICOLLA, J. **Tutorial de modelos de distribuições de espécies: guia teórico**. Vitória, ES: Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia. Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.
- DAVIS, M. J. *et al.* Co-cultivation of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ with actinobacteria from citrus with huanglongbing. **Plant Disease**, St. Paul, v. 92. n. 11, p. 1547-1550, 2008.
- DOUMA, J. C. *et al.* Pathway models for analysing and managing the introduction of alien plant pests - an overview and categorization. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 339, p. 58–67, 2016.
- EBRATT, E. E. R. *et al.* *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1907) and *Tamarixia radiata* (Waterson, 1922) in citrus crops of Cundinamarca, Colombia. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 29, n. 3, 487-493, 2011.
- EFROM, C. F. S.; SOUZA, P. V. D. (org.). **Citricultura do Rio Grande do Sul: indicações técnicas**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação, DDPA, 2018.
- ESTAY, S. A. *et al.* Evaluating habitat suitability for the establishment of *Monochamus* spp. through climate-based niche modeling. **Plos One**, San Francisco, v. 9, n. 7, [art.] e102592, 2014.
- EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **EPPO Global database**. Paris: EPPO, 2014. Disponível em: <https://gd.eppo.int/>. Acesso em: 12 mar. 2021.
- EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **Guidelines on Pest Risk Analysis - Decision-support scheme for quarantine pests: version n. 05**. Paris: EPPO, 2011. Disponível em: [https://www.eppo.int/media/uploaded\\_images/RESOURCES/eppo\\_standards/pm5/pm5-03-05-en.pdf](https://www.eppo.int/media/uploaded_images/RESOURCES/eppo_standards/pm5/pm5-03-05-en.pdf). Acesso em: 28 ago. 2023.
- EYRE, D. *et al.* Rating and mapping the suitability of the climate for pest risk analysis. **EPPO Bulletin**, Oxford, v. 42, n. 1, p. 48-55, 2012.
- FENNELL, M. *et al.* Plant spread simulator: a model for simulating large-scale directed dispersal processes across heterogeneous environments. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 230, p. 1–10, 2012.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Citrus fruit fresh and processed**. Rome: FAO, 2016.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **ISPM11: pest risk analysis for quarantine pests**. Rome: FAO. Secretariat of the International Plant Protection Convention, 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **FAOSTAT**. [Base de Datos]. Rome: FAO, 2020.

GALDINO, T. V. S. *et al.* Mapping global potential risk of mango sudden decline disease caused by *Ceratocystis fimbriata*. **PLoS One**, San Francisco, v. 11, n. 7, [art.] e0159450, 2016.

GONZÁLEZ SEGNANA, L. R. *et al.* Comparación del método de reacción almidón - iodo com la Amplificación por Polimerasa y Recombinasa para el diagnóstico del Huanglongbing (HLB) de los cítricos. **Investigación Agraria**, Asunción, v. 22, n. 2, p. 100-105, 2020.

GOSS, E. M. *et al.* The Irish potato famine pathogen *Phytophthora infestans* originated in central Mexico rather than the Andes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, DC, v. 111, p. 8791-8796, 2014.

GOTTWALD, T. R. Current epidemiological understanding of Citrus huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 48, p. 119–139, 2010.

GOTTWALD, T. R.; GRAÇA, J. V.; BASSANEZI, R. B. Citrus Huanglongbing: the pathogen and its impact. **Plant Health Progress**, St. Paul, v. 8, n. 1, [p. 1-36], 2007.

GRAIG, A. P. *et al.* Grower and regulator conflict in management of the citrus disease Huanglongbing in Brazil: a modelling study. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 55, n. 4, p. 1956-1965, 2017.

GRUPO EM PESQUISA E EXTENSÃO EM CITROS - GRUPEX. O cultivo dos citros no Rio Grande do Sul: referências tecnológicas. **Boletim FEPAGRO**, Porto Alegre, n. 16, p. 11-118, 2005.

HAAPALAINEN, M. Biology and epidemics of *Candidatus Liberibacter* species, psyllid-transmitted plant-pathogenic bacteria. **Annals of Applied Biology**, Warwickshire, v. 165, p. 172–198, 2014.

HALBERT, S. E.; MANJUNATH, K. L. Asian citrus psyllid (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 87, n. 3, p. 330-339, 2004.

HALL, D. G.; HENTZ, M. G. Seasonal flight activity by the Asian citrus psyllid in east central Florida. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 139, p. 75-85, 2011.

HILL, M. P.; TERBLANCHE, J. S. Niche overlap of congeneric invaders supports a single-species hypothesis and provides insight into future invasion risk: implications for global management of the *Bactrocera dorsalis* complex. **PLoS One**, San Francisco, v. 9, n. 2, [art.] e90121, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal – PAM**: Tabela 1613 - Área

destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 25 abr. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal – PAM**: Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 25 abr. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal – PAM**: Tabela 1613 - Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 22 jun. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA. **Áreas de risco HLB/Greening em Minas Gerais**. Belo Horizonte: IMA, 2018. Disponível em: <http://www.ima.mg.gov.br/sanidade-vegetal/hlb-greening>. Acesso em: 14 jul. 2020.

JEGER, M. J. The epidemiology of plant virus disease: towards a new synthesis. **Plants**, Basel, v. 9, n. 12, [art.] 1768, 2020.

JEGER, M. J. *et al.* Panel on Plant Health. Guidance on quantitative pest risk assessment. **EFSA Journal**, Parma, v. 16, n. 8, [art.] 5350, Aug. 2018. Disponível em: [efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2018.5350](https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2018.5350). Acesso em: 28 ago. 2023.

JERDE, C. L.; LEWIS, M. A. Waiting for invasions: a framework for the arrival of nonindigenous species. **The American Naturalist**, Chicago, v. 170, n. 1, [p. 1-9], 2007.

JIA, W. *et al.* Assessment of risk of establishment of wheat dwarf bunt (*Tilletia controversa*) in China. **Journal of Integrative Agriculture**, Beijing, v. 12, n. 1, p. 87-94, 2013.

KELLY, M. *et al.* Modeling the risk for a new invasive forest disease in the United States: an evaluation of five environmental niche models. **Computers, Environment and Urban Systems**, Oxford, v. 31, n. 6, p. 689-710, 2007.

KHAN, M.; RAZI, F. Citrus greening disease (Huanglongbing) a perilous threat to global citrus industry. **Journal of Horticulture**, Los Angeles, v. 5, [art.] 3, 2018.

KOBORI, Y. *et al.* Dispersal of adult Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), the vector of citrus greening disease, in artificial release experiments. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 46, p. 27-30, 2011.

KOCH, F. H. *et al.* Using a network model to assess risk of forest pest spread via recreational travel. **PLoS One**, San Francisco, v. 9, n. 7, [art.] e102105, 2014.



- KORNISS, G.; CARACO, T. Spatial dynamics of invasion: the geometry of introduced species. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 233, n. 1, p. 137–150, 2005.
- KUMAR, S. *et al.* Assessing the global risk of establishment of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) using CLIMEX and MaxEnt niche models. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 108, n. 4, p. 1708-1719, 2015.
- LIMA, A. C. **Insetos do Brasil**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1942. (Série Didática, n. 4).
- LOPES, M. V. *et al.* Mapas de zonas de risco de epidemias e zoneamento agroclimático para o cancro cítrico no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 4, p. 349-353, 2008.
- LOPES, S. A. *et al.* Liberibacters associated with citrus huanglongbing in Brazil: ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ is heat tolerant, ‘*Ca. L. americanus*’ is heat sensitive. **Plant Disease**, St. Paul, v. 93, n. 3, p. 257-262, 2009.
- MACLEOD, A.; BAKER, R. H. A. The EPPO pest risk assessment scheme: assigning descriptions to scores for the questions on entry and establishment. **EPPO Bulletin**, Oxford, v. 33, p. 313-320, 2003.
- MANSFIELD, J. *et al.* Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, v. 13, p. 614-629, 2012.
- MARTINI, X.; PELZ-STELINSKI, K. S.; STELINSKI, L. L. Factors affecting the overwintering abundance of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) in Florida citrus (Sapindales: Rutaceae) orchards. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 99, n. 2, p. 178-186, 2016.
- MASTIN, A. J. *et al.* Optimising risk-based surveillance for early detection of invasive plant pathogens. **PLoS Biology**, San Francisco, v. 18, n. 10, [art.] e3000863, 2020.
- MEROW, C.; SMITH, M. J.; SILANDER, J. A. Jr. A practical guide to MaxEnt for modeling species distributions: what it does, and why inputs and settings matter. **Ecography**, Lund, v. 36, n. 10, p. 1058–1069, 2013.
- MISHRA, A. *et al.* Evaluation of an active optical sensor for detection of Huanglongbing (HLB) disease. **Biosystems Engineering**, London, v. 110, n. 3, p. 302-309, 2011.
- MOORE, W. F. Origin and spread of southern corn leaf blight in 1970. **The Plant Disease Reporter**, Washington, DC, v. 54, p. 1104-1108, 1970.
- MORAES, W. B. *et al.* Mapeamento de áreas de risco para ocorrência da ferrugem do eucalipto no Espírito Santo e extremo sul da Bahia. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 2, p. 147-155, 2014.

MOURITS, M. C.; LANSINK, A. G. Multi-criteria decision making to evaluate quarantine disease control strategies. *In*: LANSINK, A. G. J. M. O. (ed.). **New approaches to the economics of plant health**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 131-144.

NAROUËI-KHANDAN, H. A. *et al.* Global climate suitability of citrus huanglongbing and its vector, the Asian citrus psyllid, using two correlative species distribution modeling approaches, with emphasis on the USA. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 144, p. 655–670, 2016.

NAVA, D. E. *et al.* **Bioecologia, danos e controle de *Diaphorina citri* e do Huanglongbing em citros e resultado do monitoramento e zoneamento para o Rio Grande do Sul**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2012.

NAVA, D. E. *et al.* Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 131, p. 709-715, 2007.

NAVIA, D. *et al.* Spatial forecasting of red palm mite in Brazil under current and future climate change scenarios. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, n. 5, p. 586-598, 2016.

PAIVA, P. E. B. **Distribuição espacial e temporal, inimigos naturais e tabela de vida ecológica de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros em São Paulo**. 2009. 64 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

PAULA, L. B. *et al.* Genetic diversity of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ in Brazil analyzed in different geographic regions and citrus varieties. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 54, p. 863-872, 2019.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRED, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 190, n. 3/4, p. 231-259, 2006.

PONTI, L. *et al.* Physiologically based demographic models streamline identification and collection of data in evidence-based pest risk assessment. **EPP0 Bulletin**, Oxford, v. 45, n. 2, p. 317-322, 2015.

RADOSAVLJEVIC, A.; ANDERSON, R. P. Making better Maxent models of species distributions: complexity, overfitting and evaluation. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 41, n. 4, p. 629-643, 2013.

RAFOSS, T. Spatial stochastic simulation offers potential as a quantitative method for pest risk analysis. **Risk Analysis**, New York, v. 23, n. 4, 651-661, 2003.

RAIOL-JUNIOR, L. L. R. *et al.* Modelling ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ movement within citrus plants. **Phytopathology**, St. Paul, v. 111, p. 1711-1719, 2021.

RAMOS, R. S. *et al.* Mapping global risk levels of *Bemisia tabaci* in areas of suitability for open field tomato cultivation under current and future climates. **PLoS One**, San Francisco, v. 13, n. 6, [art.] e0198925, 2018.

RAMOS, R. S. *et al.* Risk of spread of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) in tomato crops under various climate change scenarios. **Agricultural Systems**, Barking, v. 173, p. 524-535, 2019.

REICHERT, I. A biogeographical approach to phytopathology. *In*: INTERNATIONAL BIOLOGY CONGRESS, 7., 1950, Stockholm. **Proceedings of the [...]**. [S. l: s. n], 1953. p. 730-731.

RIO GRANDE DO SUL. Secretária de Estado da Agricultura, Pecuária e Agronegócio. Portaria SEAPPA nº 133 de 10/08/2011. Fica proibido a entrada no Estado do Rio Grande do Sul de plantas, parte de plantas e mudas de murta (*Murraya paniculata*) produzidos nos Estados com a ocorrência de *Candidatus liberibacter* spp. (Huanglongbing). **Diário Oficial [do] Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 24 ago. 2011.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. **Radiografia da agropecuária gaúcha 2020**. Porto Alegre: SEAPDR, 2020. 39 p.

RIO GRANDE DO SUL: atlas eólico. Porto Alegre: Secretaria de Energia, Minas e Comunicações do Estado do Rio Grande do Sul - SEMC, 2002.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação. Departamento de Defesa Agropecuária. **[Base de dados SDA]**. Porto Alegre: SEAPDR-RS, 2018. Disponível em: <https://sectre.procergs.com.br/sda/Interface/soe/PRSoeLogon.jsp>. Acesso em: 26 jul. 2018.

ROBINET, C. *et al.* A suite of models to support the quantitative assessment of spread in pest risk analysis. **PLoS One**, San Francisco, v. 7, n. 10, [art.] e43366, 2012.

ROURA-PASCUAL, N. *et al.* Relative roles of climatic suitability and anthropogenic influence in determining the pattern of spread in a global invader. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, DC, v. 108, n. 1, p. 220-225, 2011.

ROY, C. B. *et al.* A climatic risk analysis of the threat posed by the South American leaf blight (SALB) pathogen *Microcyclus ulei* to major rubber producing countries. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 148, p. 129-138, 2017.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Defesa Agropecuária. **Sistema de gestão de defesa animal e vegetal**. [Base de dados]. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://gedave.defesaagropecuaria.sp.gov.br/>. Acesso em: 23 abr. 2021.

SAUER, A. V. *et al.* Seasonal variation in populations of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' in citrus trees in Paraná state, Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 99, n. 8, p. 1125-1132, 2015.

- SAVARY, S.; WILLOCQUET, L. Modeling the impact of crop diseases on global food security. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 58, p. 313-341, 2020.
- SCHAFER, G.; DORNELLES, A. L. Production of citric scion in the Rio Grande do Sul state, Brazil - diagnosis of the producing region. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 587-592, 2000.
- SECHLER, A. *et al.* Cultivation of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’, ‘*Ca. L. africanus*’, and ‘*Ca. L. americanus*’ Associated with Huanglongbing. **Phytopathology**, St. Paul, v. 99, n. 5, p. 480-486, 2009.
- SOLIMAN, T. *et al.* Framework for modelling economic impacts of invasive species, applied to pine wood nematode in Europe. **PLoS One**, San Francisco, v. 7, n. 9, [art.] e45505, 2012.
- STAKMAN E. C.; HARRAR, J. G. **Principios de patología vegetal**. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1947. 603 p.
- STANSBURY, C. D. *et al.* Modeling the risk of entry, establishment, spread, containment, and economic impact of *Tilletia indica*, the cause of karnal bunt of wheat, using an Australian context. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 3, p. 321-331, 2002.
- STANSLY, P. A.; AREVALO, A.; ZEKRI, M. Area-wide psyllid sprays in Southwest Florida: an update on the cooperative program aimed at controlling the HLB vector. **Citrus Industry**, Bartow, v. 91, p. 6-8, 2010. Disponível em: [https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/29\\_Stansly\\_10.pdf](https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/29_Stansly_10.pdf). Acesso em: 16 abr. 2020.
- SULZBACH, M. *et al.* Risk analysis of introduction and spread of huanglongbing in citrus groves in Rio Grande do Sul, Brazil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 43, p. 49–58, 2018.
- SUMIDA, C. H. *et al.* A system to map the risk of infection by *Puccinia kuehnii* in Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 41, [art.] e39905, 2019.
- SUTHERST, R. W. Prediction of species geographical ranges. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 30, n. 6, p. 805-816, 2003.
- TEIXEIRA, D. C. *et al.* Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the ‘*Candidatus*’ *Liberibacter* species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes**, New York, v. 19, n. 3, p. 173-179, 2005.
- TORRES-PACHECO, I. *et al.* Potential distribution in Mexico of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) Vector of huanglongbing pathogen. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 96, n. 1, p. 36-47, 2013.
- TREBICKI, P. Climate change and plant virus epidemiology. **Virus Research**, New York, v. 286, [art.] 198059, 2020.

TSAI, J. H.; WANG, J.-J.; LIU, Y.-H. Seasonal abundance of the asian citrus psyllid, *Diaphorinacitri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 85, n. 3, p. 446-451, 2002.

TYSON, R. C.; WILSON, J. B.; LANE, W. D. Beyond diffusion: Modelling local and long-distance dispersal for organisms exhibiting intensive and extensive search modes. **Theoretical Population Biology**, New York, v. 79, n. 3, p. 70–81, 2011.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Citrus: world markets and trade**. Washington, DC: USDA, 2020. Disponível em: <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/w66343603?locale=en>. Acesso em: 28 mar. 2020.

VENETTE, R. C. Climate analyses to assess risks from invasive forest insects: simple matching to advanced models. **Current Forestry Reports**, Heidelberg, v. 3, n. 3, p. 255-268, 2017.

WANG, N.; TRIVEDI, P. Citrus Huanglongbing: a newly relevant disease presents unprecedented challenges. **Phytopathology**, St. Paul, v. 103, p. 652-665, 2013.

WARREN, D. L.; GLOR, R. E.; TURELLI, M. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. **Ecography**, Lund, v. 33, n. 3, p. 607-611, 2010.

WELTZIEN, H. C. Geophytopathology. *In*: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (ed.). **Plant disease an advanced treatise**. V.II: How disease develops in populations. New York: Academic Press, 1978. cap. 16, p. 339-360.

WORLDCLIM. **Global climate and weather data website**. [Base de Dados]. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.worldclim.org/data/index.html#>. Acesso em: 28 mar. 2020.

WREGGE, M. S. *et al.* **Zoneamento agroclimático para a cultura dos citros no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. (Embrapa Clima Temperado, Documentos, 117).

WU, G. A. *et al.* Genomics of the origin and evolution of Citrus. **Nature**, London, v. 554, p. 311–316, 2018.

YEMSHANOV, D. *et al.* Trade-associated pathways of alien forest insect entries in Canada. **Biological Invasions**, Dordrecht, v. 14, p. 797–812, 2012.

ZHENG, Y. *et al.* Strigolactones restore vegetative and reproductive developments in Huanglongbing (HLB) affected, greenhouse-grown citrus trees by modulating carbohydrate distribution. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 237, p. 89-95, 2018.

ZHONG, G.; NICOLOSI, E. Citrus origin, diffusion, and economic importance. *In*: GENTILE, A.; LA MALFA, S.; DENG, Z. (ed.). **The citrus genome**. Cham: Springer, 2020. (Compendium of Plant Genomes). p. 5-21.

## 7 APÊNDICES

APÊNDICE 1. Relação de municípios em classificação de risco alto, médio e baixo para entrada de *Candidatus Liberibacter* spp. e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul.

<b>Risco de Entrada de <i>CaL</i> spp. - Alto</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Alecrim	182	Montenegro	1.745	Presidente Lucena	66
Alvorada	0	Novo Hamburgo	246	Roque Gonzales	44
Capela de Santana	230	Novo Machado	101	São José do Sul	850
Carlos Barbosa	89	Paráí	9	São Nicolau	34
Caxias do Sul	182	Pareci Novo	1.289	São Sebastião do Caí	810
Crissiumal	94	Pelotas	475	Tiradentes do Sul	48
Erechim	135	Pinto Bandeira	60	Uruguiana	55
Farroupilha	98	Porto Alegre	0	Vacaria	8
Harmonia	1.172	Porto Lucena	46	Veranópolis	411
Horizontina	42	Porto Mauá	48	Viamão	0
Itaqui	33	Porto Vera Cruz	79		
Lindolfo Collor	139	Porto Xavier	35		
<b>Risco de Entrada de <i>CaL</i> spp. - Médio</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Agudo	82	Garruchos	23	Santa Cruz do Sul	100
Alegrete	425	Gramado dos Loureiros	74	Santa Margarida do Sul	331
Alpestre	669	Guaporé	153	Santa Maria	96
Ametista do Sul	118	Guarani das Missões	70	Santa Rosa	218
Anta Gorda	273	Ijuí	124	Santa Tereza	77
Antônio Prado	160	Ilópolis	73	Santana da Boa Vista	151
Aratiba	682	Iraí	99	Santiago	132
Arvorezinha	337	Itatiba do Sul	510	Santo Ângelo	86
Barão	79	Ivoti	28	Santo Antônio da Patrulha	96
Barão de Cotegipe	116	Jari	98	Santo Cristo	268
Barra do Quaraí	0	Liberato Salzano	1.177	São Borja	1
Barra do Rio Azul	133	Maratá	316	São Francisco de Assis	78
Bento Gonçalves	150	Marcelino Ramos	230	São Gabriel	70
Bom Princípio	352	Mariana Pimentel	80	São José do Hortêncio	531
Brochier	500	Mariano Moro	345	São Lourenço do Sul	222
Butiá	282	Maximiliano de Almeida	178	São Luiz Gonzaga	74
Caçapava do Sul	135	Monte Belo do Sul	104	São Marcos	69
Cacequi	75	Morro Redondo	141	São Pedro do Sul	139

continuação APÊNDICE 1. Relação de municípios em classificação de risco alto, médio e baixo para entrada de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul.

<b>Risco de Entrada de <i>CaL spp.</i> - Médio</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Cachoeira do Sul	123	Muçum	106	São Sepé	69
Camaquã	126	Nova Palma	92	Seberi	82
Campos Borges	69	Nova Petrópolis	112	Sentinelado do Sul	84
Candelária	112	Nova Roma do Sul	81	Severiano de Almeida	310
Canguçu	265	Palmeira das Missões	103	Sinimbu	95
Capão do Leão	76	Palmitinho	70	Taquara	150
Catuípe	153	Panambi	72	Teutônia	113
Centenário	72	Paverama	85	Três Arroios	126
Constantina	163	Pinheirinho do Vale	101	Três de Maio	109
Cotiporã	126	Pirapó	22	Triunfo	380
Cruzeiro do Sul	96	Planalto	1.000	Tupanciretã	70
Derrubadas	22	Portão	405	Tupandi	815
Dom Feliciano	111	Progresso	70	Tuparendi	90
Doutor Ricardo	25	Putinga	85	União da Serra	69
Encantado	78	Quarai	95	Vale do Sol	103
Encruzilhada do Sul	90	Rio dos Índios	91	Vale Real	93
Entre-Ijuís	76	Roca Sales	146	Venâncio Aires	285
Ervál Grande	190	Rodeio Bonito	71	Vera Cruz	93
Esperança do Sul	23	Rolante	102	Viadutos	71
Espumoso	76	Rosário do Sul	399	Vicente Dutra	90
Garibaldi	114				
<b>Risco de Entrada de <i>CaL spp.</i> - Baixo</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Aceguá	21	Faxinal do Soturno	35	Pinheiro Machado	32
Água Santa	13	Faxinalzinho	0	Piratini	7
Ajuricaba	25	Fazenda Vilanova	36	Poço das Antas	30
Alegria	25	Feliz	13	Pontão	14
Almirante Tamandaré do Sul	15	Flores da Cunha	43	Ponte Preta	4
Alto Alegre	19	Floriano Peixoto	15	Pouso Novo	0
Alto Feliz	59	Fontoura Xavier	0	Protásio Alves	62
Amaral Ferrador	42	Formigueiro	28	Quatro Irmãos	0
André da Rocha	11	Forquetinha	14	Quevedos	21
Arambaré	5	Fortaleza dos Valos	25	Quinze de Novembro	14
Araricá	17	Frederico Westphalen	63	Redentora	30
Arroio do Meio	67	Gaurama	45	Relvado	66
Arroio do Padre	10	General Câmara	35	Restinga Sêca	62
Arroio do Sal	0	Gentil	4	Rio Grande	0
Arroio do Tigre	68	Getúlio Vargas	20	Rio Pardo	35
Arroio dos Ratos	36	Giruí	47	Riozinho	42
Arroio Grande	0	Glorinha	40	Rolador	19
Augusto Pestana	42	Gramado	14	Ronda Alta	42
Áurea	13	Gramado Xavier	46	Rondinha	63
Bagé	11	Gravataí	40	Sagrada Família	4
Balneário Pinhal	0	Guabiju	0	Saldanha Marinho	33
Barão do Triunfo	13	Guaíba	14	Salto do Jacuí	14

continuação APÊNDICE 1. Relação de municípios em classificação de risco alto, médio e baixo para entrada de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul.

<b>Risco de Entrada de <i>CaL</i> spp. - Baixo</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Barra do Guarita	7	Herval	24	Salvador das Missões	20
Barra do Ribeiro	34	Herveiras	22	Salvador do Sul	52
Barra Funda	25	Hulha Negra	11	Sananduva	20
Barracão	2	Humaitá	31	Santa Bárbara do Sul	24
Barros Cassal	40	Ibarama	44	Santa Cecília do Sul	11
Benjamin Constant do Sul	25	Ibiaçá	17	Santa Clara do Sul	50
Boa Vista das Missões	7	Ibiraiaras	15	Santa Maria do Herval	61
Boa Vista do Buricá	29	Ibirapuitã	7	Santa Vitória do Palmar	0
Boa Vista do Cadeado	29	Ibirubá	50	Sant'Ana do Livramento	58
Boa Vista do Inca	30	Igrejinha	27	Santo Antônio das Missões	22
Boa Vista do Sul	15	Imbé	0	Santo Antônio do Palma	0
Bom Jesus	0	Imigrante	63	Santo Antônio do Planalto	11
Bom Progresso	17	Independência	49	Santo Augusto	10
Bom Retiro do Sul	9	Inhacorá	7	Santo Expedito do Sul	0
Boqueirão do Leão	51	Ipê	11	São Domingos do Sul	0
Bossoroca	34	Ipiranga do Sul	2	São Francisco de Paula	23
Bozano	45	Itaara	13	São Jerônimo	28
Braga	16	Itacurubi	28	São João da Urtiga	16
Cachoeirinha	0	Itapuca	23	São João do Polêsine	15
Cacique Doble	10	Itati	42	São Jorge	5
Caibaté	37	Ivorá	64	São José das Missões	29
Caíçara	32	Jaboticaba	31	São José do Herval	7
Camargo	0	Jacuizinho	31	São José do Inhacorá	17
Cambará do Sul	0	Jacutinga	22	São José do Norte	0
Campestre da Serra	8	Jaguarão	47	São José do Ouro	12
Campina das Missões	43	Jaguari	48	São José dos Ausentes	0
Campinas do Sul	8	Jaquirana	8	São Leopoldo	49
Campo Bom	18	Jóia	4	São Martinho	17
Campo Novo	15	Júlio de Castilhos	31	São Martinho da Serra	36
Cândido Godói	37	Lagoa Bonita do Sul	31	São Miguel das Missões	52
Candiota	6	Lagoa dos Três Cantos	7	São Paulo das Missões	51
Canela	19	Lagoa Vermelha	23	São Pedro da Serra	19
Canoas	0	Lagoão	33	São Pedro das Missões	5
Canudos do Vale	53	Lajeado	25	São Pedro do Butiá	29
Capão Bonito do Sul	0	Lajeado do Bugre	18	São Valentim	25
Capão da Canoa	0	Lavras do Sul	12	São Valentim do Sul	53
Capão do Cipó	30	Linha Nova	27	São Valério do Sul	8
Capitão	23	Maçambará	3	São Vendelino	10
Capivari do Sul	0	Machadinho	13	São Vicente do Sul	30
Caraá	24	Mampituba	6	Sapiranga	34
Carazinho	21	Manoel Viana	27	Sapucaia do Sul	0
Carlos Gomes	11	Maquiné	40	Sarandi	57
Casca	7	Marau	32	Sede Nova	9
Caseiros	1	Marques de Souza	60	Segredo	29
Cerrito	60	Mata	58	Selbach	6
Cerro Branco	45	Mato Castelhano	5	Senador Salgado Filho	49



continuação APÊNDICE 1. Relação de municípios em classificação de risco alto, médio e baixo para entrada de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul.

<b>Risco de Entrada de <i>CaL spp.</i> - Baixo</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Cerro Grande	35	Mato Leitão	44	Serafina Corrêa	38
Cerro Grande do Sul	53	Mato Queimado	11	Sério	17
Cerro Largo	46	Minas do Leão	0	Sertão	19
Chapada	50	Miraguaí	52	Sertão Santana	46
Charqueadas	19	Montauri	13	Sete de Setembro	23
Charrua	29	Monte Alegre dos Campos	35	Silveira Martins	13
Chiapetta	16	Mormaço	6	Sobradinho	26
Chuí	0	Morrinhos do Sul	4	Soledade	5
Chuívisca	60	Morro Reuter	42	Tabaí	9
Cidreira	0	Mostardas	0	Tapejara	27
Ciriaco	11	Muitos Capões	0	Tapera	8
Colinas	24	Muliterno	0	Tapes	7
Colorado	30	Não-Me-Toque	18	Taquari	32
Condor	4	Nicolau Vergueiro	13	Taquaruçu do Sul	19
Coqueiro Baixo	25	Nonoai	36	Tavares	0
Coqueiros do Sul	22	Nova Alvorada	37	Tenente Portela	42
Coronel Barros	11	Nova Araçá	16	Terra de Areia	27
Coronel Bicaco	18	Nova Bassano	63	Tio Hugo	16
Coronel Pilar	57	Nova Boa Vista	55	Toropi	21
Coxilha	3	Nova Brésia	43	Torres	10
Cristal	40	Nova Candelária	15	Tramandaí	0
Cristal do Sul	14	Nova Esperança do Sul	33	Travesseiro	34
Cruz Alta	14	Nova Hartz	40	Três Cachoeiras	8
Cruzaltense	11	Nova Pádua	14	Três Coroas	54
David Canabarro	15	Nova Prata	26	Três Forquilhas	25
Dezesseis de Novembro	16	Nova Ramada	5	Três Palmeiras	47
Dilermando de Aguiar	20	Nova Santa Rita	30	Três Passos	67
Dois Irmãos	21	Novo Barreiro	11	Trindade do Sul	34
Dois Irmãos das Missões	2	Novo Cabrais	25	Tucunduva	38
Dois Lajeados	63	Novo Tiradentes	30	Tunas	51
Dom Pedrito	2	Novo Xingu	53	Tupanci do Sul	2
Dom Pedro de Alcântara	3	Osório	28	Turuçu	21
Dona Francisca	20	Paim Filho	39	Ubiretama	14
Doutor Maurício Cardoso	43	Palmares do Sul	0	Unistalda	35
Eldorado do Sul	30	Pantano Grande	25	Vale Verde	20
Engenho Velho	27	Paraíso do Sul	58	Vanini	0
Entre Rios do Sul	0	Parobé	50	Vespasiano Corrêa	40
Erebango	9	Passa Sete	26	Victor Graeff	5
Ernestina	5	Passo do Sobrado	40	Vila Flores	16
Ervál Seco	25	Passo Fundo	15	Vila Lângaro	8
Esmeralda	0	Paulo Bento	19	Vila Maria	5
Estação	4	Pedras Altas	8	Vila Nova do Sul	20
Estância Velha	29	Pedro Osório	0	Vista Alegre	11
Esteio	0	Pejuçara	10	Vista Alegre do Prata	7
Estrela	57	Picada Café	56	Vista Gaúcha	10
Estrela Velha	40	Pinhal	6	Vitória das Missões	34

continuação APÊNDICE 1. Relação de municípios em classificação de risco alto, médio e baixo para entrada de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul.

<b>Risco de Entrada de <i>CaL</i> spp. - Baixo</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Eugênio de Castro	21	Pinhal da Serra	9	Westfália	11
Fagundes Varela	33	Pinhal Grande	59	Xangrilá	0

APÊNDICE 2. Relação de municípios em classificação de risco alto, médio e baixo para estabelecimento de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul.

<b>Risco de Estabelecimento de <i>CaL</i> spp. - Alto</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Aceguá	21	Fontoura Xavier	0	Quaraí	95
Alpestre	669	Forquetinha	14	Rio Grande	0
Arroio do Meio	67	Frederico Westphalen	63	Rio Pardo	35
Arroio do Padre	10	General Câmara	35	Roca Sales	146
Arroio dos Ratos	36	Harmonia	1.172	Rosário do Sul	399
Arroio Grande	0	Herval	24	Santa Clara do Sul	50
Bagé	11	Herveiras	22	Santa Cruz do Sul	100
Barra do Guarita	7	Hulha Negra	11	Santa Tereza	77
Barra do Quaraí	0	Imigrante	63	Santana da Boa Vista	151
Bom Princípio	352	Iraí	99	São Gabriel	70
Bom Retiro do Sul	9	Jaguarão	8	São Jerônimo	28
Butiá	282	Lajeado	25	São Sebastião do Caí	810
Caçapava do Sul	135	Lavras do Sul	12	Sério	17
Caiçara	32	Marques de Souza	60	Sinimbu	95
Candelária	112	Mato Leitão	44	Tabaí	9
Candiota	6	Minas do Leão	0	Taquari	32
Canguçu	265	Montenegro	1.745	Tenente Portela	42
Canudos do Vale	53	Morro Redondo	141	Teutônia	113
Capão do Leão	76	Muçum	106	Tiradentes do Sul	48
Capela de Santana	230	Nova Bréscea	43	Travesseiro	34
Capitão	23	Palmitinho	70	Três Passos	67
Cerrito	60	Pantano Grande	25	Triunfo	380
Charqueadas	19	Parei Novo	1.289	Uruguaiana	55
Colinas	24	Passo do Sobrado	40	Vale do Sol	103
Coqueiro Baixo	25	Paverama	85	Vale Verde	20
Crissiumal	94	Pedras Altas	8	Venâncio Aires	285
Cruzeiro do Sul	96	Pedro Osório	0	Vera Cruz	93
Derrubadas	22	Pelotas	475	Vespasiano Corrêa	40
Dom Pedrito	2	Pinheirinho do Vale	101	Vicente Dutra	90
Doutor Maurício Cardoso	43	Pinheiro Machado	32	Vista Alegre	11
Eldorado do Sul	30	Piratini	7	Vista Gaúcha	10
Encantado	78	Poço das Antas	30	Westfália	11
Esperança do Sul	23	Pouso Novo	0		
Estrela	57	Progresso	70		
Fazenda Vilanova	36	Putinga	85		

continuação APÊNDICE 2. Relação de municípios em classificação de risco alto, médio e baixo para estabelecimento de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul.

<b>Risco de Estabelecimento de <i>CaL</i> spp. - Médio</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Agudo	82	Feliz	13	Redentora	30
Ajuricaba	25	Formigueiro	28	Relvado	66
Alecrim	182	Fortaleza dos Valos	25	Restinga Sêca	62
Alegrete	425	Garibaldi	114	Rio dos Índios	91
Alegria	25	Garruchos	23	Rodeio Bonito	71
Almirante Tamandaré do Sul	15	Giruá	47	Rolante	102
Alto Alegre	19	Glorinha	40	Ronda Alta	42
Alvorada	0	Gramado dos Loureiros	74	Rondinha	63
Amaral Ferrador	42	Gramado Xavier	46	Roque Gonzales	44
Ametista do Sul	118	Gravataí	40	Sagrada Família	4
Anta Gorda	273	Guaíba	0	Saldanha Marinho	33
Arambaré	5	Guaporé	153	Salto do Jacuí	14
Araricá	17	Horizontina	42	Salvador das Missões	20
Aratiba	682	Humaitá	31	Salvador do Sul	52
Arroio do Sal	0	Ibarama	44	Santa Bárbara do Sul	24
Arroio do Tigre	68	Ibirapuitã	7	Santa Margarida do Sul	331
Arvorezinha	337	Ibirubá	50	Santa Maria	96
Barão	79	Igrejinha	27	Santa Rosa	218
Barão do Triunfo	13	Ilópolis	73	Santa Vitória do Palmar	0
Barra do Ribeiro	34	Independência	49	Sant'Ana do Livramento	58
Barra do Rio Azul	133	Inhacorá	7	Santo Antônio da Patrulha	96
Barra Funda	25	Itapuca	23	Santo Antônio das Missões	22
Barracão	2	Itaqui	33	Santo Augusto	10
Barros Cassal	40	Itatiba do Sul	510	Santo Cristo	268
Benjamin Constant do Sul	25	Ivorá	64	São Borja	1
Bento Gonçalves	150	Ivoti	28	São Francisco de Assis	78
Boa Vista das Missões	7	Jaboticaba	31	São João do Polêsine	15
Boa Vista do Buricá	29	Jacuzinho	31	São José das Missões	29
Boa Vista do Incra	30	Jaguari	98	São José do Herval	7
Boa Vista do Sul	15	Júlio de Castilhos	47	São José do Hortêncio	531
Bom Progresso	17	Lagoa Bonita do Sul	31	São José do Inhacorá	17
Boqueirão do Leão	51	Lagoa dos Três Cantos	7	São José do Sul	850
Braga	16	Lagoão	33	São Leopoldo	49
Brochier	500	Lajeado do Bugre	18	São Lourenço do Sul	222
Cacequi	75	Liberato Salzano	1.177	São Martinho	17
Cachoeira do Sul	123	Lindolfo Collor	139	São Nicolau	34
Cachoeirinha	0	Linha Nova	27	São Paulo das Missões	51
Camaquã	126	Maçambará	3	São Pedro da Serra	19
Campina das Missões	43	Mampituba	6	São Pedro das Missões	5
Campinas do Sul	8	Maratá	316	São Pedro do Butiá	29
Campo Bom	18	Marcelino Ramos	230	São Pedro do Sul	139
Campo Novo	15	Mariana Pimentel	80	São Sepé	69
Campos Borges	69	Mariano Moro	345	São Valentim	25
Cândido Godói	37	Mata	58	São Valentim do Sul	53
Canoas	0	Maximiliano de Almeida	178	São Valério do Sul	8
Capivari do Sul	0	Miraguaí	52	São Vendelino	10
Carazinho	21	Montauri	13	São Vicente do Sul	30

continuação APÊNDICE 2. Relação de municípios em classificação de risco alto, médio e baixo para estabelecimento de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul.

<b>Risco de Estabelecimento de <i>CaL</i> spp. - Médio</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Carlos Barbosa	89	Monte Belo do Sul	104	Sapiranga	34
Cerro Branco	45	Mormaço	6	Sapucaia do Sul	0
Cerro Grande	35	Morrinhos do Sul	4	Sarandi	57
Cerro Grande do Sul	53	Não-Me-Toque	18	Seberi	82
Cerro Largo	46	Nonoai	36	Sede Nova	9
Chapada	50	Nova Alvorada	37	Segredo	29
Chiapetta	16	Nova Boa Vista	55	Selbach	6
Chuí	0	Nova Candelária	15	Senador Salgado Filho	49
Chувисca	60	Nova Hartz	40	Sentinela do Sul	84
Colorado	30	Nova Palma	92	Sertão Santana	46
Condor	4	Nova Petrópolis	112	Severiano de Almeida	310
Constantina	163	Nova Ramada	5	Sobradinho	26
Coqueiros do Sul	22	Nova Santa Rita	30	Soledade	5
Coronel Bicaco	18	Novo Barreiro	11	Tapera	8
Coronel Pilar	57	Novo Cabrais	25	Tapes	7
Cotiporã	126	Novo Hamburgo	246	Taquara	150
Cristal	40	Novo Machado	101	Taquaruçu do Sul	19
Cristal do Sul	14	Novo Tiradentes	30	Tio Hugo	16
Cruz Alta	14	Novo Xingu	53	Toropi	21
Cruzaltense	11	Palmeira das Missões	103	Torres	10
Dezesseis de Novembro	16	Panambi	72	Três Cachoeiras	8
Dilermando de Aguiar	20	Paraíso do Sul	58	Três Coroas	54
Dois Irmãos	21	Parobé	50	Três de Maio	109
Dois Irmãos das Missões	2	Passa Sete	26	Três Palmeiras	47
Dois Lajeados	63	Picada Café	56	Trindade do Sul	34
Dom Feliciano	111	Pinhal	6	Tucunduva	38
Dom Pedro de Alcântara	3	Pinhal da Serra	9	Tunas	51
Dona Francisca	20	Pinhal Grande	59	Tupandi	815
Doutor Ricardo	25	Pinto Bandeira	60	Tuparendi	90
Encruzilhada do Sul	90	Pirapó	22	Turuçu	21
Engenho Velho	27	Planalto	1.000	Ubiretama	14
Entre Rios do Sul	0	Pontão	14	União da Serra	69
Erval Grande	190	Ponte Preta	4	Vacaria	8
Erval Seco	25	Portão	405	Vale Real	93
Espumoso	76	Porto Alegre	0	Veranópolis	411
Estância Velha	29	Porto Lucena	46	Viadutos	71
Esteio	0	Porto Mauá	48	Viamão	0
Estrela Velha	40	Porto Vera Cruz	79	Victor Graeff	5
Fagundes Varela	33	Porto Xavier	35	Vila Nova do Sul	20
Faxinal do Soturno	35	Presidente Lucena	66	Vista Alegre do Prata	7
Faxinalzinho	0	Quinze de Novembro	14		
<b>Risco de Estabelecimento de <i>CaL</i> spp. - Baixo</b>					
MUNICÍPIO	Area Citros (ha)	MUNICÍPIO	Area Citros (ha)	MUNICÍPIO	Area Citros (ha)
Água Santa	13	Gaurama	45	Pejuçara	10
Alto Feliz	59	Gentil	4	Protásio Alves	62
André da Rocha	11	Getúlio Vargas	20	Quatro Irmãos	0

continuação APÊNDICE 2. Relação de municípios em classificação de risco alto, médio e baixo para estabelecimento de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul.

<b>Risco de Estabelecimento de <i>CaL</i> spp. - Baixo</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Antônio Prado	160	Gramado	14	Quevedos	21
Augusto Pestana	42	Guabiju	14	Riozinho	42
Áurea	13	Guarani das Missões	70	Rolador	19
Balneário Pinhal	0	Ibiaçá	17	Sananduva	20
Barão de Cotegipe	116	Ibiraiaras	15	Santa Cecília do Sul	11
Boa Vista do Cadeado	29	Ijuí	124	Santa Maria do Herval	61
Bom Jesus	0	Imbé	0	Santiago	132
Bossoroca	34	Ipê	11	Santo Ângelo	86
Bozano	45	Ipiranga do Sul	2	Santo Antônio do Palma	0
Cacique Doble	10	Itaara	13	Santo Antônio do Planalto	11
Caibaté	37	Itacurubi	28	Santo Expedito do Sul	0
Camargo	0	Itati	42	São Domingos do Sul	0
Cambará do Sul	0	Jacutinga	22	São Francisco de Paula	23
Campestre da Serra	8	Jaquirana	4	São João da Urtiga	16
Canela	19	Jari	31	São Jorge	5
Capão Bonito do Sul	0	Jóia	48	São José do Norte	0
Capão da Canoa	0	Lagoa Vermelha	23	São José do Ouro	12
Capão do Cipó	30	Machadinho	13	São José dos Ausentes	0
Caraá	24	Manoel Viana	27	São Luiz Gonzaga	74
Carlos Gomes	11	Maquiné	40	São Marcos	69
Casca	7	Marau	32	São Martinho da Serra	36
Caseiros	1	Mato Castelhano	5	São Miguel das Missões	52
Catuípe	153	Mato Queimado	11	Serafina Corrêa	38
Caxias do Sul	182	Monte Alegre dos Campos	35	Sertão	19
Centenário	72	Morro Reuter	42	Sete de Setembro	23
Charrua	29	Mostardas	0	Silveira Martins	13
Cidreira	0	Muitos Capões	0	Tapejara	27
Ciríaco	11	Muliterno	0	Tavares	0
Coronel Barros	11	Nicolau Vergueiro	13	Terra de Areia	27
Coxilha	3	Nova Araçá	16	Tramandaí	0
David Canabarro	15	Nova Bassano	63	Três Arroios	126
Entre-Ijuís	76	Nova Esperança do Sul	33	Três Forquilhas	25
Erebango	9	Nova Pádua	14	Tupanci do Sul	2
Erechim	135	Nova Prata	26	Tupanciretã	70
Ernestina	5	Nova Roma do Sul	81	Unistalda	35
Esmeralda	0	Osório	28	Vanini	0
Estação	4	Paim Filho	39	Vila Flores	16
Eugênio de Castro	21	Palmares do Sul	0	Vila Lângaro	8
Farroupilha	98	Paráí	9	Vila Maria	5
Flores da Cunha	43	Passo Fundo	15	Vitória das Missões	34
Florianópolis	15	Paulo Bento	19	Xangrilá	0

APÊNDICE 3. Relação de municípios em classificação de potencial de risco alto, médio e baixo para disseminação de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul:

<b>Risco de Potencial de Disseminação de <i>CaL spp.</i> - Alto</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Agudo	82	General Câmara	35	Rio Pardo	35
Alecrim	182	Giruá	47	Roca Sales	146
Alegrete	425	Glorinha	40	Rodeio Bonito	71
Alegria	25	Gramado dos Loureiros	74	Rolante	102
Alpestre	669	Gramado Xavier	46	Ronda Alta	42
Amaral Ferrador	42	Gravataí	40	Rondinha	63
Ametista do Sul	118	Guaporé	153	Roque Gonzales	44
Anta Gorda	273	Guarani das Missões	70	Rosário do Sul	399
Aratiba	682	Harmonia	1.172	Sério	17
Arroio do Meio	67	Herveiras	22	São Francisco de Assis	78
Arroio do Tigre	68	Horizontina	42	São Gabriel	70
Arroio dos Ratos	36	Humaitá	31	São Jerônimo	28
Arvorezinha	337	Ibarama	44	São João do Polêsine	15
Barão	79	Ibirubá	50	São José das Missões	29
Barra do Guarita	7	Ijuí	124	São José do Hortêncio	531
Barra do Quaraí	0	Ilópolis	73	São José do Inhacorá	17
Barra do Ribeiro	34	Imigrante	63	São José do Sul	850
Barra do Rio Azul	133	Independência	49	São Leopoldo	49
Barros Cassal	40	Iraí	99	São Lourenço do Sul	222
Bento Gonçalves	150	Itaqui	33	São Luiz Gonzaga	74
Boa Vista do Buricá	29	Itati	42	São Martinho	17
Bom Princípio	352	Itatiba do Sul	510	São Miguel das Missões	52
Bom Progresso	17	Ivorá	64	São Nicolau	34
Bom Retiro do Sul	9	Jaboticaba	31	São Paulo das Missões	51
Boqueirão do Leão	51	Jacuizinho	31	São Pedro do Butiá	29
Bossoroca	34	Jaguari	98	São Pedro do Sul	139
Braga	16	Júlio de Castilhos	47	São Sebastião do Cai	810
Brochier	500	Lagoa Bonita do Sul	31	São Sepé	69
Butiá	282	Lagoão	33	São Valentim do Sul	53
Cândido Godói	37	Lajeado	25	Saldanha Marinho	33
Caçapava do Sul	135	Liberato Salzano	1.177	Salvador das Missões	20
Cacequi	75	Lindolfo Collor	139	Santa Clara do Sul	50
Cachoeira do Sul	123	Maquiné	40	Santa Cruz do Sul	100
Caiçara	32	Maratá	316	Santa Margarida do Sul	331
Caibaté	37	Marcelino Ramos	230	Santa Maria	96
Camaquã	126	Mariana Pimentel	80	Santa Rosa	218
Campina das Missões	43	Mariano Moro	345	Santa Tereza	77
Campo Novo	15	Marques de Souza	60	Santana da Boa Vista	151
Campos Borges	69	Mata	58	Sant'Ana do Livramento	58
Candelária	112	Mato Leitão	44	Santiago	132
Canguçu	265	Maximiliano de Almeida	178	Santo Ângelo	86
Canudos do Vale	53	Minas do Leão	0	Santo Antônio da Patrulha	96
Capão do Leão	76	Miraguá	52	Santo Antônio das Missões	22
Capela de Santana	230	Monte Belo do Sul	104	Santo Cristo	268
Capitão	23	Montenegro	1.745	Sapiranga	34
Carlos Barbosa	89	Morro Redondo	141	Sarandi	57
Catuípe	153	Muçum	106	Seberi	82

continuação APÊNDICE 3. Relação de municípios em classificação de potencial de risco alto, médio e baixo para disseminação de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul:

<b>Risco de Potencial de Disseminação de <i>CaL</i> spp. - Alto</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Centenário	72	Nonoai	36	Senador Salgado Filho	49
Cerrito	60	Nova Alvorada	37	Sentinela do Sul	84
Cerro Branco	45	Nova Boa Vista	55	Sertão Santana	46
Cerro Grande	35	Nova Bréscea	43	Severiano de Almeida	310
Cerro Grande do Sul	53	Nova Candelária	15	Sinimbu	95
Cerro Largo	46	Nova Hartz	40	Tabaí	9
Chapada	50	Nova Palma	92	Taquara	150
Charqueadas	19	Nova Petrópolis	112	Taquari	32
Chuíscia	60	Novo Hamburgo	246	Taquaruçu do Sul	19
Colinas	24	Novo Machado	101	Tenente Portela	42
Constantina	163	Novo Tiradentes	30	Teutônia	113
Coqueiro Baixo	25	Novo Xingu	53	Tiradentes do Sul	48
Coronel Pilar	57	Palmeira das Missões	103	Três Arroios	126
Cotiporã	126	Palmitinho	70	Três Coroas	54
Crissiumal	94	Panambi	72	Três de Maio	109
Cristal	40	Pantano Grande	25	Três Palmeiras	47
Cristal do Sul	14	Paraíso do Sul	58	Três Passos	67
Cruzeiro do Sul	96	Pareci Novo	1.289	Travesseiro	34
Derrubadas	22	Parobé	50	Trindade do Sul	34
Dezesseis de Novembro	16	Passo do Sobrado	40	Triunfo	380
Dois Lajeados	63	Paverama	85	Tucunduva	38
Dom Feliciano	111	Pelotas	475	Tunas	51
Dona Francisca	20	Picada Café	56	Tupanciretã	70
Doutor Maurício Cardoso	43	Pinhal Grande	59	Tupandi	815
Doutor Ricardo	25	Pinheirinho do Vale	101	Tuparendi	90
Eldorado do Sul	30	Pinto Bandeira	60	Ubiretama	14
Encantado	78	Pirapó	22	União da Serra	69
Encruzilhada do Sul	90	Planalto	1.000	Unistalda	35
Entre-Ijuís	76	Poço das Antas	30	Uruguaiana	55
Erechim	135	Portão	405	Vale do Sol	103
Erval Grande	190	Porto Lucena	46	Vale Real	93
Erval Seco	25	Porto Mauá	48	Vale Verde	20
Esperança do Sul	23	Porto Vera Cruz	79	Venâncio Aires	285
Espumoso	76	Porto Xavier	35	Vera Cruz	93
Estrela	57	Pouso Novo	0	Veranópolis	411
Estrela Velha	40	Presidente Lucena	66	Vespasiano Corrêa	40
Fagundes Varela	33	Progresso	70	Viadutos	71
Faxinal do Soturno	35	Putinga	85	Vicente Dutra	90
Fazenda Vilanova	36	Quaraí	95	Vista Alegre	11
Forquetinha	14	Redentora	30	Vista Gaúcha	10
Frederico Westphalen	63	Relvado	66	Vitória das Missões	34
Garibaldi	114	Restinga Sêca	62	Westfália	11
Garruchos	23	Rio dos Índios	91		
<b>Risco de Potencial de Disseminação de <i>CaL</i> spp. - Médio</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Áurea	13	Faxinalzinho	0	Pinhal da Serra	9

continuação APÊNDICE 3. Relação de municípios em classificação de potencial de risco alto, médio e baixo para disseminação de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul:

<b>Risco de Potencial de Disseminação de <i>CaL</i> spp. - Médio</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Aceguá	21	Feliz	13	Pinheiro Machado	32
Ajuricaba	25	Flores da Cunha	43	Piratini	7
Almirante Tamandaré do Sul	15	Florianópolis	15	Pontão	14
Alto Alegre	19	Fontoura Xavier	0	Ponte Preta	4
Alto Feliz	59	Formigueiro	28	Porto Alegre	0
Alvorada	0	Fortaleza dos Valos	25	Protásio Alves	62
Antônio Prado	160	Gaurama	45	Quatro Irmãos	0
Arambaré	5	Getúlio Vargas	20	Quevedos	21
Araricá	17	Guaíba	0	Quinze de Novembro	14
Arroio do Padre	10	Guabiju	14	Rio Grande	0
Arroio do Sal	0	Herval	24	Riozinho	42
Arroio Grande	0	Hulha Negra	11	Rolador	19
Augusto Pestana	42	Ibiaçá	17	São Borja	1
Bagé	11	Ibiraiaras	15	São João da Urtiga	16
Balneário Pinhal	0	Ibirapuitã	7	São José do Herval	7
Barão de Cotegipe	116	Igrejinha	27	São José do Norte	0
Barão do Triunfo	13	Imbé	0	São José do Ouro	12
Barra Funda	25	Inhacorá	7	São Marcos	69
Barracão	2	Ipiranga do Sul	2	São Martinho da Serra	36
Benjamin Constant do Sul	25	Itaara	13	São Pedro da Serra	19
Boa Vista das Missões	7	Itacurubi	28	São Pedro das Missões	5
Boa Vista do Cadeado	29	Itapuca	23	São Valério do Sul	8
Boa Vista do Incra	30	Ivoti	28	São Valentim	25
Boa Vista do Sul	15	Jóia	48	São Vendelino	10
Bozano	45	Jacutinga	22	São Vicente do Sul	30
Cachoeirinha	0	Jaguarão	8	Sagrada Família	4
Cacique Doble	10	Jari	31	Salto do Jacuí	14
Camargo	0	Lagoa dos Três Cantos	7	Salvador do Sul	52
Campinas do Sul	8	Lagoa Vermelha	23	Sananduva	20
Campo Bom	18	Lajeado do Bugre	18	Santa Bárbara do Sul	24
Candiota	6	Lavras do Sul	12	Santa Cecília do Sul	11
Canoas	0	Linha Nova	27	Santa Maria do Herval	61
Capão da Canoa	0	Maçambará	3	Santa Vitória do Palmar	0
Capão do Cipó	30	Machadinho	13	Santo Antônio do Planalto	11
Capivari do Sul	0	Mampituba	6	Santo Augusto	10
Caraá	24	Manoel Viana	27	Santo Expedito do Sul	0
Carazinho	21	Marau	32	Sapucaia do Sul	0
Carlos Gomes	11	Mato Queimado	11	Sede Nova	9
Casca	7	Montauri	13	Segredo	29
Caxias do Sul	182	Monte Alegre dos Campos	35	Selbach	6
Charrua	29	Mormaço	6	Serafina Corrêa	38
Chiapetta	16	Morrinhos do Sul	4	Sertão	19
Chuí	0	Morro Reuter	42	Sete de Setembro	23
Cidreira	0	Mostardas	0	Silveira Martins	13
Colorado	30	Não-Me-Toque	18	Sobradinho	26
Condor	4	Nicolau Vergueiro	13	Soledade	5
Coqueiros do Sul	22	Nova Araçá	16	Tapejara	27



continuação APÊNDICE 3. Relação de municípios em classificação de potencial de risco alto, médio e baixo para disseminação de *Candidatus Liberibacter spp.* e área de citros sob influência, no Rio Grande do Sul:

<b>Risco de Potencial de Disseminação de <i>CaL</i> spp. - Médio</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Coronel Barros	11	Nova Bassano	63	Tapera	8
Coronel Bicaco	18	Nova Esperança do Sul	33	Tapes	7
Coxilha	3	Nova Pádua	14	Tavares	0
Cruz Alta	14	Nova Prata	26	Terra de Areia	27
Cruzaltense	11	Nova Ramada	5	Tio Hugo	16
David Canabarro	15	Nova Roma do Sul	81	Toropi	21
Dilermando de Aguiar	20	Nova Santa Rita	30	Torres	10
Dois Irmãos	21	Novo Barreiro	11	Tramandaí	0
Dois Irmãos das Missões	2	Novo Cabrais	25	Três Cachoeiras	8
Dom Pedrito	2	Osório	28	Três Forquilhas	25
Dom Pedro de Alcântara	3	Paim Filho	39	Turuçu	21
Engenho Velho	27	Palmares do Sul	0	Vacaria	8
Entre Rios do Sul	0	Paráí	9	Viamão	0
Erebango	9	Passa Sete	26	Victor Graeff	5
Ernestina	5	Passo Fundo	15	Vila Flores	16
Estância Velha	29	Paulo Bento	19	Vila Lângaro	8
Estação	4	Pedras Altas	8	Vila Maria	5
Esteio	0	Pedro Osório	0	Vila Nova do Sul	20
Eugênio de Castro	21	Pejuçara	10	Vista Alegre do Prata	7
Farroupilha	98	Pinhal	6	Xangrilá	0
<b>Risco de Potencial de Disseminação de <i>CaL</i> spp. - Baixo</b>					
MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)	MUNICÍPIO	Área Citros (ha)
Água Santa	13	Ciríaco	11	Muliterno	0
André da Rocha	11	Esmeralda	0	São Domingos do Sul	0
Bom Jesus	0	Gentil	4	São Francisco de Paula	23
Cambará do Sul	0	Gramado	14	São Jorge	5
Campestre da Serra	8	Ipê	11	São José dos Ausentes	0
Canela	19	Jaquirana	4	Santo Antônio do Palma	0
Capão Bonito do Sul	0	Mato Castelhano	5	Tupanci do Sul	2
Caseiros	1	Muitos Capões	0	Vanini	0

Felicetti, 2021.