

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Tese

**Potencial de Distribuição de *Bactrocera oleae*
(Diptera: Tephritidae) e dos parasitoides *Fopius arisanus* e
Psytalia concolor (Hymenoptera: Braconidae)**

Fernanda Appel Müller

Pelotas, 2018

FERNANDA APPEL MÜLLER

**POTENCIAL DE DISTRIBUIÇÃO DE *BACTROCERA OLEAE*
(DIPTERA: TEPHRITIDAE) E DOS PARASITOIDES *FOPIUS ARISANUS* E
PSYTTALIA CONCOLOR (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Ciências (área do conhecimento: Entomologia).

Orientador: Dr. Dori Edson Nava

Co-orientadores: Dr. Marco Silva Gottschalk
Dr. Flávio Roberto Mello Garcia

Pelotas, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

M111p Müller, Fernanda Appel

Potencial de Distribuição de *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) e dos parasitoides *Fopius arisanus* e *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) / Fernanda Appel Müller ; Dori Edson Nava, orientador ; Marco Silva Gottschalk, Flávio Roberto Mello Garcia, coorientadores. — Pelotas, 2018.

150 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Mosca-da-zeitona. 2. Opiinae. 3. Controle biológico. 4. Alterações climáticas. 5. Modelo de distribuição de espécies. I. Nava, Dori Edson, orient. II. Gottschalk, Marco Silva, coorient. III. Garcia, Flávio Roberto Mello, coorient. IV. Título.

CDD : 595.7

Banca examinadora:

Dr. Dori Edson Nava (Orientador)

Dra. Adrise Medeiros Nunes

Dr. Enilton Fick Coutinho

Dr. Marcos Silveira Wrege

Dr. Uemerson Silva da Cunha

Agradecimentos

À minha família, pelo amor e apoio incondicional.

Ao Dr. Dori Edson Nava, pela convivência, ensinamentos, incentivo, paciência, confiança e, oportunidade de trabalhar sob sua orientação.

Ao Prof. Dr. Marco Silva Gottschalk (Laboratório de Genética e Evolução de Insetos - Instituto de Biologia - UFPel), por todas as suas contribuições fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Flávio Roberto Mello Garcia, pela co-orientação e ensinamentos.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Fitossanidade (PPGFs) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) pelos ensinamentos.

Aos coordenadores do PPGFS Profs. Drs. Luis Antonio de Avila e Moisés João Zotti, pelo incentivo e confiança e, ao secretário do PPGFs, Marcelo Frio Marins, pela prestatividade.

Aos colegas da UFPel, que contribuíram para o trabalho, Luana Amaral dos Santos, Naymã Pinto Dias e Tiago Scheunemann.

Aos colegas de pós-graduação, aos quais eu tive convívio e, especialmente à Adriane da Fonseca Duarte e Naymã Pinto Dias que me incentivaram a realizar o trabalho.

Aos integrantes do Laboratório de Genética e Evolução de Insetos (Instituto de Biologia - UFPel), que me receberam de forma acolhedora e, em especial à Profa. Dra. Monica Laner Blauth.

À Embrapa Clima Temperado pela disponibilização da estrutura.

À UFPel, por integrarem o PPGFs.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutoramento.

Resumo

MÜLLER, Fernanda Appel. **Potencial de Distribuição de *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) e dos parasitoides *Fopius arisanus* e *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae)**. 2018. 150f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Bactrocera oleae (Rossi, 1790), caracteriza-se por ser uma espécie monófaga e uma das principais pragas da oliveira (*Olea europaea* L.) (Lamiales: Oleaceae), causando perdas econômicas a nível mundial. Até o momento, não foi detectada na América do Sul e, no Brasil é considerada praga quarentenária A1. O presente trabalho foi dividido em dois artigos e teve como objetivos: (a) mapear as regiões a nível global, com ênfase para a América do Sul, de acordo com a distribuição potencial de *B. oleae*, e de dois parasitoides, *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) e *Psytalia concolor* (Szépligeti, 1910); (b) verificar o potencial de distribuição de *B. oleae* em cenários de mudanças climáticas globais e identificar regiões com potencial de ameaças emergentes e futuras invasões. A modelagem de distribuição de espécies (SDM) realizou-se pelo algoritmo de Entropia Máxima (MaxEnt). Obtiveram-se dados de pontos de ocorrência de *B. oleae*, *F. arisanus* e *P. concolor* em museus de livre acesso online e de artigos científicos. Selecionaram-se por meio de análise de componentes principais (PCA) as camadas bioclimáticas. Os limiares Presença Mínima nos dados de Treino (MTP) e de Máximo valor da soma da sensibilidade e especificidade (maxSSS) foram aplicados para a definição de áreas de presença potencial das espécies. No primeiro artigo, compararam-se mapas das áreas de adequabilidade ambiental de *B. oleae* aos dos parasitoides. No segundo artigo, geraram-se mapas de sobreposição dos cenários de mudanças climáticas ao de dados históricos. Como resultados, observou-se que *B. oleae* possui potencial de distribuição para todos os continentes. A maior abrangência potencial de *F. arisanus* se dá na Ásia, América Central, América do Sul. *P. concolor*, foi mais abrangente em áreas relacionadas ao cultivo de olivas. Nas projeções realizadas para cenários de clima futuro, seria mantido o potencial de estabelecimento de *B. oleae* em regiões produtoras da Oceania e América do Sul, nas quais atualmente a espécie está ausente e, haveria permanência da distribuição de *B. oleae* nas regiões tradicionalmente produtoras de oliveira da África, América do Norte e Europa, nas quais *B. oleae* se moveria para regiões ao norte, em latitudes com zonas climáticas atualmente mais frias. Desta forma, foi possível concluir que: a) *B. oleae* possui potencial de estabelecimento na América do Sul e Oceania, locais onde a espécie é ausente. *F. arisanus* e *P. concolor* tem potencial ao controle biológico a nível global; b) em cenários de clima futuro *B. oleae* permaneceria nas regiões produtoras da África, Europa e América do Norte e, com risco de invasão na América do Sul e Oceania.

Palavras-chave: Mosca-da-azeitona. Opiinae. Controle Biológico. Alterações climáticas. Modelo de distribuição de espécies.

Abstract

MÜLLER, Fernanda Appel. **Potential Distribution of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) and the parasitoids *Fopius arisanus* and *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae)**. 2018. 150f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Bactrocera oleae (Rossi, 1790), is a monophagous species and one of the main pest of the olive tree (*Olea europaea* L.) (Lamiales: Oleaceae), causing economic losses worldwide. To date, it has not been detected in South America, and in Brazil it is considered quarantine pest A1. The present work was divided into two articles and had as aims: (a) to map the regions at a global level, with an emphasis on South America, according to the potential distribution of *B. oleae*, and two parasitoids, *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) and *Psytalia concolor* (Szépligeti, 1910); (b) to verify the potential distribution of *B. oleae* in global climate change scenarios and to identify regions with potential for emerging threats and future invasions. The Species Distribution Modeling (SDM) was carried out using the algorithm Maximum Entropy Modeling (MaxEnt). Data were obtained on the occurrence points of *B. oleae*, *F. arisanus* and *P. concolor* in free online access museums and scientific articles. The bioclimatic layers were selected by Principal Component Analysis (PCA). The thresholds Minimum Training Presence (MTP) and Maximizing the sum of sensitivity and specificity (maxSSS) were applied for the definition of areas of potential presence of the species. In the first article, maps of the areas of environmental suitability of *B. oleae* to those of the parasitoids were compared. In the second article maps of overlapping climate change scenarios with historical data were generated. As results, it was observed that *B. oleae* has potential distribution for all continents. The greatest potential range of *F. arisanus* occurs in Asia, Central America and South America. *P. concolor* had greater relation to the areas of olive groves. In the projections for future climate scenarios, the potential for establishment of *B. oleae* in regions of Oceania and South America, where the species is currently absent, and there would be permanence of *B. oleae* distribution in the traditionally olive tree in Africa, North America and Europe, in which *B. oleae* would move to regions to the north, in latitudes with currently colder climatic zones. In this way, it was possible to conclude that: a) *B. oleae* has a potential of establishment in South America and Oceania, places where the species is absent. *F. arisanus* and *P. concolor* have the potential to biological control globally; b) in future climate scenarios *B. oleae* would remain in the producing regions of Africa, Europe, and North America and, with a risk of invasion in South America and Oceania.

Key words: Olive fruit fly. Opiinae. Biological Control. Climate change. Species distribution model.

Lista de Figuras

Artigo 1

- Fig. 1** Pontos de ocorrência utilizados para a geração dos modelos de distribuição das espécies (pontos vermelhos) e pontos de ocorrência utilizados para verificação do modelo de *Bactrocera oleae* (pontos azuis). a) Pontos de ocorrência de *B. oleae*; b) Pontos de ocorrência de *Fopius arisanus*; c) Pontos de ocorrência de *Psytalia concolor*.40
- Fig. 2** Curva característica Operacional do Receptor (ROC), média das 100 replicatas. (a) *Bactrocera oleae*: A AUC média de treinamento para as execuções replicadas é 0,966 e o desvio padrão é 0,003; (b) *Fopius arisanus*: A AUC média de treinamento para as execuções replicadas é 0,982 e o desvio padrão é 0,005; (c) *Psytalia concolor*: A AUC média de treinamento para as execuções replicadas é 0,995 e o desvio padrão é 0,002.41
- Fig. 3** Mapas mundiais com a sobreposição dos Modelos de Distribuição Potencial de *Fopius arisanus* e *Psytalia concolor* sobre o modelo de *Bactrocera oleae* aplicados aos limiares Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence* - MTP) e valores de Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity* - maxSSS).....42
- Fig. 4** Mapas de sobreposição dos Modelos de Distribuição de *Fopius arisanus* e *Psytalia concolor* sobre o modelo de *Bactrocera oleae* gerados com valores de Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence* - MTP) e valores de Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity* - maxSSS) projetados para a América do Sul.43

Fig. 5 Curvas de resposta das variáveis que mais contribuiram na geração dos Modelos de Distribuição das Espécies. *Bactrocera oleae*: (a) Temperatura média anual (°C) (Bio1) e (b) Precipitação do trimestre mais frio (mm) (Bio19). *Fopius arisanus*: (c) Pressão de vapor de água (KPa) mínima anual (_vapr_min) e (d) Amplitude térmica anual (°C) (Bio7). *Psytalia concolor*: (e) Pressão de vapor de água (KPa) mínima anual (_vapr_min), (f) Temperatura (°C) média do trimestre mais úmido (Bio 8) e (g) Pressão de vapor de água média (kPa) (_vapr_media). Cada uma das curvas representa um modelo diferente, ou seja, um modelo Maxent criado usando apenas a variável correspondente. Essas parcelas refletem a dependência da adequação prevista tanto na variável selecionada quanto nas dependências induzidas por correlações entre a variável selecionada e outras variáveis. As linhas vermelhas mostram os valores médios de probabilidade, e as linhas azuis mostram os desvios padrão. As curvas estão com o valor do logaritmo da contribuição para a predição bruta no eixo y, isso quer dizer que, o aumento nos valores de y está associado a um aumento na adequabilidade ambiental do modelo, da mesma forma que a predição logística.44

Artigo 2

Fig. 1 Pontos de ocorrência de *Bactrocera oleae*, países produtores de oliveira e modelos de distribuição da espécie. a) Pontos de ocorrência de *B. oleae* utilizados para a geração do modelo (pontos amarelos), pontos de ocorrência utilizados para verificação do modelo (pontos vermelhos) e países produtores de oliveira segundo dados da FAO - 2006 a 2016 (países destacados em verde); b) Modelo de distribuição de *B. oleae* baseado em dados climáticos históricos e destacadas as áreas de adequabilidade ambiental acima dos valores dos limiares de presença escolhidos - Presença Mínima de Treino (*Minimum Presence Training* - MTP) (regiões destacadas em cinza) e Máxima Soma da Sensibilidade e Especificidade (*Maximizing the Sum of Sensitivity and Specificity* - maxSSS) (regiões destacadas em vermelho)..113

- Fig. 2** Curva de característica operacional do receptor (ROC) com média das 100 replicatas. A AUC de treinamento médio para as réplicas é 0,972 e o desvio padrão é 0,002. 114
- Fig. 3** Mapas de distribuição potencial de *Bactrocera oleae* para a África, América e Europa com a aplicação do limiar MTP, para o ano de 2050 no cenário de emissão de gases A2 do modelo MIROC-H, e mapa comparando a similaridade ambiental das regiões projetadas com os dados ambientais utilizados para avaliar o modelo, pela análise de MESS. As áreas em vermelho têm uma ou mais variáveis ambientais fora do intervalo presente nos dados de treinamento, então as previsões nessas áreas devem ser tratadas com cautela. 115
- Fig. 4** Porcentagem de expansão (valores positivos) ou redução (valores negativos) da distribuição potencial de *Bactrocera oleae* para o modelo de emissão de gases modelo MIROC-H (*Centre for Climate Research*, Japão), cenário A2. Valores obtidos por meio da aplicação do limiar de Presença Mínima de Treino (*Minimum presence training* - MTP). 116
- Fig. 5** Mapas de sobreposição do Modelo de Distribuição de *Bactrocera oleae* em cenários climáticos futuros sobre os parâmetros ambientais atuais, com destaque para os cenários CSIRO 2050-A1B que mais evidenciou a redução geográfica na África e América do Sul e MIROC-H 2050-A1B, que mais evidenciou a expansão geográfica na Europa e América do Norte. 117
- Fig. 6** Mapas de sobreposição do Modelo de Distribuição de *Bactrocera oleae* em cenários climáticos futuros sobre parâmetros ambientais atuais gerados com valores de Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence* - MTP) e valores de Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity* - maxSSS). 118

Fig. 7 Curvas de resposta das principais variáveis preditoras do modelo de distribuição de *Bactrocera oleae* gerado pelo algoritmo MaxEnt. (a) Temperatura média do trimestre mais frio (°C) (Bio11), (b) Radiação do trimestre mais úmido ($W m^{-2}$) (Bio24), (c) Índice médio de umidade do trimestre mais frio (Bio35) e (d) Radiação semanal mais baixa ($W m^{-2}$) (Bio22), (e) Temperatura média do trimestre mais quente (°C) (Bio22). Cada uma das curvas representa um modelo diferente, ou seja, um modelo Maxent criado usando apenas a variável correspondente. Essas parcelas refletem a dependência da adequação prevista tanto na variável selecionada quanto nas dependências induzidas por correlações entre a variável selecionada e outras variáveis. As linhas vermelhas mostram os valores de probabilidade, e as linhas azuis mostram os desvios padrão. As curvas estão com o valor do logaritmo da contribuição para a predição bruta no eixo y, isso quer dizer que, o aumento nos valores de y está associado a um aumento na adequabilidade ambiental do modelo, da mesma forma que a predição logística. 119

Lista de Tabelas

Artigo 1

- Tabela 1 Número de artigos e espécimes de museus utilizados como fonte de dados para obtenção de pontos de ocorrência de *Bactrocera oleae*, *Fopius arisanus* e *Psytalia concolor*.....38
- Tabela 2 Valores dos limiares *Minimum training presence* (MTP) e *Maximum training sensitivity plus specificity* (maxSSS) aplicados para estimar a distribuição geográfica potencial de *Bactrocera oleae*, *Fopius arisanus* e *Psytalia concolor*.....39

Artigo 2

- Tabela 1 Porcentagem de expansão (valores positivos) ou redução (valores negativos) de área geográfica de distribuição potencial de *Bactrocera oleae* de acordo com os cenários futuros de emissão de gases dos modelos CSIRO-MK3.0 (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*, Austrália) e MIROC-H (*Centre for Climate Reseach*, Japão) em comparação a distribuição potencial gerada na projeção dos dados bioclimáticos históricos. Valores obtidos por meio dos limiares Presença Mínima de Treino (*Minimum presence training* - MTP) e Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity* - maxSSS).....112

Sumário

Introdução Geral.....	12
Distribuição potencial de <i>Bactrocera oleae</i> e dos parasitoides <i>Fopius arisanus</i> e <i>Psytalia concolor</i>	16
1. Introdução	18
2. Material e Métodos.....	20
3. Resultados e Discussão.....	25
4. Conclusões	32
Referências.....	33
Distribuição potencial de <i>Bactrocera oleae</i> (Diptera: Tephritidae) em no período atual e em cenários de mudanças climáticas, com foco para a América do Sul.....	73
Introdução	74
Material e Métodos.....	77
Resultados	84
Discussão	95
Referências.....	106
Conclusões Gerais	147
Referências Gerais.....	148

Introdução Geral

A mosca-da-azeitona, *Bactrocera oleae* (Rossi, 1790) (Diptera: Tephritidae) é uma das principais pragas da cultura da oliveira (*Olea europaea* L.) (Lamiales: Oleaceae), alimentando-se exclusivamente de frutos desse gênero (HANIOTAKIS, 2005). De origem africana, *B. oleae* encontra-se amplamente distribuída na Bacia do Mediterrâneo, compreendendo o sul da Europa, Oriente Médio e norte da África, região em que estão concentradas 90% da área cultivada com oliveiras (PONTI et al., 2009). Na América, sua presença foi detectada na Califórnia, Estados Unidos da América e no México (ZYGOURIDIS et al., 2009), sendo vista como espécie invasiva de sucesso nas últimas décadas (PAPADOPOULOS et al., 2013).

Na América do Sul, *B. oleae* está ausente, sendo considerada praga quarentenária para o Brasil (MAPA, 2008), país no qual o cultivo de oliveira está concentrado nos Estados das regiões Sul (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) e Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) (RIZZO; ARGUMENTO, 2011).

Devido às grandes quantidades de azeite e azeitonas importadas pelo Brasil, o mercado da olivicultura tornou-se atrativo do ponto de vista econômico. O Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional, com aproximadamente 2,1 mil hectares em produção e, estima-se que anualmente o cultivo aumente cerca de 400 hectares (Scheunemann et al. 2017). A partir de um projeto executado para o desenvolvimento da cultura nesse estado, liderado pela Embrapa Clima Temperado, em 2006, vários genótipos de oliveira foram introduzidos para testar a adaptabilidade às condições edafoclimáticas nas diferentes regiões do Estado. Além da recomendação de cultivares a partir de 2007, foi proposto o zoneamento climático para a cultura e, estas ações, tem incentivado o cultivo de oliveira em vários municípios, entre eles Bagé, Cachoeira do Sul, Caçapava do Sul, Dom Pedrito, Encruzilhada do Sul, Santana do Livramento e Vacaria (COUTINHO et al., 2009).

Dentre desafios que podem surgir à cultura, estão os problemas fitossanitários, representados principalmente pela ocorrência das pragas autóctones e das quarentenárias, como a mosca-da-azeitona. Os danos diretos de *B. oleae* são

causados pela oviposição e formação de galerias no interior dos frutos devido à alimentação das larvas. A oviposição ocorre tanto em azeitonas verdes como em maturação (VLAHOV, 1992). A redução no rendimento da produção ocorre devido à queda prematura dos frutos e/ou perda de peso do fruto. Além disso, a entrada de microrganismos no orifício de oviposição e seu crescimento nos frutos pode aumentar a acidez do azeite, diminuindo sua qualidade. Em azeitonas de mesa, o dano causado por *B. oleae* reduz totalmente seu valor comercial (MICHELAKIS; NEUENSCHWANDER, 1983; DAANE; JOHNSON, 2010).

Os prejuízos econômicos provocados por insetos-praga na cultura da oliveira, incluindo a mosca-da-zeitona excedem US\$ 800 milhões por ano (BUENO; JONES 2002). As perdas causadas por *B. oleae* variam de 5 a 15% quando medidas de controle da praga são tomadas, porém, se não forem controladas, podem alcançar uma média de 40 a 50% (HANIOTAKIS, 2005).

O controle da mosca-da-zeitona tem sido realizado por aplicação de inseticidas, principalmente organofosforados, piretroides e espinosinas (COLLIER; VAN STEENWYK, 2003; SKOURAS et al., 2007; MARGARITOPOULOS et al., 2008). Além dos efeitos nocivos ao ambiente, a exposição à inseticidas levou à seleção de biótipos resistentes em populações de *B. oleae* na Europa e América do Norte (KAKANI et al., 2010; SAGRI et al., 2014). Com isso, o controle biológico, especialmente com o uso de parasitoides tem sido incluído no manejo dessa espécie.

Dentre os parasitoides de *B. oleae*, estão os braconídeos *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) e *Psytalia concolor* (Szépliget, 1910). O parasitoide *F. arisanus* é nativo do sudeste da Ásia e foi introduzido no Havaí (EUA), em 1949, para controlar a mosca-da-fruta-oriental *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912) (CLAUSEN et al., 1965). Após seu sucesso no Havaí, *F. arisanus* foi amplamente introduzido em outros países para controle de moscas-das-frutas, como *B. oleae*, na Califórnia (YOKOYAMA et al., 2006) e *Bactrocera carambolae* (Drew; Hancock, 1994), no Brasil (PARANHOS et al., 2013; GROTH et al., 2016). Este parasitoide oviposita preferencialmente em ovos de mosca-das-frutas, no entanto, larvas de primeiro ínstar também podem ser parasitadas (CARMICHAEL et al. 2005; MANOUKIS et al. 2011). O endoparasitoide larval, *P. concolor* tem sido amplamente recomendado para o controle de *B. oleae* por liberações inundativas e inoculativas (JIMÉNEZ et al., 1990). Este parasitoide foi detectado pela primeira vez parasitando larvas de *B.*

oleae na Tunísia, em 1910 (KIMANI-NJOGU et al., 2001). Posteriormente, foi introduzido em diversos países da Europa visando o controle da mosca da azeitona (WHARTON, 1989). Após a detecção de *B. oleae* na Califórnia, em 1998, *P. concolor* foi massivamente criado na Guatemala usando larvas de *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824) como hospedeiro (YOKOYAMA et al., 2008).

A ocorrência de *B. oleae* depende também do conjunto de variáveis climáticas (abióticas) existentes, e as mudanças nestas condições poderão ter efeito direto ou indireto sobre a espécie. As mudanças climáticas têm sido registradas para diferentes fenômenos meteorológicos e, destaca-se o aumento da temperatura do planeta, com acréscimos de 0,2°C por década nos últimos 40 anos, também são registrados eventos climáticos extremos com maior frequência e intensidade, alterações no regime de chuvas, aumento na concentração de CO₂ atmosférico, de ozônio na troposfera (superfície do solo até 10 km de altitude), sendo as alterações entre o ambiente físico e o biológico (GHINI et al., 2011). Se as mudanças climáticas forem drásticas, a distribuição e abundância das espécies poderão ser alteradas (SCHREIBER; GUTIERREZ, 1998). Assim, a identificação de restrições ambientais que afetam a distribuição e abundância da praga é fundamental para seu manejo efetivo (WANG et al., 2009).

Um importante elemento do manejo de pragas é o desenvolvimento de ferramentas preditivas precisas, que permitam uma avaliação de risco adequada (KOLAR; LODGE, 2001). Os modelos de distribuição de espécies (SDMs) estimam a relação entre os registros de ocorrência de espécies e as características ambientais e/ou espaciais desses locais (ELITH et al., 2011). Por meio do estudo da distribuição potencial que relaciona áreas de abrangência da praga às dos inimigos naturais, é possível estimar se os parasitoides seriam adequados ao controle biológico clássico. Esse método também pode ser utilizado para avaliar possíveis alterações em cenários futuros e, é de grande interesse estudar pragas quarentenárias, pois possibilita a avaliação de potencial de risco de invasão.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo mapear as regiões a nível global, com ênfase para a América do Sul, de acordo com a adequação ambiental de *B. oleae*, *F. arisanus* e *P. concolor*, para definir áreas ambientalmente adequadas ao estabelecimento conjunto da praga e inimigos naturais e, identificar regiões com potencial de invasões da praga baseando-se no período base e em cenários futuros.

ARTIGO 1 – Biological Control

1 **Distribuição potencial de *Bactrocera oleae* e dos parasitoides *Fopius arisanus***
2 **e *Psytalia concolor***

3

4 Fernanda Appel Müller^a, Naymã Pinto Dias^a, Marco Silva Gottschalk^b, Flávio Roberto
5 Mello Garcia^b, Dori Edson Nava^{c*}

6

7 ^a Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Avenida Eliseu
8 Maciel, s/n, CEP 96010-900, Capão do Leão, Brasil

9 ^b Departamento de Ecologia, Zoologia e Genética, Instituto de Biologia, Universidade
10 Federal de Pelotas, Avenida Eliseu Maciel, s/n, CEP 96010-900, Capão do Leão,
11 Brasil

12 ^c Embrapa Clima Temperado, Laboratório de Entomologia, BR 392 Km 78, Caixa
13 Postal 403, CEP 96010-971, Pelotas, Brasil

14

15

16 * Autor correspondente: Embrapa Clima Temperado, Laboratório de Entomologia,
17 BR 392 Km 78, Caixa Postal 403, CEP 96010-971, Pelotas, Brasil (D.E. Nava)
18 E-mail: dori.edson-nava@embrapa.br (D.E. Nava)

19

20

21 **Resumo**

22 *Bactrocera oleae* (Rossi, 1790) caracteriza-se por ser monófaga e uma das
23 principais pragas da oliveira [*Olea europaea* L. (Lamiales: Oleaceae)], causando
24 perdas econômicas a nível mundial. A praga já foi constatada nos Estados Unidos e
25 México, mostrando ter potencial para invadir novas áreas. Dentre os parasitoides
26 utilizados para o controle de *B. oleae*, *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) e *Psytalia*
27 *concolor* (Szépligeti, 1910) são considerados endoparasitoides cenobiontes e
28 sinovigênicos. Por meio do estudo da distribuição geográfica potencial, a dimensão
29 de regiões ambientalmente adequadas para as espécies pode ser entendida e,
30 relacionando as áreas de abrangência da praga com as dos parasitoides, é possível
31 estimar se os parasitoides seriam adequados para a utilização no controle biológico
32 clássico. O objetivo do estudo foi mapear as regiões de distribuição potencial a nível
33 global, com ênfase para a América do Sul, de *B. oleae*, e de dois parasitoides *F.*
34 *arisanus* e *P. concolor* e, evidenciar a sobreposição de áreas geográficas
35 ambientalmente adequadas para o estabelecimento conjunto da praga e inimigo
36 natural. Para isso, foi utilizado um modelo de predição correlativo da distribuição da
37 espécie, gerado a partir de dados conhecidos das localidades de ocorrência de
38 insetos e de variáveis ambientais preditoras. O algoritmo escolhido para a
39 modelagem foi o de Máxima Entropia (MaxEnt). A avaliação do modelo foi baseada
40 no valor da área média sob a curva ROC (AUC) que foi de 0,966, 0,982 e 0,995 para
41 *B. oleae*, *F. arisanus* e *P. concolor*, respectivamente, indicando bom desempenho
42 preditivo dos modelos e que permite considerar as projeções confiáveis. De maneira
43 geral, foi observada a maior abrangência da distribuição potencial de *F. arisanus* na
44 Ásia (provavelmente por ser sua região de origem), América Central e América do
45 Sul. Na África e América do Norte, *F. arisanus* também foi o mais abrangente, de
46 maneira geral, porém, nas regiões relacionadas à ocorrência de *B. oleae* e de cultivo
47 de olivas, *P. concolor* apresentou maior distribuição potencial. Na Europa e Oceania,
48 *P. concolor* teve distribuição potencial projetada em áreas com presença de olivais.

49

50 Palavras-chave: mosca-da-azeitona, modelo de distribuição de espécies,
51 Braconidae, MaxEnt

52

53

54

55 Destques

- 56 • Por meio da modelagem de distribuição de espécies feita com o algoritmo
57 Máxima Entropia (MaxEnt), foram geradas projeções sobre o potencial de
58 distribuição de *Bactrocera oleae* e relacionadas às de *Fopius arisanus* e
59 *Psytalia concolor*. Esses dados são importantes para elaboração de
60 estratégias de controle de *B. oleae* em locais com risco de invasão.
- 61 • Nas projeções realizadas, *F. arisanus* apresentou maior distribuição potencial,
62 porém, *P. concolor* teve destaque em áreas relacionadas à cultura da oliveira.
63 Constatou-se o potencial de estabelecimento de *B. oleae* em regiões
64 produtoras de oliva nas quais atualmente a praga é ausente, como na
65 América do Sul, que apresenta maior potencial de distribuição de *F. arisanus*
66 e na Oceania, na qual *P. concolor* é mais adequado.

67

68 1. Introdução

69 *Bactrocera oleae* (Rossi, 1790) (Diptera: Tephritidae), a mosca-da-azeitona,
70 caracteriza-se por ser monófaga e uma das principais pragas da oliveira [*Olea*
71 *europaea* L. (Lamiales: Oleaceae)], causando perdas econômicas a nível mundial
72 (Ponti et al., 2009). A mosca-da-azeitona danifica a fruta por puncturas resultantes
73 da oviposição e esses locais podem servir como ponto de entrada de
74 microrganismos que causam podridões, comprometendo a qualidade organoléptica
75 da azeitona e do azeite. Ao eclodir, a larva se alimenta do mesocarpo da oliva,
76 ocasionando galerias na polpa e a queda dos frutos, o que pode resultar na redução
77 do valor comercial das azeitonas de mesa e impossibilitar a comercialização do
78 azeite devido aos altos níveis de acidez (Zygouridis et al., 2009; Daane e Johnson,
79 2010). Estima-se que, dentre os insetos-praga da oliveira, *B. oleae* seja responsável
80 por até 60% do total de danos causados (Gutierrez et al., 2010).

81 Atualmente, *B. oleae* ocorre na África, Europa, Ásia e, foi detectada na
82 Califórnia, EUA e no México (Zygouridis et al., 2009) nas últimas décadas, sendo
83 considerada uma espécie invasora de sucesso (Papadopoulos et al., 2013). Até o
84 momento, sua presença não foi detectada na América do Sul e na Oceania. No
85 Brasil, por exemplo, é considerada praga quarentenária ausente, ou seja, praga de
86 importância econômica potencial para uma área em perigo, porém não presente no
87 território nacional (MAPA, 2008). Assim, para prever o risco potencial de sua entrada
88 e auxiliar na adoção de medidas de controle, caso a praga seja introduzida, são

89 necessárias informações substanciais sobre a mesma e, suas interações ambientais
90 (Harrington et al., 1999) com os agentes de controle biológico.

91 Inimigos naturais propiciam importante mecanismo de controle de pragas
92 introduzidas, por isso o conhecimento das áreas que os mesmos têm potencial de
93 ocupar, em comum, com o hospedeiro é imprescindível para o sucesso no controle
94 biológico clássico, caso haja invasão da praga. Portanto, é importante examinar as
95 localidades onde há sobreposição de área geográfica para o estabelecimento da
96 praga e do inimigo natural.

97 Dentre os parasitoides utilizados para o controle de *B. oleae* destacam-se
98 *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) e *Psytalia concolor* (Szépligeti, 1910) (Hymenoptera:
99 Braconidae: Opiinae), caracterizados por serem endoparasitoides cenobiontes e
100 sinovigênicos. As fêmeas ovipositam nos ovos ou larvas do hospedeiro, que
101 continua seu desenvolvimento normalmente, enquanto o parasitoide permanece no
102 primeiro instar larval até que o hospedeiro atinja o instar pré-pupal, ou seja, quando
103 deixa o local de alimentação para formar seu pupário. O parasitoide então muda
104 pela primeira vez, devorando seu hospedeiro dentro do pupário do qual emergirá
105 mais tarde (Rousse et al., 2005).

106 *Fopius arisanus* oviposita em ovos e larvas de primeiro instar de tefritídeos
107 (Bautista et al., 1998). É um parasitoide polífago, e todos os seus hospedeiros
108 conhecidos pertencem a Tephritidae, a maioria deles ao gênero *Bactrocera* (Rousse
109 et al., 2005). Entre as características favoráveis de *F. arisanus*, como parasitoide
110 para o controle biológico de *B. oleae*, estão seu ovipositor relativamente longo em
111 comparação a outros parasitoides da mosca-da-azeitona, e o fato de que geralmente
112 ovipositam em ovos do hospedeiro (Sime et al., 2008).

113 *Psytalia concolor* pode atacar 14 espécies de tefritídeos em diferentes
114 plantas, tanto selvagens como cultivadas, embora apenas duas sejam conhecidas
115 como hospedeiras típicas em seu local de origem: *Ceratitis capitata* (Wiedemann,
116 1824) e *B. oleae* (Wharton e Gilstrap, 1983). Apesar de normalmente atacar e
117 desenvolver-se em larvas de terceiro instar, em experimentos laboratoriais, *P.*
118 *concolor* parasita com sucesso larvas de primeiro e segundo ínstars de *B. oleae*
119 (Canale, 1998, Raspi e Canale, 2000).

120 Um importante elemento de apoio ao controle é o desenvolvimento de
121 ferramentas preditivas precisas, permitindo avaliação de risco adequada (Kolar e
122 Lodge 2001). Os modelos de distribuição de espécies (Species Distribution Models -

123 SDMs) estimam a relação entre os registros de espécies nos locais e as
124 características ambientais e/ou espaciais desses locais (Elith et al., 2011).

125 Por meio do estudo da distribuição geográfica potencial, a gama de regiões
126 ambientalmente adequadas às espécies pode ser entendida e, as áreas de
127 abrangência da praga relacionadas às dos parasitoides. Além disso, é possível
128 estimar se os inimigos naturais seriam adequados para a utilização no controle
129 biológico clássico.

130 Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi mapear globalmente, com
131 ênfase à América do Sul, a distribuição potencial de *B. oleae* e dos parasitoides *F.*
132 *arisanus* e *P. concolor*, evidenciando a sobreposição de áreas geográficas
133 ambientalmente adequadas para o estabelecimento conjunto da praga e inimigo
134 natural. Tais resultados poderão ser utilizados para analisar a capacidade de
135 utilização dos parasitoides no manejo integrado da praga, e dar continuidade em
136 estudos acerca de introdução de inimigos naturais por meio do Controle Biológico
137 Clássico, e auxiliar órgãos de defesa fitossanitária para o estabelecimento de
138 medidas de controle, caso ocorra novas invasões.

139

140 **2. Material e Métodos**

141 *2.1 Dados de ocorrência*

142 Para obtenção dos pontos de ocorrência de *B. oleae* foram utilizadas fontes
143 primárias de informação, obtidas de coleções de museus de livre acesso disponíveis
144 no *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)* (<https://www.gbif.org>) e registros de
145 coleta a campo publicados em artigos científicos (Material suplementar 1). Além do
146 nome científico válido para a espécie, *B. oleae*, também foram feitas consultas pelos
147 sinônimos juniores *Daculus oleae* (Gmelin, 1790), *Dacus flaviventris* Guercio, 1900,
148 *Dacus funesta* Guercio, 1900, *Dacus oleae* (Rossi, 1790) e *Musca oleae* Gmelin,
149 1790. Para a obtenção dos pontos de ocorrência de *F. arisanus* e *P. concolor*
150 utilizaram-se registros de coleta a campo publicados em artigos científicos (Material
151 suplementar 2 e 3). Para *F. arisanus*, também se realizaram buscas pelas
152 sinonímias *Biosteres arisanus* (Sonan), *Biosteres persulcatus* Silvestri, 1916, *Opius*
153 *oophilus* (Fullaway, 1951), *Opius persulcatus* (Silvestri, 1916). Para *P. concolor*, a
154 sinonímia *Opius concolor* Szépligeti também foi utilizada nas buscas. Com as
155 informações obtidas organizaram-se bancos de dados com a referência, país,
156 localidade, coordenadas geográficas e quando disponível, ano e mês da coleta.

157 Nas fontes de busca, foram identificadas as coordenadas geográficas, sendo
158 em seguida verificada a sua correta localização e quando havia apenas dados de
159 localidades, realizaram-se buscas, no Google Maps (www.google.com/maps).
160 Excluíram-se informações imprecisas ou duvidosas. Em seguida, utilizaram-se as
161 coordenadas geográficas no programa QGIS [(*Quantum Geographic Information*
162 *Systems*) 2.18.11 Las Palmas (https://www.qgis.org/pt_BR/site/)] e, junto ao arquivo
163 *shape* com as delimitações dos países, verificou-se a precisão dos pontos de
164 ocorrência, ou seja, se estavam de acordo com a localidade relacionada.

165 Os dados de ocorrência de *B. oleae* localizados na China, Estados Unidos da
166 América, México e Paquistão, obtidos de artigos científicos, utilizaram-se com o
167 propósito de verificação do modelo de adequabilidade ambiental após a aplicação do
168 limiar de presença (Material suplementar 4).

169

170 2.2 Obtenção, recortes e seleção das variáveis ambientais

171 As variáveis bioclimáticas com registros históricos foram obtidas do banco de
172 dados WorldClim – *Global Climate Data* (versão 2.0) e, contêm dados climáticos de
173 1970 a 2000 (<http://worldclim.org/version2>) (Fick e Hijmans, 2017). Optou-se por
174 utilizar camadas ambientais com quadrículas de resolução de 10 arco-minutos
175 ($\approx 344\text{km}^2$), pois, essa resolução é considerada suficiente em função dos dados
176 utilizados serem abióticos e o modelo de abrangência global (Soberón, 2010).

177 O conjunto de dados foi formado por 28 camadas climáticas (arquivos *raster*),
178 e se referem a variações de temperatura, precipitação, radiação solar, pressão de
179 vapor de água e velocidade do vento (Material suplementar 5).

180 Os arquivos foram acessados em formato ASC, sendo em seguida
181 visualizados com os pontos de ocorrência da praga e dos dois parasitoides. Cada
182 quadrícula com informações ambientais foi representada por apenas um ponto de
183 ocorrência e, nos casos em que ocorreram mais de um ponto, ou os mesmos
184 incidiram em localidades sem informação ambiental, foram excluídos. Após a
185 averiguação, formaram-se os arquivos com as coordenadas geográficas
186 posteriormente utilizadas na geração dos modelos de distribuição potencial de cada
187 espécie (Material suplementar 6–8).

188 Ainda no programa QGIS, para a modelagem de *B. oleae*, as 28 camadas
189 foram recortadas em uma região geográfica que englobou a África, o sul da Europa
190 e a região ocidental da Ásia (long. -33.02 a 60.53, lat. -43.23 a 50.14), por serem,

191 respectivamente, a região de origem da espécie, e as regiões com estabelecimento
192 mais antigo da praga.

193 Para evitar a utilização de variáveis ambientais autocorrelacionadas, foram
194 extraídos os valores de cada variável ambiental relacionada a cada ponto de
195 ocorrência por meio da ferramenta *Point sampling tool*, no programa QGIS, feito
196 separadamente para *B. oleae*, *F. arisanus* e *P. concolor*. Os valores de cada
197 camada ambiental foram padronizados para a média igual a zero e o desvio padrão
198 igual a um, a fim de proceder a Análise de Componentes Principais (PCA). Para tal,
199 foram calculados as médias e os desvios padrões dos valores observados em todos
200 os pontos de ocorrência para cada variável ambiental e aplicada a fórmula $Z_i = (X_i - \bar{X}) / S$,
201 onde Z_i é o valor padronizado da variável no ponto i , X_i é o valor original da
202 variável no ponto i , \bar{X} é o valor da média e S o valor do desvio padrão da variável.
203 Com os valores padronizados foi realizada a PCA no programa PAST3 (Hammer et
204 al., 2001) (Material suplementar 9–11). Da matriz de correlação, foram selecionadas
205 as variáveis associadas aos componentes principais com autovalores superiores a
206 um, valor que indica se o componente possui a mesma capacidade de explicação de
207 uma variável original. As associações foram verificadas utilizando os coeficientes de
208 correlação entre as variáveis originais, os componentes principais obtidos e, as
209 variáveis ambientais com valores superiores a $|0,75|$ foram designadas para a
210 modelagem (Material suplementar 12–14).

211 Das 28 variáveis ambientais originalmente propostas foram selecionadas 13
212 para *B. oleae*, sendo: Temperatura média anual (°C) (Bio1); Amplitude térmica
213 média (Média mensal de temperatura máxima - temperatura mínima (°C) (Bio2);
214 Sazonalidade da temperatura (desvio padrão das temperaturas mensais * 100)
215 (Bio4); Temperatura mínima do mês mais frio (°C) (Bio6); Amplitude térmica anual
216 (BIO5-BIO6) (°C) (Bio7); Temperatura média do trimestre mais frio (°C) (Bio11);
217 Precipitação do trimestre mais quente (mm) (Bio18); Precipitação do trimestre mais
218 frio (mm) (Bio19); Radiação Solar máxima ($\text{kJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) (srad_max); Pressão de
219 vapor de água mínima (kPa) (vapr_min); Velocidade média do vento (m s^{-1})
220 (wind_med); 13) Velocidade mínima do vento (m s^{-1}) (wind_min). Para *F. arisanus*
221 foram selecionadas oito variáveis e, além de Bio4; Bio6; Bio7; Bio11 e vapr_min
222 selecionadas para *B. oleae*, foram consideradas: Precipitação do trimestre mais
223 úmido (mm) (Bio16); Pressão de vapor de água média (kPa) (vapr_med) e
224 Precipitação anual (mm) (Bio12). Para *P. concolor* foram selecionadas 16 variáveis,

225 além de Bio1; Bio4; Bio6; Bio7; Bio11; Bio18; vapr_min; Bio12; Bio16; vapr_med;
226 também foram eleitas as variáveis: Isotermalidade (BIO2 / BIO7) (* 100) (°C) (Bio3);
227 Temperatura máxima do mês mais quente (°C) (Bio5); Temperatura média do
228 trimestre mais úmido (°C) (Bio8); Temperatura média do trimestre mais quente (°C)
229 (Bio10); Precipitação do mês mais úmido (mm) (Bio13) e Radiação Solar mínima (kJ
230 m⁻² day⁻¹) (srad_min).

231

232 2.3 Definição do algoritmo e avaliação de desempenho do SDM de *B. oleae*, *F.* 233 *arisanus* e *P. concolor*

234 O algoritmo de Entropia Máxima (MaxEnt) versão 3.4.1
235 (http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/) (Phillips et al. 2017) foi
236 utilizado para modelar a distribuição potencial da praga e dos parasitoides. Este
237 algoritmo utiliza dados de presença para identificar condições ambientais com base
238 em variáveis ambientais independentes e prever a distribuição de uma espécie,
239 excluindo todas as condições que são infundadas ou indefinidas (Evangelista et al.,
240 2011).

241 A partir do algoritmo MaxEnt, os arquivos com os pontos de presença de *B.*
242 *oleae*, *F. arisanus*, *P. concolor* e as respectivas camadas ambientais, selecionadas
243 na Análise de Componentes Principais, foram inseridos, separadamente, para gerar
244 um modelo para cada espécie. Com os dados de saída gerados em cada uma das
245 modelagens realizaram-se projeções globais.

246 Para cada espécie, os modelos foram calculados com média entre 100
247 réplicas dos modelos gerados com o sorteio dos pontos de ocorrência pelo método
248 de *bootstrap* (Efron, 1979), gerando diferentes subconjuntos de dados para a
249 avaliação da precisão dos modelos de distribuição. Em cada réplica, 25% dos dados
250 de ocorrência foram selecionados aleatoriamente pelo algoritmo e serviram para
251 testar os modelos resultantes, sendo os demais pontos utilizados como dados de
252 treino.

253 A técnica *Jackknife*, também utilizada remove uma variável por vez, durante a
254 geração das réplicas. A implicação da remoção da camada no processo é avaliada,
255 e a porcentagem de contribuição de cada variável independente utilizada no modelo
256 é fornecida. Também, os Modelos de Distribuição de Espécies (*Species Distribution*
257 *Models* - SDMs) informativos e preditivos foram avaliados quanto ao seu

258 desempenho, comparando um conjunto de dados observados de locais ocupados
259 (presentes) e desocupados (ausentes) (Lawson et al., 2014).

260 A validação é uma das etapas mais importantes do processo de modelagem,
261 pois sem ela, a interpretação de um modelo perde seu sentido, visto que tudo o que
262 está representado pode estar incorreto ou com graus inaceitáveis de precisão
263 (Giannini et al., 2012). Essa etapa se baseia nos valores da matriz de confusão
264 (erros de omissão e comissão) que foram utilizados para construir a Curva
265 Característica de Operação do Receptor (*Receiver Operating Characteristic* - ROC)
266 para dados de treino e teste, e assim calculada a Área Sob a Curva (*Area Under the*
267 *Curve* - AUC), que mede a capacidade discriminatória do modelo e, permite
268 interpretar o resultado como a probabilidade de sortear dois pontos ao acaso e eles
269 estarem corretos. O valor AUC varia de zero a um, onde um indica uma habilidade
270 perfeita para discriminar a omissão de áreas com registros e a sobreposição de
271 áreas ocupadas.

272 Para *B. oleae*, foi realizada validação adicional do modelo, com os pontos não
273 utilizados no processo de modelagem, e que se localizam na China, Estados Unidos
274 da América, México e Paquistão (Material suplementar 15). Essa etapa consiste em
275 avaliar se os pontos com registro de ocorrência da praga não utilizados na
276 modelagem são apontados dentro da área de distribuição potencial prevista e,
277 quanto maior o número de acertos, mais seguro é o modelo gerado.

278

279 *2.4 Limiares para a definição de áreas de presença potencial de B. oleae, F.*
280 *arisanus e P. concolor*

281 Os modelos finais foram executados com saída logística, portanto, dados
282 binários, utilizados para definir áreas com adequabilidade ambiental prevista, foram
283 processados com aplicação dos limiares Presença Mínima de Treino (*Minimum*
284 *Training Presence* - MTP) e Máxima soma da sensibilidade e especificidade
285 (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity* - maxSSS). Para cada limiar, foi
286 utilizada a média dos valores dos 100 modelos gerados.

287 No programa Diva-GIS (versão 7.5.0.0) (<http://www.diva-gis.org/>) foi
288 inserida a camada de saída de cada projeção gerada para *B. oleae*, *F. arisanus* e *P.*
289 *concolor*. Foram utilizados os mapas globais e feitos recortes separando América do
290 Sul (long. -96.67 a -28.33, lat. -58.83 a 13.17).

291 A partir dos valores dos gráficos de histograma, foi contabilizada a área
292 ocupada globalmente e na América do Sul, por meio da quantidade total de
293 quadrículas das camadas ambientais. Posteriormente foram inseridos os valores de
294 limiares, MTP e maxSSS, recontadas a quantidade de quadrículas de cada projeção.
295 Por fim, mapas comparativos das áreas de adequabilidade ambiental foram
296 montados no programa QGIS contrastando *B. oleae* com os parasitoides. Aos
297 mapas, global e da América do Sul, de *B. oleae*, foram sobrepostos os mapas de
298 cada parasitoide, aplicando os limiares MTP e maxSSS, e assim, identificadas as
299 regiões coincidentes da distribuição geográfica da praga e dos parasitoides. Desta
300 maneira, caso *B. oleae* seja introduzida, é possível presumir qual dos parasitoides
301 seria o mais adequado para o controle biológico clássico da praga. Para elucidar a
302 subdivisão dos continentes, foi adotado o geoesquema das Nações Unidas
303 (<https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>).

304 Para verificação das zonas climáticas em que foram feitas as projeções e nas
305 quais as espécies tiveram adequabilidade ambiental, foi utilizado um arquivo em
306 formato *shape* com as delimitações das zonas climáticas estabelecidas por Köppen-
307 Geiger, com dados observados entre 1976 a 2000, ([http://koeppen-geiger.vu-](http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/shifts.htm)
308 [wien.ac.at/shifts.htm](http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/shifts.htm)) e, com utilização da legenda foi possível determinar em qual
309 região climática a espécie foi projetada.

310

311 **3. Resultados e Discussão**

312 *3.1 Dados de ocorrência*

313 Contabilizaram-se os totais de pontos de ocorrência utilizados nas
314 modelagens de *B. oleae*, *F. arisanus* e *P. concolor* (Tabela 1, Fig. 1). Para validação
315 do modelo de ocorrência de *B. oleae*, utilizaram-se outros 37 pontos, não incluídos
316 na modelagem, de dois países da América do Norte e dois da Ásia (Fig. 1a, Material
317 suplementar 15).

318

319 *3.2 Avaliação dos modelos*

320 O valor médio e o desvio padrão de AUC para os modelos desenvolvidos para
321 *B. oleae*, *F. arisanus* e *P. concolor* foram de $0,966\pm 0,003$, $0,982\pm 0,005$ e
322 $0,995\pm 0,002$, respectivamente (Fig. 2). Esses valores sugerem que todos os
323 modelos possuem desempenho preditivo adequado.

324 A validação possibilitou confirmar a confiabilidade das previsões, pois as
325 regiões com pontos de ocorrência não incluídos na modelagem de *B. oleae*
326 confirmaram-se como potenciais de adequabilidade ambiental à projeção dos dados
327 climáticos associados aos limiares aplicados. Assim como *F. arisanus*, que é nativo
328 do sul da China apresentou adequabilidade ambiental neste local, mesmo sem ponto
329 de ocorrência inserido na modelagem (Fig. 1, Fig. 3).

330

331 3.3 Distribuição potencial de *B. oleae* e dos parasitoides *F. arisanus* e *P. concolor*

332 As projeções de ocorrência potencial de *B. oleae* para os continentes da
333 Oceania, Ásia, Europa, África, América do Norte e Central podem ser visualizados
334 na Fig. 3. As áreas com características ambientais adequadas para o
335 estabelecimento das espécies foram estimadas com potencial adequado quando
336 delimitadas pelo limiar MTP e com potencial ótimo pelo limiar maxSSS, cujos valores
337 adotados estão na Tabela 2. Dada a monofagia da mosca-da-azeitona, o que a torna
338 dependente da distribuição do seu hospedeiro (Godefroid, 2015), foram abordadas
339 apenas as áreas localizadas em países com dados de cultivo de oliveira entre os
340 anos de 2006 a 2016 (FAO, 2018).

341 *Bactrocera oleae* não ocorre na Austrália, porém, tem potencial de
342 distribuição para quase a totalidade do país e, as regiões com adequação ambiental
343 localizadas na metade sul do país, são as mesmas de cultivo de oliveiras. A recente
344 expansão da indústria olivícola australiana resultou no plantio de olivais no sul da
345 Austrália, Victoria, Nova Gales do Sul, Austrália Ocidental, Queensland e partes da
346 Tasmânia (Spennemann e Allen, 2000). Para essa região, o parasitoide *P. concolor*
347 apresentou adequação ambiental, concentrando-se na região litorânea e numa faixa
348 central que abrange a divisa de Victoria e Nova Gales do Sul. *Fopius arisanus*
349 também teve potencial de distribuição na Austrália, porém, em área mais restrita no
350 norte do país (região em que não há tradição de cultivo de oliveiras). Os dois
351 parasitoides ocorrem na Austrália. *F. arisanus* é comumente encontrado em
352 Queensland (Ero et al., 2011; Lloyd et al., 2010), enquanto *P. concolor* foi introduzido
353 (Wang e Messing, 2004), mas, não foi possível confirmar seu estabelecimento.

354 Na Bacia do Mediterrâneo, *B. oleae* encontra-se amplamente distribuída no
355 Oriente Médio, sul da Europa e norte da África. Regiões onde estão concentradas
356 90% das áreas com cultivo de oliveira no mundo (Ponti et al., 2009).

357 Dos países produtores de oliva na Ásia, *B. oleae* está presente na China,
358 Chipre, Iran, Israel, Jordânia, Líbano, Palestina e Turquia. Não foram obtidos dados
359 de pontos de ocorrência da Síria, Iraque, Kuwait, Azerbaijão, Afeganistão e
360 Uzbequistão, mas isso não exclui a possibilidade da presença da espécie, pois a
361 mesma ocorre no Paquistão, um dos possíveis locais de sua origem (Nardi et al.,
362 2005). As projeções do potencial de distribuição de *B. oleae* abrangem todos os
363 países dessa região. Na Síria, existem regiões com adequabilidade ambiental ótima
364 para os parasitoides. Na região do Mediterrâneo e no Irã, *P. concolor* está
365 estabelecido (Argov e Gazit, 2008) e, tem maior potencial de estabelecimento em
366 relação a *F. arisanus*, nas regiões de adequação de *B. oleae*. Na China, apenas *F.*
367 *arisanus* apresentou áreas com adequação ambiental sobreposta às áreas com
368 potencial de distribuição de *B. oleae*, provavelmente porque a distribuição de *F.*
369 *arisanus* é restrita à área do Indo-Pacífico, exceto nos países onde foi introduzido
370 deliberadamente (Rousse et al., 2005). Porém, quando utilizado o limiar maxSSS, os
371 modelos sugerem que este parasitoide não seria adequado para o controle de *B.*
372 *oleae* nessas localidades.

373 As zonas climáticas abrangidas na sobreposição entre as distribuições
374 potenciais de *B. oleae* com *P. concolor* são Csa (temperadas quentes com verão
375 seco e quente) na região do Mediterrâneo, com exceção do oeste do Chipre, que
376 possui a zona climática BSh (clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude),
377 a qual também é presente no sul do Irã. Para a sobreposição entre as distribuições
378 potenciais de *B. oleae* e *F. arisanus* na China, a zona climática é definida como Cfa
379 (clima temperado úmido com verão quente).

380 *Bactrocera oleae* não constitui uma nova ameaça para a Europa (Godefroid et
381 al., 2015) e apesar de não terem sido obtidos registros de ponto de ocorrência para
382 os países que cultivam a oliveira, como a Bósnia, Malta e Macedônia, a distribuição
383 potencial da espécie foi estimada para todo o território dos países produtores. Na
384 África, *P. concolor* foi detectado pela primeira vez parasitando larvas de *B. oleae* na
385 Tunísia, em 1910 (Kimani-Njogu et al., 2001). Posteriormente, tem sido amplamente
386 recomendado para o controle de *B. oleae* por liberações inundativas e inoculativas
387 (Jiménez et al., 1990). Na Europa e África, *P. concolor* apresentou potencial ótimo
388 de estabelecimento nas áreas de presença de *B. oleae*, e como, na modelagem, a
389 maioria dos pontos de ocorrência utilizados são desses continentes, pode-se afirmar
390 que a projeção se ajustou. Apesar de *F. arisanus* não possuir nenhum ponto de

391 ocorrência na Europa e nos países produtores de oliva da África, há potencial de
392 estabelecimento, principalmente no oeste de Portugal, embora com abrangência
393 inferior a de *P. concolor*, não justificando sua utilização nestes locais.

394 Na Europa, as áreas com adequação ambiental ótima coincidentes entre *B.*
395 *oleae* e *P. concolor*, correspondem ao clima Csa. Na África ao BSh (clima das
396 estepes quentes de baixa latitude e altitude) e Csa no Marrocos, Líbia, Tunísia e
397 Argélia, e BWh (clima das regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude) no
398 Egito.

399 Na América do Norte, os Estados Unidos possuem áreas com distribuição
400 potencial e adequabilidade ambiental ótima para *B. oleae* no Havaí e sudeste do
401 país. Porém, essas regiões não são propícias para o cultivo de oliveiras em função
402 da grande precipitação (Wrege et al., 2015). Nesses locais, *F. arisanus* tem maior
403 potencial de estabelecimento do que *P. concolor*. Ambas as espécies de
404 parasitoides foram introduzidas e estão estabelecidos no Havaí (Waterhouse, 1993;
405 Wharton e Gilstrap, 1983). *Fopius arisanus* foi introduzido em 1949 para controlar a
406 mosca-da-fruta oriental *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912) (Clausen et al., 1965). Na
407 Califórnia, região de cultivo de oliveira, *P. concolor* apresentou potencial ótimo de
408 estabelecimento em áreas nas quais *B. oleae* encontra-se presente. Logo após a
409 detecção da mosca-da-azeitona na Califórnia em 1998, *P. concolor* foi
410 massivamente criado em larvas de *Ceratitis capitata* e, liberado de forma inundativa
411 (Yokoyama et al., 2008). As zonas climáticas predominantes nessas regiões são Cfb
412 (clima temperado úmido com verão temperado) no Havaí, Csa e Csb (clima
413 temperado úmido com verão seco e temperado) na Califórnia e, Cfa no sudeste do
414 país.

415 No México, *B. oleae* tem distribuição potencial para quase a totalidade de seu
416 território. Neste país, a espécie foi coletada em 2002 no estado da Baixa Califórnia
417 (Nardi et al., 2005). Os resultados evidenciam que *P. concolor* apresenta distribuição
418 potencial ótima na região de ocorrência da praga, enquanto *F. arisanus* é mais
419 adequado ao ambiente da na metade sul do país. No México, as regiões com
420 distribuição potencial de *P. concolor* têm clima BSk (clima das estepes frias de
421 média latitude e grande altitude) e, as de *F. arisanus*, clima As (clima tropical com
422 estação seca de Verão) e Cfa. Apesar de *B. oleae* não ocorrer em El Salvador, tem
423 distribuição potencial em quase todo o seu território. *F. arisanus* apresenta maiores

424 valores de adequabilidade ambiental na maior parte do país, o qual possui clima Aw
425 (clima tropical com estação seca de Inverno).

426 Por meio do banco de dados elaborado, não se obtiveram pontos de
427 ocorrência de *B. oleae* na América do Sul, porém, para todos os países produtores
428 de oliva, a espécie apresenta potencial de estabelecimento (Fig. 4). Na Argentina, as
429 áreas ambientalmente adequadas para *B. oleae* e *F. arisanus*, simultaneamente, se
430 localizam na região do Chaco, Mesopotâmia e Pampas, e nas concomitantes para *B.*
431 *oleae* e *P. concolor*, apresentam pequena área ambientalmente adequada na região
432 dos Pampas, na qual se cultivam oliveiras (Caballero, 2013). Na Argentina, as zonas
433 climáticas em comum para *F. arisanus* e *P. concolor* são Cfa e Cfb e, Cwa (clima
434 temperado úmido com Inverno seco e Verão quente) somente para *F. arisanus* na
435 região do Chaco.

436 No Chile, as regiões ambientalmente adequadas em comum para *P. concolor*
437 e *B. oleae* se localizam nas áreas de cultivo de oliveira das regiões de Coquimbo,
438 Valparaíso, Metropolitana de Santiago, O'Higgins, Maule e Biobío (Caballero, 2013).
439 Nessas mesmas regiões, *F. arisanus* apresenta uma área menos adequada, porém,
440 em Araucanía, tem potencial de distribuição. Nas áreas citadas, o clima
441 predominante é o Csb. No Peru, somente *B. oleae* apresenta áreas potenciais ao
442 desenvolvimento, nas regiões de Tacna e Ica, nas quais há cultivo de oliveiras. No
443 Uruguai, *B. oleae* tem potencial ótimo para estabelecimento em todo o país, o que
444 também é observado para *F. arisanus*. Esta última espécie apresenta maiores
445 valores de adequabilidade ambiental nas regiões produtoras de oliva das regiões de
446 Maldonado e Rocha. *Psytalia concolor* tem maiores valores de adequabilidade
447 ambiental nas regiões produtoras de oliva no sul de Colonia e San Jose, Lavalleja,
448 Maldonado e Rocha (Caballero, 2013). Além destas regiões, *F. arisanus* tem
449 adequabilidade ambiental ótima na região noroeste e *P. concolor* na região nordeste
450 do país. O clima predominante é Cfa.

451 No Brasil, o cultivo de oliveira está concentrado nas regiões Sul e Sudeste,
452 nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Minas Gérias e São
453 Paulo. Em todas essas regiões, o modelo gerado para a distribuição potencial de *B.*
454 *oleae* aponta áreas de adequação ambiental e a metade sul do Rio Grande do Sul é
455 a única que permanece na projeção com a aplicação do limiar mais restritivo
456 (maxSSS), região que se aproxima do zoneamento agroclimático da oliveira, motivo
457 pelo qual o cultivo de oliveira foi incentivado nos municípios de Bagé, Cachoeira do

458 Sul, Caçapava do Sul, Dom Pedrito, Encruzilhada do Sul, Rio Grande, Santana do
459 Livramento e Vacaria (Coutinho et al., 2009). A distribuição potencial de *F. arisanus*
460 no Brasil coincide às áreas adequadas para *B. oleae*. *P. concolor* apresentou
461 distribuição potencial ótima na região sul do Rio Grande do Sul e uma região restrita
462 ao norte de Minas Gerais. Apesar de *P. concolor* ter potencial de ocorrer em uma
463 área menor do que *F. arisanus*, é possível destacar que o mesmo possui distribuição
464 em áreas de adequação ótima e em áreas sobrepostas às de *B. oleae*, como é o
465 caso do Rio Grande do Sul, no qual ocorre a maior parte da produção de oliveira do
466 Brasil, portanto, as duas espécies poderiam ser utilizadas para dar continuidade a
467 pesquisas, caso houvesse invasão da praga. No Brasil, os tipos de clima nos quais
468 as espécies apresentaram áreas ambientais adequadas são Cfa, no Rio Grande do
469 Sul até sul de São Paulo, e Aw, na metade norte de São Paulo até Minas Gerais.

470 O modelo possibilita supor que existe uma alta adequação ambiental de *B.*
471 *oleae* na América do Sul e na Oceania, portanto, essas áreas podem ser suscetíveis
472 a invasões futuras pela mosca-da-azeitona e, assim, o conhecimento da melhor
473 adaptabilidade dos parasitoides poderá auxiliar no manejo.

474 A escolha de *F. arisanus* como um possível parasitoide de *B. oleae* baseia-se
475 na capacidade em que o mesmo em, de desenvolver-se na mosca-da-azeitona
476 (Calvitti et al., 2002; Sime et al., 2008) e, estar introduzido no Brasil (Groth et al.,
477 2017). Entretanto, de acordo com a região pretendida para o controle biológico
478 clássico, devem-se estudar outros inimigos naturais de *B. oleae*, pois as áreas de
479 adequação ambiental foram baseadas somente em variáveis climáticas e, caso haja
480 interesse na utilização de parasitoides para controle biológico clássico, é necessário
481 desenvolver estudos que considerem as interações biológicas e fatores históricos
482 relacionados à distribuição geográfica das espécies.

483 *Fopius arisanus* possui vários hospedeiros e superioridade competitiva
484 intrínseca sobre parasitoides de larvas e pupas, que incluem especialistas em *B.*
485 *oleae*, contudo, apresenta baixa fecundidade (Sime et al., 2008). Estudos realizados
486 por Bautista et al. (1999) e por Rendon et al. (2006) afirmam a facilidade de criá-lo
487 em *Bactrocera dorsalis* e *Ceratitis capitata*.

488 A disponibilidade de oliveiras e azeitonas é essencial na definição do alcance
489 geográfico da mosca-da-azeitona e, o sucesso de um processo de invasão pode
490 depender da identidade intraespecífica de *B. oleae*, assim, essa diversidade deve
491 ser observada nas análises de risco de pragas, pois, apenas a utilização de limites

492 taxonômicos a nível específico pode levar a uma subestimação ou superestimação
493 do potencial de distribuição da praga (Godefroid et al. 2015). Por isso, em situações
494 de invasão de *B. oleae*, estudos detalhados para conhecer qual a linhagem invasora,
495 que tem diferentes adequações ambientais (Godefroid et al. 2015), são
496 determinantes para aumentar a acurácia do potencial de distribuição da praga.

497 Os tipos de clima que prevaleceram onde ocorre a sobreposição da
498 distribuição potencial entre os parasitoides e *B. oleae* foram os oceânicos (climas
499 das regiões oceânicas e marítimas e das regiões costeiras ocidentais dos
500 continentes). *F. arisanus* predominou no clima Cf (clima temperado úmido sem
501 estação seca) e, *P. concolor* em clima Cf e Cs (clima temperado úmido com verão
502 seco - clima mediterrânico), condizentes com a região de origem de ambos os
503 parasitoides.

504

505 3.4 Variáveis ambientais determinantes para a distribuição de *B. oleae*, *F. arisanus* e 506 *P. concolor*

507 As variáveis ambientais que contribuíram significativamente para construção
508 do modelo de distribuição potencial de *B. oleae* foram temperatura média anual (°C)
509 (Bio1) (37,3%) e a precipitação do trimestre mais frio (mm) (Bio19) (23,7%). Estas
510 duas variáveis tiveram 61% de contribuição e tem maiores contribuições para
511 geração do modelo. A probabilidade de ocorrência de *B. oleae* aumenta em áreas
512 com uma temperatura média anual de aproximadamente $15,5\pm 5^{\circ}\text{C}$ e, precipitação
513 do trimestre mais frio de 300 ± 100 mm.

514 Os limiares de temperatura para a mosca-da-azeitona foram calculados a
515 partir da literatura, sendo de $6,3^{\circ}\text{C}$ para o período ovo-larva e 8°C para pupas
516 (Girolami, 1979; Croveti et al., 1982), representando que a temperatura para
517 modelar a distribuição de *B. oleae* está acima dos seus limites mínimos de
518 sobrevivência. Foi observado por Tzanakakis (2003) que o verão quente e seco
519 reduz o desenvolvimento larval de *B. oleae*, enquanto que a reprodução e o
520 desenvolvimento pré-imaginal continuam sem interrupção durante o inverno, mesmo
521 em temperaturas baixas, ou passam os meses de inverno na fase de pupa (Kapatos
522 e Fletcher 1984) dados que corroboram aos obtidos neste trabalho. Em relação aos
523 dados de precipitação, a oliveira é o hospedeiro obrigatório de *B. oleae*, e seu cultivo
524 ocorre principalmente em regiões semiáridas do mediterrâneo, em elevadas

525 temperaturas e pluviosidade na faixa de 250 a 550 mm anuais nos meses secos de
526 verão (Coutinho et al., 2015).

527 Para os parasitoides, as variáveis relacionadas à pressão de vapor de água,
528 diretamente proporcional à concentração de vapor no ar, e diferentes variáveis
529 associadas à temperatura tiveram mais contribuição para os modelos obtidos.
530 Assim, as variáveis determinantes para o modelo obtido de *F. arisanus* foram
531 pressão de vapor de água mínima (Vapr_min) (42,6%) e amplitude térmica anual
532 (Bio7) (31,5%). As duas variáveis contribuíram juntas com 74,1% da explicação do
533 modelo. Pela curva de resposta de amplitude térmica, a espécie tem maior
534 adequabilidade ambiental aonde essa variação é menor, até $9\pm 3^{\circ}\text{C}$, limite em que a
535 adequabilidade diminui drasticamente. A pressão de vapor de água mínima anual de
536 $1,85\pm 0,15\text{kPa}$ relaciona a importância da umidade disponível na atmosfera para a
537 sobrevivência deste parasitoide.

538 Para *P. concolor*, as variáveis ambientais que mais contribuíram para a
539 construção do modelo de distribuição potencial foram as de pressão de vapor de
540 água mínima (Vapr_min) (34,2%), temperatura média do trimestre mais úmido (Bio
541 8) (14,5%) e a pressão de vapor de água média (Vapr_media) (11,8%). Estas três
542 variáveis tiveram 60,5% de contribuição na geração do modelo. A adequabilidade
543 ambiental de *P. concolor* aumenta em áreas com temperatura média do trimestre
544 mais úmido de aproximadamente $13\pm 2^{\circ}\text{C}$ e pressão de vapor de água entre 0,9 e
545 1,4 (kPa).

546 O valor limite inferior de temperatura de desenvolvimento de *P. concolor* foi de
547 $11,8^{\circ}\text{C}$ (Loni, 1997), o que está de acordo com o valor obtido pelas curvas de
548 contribuição. As variáveis relacionadas à pressão de vapor de água mínima e média
549 anual relacionam a dependência da espécie com limites mínimos de umidade (Fig.
550 5).

551

552 **4. Conclusões**

553 Em todos os continentes existem áreas com adequação ambiental à praga e
554 aos dois parasitoides.

555 Constatou-se o potencial de estabelecimento de *B. oleae* em regiões com
556 cultivo de oliveiras nas quais a espécie está ausente, como na Oceania e,
557 igualmente na América do Sul, na qual, países produtores de oliva como Argentina,
558 Brasil, Chile, Peru e Uruguai, apresentam risco de invasão da praga.

559 De maneira geral, o parasitoide que apresentou maior relação da distribuição
 560 potencial a áreas de cultivo de oliveiras e ocorrência de *B. oleae* foi *P. concolor*,
 561 enquanto *F. arisanus* teve adequação ambiental em maior extensão de área da
 562 América Central, América do Sul e, da Ásia, provavelmente por ser sua região de
 563 origem.

564

565 **Agradecimentos**

566

567 Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal
 568 de Nível Superior (CAPES) por meio da concessão da bolsa de doutoramento.

569

570 **Referências**

- 571 Argov, Y., Gazit, Y., 2008. Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel:
 572 Introduction and establishment of natural enemies. *Biol. Control* 46:502–507.
- 573 Bautista, R.C., Harris, E.J., Lawrence, P.O., 1998. Biology and rearing of the fruit fly
 574 parasitoid *Biosteres arisanus*: clues to insectary propagation. *Entomol. Exp.*
 575 *Appl.* 89:79–85.
- 576 Bautista, R.C., Mochizuki, N., Spencer, J.P., Harris, E.J., Ichimura, D.M., 1999.
 577 Mass-rearing of the Tephritid fruit fly parasitoid *Fopius arisanus*. *Biol. Control*
 578 15:137–144.
- 579 Caballero, J.M., 2013. La olivicultura em Iberoamérica. In: Grompone MA, Villamil, J
 580 (eds) *Aceites de oliva: de la planta al consumidor*, 1rd edn. INIA (Instituto
 581 Nacional de Investigación Agropecuária) y Editorial Agropecuária Hemisfério
 582 Sur, Buenos Aires, pp 15-35.
- 583 Calvitti, M., Antonelli, M., Moretti, R., Bautista, R.C., 2002. Oviposition response and
 584 development of the egg-pupal parasitoid *Fopius arisanus* on *Bactrocera oleae*, a
 585 tephritid fruit fly pest of olive in the Mediterranean basin. *Entomol. Exp. Appl.*
 586 102:65–73.
- 587 Canale, A., 1998. Effect of parasitoid/host ratio on superparasitism of *Ceratitidis*
 588 *capitata* (Wiedemann) larvae (Diptera, Tephritidae) by *Opius concolor* Szepligeti
 589 (Hymenoptera, Braconidae) *Frustula Entomologica*, 21:137-148.
- 590 Clausen, C.P., Clancy, D.W., Chock, Q.C., 1965. Biological control of the Oriental
 591 fruit fly (*Dacus dorsalis* Hendel) and other fruit flies in Hawaii, No. 1322.
 592 Agricultural Research Service. US Dept. of Agriculture, Washington, pp 102

- 593 Coutinho, E.F., Ribeiro, F.C., Cappellaro, T.H., 2009. Cultivo de Oliveira (*Olea*
594 *europaea* L.). (Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção, 16). Embrapa
595 Clima Temperado, Pelotas.
- 596 Coutinho, E.F., Jorge, R.O., Haerter, J.A, Costa V.B. (eds), 2015. Oliveira: Aspectos
597 técnicos e cultivo no Sul do Brasil, primeira edição, Embrapa, Brasília.
- 598 Croveti, A., Quaglia, F., Loi, G., Rossi, E., Malfatti, P., Chesi, F., Conti, B., Belcari,
599 A., Raspi, A., Papparatti, B. 1982. Influence of temperature and humidity on the
600 development of the immature stages of *Dacus oleae* (Gmelin). *Frustula Entomol*
601 5:133–166
- 602 Daane, K.M., Johnson, M.W., 2010. Olive Fruit Fly: Managing an ancient pest in
603 modern times. *Annu. Rev. Entomol.* 55:151–169.
- 604 Efron, B., 1979. Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. *Ann. Stat.* 7:1–
605 26.
- 606 Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., Yates, C.J., 2011. A
607 statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib.* 17:43–57.
- 608 Ero, M.M., Hamacek, E., Clarke, A.R., 2011. Foraging behaviours of
609 *Diachasmimorpha kraussii* (Fullaway) (Hymenoptera: Braconidae) and its host
610 *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) in a nectarine (*Prunus persica*
611 (L.) Batsch var. *nectarina* (Aiton) Maxim) orchard. *Aust. J. Entomol.* 50:234–240.
- 612 Evangelista, P.H., Kumar, S., Stohlgren, T.J., Young, N.E., 2011. Assessing forest
613 vulnerability and the potential distribution of pine beetles under current and
614 future climate scenarios in the Interior West of the US. *For. Ecol. Manage.* 262:
615 307–316.
- 616 Fick, S.E., Hijmans, R.J., 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate
617 surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 37:4302-4315.
- 618 Giannini, T.C., Siqueira, M.F., Acosta, A.L., Barreto, F.C.C., Saraiva, A.M., Alves-
619 dos-Santos, I., 2012. Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de
620 espécies. *Rodriguésia* 63:733–749.
- 621 Girolami, V. 1979. Studies on the biology and population ecology of *Dacus oleae*
622 (Gmelin). 1. Influence of environmental abiotic factors on the adult and on the
623 immature stages. *Redia* 62:147–191
- 624 Godefroid, M., Cruaud, A., Rossi, J.-P., Rasplus, J.-Y., 2015. Assessing the risk of
625 invasion by Tephritid fruit flies: Intraspecific divergence matters. *PLoS One* 10:
626 e0135209.

- 627 Groth, M.Z., Loeck, A.E., Nornberg, S.D., Bernardi, D., Nava, D.E., 2017. Biology and
628 Thermal requirements of *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera:
629 Braconidae) reared on *Ceratitis capitata* eggs (Wiedemann) (Diptera:
630 Tephritidae). Neotrop. Entomol. 46:554–560.
- 631 Gutierrez, A.P., Ponti, L., Gilioli, G., 2010. Climate change effects on plant-pest-
632 natural enemy interactions, in: Hillel, D., Rosenzweig, C. (Eds.), Handbook of
633 Climate Change and Agroecosystems: Impacts, Adaptation, and Mitigation.
634 Imperial College Press, London, UK, pp. 209–237.
- 635 Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D., (2001) PAST: Paleontological statistics
636 software package for education and data analysis. Palaeontol Electron 4:1–9.
- 637 Harrington, R., Woiwod, I., Sparks, T., 1999. Climate change and trophic interactions.
638 Trends Ecol Evol. 14:146-150.
- 639 Jimenez, A., Castillo, E., Lorite, P.- 1990. Supervivencia del himenóptero braconido
640 *Opius concolor* Szep. parásito de *Dacus oleae* Gmelin en olivares de Jaen. Bol.
641 San. Plagas, 16:97-103.
- 642 Kapatos, E.T., Fletcher, B.S., 1984. The phenology of the Olive fly, *Dacus oleae*
643 (Gmel.) (Diptera, Tephritidae), in Corfu. Zeitschrift für Angew. Entomol. 97:360–
644 370.
- 645 Kimani-Njogu, S.W., Trostle, M.K., Wharton, R. A., Woolley, J.B., Raspi, A., 2001.
646 Biosystematics of the *Psytalia concolor* species complex (Hymenoptera:
647 Braconidae: Opiinae): The identity of populations attacking *Ceratitis capitata*
648 (Diptera: Tephritidae) in Coffee in Kenya. Biol. Control 20:167–174.
- 649 Kolar, C.S., Lodge, D.M., 2001. Progress in invasion biology: predicting invaders.
650 Trends Ecol Evol.16:199–204.
- 651 Lawson, C.R., Hodgson, J.A., Wilson, R.J., Richards, S.A., 2014. Prevalence,
652 thresholds and the performance of presence-absence models. Methods Ecol.
653 Evol. 5:54–64.
- 654 Lloyd, A.C., Hamacek, E.L., Kopittke, R.A., Peek, T., Wyatt, P.M., Neale, C.J.,
655 Eelkema, M., Gu, H., 2010. Area-wide management of fruit flies (Diptera:
656 Tephritidae) in the Central Burnett district of Queensland, Australia. Crop Prot.
657 29:462–469.
- 658 Loni, A., 1997. Development rate of *Opius concolor* (Hym.: Braconidae) at various
659 constant temperatures. Entomophaga 42:359–366.
- 660

- 661 Nardi, F., Carapelli, A., Dallai, R., Roderick, G.K., Frati, F., 2005. Population structure
662 and colonization history of the olive fly, *Bactrocera oleae* (Diptera, Tephritidae).
663 Mol. Ecol. 14:2729–2738.
- 664 Papadopoulos, N.T., Plant, R.E., Carey, J.R., 2013. From trickle to flood: the large-
665 scale, cryptic invasion of California by tropical fruit flies. Proc. R. Soc. B. 280:1–
666 10.
- 667 Ponti, L., Cossu, Q.A., Gutierrez, A.P., 2009. Climate warming effects on the *Olea*
668 *europaea* - *Bactrocera oleae* system in Mediterranean islands: Sardinia as an
669 example. Glob. Chang. Biol. 15:2874–2884.
- 670 Raspi, A., Canale, A., 2000. Effect of superparasitism on *Ceratitis capitata*
671 (Wiedemann) (Diptera Tephritidae) second instar larvae by *Psytalia concolor*
672 (Szepliget) (Hymenoptera: Braconidae). Redia 83:123-131.
- 673 Rendon, P., Sivinski, J., Holler, T., Bloem, K., Lopez, M., Martinez, A., Aluja, M.,
674 2006. The effects of sterile males and two braconid parasitoids, *Fopius arisanus*
675 (Sonan) and *Diachasmimorpha krausii* (Fullaway) (Hymenoptera), on caged
676 populations of Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera:
677 Tephritidae) at various sites. Biol. Control 36:224–231.
- 678 Rouse, P., Harris, E.J., Quilici, S., 2005. *Fopius arisanus*, an egg-pupal parasitoid of
679 Tephritidae. Biocontrol News Inf. 26:59-69.
- 680 Rubel, F., Kottek, M., 2010. Observed and projected climate shifts 1901-2100
681 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. Meteorol.
682 Z., 19:135-141.
- 683 Sime, K.R., Daane, K.M., Wang, X.G., Johnson, M.W., Messing, R.H., 2008.
684 Evaluation of *Fopius arisanus* as a biological control agent for the olive fruit fly in
685 California. Agric. For. Entomol. 10:423–431.
- 686 Soberón, J.M., 2010. Niche and area of distribution modeling: a population ecology
687 perspective. Ecography (Cop.). 33:159–167.
- 688 Spennemann, D.H.R., Allen, L.R., 2000. Feral olives (*Olea europaea*) as future
689 woody weeds in Australia: A review. Aust. J. Exp. Agric. 40:889–901.
- 690 Tzanakakis, M., 2003. Seasonal development and dormancy of insects and mites
691 feeding on olive: A review. Netherlands J. Zool. 52:87–224.
- 692
- 693
- 694

- 695 Wang, X., Messing, R.H., 2004. The ectoparasitic pupal parasitoid, *Pachycrepoideus*
696 *vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), attacks other primary tephritid fruit fly
697 parasitoids: host expansion and potential non-target impact. *Biol. Control* 31:
698 227–236.
- 699 Waterhouse, D.F., 1993. *Biological Control: Pacific prospects - Supplement 2*, ACIAR
700 Monograph N0. 20. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg.
701 https://doi.org/10.1007/SpringerReference_92204
- 702 Wharton, R.A., Gilstrap, F.E., 1983. Key to and status of Opiine Braconidae
703 (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitis* and *Dacus*
704 (Diptera: Tephritidae) *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76:721–742.
- 705 Wrege, M.S., Coutinho, E.F., Pantano, A.P., Jorge, R.O., 2015. Distribuição potencial
706 de oliveiras no Brasil e no mundo. *Rev. Bras. Frutic.* 37: 656–666.
- 707 Yokoyama, V.Y., Rend N, P.A., Sivinski, J. 2008. *Psytalia* cf. *concolor*
708 (Hymenoptera: Braconidae) for biological control of Olive fruit fly (Diptera:
709 Tephritidae) in California. *Environ. Entomol* 37:764–773.
- 710 Zygouridis, N.E., Augustinos, A.A., Zalom, F.G., Mathiopoulos, K.D., 2009. Analysis
711 of olive fly invasion in California based on microsatellite markers. *Heredity*
712 (Edinb). 102:402–412.
- 713

714 Tabela 1
 715 Número de artigos e espécimes de museus utilizados como fonte de dados para
 716 obtenção de pontos de ocorrência de *Bactrocera oleae*, *Fopius arisanus* e *Psytalia*
 717 *concolor*.

Espécie	Fonte de dados		Número de pontos de ocorrência
	n artigos	n espécimes de museus	
<i>Bactrocera oleae</i>	60	56	352
<i>Fopius arisanus</i>	19	0	35
<i>Psytalia concolor</i>	18	0	34

718

719 Tabela 2
 720 Valores dos limiares *Minimum training presence* (MTP) e *Maximum training*
 721 *sensitivity plus specificity* (maxSSS) aplicados para estimar a distribuição geográfica
 722 potencial de *Bactrocera oleae*, *Fopius arisanus* e *Psytalia concolor*.

Limiar	Valores aplicados		
	<i>Bactrocera oleae</i>	<i>Fopius arisanus</i>	<i>Psytalia concolor</i>
MTP	0,0066	0,0723	0,1007
maxSSS	0,2227	0,1406	0,1565

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

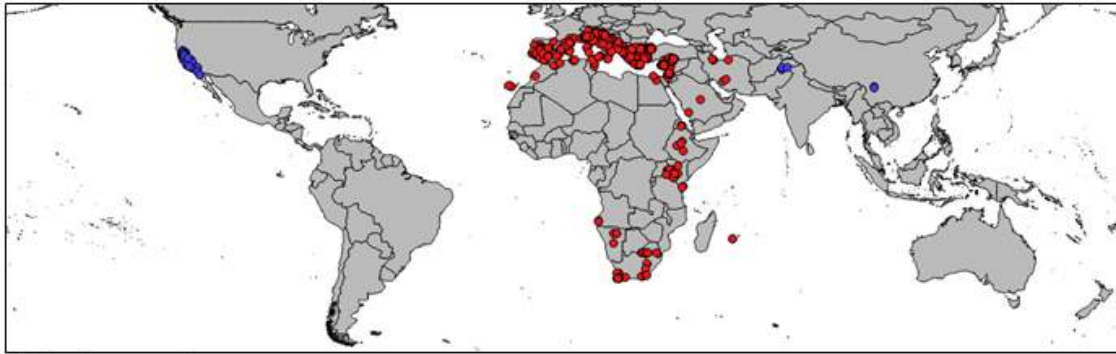
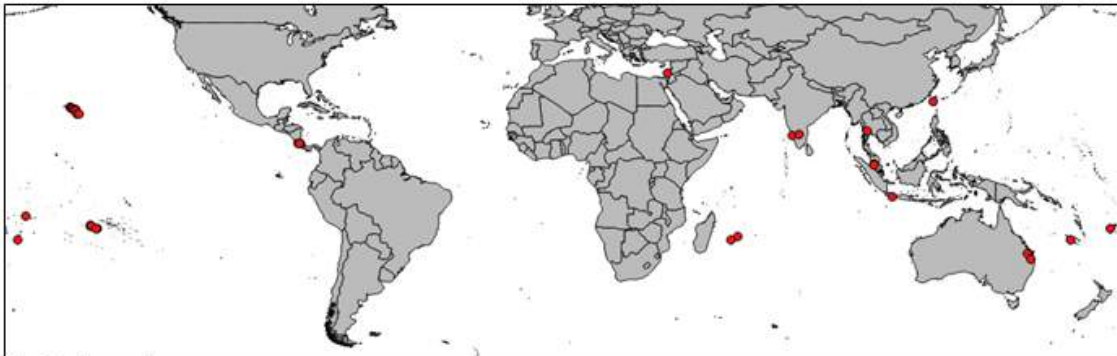
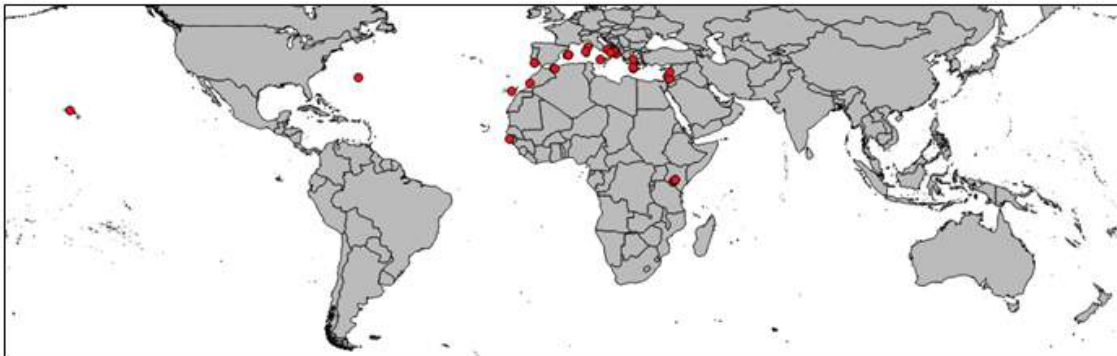
736

737

738

739

740

a) *Bactrocera oleae*b) *Fopius arisanus*c) *Psytalia concolor*

● Pontos de ocorrência utilizados para gerar MDE

● Pontos de ocorrência utilizados para verificação do MDE

741

742

743

744

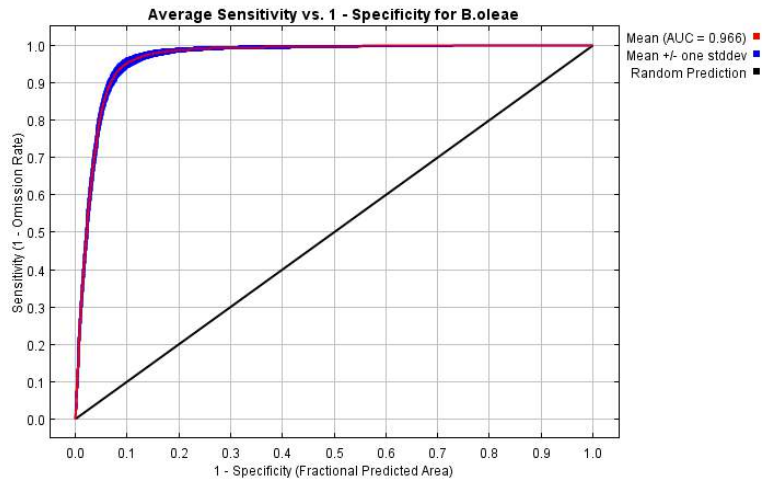
745

746

Fig. 1 Pontos de ocorrência utilizados para a geração dos modelos de distribuição das espécies (pontos vermelhos) e pontos de ocorrência utilizados para verificação do modelo de *Bactrocera oleae* (pontos azuis). a) Pontos de ocorrência de *B. oleae*; b) Pontos de ocorrência de *Fopius arisanus*; c) Pontos de ocorrência de *Psytalia concolor*.

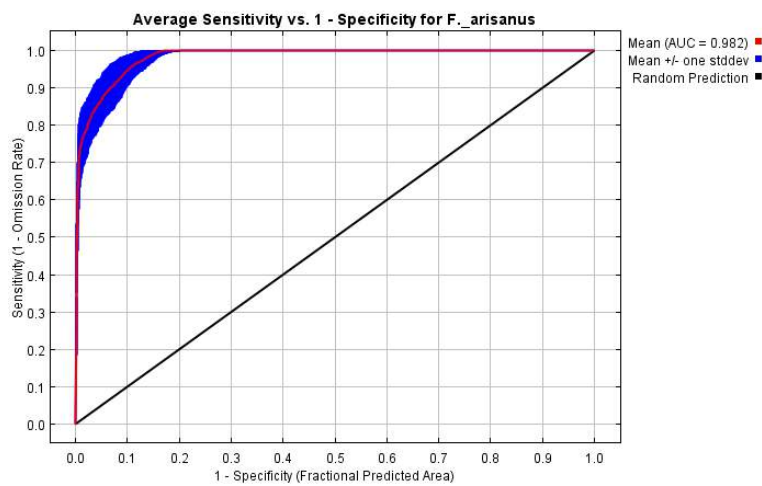
747

a



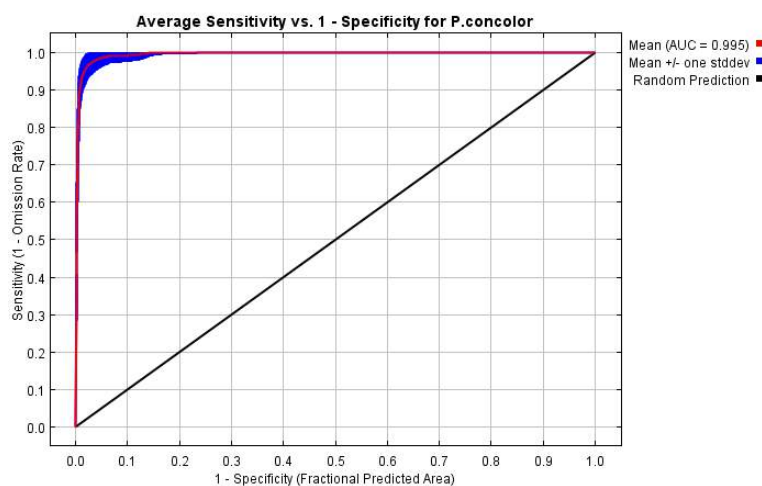
748

b



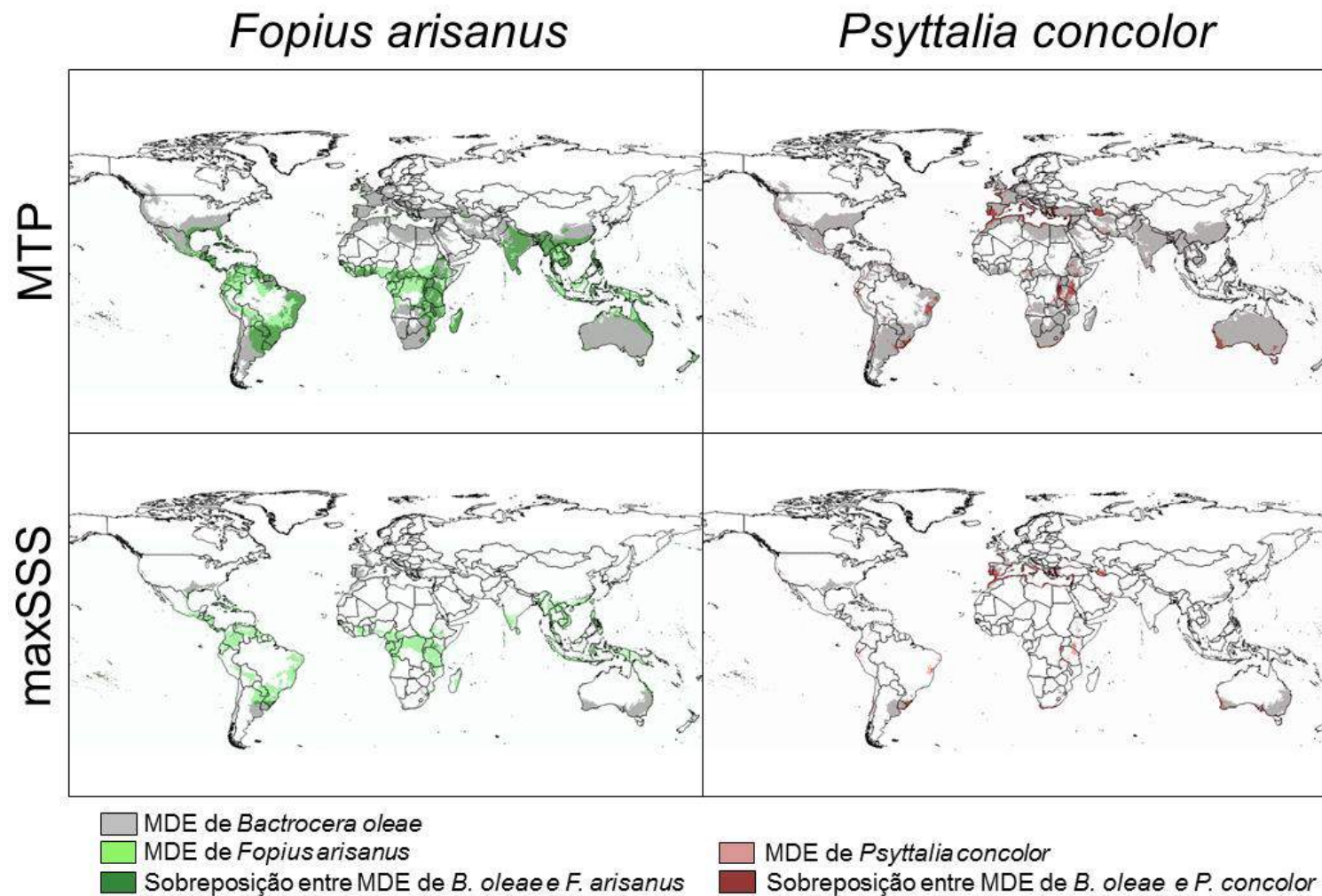
749

c



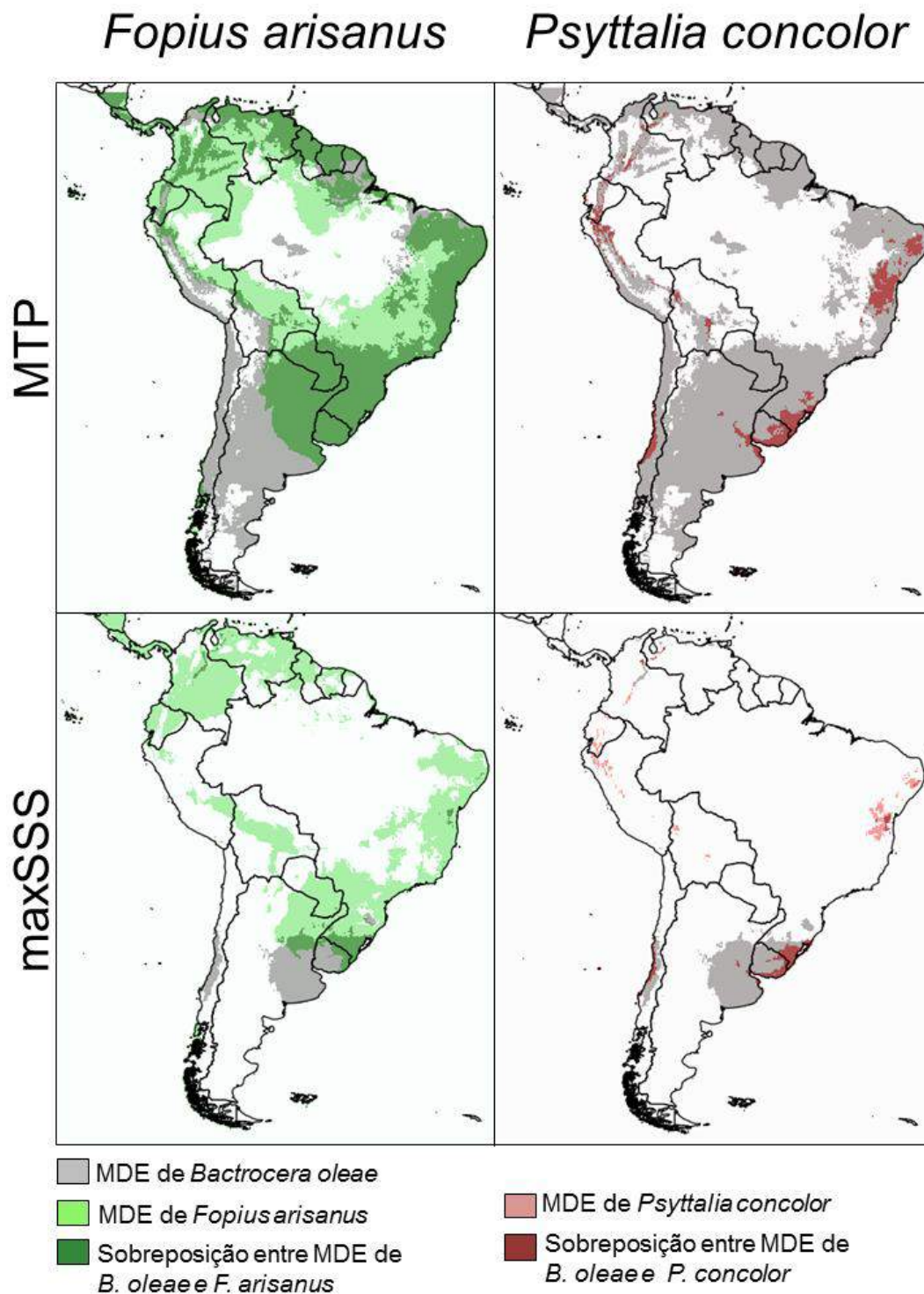
750

751 **Fig. 2** Curva característica Operacional do Receptor (ROC), média das 100
 752 replicatas. (a) *Bactrocera oleae*: A AUC média de treinamento para as execuções
 753 replicadas é 0,966 e o desvio padrão é 0,003; (b) *Fopius arisanus*: A AUC média de
 754 treinamento para as execuções replicadas é 0,982 e o desvio padrão é 0,005; (c)
 755 *Psytalia concolor*: A AUC média de treinamento para as execuções replicadas é
 756 0,995 e o desvio padrão é 0,002.



757
758
759
760
761

Fig. 3 Mapas mundiais com a sobreposição dos Modelos de Distribuição Potencial de *Fopius arisanus* e *Psyttalia concolor* sobre o modelo de *Bactrocera oleae* aplicados aos limiares Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence* - MTP) e valores de Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity* - maxSSS).



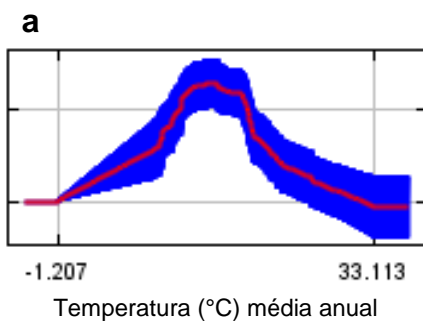
762
763
764
765
766
767

Fig. 4 Mapas de sobreposição dos Modelos de Distribuição de *Fopius arisanus* e *Psytalia concolor* sobre o modelo de *Bactrocera oleae* gerados com valores de Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence* - MTP) e valores de Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity* - maxSSS) projetados para a América do Sul.

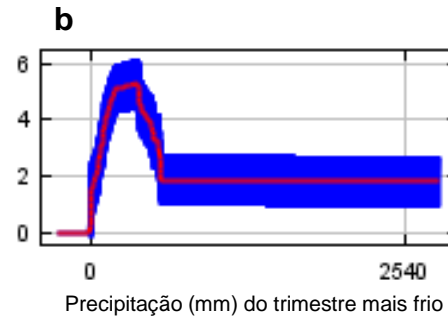
768

Bactrocera oleae

Probabilidade de presença



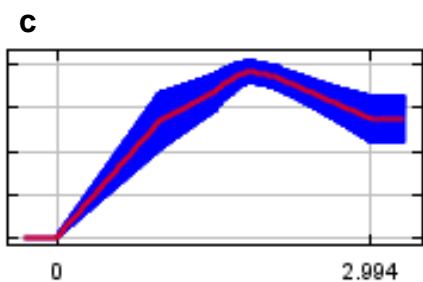
769



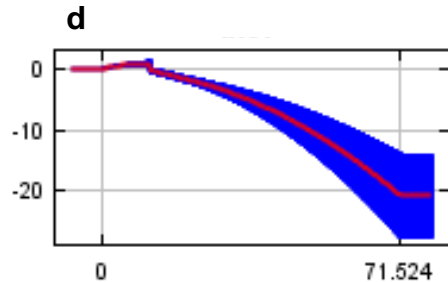
770

Fopius arisanus

Probabilidade de presença



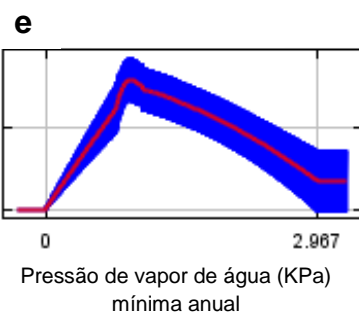
771



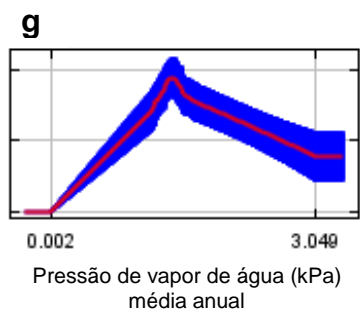
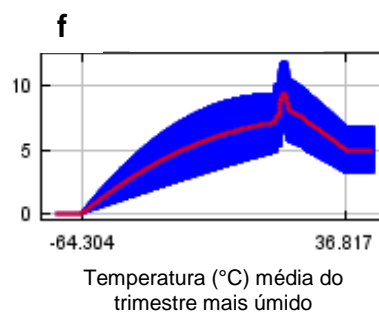
772

Psytalia concolor

Probabilidade de presença



773



774

775 **Fig. 5** Curvas de resposta das variáveis que mais contribuíram na geração dos
 776 Modelos de Distribuição das Espécies. *Bactrocera oleae*: (a) Temperatura média
 777 anual (°C) (Bio1) e (b) Precipitação do trimestre mais frio (mm) (Bio19). *Fopius*
 778 *arisanus*: (c) Pressão de vapor de água (KPa) mínima anual (_vapr_min) e (d)
 779 Amplitude térmica anual (°C) (Bio7). *Psytalia concolor*: (e) Pressão de vapor de
 780 água (KPa) mínima anual (_vapr_min), (f) Temperatura (°C) média do trimestre mais
 781 úmido (Bio 8) e (g) Pressão de vapor de água média (kPa) (_vapr_media). Cada
 782 uma das curvas representa um modelo diferente, ou seja, um modelo MaxEnt criado
 783 usando apenas a variável correspondente. Essas parcelas refletem a dependência
 784 da adequação prevista tanto na variável selecionada quanto nas dependências
 785 induzidas por correlações entre a variável selecionada e outras variáveis. As linhas
 786 vermelhas mostram os valores médios de probabilidade, e as linhas azuis mostram
 787 os desvios padrão. As curvas estão com o valor do logaritmo da contribuição para a
 788 predição bruta no eixo y, isso quer dizer que, o aumento nos valores de y está
 789 associado a um aumento na adequabilidade ambiental do modelo, da mesma forma
 790 que a predição logística.

Material suplementar 1 Referências utilizadas para a obtenção dos pontos de ocorrência de *Bactrocera oleae*. (DOCX)

- Aldjia, H., Salaheddine, D., 2014. Olive fruit infestation by *Bactrocera oleae* Gmelin and Rossi, 1788 (Diptera- Tephritidae) in three biotopes of Grande Kabylie (Algeria). *Int. J. Zool. Res.* 4, 11–18.
- Allahyari, M.S., Damalas, C.A., Ebadattalab, M., 2016. Determinants of integrated pest management adoption for olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) in Roudbar, Iran. *Crop Prot.* 84, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.03.002>
- Bekker, G.F.H. v. G., Addison, M.F., Addison, P., 2017. Comparison of two trap types for monitoring *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae) in commercial olive groves of the Western Cape Province, South Africa. *African Entomol.* 25, 98–107. <https://doi.org/10.4001/003.025.0098>
- Ben-Yosef, M., Pasternak, Z., Jurkevitch, E., Yuval, B., 2014. Symbiotic bacteria enable olive flies (*Bactrocera oleae*) to exploit intractable sources of nitrogen. *J. Evol. Biol.* 27, 2695–2705. <https://doi.org/10.1111/jeb.12527>
- Benelli, G., Canale, A., 2016. Aggressive behavior in Olive Fruit Fly females: oviposition site guarding against parasitic wasps. *J. Insect Behav.* 29, 680–688. <https://doi.org/10.1007/s10905-016-9589-6>
- Bjelis, M., Pelicarić, V., 2002. Tephritid fruit fly pests in Croatia: an overview of damage and current control strategies, in: *Proceedings of 6th International Fruit Fly Symposium*. pp. 325–329.
- Bon, M.-C., Hoelmer, K.A., Pickett, C.H., Kirk, A.A., He, Y., Mahmood, R., Daane, K.M., 2016. Populations of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) and its parasitoids in Himalayan Asia. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 109, 81–91. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav114>
- Castrignanò, A., Boccaccio, L., Cohen, Y., Nestel, D., Kounatidis, I., Papadopoulos, N.T., De Benedetto, D., Mavragani-Tsipidou, P., 2012. Spatio-temporal population dynamics and area-wide delineation of *Bactrocera oleae* monitoring zones using multi-variate geostatistics. *Precis. Agric.* 13, 421–441. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9259-4>
- Cheyype-Buchmann, S., Bon, M.-C., Warot, S., Jones, W., Malausa, T., Fauvergue, X., Ris, N., 2011. Molecular characterization of *Psytalia lounsburyi*, a candidate biocontrol agent of the olive fruit fly, and its *Wolbachia* symbionts as a pre-requisite for future intraspecific hybridization. *BioControl* 56, 713–724. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9346-x>
- Copeland, R.S., White, I.M., Okumu, M., Machera, P., Wharton, R.A., 2004. Insects associated with fruits of the Oleaceae (Asteridae, Lamiales) in Kenya, with special reference to the Tephritidae (Diptera). *Bish. Museum Bull. Entomol.* 12, 135–164.
- de Meyer M, Heughebaert A, (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741854>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741992>

- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741774>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa – True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741775>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742061>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742060>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742059>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742038>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741790>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741937>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742021>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741929>

- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741936>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742166>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742259>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742027>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741904>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/239226372>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741870>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742343>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742280>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742178>

- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742136>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741784>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741771>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741825>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/239226371>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742253>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741764>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742338>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/813239126>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742121>

- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742067>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742277>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741799>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742342>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742162>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742231>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742339>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741993>
- Dogaç, E., Kandemir, İ., Taskin, V., 2013. The genetic polymorphisms and colonization process of olive fly populations in Turkey. PLoS One 8, e56067. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056067>
- Fazel, M., Fallahzadeh, M., Gheibi, M., 2011. Introduction to the fruit flies fauna (Diptera, Tephritidae) of fars province, Iran. Linzer Biol. Beiträge 43, 1229–1235.
- Fletcher, B.S., Kapatos, E., 1981. Dispersal of the olive fly, *Dacus oleae*, during the summer period on corfu. Entomol. Exp. Appl. 29, 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1981.tb03036.x>

- Fletcher, B.S., Pappas, S., Kapatos, E., 1978. Changes in the ovaries of olive flies (*Dacus oleae* (Gmelin)) during the summer, and their relationship to temperature, humidity and fruit availability. *Ecol. Entomol.* 3, 99–107. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1978.tb00908.x>
- Gabrieli, P., Gomulski, L.M., Bonomi, A., Siciliano, P., Scolari, F., Franz, G., Jessup, A., Malacrida, A.R., Gasperi, G., 2011. Interchromosomal duplications on the *Bactrocera oleae* y chromosome imply a distinct evolutionary origin of the sex chromosomes compared to *Drosophila*. *PLoS One* 6, e17747. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017747>
- Gaouar, N., Debouzie, D., 1995. Within-tree vertical pattern in *Bactrocera oleae* Gmel. (Dipt., Tephritidae) infestations and optimization of insecticide applications. *J. Appl. Entomol.* 119, 251–254. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1995.tb01279.x>
- Genç, H., Nation, J.L., 2008. Survival and development of *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera:Tephritidae) immature stages at four temperatures in the laboratory. *African J. Biotechnol.* 7, 2495–2500. <https://doi.org/10.5897/AJB08.395>
- Gonçalves, M.F., Santos, S.A.P., Torres, L.M., 2012. Efficacy of spinosad bait sprays to control *Bactrocera oleae* and impact on non-target arthropods. *Phytoparasitica* 40, 17–28. <https://doi.org/10.1007/s12600-011-0195-z>
- Gucci, R., Caruso, G., Canale, A., Loni, A., Raspi, A., Urbani, S., Taticchi, A., Esposto, S., Servili, M., 2012. Qualitative changes of olive oils obtained from fruits damaged by *Bactrocera oleae* (Rossi). *HortScience* 47, 301–306.
- Hawkes, N.J., Janes, R.W., Hemingway, J., Vontas, J., 2005. Detection of resistance-associated point mutations of organophosphate-insensitive acetylcholinesterase in the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin). *Pestic. Biochem. Physiol.* 81, 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2004.11.003>
- Hepdurgun, B., Turanlı, T., Zümreoğlu, A., 2009. Control of the olive fruit fly through mass trapping and mass releases of the parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) reared on irradiated Mediterranean fruit fly. *Biocontrol Sci. Technol.* 19, 211–224. <https://doi.org/10.1080/09583150903056926>
- Kakani, E.G., Sagri, E., Omirou, M., Ioannides, I.M., Mathiopoulos, K.D., 2014. Detection and geographical distribution of the organophosphate resistance-associated $\Delta 3Q$ ace mutation in the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Rossi). *Pest Manag. Sci.* 70, 743–750. <https://doi.org/10.1002/ps.3564>
- Kakani, E.G., Zygouridis, N.E., Tsoumani, K.T., Seraphides, N., Zalom, F.G., Mathiopoulos, K.D., 2010. Spinosad resistance development in wild olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) populations in California. *Pest Manag. Sci.* 66, 447–453. <https://doi.org/10.1002/ps.1921>
- Knap, T., Bandelj, D., 2017. Microsatellite analysis revealed a different approach of control of olive fly population (*Bactrocera oleae*) in Slovenia. *J. Appl. Entomol.* 141, 256–265. <https://doi.org/10.1111/jen.12333>
- Kokkari, A.I., Pliakou, O.D., Floros, G.D., Kouloussis, N.A., Koveos, D.S., 2017. Effect of fruit volatiles and light intensity on the reproduction of *Bactrocera (Dacus) oleae*. *J. Appl. Entomol.* 141, 841–847. <https://doi.org/10.1111/jen.12389>
- Kovanci, B., Kumral, N.A., 2008. Insect pests in olive groves of Bursa (Turkey). *Acta Hortic.* 791 PART 2, 569–576.

- Lazhar-Ajrout, W. Ben, Caruso, A., Mezghani, M., Bouallegue, M., Tastard, E., Denis, F., Rouault, J.-D., Makni, H., Capy, P., Chénais, B., Makni, M., Casse, N., 2016. Characterization of irritans mariner-like elements in the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae): evolutionary implications. *Sci. Nat.* 103, 64. <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1391-y>
- Malheiro, R., Casal, S., Cunha, S.C., Baptista, P., Pereira, J.A., 2015. Olive volatiles from Portuguese Cultivars Cobrançosa, Madural and Verdeal Transmontana: role in oviposition preference of *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae). *PLoS One* 10, e0125070. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125070>
- Manrakhan, A., Daneel, J.-H., Beck, R., Virgilio, M., Meganck, K., De Meyer, M., 2017. Efficacy of trapping systems for monitoring of Afrotropical fruit flies. *J. Appl. Entomol.* 141, 825–840. <https://doi.org/10.1111/jen.12373>
- Matallanas, B., Lantero, E., M'Saad, M., Callejas, C., Ochando, M.D., 2013. Genetic polymorphism at the cytochrome oxidase I gene in mediterranean populations of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *J. Appl. Entomol.* 137, 624–630. <https://doi.org/10.1111/jen.12037>
- Medjkouh, L., Tamendjari, A., Keciri, S., Santos, J., Nunes, M.A., Oliveira, M.B.P.P., 2016. The effect of the olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) on quality parameters, and antioxidant and antibacterial activities of olive oil. *Food Funct.* 7, 2780–2788. <https://doi.org/10.1039/C6FO00295A>
- Merz, B., 1992. The fruit flies of the Canary Islands (Diptera: Tephritidae). *Entomol. Scand.* 23, 215–231.
- Miranda, M.A., Miquel, M., Terrassa, J., Melis, N., Monerris, M., 2008. Parasitism of *Bactrocera oleae* (Diptera; Tephritidae) by *Psytalia concolor* (Hymenoptera; Braconidae) in the Balearic Islands (Spain). *J. Appl. Entomol.* 132, 798–805. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01358.x>
- Mkize, N., Hoelmer, K.A., Villet, M.H., 2008. A survey of fruit-feeding insects and their parasitoids occurring on wild olives, *Olea europaea* ssp. *cuspidata*, in the Eastern Cape of South Africa. *Biocontrol Sci. Technol.* 18, 991–1004. <https://doi.org/10.1080/09583150802450154>
- Mohamed, N., Anouar, K.M., 2015. Health status of the Olive Tree (*Olea europaea* L) in the Mountains of Western Traras (Tlemcen – Algeria). *Int. J. Humanit. Arts, Med. Sci. (BEST IJHAMS)* 3, 45–52.
- Muller B, Ranwashe F (2017). NMSA: Arthropod Collections (1900-2012). Version 1.1. South African National Biodiversity Institute. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/a4tpcb> accessed via GBIF.org on 2018- 02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1325730882>
- Museum für Naturkunde Berlin. EDIT - ATBI in Mercantour/Alpi Marittime Museum für Naturkunde Berlin. EDIT - ATBI in Mercantour/Alpi Marittime (France/Italy). Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/4z4hto> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/472902528>
- Nardi, F., Carapelli, A., Boore, J.L., Roderick, G.K., Dallai, R., Frati, F., 2010. Domestication of olive fly through a multi-regional host shift to cultivated olives: Comparative dating using complete mitochondrial genomes. *Mol. Phylogenet. Evol.* 57, 678–686. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.08.008>
- Nardi, F., Carapelli, A., Dallai, R., Roderick, G.K., Frati, F., 2005. Population structure and colonization history of the olive fly, *Bactrocera oleae* (Diptera, Tephritidae). *Mol. Ecol.* 14, 2729–2738. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02610.x>

- Nardi, F., Carapelli, A., Vontas, J.G., Dallai, R., Roderick, G.K., Frati, F., 2006. Geographical distribution and evolutionary history of organophosphate-resistant Ace alleles in the olive fly (*Bactrocera oleae*). *Insect Biochem. Mol. Biol.* 36, 593–602. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2006.05.002>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006216>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006267>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006280>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006303>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006311>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006320>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006338>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006354>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006387>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006537>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006550>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006569>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006574>
- Neuenschwander, P., 1982. Searching parasitoids of *Dacus oleae* (Gmel.) (Dipt., Tephritidae) in South Africa. *Zeitschrift für Angew. Entomol.* 94, 509–522.
- Neuenschwander, P., Michelakis, S., Holloway, P., Berchtold, W., 1985. Factors affecting the susceptibility of fruits of different olive varieties to attack by *Dacus oleae*. *Zeitschrift für Angew. Entomol.* 100, 174–188.

- Ochando, M.D., Reyes, A., 2000. Genetic population structure in olive fly *Bactrocera oleae* (Gmelin): gene flow and patterns of geographic differentiation. *J. Appl. Entomol.* 124, 177–183. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2000.00460.x>
- Ordano, M., Engelhard, I., Rempoulakis, P., Nemny-Lavy, E., Blum, M., Yasin, S., Lensky, I.M., Papadopoulos, N.T., Nestel, D., 2015. Olive Fruit Fly (*Bactrocera oleae*) population dynamics in the Eastern Mediterranean: influence of exogenous uncertainty on a monophagous frugivorous insect. *PLoS One* 10, e0127798. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127798>
- Orrell T, Hollowell T (2018). NMNH Extant Specimen Records. Version 1.12. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/hnhrg3> accessed via GBIF.org on 2018- 02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1318047309>
- Perović, Tatjana Perovi Perović, Snježana Hrnčić, Antonio Franco Spanedda, Alessandra Terrosi, Claudio Pucci, Biljana Lazović, Mirjana Adakalić. Control trials of *Bactrocera oleae* (Gmel.) (Diptera Tephritidae) in the district of Bar in Montenegro. *Integrated Protection of Olive Crops IOBC/wprs Bull.* 30(9), 2007 pp. 147-151.
- Petacchi, R., Marchi, S., Federici, S., Ragaglini, G., 2015. Large-scale simulation of temperature-dependent phenology in wintering populations of *Bactrocera oleae* (Rossi). *J. Appl. Entomol.* 139, 496–509. <https://doi.org/10.1111/jen.12189>
- Ramezani, S., Blibech, I., Rei, F.T., Van Asch, B., Da Costa, L.T., 2015. *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in Iran: An invasion from the Middle West. *Eur. J. Entomol.* 112, 713–721. <https://doi.org/10.14411/eje.2015.097>
- Rizzo, R., Caleca, V., Lombardo, A., 2012. Relation of fruit color, elongation, hardness, and volume to the infestation of olive cultivars by the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*. *Entomol. Exp. Appl.* 145, 15–22. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01311.x>
- Rugman-Jones, P.F., Wharton, R., Noort, T. van, Stouthamer, R., 2009. Molecular differentiation of the *Psytalia concolor* (Szépligeti) species complex (Hymenoptera: Braconidae) associated with olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae), in Africa. *Biol. Control* 49, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.12.005>
- Savio, C., Mazzon, L., Martinez-Sanudo, I., Simonato, M., Squartini, A., Girolami, V., 2012. Evidence of two lineages of the symbiont “Candidatus *Erwinia dacicola*” in Italian populations of *Bactrocera oleae* (Rossi) based on 16S rRNA gene sequences. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 62, 179–187. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.030668-0>
- Segura, M.D., Callejas, C., Ochando, M.D., 2008. *Bactrocera oleae*: a single large population in Northern Mediterranean basin. *J. Appl. Entomol.* 132, 706–713. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01366.x>
- Skouras, P.J., Margaritopoulos, J.T., Seraphides, N.A., Ioannides, I.M., Kakani, E.G., Mathiopoulos, K.D., Tsitsipis, J.A., 2007. Organophosphate resistance in olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, populations in Greece and Cyprus. *Pest Manag. Sci.* 63, 42–48. <https://doi.org/10.1002/ps.1306>
- Stavridis, D.G., Ioannidis, P., Deligeorgidis, P.N., Deligeorgidis, N.P., Ipsilandis, C.G., 2013. A pesticide effect study on *Bactrocera oleae* in Central Greece. *Asia Pacific J. Res.* 1, 1–6.

- Tamendjari, A., Angerosa, F., Mettouchi, S., Bellal, M.M., 2009. The effect of fly attack (*Bactrocera oleae*) on the quality and phenolic content of Chemlal olive oil. *Grasas y Aceites* 60, 507–513. <https://doi.org/10.3989/gya.032209>
- Torres, M.R., 2010. Parasitoides de plagas identificados en la provincia de Jaén (España). *Boletín la Soc. Entomológica Aragon.* 46, 597–601.
- Tsolakis, H., Ragusa, E., Tarantino, P., 2011. Control of *Bactrocera oleae* by low environmental impact methods: NPC methodology to evaluate the efficacy of lure-and-kill method and copper hydroxide treatments. *Bull. Insectology* 64, 1–8.
- van Asch, B., Pereira-Castro, I., Rei, F., da Costa, L.T., 2012. Mitochondrial haplotypes reveal olive fly (*Bactrocera oleae*) population substructure in the Mediterranean. *Genetica* 140, 181–187. <https://doi.org/10.1007/s10709-012-9669-2>
- van Asch, B., Pereira-Castro, I., Rei, F.T., da Costa, L.T., 2015. Marked Genetic Differentiation between Western iberian and italic populations of the Olive Fly: Southern France as an Intermediate Area. *PLoS One* 10, e0126702. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126702>
- Varikou, K., Alexandrakis, V., Gika, V., Birouraki, A., Marnelakis, C., Sergentani, C., 2013. Estimation of fly population density of *Bactrocera oleae* in olive groves of Crete. *Phytoparasitica* 41, 105–111. <https://doi.org/10.1007/s12600-012-0270-0>
- Varikou, K., Garantonakis, N., Birouraki, A., Gkilpathi, D., Kapogia, E., 2017. Refreshing bait spots in an olive orchard for the control of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Crop Prot.* 92, 153–159. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.015>
- Yasin, S., Rempoulakis, P., Nemny-Lavy, E., Levi-Zada, A., Tsukada, M., Papadopoulos, N.T., Nestel, D., 2014. Assessment of lure and kill and mass-trapping methods against the olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi), in desert-like environments in the Eastern Mediterranean. *Crop Prot.* 57, 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.12.020>
- Zygouridis, N.E., Augustinos, A.A., Zalom, F.G., Mathiopoulos, K.D., 2009. Analysis of olive fly invasion in California based on microsatellite markers. *Heredity* (Edinb). 102, 402–412. <https://doi.org/10.1038/hdy.2008.125>

Material suplementar 2 Referências utilizadas para a obtenção dos pontos de ocorrência de *Fopius arisanus*. (DOCX)

- Argov, Y., Gazit, Y., 2008. Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel: Introduction and establishment of natural enemies. *Biol. Control* 46, 502–507. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.04.021>
- Carmichael, A.C., Wharton, R.A., Clarke, A.R., 2005. Opiinae (Hymenoptera: Braconidae) parasitoids of tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae) of the Australian and South Pacific region. *Bull. Entomol. Res.* 95, 545–569.
- Chua, T.H., 1993. Pattern of parasitism in the carambola fruit fly, *Bactrocera* sp. (Malaysian A) (Dipt., Tephritidae) by *Biosteres vandenboschi* (Fullaway) (Hym., Braconidae). *J. Appl. Entomol.* 115, 287–291.
- Chua, T.H., Khoo, S.G., 1995. Variations in carambola infestation rates by *Bactrocera carambolae* Drew and Hancock (Diptera: Tephritidae) with fruit availability in a Carambola Orchard. *Res. Popul. Ecol. (Kyoto)*. 37, 151–157.
- Clausen, Curtis Paul, Donald Washburn Clancy, and Quan Chew Chock. *Biological control of the oriental fruit fly (Dacus dorsalis Hendel) and other fruit flies in Hawaii*. No. 1322. Agricultural Research Service. US Dept. of Agriculture; for sale by the Supt. of Docs., US Govt. Print. Off., 1965.
- Eitam, A., Vargas, R.I., 2007. Host habitat preference of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of Tephritid Fruit Flies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 100, 603–608. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2007\)100](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2007)100)
- Ero, M.M., Hamacek, E., Clarke, A.R., 2011. Foraging behaviours of *Diachasmimorpha kraussii* (Fullaway) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) in a nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch var. *nectarina* (Aiton) Maxim] orchard. *Aust. J. Entomol.* 50, 234–240. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.2011.00821.x>
- Fullaway, D.T., 1951. Review of the Indo-Australasian parasites of the fruit flies (Tephritidae). *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* XIV, 243–250.
- Greathead, D.J., Greathead, A.H., 1992. Biological control of insect pests by parasitoids and predators: the BIOCAT database. *Biocontrol News Inf.*
- Kitthawee, S., Singhapong, S., Baimai, V., 2004. Karyotypes of five species of tephritid fruit fly parasitoid (Hymenoptera: Braconidae) from Thailand. *Caryologia* 57, 133–137. <https://doi.org/10.1080/00087114.2004.10589382>
- Lloyd, A.C., Hamacek, E.L., Kopittke, R.A., Peek, T., Wyatt, P.M., Neale, C.J., Eelkema, M., Gu, H., 2010. Area-wide management of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Central Burnett district of Queensland, Australia. *Crop Prot.* 29, 462–469. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.11.003>
- McQuate, G.T., Sylva, C.D., Jang, E.B., 2005. Mediterranean fruit fly (Dipt., Tephritidae) suppression in persimmon through bait sprays in adjacent coffee plantings. *J. Appl. Entomol.* 129, 110–117. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.00942.110-117>
- Rousse, P., Gourdon, F., Quilici, S., 2006. Host specificity of the egg pupal parasitoid *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in La Reunion. *Biol. Control* 37, 284–290. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.12.008>
- Van Den Bosch, R., Haramoto, F.H., 1951. *Opius oophilus* Fullaway, an egg-larval parasite of the oriental fruit fly discovered in Hawaii. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* XIV, 251–255.

- Vargas, R.I., Leblanc, L., Putoa, R., Eitam, A., 2007. Impact of introduction of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and classical biological control releases of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on economically important fruit flies in French Polynesia. *J. Econ. Entomol.* 100, 670–679. [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2007\)100\[670:ioiobd\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2007)100[670:ioiobd]2.0.co;2)
- Vargas, R.I., Leblanc, L., Putoa, R., Piñero, J.C., 2012. Population dynamics of three *Bactrocera* spp. fruit flies (Diptera: Tephritidae) and two introduced natural enemies, *Fopius arisanus* (Sonan) and *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), after an invasion by *Bactrocera dorsalis* (Hem. Biol. Control 60, 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.10.012>
- Wharton, R.A., Gilstrap, F.E., 1983. Key to and Status of Opiinae Braconid (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitis* and *Dacus* s. l. (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76, 721–742. <https://doi.org/10.1093/aesa/76.4.721>
- Wharton, R.A., Gilstrap, F.E., Rhode, R.H., Fischel-M, M., Hart, W.G., 1981. Hymenopterous EGG-pupal and larval-pupal parasitoids of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. [Dip.: Tephritidae] in Costa Rica. *Entomophaga* 26, 285–290. <https://doi.org/10.1007/BF02371878>
- Wong, T.T.Y., Mochizuki, N., Nishimoto, J.I., 1984. Seasonal abundance of parasitoids of the Mediterranean and oriental fruit flies (Diptera:Tephritidae) in the Kula area of Maui, Hawaii. *Environ. Entomol.* 13, 140–145.

Material suplementar 3 Referências utilizadas para a obtenção dos pontos de ocorrência de *Psytalia concolor*. (DOCX)

- Argov, Y., Gazit, Y., 2008. Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel: Introduction and establishment of natural enemies. *Biol. Control* 46, 502–507. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.04.021>
- Benelli, G., Canale, A., 2016. Aggressive Behavior in Olive Fruit Fly Females: oviposition site guarding against parasitic wasps. *J. Insect Behav.* 29, 680–688. <https://doi.org/10.1007/s10905-016-9589-6>
- Billah, M.K., Kimani-Njogu, S.W., Wharton, R.A., Overholt, W.A., Wilson, D.D., Cobblah, M.A., 2008. Cross mating studies among five fruit fly parasitoid populations: potential biological control implications for tephritid pests. *BioControl* 53, 709–724. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9108-y>
- Borowiec, N., Groussier-Bout, G., Vercken, E., Thaon, M., Auguste-Maros, A., Warot-Fricaux, S., Delvare, G., Ris, N., Fauvergue, X., Malausa, J.C., 2012. Diversity and geographic distribution of the indigenous and exotic parasitoids of the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae), in Southern France. *IOBC-WPRS Bull.* 79, 71–78.
- Copeland, R.S., White, I.M., Okumu, M., Machera, P., Wharton, R.A., 2004. Insects associated with fruits of the Oleaceae (Asteridae, Lamiales) in Kenya, with special reference to the Tephritidae (Diptera). *Bish. Museum Bull. Entomol.* 12, 135–164.
- Debouzie, D., Mazih, A., 1999. Argan (Sapotaceae) trees as reservoirs for the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Morocco. *Environ. Entomol.* 28, 53–60.
- Delrio, G., Lentini, A., Satta, A. Biological control of olive fruit fly through inoculative releases of *Opius concolor* Szépl. *IOBC/WPRS Bull.* 28, 53–58 (2005).
- Gaouar, N., Debouzie, D., 1991. Olive fruit fly, *Dacus oleae* Gmel. (Diptera, Tephritidae) damage in Tlemcen region, Algeria. *J. Appl. Entomol.* 112, 288–297.
- Gonçalves, M.A., Andrade, L., 2014. The parasitoid complex associated with the olive fly, *Bactrocera oleae*, in Southern Portugal (Algarve). *IOBC/WPRS Bull.* 108, 71–74.
- Greathead, D.J., Greathead, A.H., 1992. Biological control of insect pests by parasitoids and predators: the BIOCAT database. *Biocontrol News Inf.*
- Kalaitzaki, A., Perdíkis, D., Marketaki M, Gyftopoulos, A. Paraskevopoulos. Natural enemy complex of *Bactrocera oleae* in organic and conventional olive groves. *IOBC/WPRS Bull.* 108, 61-78 (2014).
- Karam, N., Guglielmino, C.R., Bertin, S., Gomulski, L.M., Bonomi, A., Baldacchino, F., Simeone, V., Malacrida, A.R., 2008. RAPD analysis in the parasitoid wasp *Psytalia concolor* reveals Mediterranean population structure and provides SCAR markers. *Biol. Control* 47, 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.06.008>
- Liaropoulos, C., Mavraganis, V.G., Broumas, T., Ragoussis, N., 2005. Field tests on the combination of mass trapping with the release parasite *Opius concolor* (Hymenoptera: Braconidae), for the control of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *IOBC/WPRS Bull.* 28, 77–81.

- Miranda, M.A., Miquel, M., Terrassa, J., Melis, N., Moneris, M., 2008. Parasitism of *Bactrocera oleae* (Diptera; Tephritidae) by *Psytalia concolor* (Hymenoptera; Braconidae) in the Balearic Islands (Spain). *J. Appl. Entomol.* 132, 798–805. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01358.x>
- Mohamed, S.A., Overholt, W.A., Lux, S.A., Wharton, R.A., Eltoun, E.M., 2007. Acceptability and suitability of six fruit fly species (Diptera: Tephritidae) for Kenyan strains of *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 17, 247–259. <https://doi.org/10.1080/09583150701211418>
- Rugman-Jones, P.F., Wharton, R., Noort, T. van, Stouthamer, R., 2009. Molecular differentiation of the *Psytalia concolor* (Szépligeti) species complex (Hymenoptera: Braconidae) associated with olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae), in Africa. *Biol. Control* 49, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.12.005>
- Vayssières, J.-F., Adandonon, A., N'Diaye, O., Sinzogan, A., Kooyman, C., Badji, K., Rey, J.-Y., Wharton, R.A., 2012. Native parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in cultivated and wild fruit crops in Casamance, Senegal. *African Entomol.* 20, 308–315. <https://doi.org/10.4001/003.020.0221>
- Waterhouse, D.F., 1993. Biological control: Pacific prospects - Supplement 2, ACIAR Monograph NO. 20. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg. https://doi.org/10.1007/SpringerReference_92204

Material suplementar 4 Referências utilizadas para obtenção dos pontos de ocorrência de *Bactrocera oleae* utilizados para a verificação do Modelo de Distribuição de espécies. (DOCX)

- Bon, M.-C., Hoelmer, K.A., Pickett, C.H., Kirk, A.A., He, Y., Mahmood, R., Daane, K.M., 2016. Populations of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) and its parasitoids in Himalayan Asia. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 109, 81–91. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav114>
- Burrack, H.J., Connell, J.H., Zalom, F.G., 2008. Comparison of olive fruit fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) (Diptera: Tephritidae) captures in several commercial traps in California. *Int. J. Pest Manag.* 54, 227–234. <https://doi.org/10.1080/09670870801975174>
- Burrack, H.J., Zalom, F.G., 2008. Olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) ovipositional preference and larval performance in several commercially important olive varieties in California. *J. Econ. Entomol.* 101, 750–758. [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[750:OFFDTP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[750:OFFDTP]2.0.CO;2)
- Kakani, E.G., Zygouridis, N.E., Tsoumani, K.T., Seraphides, N., Zalom, F.G., Mathiopoulos, K.D., 2010. Spinosad resistance development in wild olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) populations in California. *Pest Manag. Sci.* 66, 447–453. <https://doi.org/10.1002/ps.1921>
- Kapaun, T., Nadel, H., Headrick, D., Vredevoe, L., 2010. Biology and parasitism rates of *Pteromalus* nr. *myopitae* (Hymenoptera: Pteromalidae), a newly discovered parasitoid of olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in coastal California. *Biol. Control* 53, 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.11.002>
- Nardi, F., Carapelli, A., Dallai, R., Roderick, G.K., Frati, F., 2005. Population structure and colonization history of the olive fly, *Bactrocera oleae* (Diptera, Tephritidae). *Mol. Ecol.* 14, 2729–2738. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02610.x>
- Rice, R.E., 2000. Bionomics of the Olive Fruit Fly *Bactrocera (Dacus) oleae*. *KAC Plant Prot. Q.* 10, 1–5.
- Segura, M.D., Callejas, C., Ochando, M.D., 2008. *Bactrocera oleae*: a single large population in Northern Mediterranean basin. *J. Appl. Entomol.* 132, 706–713. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01366.x>
- Yokoyama, V.Y., Miller, G.T., Stewart-Leslie, J., Rice, R.E., Phillips, P.A., 2006. Olive Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Populations in relation to region, trap type, season, and availability of fruit. *J. Econ. Entomol.* 99, 2072–2079. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.6.2072>
- Yokoyama, V.Y., Wang, X.-G., Aldana, A., Cáceres, C.E., Yokoyama-Hatch, H. A., Rendón, P. A., Johnson, M.W., Daane, K.M., 2012. Performance of *Psytalia humilis* (Hymenoptera: Braconidae) reared from irradiated host on Olive Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) in California. *Environ. Entomol.* 41, 497–507. <https://doi.org/10.1603/EN11252>
- Zygouridis, N.E., Augustinos, A.A., Zalom, F.G., Mathiopoulos, K.D., 2009. Analysis of olive fly invasion in California based on microsatellite markers. *Heredity (Edinb).* 102, 402–412. <https://doi.org/10.1038/hdy.2008.125>

Material suplementar 5 Variáveis ambientais obtidas de WorldCim – *Global Climate Data* (versão 2.0) e utilizadas nas Modelagens de Distribuição das Espécies. (DOCX)

Código	Descrição da variável bioclimática
BIO1	Temperatura média anual (°C)
BIO2	Amplitude térmica diária (Média mensal de temperatura (temperatura máxima - temperatura mínima)) (°C)
BIO3	Isotermia (BIO2 / BIO7) (* 100)
BIO4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão das temperaturas mensais * 100)
BIO5	Temperatura máxima do mês mais quente (°C)
BIO6	Temperatura mínima do mês mais frio (°C)
BIO7	Amplitude térmica anual (BIO5-BIO6) (°C)
BIO8	Temperatura média do trimestre mais úmido (°C)
BIO9	Temperatura média do trimestre mais seco (°C)
BIO10	Temperatura média do trimestre mais quente (°C)
BIO11	Temperatura média do trimestre mais frio (°C)
BIO12	Precipitação anual (mm)
BIO13	Precipitação do mês mais úmido (mm)
BIO14	Precipitação do mês mais seco (mm)
BIO15	Precipitação sazonalidade (coeficiente de variação)
BIO16	Precipitação do trimestre mais úmido (mm)
BIO17	Precipitação do trimestre mais seco (mm)
BIO18	Precipitação do trimestre mais quente (mm)
BIO19	Precipitação do trimestre mais frio (mm)
_srad_max	Radiação Solar máxima anual ($\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)
_srad_media	Radiação Solar média anual ($\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)
_srad_min	Radiação Solar mínima anual ($\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)
_vapr_max	Pressão de vapor de água máxima anual (kPa)
_vapr_media	Pressão de vapor de água média anual (kPa)
_vapr_min	Pressão de vapor de água mínima anual (kPa)
_wind_max	Velocidade máxima do vento máxima anual (m s^{-1})
_wind_media	Velocidade média do vento anual (m s^{-1})
_wind_min	Velocidade mínima do vento anual (m s^{-1})

Material suplementar 6 Coordenadas geográficas das localidades de ocorrência de *Bactrocera oleae* utilizadas na modelagem. (XLSX)

Species	long	lat	Species	long	lat	Species	long	lat
<i>B.oleae</i>	-1.39	34.87	<i>B.oleae</i>	18.87	-32.2	<i>B.oleae</i>	27.05	38.6
<i>B.oleae</i>	4.14	36.76	<i>B.oleae</i>	18.34	-32.36	<i>B.oleae</i>	28.05	37.62
<i>B.oleae</i>	3.99	36.61	<i>B.oleae</i>	26.08	-25.54	<i>B.oleae</i>	27.58	37.87
<i>B.oleae</i>	4.39	36.4	<i>B.oleae</i>	26.67	-25.64	<i>B.oleae</i>	27.7	37.83
<i>B.oleae</i>	4.69	36.61	<i>B.oleae</i>	20.96	-33.81	<i>B.oleae</i>	28.36	37.03
<i>B.oleae</i>	-2.04	34.97	<i>B.oleae</i>	27.55	-30.82	<i>B.oleae</i>	28.27	37.13
<i>B.oleae</i>	-1.92	34.92	<i>B.oleae</i>	27.9	-33.03	<i>B.oleae</i>	28.1	37.33
<i>B.oleae</i>	-2.02	35.02	<i>B.oleae</i>	27.55	-26.02	<i>B.oleae</i>	33.27	36.57
<i>B.oleae</i>	-2.19	35.05	<i>B.oleae</i>	27.48	-25.68	<i>B.oleae</i>	34.93	36.93
<i>B.oleae</i>	-0.24	35.53	<i>B.oleae</i>	18.97	-33.73	<i>B.oleae</i>	34.77	36.82
<i>B.oleae</i>	12.15	-15.2	<i>B.oleae</i>	28.37	-25.57	<i>B.oleae</i>	35.8	37.45
<i>B.oleae</i>	12.44	-15.8	<i>B.oleae</i>	18.47	-33.96	<i>B.oleae</i>	35.63	37.27
<i>B.oleae</i>	31.13	29.98	<i>B.oleae</i>	28.08	-25.62	<i>B.oleae</i>	35.05	37.23
<i>B.oleae</i>	30.04	31.31	<i>B.oleae</i>	18.5	-34	<i>B.oleae</i>	36.37	37.12
<i>B.oleae</i>	39.08	15.4	<i>B.oleae</i>	-16.54	28.39	<i>B.oleae</i>	36.07	37.37
<i>B.oleae</i>	39.06	15.33	<i>B.oleae</i>	-15.6	27.95	<i>B.oleae</i>	36.13	37.07
<i>B.oleae</i>	38.7	9.03	<i>B.oleae</i>	-16.8	28.29	<i>B.oleae</i>	35.98	36.08
<i>B.oleae</i>	37.6	9	<i>B.oleae</i>	10.11	36.87	<i>B.oleae</i>	36.23	36.1
<i>B.oleae</i>	39.22	10.3	<i>B.oleae</i>	10.77	34.73	<i>B.oleae</i>	36.07	36.28
<i>B.oleae</i>	39.75	7.13	<i>B.oleae</i>	11.06	35.51	<i>B.oleae</i>	36.74	37.17
<i>B.oleae</i>	38.84	9.71	<i>B.oleae</i>	10.18	36.81	<i>B.oleae</i>	36.65	37.12
<i>B.oleae</i>	39.67	-4.06	<i>B.oleae</i>	52.52	29.6	<i>B.oleae</i>	27.83	37.87
<i>B.oleae</i>	34.63	1.03	<i>B.oleae</i>	49.39	36.81	<i>B.oleae</i>	28.67	40.16
<i>B.oleae</i>	34.72	1.06	<i>B.oleae</i>	53.62	30.45	<i>B.oleae</i>	27.59	40.21
<i>B.oleae</i>	36.42	-1.22	<i>B.oleae</i>	54.38	36.83	<i>B.oleae</i>	28.36	39.81
<i>B.oleae</i>	35.74	-0.61	<i>B.oleae</i>	49.22	36.77	<i>B.oleae</i>	29.13	40.86
<i>B.oleae</i>	37.08	0.02	<i>B.oleae</i>	49.5	36.65	<i>B.oleae</i>	28.26	40.38
<i>B.oleae</i>	36	-0.57	<i>B.oleae</i>	48.9	36.93	<i>B.oleae</i>	28.78	40.38
<i>B.oleae</i>	37.26	-0.05	<i>B.oleae</i>	34.6	31.72	<i>B.oleae</i>	28.54	40.34
<i>B.oleae</i>	39.26	-4.48	<i>B.oleae</i>	34.75	31.5	<i>B.oleae</i>	28.76	40.33
<i>B.oleae</i>	35.45	1.25	<i>B.oleae</i>	35	31.75	<i>B.oleae</i>	29.66	40.03
<i>B.oleae</i>	37.91	-0.02	<i>B.oleae</i>	35.33	32.9	<i>B.oleae</i>	29.41	40.52
<i>B.oleae</i>	35.53	-0.23	<i>B.oleae</i>	34.68	32.03	<i>B.oleae</i>	29.36	40.41
<i>B.oleae</i>	35.47	-0.2	<i>B.oleae</i>	35.32	32.68	<i>B.oleae</i>	29.71	40.51
<i>B.oleae</i>	35.18	1.3	<i>B.oleae</i>	35.23	31.76	<i>B.oleae</i>	29.19	40.26
<i>B.oleae</i>	37.93	2.23	<i>B.oleae</i>	34.86	31.38	<i>B.oleae</i>	26.23	39.76
<i>B.oleae</i>	36.82	-1.28	<i>B.oleae</i>	34.77	31.89	<i>B.oleae</i>	20.17	41.15
<i>B.oleae</i>	36.63	-1.4	<i>B.oleae</i>	34.78	30.87	<i>B.oleae</i>	19.78	41.33
<i>B.oleae</i>	36.37	0.03	<i>B.oleae</i>	35.66	32.32	<i>B.oleae</i>	14.77	44.77
<i>B.oleae</i>	36.71	-1.36	<i>B.oleae</i>	35.64	34.12	<i>B.oleae</i>	32.87	34.86
<i>B.oleae</i>	34.25	-0.49	<i>B.oleae</i>	35.23	31.95	<i>B.oleae</i>	32.25	34.91
<i>B.oleae</i>	37.06	-0.11	<i>B.oleae</i>	35.35	32.32	<i>B.oleae</i>	32.89	35.04
<i>B.oleae</i>	27.85	-29.13	<i>B.oleae</i>	35.18	32.22	<i>B.oleae</i>	33.25	35.08
<i>B.oleae</i>	-8.08	31.63	<i>B.oleae</i>	34.99	32.31	<i>B.oleae</i>	33.46	34.79
<i>B.oleae</i>	17.32	-19.63	<i>B.oleae</i>	35.25	32.47	<i>B.oleae</i>	33.32	34.73
<i>B.oleae</i>	18.08	-19.58	<i>B.oleae</i>	41.47	19.75	<i>B.oleae</i>	33.42	34.85
<i>B.oleae</i>	18.15	-19.38	<i>B.oleae</i>	45.08	23.89	<i>B.oleae</i>	33.04	35.17
<i>B.oleae</i>	17.05	-22.7	<i>B.oleae</i>	36.25	37.08	<i>B.oleae</i>	33.39	35.13
<i>B.oleae</i>	55.57	-21.33	<i>B.oleae</i>	35.33	37.02	<i>B.oleae</i>	33.55	34.89
<i>B.oleae</i>	55.46	-21.12	<i>B.oleae</i>	26.16	39.8	<i>B.oleae</i>	3.82	43.73
<i>B.oleae</i>	18.97	-33.07	<i>B.oleae</i>	26.3	40	<i>B.oleae</i>	7.55	43.99
<i>B.oleae</i>	18.88	-34.08	<i>B.oleae</i>	29.27	40.65	<i>B.oleae</i>	9.28	41.58
<i>B.oleae</i>	18.87	-33.99	<i>B.oleae</i>	27.78	40.42	<i>B.oleae</i>	3.85	43.6
<i>B.oleae</i>	19.38	-33.64	<i>B.oleae</i>	28.38	40.37	<i>B.oleae</i>	2.95	43.12
<i>B.oleae</i>	26.48	-33.47	<i>B.oleae</i>	29.15	40.43	<i>B.oleae</i>	2.82	42.52
<i>B.oleae</i>	26.48	-33.32	<i>B.oleae</i>	26.58	39.55	<i>B.oleae</i>	2.88	42.63
<i>B.oleae</i>	26.07	-33.32	<i>B.oleae</i>	26.72	39.57	<i>B.oleae</i>	3.08	43.57
<i>B.oleae</i>	27.64	-32.96	<i>B.oleae</i>	27.7	38.5	<i>B.oleae</i>	4.63	43.67
<i>B.oleae</i>	31.14	-25.61	<i>B.oleae</i>	28.15	38.47	<i>B.oleae</i>	7.38	43.75
<i>B.oleae</i>	18.29	-34.05	<i>B.oleae</i>	27.57	38.73	<i>B.oleae</i>	7.27	43.72
<i>B.oleae</i>	18.97	-33.65	<i>B.oleae</i>	27.22	38.45	<i>B.oleae</i>	6.45	43.42
<i>B.oleae</i>	19.1	-33.62	<i>B.oleae</i>	27.42	38.42	<i>B.oleae</i>	19.9	39.783

Species	long	lat	Species	long	lat	Species	long	lat
<i>B.oleae</i>	23.73	37.98	<i>B.oleae</i>	10.72	45.53	<i>B.oleae</i>	-4.98	40
<i>B.oleae</i>	23.95	38.158	<i>B.oleae</i>	16.85	41.12	<i>B.oleae</i>	3.17	41.95
<i>B.oleae</i>	19.94	39.44	<i>B.oleae</i>	9.1	39.2	<i>B.oleae</i>	-4.5	40.58
<i>B.oleae</i>	22.93	40.633	<i>B.oleae</i>	8.97	45.97	<i>B.oleae</i>	-2.72	39.75
<i>B.oleae</i>	23.54	40.29	<i>B.oleae</i>	10.37	42.73	<i>B.oleae</i>	-5.98	36.87
<i>B.oleae</i>	25.88	40.87	<i>B.oleae</i>	14.22	41.1	<i>B.oleae</i>	-6.28	38.03
<i>B.oleae</i>	22.23	38.45	<i>B.oleae</i>	17.15	40.88	<i>B.oleae</i>	-6.72	37.51
<i>B.oleae</i>	21.73	38.25	<i>B.oleae</i>	8.07	43.9	<i>B.oleae</i>	1.38	42.13
<i>B.oleae</i>	22.42	36.55	<i>B.oleae</i>	11.53	45.63	<i>B.oleae</i>	-2.88	39.48
<i>B.oleae</i>	20.7	38.83	<i>B.oleae</i>	11.25	43.78	<i>B.oleae</i>	-0.32	39.07
<i>B.oleae</i>	22.98	36.15	<i>B.oleae</i>	15.9	38.42	<i>B.oleae</i>	-3.72	40.43
<i>B.oleae</i>	20.72	38.35	<i>B.oleae</i>	11.65	45.73	<i>B.oleae</i>	-6.82	37.31
<i>B.oleae</i>	23.92	35.5	<i>B.oleae</i>	12.43	37.78	<i>B.oleae</i>	-4.81	37.89
<i>B.oleae</i>	24.05	35.49	<i>B.oleae</i>	15.55	38.18	<i>B.oleae</i>	-1.13	37.97
<i>B.oleae</i>	24.73	36.93	<i>B.oleae</i>	11.78	45.32	<i>B.oleae</i>	-3.89	40.57
<i>B.oleae</i>	25.74	35.02	<i>B.oleae</i>	14.05	42.42	<i>B.oleae</i>	2.9	39.77
<i>B.oleae</i>	24.98	35.2	<i>B.oleae</i>	18.48	40.13	<i>B.oleae</i>	2.67	39.62
<i>B.oleae</i>	21.66	37.25	<i>B.oleae</i>	14.33	40.8	<i>B.oleae</i>	2.98	39.57
<i>B.oleae</i>	24.39	40.93	<i>B.oleae</i>	16.17	39.32	<i>B.oleae</i>	2.55	41.6
<i>B.oleae</i>	22.86	39.4	<i>B.oleae</i>	12.48	41.88	<i>B.oleae</i>	1.58	41.28
<i>B.oleae</i>	23.08	39.3	<i>B.oleae</i>	16.63	39.57	<i>B.oleae</i>	2.87	42.4
<i>B.oleae</i>	23.2	39.22	<i>B.oleae</i>	15.52	41.46	<i>B.oleae</i>	0.13	40.13
<i>B.oleae</i>	22.8	39.28	<i>B.oleae</i>	15.28	37.05	<i>B.oleae</i>	2.92	42.17
<i>B.oleae</i>	21.38	38.62	<i>B.oleae</i>	9.91	44.14	<i>B.oleae</i>	-4.53	37.65
<i>B.oleae</i>	22.37	38.52	<i>B.oleae</i>	7.59	43.79	<i>B.oleae</i>	-5.25	36.64
<i>B.oleae</i>	21.5	38.49	<i>B.oleae</i>	8.62	44.37	<i>B.oleae</i>	-6.25	39.8
<i>B.oleae</i>	21.65	38.16	<i>B.oleae</i>	9.11	44.4	<i>B.oleae</i>	-5.8	38.7
<i>B.oleae</i>	22.09	37.03	<i>B.oleae</i>	7.92	43.85	<i>B.oleae</i>	25.7	40.17
<i>B.oleae</i>	25.93	39.17	<i>B.oleae</i>	10.6	43.02	<i>B.oleae</i>	26.32	40.18
<i>B.oleae</i>	26.68	37.72	<i>B.oleae</i>	9.61	44.17	<i>B.oleae</i>	25.88	40.2
<i>B.oleae</i>	24.01	35.51	<i>B.oleae</i>	8.11	44.08	<i>B.oleae</i>	19.05	42.1
<i>B.oleae</i>	24.76	35.07	<i>B.oleae</i>	13.68	41.69	<i>B.oleae</i>	13.84	44.89
<i>B.oleae</i>	24.87	35.05	<i>B.oleae</i>	8.37	44.22	<i>B.oleae</i>	17.92	42.73
<i>B.oleae</i>	25.1	35.32	<i>B.oleae</i>	-6.27	41.51	<i>B.oleae</i>	18.39	42.55
<i>B.oleae</i>	19.76	39.75	<i>B.oleae</i>	-9.34	38.69	<i>B.oleae</i>	16.67	43.43
<i>B.oleae</i>	19.81	39.57	<i>B.oleae</i>	-7.12	41.54	<i>B.oleae</i>	16.35	43.55
<i>B.oleae</i>	23.74	35.49	<i>B.oleae</i>	-7.74	41.28	<i>B.oleae</i>	15.82	43.74
<i>B.oleae</i>	23.04	39.35	<i>B.oleae</i>	-7.5	39.82	<i>B.oleae</i>	15.04	43.91
<i>B.oleae</i>	22.85	38.43	<i>B.oleae</i>	-9.18	38.75	<i>B.oleae</i>	14.31	44.55
<i>B.oleae</i>	23.78	35.53	<i>B.oleae</i>	-8.33	41.43	<i>B.oleae</i>	-3.87	37.97
<i>B.oleae</i>	22.39	39.63	<i>B.oleae</i>	-7.82	37.92	<i>B.oleae</i>	-3.98	37.72
<i>B.oleae</i>	23.13	40.27	<i>B.oleae</i>	-7.27	38.87	<i>B.oleae</i>	-3.83	37.78
<i>B.oleae</i>	27.28	36.9	<i>B.oleae</i>	-7.25	40.53			
<i>B.oleae</i>	24.33	35.33	<i>B.oleae</i>	-7.78	38.58			
<i>B.oleae</i>	25.58	35	<i>B.oleae</i>	-7.63	38.65			
<i>B.oleae</i>	25.7	35.2	<i>B.oleae</i>	-8.75	39.36			
<i>B.oleae</i>	22.79	37.66	<i>B.oleae</i>	-8.02	38.53			
<i>B.oleae</i>	14.34	40.81	<i>B.oleae</i>	-7.8	38.24			
<i>B.oleae</i>	11.43	43.47	<i>B.oleae</i>	-7.91	38.58			
<i>B.oleae</i>	10.32	42.82	<i>B.oleae</i>	13.73	45.59			
<i>B.oleae</i>	15.07	37.51	<i>B.oleae</i>	13.6	45.54			
<i>B.oleae</i>	13.04	37.98	<i>B.oleae</i>	13.68	45.47			
<i>B.oleae</i>	12.1	42.4	<i>B.oleae</i>	-0.15	40.15			
<i>B.oleae</i>	10.8	45.77	<i>B.oleae</i>	2.62	39.55			
<i>B.oleae</i>	12.72	42.22	<i>B.oleae</i>	-4.52	36.72			
<i>B.oleae</i>	14.72	42.12	<i>B.oleae</i>	-2.09	42.42			
<i>B.oleae</i>	10.36	43.71	<i>B.oleae</i>	-5.97	40.49			
<i>B.oleae</i>	12.77	37.68	<i>B.oleae</i>	0.52	40.81			
<i>B.oleae</i>	8.32	40.55	<i>B.oleae</i>	-3.43	40.22			
<i>B.oleae</i>	13.52	43.62	<i>B.oleae</i>	-0.51	38.33			
<i>B.oleae</i>	11.85	43.47	<i>B.oleae</i>	-6.35	39.97			
<i>B.oleae</i>	8.45	40.73	<i>B.oleae</i>	-5.92	38.72			

Material suplementar 7 Coordenadas geográficas das localidades de ocorrência de *Fopius arisanus* utilizadas na modelagem. (XLSX)

Specie	long	lat
<i>F. arisanus</i>	75.22	12.38
<i>F. arisanus</i>	77.35	12.95
<i>F. arisanus</i>	120.82	23.58
<i>F. arisanus</i>	-84.24	10.03
<i>F. arisanus</i>	-83.69	9.91
<i>F. arisanus</i>	-84.17	9.8
<i>F. arisanus</i>	-158.25	21.49
<i>F. arisanus</i>	-157.94	21.33
<i>F. arisanus</i>	-156.62	20.8
<i>F. arisanus</i>	-157.29	21.14
<i>F. arisanus</i>	-156.9	20.85
<i>F. arisanus</i>	-156.4	20.76
<i>F. arisanus</i>	151.6	-25.63
<i>F. arisanus</i>	151.27	-25.59
<i>F. arisanus</i>	178.15	-17.62
<i>F. arisanus</i>	-149.51	-17.69
<i>F. arisanus</i>	-149.91	-17.53
<i>F. arisanus</i>	-151.56	-16.82
<i>F. arisanus</i>	-151.56	-16.63
<i>F. arisanus</i>	-151.07	-16.76
<i>F. arisanus</i>	-172.66	-13.75
<i>F. arisanus</i>	57.58	-20.24
<i>F. arisanus</i>	165.25	-21.13
<i>F. arisanus</i>	-175.19	-21.2
<i>F. arisanus</i>	107.66	-7.32
<i>F. arisanus</i>	55.25	-21.13
<i>F. arisanus</i>	34.91	32.56
<i>F. arisanus</i>	101.54	3.14
<i>F. arisanus</i>	101.7	3.03
<i>F. arisanus</i>	99.52	13.97
<i>F. arisanus</i>	-156.37	20.71
<i>F. arisanus</i>	-156.09	19.59
<i>F. arisanus</i>	-155.11	19.54
<i>F. arisanus</i>	152.43	-27.38
<i>F. arisanus</i>	-149.59	-17.56

Material suplementar 8 Coordenadas geográficas das localidades de ocorrência de *Psytalia concolor* utilizadas na modelagem. (XLSX)

Specie	long	lat
<i>P.concolor</i>	-1.66	35.18
<i>P.concolor</i>	-1.46	35.06
<i>P.concolor</i>	36.69	-1.36
<i>P.concolor</i>	37.48	-0.63
<i>P.concolor</i>	36.91	-1.1
<i>P.concolor</i>	37.5	-0.63
<i>P.concolor</i>	-16.31	12.56
<i>P.concolor</i>	-9.45	30.42
<i>P.concolor</i>	34.91	32.56
<i>P.concolor</i>	35.66	32.03
<i>P.concolor</i>	35.64	34.12
<i>P.concolor</i>	9.15	42.12
<i>P.concolor</i>	23.79	35.24
<i>P.concolor</i>	23.95	38.16
<i>P.concolor</i>	24.01	35.51
<i>P.concolor</i>	8.29	40.57
<i>P.concolor</i>	17.18	40.44
<i>P.concolor</i>	18.29	40.29
<i>P.concolor</i>	17.21	41
<i>P.concolor</i>	17.87	40.64
<i>P.concolor</i>	16.37	41.27
<i>P.concolor</i>	15.52	41.46
<i>P.concolor</i>	18.48	40.15
<i>P.concolor</i>	17.56	40.73
<i>P.concolor</i>	16.66	40.21
<i>P.concolor</i>	13.29	38.14
<i>P.concolor</i>	-8.1	37.16
<i>P.concolor</i>	-7.9	37.15
<i>P.concolor</i>	2.89	39.77
<i>P.concolor</i>	2.67	39.62
<i>P.concolor</i>	2.98	39.57
<i>P.concolor</i>	-15.55	27.94
<i>P.concolor</i>	-64.84	32.32
<i>P.concolor</i>	-158	21.62

Material suplementar 9 Resultados da análise de componentes principais utilizados na seleção de variáveis ambientais para inserção na modelagem de *Bactrocera oleae*, com os autovalores de cada componente principal e sua porcentagem de explicação da variação dos dados. (XLSX)

Componente Principal	Autovalores	% de variação
1	7.77264	27.759
2	7.52888	26.889
3	4.03483	14.41
4	2.97107	10.611
5	2.44449	8.7303
6	0.9101	3.2504
7	0.555812	1.985
8	0.451462	1.6124
9	0.309092	1.1039
10	0.233123	0.83258
11	0.192614	0.68791
12	0.186341	0.6655
13	0.126895	0.4532
14	0.0721775	0.25778
15	0.0639792	0.2285
16	0.0554459	0.19802
17	0.0263415	0.094077
18	0.0214915	0.076755
19	0.0119686	0.042745
20	0.00901069	0.032181
21	0.00570107	0.020361
22	0.00493928	0.01764
23	0.00467524	0.016697
24	0.00366154	0.013077
25	0.00169414	0.0060505
26	0.00129087	0.0046102
27	0.00027167	0.00097025
28	1.73E-13	6.18E-13

Material suplementar 10 Resultados da análise de componentes principais utilizados na seleção de variáveis ambientais para inserção na modelagem de *Fopius arisanus*, com os autovalores de cada componente principal e sua porcentagem de explicação da variação dos dados. (XLSX)

Componente Principal	Autovalores	% de variação
1	9.98205	35.65
2	5.49717	19.633
3	4.62528	16.519
4	3.14809	11.243
5	2.10833	7.5298
6	0.96682	3.4529
7	0.747296	2.6689
8	0.510849	1.8245
9	0.193293	0.69033
10	0.0663762	0.23706
11	0.0594705	0.21239
12	0.026763	0.095582
13	0.0194862	0.069593
14	0.0149264	0.053308
15	0.0120557	0.043056
16	0.00912195	0.032578
17	0.00447833	0.015994
18	0.0037834	0.013512
19	0.00181367	0.0064774
20	0.00105407	0.0037645
21	0.000588053	0.0021002
22	0.00044155	0.001577
23	0.000253199	0.00090428
24	0.00013477	0.00048132
25	4.71E-05	0.00016812
26	1.89E-05	6.74E-05
27	2.17E-06	7.76E-06
28	7.09E-14	2.53E-13

Material suplementar 11 Resultados da análise de componentes principais utilizados na seleção de variáveis ambientais para inserção na modelagem de *Psytalia concolor*, com os autovalores de cada componente principal e sua porcentagem de explicação da variação dos dados. (XLSX)

Componente Principal	Autovalores	% de variação
1	12.4048	44.303
2	5.94174	21.221
3	4.02298	14.368
4	2.5695	9.1768
5	1.14167	4.0774
6	0.987053	3.5252
7	0.290223	1.0365
8	0.19226	0.68664
9	0.13292	0.47471
10	0.116715	0.41684
11	0.0790126	0.28219
12	0.0409177	0.14613
13	0.0268709	0.095967
14	0.0188745	0.067409
15	0.0117335	0.041905
16	0.0070814	0.025291
17	0.00586944	0.020962
18	0.00360962	0.012891
19	0.00194433	0.006944
20	0.00169779	0.0060636
21	0.00103405	0.003693
22	0.000640266	0.0022867
23	0.000515255	0.0018402
24	0.000183415	0.00065505
25	8.58E-05	0.0003066
26	2.86E-05	0.00010205
27	1.41E-05	5.02E-05
28	4.46E-14	1.59E-13

Material suplementar 12 Correlação entre os componentes principais e os valores das variáveis ambientais utilizados na seleção das variáveis ambientais para inserção na modelagem de *Bactrocera oleae*. (XLSX)

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
bio10	0.44679	-0.72677	-0.01732	-0.02354	0.45833
bio11	0.93251	0.32652	0.000373	-0.02845	0.027994
bio12	-0.39653	0.71651	0.093775	0.44857	0.26391
bio13	-0.02339	0.61473	-0.03952	0.69994	0.21352
bio14	-0.57098	0.61714	0.15221	-0.27667	0.22364
bio15	0.63324	-0.19243	-0.26368	0.51885	-0.12699
bio16	-0.09726	0.56994	-0.02168	0.7414	0.20328
bio17	-0.58175	0.62247	0.19598	-0.25348	0.24183
bio18	-0.13921	0.83194	-0.06567	-0.24552	0.041832
bio19	-0.24922	0.043457	0.12479	0.85259	0.16293
_srad_max	0.004551	-0.78159	-0.04544	0.35378	-0.16139
bio1	0.93302	-0.13043	-0.0626	-0.03058	0.26274
_vapr_medi	0.72379	0.17484	0.39956	-0.0587	0.46136
_vapr_min	0.76384	0.3609	0.28616	0.004912	0.13425
_wind_medi	0.23037	-0.2614	0.79393	0.045531	-0.43764
_vapr_max	0.43347	-0.12472	0.41096	-0.10937	0.65548
_srad_medi	0.69046	-0.00551	-0.45165	0.23617	-0.3475
bio2	0.29988	-0.10056	-0.84344	-0.11134	-0.17393
bio3	0.47981	0.66811	-0.37791	-0.0242	-0.26483
_wind_max	0.2343	-0.24754	0.75765	0.094762	-0.44638
bio6	0.84655	0.40292	0.28627	0.010816	0.076423
bio7	-0.32984	-0.77816	-0.42693	-0.06259	0.17798
bio4	-0.51032	-0.78904	-0.00845	0.012684	0.28603
bio5	0.5132	-0.66967	-0.29049	-0.07933	0.352
bio8	0.59205	0.44353	0.015435	-0.48452	0.1535
bio9	0.36596	-0.67042	0.16491	0.25328	0.22357
_wind_min	0.19365	-0.26436	0.80599	0.011211	-0.40817
_srad_min	0.66892	0.48296	-0.40992	0.029011	-0.27061

Material suplementar 13 Correlação entre os componentes principais e os valores das variáveis ambientais utilizados na seleção das variáveis ambientais para inserção na modelagem de *Fopius arisanus*. (XLSX)

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
bio10	0.32558	0.65979	0.62214	-0.12672	0.20862
bio11	0.90769	0.27154	0.23361	0.14418	-0.13202
bio12	0.50305	0.074917	-0.82577	-0.02856	0.13323
bio13	0.29426	0.45781	-0.70365	0.18394	0.36902
bio14	0.65475	-0.47137	-0.11617	-0.41497	-0.0863
bio15	-0.33326	0.67893	-0.36696	0.15951	0.31964
bio16	0.30517	0.39658	-0.7637	0.13909	0.34621
bio17	0.64623	-0.51932	-0.08253	-0.33324	-0.10903
bio18	0.25404	-0.37242	-0.58674	-0.55326	0.20914
bio19	0.32545	0.47529	-0.51604	0.34433	0.29387
_srad_max	-0.70676	0.47378	0.13184	0.33575	0.03852
bio1	0.74247	0.47376	0.46425	0.000759	0.006029
_vapr_medi	0.92371	0.33413	0.076848	-0.08874	-0.0054
_vapr_min	0.96268	0.13908	0.016338	0.01998	-0.17044
_wind_medi	0.15704	-0.61426	0.40566	0.52519	0.32648
_vapr_max	0.71648	0.46483	0.21194	-0.29514	0.29716
_srad_medi	-0.49243	0.43544	-0.03303	0.58357	-0.2956
bio2	-0.6341	0.3716	0.05192	-0.22013	-0.41243
bio3	0.644	-0.10834	-0.25465	0.16444	-0.58992
_wind_max	0.12583	-0.5646	0.31993	0.63945	0.29052
bio6	0.94533	0.10494	0.19668	0.18903	-0.033
bio7	-0.84603	0.33148	0.16442	-0.29264	0.037133
bio4	-0.83905	0.19001	0.21533	-0.27176	0.34259
bio5	0.015657	0.74019	0.59422	-0.21118	0.012645
bio8	0.48762	0.34056	0.34145	-0.42244	0.022334
bio9	0.67333	0.35018	0.34022	0.35341	-0.00211
_wind_min	0.20578	-0.63092	0.4327	0.45014	0.35289
_srad_min	0.02154	0.3538	-0.39189	0.51884	-0.60131

Material suplementar 14 Correlação entre os componentes principais e os valores das variáveis ambientais utilizados na seleção das variáveis ambientais para inserção na modelagem de *Psytalia concolor*. (XLSX)

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
bio10	0.043902	0.5792	0.77864	-0.08869	-0.15363
bio11	0.95798	0.18292	0.090772	0.10821	-0.14345
bio12	0.75859	-0.46691	0.21775	-0.18133	0.33827
bio13	0.89528	-0.00175	-0.00731	0.030423	0.35114
bio14	0.42687	-0.66044	0.34462	-0.40559	-0.03563
bio15	0.42889	0.60341	-0.06218	0.56691	0.19882
bio16	0.8415	-0.04956	0.14302	0.021386	0.44632
bio17	0.3961	-0.67687	0.34903	-0.40814	0.010381
bio18	0.89487	-0.24571	-0.17357	-0.24074	-0.09452
bio19	0.034295	-0.4271	0.62503	0.091473	0.54125
_srad_max	-0.68452	0.25452	0.41	0.38087	0.1526
bio1	0.80245	0.4124	0.37736	0.072755	-0.15189
_vapr_medi	0.87229	0.18258	0.38697	-0.11672	-0.06455
_vapr_min	0.94591	-0.08051	0.01778	0.037138	-0.09705
_wind_medi	-0.12974	-0.72688	0.35623	0.52338	-0.20416
_vapr_max	0.40621	0.33261	0.65557	-0.32382	-0.05774
_srad_medi	0.47113	0.40173	0.026635	0.6878	0.07038
bio2	0.092969	0.73526	-0.3779	-0.12848	0.025571
bio3	0.85247	0.1094	-0.45926	0.041473	0.015878
_wind_max	-0.10381	-0.70095	0.31896	0.54845	-0.2387
bio6	0.95973	0.029132	0.15046	0.15604	-0.14517
bio7	-0.86044	0.39725	0.18779	-0.19495	0.062023
bio4	-0.90931	0.12978	0.3313	-0.16728	0.065869
bio5	0.085876	0.76082	0.59136	-0.08464	-0.13501
bio8	0.9091	0.01342	0.064998	-0.22207	-0.28585
bio9	-0.27177	0.63021	0.66158	0.013485	0.048427
_wind_min	-0.21243	-0.7237	0.43635	0.42554	-0.13566
_srad_min	0.84608	0.2382	-0.22847	0.36409	-0.00541

Material suplementar 15 Coordenadas geográficas dos locais de ocorrência de *Bactrocera oleae* utilizadas na validação da modelagem. (XLSX)

Specie	long	lat
<i>B. oleae</i>	-122.07	37.53
<i>B. oleae</i>	-121.84	37.68
<i>B. oleae</i>	-121	39
<i>B. oleae</i>	-121	38.45
<i>B. oleae</i>	-121.87	37.98
<i>B. oleae</i>	-119.48	36.6
<i>B. oleae</i>	-119	36
<i>B. oleae</i>	-122.2	39.75
<i>B. oleae</i>	-119.16	35.32
<i>B. oleae</i>	-118.69	34.02
<i>B. oleae</i>	-120.11	36.96
<i>B. oleae</i>	-121.9	36.59
<i>B. oleae</i>	-122	38
<i>B. oleae</i>	-117.47	33.95
<i>B. oleae</i>	-117.43	34.15
<i>B. oleae</i>	-117.15	32.7
<i>B. oleae</i>	-120.61	35.12
<i>B. oleae</i>	-120.72	35.63
<i>B. oleae</i>	-120.64	35
<i>B. oleae</i>	-121	36
<i>B. oleae</i>	-119.7	34.42
<i>B. oleae</i>	-122.1	37.3
<i>B. oleae</i>	-122.47	38.29
<i>B. oleae</i>	-119.05	35.96
<i>B. oleae</i>	-119.3	34.27
<i>B. oleae</i>	-121.85	39
<i>B. oleae</i>	-122	38.53
<i>B. oleae</i>	-121.77	38.68
<i>B. oleae</i>	-121.31	38.12
<i>B. oleae</i>	-120.54	37.3
<i>B. oleae</i>	-120.17	34.58
<i>B. oleae</i>	-116.6	31.86
<i>B. oleae</i>	71.55	33.48
<i>B. oleae</i>	71.56	34.33
<i>B. oleae</i>	73.17	34.11
<i>B. oleae</i>	101.25	27.86
<i>B. oleae</i>	101.2	27.82

ARTIGO 2 – Global Change Biology

1 **Distribuição potencial de *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) em no período atual e**
2 **em cenários de mudanças climáticas, com foco para a América do Sul**

3

4 Fernanda A. Müller¹, Dori E. Nava², Luana A. dos Santos³, Flávio R. M. Garcia⁴, Marco S.
5 Gottschalk⁴

6

7 ¹ Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Brasil

8 ² Embrapa Clima Temperado, Brasil

9 ³ Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Brasil

10 ⁴ Departamento de Ecologia, Zoologia e Genética, Instituto de Biologia, Universidade Federal
11 de Pelotas, Brasil

12

13 Correspondência para F. A. Müller, +55 (53) 997050665, fernandaappelmuller@gmail.com

14

15 **Palavras-chave** mosca-da-azeitona, praga invasiva, alterações climáticas, modelo de
16 distribuição de espécies, MaxEnt, alerta de risco.

17

18 **Resumo**

19 *Bactrocera oleae* é nativa da África e causa prejuízos econômicos nas regiões tradicionais de
20 cultivo da oliveira. Foi constatada nos Estados Unidos e México, mostrando ter potencial para
21 invadir novas áreas. Por essa razão, objetivou-se conhecer sua distribuição potencial no
22 período atual e nos cenários climáticos futuros, além de determinar seu potencial de
23 estabelecimento no continente sul-americano. Para isso, utilizou-se um modelo de predição
24 correlativo da distribuição de *B. oleae*, gerado a partir de dados dos locais de ocorrência e de
25 variáveis ambientais preditoras. Por meio do algoritmo Máxima Entropia (MaxEnt), gerou-se
26 um modelo para África, sul da Europa e leste da Ásia e, a partir deste, foi realizada a projeção
27 para outras regiões do globo. A avaliação do modelo realizou-se pelo valor da área média sob
28 a curva ROC (AUC= 0,972) e indicou bom desempenho preditivo do modelo. Por meio da
29 constatação da predição de pontos de ocorrência conhecidos fora da área modelada, como na
30 América do Norte e região central da Ásia, *B. oleae* possui potencial de distribuição para
31 todos os continentes, locais em que é sugerida a permanência da espécie em regiões
32 produtoras da África, Europa e América do Norte. Assim a praga se moveria para regiões ao
33 norte, em latitudes atualmente de clima mais frio, e com potencial de invasões em regiões
34 produtoras da Oceania e América do Sul, nos quais atualmente a praga está ausente.

35

36 **Introdução**

37 A mosca-da-azeitona *Bactrocera oleae* (Rossi, 1790) (Diptera: Tephritidae) é uma
38 importante praga da oliveira [*Olea europaea* L. (Lamiales: Oleaceae)], devido ao prejuízo
39 econômico gerado. Estudos sugerem que a espécie tem origem na África e se dispersou para a
40 Bacia do Mediterrâneo e Oriente Médio, para o sul da Ásia Central e, recentemente chegou à
41 América do Norte, por meio da Califórnia nos Estados Unidos e, noroeste do México (Rice,
42 Phillips, Stewart-Leslie, & Sibbett, 2003; van Asch, Pereira-Castro, Rei, & da Costa, 2015).

43 *Bactrocera oleae* é considerada uma espécie monófaga, pois as larvas se alimentam
44 apenas de frutos de algumas espécies de *Olea*, e assim sua sobrevivência está diretamente
45 ligada à condição e disponibilidade de azeitonas (Daane & Johnson, 2010; Andrew Paul
46 Gutierrez, Ponti, & Cossu, 2009).

47 A mosca-da-azeitona danifica a fruta, pois é utilizada para oviposição. Ao eclodir, as
48 larvas se alimentam do mesocarpo, ocasionando galerias na polpa e a queda dos frutos, o que
49 pode resultar na redução do valor comercial das azeitonas de mesa e impossibilitar a
50 comercialização do azeite devido aos altos níveis de acidez gerados (Zygouridis et al. 2009;
51 Daane e Johnson 2010). Além disto, as puncturas realizadas para a oviposição podem servir
52 como ponto de entrada para infecção microbiana, comprometendo as qualidades sensoriais
53 das azeitonas e dos azeites. Segundo (A. P. Gutierrez, Ponti, & Gilioli, 2010), dos insetos-
54 praga da oliveira, *B. oleae* pode ser responsável por 50 a 60% do total de danos causados.

55 O cultivo de oliveiras é realizado predominantemente na bacia do Mediterrâneo, no
56 entanto, está se expandindo consideravelmente para outras regiões do globo entre os quais os
57 continentes Americano e Oceania. , sendo que nestas regiões, *B. oleae* só está presente na
58 América do Norte (Zygouridis et al., 2009). Por essa razão, *B. oleae* é listada como praga
59 quarentenária para países produtores de oliveira onde está ausente, como no caso do Brasil
60 (MAPA, 2008).

61 Em nível global, o controle de espécies invasoras é uma tarefa de extrema importância
62 à medida que a taxa de invasões biológicas aumenta, levando a um custo econômico estimado
63 em US\$ 1,4 trilhão por ano, representando quase 5% da economia mundial (Godefroid,
64 Cruaud, Rossi, & Rasplus, 2015). Nas últimas décadas, *B. oleae* mostrou-se uma espécie
65 invasora de sucesso (Papadopoulos, Plant, & Carey, 2013). Assim, a identificação de
66 restrições ambientais que afetam sua distribuição geográfica e abundância é fundamental para
67 seu manejo efetivo (Wang, Johnson, Daane, & Nadel, 2009).

68 Sabendo que a ocorrência de *B. oleae* não depende apenas da presença da planta
69 hospedeira, mas também do conjunto de variáveis climáticas (abióticas) favoráveis, e que as
70 mudanças nestas condições poderão ter efeito direto ou indireto sobre a espécie, torna-se de
71 suma importância projetar o potencial de colonização da espécie em regiões produtoras de
72 oliveira nas quais a praga não está estabelecida. Se as mudanças climáticas forem drásticas, a
73 distribuição geográfica e abundância das espécies poderão ser alteradas, com potencial
74 alteração em sua estrutura e função trófica e, possivelmente, no ecossistema (Schreiber &
75 Gutierrez, 1998).

76 Frequentemente, as análises de risco de espécies-praga dependem de modelos de
77 distribuição das mesmas para estimar a potencialidade de se estabelecerem fora de sua região
78 de ocorrência atual (Peterson & Vieglais, 2001) e, com isso, existe a possibilidade de uma
79 invasão ser avaliada antes mesmo que ocorra (Peterson & Vieglais, 2001). Este método pode
80 ser utilizado para realizar previsões sobre adequabilidade ambiental de *B. oleae*, pressupondo
81 que a espécie teria potencial de se estabelecer em locais onde atualmente está ausente,
82 superando as barreiras geográficas ou ecológicas que limitam sua distribuição atual (evento já
83 registrado na América do Norte), e que as alterações climáticas possam modificar sua
84 distribuição geográfica. Desta forma, por meio da modelagem de distribuição de espécies (ou
85 *Species Distribution Modeling* – SDM) verificou-se o potencial de estabelecimento de *B.*
86 *oleae* a nível mundial, com foco para a América do Sul, foram identificadas regiões com
87 potencial de ameaça emergente e futuras invasões. Além de dispor informações para facilitar
88 a efetivação de estratégias de controle desta praga.

89

90

91

92 **Material e Métodos**

93 **Dados de ocorrência**

94 O método utilizado para modelagem da distribuição de *B. oleae*, foi o modelo
95 correlativo baseado em dados ambientais associados aos registros de presença da espécie.
96 Elaborou-se um banco de dados com os registros obtidos a partir de fontes primárias de
97 informação, tais como banco de dados de coleções científicas de museus com livre acesso e
98 veiculadas por meio do *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF)
99 (<https://www.gbif.org>) e de registros de coletas publicados em artigos científicos (Material
100 Suplementar 1 e 2). Para a realização da busca, além do nome científico da espécie -
101 *Bactrocera oleae*, fizeram-se consultas pelos sinônimos juniores *Daculus oleae* (Gmelin),
102 *Dacus flaviventris* Guercio, 1900, *Dacus funesta* Guercio, 1900, *Dacus oleae* (Rossi, 1790) e
103 *Musca oleae* Gmelin, 1790. Desta forma, foram adicionadas ao banco de dados, informações
104 como, a referência do registro de ocorrência, dados geopolíticos (como país e localidade),
105 coordenadas geográficas e, quando disponível, mês e ano de realização do registro. As
106 coordenadas geográficas obtidas por meio da busca foram validadas quanto a sua localização
107 e, as que não estavam disponíveis nas referências, obtidas por aproximação a partir das
108 informações apresentadas nos dados de localidade, com o auxílio do aplicativo Google Maps
109 (www.google.com/maps). Excluíram-se pontos de ocorrência com informações imprecisas ou
110 duvidosas. Em seguida, as coordenadas geográficas foram plotadas no programa QGIS [
111 (*Quantum Geographic Information Systems*) 2.18.11 Las Palmas
112 (https://www.qgis.org/pt_BR/site/)] junto ao arquivo *shape* com as delimitações dos países,
113 no qual foi verificada a coerência e precisão dos pontos de ocorrência.

114 Dos pontos de ocorrência obtidos, os localizados na África, Europa e Oriente Médio
115 foram utilizados na geração dos SDM e, os na China, Estados Unidos da América, México e
116 Paquistão numa segunda validação do modelo (Material Suplementar 2).

117 O sistema de coordenadas utilizado foi o Universal Transversa de Mercator (UTM) e o
118 Datum WGS84.

119

120 **Obtenção, seleção e recortes das variáveis ambientais**

121 As camadas bioclimáticas foram obtidas do banco de dados *Global Climatologies for*
122 *Bioclimatic Modelling* (Climond) (versão 1.2) (<https://www.climond.org/>). Apresentavam
123 resolução com quadrículas de 10 arco-minutos ($\approx 344\text{km}^2$), considerada suficiente uma vez
124 que os dados utilizados no estudo são abióticos e de abrangência global (Soberón, 2010).

125 Para a geração do modelo, utilizaram-se dados históricos correspondentes às
126 observações realizadas de 1961 a 1990 (30 anos, centrados em 1975) e interpolados para
127 obtenção das camadas contínuas. Além disso, se fez uso dos cenários futuros dos modelos
128 CSIRO-MK3.0 (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*, Australia) e
129 MIROC-H (*Centre for Climate Reseaech*, Japão) para verificação das consequências das
130 mudanças climáticas no potencial de distribuição de *B. oleae*. Para ambos os modelos de
131 previsões climáticas, utilizaram-se as projeções estimadas para os anos de 2030 e de 2050.
132 Além disso, para cada modelo de clima futuro, utilizaram-se dois cenários de emissão (A1B e
133 A2). Segundo o IPCC [(*Intergovernmental Panel on Climate Change*) IV SRES (*Special*
134 *Report on Emissions Scenarios*)], estes cenários são projeções de condições climáticas para
135 futuras emissões globais de gases de efeito estufa, baseados num conjunto de suposições
136 plausíveis sobre fatores demográficos, econômicos e tecnológicos globais suscetíveis a
137 influenciar futuras emissões (Kriticos et al., 2012). A história do plano A1 descreve um
138 mundo futuro de crescimento econômico muito rápido, população global que atinge um pico
139 em meados do século e diminui a partir daí, e a rápida introdução de tecnologias novas e mais
140 eficientes. Principais temas subjacentes são a convergência entre as regiões, a capacitação e o
141 aumento das interações culturais e sociais, com uma redução substancial nas diferenças

142 regionais na renda per capita. A família do cenário A1 possui três grupos que descrevem as
143 direções alternativas de mudança tecnológica no sistema energético e, se distingue pela ênfase
144 tecnológica, na qual o cenário A1B apresenta um equilíbrio em todas as fontes. A família de
145 cenários A2 descreve um mundo heterogêneo. O tema subjacente é a autossuficiência e a
146 preservação das identidades locais com aumento contínuo da população humana. O
147 desenvolvimento econômico é principalmente orientado à região e o crescimento econômico
148 *per capita* e as mudanças tecnológicas fragmentadas são mais lentas que outras histórias
149 (IPCC, 2001).

150 Cada conjunto de dados possui 35 camadas bioclimáticas (arquivos *raster*) e, assim, os
151 dados históricos e cada um dos cenários futuros foram estudados de forma independente
152 (Material Suplementar 3). Baixaram-se os arquivos em formato ESRI e convertidos,
153 posteriormente, para formato ASC, no programa QGIS, sendo após visualizados com os
154 pontos de ocorrência de *B. oleae*, a seguir, realizou-se uma nova verificação dos mesmos.
155 Manteve-se apenas um registro de ocorrência de *B. oleae* por quadrícula. Tal procedimento
156 foi adotado para evitar a superestimativa de certas regiões geográficas no espaço ambiental
157 ocupado por *B. oleae* em função de um possível viés amostral das localidades de ocorrência.
158 Após essa averiguação, formou-se o arquivo, contendo as coordenadas geográficas,
159 posteriormente utilizado para a modelagem (Material Suplementar 4).

160 Ainda no programa QGIS, as 35 camadas com variáveis ambientais históricas foram
161 recortadas em uma região geográfica que englobou a África, o sul da Europa e a região
162 ocidental da Ásia (long. -33.02 a 60.53, lat. -43.23 a 50.14), por ser, respectivamente, a região
163 de origem da espécie, e com presença mais antiga da praga.

164 Para evitar a utilização de variáveis ambientais autocorrelacionadas, extraíram-se os
165 valores de cada ponto de ocorrência de *B. oleae* em cada camada bioclimática, por meio da
166 ferramenta *Point sampling tool*, no programa QGIS. Os valores de cada camada foram

167 padronizados para média igual a zero e o desvio padrão igual a um, a fim de proceder a
168 Análise de Componentes Principais (PCA). Para tal, calcularam-se as médias e os desvios
169 padrões dos valores observados em todos os pontos de ocorrência para cada variável
170 bioclimática e aplicou-se a fórmula $Z_i = (X_i - \bar{X}) / S$, onde Z_i é o valor padronizado da
171 variável no ponto i , X_i é o valor original da variável no ponto i , \bar{X} é o valor da média e S o
172 valor do desvio padrão da variável. Com os valores padronizados realizou-se a PCA no
173 programa PAST3 (Hammer, Harper, & Ryan, 2001). Da matriz de correlação, foram
174 selecionadas as variáveis associadas aos componentes principais com autovalores superiores a
175 um, valor que o componente principal possui a mesma capacidade de explicação de uma
176 variável original. As associações foram verificadas utilizando-se os coeficientes de correlação
177 entre as variáveis originais e os componentes principais obtidos e, as variáveis bioclimáticas
178 com valores superiores a $|0,75|$ foram designadas para modelagem (Material Suplementar 5 e
179 6).

180 Das 35 camadas bioclimáticas originalmente propostas, foram selecionadas 20 por
181 meio da PCA, sendo: 1) Isotermalidade (Bio03); 2) Sazonalidade da temperatura (Bio04); 3)
182 Temperatura máxima da semana mais quente (°C) (Bio05); 4) Temperatura média do
183 trimestre mais úmido (°C) (Bio08); 5) Temperatura média do trimestre mais quente (°C)
184 (Bio10); 6) Temperatura média do trimestre mais frio (°C) (Bio11); 7) Precipitação da semana
185 mais úmida (mm) (Bio13); 8) Precipitação da semana mais seca (mm) (Bio14); 9)
186 Precipitação do trimestre mais úmido (mm) (Bio16); 10) Precipitação do trimestre mais seco
187 (mm) (Bio17); 11) Radiação semanal mais baixa ($W m^{-2}$) (Bio22); 12) Sazonalidade da
188 radiação (Bio23); 13) Radiação do trimestre mais úmido ($W m^{-2}$) (Bio24); 14) Radiação do
189 trimestre mais frio ($W m^{-2}$) (Bio27); 15) Índice médio anual de umidade (Bio28); 16) Índice
190 de umidade semanal mais baixo (Bio30); 17) Sazonalidade do índice de umidade (Bio31); 18)

191 Índice médio de umidade do trimestre mais seco (Bio33); 19) Índice médio de umidade do
192 trimestre mais quente (Bio34); 20) Índice médio de umidade do trimestre mais frio (Bio35).

193 Cada camada de cenário climático futuro foi recortada em três regiões que contém as
194 áreas de interesse do estudo: África (long. -26.86 a 60.00, lat. -39.46 a 39.94); América (long.
195 -165.31 a -28.19, lat. -58.88 a 52.88); e Europa (long. -12.68 a 43.37, lat. 31.77 a 73.3). Para
196 essas regiões fizeram-se projeções do SDM de *B. oleae* obtido.

197

198 **Definição do algoritmo e avaliação de desempenho do SDM de *B. oleae***

199 O algoritmo de Máxima Entropia, MaxEnt (versão 3.4.1)
200 (http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/) (Phillips, Dudík, & Schapire,
201 2017) foi utilizado visando à modelagem da distribuição potencial atual e futura da espécie-
202 praga. Este algoritmo utiliza dados de presença para identificar condições ambientais em que
203 a espécie ocorre, com base nas variáveis ambientais independentes oferecidas e, projeta a
204 probabilidade de ocorrência da espécie (interpretada como a adequabilidade ambiental da
205 espécie), excluindo todas as condições que são infundadas ou indefinidas (Evangelista,
206 Kumar, Stohlgren, & Young, 2011).

207 Os arquivos com os pontos de presença de *B. oleae* e as camadas bioclimáticas de
208 dados históricos selecionadas com a PCA, foram inseridos no programa MaxEnt para gerar o
209 modelo. Com os dados de saída, geraram-se mapas com a projeção dos valores contínuos de
210 adequabilidade ambiental para todos os recortes das regiões da África, América e Europa. Os
211 recortes foram realizados, pois o algoritmo MaxEnt propõe melhor ajuste da projeção se a
212 mesma for realizada somente na área de interesse, pois as calibrações são realizadas com base
213 nas camadas oferecidas para o programa.

214 Um segundo modelo foi gerado e projetado nas camadas bioclimáticas de dados
215 históricos, sem tais recortes, a fim de avaliar o modelo em todos os continentes e realizar a

216 verificação com os pontos localizados na China, Estados Unidos da América, México e
217 Paquistão. A verificação consistiu em avaliar se o modelo conseguiu prever os pontos de
218 ocorrência nos países supracitados e não inseridos na modelagem (Material Suplementar 7).

219 Para a modelagem, 25% dos pontos de ocorrência foram destinados à validação do
220 modelo gerado (pontos teste) e, 75% para geração do modelo (pontos treino). Desta forma, o
221 modelo de distribuição obtido foi a média de 100 réplicas geradas por reamostragem (pelo
222 método de *bootstrap*) (Efron 1979) dos pontos oferecidos para teste para o programa gerar o
223 modelo. Além disso, foi avaliada a contribuição de cada camada bioclimática no modelo, na
224 qual o modelo é gerado retirando uma variável ambiental por vez pela técnica de *Jackknife*. A
225 implicação da remoção da camada no processo é avaliada, e a porcentagem de contribuição de
226 cada variável independente utilizada no modelo é fornecida.

227 O desenvolvimento de SDM informativos e preditivos necessita medir seu
228 desempenho, ou seja, o quão bem as previsões correspondem a um conjunto de dados
229 observados de locais com a presença e sem a presença da espécie (Lawson, Hodgson, Wilson,
230 & Richards, 2014). Assim, a validação é uma das etapas mais importantes do processo de
231 modelagem, pois sem esta a interpretação de um modelo perde seu sentido, visto que tudo o
232 que está representado pode estar incorreto ou com graus inaceitáveis de precisão (Giannini et
233 al., 2012). A avaliação do modelo normalmente baseia-se nos valores da matriz de confusão
234 (que quantifica os erros de omissão e comissão) os quais foram utilizados na construção da
235 Curva Característica de Operação do Receptor (*Receiver Operating Characteristic* - ROC)
236 dos dados de treino e teste, e assim, possível calcular a Área Sob a Curva (*Area Under the*
237 *Curve* - AUC), capaz de avaliar a capacidade discriminatória do modelo, que permite
238 interpretar o resultado como a probabilidade de sortear dois pontos ao acaso e esses estarem
239 corretos. O valor AUC varia de zero a um, onde um indica uma habilidade perfeita para
240 discriminar a omissão de áreas com registros e a sobreposição de áreas ocupadas.

241 Para detectar possíveis erros de projeções, foi realizada análise de superfície de
242 similaridade ambiental multivariada (*Multivariate Environmental Similarity Surface - MESS*),
243 que indica áreas climáticas fora do intervalo calibrado do modelo e mede a semelhança de
244 qualquer ponto dado com um conjunto de pontos de referência, em relação às variáveis
245 preditas selecionadas (Elith, Kearney, & Phillips, 2010).

246

247 **Limiares para a definição de áreas de presença potencial de *B. oleae***

248 Os mapas de distribuição resultantes da modelagem possuem dados contínuos de
249 probabilidade de ocorrência de *B. oleae* (interpretado como a adequabilidade ambiental da
250 espécie, e não uma probabilidade verdadeira). Portanto, para transformarmos os mapas
251 contínuos em dados binários (de presença e ausência potencial), aplicaram-se os limiares de
252 Presença Mínima nos dados de Treino (*Minimum Training Presence - MTP*) e de Máximo
253 valor observado na soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity
254 and specificity - maxSSS*). Os limiares foram aplicados no mapa gerado por meio do cálculo
255 da média dos valores dos 100 modelos gerados.

256 No programa Diva-GIS (versão 7.5.0.0) (<http://www.diva-gis.org/>) foi inserida a
257 camada de saída de cada projeção gerada (dos dados históricos e dos oito diferentes cenários
258 futuros) para cada um dos continentes (África, América e Europa). Para a camada da
259 América, foram feitos recortes separando América do Sul (long. -86.50 a -32.67, lat. -57.50 a
260 14.16) e América do Norte (long. -134.83 a -50.83, lat. 16.17 a 52.50). A partir dos valores
261 dos gráficos de histograma, contabilizou-se a área ocupada de cada região, por meio da
262 quantidade total de quadrículas das camadas bioclimáticas com informações ambientais.
263 Posteriormente, foram inseridos os valores dos limiares eleitos, MTP e maxSSS, e realizada
264 nova contagem da quantidade de quadrículas de cada projeção de cenário climático futuro,
265 sendo depois comparados com os dados climáticos históricos. Por fim, uma tabela

266 comparativa da área prevista de presença foi gerada e, para os continentes (África, América
267 do Sul, América do Norte e Europa) foi sobreposto cada mapa dos cenários de mudança
268 climática ao de dados históricos, sendo, então, possível identificar as regiões nas quais a
269 distribuição geográfica poderá expandir ou reduzir, projetando os efeitos das alterações
270 climáticas na distribuição geográfica de *B. oleae*. Para elucidar a subdivisão dos continentes,
271 foi adotado o geoesquema das Nações Unidas.

272

273 **Resultados**

274 **Dados de ocorrência**

275 A precisão do mapeamento requer um número razoável de pontos de ocorrência bem
276 distribuídos, sendo assim, durante a elaboração do banco de dados obtiveram-se 484 pontos
277 com registro de presença de *B. oleae* e, após a exclusão dos pontos incididos numa mesma
278 quadrícula e/ou imprecisos, restaram 375 pontos de ocorrência georreferenciados utilizados
279 no estudo. Desses, 338 estão localizadas em 27 países da África, Ásia e Europa e foram
280 utilizados na geração do modelo de distribuição e, 37 pontos de ocorrência estão em dois
281 países da América do Norte e em dois da Ásia e, utilizaram-se na verificação do modelo (Fig.
282 1). Esses pontos foram extraídos de 70 artigos científicos e 58 registros de espécimes de
283 museus (Material Suplementar 1 e 2).

284 Os dados de ocorrência de *B. oleae*, baseados no referencial utilizado, confirmam que
285 a espécie está presente em pelo menos 30 países, distribuídos na África, América do Norte,
286 Ásia e Europa e, ocorre em todas as estações do ano. As informações referentes ao hemisfério
287 sul, são de coletas de *B. oleae* realizadas entre os anos de 1909 em Paarl, África do Sul (de
288 Meyer & Heughebaert, 2014a) a 2015, em altitudes que partem de 64m em Somerset West,
289 África do Sul (Neuenschwander, 1982) a 2340m em Marmanet, Quênia (Cheyppé-Buchmann
290 et al., 2011) e, ao hemisfério norte, de coletas feitas de 1896 em Cintra, Portugal (de Meyer &

291 Heughebaert, 2014b) a 2016, em altitudes que variam de 25m em Linie, Grécia (Fletcher &
292 Kapatos, 1981) a 2809m em Mount Elgon, Quênia (Copeland, White, Okumu, Machera, &
293 Wharton, 2004). A faixa de latitude variou entre 45,8 no norte da Itália (Savio et al., 2012) e -
294 34,08 no sul da África do Sul (Bekker, Addison, & Addison, 2017).

295

296 **Avaliação do modelo**

297 O modelo de distribuição potencial de *B. oleae* apresentou 0,972 como valor médio da
298 AUC das 100 réplicas (Fig. 2). A verificação contribuiu para comprovar a confiabilidade das
299 projeções na qual 97% dos pontos de ocorrência, não incluídos na modelagem, foram
300 confirmados como potenciais de adequabilidade ambiental para a projeção dos dados
301 climáticos históricos no limiar MTP, cujo valor foi de 0,0063 e, confirmados para 84% dos
302 pontos para o limiar maxSSS, com valor de 0,1812. Dos 37 pontos verificados, apenas um
303 (longitude 101.20, latitude 27.82) dos dois localizados na China não se enquadraram na
304 projeção com o limiar MTP. Na projeção com o limiar maxSSS, apesar de os dois pontos
305 localizados na China ficarem de fora, estão localizados próximos a quadrículas nas quais
306 houve adequação. Isso também ocorreu para dois, de três pontos localizados no Paquistão e,
307 dois dos 31 pontos localizados na Califórnia, EUA (Fig. 1).

308 A análise de MESS compara a semelhança ambiental das regiões onde se realizaram
309 as projeções do modelo, comparando as camadas bioclimáticas de dados históricos com as
310 camadas de clima futuro utilizadas para treinar o modelo, indicando áreas climáticas fora do
311 intervalo de calibração. As áreas em vermelho indicam são diferenciadas em relação à região
312 onde o modelo está sendo calibrado, possuindo uma ou mais variáveis bioclimáticas fora do
313 intervalo dos dados de treino (Fig. 3). Nessa avaliação, verificou-se que, as variáveis de
314 precipitação pluvial do trimestre mais seco (mm) (Bio17), sazonalidade do índice de umidade
315 (Bio31) e precipitação pluvial do trimestre mais úmido (mm) (Bio16) são as que mais

316 diferiram em regiões pontuais no norte da África, a de precipitação pluvial da semana mais
317 seca (mm) (Bio14) para regiões pontuais no oeste da América do Sul e a de Sazonalidade da
318 Radiação (Bio23) para o norte da Europa. Áreas com projeção de adequabilidade ambiental
319 para *B. oleae*, e que estão incluídas nas áreas climáticas fora do intervalo calibrado (áreas em
320 vermelho), foram observadas na África, na costa da Libéria, da América do Sul, no extremo
321 sul do Chile e no Equador quando aplicado o limiar MTP, e também no Peru com a aplicação
322 do limiar maxSSS. As previsões nessas áreas devem ser observadas com cautela, pois é
323 provável haver erro de comissão, ou seja, não existir potencial real de adequabilidade
324 ambiental nessas regiões. A análise, de todas as projeções, pode ser observada no Material
325 Suplementar 8A-C.

326

327 **Potencial de distribuição de *B. oleae* em condições climáticas históricas e futuras**

328 A distribuição potencial de *B. oleae* projetada para os dados climáticos históricos foi
329 mais ampla para o limiar MTP e mais restritiva para maxSSS, sendo consideradas adequadas
330 para o potencial de adequabilidade ambiental as áreas com valores maiores que as do MTP e,
331 ótimas, as áreas com valores maiores que as do maxSSS.

332

333 **Condições climáticas históricas**

334 De acordo com os dados climáticos históricos, o SDM de *B. oleae* inclui regiões de
335 todos os continentes para ambos os limiares adotados, sendo que estas projeções demonstram
336 onde, atualmente, a praga tem potencial de se estabelecer (Fig. 1).

337

338 *Projeção com a aplicação do limiar MTP*

339 No mapa gerado com a aplicação do limiar MTP foram estimadas áreas com potencial
340 de ocorrência de *B. oleae* no continente asiático, principalmente para as regiões sul da Ásia

341 Central, Ásia Ocidental e nas regiões da Ásia Meridional e Oriental, onde, respectivamente,
342 estão incluídos o Paquistão e a China, países com ocorrência de *B. oleae* e utilizados na
343 verificação do modelo. Apenas a Ásia Setentrional não apresentou as características
344 climáticas favoráveis ao desenvolvimento da espécie.

345 Na Oceania, as áreas com potencial climático ao desenvolvimento de *B. oleae* são a
346 Austrália e Nova Zelândia, onde a distribuição projetada da espécie ocupa mais da metade da
347 região, e na Melanésia, de forma descontínua ao longo de sua extensão.

348 Para o continente africano, região de origem de *B. oleae*, o potencial de distribuição da
349 espécie ocorre para toda a costa do Mediterrâneo, localizada na África Setentrional, para a
350 costa sul da África Ocidental, abrangendo principalmente os países da Serra Leoa, Libéria,
351 Costa do Marfim, Gana, Togo, Benin, e sudoeste da Nigéria. Na África Central, o potencial
352 para ocorrência ocorre principalmente em Camarões, República Centro Africana, norte e leste
353 do Congo e, metade sul da Angola. Para a África Oriental, a totalidade do território de
354 Burundi e Ruanda, grande parte de Uganda, Tanzânia, Zâmbia, Malawi, Zimbábue, Etiópia,
355 Cômoros, Reunião e Maurício, uma faixa central da Eritreia, uma faixa norte e sudeste da
356 Somália, metade sul do Quênia, sul e faixa oeste de Moçambique e, faixa leste de
357 Madagascar. Na África Meridional, em quase toda a região, exceto uma porção da região
358 central da costa do Atlântico da Namíbia.

359 No continente europeu, maior produtor de oliveiras, ocorre maior adequação ambiental
360 para a Europa Meridional, sendo que quase a totalidade da área de países como Portugal,
361 Espanha, Itália, Grécia, Albânia e Macedônia. Na Europa Ocidental, o país com maior
362 distribuição potencial foi a França, com exceção de sua faixa leste, na qual forma uma sub-
363 região, com o norte da Bélgica, a costa leste e centro-leste da Holanda e, com menor
364 adequabilidade ainda fazem parte pequenas regiões do oeste da Alemanha, uma faixa da Suíça
365 que faz fronteira com a Itália e, na Áustria, regiões que fazem fronteira com países ao sul e

366 leste. Na Europa Setentrional, apenas dois países possuem áreas de adequação potencial para
367 *B. oleae*, sendo Reino Unido e, região sudeste da costa sul da Irlanda. Na Europa Oriental, a
368 faixa sul e oeste da Romênia, oeste da Hungria e grande parte do território da Bulgária são
369 ambientalmente adequados. A parte europeia da Turquia também apresenta quase toda a área
370 com potencial de distribuição para *B. oleae*.

371 Na América do Norte, os Estados Unidos, no qual há 20 anos ocorreu introdução da
372 espécie, o potencial de distribuição observou-se na costa oeste, principalmente no sul, meio-
373 oeste e nordeste do país. Na América Central, o México possui as condições climáticas
374 adequadas, e apenas para El Salvador não foi prevista área adequada. No Caribe, houve
375 projeção de potencial de ocorrência ao longo de sua extensão, com exceção de algumas ilhas.
376 Na América do Sul, em toda a costa do Pacífico, com exceção do extremo sul da Argentina e,
377 em toda a costa do Atlântico, existem condições climáticas ao desenvolvimento da praga.
378 Todos os países da América do Sul apresentaram, mesmo que em pequena extensão, região
379 com adequabilidade ambiental a *B. oleae* e, os que apresentaram potencial para a totalidade de
380 seu território foram Uruguai, Paraguai, e Guiana Francesa.

381 No Brasil, existem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do inseto-
382 praga em toda a região Sul. Na região Sudeste *B. oleae* poderá se estabelecer no estado do
383 Espírito Santo, grande parte de São Paulo e Rio de Janeiro e, em Minas Gerais principalmente
384 na faixa leste. No Centro-Oeste do país, foram determinadas as áreas potenciais de presença
385 na metade sul do Mato Grosso do Sul, faixa oeste do Mato Grosso e, em Goiás,
386 principalmente na metade leste. No nordeste, o inseto-praga tem potencial para desenvolver-
387 se no Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. No norte, no estado do
388 Amapá, grande parte do estado do Pará, norte do Tocantins, região central de Rondônia,
389 algumas partes de Roraima e em poucos pontos no Amazonas e, não tem condições favoráveis
390 de desenvolver-se no Acre.

391 *Projeção com a aplicação do limiar maxSSS*

392 As projeções de potencial de adequabilidade ambiental, apresentadas pelo mapa com
393 valor do limiar maxSSS tiveram áreas bem mais restritas em todos os continentes em
394 comparação ao MTP, embora sejam consideradas ótimas para o estabelecimento de *B. oleae*.

395 No continente asiático, há condições para *B. oleae* se estabelecer na região da Ásia
396 Ocidental e em uma faixa restrita na costa do Mediterrâneo. Na Ásia Meridional incluem-se
397 Chipre, uma pequena faixa do Paquistão e da costa do mar Cáspio no Irã. Na Ásia Oriental,
398 apenas pequenas regiões no leste da China. Para a Oceania, a Austrália demonstra potencial
399 na região costeira da metade sul e a Nova Zelândia na faixa da costa leste.

400 No continente Africano, há potencial de adequabilidade para *B. oleae* na costa do
401 Mediterrâneo, abrangendo o Marrocos, Argélia, Tunísia e, em menor proporção na Líbia e
402 Egito. Para a África Oriental, uma faixa central da Eritreia e Etiópia, sudoeste do Quênia,
403 oeste da Ruanda e pequena extensão da Somália, Uganda, Burundi, Tanzânia, Malawi e
404 Zimbábue. Na África Meridional, uma pequena região do centro-norte da Namíbia, oeste de
405 Lesoto, costa sul e região no noroeste da África do Sul.

406 Para o continente Europeu, a região Meridional foi a que manteve o maior potencial de
407 adequabilidade ambiental, abrangendo grande área de Portugal, Espanha, Itália, Grécia, oeste
408 da Albânia, e a costa do Mediterrâneo na Croácia e Montenegro. Na Europa Ocidental, a
409 França manteve uma faixa ao sul. A parte europeia da Turquia manteve quase a totalidade do
410 território com potencial de distribuição de *B. oleae*.

411 Na América do Norte, os Estados Unidos apresentou potencial de distribuição na costa
412 da Califórnia e, em grande parte da região sul. Na América Central, o México apresentou uma
413 faixa central de norte a sul e, no Caribe, apenas uma pequena região no centro da República
414 Dominicana. Na América do Sul, a região da Cordilheira do Andes que percorre a Bolívia,
415 Peru, Equador, Colômbia e Venezuela, na região central do Chile, no nordeste da Argentina,

416 sul do Paraguai e Uruguai apresentaram potencial. No Brasil, o potencial para o
417 estabelecimento ocorre na região sul, na região sudeste em uma parte do sudeste de São
418 Paulo. No Nordeste, pequenas áreas da Bahia, Sergipe e Pernambuco.

419

420 **Distribuição potencial de *Bactrocera oleae* em condições climáticas futuras nos**
421 **diferentes cenários de emissão de gases de efeito estufa**

422 A expansão ou redução da área suscetível ao estabelecimento de *B. oleae* em cada um
423 dos cenários climáticos futuros, foi evidenciada comparando-se à projeção das camadas
424 bioclimáticas históricas. A variação da área de distribuição geográfica potencial de *B. oleae*
425 foi contabilizada por meio do número de quadrículas ocupadas após a aplicação dos limiares
426 adotados. O potencial de expansão ou redução da área de adequabilidade ambiental
427 expressou-se em porcentagem (Tabela 1).

428 Em todas as projeções realizadas para os diferentes cenários de mudanças climáticas
429 globais, comparada ao período base, observou-se a redução da distribuição potencial da praga
430 na África e América do Sul, independente do limiar utilizado (Material Suplementar 9A-H).
431 Este padrão é mais evidente no modelo CSIRO, cenário A1B projetado para o ano de 2050
432 (CSIRO 2050-A1B). Para a América do Norte e Europa, observa-se a expansão da
433 distribuição potencial.

434 Com a aplicação do limiar MTP, a África e a América do Sul apresentaram menor
435 redução de área no modelo MIROC-H 2030-A2, enquanto que para a América do Norte e a
436 Europa, esse foi o modelo com menores valores de expansão de área. Quando aplicado o
437 limiar maxSSS, não houve um padrão claro evidenciado, sendo os modelos em que se
438 observou a menor redução de área potencial de distribuição na África, o MIROC-H 2050-
439 A1B, e na América do Norte, o modelo CSIRO 2030-A1B. Na América do Sul e Europa, o
440 modelo MIROC-H 2030-A2 teve as menores alterações (Tabela 1, Fig. 4).

441 As tendências para alterações em cenários climáticos futuros são semelhantes, com
442 exceções para a América do Norte no modelo MIROC-H, em ambos os anos e cenários, e a
443 América do Sul no modelo MIROC-H, cenário A2, ano de 2030. Observa-se menor redução e
444 maior expansão na distribuição potencial de *B. oleae* nos cenários do modelo MIROC-H.

445 Como as tendências de expansão ou redução da distribuição potencial de *B. oleae* são
446 semelhantes entre os cenários futuros, decidiu-se, para facilitar a visualização, tomar como
447 exemplo o limiar MTP no cenário A2 do modelo MIROC-H, para os anos de 2030 e 2050. O
448 gráfico evidenciou que, para o ano de 2030, há tendência de redução de área para a praga na
449 África e na América do Sul e aumento de área na América do Norte e Europa, sendo essa
450 tendência ampliada para 2050 (Fig. 4).

451 Nos mapas de sobreposição, o cenário A1B do modelo CSIRO previsto para 2050, foi
452 o que mais evidenciou diminuição de área para a África e América do Sul. Ao contrário, o
453 cenário A1B do modelo MIROC-H, previsto para 2050, evidenciou aumento de área na
454 Europa e América do Norte (Figs. 5 e 6).

455

456 *Distribuição potencial de B. oleae com o limiar MTP*

457 Nos mapas gerados com a aplicação do limiar MTP, as maiores reduções de área de
458 adequabilidade ambiental de *B. oleae* na África, foram mais evidentes na metade sul do
459 continente. Na África Meridional, regiões do norte de Botswana e Namíbia; na África Central,
460 principalmente na República Centro Africana e metade sul da Angola na costa sul da África
461 Ocidental, regiões abrangendo principalmente os países da Serra Leoa, Libéria, Costa do
462 Marfim; para a África Oriental, Tanzânia, Zâmbia, Malawi, Somália, Moçambique e de
463 Madagascar. E por fim, na África Setentrional, observada redução da área ambientalmente
464 adequada para a espécie na costa do Mediterrâneo, principalmente nos países da Líbia e Egito.

465 Na América do Sul, a redução das áreas favoráveis à distribuição potencial de *B. oleae*
466 ocorreram no centro e norte do continente, sendo mais evidentes na Colômbia e Venezuela e
467 na a fronteira entre a Bolívia e o Paraguai. No Brasil, as áreas que tiveram redução da área de
468 distribuição potencial do inseto-praga foram, a região Sudeste, no estado do Espírito Santo,
469 norte de São Paulo, oeste do Rio de Janeiro e Minas Gerais. No Centro-Oeste do país, os
470 estados do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás não apresentariam áreas com adequação
471 ambiental. Na região Nordeste, o oeste de Pernambuco, noroeste da Paraíba, Rio Grande do
472 Norte, Piauí e Maranhão, apresentariam poucas áreas adequadas ao estabelecimento de *B.*
473 *oleae*. No Norte, no estado do Pará ocorreria uma grande redução de área; no Amapá a
474 redução se restringiria às regiões sul e leste e, em Rondônia, praticamente não haveria área
475 adequada para a distribuição da espécie.

476 Para os continentes do hemisfério norte, de maneira geral, foi constatado aumento de
477 área favorável à distribuição potencial de *B. oleae*. Na Europa, a expansão é prevista na
478 direção norte do continente, alcançando as maiores latitudes no norte do Reino Unido,
479 Dinamarca e uma pequena faixa do sul da Suécia, os dois últimos países não apresentavam
480 área com condições favoráveis ao desenvolvimento do inseto-praga, situação que muda com
481 as mudanças climáticas, passando a ter área favorável. Os países com maior aumento de área
482 de adequabilidade são Irlanda, da Europa Setentrional, Holanda, Alemanha e Suíça, da região
483 Ocidental e, Hungria, Eslováquia e Romênia, da região Oriental. A República Checa
484 apresentou pequenas áreas de adequação, porém merece destaque, pois apenas com dados de
485 cenários futuros apresentou potencial de adequação ambiental para a espécie. Para a América
486 do Norte, os Estados Unidos tem a maior expansão potencial para a distribuição de *B. oleae*,
487 principalmente na metade oeste do país.

488 Em contraposição, foi observado no modelo de cenário futuro mais conservador para a
489 América do Sul (MIROC-H 2030-A2), uma área de expansão na parte do norte do Brasil,
490 apesar de prevalecerem regiões de redução de potencial de adequação da espécie (Fig. 5).

491

492 *Distribuição potencial de B. oleae com limiar maxSSS*

493 Nos mapas de distribuição potencial gerados aplicando o limiar maxSSS, as maiores
494 diminuições de área para adequabilidade ambiental de *B. oleae* na África, se dão na região do
495 Mediterrâneo - Marrocos, oeste da Líbia, países da África Oriental, nordeste da África do Sul
496 e Egito, onde não haveriam regiões ambientalmente adequadas para o estabelecimento da
497 espécie. No continente americano, houve projeção de redução de áreas na América do Sul,
498 com destaque para o norte da Argentina, sul do Paraguai, região Sul do Brasil e Peru (Fig. 6).

499 Na Europa, foi prevista expansão de áreas potenciais para distribuição de *B. oleae* no
500 norte do continente, assim como constatado nos mapas com valor do limiar MTP. Os países
501 com maiores ampliações de área seriam os da região Meridional, entre os quais a Macedônia,
502 norte da Grécia e da Espanha.

503 Para a América do Norte, os Estados Unidos teriam uma grande faixa expandida na
504 direção norte a partir da região Sul. No México, foi prevista expansão na costa oeste e, no
505 Caribe, expansão na região central da República Dominicana.

506 Em comparação, se observarmos o modelo de cenário futuro mais conservador para a
507 África (MIROC-H 2050-A1B), prevaleceria diminuição da área, porém para uma faixa do
508 centro-leste da África do Sul, projetou-se aumento de área (Material Suplementar 9-B).

509 Na figura 6, é apresentado o contraste entre os modelos de cenário climático futuro
510 que produziram as maiores variações nas regiões de redução ou de expansão de área favorável
511 à ocorrência do inseto-praga. Os modelos com cenários futuros A1B, que são baseados em
512 conceitos mais liberais a respeito de mudanças socioeconômicas, geraram maiores alterações

513 nas áreas de adequação ambiental de *B. oleae*. Enquanto o modelo A2, que é mais
514 conservador, produziu menores diferenças entre os mapas de dados históricos e os de cenário
515 futuro. Os percentuais de diferença entre as maiores e menores alterações de área são de 16%
516 para África; 23,2% para América do Sul; 3,6% para América do Norte e 9,9% para Europa
517 (Tabela 1).

518

519 **Variáveis ambientais determinantes da distribuição de *B. oleae***

520 As variáveis ambientais que mais contribuíram para a construção do modelo de
521 distribuição potencial de *B. oleae* foram temperatura média do trimestre mais frio (Bio11)
522 (30,1%), radiação solar do trimestre mais úmido (Bio24) (28,3%), índice médio de umidade
523 do trimestre mais frio (Bio35) (8,1%), radiação solar semanal mais baixa (Bio22) (6,8%), e
524 temperatura média do trimestre mais quente (Bio10) (5,8%). As curvas de resposta das
525 principais variáveis preditoras do modelo de distribuição de *B. oleae* (Fig. 7) indicam que a
526 probabilidade de ocorrência desta espécie é determinada principalmente pela média de
527 temperatura do trimestre mais frio e radiação solar do trimestre mais úmido. Essas duas
528 variáveis tiveram 58,4% de contribuição. Ao incluir as outras três, passamos a ter 79,1% de
529 estimativas de contribuições relativas das variáveis ambientais para o modelo.

530 A adequabilidade ambiental de *B. oleae* aumenta em áreas com temperatura do
531 trimestre mais frio entre 5,0 e 12,5°C e temperatura média do trimestre mais quente entre 20 e
532 25°C; em relação à radiação solar, nos trimestres mais úmidos e nas semanas de menor
533 incidência, a adequabilidade é maior entre 50 e 100 Wm⁻²; e em relação à média da umidade
534 no trimestre mais frio, nos valores entre 1,0 a 1,25 g/Kg observam-se os maiores valores de
535 adequabilidade ambiental.

536 **Discussão**

537 Os registros de presença em diferentes latitudes e altitudes corroboram as conclusões
538 de Economopoulos et al. (1978), os quais concluíram que *B. oleae* possui um potencial inato
539 para dispersão à longa distância. Além disso, os dados levantados têm registros nas zonas
540 tropical e temperadas do globo, principalmente a temperada do norte, em climas temperados
541 Subtropical úmido e Mediterrâneo, uma vez que a maioria dos registros concentra-se na
542 região da Bacia do Mediterrâneo, onde atualmente há maior produção de oliveiras.

543 No período de 2006 a 2016, a oliveira foi cultivada em 40 países, distribuídos em
544 todos os continentes, nos quais, 64,5% da produção está na Europa, 17,1% na África, 15,6%
545 na Ásia, 2,4% na América e apenas 0,4% na Oceania (FAO, 2018).

546 Apesar da maioria dos registros de ocorrência se referir às regiões nativas de *B. oleae*
547 e/ou produtoras de oliveira, é possível que a espécie esteja presente em outras áreas, pois
548 podem ser regiões com poucos ou sem estudos sobre a mesma e, por existirem outras espécies
549 de plantas hospedeiras do gênero *Oleae* utilizadas, com fim ornamental ou, cultivadas em
550 quintais. Contudo, por meio das referências utilizadas, não foram obtidos registros de
551 ocorrência de *B. oleae* nos países produtores de oliveira da América do Sul (Argentina, Brasil,
552 Chile, Peru e Uruguai) e Oceania (Austrália), mas como as projeções realizadas apontam
553 áreas ambientalmente adequadas para o estabelecimento da espécie, esses países possuem
554 risco de invasão da praga.

555 De Meyer et al. (2010) utilizaram apenas registros das áreas nativas das espécies para
556 desenvolver seus modelos e posteriormente projetar na região de interesse. Diferente disso,
557 para complementar os dados de ocorrência de regiões de origem da praga, foi decidido utilizar
558 na modelagem, registros de locais em que a espécie está estabelecida há muitos anos, como a
559 Bacia do Mediterrâneo, com dados de registro de mais de um século e, mesmo assim, os
560 modelos apresentaram projeções confiáveis.

561 Embora as variáveis bioclimáticas sejam utilizadas para caracterizar os locais de
562 adequação ambiental de *B. oleae*, outras variáveis ambientais importantes, como propriedades
563 e cobertura do solo e, intervenções de manejo agrícola (por exemplo, uso de pesticidas ou
564 fertilizantes) podem influenciar a distribuição de espécies (Biber-Freudenberger, Ziemacki,
565 Tonnang, & Borgemeister, 2016).

566 As variáveis que mais contribuíram para determinar o potencial de distribuição de *B.*
567 *oleae* foram relacionadas com temperatura, ou seja, temperatura (°C) média do trimestre mais
568 quente (Bio10) e a temperatura (°C) média do trimestre mais frio (Bio11). Há
569 consideravelmente menos variações na resistência de um inseto a temperaturas letais
570 superiores do que a temperaturas letais mais baixas e, portanto, a alta temperatura é
571 frequentemente um fator importante na determinação da distribuição geográfica e abundância
572 de insetos (Bowler e Terblanche 2008). O desenvolvimento larval da mosca-da-azeitona é
573 largamente dependente da temperatura (Genç & Nation, 2008). O verão quente e seco reduz o
574 desenvolvimento larval de *B. oleae*, porém não afeta a reprodução (Tzanakakis 2003) e,
575 durante os meses de inverno permanecem como pupas (Kapatos & Fletcher, 1984). Em
576 experimentos laboratoriais, com temperatura controlada, foi determinado que o limiar inferior
577 de temperatura no desenvolvimento das larvas da mosca-da-azeitona variou de 6,0 a 12,5°C,
578 enquanto que o limiar de temperatura superior variou de 26 a 32°C (Fletcher, 1987; Tsitsipis,
579 1980). Tais valores são condizentes com as respostas de *B. oleae* às variáveis de temperatura
580 (°C) média do trimestre mais frio (Bio11) e temperatura (°C) média do trimestre mais quente
581 (Bio10), muito influentes no modelo gerado, que ficaram entre 5,0 e 12,5°C e 20 e 25°C,
582 respectivamente.

583 Stephens et al. (2016) apontam que, com as alterações climáticas, as espécies tendem a
584 se mover para maiores latitudes. Essa tendência foi confirmada nas projeções para *B. oleae*.
585 Ainda, temperaturas crescentes e mudanças nos regimes de precipitação provavelmente

586 melhorarão simultaneamente a adequação de uma região para algumas espécies, enquanto
587 diminuem para outras. Projeções para 2050 mostram que *B. musae* (Tryon) e *B.*
588 *zonata* (Saunders, 1841) permaneceriam, respectivamente, nas regiões tropical e temperada,
589 enquanto *B. correcta* (Bezzi) se deslocaria à região tropical e *B. tryoni* (Froggatt) à região
590 temperada (Stephens et al., 2016).

591 As variáveis climáticas que também foram determinantes para a modelagem, incluem
592 radiação solar semanal mais baixa (Bio22) e do trimestre mais úmido (Bio24), e são
593 condizentes com estudos de Tzanakakis (2003), que observou a mosca-da-azeitona como uma
594 espécie de "dia curto" no sul da Europa e no Oriente Médio, devido à falta de maturação
595 ovariana no final da primavera e início da metade do verão, quando os dias são longos, bem
596 como de Baratella et al. (2017), os quais observaram colônias de laboratório com acesso à
597 azeitona e, essas apresentaram resposta de combinação ótima dos parâmetros climáticos com
598 fotoperíodo 8:16 LD e temperatura 16°C. Em relação à umidade, *B. oleae* que utiliza
599 hospedeiro os quais frutificam em áreas mais secas ou durante a temporada seca em áreas
600 tropicais, desenvolveram mecanismos que os tornam mais resistentes à dessecação (Fletcher,
601 1987).

602 Outra questão importante a ser enfatizada é que o potencial de distribuição modelado
603 não considerou interações biológicas e disponibilidade da cultura hospedeira para o
604 desenvolvimento de *B. oleae*, portanto, as áreas com potencial de distribuição geográfica
605 foram abordadas de uma maneira geral e, quando houver interesse em uma determinada
606 região, é recomendada a realização de estudos locais. Em igual forma, é interessante obter
607 dados regionalizados para saber se há potencial de aumento ou diminuição da distribuição em
608 países onde a praga está presente.

609 Biber-Freudenberger et al. (2016), apresentaram resultados nos quais a distribuição
610 potencial da espécie depende fortemente da escolha de um limiar de adequação de habitat, ou

611 seja, enquanto para uma determinada área, sob um nível mais restritivo de limiar (maxSSS), a
612 espécie pode não ser prevista, porém, pode apresentar potencial de presença sob um nível de
613 limiar mais permissivo (MTP). O uso de níveis variáveis de limiar pode ser traduzido em
614 níveis de risco de invasão de pragas. Assim, o MTP pode ser um melhor indicador, pois não
615 possui uma taxa de omissão alta, e se tratando de espécies invasoras, por precaução, é
616 preferível apresentar um potencial de presença superestimado.

617 O limiar MPT diminui o erro de omissão (inferência errônea que uma espécie não
618 ocorre em determinado local e que poderia ocorrer), assim, pode aumentar a área de potencial
619 de abrangência de distribuição da espécie. Ao mesmo tempo pode errar mais por comissão.
620 Por outro lado, o limiar maxSSS erra mais por omissão, portanto, é mais conservador em
621 relação à predição de distribuição, principalmente em projeções de cenário futuro e áreas onde
622 a espécie não ocorre. Contudo, foi verificado que esse limiar é válido para utilização em
623 modelos gerados somente com dados de presença, nos quais são utilizados pontos aleatórios
624 no lugar de verdadeiras ausências. Assim, a sensibilidade é a proporção de presenças
625 corretamente previstas, e a especificidade é a proporção de ausências corretamente previstas
626 (Liu, White, & Newell, 2013). Embora a utilização de limiares possa causar perda de
627 informação (Guillera-Arroita et al., 2015), ainda é o único meio para resolução de alguns
628 problemas, especialmente aqueles que envolvem a estimativa de abrangência da distribuição
629 das espécies (Syfert et al., 2014). Portanto, a eficácia da abordagem baseada em limiares
630 depende fortemente da precisão dos modelos, que deve possuir valores de AUC de pelo
631 menos 0,9 (Liu, Newell, & White, 2016), critério atendido no presente estudo.

632 Para todos os países produtores de oliveira conforme os dados da FAO de 2006 a 2016
633 (FAO, 2018), inclusive para os quais não se obtiveram registros de presença de *B. oleae*, as
634 projeções baseadas nos dados históricos indicaram adequação ambiental para a praga.

635 Na Ásia, a Turquia e a Síria são grandes produtores de oliva, sendo que muitos dos
636 pontos de ocorrência utilizados no modelo estão localizados na Turquia. A distribuição
637 potencial da espécie prevê ocorrência na Síria, mesmo não havendo pontos de ocorrência na
638 modelagem, pois não foram obtidas localidades precisas. Porém, nos bancos de dados da
639 *European and Mediterranean Plant Protection Organization* – EPPO (<https://gd.eppo.int/>) e
640 do *Centre for Agriculture and Biosciences International* - CABI
641 (<https://www.cabdirect.org/cabdirect>) são apontados registros de ocorrência nesse país. Já
642 para outros países produtores onde a praga não foi registrada e cuja distribuição potencial de
643 *B. oleae* abrangeu seus territórios, como Afeganistão (MTP e maxSSS), Uzbequistão (MTP),
644 Azerbaijão (MTP e maxSSS), Iraque (MTP) e Kuwait (MTP), pode-se considerar que há risco
645 de invasão de *B. oleae*.

646 Na Oceania *B. oleae* está ausente e, sendo a Austrália produtora de olivas, caso ocorra
647 introdução da praga, há grande possibilidade da mesma se estabelecer, uma vez que a
648 distribuição potencial da espécie abrangeu seu território com ambos os limiares, referenciando
649 áreas adequadas para o estabelecimento da espécie.

650 Na África, *B. oleae* apresentou distribuição potencial em todos os países produtores. A
651 Líbia, um país produtor, não teve nenhum ponto de ocorrência georreferenciado, porém há
652 informação de ocorrência da espécie nos sites da *EPPO* e do *CABI*.

653 *Bactrocera oleae* apresentou distribuição potencial abrangendo todos os países
654 produtores da Europa, sendo que quatro deles não possuíam pontos de ocorrência incluídos na
655 modelagem. Desses países, Eslovênia e Malta possuem registro de presença de *B. oleae* nos
656 sites da *EPPO* e do *CABI*, e na Bósnia e Macedônia não existem registros de ocorrência. No
657 entanto, não se pode afirmar que a praga esteja ausente, uma vez que ocorre naturalmente na
658 Bacia do Mediterrâneo, segundo Godefroid et al. (2015).

659 Na América Central, El Salvador é país produtor sem registro de ocorrência da praga,
660 e não tem potencial de risco de invasão pela modelagem com os dados históricos tampouco
661 nas projeções em cenários de mudança climática futura. Ao contrário, na América do Norte,
662 Estados Unidos e México apresentam grandes áreas com ambientes potencialmente
663 adequados ao estabelecimento de *B. oleae*. Nos Estados Unidos, os locais de cultivos de
664 oliveira estão dentro da área de distribuição potencial da espécie (WREGGE, COUTINHO,
665 PANTANO, & JORGE, 2015) e no México coincide com as regiões produtoras, entretanto,
666 no sul da Baja California, estado com maior superfície de cultivo (4600 ha) (Caballero, 2013),
667 não há potencial de adequação se utilizado o limiar maxSSS.

668 Na América do Sul não foi obtido registro de ponto de ocorrência. No entanto, há
669 áreas com ambientes adequados para estabelecimento da praga caso haja invasão. No Brasil, a
670 distribuição potencial da espécie, com o limiar MTP, corresponde às regiões produtoras dos
671 estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Minas Gerais e, quando aplicado o
672 limiar maxSSS, abrange somente o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e uma pequena
673 área no sudeste de São Paulo. Cabe salientar que a produção de oliveira no Brasil está
674 concentrada nestes estados e atualmente abrange uma área de cinco mil hectares, com
675 estimativa de aumento para 20 mil hectares até 2030. No Uruguai, a distribuição potencial
676 com o limiar maxSSS abrange área de todo o país, que tem produção de oliveira em diferentes
677 regiões (Caballero, 2013). Na Argentina, a distribuição potencial de *B. oleae* com o limiar
678 MTP abrange todas as regiões do país e, aplicando maxSSS, abrange a região do Pampa e
679 Mesopotâmia, na qual existe a cultura de oliveira (Caballero, 2013). No Chile, as regiões
680 produtoras são abrangidas quando aplicado o limiar MTP, sendo que com o limiar maxSSS, a
681 distribuição potencial abrange as regiões de Malue, O'Higgins, Metropolitana e Valparaíso.
682 Porém, as regiões produtoras do norte do Chile, como Tarapacá, Atacama e Arica (principal

683 região produtora do país), não apresentam potencial ótimo para o estabelecimento de *B. oleae*
684 (Caballero, 2013).

685 As projeções das áreas de adequabilidade ambiental em cenários futuros apresentam
686 regiões nas quais a praga tem potencial de expansão ou redução de distribuição potencial, mas
687 deve ser levado em consideração que *B. oleae* é dependente de plantas do gênero *Olea*. O
688 potencial pode existir naquelas condições ambientais, porém, as condições bióticas, como
689 recurso alimentar e interações com outros organismos, devem ser estudadas de forma
690 regionalizada.

691 As projeções apresentaram tendências semelhantes, e por isso a discussão foi baseada
692 nos cenários que mais evidenciaram as mudanças entre as projeções em dados históricos e as
693 de cenário futuro, sendo para a África e América do Sul o modelo CSIRO-2050-A1B e para
694 América do Norte, MIROC-H-2050-A1B.

695 A1B é um modelo menos rigoroso para mudanças socioeconômicas e tecnológicas,
696 portanto, apresentou maiores alterações nas áreas de adequabilidade ambiental de *B. oleae*. Os
697 modelos têm limitações significativas, no entanto, ao longo de décadas de desenvolvimento,
698 tem apresentado consistente e inequívoco panorama do aquecimento climático significativo
699 em resposta ao aumento dos gases de efeito estufa. Desde 2000, as emissões de dióxido de
700 carbono, devido ao uso de combustíveis fósseis, são consistentes com os cenários mais
701 extremos dos SRES (Manning, Edmonds, Emori et al., 2010). Todavia, os registros dos
702 conjuntos de dados históricos são dos anos de 1961 a 1990, assim, existe a necessidade de se
703 atualizar as informações climatológicas globais para apoiar pesquisas operacionais e
704 científicas tanto à biossegurança como para estudos de biodiversidade (Kriticos et al., 2012).

705 De acordo com as projeções de cenários climáticos futuros, existe potencial de
706 expansão de área para os países que atualmente registram a ocorrência da mosca-da-azeitona
707 (América do Norte e Europa), nos quais o deslocamento da área de ocorrência foi previsto em

708 direção ao norte do hemisfério (áreas atualmente mais frias e que, de acordo com os cenários
709 futuros, possuirão as temperaturas mais adequadas ao desenvolvimento da espécie). Na África
710 (local de origem da praga) e América do Sul (onde não é registrada sua ocorrência) houve
711 redução da área, quando comparadas às projeções sobre os dados históricos.

712 Nas projeções de cenários climáticos futuro para a África ocorre menor faixa de
713 adequação, que ficaria restrita ao norte da zona costeira do mar Mediterrâneo, assim como
714 haveria diminuição de área na zona tropical do continente, região quente com maior
715 incidência solar. De acordo com o limiar MTP, todos os países produtores manteriam uma
716 faixa de adequação ambiental, e com maxSSS haveria exceção do Egito, que não possuiria
717 área de adequação.

718 Esses dados estão de acordo com Gutierrez et al. (2009), os quais apontam que na
719 Itália é esperado aumento na região de cultivo de oliveiras para áreas frias, atualmente
720 desfavoráveis e, em maiores altitudes nos Montes Apeninos, no centro da Itália; no Vale do
721 Pó, no norte e, esperado que o aquecimento global aumente o alcance da mosca-da-azeitona
722 para o norte em toda a Itália. Ponti et al. (2009), afirma que o alcance de *B. oleae*, na Ilha de
723 Sardenha, estender-se-á a áreas frias anteriormente desfavoráveis, e contrairá em planícies
724 interiores quentes, onde as temperaturas se aproximam de seu limite térmico superior.
725 Consequentemente, é previsto que, em áreas atualmente de alto risco, haja diminuição do
726 risco de danos causados por moscas devido ao aquecimento global.

727 Na América Central, El Salvador continuaria sem potencial de adequação ambiental de
728 *B. oleae*, e há projeção de expansão para os Estados Unidos, América do Norte, e México, em
729 zonas onde, atualmente, são mais frias e com menor radiação solar. No estudo de Gutierrez et
730 al. (2009), para regiões entre Arizona e Califórnia, houve projeção de diminuição de áreas
731 favoráveis ao desenvolvimento de oliveiras nas áreas desérticas do sul e a expansão para o
732 norte e ao longo das áreas costeiras e, devido a atual limitação de ocorrência da mosca pela

733 alta temperatura, na parte sul e pelo clima frio em áreas do norte, é esperado que o
734 aquecimento global aumentasse o alcance da mosca-da-azeitona para o norte e nas áreas
735 costeiras, mas diminua nas áreas do sul.

736 Na América do Sul, o potencial de estabelecimento projetado em cenários futuros
737 abrange uma região menor do que o baseado em dados climatológicos históricos. A
738 adequação ambiental em cenários futuros diminuiria na zona tropical úmida, e de acordo com
739 a distribuição potencial com aplicação do limiar maxSSS, o potencial de estabelecimento se
740 daria principalmente na zona temperada, diminuindo no sul do Brasil, norte da Argentina e
741 mantendo-se nas regiões produtoras do Pampa.

742 No entanto, condições climáticas diferentes das atuais e a introdução de espécies a
743 novas configurações biogeográficas desafiam a capacidade de prever os impactos, pois existe
744 pouca informação para antecipar como as espécies se comportarão em novos ambientes.
745 Também, áreas de cultivo de oliveiras que atualmente não estão em uso ou são menos
746 produtivas, podem ter seu cenário alterado e, como as espécies de pragas são altamente
747 dependentes de suas espécies hospedeiras e da produção agrícola, é provável que isso afete a
748 distribuição de espécies de maneira significativa (Biber-Freudenberger et al., 2016).

749 O sucesso de um processo de invasão pode depender da identidade intraespecífica dos
750 insetos introduzidos, no entanto, análises de risco de pragas são geralmente realizadas sem
751 considerar a diversidade intraespecífica. Linhagens de *B. oleae* mostraram distribuições
752 modeladas similares, mas não idênticas, sugerindo que a resolução taxonômica pode ser
753 considerada nas análises de risco de pragas à distribuição de condições adequadas para *B.*
754 *oleae* (Godefroid et al., 2015). Este método pode ser utilizado em estudos de zonas mais
755 específicas e, por meio de coletas no campo, identificar qual a linhagem ocorre no local. A
756 projeção de modelos para outra região é baseada no pressuposto de que as espécies invasoras

757 conservam seu nicho ecológico nas regiões invadidas, no entanto, as espécies podem mudar
758 seu nicho ecológico realizado durante a invasão (Broennimann et al., 2007).

759 Assim, como muitas espécies invadiram novas regiões onde causam grandes perdas
760 econômicas a cultivos anuais e perenes (Duyck, David, & Quilici, 2004), a mosca-da-azeitona
761 demonstrou rápida expansão para fora da área inicial de detecção em torno da área invadida
762 nos Estados Unidos (Mcinnis et al., 2017). Portanto, fica evidente que as informações geradas
763 nos SDMs são úteis para prevenir a introdução de espécies exóticas e para o desenvolvimento
764 de estratégias de gerenciamento de riscos que minimizem os prejuízos (Godefroid et al.,
765 2015).

766 Contudo, há incerteza em relação aos cenários bioclimáticos futuros, pois é impossível
767 afirmar o quanto as futuras emissões de gases de efeito estufa, a sensibilidade da temperatura
768 média global e a resposta das condições climáticas locais ao aquecimento global serão
769 condizentes com as projeções (Kriticos et al., 2012). Além disso, a incidência de pragas está
770 diretamente relacionada à interação à planta hospedeira, presença de outros insetos, inimigos
771 naturais e condições ambientais. Por isso, com alteração no cenário climático, essas interações
772 podem sofrer alterações impossíveis de serem previstas no momento.

773 Os aumentos significativos na distribuição potencial de *B. oleae*, projetados nos
774 cenários de mudanças climáticas considerados neste estudo, sugerem que as autoridades de
775 biossegurança devam considerar os efeitos das mudanças climáticas ao realizar avaliações de
776 risco de pragas. Para evitar a introdução e dispersão de *B. oleae*, medidas de quarentena e
777 monitoramento podem ser desenvolvidas e implementadas em regiões com potencial de
778 invasão. Por meio do monitoramento, *B. oleae* foi detectada pela primeira vez em armadilhas
779 de pesquisa em 1998 no condado de Los Angeles (Califórnia, Estados Unidos), e sua rápida
780 expansão foi evidente com base em detecções com auxílio deste método (Mcinnis et al.,
781 2017). É amplamente aceito que a prevenção de invasões tem melhor custo-benefício do que

782 erradicar ou controlar as espécies invasoras, uma vez estabelecidas em uma região (Rüdiger
783 Wittenberg & Cock, 2001).

784 Assim, estudos mais detalhados para avaliar os impactos potenciais em escalas
785 espaciais e temporais mais regionalizados, análises de mapeamento de potencial de
786 adequabilidade sazonal para melhor programação de estratégias de controle, dinâmicas de
787 sazonalidade na região de interesse, são fundamentais para o entendimento e previsão de
788 quando e onde a praga poderá se estabelecer (Evangelista, Kumar, Stohlgren, & Young, 2011;
789 Szyniszewska e Tatem 2014). Há importância de desenvolvimento de pesquisas sobre
790 quarentena e biossegurança nos países onde a praga é ausente, para verificar quais seriam
791 possíveis métodos de controle adequados, como parasitoides, micro-organismos
792 entomopatogênicos, cultivares menos suscetíveis ao ataque da praga, e esses, integrados a
793 tomada de decisão quanto ao manejo do solo.

794 As informações geradas podem servir para ajudar a criar sistemas de alerta de pragas,
795 conscientizar os órgãos vinculados à fiscalização, os formuladores de políticas públicas, os
796 agentes responsáveis pelas agências de vigilância de biossegurança e os órgãos de extensão
797 rural e os produtores rurais na elaboração de estratégias de gestão dos riscos, no subsídio à
798 adoção de medidas de mitigação aos impactos das mudanças climáticas, com propósito de
799 reduzir os prejuízos à olivicultura.

800 Nas projeções de adequação ambiental de *B. oleae* em cenários de clima futuro,
801 constatou-se o potencial de expansão da espécie nas regiões produtoras de oliveira da
802 América do Norte e Europa, para regiões ao norte, em latitudes com zonas climáticas
803 atualmente mais frias; na África, devido a atual região produtora estar no norte do continente,
804 a área ocupada seria reduzida e, o potencial de estabelecimento em regiões produtoras da
805 Oceania e América do Sul, nas quais atualmente *B. oleae* está ausente.

806

807 **Agradecimentos**

808 A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão
809 da bolsa de doutoramento.

810

811 **Referências**

812 Baratella, V., Pucci, C., Paparatti, B., & Speranza, S. (2017). Response of *Bactrocera oleae* to
813 different photoperiods and temperatures using a novel method for continuous laboratory
814 rearing. *Biological Control*, 110(April), 79–88.

815 <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.04.010>

816 Bekker, G. F. H. v. G., Addison, M. F., & Addison, P. (2017). Comparison of two trap types
817 for monitoring *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae) in commercial Olive
818 Groves of the Western Cape Province, South Africa. *African Entomology*, 25(1), 98–107.

819 <https://doi.org/10.4001/003.025.0098>

820 Biber-Freudenberger, L., Ziemacki, J., Tonnang, H. E. Z., & Borgemeister, C. (2016). Future
821 risks of pest species under changing climatic conditions. *PLoS ONE*, 11(4), e0153237.

822 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153237>

823 Broennimann, O., Treier, U. A., Müller-Schärer, H., Thuiller, W., Peterson, A. T., & Guisan,
824 A. (2007). Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology Letters*,

825 10(8), 701–709. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01060.x>

826 Caballero J.M. (2013) La olivicultura em Iberoamérica. In: Grompone MA, Villamil, J (eds)
827 Aceites de oliva: de la planta al consumidor, 1rd edn. INIA (Instituto Nacional de
828 Investigación Agropecuária) y Editorial Agropecuária Hemisfério Sur, Buenos Aires, pp
829 15-35

830 Cheyppé-Buchmann, S., Bon, M.-C., Warot, S., Jones, W., Malausa, T., Fauvergue, X., &
831 Ris, N. (2011). Molecular characterization of *Psytalia lounsburyi*, a candidate biocontrol

832 agent of the olive fruit fly, and its *Wolbachia* symbionts as a pre-requisite for future
833 intraspecific hybridization. *BioControl*, 56(5), 713–724. [https://doi.org/10.1007/s10526-](https://doi.org/10.1007/s10526-011-9346-x)

834 [011-9346-x](https://doi.org/10.1007/s10526-011-9346-x)

835 Copeland, R. S., White, I. M., Okumu, M., Machera, P., & Wharton, R. A. (2004). Insects

836 Associated with fruits of the Oleaceae (Asteridae, Lamiales) in Kenya, with Special

837 Reference to the Tephritidae (Diptera). *Bishop Museum Bulletin in Entomology*, 12, 135–

838 164.

- 839 Daane, K. M., & Johnson, M. W. (2010). Olive Fruit Fly: Managing an Ancient Pest in
840 Modern Times. *Annual Review of Entomology*, 55(1), 151–169.
841 <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090553>
- 842 de Meyer M., Heughebaert A. (2014a). Royal Museum of Central Africa - True fruit flies
843 (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical region (ENBI wp13).
844 <https://www.gbif.org/occurrence/142741771>. Acesso 23 Fev 2018
- 845 de Meyer M., Heughebaert A. (2014b). Royal Museum of Central Africa - True fruit flies
846 (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical region (ENBI wp13).
847 <https://www.gbif.org/occurrence/142741783>. Acesso 05 Mar 2018
- 848 de Meyer, M., Robertson, M. P., Mansell, M. W., Ekesi, S., Tsuruta, K., Mwaiko, W., ...
849 Peterson, A. T. (2010). Ecological niche and potential geographic distribution of the
850 invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera, Tephritidae). *Bulletin of Entomological*
851 *Research*, 100, 35–48. <https://doi.org/10.1017/S0007485309006713>
- 852 Duyck, P. F., David, P., & Quilici, S. (2004). A review of relationships between interspecific
853 competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecological Entomology*,
854 29(5), 511–520. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2004.00638.x>
- 855 Economopoulos, A. P., Haniotakis, G. E., Mathioudis, J., Missis, N., & Kinigakis, P. (1978).
856 Long-distance flight of wild and artificially-reared *Dacus oleae* (Gmelin) (Diptera,
857 Tephritidae). *Zeitschrift Für Angewandte Entomologie*, 87, 101–108.
858 <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1978.tb02430.x>
- 859 Elith, J., Kearney, M., & Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species.
860 *Methods in Ecology and Evolution*, 1(4), 330–342. [https://doi.org/10.1111/j.2041-](https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00036.x)
861 [210X.2010.00036.x](https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00036.x)
- 862 Evangelista, P. H., Kumar, S., Stohlgren, T. J., & Young, N. E. (2011). Assessing forest
863 vulnerability and the potential distribution of pine beetles under current and future
864 climate scenarios in the Interior West of the US. *Forest Ecology and Management*,
865 262(3), 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.036>
- 866 FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018) FAOstat.
867 <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso 25 abr 2018
- 868 Fletcher, B. S. (1987). The Biology of Dacine Fruit Flies. *Annual Review of Entomology*, 32,
869 115–144. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.32.010187.000555>
- 870 Fletcher, B. S., & Kapatós, E. (1981). Dispersal of the olive fly, *dacus oleae*, during the
871 summer period on corfu. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 29(1), 1–8.
872 <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1981.tb03036.x>

- 873 Genç, H., & Nation, J. L. (2008). Survival and development of *Bactrocera oleae* Gmelin
874 (Diptera:Tephritidae) immature stages at four temperatures in the laboratory. *African*
875 *Journal of Biotechnology*, 7(14), 2495–2500. <https://doi.org/10.5897/AJB08.395>
- 876 Giannini, T. C., Siqueira, M. F., Acosta, A. L., Barreto, F. C. C., Saraiva, A. M., & Alves-
877 dos-Santos, I. (2012). Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de
878 espécies. *Rodriguésia*, 63(3), 733–749. [https://doi.org/10.1590/S2175-](https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000300017)
879 [78602012000300017](https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000300017)
- 880 Godefroid, M., Cruaud, A., Rossi, J.-P., & Rasplus, J.-Y. (2015). Assessing the risk of
881 invasion by Tephritid Fruit Flies: Intraspecific divergence matters. *PLOS ONE*, 10(8),
882 e0135209. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135209>
- 883 Guillera-Aroita, G., Lahoz-Monfort, J. J., Elith, J., Gordon, A., Kujala, H., Lentini, P. E., ...
884 Wintle, B. A. (2015). Is my species distribution model fit for purpose? Matching data
885 and models to applications. *Global Ecology and Biogeography*, 24(3), 276–292.
886 <https://doi.org/10.1111/geb.12268>
- 887 Gutierrez, A. P., Ponti, L., & Cossu, Q. A. (2009). Effects of climate warming on Olive and
888 olive fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) in California and Italy. *Climatic Change*, 95(1–2),
889 195–217. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9528-4>
- 890 Gutierrez, A. P., Ponti, L., & Gilioli, G. (2010). Climate change effects on plant-pest-natural
891 enemy interactions. In D. Hillel & C. Rosenzweig (Eds.), *Handbook of Climate Change*
892 *and Agroecosystems: Impacts, Adaptation, and Mitigation*. (pp. 209–237). London, UK:
893 Imperial College Press. <https://doi.org/10.5860/CHOICE.48-6912>
- 894 Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. (2001) PAST: Paleontological statistics software
895 package for education and data analysis. *Palaeontol Electron* 4:1–9
- 896 IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) Climate change 2001: The
897 scientific basis. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Acesso 06 Mar 2018
- 898 Kapatos, E. T., & Fletcher, B. S. (1984). The Phenology of the Olive Fly, *Dacus oleae*
899 (Gmel.) (Diptera, Tephritidae), in Corfu. *Zeitschrift Für Angewandte Entomologie*, 97,
900 360–370. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1984.tb03760.x>
- 901 Kriticos, D. J., Webber, B. L., Leriche, A., Ota, N., Macadam, I., Bathols, J., & Scott, J. K.
902 (2012). CliMond: global high-resolution historical and future scenario climate surfaces
903 for bioclimatic modelling. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(1), 53–64.
904 <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00134.x>
- 905
- 906

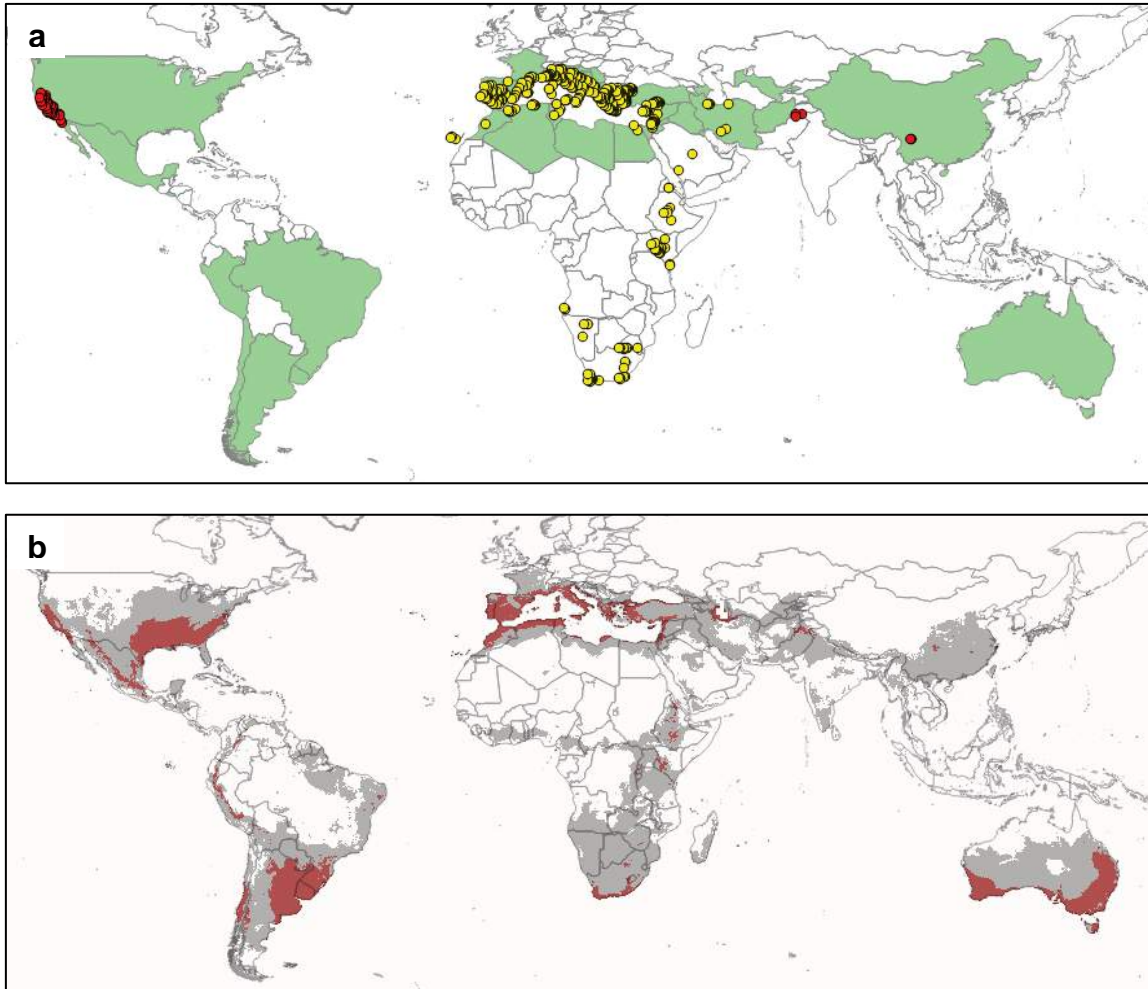
- 907 Lawson, C. R., Hodgson, J. A., Wilson, R. J., & Richards, S. A. (2014). Prevalence,
908 thresholds and the performance of presence-absence models. *Methods in Ecology and*
909 *Evolution*, 5(1), 54–64. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12123>
- 910 Liu, C., Newell, G., & White, M. (2016). On the selection of thresholds for predicting species
911 occurrence with presence-only data. *Ecology and Evolution*, 6(1), 337–348.
912 <https://doi.org/10.1002/ece3.1878>
- 913 Liu, C., White, M., & Newell, G. (2013). Selecting thresholds for the prediction of species
914 occurrence with presence-only data. *Journal of Biogeography*, 40(4), 778–789.
915 <https://doi.org/10.1111/jbi.12058>
- 916 Manning M.R., Edmonds J., Emori S., et al (2010) Misrepresentation of the IPCC CO₂
917 emission scenarios. *Nat Geosci* 3:376–377
- 918 MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2008) Instrução Normativa
919 Número 41, estabelece a lista de pragas quarentenárias ausentes e presentes, a ser
920 observada pelo sistema de defesa fitossanitária do Brasil.
921 [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/arquivos-quarentena/lista-de-pragas-quarentenarias-ausentes-e-presentes.pdf/view)
922 [vegetal/arquivos-quarentena/lista-de-pragas-quarentenarias-ausentes-e-](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/arquivos-quarentena/lista-de-pragas-quarentenarias-ausentes-e-presentes.pdf/view)
923 [presentes.pdf/view](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/arquivos-quarentena/lista-de-pragas-quarentenarias-ausentes-e-presentes.pdf/view). Acesso 26 fev 2018
- 924 Mcinnis, D. O., Hendrichs, J., Shelly, T., Barr, N., Hoffman, K., Rodriguez, R., ... Tan, K. H.
925 (2017). Can polyphagous invasive tephritid pest populations escape detection for years
926 under favorable climatic and host conditions? *American Entomologist*, 63(2), 89–99.
927 <https://doi.org/10.1093/ae/tmx038>
- 928 Neuenschwander, P. (1982). Searching parasitoids of *Dacus oleae* (Gmel.) (Dipt.,
929 Tephritidae) in South Africa. *Zeitschrift Für Angewandte Entomologie*, 94, 509–522.
- 930 Papadopoulos, N. T., Plant, R. E., & Carey, J. R. (2013). From trickle to flood: the large-
931 scale, cryptic invasion of California by tropical fruit flies. *Proceedings of the Royal*
932 *Society B*, 280, 1–10. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1466>
- 933 Peterson, A. T., & Vieglais, D. A. (2001). Predicting species invasions using ecological niche
934 modeling : New approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *BioScience*,
935 51(5), 363–371. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0363:psiuen\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0363:psiuen]2.0.co;2) 5.
- 936 Phillips S.J., Dudík M., Schapire R.E. MaxEnt software for modeling species niches and
937 distributions. http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Acesso
938 15 ago 2017
- 939
- 940

- 941 Ponti, L., Cossu, Q. A., & Gutierrez, A. P. (2009). Climate warming effects on the *Olea*
 942 *europaea* - *Bactrocera oleae* system in Mediterranean islands: Sardinia as an example.
 943 *Global Change Biology*, *15*(12), 2874–2884. [https://doi.org/10.1111/j.1365-](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01938.x)
 944 [2486.2009.01938.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01938.x)
- 945 Rice, R. E., Phillips, P. A., Stewart-Leslie, J., & Sibbett, G. S. (2003). Olive fruit fly
 946 populations measured in Central and Southern California. *California Agriculture*, *57*(4),
 947 122–127.
- 948 Savio, C., Mazzon, L., Martinez-Sanudo, I., Simonato, M., Squartini, A., & Girolami, V.
 949 (2012). Evidence of two lineages of the symbiont “*Candidatus Erwinia dacicola*” in
 950 Italian populations of *Bactrocera oleae* (Rossi) based on 16S rRNA gene sequences.
 951 *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *62*(1), 179–187.
 952 <https://doi.org/10.1099/ijs.0.030668-0>
- 953 Schreiber, S. J., & Gutierrez, A. P. (1998). A supply / demand perspective of species
 954 invasions and coexistence : applications to biological control. *Ecological Modelling*, *106*,
 955 27–45.
- 956 Soberón, J. M. (2010). Niche and area of distribution modeling: a population ecology
 957 perspective. *Ecography*, *33*(1), 159–167. [https://doi.org/10.1111/j.1600-](https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06074.x)
 958 [0587.2009.06074.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06074.x)
- 959 Stephens, A. E. A., Stringer, L. D., & Suckling, D. M. (2016). Advance, retreat, resettle?
 960 Climate change could produce a zero-sum game for invasive species. *Austral*
 961 *Entomology*, *55*(2), 177–184. <https://doi.org/10.1111/aen.12162>
- 962 Syfert, M. M., Joppa, L., Smith, M. J., Coomes, D. A., Bachman, S. P., & Brummitt, N. A.
 963 (2014). Using species distribution models to inform IUCN Red List assessments.
 964 *Biological Conservation*, *177*, 174–184. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.06.012>
- 965 Szyniszewska, A. M., & Tatem, A. J. (2014). Global assessment of seasonal potential
 966 distribution of mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *PLoS*
 967 *ONE*, *9*(11), e111582. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111582>
- 968 Tsitsipis, J. A. (1980). Effect of constant temperatures on larval and pupal development of
 969 olive fruit flies reared on artificial diet. *Environmental Entomology*, *9*, 764–768.
 970 <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ee/9.6.764>
- 971 Tzanakakis, M. (2003). Seasonal Development and Dormancy of Insects and Mites Feeding
 972 on Olive: a Review. *Netherlands Journal of Zoology*, *52*(2), 87–224.
 973 <https://doi.org/10.1163/156854203764817670>
- 974

- 975 van Asch, B., Pereira-Castro, I., Rei, F. T., & da Costa, L. T. (2015). Marked Genetic
976 Differentiation between Western Iberian and Italic Populations of the Olive Fly:
977 Southern France as an Intermediate Area. *PLOS ONE*, *10*(5), e0126702.
978 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126702>
- 979 Wang, X.-G., Johnson, M. W., Daane, K. M., & Nadel, H. (2009). High summer temperatures
980 affect the survival and reproduction of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae).
981 *Environmental Entomology*, *38*(5), 1496–1504. <https://doi.org/10.1603/022.038.0518>
- 982 Wittenberg, R., & Cock, M. J. W. (2001). *Invasive alien species: a toolkit of best prevention
983 and management practices*. (R. Wittenberg & M. J. W. Cock, Eds.). Wallingford: CABI.
984 <https://doi.org/10.1079/9780851995694.0000>
- 985 Wrege, M. S., Coutinho, E. F., Pantano, A. P., & Jorge, R. O. (2015). Distribuição potencial
986 de oliveiras no brasil e no mundo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *37*(3), 656–666.
987 <https://doi.org/10.1590/0100-2945-174/14>
- 988 Zygouridis, N. E., Augustinos, A. A., Zalom, F. G., & Mathiopoulos, K. D. (2009). Analysis
989 of olive fly invasion in California based on microsatellite markers. *Heredity*, *102*(4),
990 402–412. <https://doi.org/10.1038/hdy.2008.125>
- 991

992 Tabela 1 Porcentagem de expansão (valores positivos) ou redução (valores negativos) de área geográfica de distribuição potencial de *Bactrocera*
 993 *oleae* de acordo com os cenários futuros de emissão de gases dos modelos CSIRO-MK3.0 (*Commonwealth Scientific and Industrial Research*
 994 *Organization*, Austrália) e MIROC-H (*Centre for Climate Reseach*, Japão) em comparação a distribuição potencial gerada na projeção dos
 995 dados bioclimáticos históricos. Valores obtidos por meio dos limiares Presença Mínima de Treino (*Minimum presence training* - MTP) e,
 996 Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity* - maxSSS).

Modelo	MTP				maxSSS			
	África	América do Sul	América do Norte	Europa	África	América do Sul	América do Norte	Europa
CSIRO 2030-A1B	-16.0%	-21.6%	4.2%	6.6%	-4.8%	-16.4%	0.6%	5.1%
MIROC-H 2030-A1B	-13.2%	-8.0%	4.4%	8.7%	-1.1%	-7.1%	4.7%	8.1%
CSIRO 2030-A2	-14.2%	-20.2%	3.8%	5.5%	-4.2%	-14.5%	1.1%	4.6%
MIROC-H 2030-A2	-11.9%	-6.0%	4.0%	7.8%	-1.6%	-6.5%	4.2%	7.3%
CSIRO 2050-A1B	-28.0%	-29.2%	7.1%	13.4%	-8.5%	-23.7%	2.3%	7.4%
MIROC-H 2050-A1B	-23.0%	-16.3%	7.4%	15.4%	-0.6%	-12.5%	8.0%	12.7%
CSIRO 2050-A2	-25.7%	-27.8%	6.4%	12.0%	-7.7%	-22.4%	2.0%	6.8%
MIROC-H 2050-A2	-21.0%	-14.7%	6.9%	14.3%	-0.7%	-11.4%	7.5%	11.6%



997

998

999

1000

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

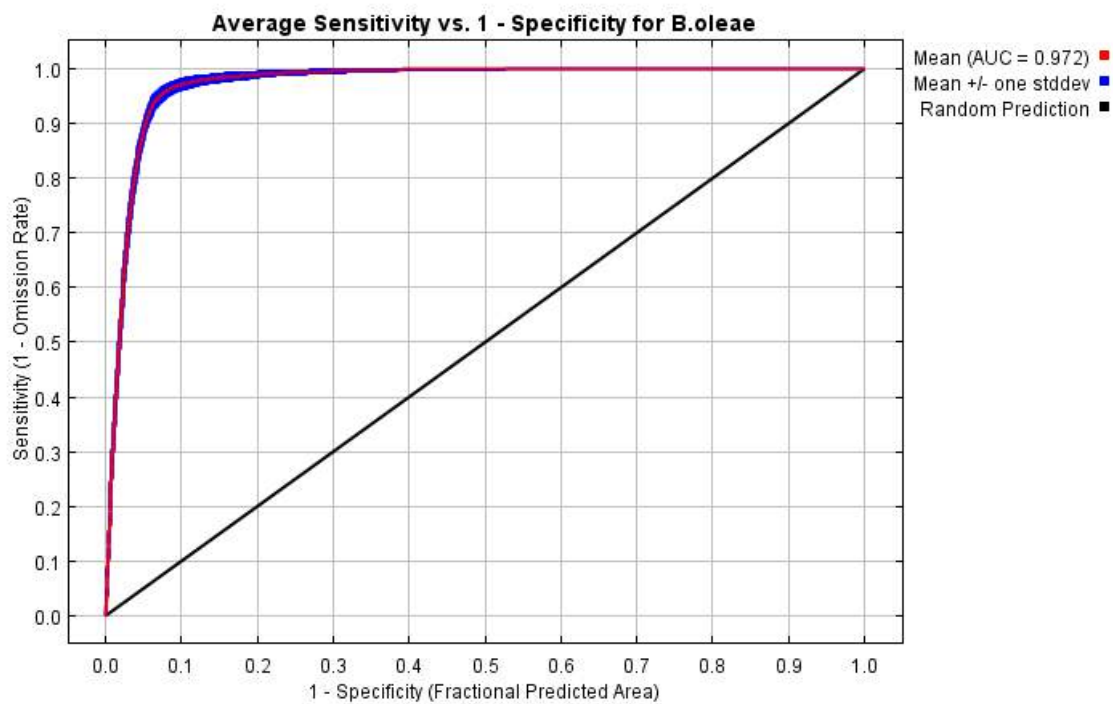
1011

1012

1013

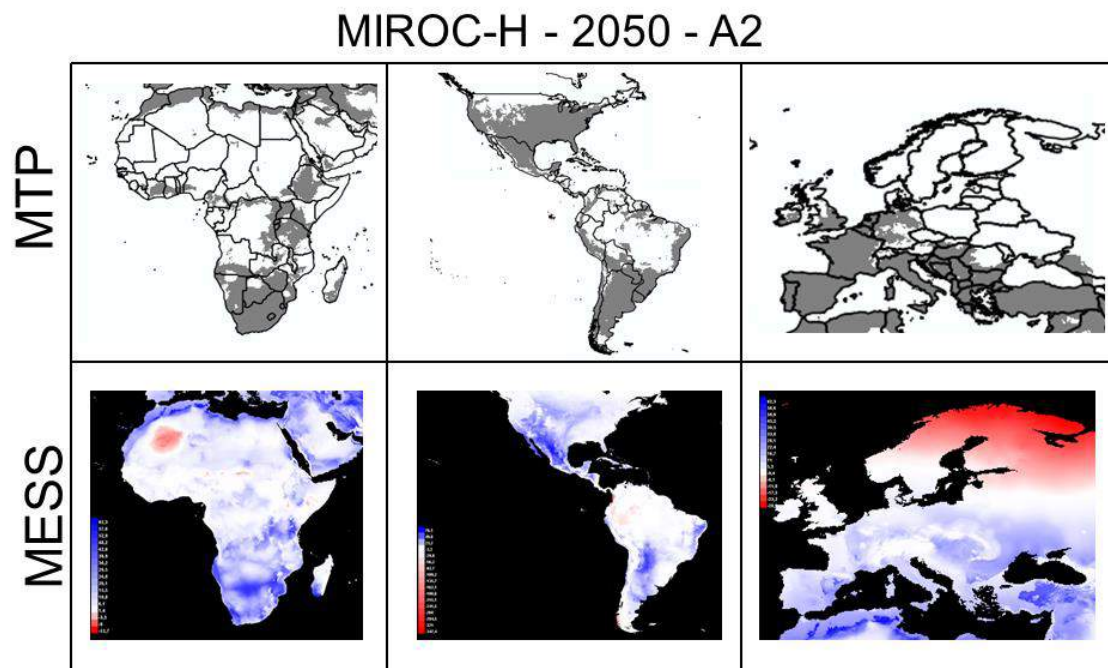
- Pontos de ocorrência utilizados para gerar modelo
- Pontos de ocorrência utilizados na verificação
- Países produtores de Oliveira (2006 a 2016)
- Área de distribuição potencial de *B. oleae* (MTP)
- Área de distribuição potencial de *B. oleae* (maxSSS)

Fig. 1 Pontos de ocorrência de *Bactrocera oleae*, países produtores de oliveira e modelos de distribuição da espécie. a) Pontos de ocorrência de *B. oleae* utilizados para a geração do modelo (pontos amarelos), pontos de ocorrência utilizados para verificação do modelo (pontos vermelhos) e países produtores de oliveira segundo dados da FAO - 2006 a 2016 (países destacados em verde); b) Modelo de distribuição de *B. oleae* baseado em dados climáticos históricos e destacadas as áreas de adequabilidade ambiental acima dos valores dos limiars de presença escolhidos - Presença Mínima de Treino (*Minimum Presence Training* - MTP) (regiões destacadas em cinza) e Máxima Soma da Sensibilidade e Especificidade (*Maximizing the Sum of Sensitivity and Specificity* - maxSSS) (regiões destacadas em vermelho).



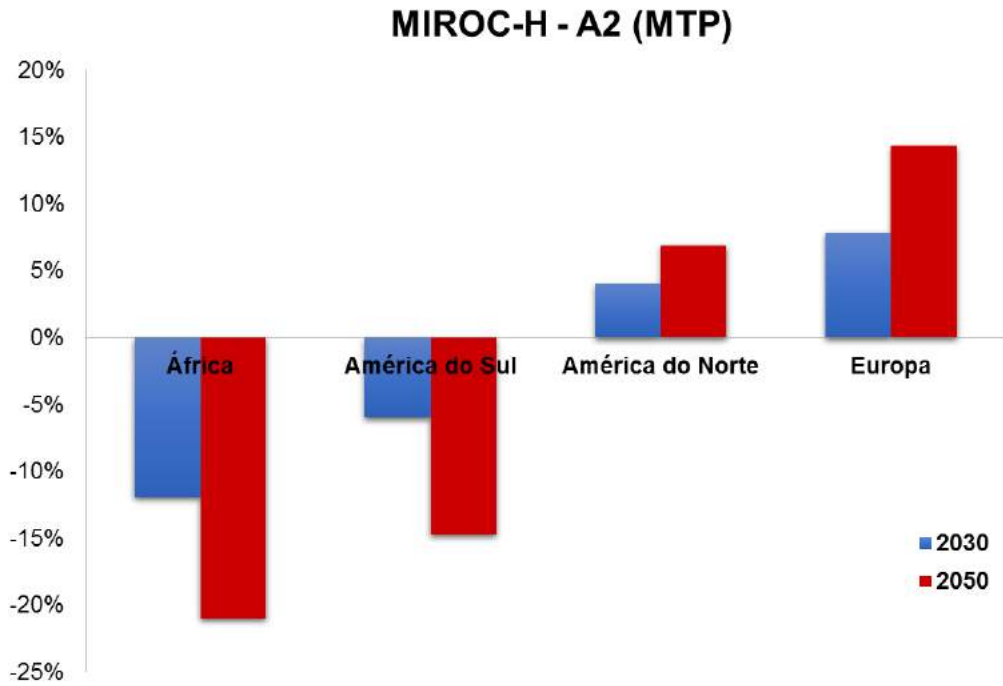
1014

1015 **Fig. 2** Curva de característica operacional do receptor (ROC) com média das 100 replicatas. A
1016 AUC de treinamento médio para as réplicas é 0,972 e o desvio padrão é 0,002.



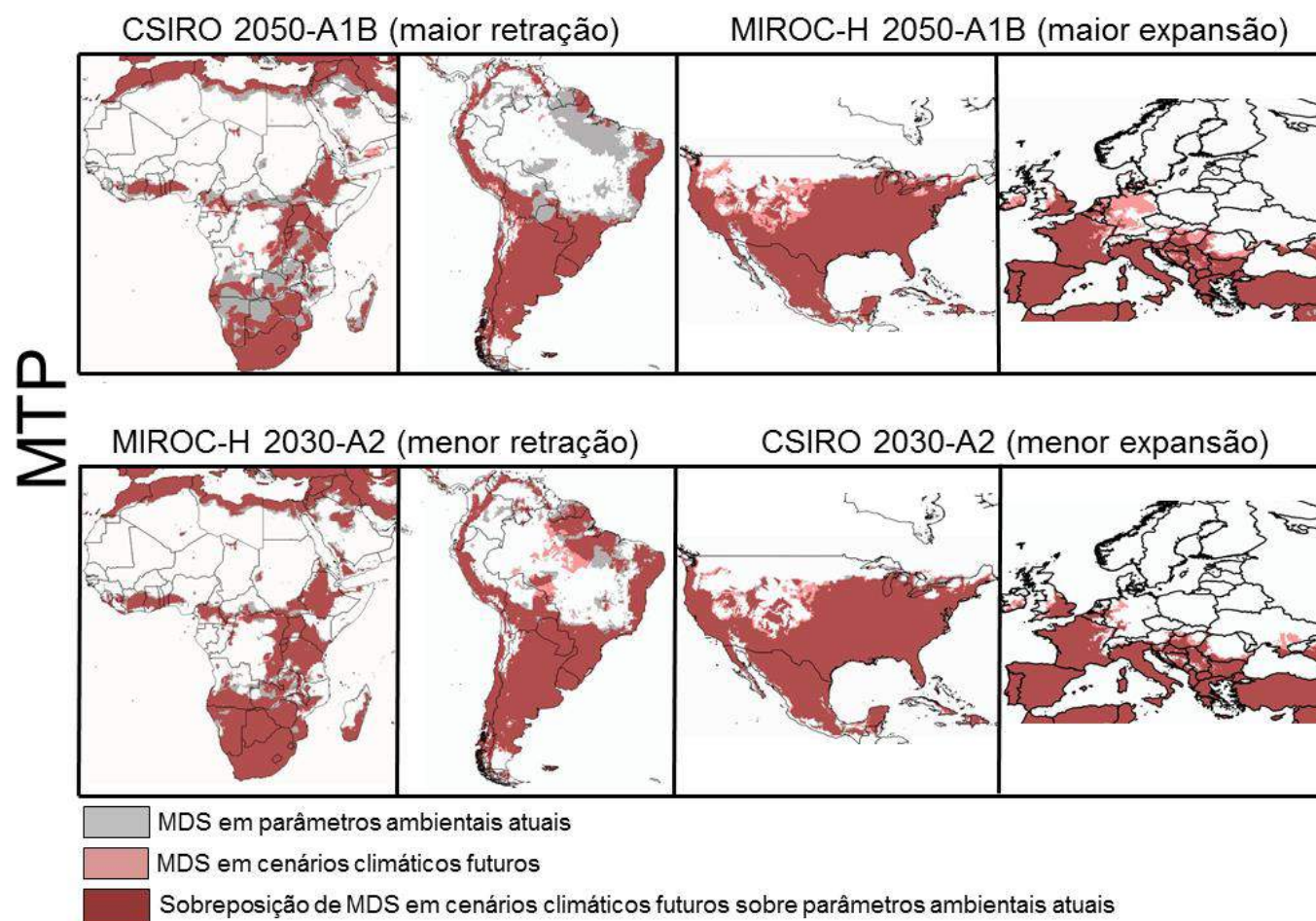
1017
 1018
 1019
 1020
 1021
 1022
 1023

Fig. 3 Mapas de distribuição potencial de *Bactrocera oleae* para a África, América e Europa com a aplicação do limiar MTP, para o ano de 2050 no cenário de emissão de gases A2 do modelo MIROC-H, e mapa comparando a similaridade ambiental das regiões projetadas com os dados ambientais utilizados para avaliar o modelo, pela análise de MESS. As áreas em vermelho têm uma ou mais variáveis ambientais fora do intervalo presente nos dados de treinamento, então as previsões nessas áreas devem ser tratadas com cautela.



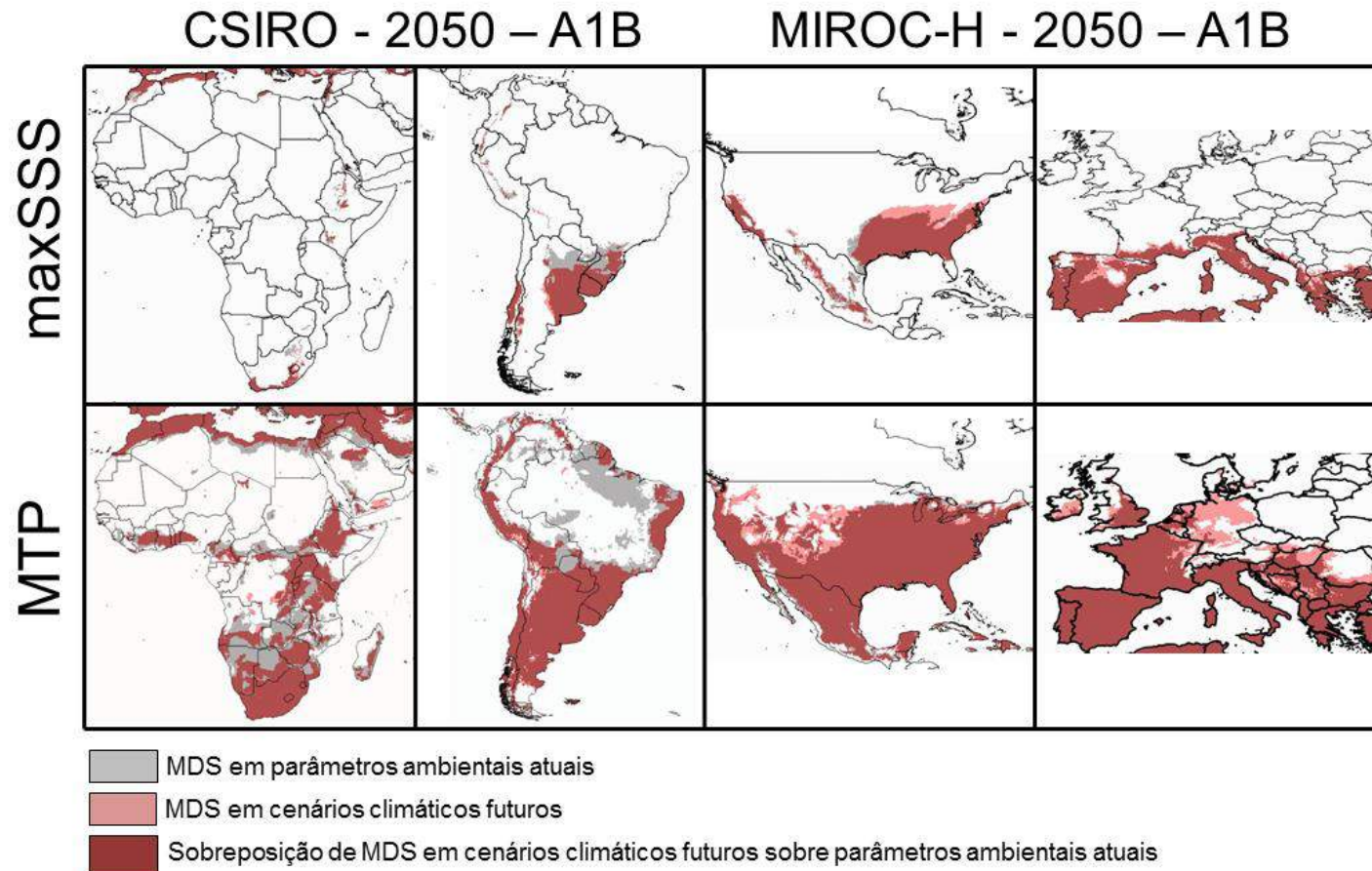
1024

1025 **Fig. 4** Porcentagem de expansão (valores positivos) ou redução (valores negativos) da
 1026 distribuição potencial de *Bactrocera oleae* para o modelo de emissão de gases modelo
 1027 MIROC-H (*Centre for Climate Research*, Japão), cenário A2. Valores obtidos por meio da
 1028 aplicação do limiar de Presença Mínima de Treino (*Minimum presence training* - MTP).



1029

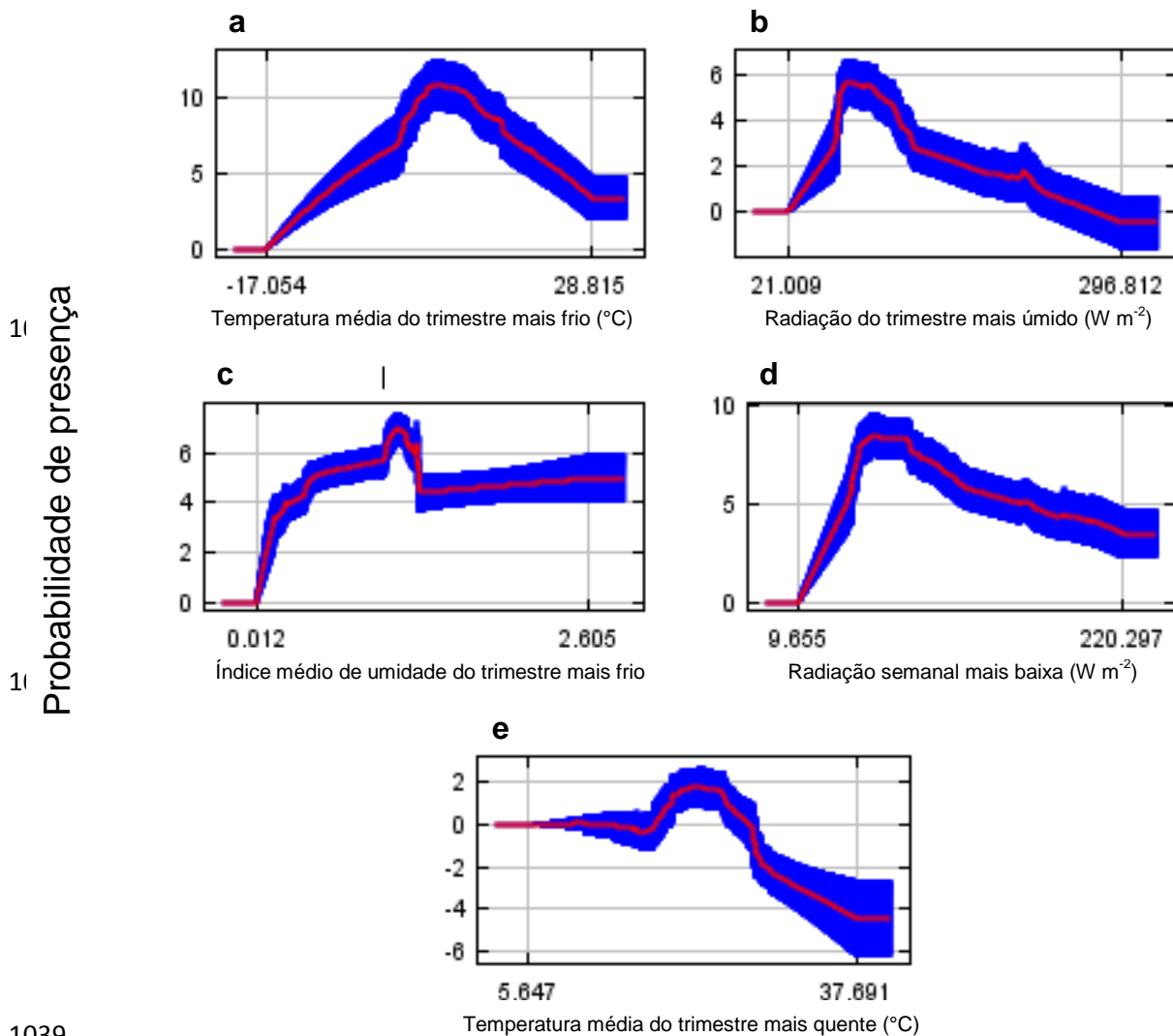
1030 **Fig. 5** Mapas de sobreposição do Modelo de Distribuição de *Bactrocera oleae* em cenários climáticos futuros sobre os parâmetros ambientais
 1031 atuais, com destaque para os cenários CSIRO 2050-A1B que mais evidenciou a redução geográfica na África e América do Sul e MIROC-H
 1032 2050-A1B, que mais evidenciou a expansão geográfica na Europa e América do Norte.



1033

1034

1035 **Fig. 6** Mapas de sobreposição do Modelo de Distribuição de *Bactrocera oleae* em cenários climáticos futuros sobre parâmetros ambientais atuais
 1036 gerados com valores de Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence* - MTP) e valores de Máxima soma da sensibilidade e
 especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity* - maxSSS).



1039

1040 **Fig. 7** Curvas de resposta das principais variáveis predictoras do modelo de distribuição de
 1041 *Bactrocera oleae* gerado pelo algoritmo MaxEnt. (a) Temperatura média do trimestre mais
 1042 frio (°C) (Bio11), (b) Radiação do trimestre mais úmido ($W m^{-2}$) (Bio24), (c) Índice médio de
 1043 umidade do trimestre mais frio (Bio35) e (d) Radiação semanal mais baixa ($W m^{-2}$) (Bio22),
 1044 (e) Temperatura média do trimestre mais quente (°C) (Bio22). Cada uma das curvas
 1045 representa um modelo diferente, ou seja, um modelo Maxent criado usando apenas a variável
 1046 correspondente. Essas parcelas refletem a dependência da adequação prevista tanto na
 1047 variável selecionada quanto nas dependências induzidas por correlações entre a variável
 1048 selecionada e outras variáveis. As linhas vermelhas mostram os valores de probabilidade, e as
 1049 linhas azuis mostram os desvios padrão. As curvas estão com o valor do logaritmo da
 1050 contribuição para a predição bruta no eixo y, isso quer dizer que, o aumento nos valores de y
 1051 está associado a um aumento na adequabilidade ambiental do modelo, da mesma forma que a
 1052 predição logística.

1053

Material suplementar 1 Referências utilizadas para a obtenção dos pontos de ocorrência de *Bactrocera oleae* utilizados para gerar Modelo de Distribuição de Espécies. (DOCX)

- Aldjia H, Salaheddine D (2014) Olive fruit infestation by *Bactrocera oleae* Gmelin and Rossi, 1788 (Diptera: Tephritidae) in three biotopes of Grande Kabylie (Algeria). *Int. J. Zool. Res.* 4:11–18
- Allahyari MS, Damalas CA, Ebadattalab M (2016) Determinants of Integrated Pest Management adoption for Olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) in Roudbar, Iran. *Crop Prot.* 84:113–120
- Bekker GFHV, Addison MF, Addison P (2017) Comparison of two trap types for monitoring *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae) in commercial olive groves of the Western Cape Province, South Africa. *African Entomol.* 25:98–107
- Benelli G, Canale A (2016) Aggressive behavior in Olive fruit fly females: oviposition site guarding against parasitic wasps. *J. Insect Behav.* 29:680–688
- Ben-Yosef M, Pasternak Z, Jurkevitch E, Yuval B (2014) Symbiotic bacteria enable olive flies (*Bactrocera oleae*) to exploit intractable sources of nitrogen. *J. Evol. Biol.* 27:2695–2705
- Bjelis M, Pelicarić V (2002) Tephritid fruit fly pests in Croatia: An overview of damage and current control strategies. *Proceedings of 6th International Fruit Fly Symposium.* pp 325–329
- Bon MC, et al (2016) Populations of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) and its parasitoids in Himalayan Asia. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 109:81–91
- Broufas GD, Pappas ML, Koveos DS (2009) Effect of relative humidity on longevity, ovarian maturation, and egg production in the Olive fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 102:70–75
- Castrignanò A, et al (2012) Spatio-temporal population dynamics and area-wide delineation of *Bactrocera oleae* monitoring zones using multi-variate geostatistics. *Precis. Agric.* 13:421–441
- Cheyppe-Buchmann, S. et al (2011) Molecular characterization of *Psytalia lounsburyi*, a candidate biocontrol agent of the olive fruit fly, and its *Wolbachia* symbionts as a pre-requisite for future intraspecific hybridization. *BioControl* 56:713–724
- Copeland RS, White IM, Okumu M, Machera P, Wharton RA (2004) Insects associated with fruits of the Oleaceae (Asteridae, Lamiales) in Kenya, with special reference to the Tephritidae (Diptera). *Bish. Museum Bull. Entomol.* 12:135–164
- de Meyer M, Heughebaert A (2014) Royal Museum of Central Africa - True fruit flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741854>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014) Royal Museum of Central Africa - True fruit flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741992>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014) Royal Museum of Central Africa - True fruit flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741774>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014) Royal Museum of Central Africa - True fruit flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741775>

- de Meyer M, Heughebaert A (2014) Royal Museum of Central Africa - True fruit flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742061>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014) Royal Museum of Central Africa - True fruit flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742060>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014) Royal Museum of Central Africa - True fruit flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742059>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True fruit flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742038>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741790>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741937>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742021>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-03-05. <https://www.gbif.org/occurrence/142742167>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741936>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742166>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742259>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742027>

- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741904>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/239226372>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741870>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742343>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742178>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742136>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741784>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741771>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741825>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-03-05. <https://www.gbif.org/occurrence/142742198>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-03-05. <https://www.gbif.org/occurrence/142742182>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742253>

- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741764>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742338>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/813239126>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742121>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742067>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742277>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741799>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742342>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742162>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742231>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142742339>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-03-05. <https://www.gbif.org/occurrence/142741783>

- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/142741993>
- de Meyer M, Heughebaert A (2014). Royal Museum of Central Africa - True Fruit Flies (Diptera, Tephritidae) of the Afrotropical Region (ENBI wp13). Belgian Biodiversity Platform. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/rtycar> accessed via GBIF.org on 2018-03-05. <https://www.gbif.org/occurrence/142741888>
- Dogaç E, Kandemir İ, Taskin, V (2013) The genetic polymorphisms and colonization process of Olive fly populations in Turkey. *PLoS One* 8:e56067
- Fazel M, Fallahzadeh M, Gheibi M (2011) Introduction to the fruit flies fauna (Diptera, Tephritidae) of Fars province, Iran. *Linzer Biol. Beiträge* 43:1229–1235
- Fletcher BS, Kapatos E (1981) Dispersal of the Olive fly, *Dacus oleae*, during the summer period on Corfu. *Entomol. Exp. Appl.* 29:1–8
- Fletcher BS, Pappas S, Kapato E (1978) Changes in the ovaries of olive flies (*Dacus oleae* (Gmelin)) during the summer, and their relationship to temperature, humidity and fruit availability. *Ecol. Entomol.* 3:99–107
- Gabrieli P, et al (2011) Interchromosomal Duplications on the *Bactrocera oleae* Y chromosome imply a distinct evolutionary origin of the sex chromosomes compared to *Drosophila*. *PLoS One* 6:e17747
- Gaouar N, Debouzie D (1995) Within-tree vertical pattern in *Bactrocera oleae* Gmel. (Dipt., Tephritidae) infestations and optimization of insecticide applications. *J. Appl. Entomol.* 119:251–254
- Genç H, Nation JL (2008) Survival and development of *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera: Tephritidae) immature stages at four temperatures in the laboratory. *African J. Biotechnol.* 7:2495–2500
- Gerofotis CD, Ioannou CS, Nakas CT, Papadopoulos NT (2016) The odor of a plant metabolite affects life history traits in dietary restricted adult olive flies. *Sci. Rep.* 6:28540
- Gonçalves MF, Santos SAP, Torres LM (2012) Efficacy of spinosad bait sprays to control *Bactrocera oleae* and impact on non-target arthropods. *Phytoparasitica* 40:17–28
- Gross J, Oboyski P (2018). Essig Museum of Entomology. Version 121.31. Berkeley Natural History Museums. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/0saucj> accessed via GBIF.org on 2018-03-05. <https://www.gbif.org/occurrence/1060858488>
- Gucci R, et al (2012) Qualitative changes of olive oils obtained from fruits damaged by *Bactrocera oleae* (Rossi). *HortScience* 47:301–306
- Hawkes NJ, Janes RW, Hemingway J, Vontas J (2005) Detection of resistance-associated point mutations of organophosphate-insensitive acetylcholinesterase in the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin). *Pestic. Biochem. Physiol.* 81:154–163
- Hepdurgun B, Turanli T, Zümreoğlu A (2009) Control of the olive fruit fly through mass trapping and mass releases of the parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae) reared on irradiated Mediterranean fruit fly. *Biocontrol Sci. Technol.* 19:211–224
- Kakani EG, et al (2010) Spinosad resistance development in wild olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) populations in California. *Pest Manag. Sci.* 66:447–453
- Kakani EG, Sagri E, Omirou M, Ioannides IM, Mathiopoulos KD (2014) Detection and geographical distribution of the organophosphate resistance-associated $\Delta 3Q$ ace mutation in the olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Rossi). *Pest Manag. Sci.* 70:743–750
- Knap T, Bandelj D (2017) Microsatellite analysis revealed a different approach of control of olive fly population (*Bactrocera oleae*) in Slovenia. *J. Appl. Entomol.* 141:256–265

- Kokkari AI, Pliakou OD, Floros GD, Kouloussis NA, Koveos DS (2017) Effect of fruit volatiles and light intensity on the reproduction of *Bactrocera (Dacus) oleae*. *J. Appl. Entomol.* 141:841–847
- Kovanci B, Kumral NA (2008) Insect pests in olive groves of Bursa (Turkey). *Acta Hortic.* 791:569–576
- Lazhar-Ajrout W, et al (2016) Characterization of irritans mariner-like elements in the olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae): evolutionary implications. *Sci. Nat.* 103:64
- Malheiro R, Casal S, Cunha SC, Baptista P, Pereira JA (2015) Olive volatiles from portuguese cultivars cobrançosa, madural and verdeal transmontana: Role in oviposition preference of *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae). *PLoS One* 10: e0125070
- Manrakhan A, et al (2017) Efficacy of trapping systems for monitoring of Afrotropical fruit flies. *J. Appl. Entomol.* 141:825–840
- Matallanas B, Lantero E, M'Saad M, Callejas C, Ochando MD (2013) Genetic polymorphism at the cytochrome oxidase I gene in mediterranean populations of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *J. Appl. Entomol.* 137:624–630
- Medjkouh L et al (2016) The effect of the olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) on quality parameters, and antioxidant and antibacterial activities of olive oil. *Food Funct.* 7:2780–2788
- Merz B (1992) The fruit flies of the Canary Islands (Diptera: Tephritidae). *Entomol. Scand.* 23:215–231
- Miranda MA, Miquel M, Terrassa J, Melis N, Monerris M (2008) Parasitism of *Bactrocera oleae* (Diptera; Tephritidae) by *Psytalia concolor* (Hymenoptera; Braconidae) in the Balearic Islands (Spain). *J. Appl. Entomol.* 132:798–805
- Mkize N, Hoelme KA, Villet MH (2008) A survey of fruit-feeding insects and their parasitoids occurring on wild olives, *Olea europaea* ssp. *cuspidata*, in the Eastern Cape of South Africa. *Biocontrol Sci. Technol.* 18:991–1004
- Mohamed N, Anouar KM (2015) Health status of the Olive tree (*Olea europaea* L) in the Mountains of Western Traras (Tlemcen – Algeria). *Int. J. Humanit. Arts, Med. Sci.* 3:45–52
- Muller B, Ranwashe F (2017). NMSA: Arthropod Collections (1900-2012). Version 1.1. South African National Biodiversity Institute. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/a4tpcb> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1325730882>
- Museum für Naturkunde Berlin. EDIT - ATBI in Mercantour/Alpi Marittime (France/Italy). Occurrence Dataset <https://doi.org/10.15468/4z4hto> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/472902528>
- Nardi F, et al (2010) Domestication of olive fly through a multi-regional host shift to cultivated olives: Comparative dating using complete mitochondrial genomes. *Mol. Phylogenet. Evol.* 57:678–686
- Nardi F et al (2006) Geographical distribution and evolutionary history of organophosphate-resistant Ace alleles in the olive fly (*Bactrocera oleae*). *Insect Biochem. Mol. Biol.* 36:593–602
- Nardi F, Carapelli A, Dallai R, Roderick GK, Frati F (2005) Population structure and colonization history of the olive fly, *Bactrocera oleae* (Diptera, Tephritidae). *Mol. Ecol.* 14:2729–2738
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006216>

- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006267>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006280>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006303>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006320>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006338>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006354>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006537>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006550>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006569>
- Natural History Museum (2017). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-02-23. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006574>
- Natural History Museum (2018). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-03-05. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006297>
- Natural History Museum (2018). Natural History Museum (London) Collection Specimens. Occurrence Dataset <https://doi.org/10.5519/0002965> accessed via GBIF.org on 2018-03-05. <https://www.gbif.org/occurrence/1270006322>
- Neuenschwander P (1982) Searching parasitoids of *Dacus oleae* (Gmel.) (Dipt., Tephritidae) in South Africa. *Zeitschrift für Angew. Entomol.* 94:509–522
- Neuenschwander P, Michelakis S, Holloway P, Berchtold W (1985) Factors affecting the susceptibility of fruits of different olive varieties to attack by *Dacus oleae*. *Zeitschrift für Angew. Entomol.* 100:174–188
- Ochando MD, Reyes A (2000) Genetic population structure in olive fly *Bactrocera oleae* (Gmelin): gene flow and patterns of geographic differentiation. *J. Appl. Entomol.* 124:177–183
- Ordano M. et al (2015) Olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) population dynamics in the eastern Mediterranean: Influence of exogenous uncertainty on a monophagous frugivorous insect. *PLoS One* 10: e0127798
- Perović TP, Hrnić S, Spanedda AF, et al (2007) Control trials of *Bactrocera oleae* (Gmel.) (Diptera Tephritidae) in the district of Bar in Montenegro. *Integrated Protection of Olive Crops IOBC/wprs Bull.* 30:9

- Petacchi R, Marchi S, Federici S, Ragolini G (2015) Large-scale simulation of temperature-dependent phenology in wintering populations of *Bactrocera oleae* (Rossi). *J. Appl. Entomol.* 139:496–509
- Ramezani S, Blibech I, Rei FT, et al (2015) *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in Iran: An invasion from the Middle West. *Eur. J. Entomol.* 112:713–721
- Rizzo R, Caleca V, Lombardo A (2012) Relation of fruit color, elongation, hardness, and volume to the infestation of olive cultivars by the olive fruit fly, *Bactrocera oleae*. *Entomol. Exp. Appl.* 145:15–22
- Rugman-Jones PF, Wharton R, Noort T (2009) Molecular differentiation of the *Psytalia concolor* (Szépligeti) species complex (Hymenoptera: Braconidae) associated with olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae), in Africa. *Biol. Control* 49:17–26
- Savio C, et al (2012) Evidence of two lineages of the symbiont ‘*Candidatus Erwinia dacicola*’ in Italian populations of *Bactrocera oleae* (Rossi) based on 16S rRNA gene sequences. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 62:179–187
- Segura MD, Callejas C, Ochando MD (2008) *Bactrocera oleae*: a single large population in Northern Mediterranean basin. *J. Appl. Entomol.* 132:706–713
- Skouras PJ, et al (2007) Organophosphate resistance in olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, populations in Greece and Cyprus. *Pest Manag. Sci.* 63:42–48
- Stavridis DG, Ioannidis P, Deligeorgidis, et al (2012) A Pesticide effect study on *Bactrocera oleae* in Central Greece. *Asia Pacific J. Res.* 1:1–6
- Tamendjari A, Angerosa F, Mettouchi S, Bellal MM (2009) The effect of fly attack (*Bactrocera oleae*) on the quality and phenolic content of Chemlal olive oil. *Grasas y Aceites* 60:507–513
- Torres MR (2010) Parasitoides de plagas identificados en la provincia de Jaén (España). *Boletín la Soc. Entomológica Aragon.* 46:597–601
- Tsolakis H, Ragusa E, Tarantino P (2011) Control of *Bactrocera oleae* by low environmental impact methods: NPC methodology to evaluate the efficacy of lure-and-kill method and copper hydroxide treatments. *Bull. Insectology* 64:1–8
- van Asch B, Pereira-Castro I, Rei F, da Costa LT (2012) Mitochondrial haplotypes reveal olive fly (*Bactrocera oleae*) population substructure in the Mediterranean. *Genetica* 140:181–187
- van Asch B, Pereira-Castro I, Rei F, da Costa LT (2015) Marked genetic differentiation between Western Iberian and Italic populations of the Olive fly: Southern France as an intermediate area. *PLoS One* 10: e0126702
- Varikou K et al (2013) Estimation of fly population density of *Bactrocera oleae* in olive groves of Crete. *Phytoparasitica* 41:105–111
- Varikou K, Garantonakis N, Birouraki, A, Gkilpathi D, Kapogia E (2017) Refreshing bait spots in an olive orchard for the control of *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae). *Crop Prot.* 92:153–159
- Yasin S, et al (2014) Assessment of lure and kill and mass-trapping methods against the olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi), in desert-like environments in the Eastern Mediterranean. *Crop Prot.* 57: 63–70
- Zygouridis NE, Augustinos AA, Zalom FG, Mathiopoulos KD (2009) Analysis of olive fly invasion in California based on microsatellite markers. *Heredity* (Edinb). 102:402–412

Material suplementar 2 Referências utilizadas para obtenção dos pontos de ocorrência de *Bactrocera oleae* utilizados para a verificação do Modelo de Distribuição de espécies. (DOCX)

- Baratella V, Pucci C, Paparatti B, Speranza S (2017) Response of *Bactrocera oleae* to different photoperiods and temperatures using a novel method for continuous laboratory rearing. *Biol Control* 110:79–88
- Biber-Freudenberger L, Ziemacki J, Tonnang HEZ, Borgemeister C (2016) Future risks of pest species under changing climatic conditions. *PLoS One* 11:e0153237
- Broennimann O, Treier UA, Müller-Schärer H, et al (2007) Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecol Lett* 10:701–709
- Daane KM, Johnson MW (2010) Olive fruit fly: Managing an ancient pest in modern times. *Annu Rev Entomol* 55:151–169
- De Meyer M, Robertson MP, Mansell MW, et al (2010) Ecological niche and potential geographic distribution of the invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera, Tephritidae). *Bull Entomol Res* 100:35–48
- Duyck PF, David P, Quilici S (2004) A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecol Entomol* 29:511–520
- Economopoulos AP, Haniotakis GE, Mathioudis J, et al (1978) Long-distance flight of wild and artificially-reared *Dacus oleae* (Gmelin) (Diptera, Tephritidae). *Zeitschrift für Angew Entomol* 87:101–108
- Efron B (1979) Bootstrap methods: Another look at the jackknife. *Ann Stat* 7:1–26
- Elith J, Kearney M, Phillips S (2010) The art of modelling range-shifting species. *Methods Ecol Evol* 1:330–342
- Evangelista PH, Kumar S, Stohlgren TJ, Young NE (2011) Assessing forest vulnerability and the potential distribution of pine beetles under current and future climate scenarios in the Interior West of the US. *For Ecol Manage* 262:307–316
- Giannini TC, Siqueira MF, Acosta AL, et al (2012) Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. *Rodriguésia* 63:733–749
- Godefroid M, Cruaud A, Rossi J-P, Rasplus J-Y (2015) Assessing the risk of invasion by Tephritid fruit flies: Intraspecific divergence matters. *PLoS One* 10:e0135209
- Guillera-Arroita G, Lahoz-Monfort JJ, Elith J, et al (2015) Is my species distribution model fit for purpose? Matching data and models to applications. *Glob Ecol Biogeogr* 24:276–292
- Gutierrez AP, Ponti L, Cossu QA (2009) Effects of climate warming on Olive and olive fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) in California and Italy. *Clim Change* 95:195–217
- Gutierrez AP, Ponti L, Gilioli G (2010) Climate change effects on plant-pest-natural enemy interactions. In: Hillel D, Rosenzweig C (eds) *Handbook of climate change and agroecosystems: Impacts, adaptation, and mitigation*. Imperial College Press, London, UK, pp 209–237
- Kriticos DJ, Webber BL, Leriche A, et al (2012) CliMond: global high-resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. *Methods Ecol Evol* 3:53–64
- Lawson CR, Hodgson JA, Wilson RJ, Richards SA (2014) Prevalence, thresholds and the performance of presence-absence models. *Methods Ecol Evol* 5:54–64
- Liu C, Newell G, White M (2016) On the selection of thresholds for predicting species occurrence with presence-only data. *Ecol Evol* 6:337–348
- Liu C, White M, Newell G (2013) Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. *J Biogeogr* 40:778–789

- Mcinnis DO, Hendrichs J, Shelly T, et al (2017) Can polyphagous invasive Tephritid pest populations escape detection for years under favorable climatic and host conditions? *Am Entomol* 63:89–99
- Papadopoulos NT, Plant RE, Carey JR (2013) From trickle to flood: the large-scale, cryptic invasion of California by tropical fruit flies. *Proc R Soc B* 280:1–10
- Peterson AT, Vieglais DA (2001) Predicting species invasions using ecological niche modeling: New approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *Bioscience* 51:363–371
- Ponti L, Antoniocossu Q, Gutierrez AP (2009) Climate warming effects on the *Olea europaea-Bactrocera oleae* system in Mediterranean islands: Sardinia as an example. *Glob Chang Biol* 15:2874–2884
- Rice RE, Phillips PA, Stewart-Leslie J, Sibbett GS (2003) Olive fruit fly populations measured in Central and Southern California. *Calif Agric* 57:122–127
- Schreiber SJ, Gutierrez AP (1998) A supply/demand perspective of species invasions and coexistence: applications to biological control. *Ecol Modell* 106:27–45
- Soberón JM (2010) Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. *Ecography (Cop)* 33:159–167
- Stephens AEA, Stringer LD, Suckling DM (2016) Advance, retreat, resettle? Climate change could produce a zero-sum game for invasive species. *Austral Entomol* 55:177–184
- Syfert MM, Joppa L, Smith MJ, et al (2014) Using species distribution models to inform IUCN Red List assessments. *Biol Conserv* 177:174–184
- Szyniszewska AM, Tatem AJ (2014) Global assessment of seasonal potential distribution of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *PLoS One* 9:e111582
- Tzanakakis M (2003) Seasonal development and dormancy of insects and mites feeding on olive: A Review. *Netherlands J Zool* 52:87–224
- van Asch B, Pereira-Castro I, Rei FT, da Costa LT (2015) Marked genetic differentiation between Western Iberian and Italic populations of the Olive fly: Southern France as an Intermediate Area. *PLoS One* 10:e0126702
- Wang X-G, Johnson MW, Daane KM, Nadel H (2009) High summer temperatures affect the survival and reproduction of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Environ Entomol* 38:1496–1504
- Wittenberg R, Cock MJW (2001) Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices. CABI, Wallingford
- Zygouridis NE, Augustinos AA, Zalom FG, Mathiopoulos KD (2009) Analysis of olive fly invasion in California based on microsatellite markers. *Heredity (Edinb)* 102:402–412

Material suplementar 3 Variáveis ambientais utilizadas para a Modelagem de Distribuição de Espécies. (DOCX)

Variáveis ambientais (Climond, versão 1.2)

10' resolução

Dados históricos	Dados de cenário futuro				
	Ano	CSIRO		MIROC-H	
1961-1990	2030	A1B	A2	A1B	A2
(30 anos centrado em 1975)	2050				

Modelos: CSIRO: CSIRO-MK_{3.0}, CSIRO, Austrália; MIROC-H: *Centre for Climate*, Japão

Cenários de emissão: IPCC IV SRES Cenários A1B e A2

Descrição das Variáveis ambientais

Código	Variável
Bio01	Temperatura média anual (°C)
Bio02	Intervalo médio de temperatura diurna (média (período max-min)) (°C)
Bio03	Isotermalidade (Bio02 ÷ Bio07)
Bio04	Sazonalidade da temperatura (C de V)
Bio05	Temperatura máxima da semana mais quente (°C)
Bio06	Temperatura mínima da semana mais fria (°C)
Bio07	Faixa anual de temperatura (Bio05-Bio06) (°C)
Bio08	Temperatura média do trimestre mais úmido (°C)
Bio09	Temperatura média do trimestre mais seco (°C)
Bio10	Temperatura média do trimestre mais quente (°C)
Bio11	Temperatura média do trimestre mais frio (°C)
Bio12	Precipitação anual (mm)
Bio13	Precipitação da semana mais úmida (mm)
Bio14	Precipitação da semana mais seca (mm)
Bio15	Precipitação sazonal (C de V)
Bio16	Precipitação do trimestre mais úmido (mm)
Bio17	Precipitação do trimestre mais seco (mm)
Bio18	Precipitação do trimestre mais quente (mm)
Bio19	Precipitação do trimestre mais frio (mm)
Bio20	Radiação média anual (W m ⁻²)
Bio21	Radiação semanal mais alta (W m ⁻²)
Bio22	Radiação semanal mais baixa (W m ⁻²)
Bio23	Temporada de radiação (C de V)
Bio24	Radiação do trimestre mais úmido (W m ⁻²)
Bio25	Radiação do trimestre mais seco (W m ⁻²)
Bio26	Radiação do trimestre mais quente (W m ⁻²)
Bio27	Radiação do trimestre mais frio (W m ⁻²)
Bio28	Índice médio anual de umidade
Bio29	Índice de umidade semanal mais alto
Bio30	Índice de umidade semanal mais baixo
Bio31	Sazonalidade do índice de umidade (C de V)
Bio32	Índice médio de umidade do trimestre mais úmido
Bio33	Índice médio de umidade do trimestre mais seco
Bio34	Índice médio de umidade do trimestre mais quente
Bio35	Índice médio de umidade do trimestre mais frio

Material suplementar 4 Coordenadas geográficas das localidades de ocorrência de *Bactrocera oleae* utilizadas na modelagem. (XLSX).

Species	long	lat	Species	long	lat	Species	long	lat
<i>B.oleae</i>	-1.39	34.87	<i>B.oleae</i>	26.67	-25.64	<i>B.oleae</i>	27.57	38.73
<i>B.oleae</i>	4.14	36.76	<i>B.oleae</i>	20.96	-33.81	<i>B.oleae</i>	27.22	38.45
<i>B.oleae</i>	3.99	36.61	<i>B.oleae</i>	27.55	-30.82	<i>B.oleae</i>	27.42	38.42
<i>B.oleae</i>	4.39	36.4	<i>B.oleae</i>	18.42	-33.92	<i>B.oleae</i>	27.05	38.6
<i>B.oleae</i>	4.69	36.61	<i>B.oleae</i>	27.9	-32.9	<i>B.oleae</i>	28.05	37.62
<i>B.oleae</i>	-2.04	34.97	<i>B.oleae</i>	27.55	-26.02	<i>B.oleae</i>	27.58	37.87
<i>B.oleae</i>	-1.92	34.92	<i>B.oleae</i>	27.48	-25.68	<i>B.oleae</i>	27.7	37.83
<i>B.oleae</i>	-2.02	35.02	<i>B.oleae</i>	18.97	-33.73	<i>B.oleae</i>	28.1	37.33
<i>B.oleae</i>	-2.19	35.05	<i>B.oleae</i>	28.37	-25.57	<i>B.oleae</i>	33.27	36.57
<i>B.oleae</i>	-0.24	35.53	<i>B.oleae</i>	28.08	-25.62	<i>B.oleae</i>	34.93	36.93
<i>B.oleae</i>	12.15	-15.2	<i>B.oleae</i>	19.46	-33.65	<i>B.oleae</i>	34.77	36.86
<i>B.oleae</i>	12.44	-15.8	<i>B.oleae</i>	18.55	-34.05	<i>B.oleae</i>	35.8	37.45
<i>B.oleae</i>	31.13	29.98	<i>B.oleae</i>	18.94	-33.97	<i>B.oleae</i>	35.63	37.27
<i>B.oleae</i>	30.04	31.31	<i>B.oleae</i>	-16.54	28.39	<i>B.oleae</i>	35.05	37.23
<i>B.oleae</i>	39.08	15.4	<i>B.oleae</i>	-15.6	27.95	<i>B.oleae</i>	36.37	37.12
<i>B.oleae</i>	39.06	15.32	<i>B.oleae</i>	-16.8	28.29	<i>B.oleae</i>	36.07	37.37
<i>B.oleae</i>	38.7	9.03	<i>B.oleae</i>	10.11	36.87	<i>B.oleae</i>	36.13	37.07
<i>B.oleae</i>	37.6	9.03	<i>B.oleae</i>	10.77	34.73	<i>B.oleae</i>	36.23	36.1
<i>B.oleae</i>	39.22	10.3	<i>B.oleae</i>	11.06	35.51	<i>B.oleae</i>	36.74	37.17
<i>B.oleae</i>	39.75	7.13	<i>B.oleae</i>	10.18	36.81	<i>B.oleae</i>	36.6	37.02
<i>B.oleae</i>	38.84	9.71	<i>B.oleae</i>	9.54	33.87	<i>B.oleae</i>	27.83	37.87
<i>B.oleae</i>	39.45	-4.06	<i>B.oleae</i>	52.52	29.6	<i>B.oleae</i>	28.67	40.16
<i>B.oleae</i>	34.45	1.1	<i>B.oleae</i>	53.62	30.45	<i>B.oleae</i>	27.59	40.21
<i>B.oleae</i>	36.42	-1.22	<i>B.oleae</i>	54.38	36.83	<i>B.oleae</i>	28.36	39.81
<i>B.oleae</i>	35.74	-0.61	<i>B.oleae</i>	49.27	36.72	<i>B.oleae</i>	29.13	40.86
<i>B.oleae</i>	36.02	-0.57	<i>B.oleae</i>	49.48	36.65	<i>B.oleae</i>	28.26	40.38
<i>B.oleae</i>	37.26	0.05	<i>B.oleae</i>	49.42	36.82	<i>B.oleae</i>	28.78	40.38
<i>B.oleae</i>	39.26	-4.48	<i>B.oleae</i>	48.9	36.93	<i>B.oleae</i>	28.54	40.34
<i>B.oleae</i>	35.45	1.25	<i>B.oleae</i>	34.6	31.72	<i>B.oleae</i>	28.76	40.33
<i>B.oleae</i>	37.91	-0.02	<i>B.oleae</i>	34.75	31.48	<i>B.oleae</i>	29.66	40.03
<i>B.oleae</i>	35.7	-0.37	<i>B.oleae</i>	35.02	31.75	<i>B.oleae</i>	29.41	40.52
<i>B.oleae</i>	35.53	-0.37	<i>B.oleae</i>	35.31	32.9	<i>B.oleae</i>	29.38	40.41
<i>B.oleae</i>	37.93	2.23	<i>B.oleae</i>	34.7	32.03	<i>B.oleae</i>	29.71	40.51
<i>B.oleae</i>	36.82	-1.28	<i>B.oleae</i>	35.32	32.68	<i>B.oleae</i>	29.19	40.26
<i>B.oleae</i>	37.07	0.02	<i>B.oleae</i>	34.86	31.38	<i>B.oleae</i>	28.3	36.98
<i>B.oleae</i>	36.63	-1.4	<i>B.oleae</i>	34.77	31.89	<i>B.oleae</i>	27.98	37.13
<i>B.oleae</i>	36.37	0.03	<i>B.oleae</i>	34.78	30.87	<i>B.oleae</i>	26.23	39.76
<i>B.oleae</i>	36.71	-1.36	<i>B.oleae</i>	35.66	32.32	<i>B.oleae</i>	20.17	41.15
<i>B.oleae</i>	37.06	-0.11	<i>B.oleae</i>	36.1	34.12	<i>B.oleae</i>	19.78	41.33
<i>B.oleae</i>	27.85	-29.13	<i>B.oleae</i>	35.21	31.77	<i>B.oleae</i>	14.77	44.77
<i>B.oleae</i>	-8.08	31.63	<i>B.oleae</i>	35.23	31.95	<i>B.oleae</i>	13.84	44.89
<i>B.oleae</i>	17.32	-19.63	<i>B.oleae</i>	35.35	32.32	<i>B.oleae</i>	17.92	42.73
<i>B.oleae</i>	18.08	-19.58	<i>B.oleae</i>	35.18	32.22	<i>B.oleae</i>	18.39	42.55
<i>B.oleae</i>	18.15	-19.38	<i>B.oleae</i>	34.99	32.31	<i>B.oleae</i>	16.67	43.43
<i>B.oleae</i>	17.05	-22.7	<i>B.oleae</i>	35.25	32.47	<i>B.oleae</i>	16.35	43.55
<i>B.oleae</i>	18.97	-33.07	<i>B.oleae</i>	41.51	19.75	<i>B.oleae</i>	15.82	43.74
<i>B.oleae</i>	18.88	-34.08	<i>B.oleae</i>	45.08	23.89	<i>B.oleae</i>	15.24	43.91
<i>B.oleae</i>	26.48	-33.47	<i>B.oleae</i>	36.25	37.08	<i>B.oleae</i>	14.41	44.55
<i>B.oleae</i>	26.48	-33.32	<i>B.oleae</i>	35.31	37.02	<i>B.oleae</i>	32.81	34.86
<i>B.oleae</i>	26.07	-33.32	<i>B.oleae</i>	26.3	40	<i>B.oleae</i>	32.36	34.91
<i>B.oleae</i>	27.64	-32.96	<i>B.oleae</i>	29.27	40.6	<i>B.oleae</i>	32.89	35.04
<i>B.oleae</i>	31.14	-25.61	<i>B.oleae</i>	27.78	40.42	<i>B.oleae</i>	33.32	34.73
<i>B.oleae</i>	18.37	-34.05	<i>B.oleae</i>	28.38	40.37	<i>B.oleae</i>	33.42	34.85
<i>B.oleae</i>	18.97	-33.65	<i>B.oleae</i>	29.15	40.43	<i>B.oleae</i>	33.04	35.17
<i>B.oleae</i>	19.1	-33.62	<i>B.oleae</i>	26.58	39.55	<i>B.oleae</i>	33.41	34.8
<i>B.oleae</i>	18.87	-32.2	<i>B.oleae</i>	26.73	39.65	<i>B.oleae</i>	33.39	35.13
<i>B.oleae</i>	18.36	-32.36	<i>B.oleae</i>	27.7	38.52	<i>B.oleae</i>	33.55	34.89
<i>B.oleae</i>	26.08	-25.54	<i>B.oleae</i>	28.15	38.47	<i>B.oleae</i>	3.82	43.73

Species	long	lat		Species	long	lat		Species	long	lat
<i>B.oleae</i>	7.55	43.99		<i>B.oleae</i>	14.34	40.81		<i>B.oleae</i>	-7.63	38.65
<i>B.oleae</i>	9.28	41.58		<i>B.oleae</i>	11.43	43.47		<i>B.oleae</i>	-8.75	39.36
<i>B.oleae</i>	3.85	43.6		<i>B.oleae</i>	15.07	37.51		<i>B.oleae</i>	-8.02	38.53
<i>B.oleae</i>	2.82	42.52		<i>B.oleae</i>	13.04	37.98		<i>B.oleae</i>	-7.8	38.24
<i>B.oleae</i>	2.98	43.02		<i>B.oleae</i>	10.8	45.77		<i>B.oleae</i>	-7.91	38.58
<i>B.oleae</i>	2.88	42.63		<i>B.oleae</i>	12.72	42.22		<i>B.oleae</i>	-0.15	40.15
<i>B.oleae</i>	3.08	43.57		<i>B.oleae</i>	14.72	42.12		<i>B.oleae</i>	2.62	39.55
<i>B.oleae</i>	4.63	43.67		<i>B.oleae</i>	10.36	43.71		<i>B.oleae</i>	-4.52	36.72
<i>B.oleae</i>	7.38	43.75		<i>B.oleae</i>	12.77	37.68		<i>B.oleae</i>	-2.09	42.42
<i>B.oleae</i>	7.27	43.72		<i>B.oleae</i>	8.32	40.55		<i>B.oleae</i>	-5.97	40.49
<i>B.oleae</i>	6.45	43.42		<i>B.oleae</i>	13.52	43.62		<i>B.oleae</i>	0.52	40.81
<i>B.oleae</i>	19.9	39.783		<i>B.oleae</i>	11.85	43.47		<i>B.oleae</i>	-3.43	40.22
<i>B.oleae</i>	25.02	35.15		<i>B.oleae</i>	8.45	40.73		<i>B.oleae</i>	-0.51	38.35
<i>B.oleae</i>	23.73	37.98		<i>B.oleae</i>	10.72	45.53		<i>B.oleae</i>	-6.35	39.97
<i>B.oleae</i>	23.95	38.158		<i>B.oleae</i>	16.85	41.12		<i>B.oleae</i>	-5.92	38.72
<i>B.oleae</i>	23.54	40.29		<i>B.oleae</i>	9.1	39.2		<i>B.oleae</i>	-4.98	39.98
<i>B.oleae</i>	25.88	40.87		<i>B.oleae</i>	8.97	45.8		<i>B.oleae</i>	3.15	41.95
<i>B.oleae</i>	22.23	38.45		<i>B.oleae</i>	10.37	42.73		<i>B.oleae</i>	-4.52	40.58
<i>B.oleae</i>	22.42	36.55		<i>B.oleae</i>	14.22	41.1		<i>B.oleae</i>	2.72	39.75
<i>B.oleae</i>	20.7	38.83		<i>B.oleae</i>	17.15	40.88		<i>B.oleae</i>	-5.98	36.87
<i>B.oleae</i>	22.98	36.18		<i>B.oleae</i>	11.47	45.63		<i>B.oleae</i>	-6.28	38.03
<i>B.oleae</i>	20.72	38.3		<i>B.oleae</i>	11.25	43.78		<i>B.oleae</i>	-6.72	37.51
<i>B.oleae</i>	23.92	35.45		<i>B.oleae</i>	15.9	38.42		<i>B.oleae</i>	1.38	42.13
<i>B.oleae</i>	24.05	35.49		<i>B.oleae</i>	11.65	45.73		<i>B.oleae</i>	-2.88	39.48
<i>B.oleae</i>	24.65	36.8		<i>B.oleae</i>	12.43	37.78		<i>B.oleae</i>	-0.32	39.07
<i>B.oleae</i>	25.74	35.02		<i>B.oleae</i>	15.55	38.18		<i>B.oleae</i>	-3.72	40.43
<i>B.oleae</i>	24.98	35.2		<i>B.oleae</i>	11.78	45.32		<i>B.oleae</i>	-6.82	37.31
<i>B.oleae</i>	21.68	37.25		<i>B.oleae</i>	14.05	42.42		<i>B.oleae</i>	-4.81	37.89
<i>B.oleae</i>	24.39	40.93		<i>B.oleae</i>	18.48	40.13		<i>B.oleae</i>	-1.13	37.97
<i>B.oleae</i>	23.2	39.22		<i>B.oleae</i>	16.17	39.32		<i>B.oleae</i>	-3.89	40.57
<i>B.oleae</i>	22.8	39.28		<i>B.oleae</i>	12.48	41.88		<i>B.oleae</i>	2.9	39.77
<i>B.oleae</i>	21.38	38.62		<i>B.oleae</i>	16.63	39.57		<i>B.oleae</i>	2.67	39.62
<i>B.oleae</i>	22.37	38.52		<i>B.oleae</i>	15.52	41.46		<i>B.oleae</i>	2.98	39.57
<i>B.oleae</i>	21.52	38.45		<i>B.oleae</i>	15.28	37.05		<i>B.oleae</i>	2.55	41.6
<i>B.oleae</i>	21.65	38.14		<i>B.oleae</i>	9.91	44.14		<i>B.oleae</i>	1.58	41.28
<i>B.oleae</i>	21.82	38.32		<i>B.oleae</i>	7.59	43.79		<i>B.oleae</i>	2.87	42.4
<i>B.oleae</i>	22.09	37.03		<i>B.oleae</i>	8.62	44.37		<i>B.oleae</i>	0.13	40.13
<i>B.oleae</i>	25.93	39.19		<i>B.oleae</i>	9.11	44.4		<i>B.oleae</i>	2.92	42.19
<i>B.oleae</i>	26.68	37.72		<i>B.oleae</i>	7.92	43.85		<i>B.oleae</i>	-4.53	37.65
<i>B.oleae</i>	24.03	35.53		<i>B.oleae</i>	12.1	42.4		<i>B.oleae</i>	-5.25	36.64
<i>B.oleae</i>	24.76	35.07		<i>B.oleae</i>	10.6	43.02		<i>B.oleae</i>	-6.25	39.8
<i>B.oleae</i>	24.87	35.05		<i>B.oleae</i>	9.61	44.19		<i>B.oleae</i>	-5.8	38.7
<i>B.oleae</i>	25.1	35.32		<i>B.oleae</i>	8.11	44.08		<i>B.oleae</i>	-3.87	37.97
<i>B.oleae</i>	19.76	39.75		<i>B.oleae</i>	8.08	43.91		<i>B.oleae</i>	-3.98	37.72
<i>B.oleae</i>	19.86	39.57		<i>B.oleae</i>	13.68	41.69		<i>B.oleae</i>	-3.83	37.78
<i>B.oleae</i>	22.91	39.37		<i>B.oleae</i>	8.37	44.22		<i>B.oleae</i>	25.7	40.15
<i>B.oleae</i>	23.74	35.49		<i>B.oleae</i>	19.05	42.1		<i>B.oleae</i>	26.32	40.18
<i>B.oleae</i>	23.04	39.35		<i>B.oleae</i>	-6.27	41.51		<i>B.oleae</i>	25.88	40.2
<i>B.oleae</i>	22.85	38.43		<i>B.oleae</i>	-9.38	38.8				
<i>B.oleae</i>	22.92	40.62		<i>B.oleae</i>	-7.12	41.54				
<i>B.oleae</i>	23.78	35.53		<i>B.oleae</i>	-7.74	41.28				
<i>B.oleae</i>	22.39	39.63		<i>B.oleae</i>	-7.52	39.82				
<i>B.oleae</i>	23.2	40.27		<i>B.oleae</i>	-9.18	38.75				
<i>B.oleae</i>	27.28	36.9		<i>B.oleae</i>	-8.33	41.43				
<i>B.oleae</i>	24.31	35.31		<i>B.oleae</i>	-7.82	37.92				
<i>B.oleae</i>	25.58	35.1		<i>B.oleae</i>	-7.27	38.87				
<i>B.oleae</i>	25.7	35.2		<i>B.oleae</i>	-7.25	40.53				
<i>B.oleae</i>	22.79	37.66		<i>B.oleae</i>	-7.78	38.58				

Material suplementar 5 Resultados da análise de componentes principais utilizados na seleção de variáveis ambientais para inserção na modelagem. (XLSX)

PC	Eigenvalue	% variance
1	11.6857	33.388
2	10.6073	30.307
3	5.38746	15.393
4	2.37741	6.7926
5	1.34733	3.8495
6	1.10189	3.1483
7	0.803745	2.2964
8	0.393817	1.1252
9	0.301963	0.86275
10	0.241634	0.69038
11	0.218772	0.62506
12	0.134629	0.38466
13	0.116445	0.3327
14	0.078804	0.22516
15	0.04863	0.13894
16	0.037756	0.10787
17	0.025636	0.07325
18	0.015183	0.04338
19	0.011231	0.03209
20	0.010667	0.03048
21	0.008864	0.02533
22	0.008158	0.02331
23	0.007332	0.02095
24	0.006415	0.01833
25	0.005499	0.01571
26	0.004719	0.01348
27	0.003692	0.01055
28	0.002818	0.00805
29	0.002277	0.00651
30	0.001355	0.00387
31	0.00123	0.00351
32	0.000814	0.00233
33	0.000662	0.00189
34	8.81E-05	0.00025
35	1.41E-14	4.02E-14

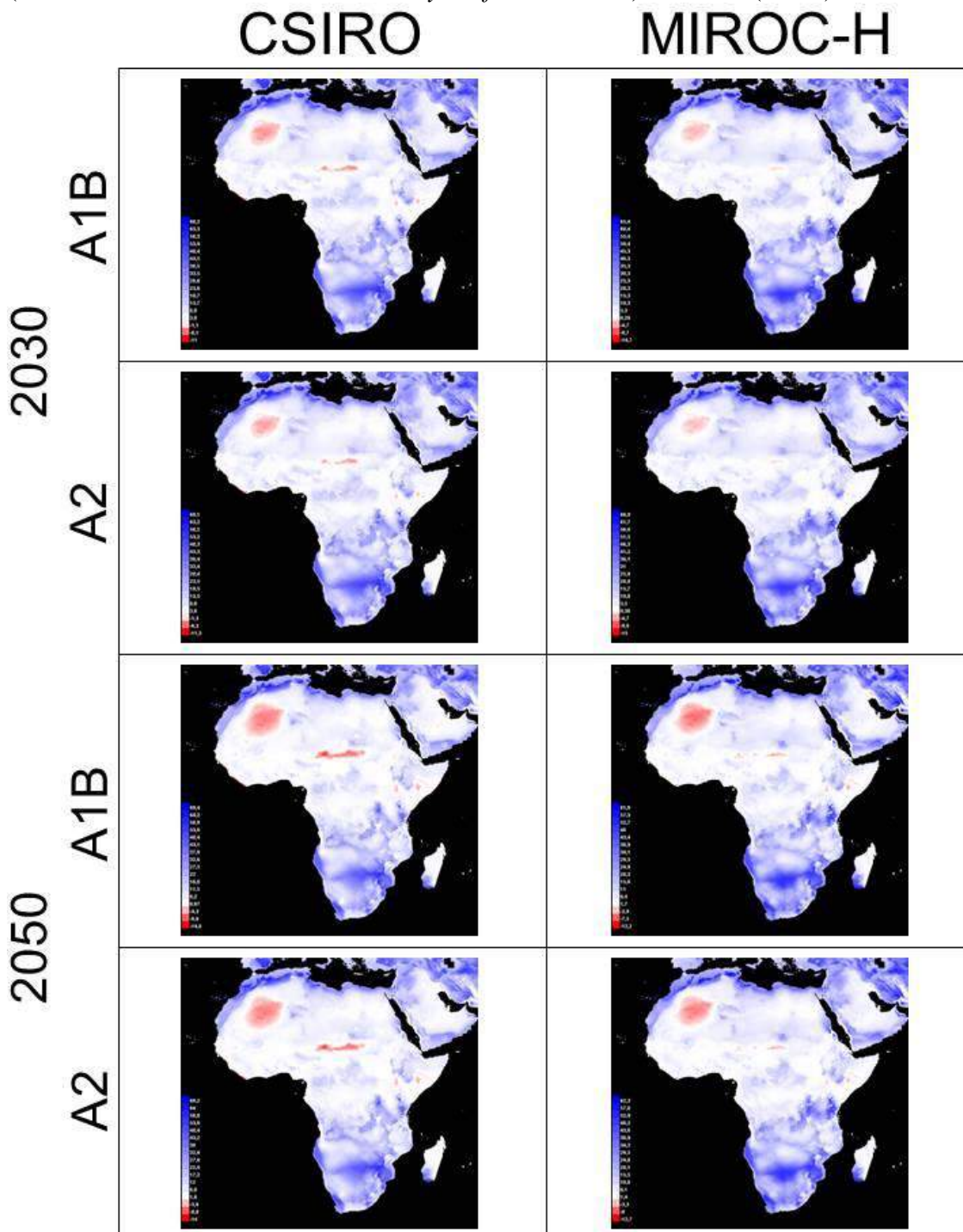
Material suplementar 6 Correlação entre os componentes principais e os valores das variáveis ambientais utilizados na seleção das variáveis ambientais para inserção na modelagem. (XLSX)

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6
bio10	0.7907	0.1912	-0.1417	-0.1315	0.5225	0.0333
bio11	0.3549	-0.7502	0.3501	-0.3834	0.1546	-0.02
bio12	-0.7046	0.1568	0.6061	0.144	0.2257	-0.0313
bio13	-0.245	0.0053	0.8976	0.1961	0.1497	-0.0225
bio14	-0.882	0.0639	-0.1613	0.0288	0.2414	0.1266
bio15	0.7411	-0.1872	0.4757	0.1036	-0.1433	0.0171
bio16	-0.2571	0.1119	0.8939	0.2206	0.1395	0.0095
bio17	-0.9042	0.0729	-0.143	-0.0331	0.2425	0.0698
bio18	-0.7372	-0.5433	0.0363	0.2229	0.1542	0.0591
bio19	-0.0484	0.5995	0.6645	0.0569	0.0617	-0.0548
bio32	-0.3441	0.6093	0.662	0.0088	0.0244	-0.0775
bio33	-0.9601	-0.0167	-0.0959	-0.0563	0.138	0.1311
bio30	-0.9515	-0.0413	-0.1106	-0.0164	0.1269	0.1665
bio31	0.8268	0.1506	0.3662	0.1413	-0.1004	-0.134
bio34	-0.8406	-0.4333	0.023	0.1314	0.0856	0.1094
bio35	-0.1922	0.8388	0.3756	-0.1149	-0.0079	-0.078
bio07	0.2934	0.4619	-0.4531	0.6273	0.273	-0.1541
bio06	0.3351	-0.4985	0.4072	-0.6659	0.1205	0.0059
bio05	0.7688	0.1204	-0.205	0.1753	0.5121	-0.2106
bio04	0.1965	0.8017	-0.4064	0.2606	0.202	0.0448
bio03	-0.0885	-0.8435	0.3165	0.1477	-0.0755	-0.2134
bio02	0.2286	-0.5676	-0.0436	0.6563	0.1089	-0.2852
bio01	0.685	-0.4851	0.1812	-0.3009	0.3977	0.0283
bio09	0.7061	0.4057	0.0684	-0.2939	0.222	-0.1732
bio08	0.0006	-0.8292	-0.0435	-0.2504	0.2949	0.2364
bio29	-0.3273	0.503	0.7341	0.0247	0.047	-0.1119
bio28	-0.8124	0.4383	0.3211	-0.0837	0.0863	0.0102
bio21	0.5403	0.6764	0.1208	0.1204	0.0011	0.4339
bio20	0.7063	-0.2867	0.3374	0.3296	-0.028	0.3995
bio23	-0.0594	0.9383	-0.2117	-0.1249	0.045	0.1288
bio22	0.2615	-0.8643	0.2808	0.2277	-0.0323	0.0693
bio25	0.5822	0.6066	0.2404	-0.0493	-0.0787	0.187
bio24	-0.0222	-0.8452	-0.086	0.2672	0.1055	0.2779
bio27	0.2854	-0.8226	0.346	0.219	-0.0653	0.1269
bio26	0.5848	0.6106	0.1521	0.1955	0.0023	0.4362

Material suplementar 7 Coordenadas geográficas dos locais de ocorrência de *Bactrocera olea* utilizadas na verificação da modelagem. (XLSX)

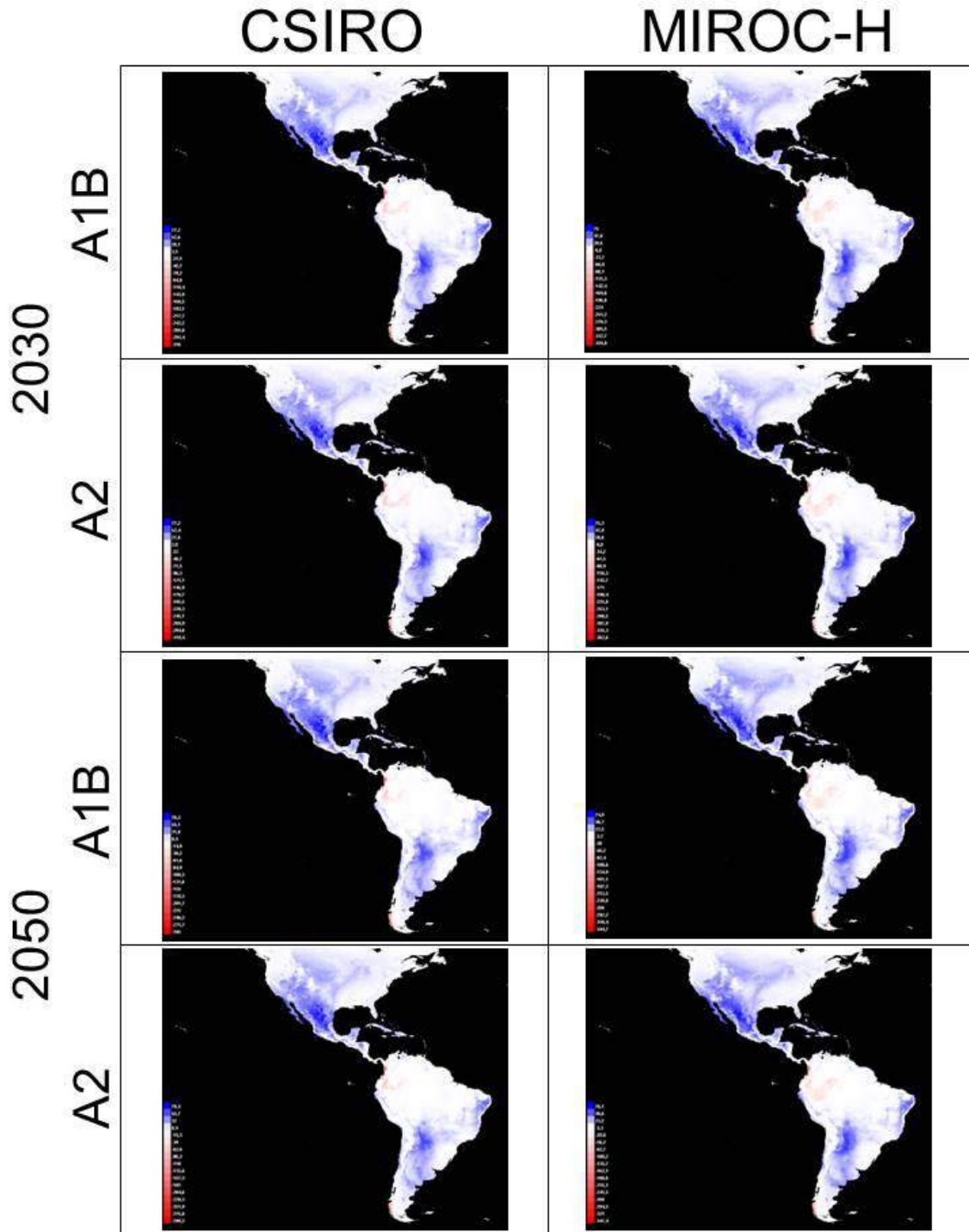
Specie	long	lat
<i>B. oleae</i>	-122.07	37.53
<i>B. oleae</i>	-121.84	37.68
<i>B. oleae</i>	-121	39
<i>B. oleae</i>	-121	38.45
<i>B. oleae</i>	-121.87	37.98
<i>B. oleae</i>	-119.48	36.6
<i>B. oleae</i>	-119	36
<i>B. oleae</i>	-122.2	39.75
<i>B. oleae</i>	-119.16	35.32
<i>B. oleae</i>	-118.69	34.02
<i>B. oleae</i>	-120.11	36.96
<i>B. oleae</i>	-121.9	36.59
<i>B. oleae</i>	-122	38
<i>B. oleae</i>	-117.47	33.95
<i>B. oleae</i>	-117.43	34.15
<i>B. oleae</i>	-117.15	32.7
<i>B. oleae</i>	-120.61	35.12
<i>B. oleae</i>	-120.72	35.63
<i>B. oleae</i>	-120.64	35
<i>B. oleae</i>	-121	36
<i>B. oleae</i>	-119.7	34.42
<i>B. oleae</i>	-122.1	37.3
<i>B. oleae</i>	-122.47	38.29
<i>B. oleae</i>	-119.05	35.96
<i>B. oleae</i>	-119.3	34.27
<i>B. oleae</i>	-121.85	39
<i>B. oleae</i>	-122	38.53
<i>B. oleae</i>	-121.77	38.68
<i>B. oleae</i>	-121.31	38.12
<i>B. oleae</i>	-120.54	37.3
<i>B. oleae</i>	-120.17	34.58
<i>B. oleae</i>	-116.6	31.86
<i>B. oleae</i>	71.55	33.48
<i>B. oleae</i>	71.56	34.33
<i>B. oleae</i>	73.17	34.11
<i>B. oleae</i>	101.25	27.86
<i>B. oleae</i>	101.2	27.82

Material suplementar 8A Análise de superfície de similaridade ambiental multivariada (Multivariate Environmental Similarity Surface – MESS) – África. (JPEG)



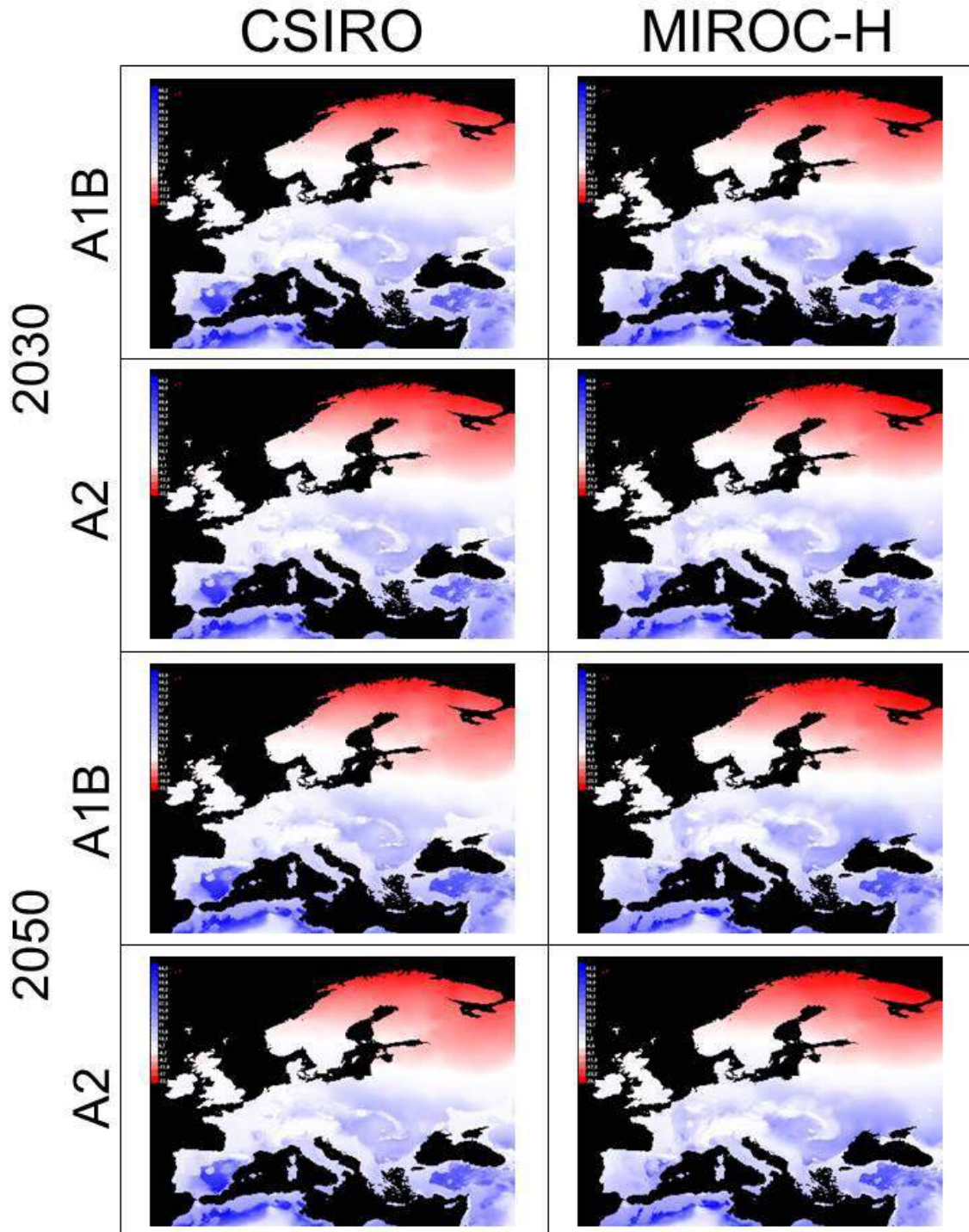
Pictures (MESS) compare the environmental similarity of each variable to the environmental data used for training the model. Areas in red have one or more environmental variables outside the range present in the training data, so predictions in those areas should be treated with strong caution.

Material suplementar 8B Análise de superfície de similaridade ambiental multivariada (*Multivariate Environmental Similarity Surface – MESS*) – América. (JPEG)



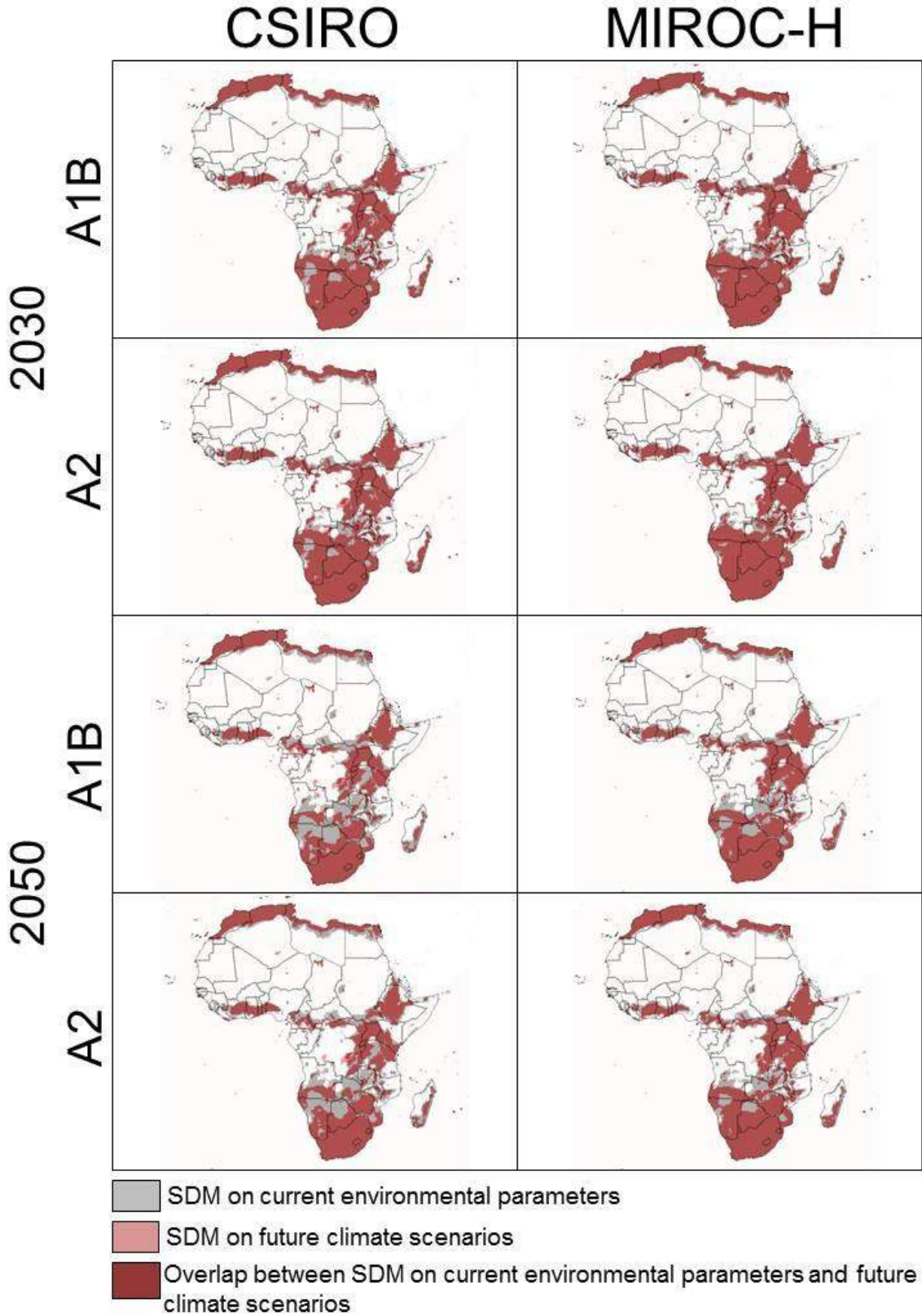
Pictures (MESS) compare the environmental similarity of each variable to the environmental data used for training the model. Areas in red have one or more environmental variables outside the range present in the training data, so predictions in those areas should be treated with strong caution.

Material suplementar 8C Análise de superfície de similaridade ambiental multivariada
(*Multivariate Environmental Similarity Surface – MESS*) – Europa. (JPEG)

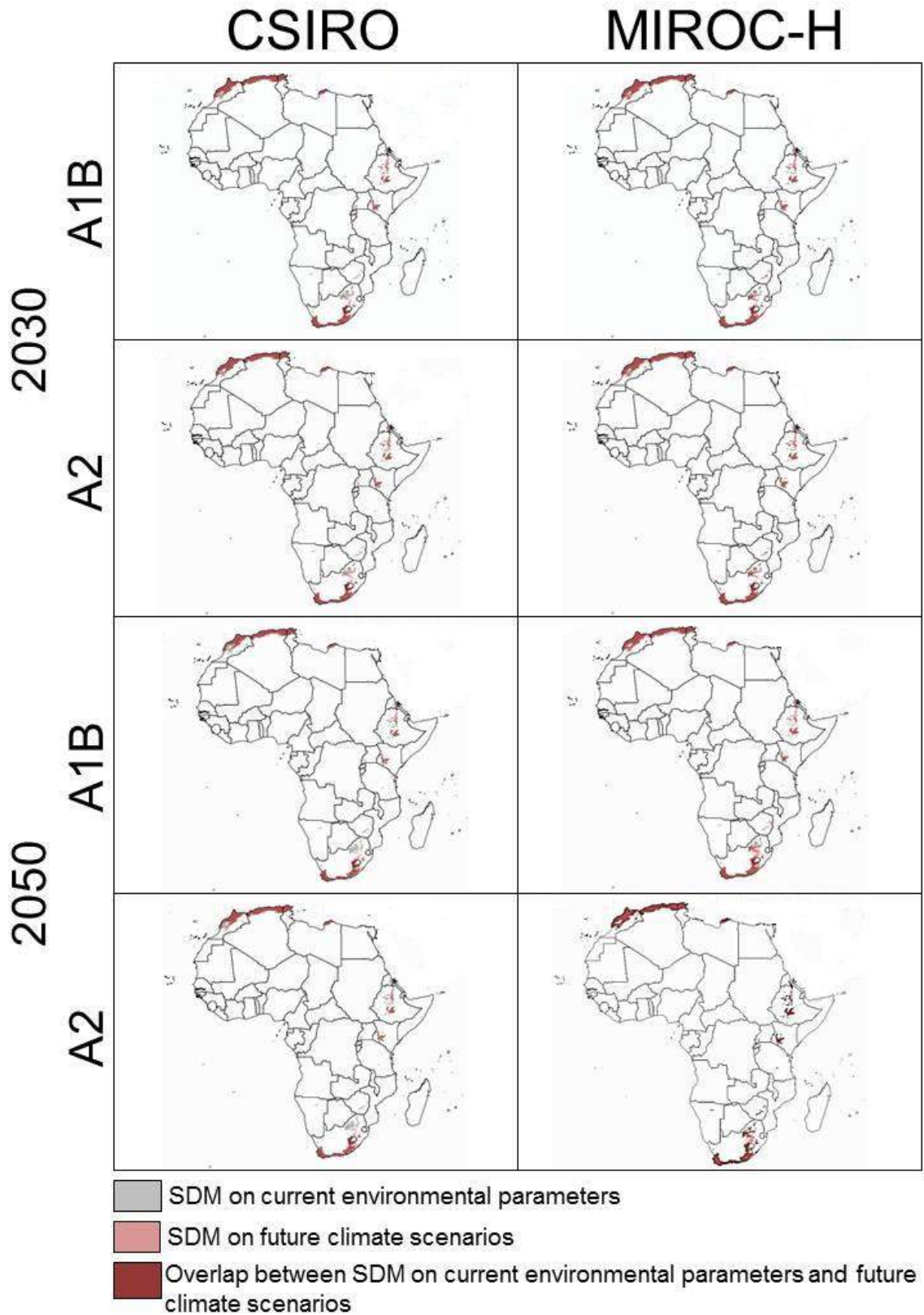


Pictures (MESS) compare the environmental similarity of each variable to the environmental data used for training the model. Areas in red have one or more environmental variables outside the range present in the training data, so predictions in those areas should be treated with strong caution.

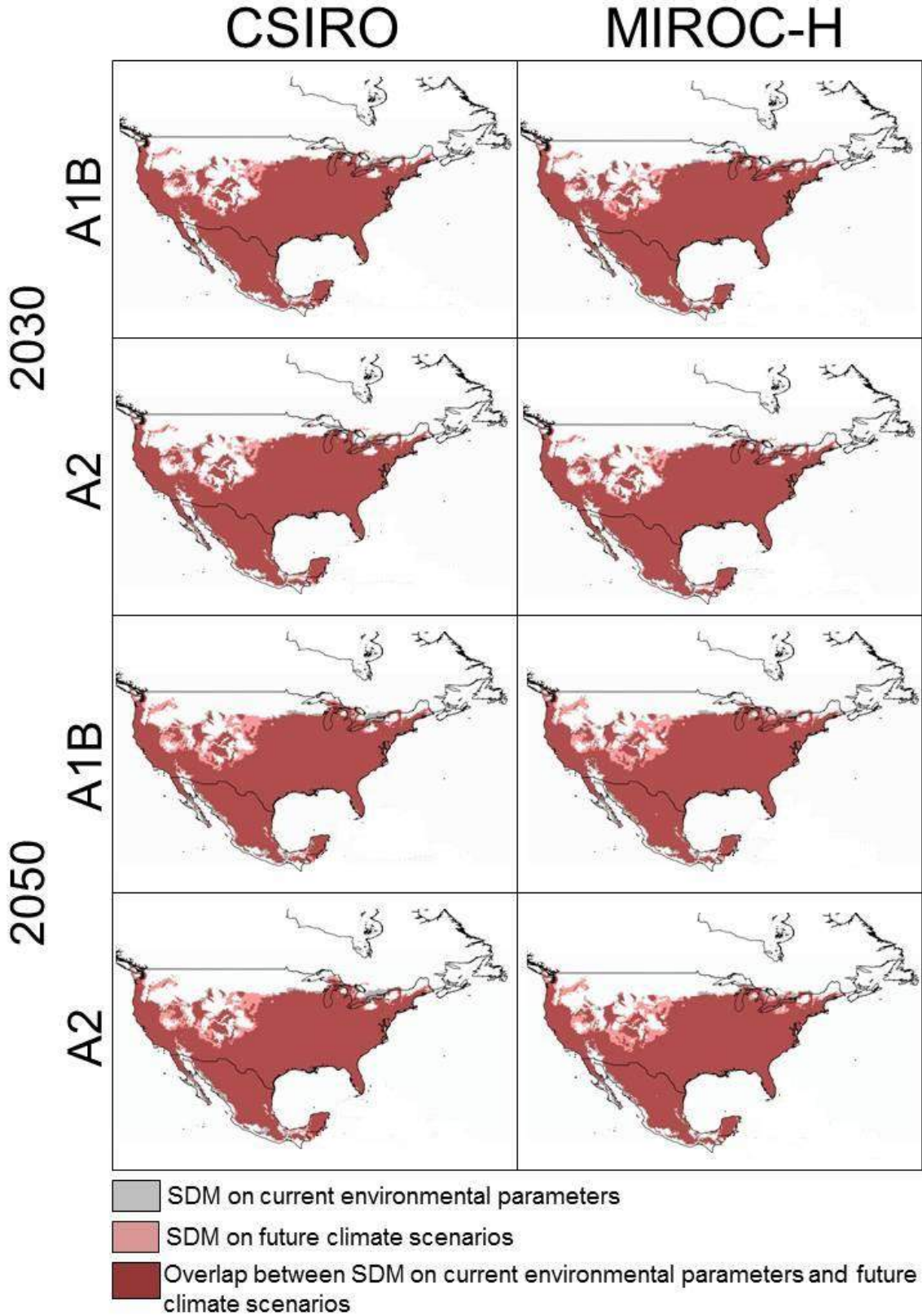
Material suplementar 9A Mapas de sobreposição com valores de Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence - MTP*) – África. (JPEG)



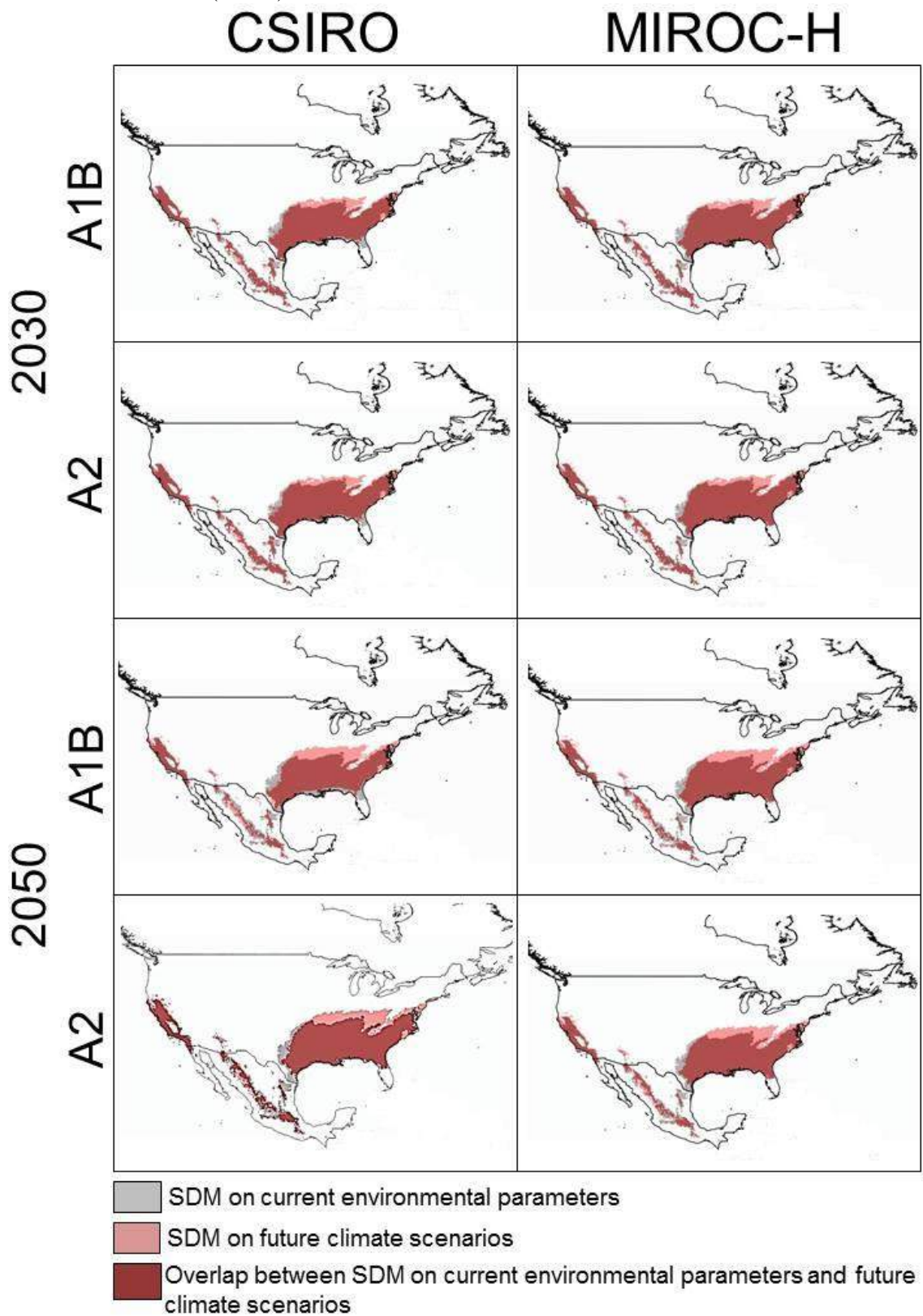
Material suplementar 9B Mapas de sobreposição com valores de Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity - maxSSS*) – África. (JPEG)



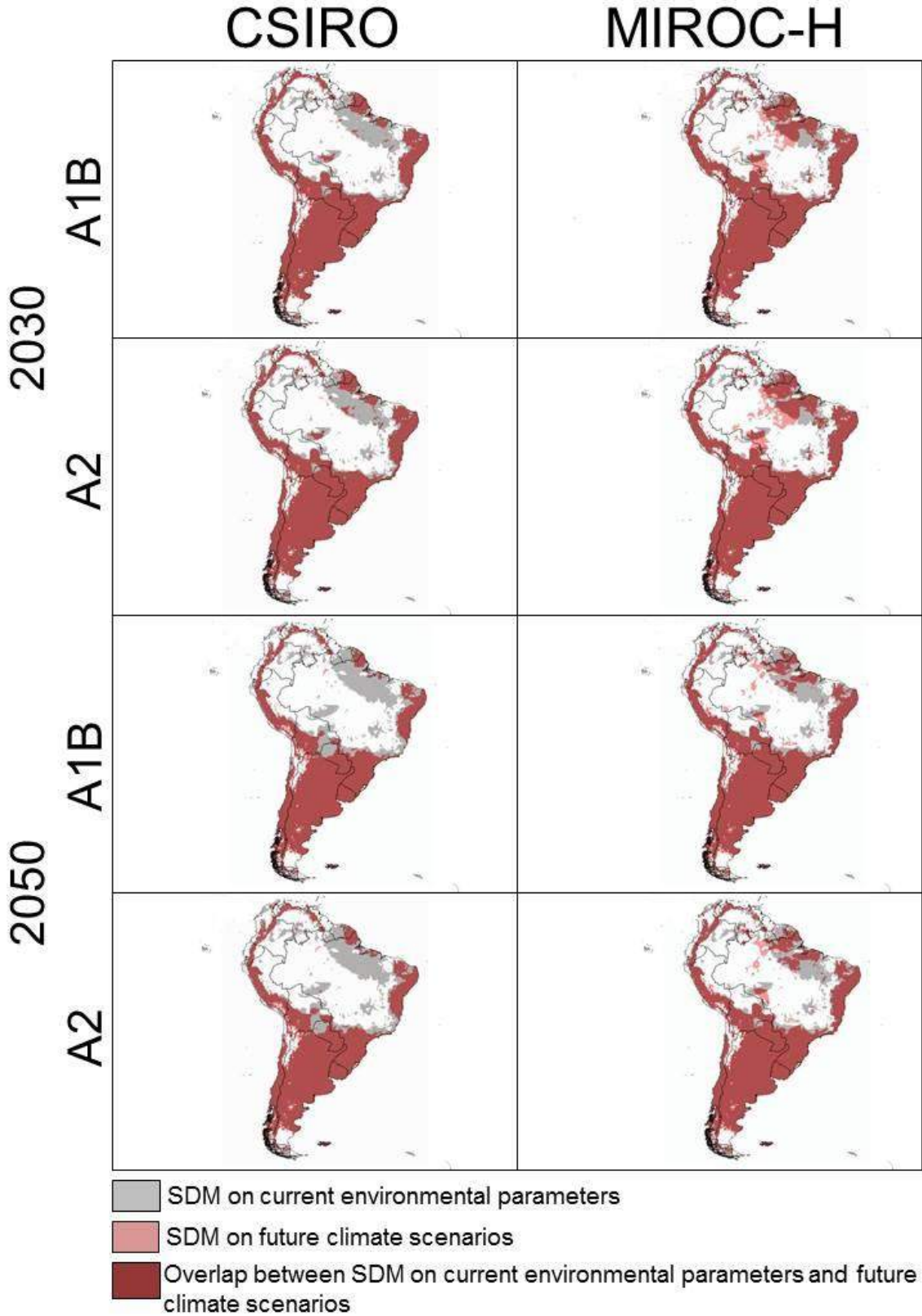
Material suplementar 9C Mapas de sobreposição com valores de Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence - MTP*) – América do Norte. (JPEG)



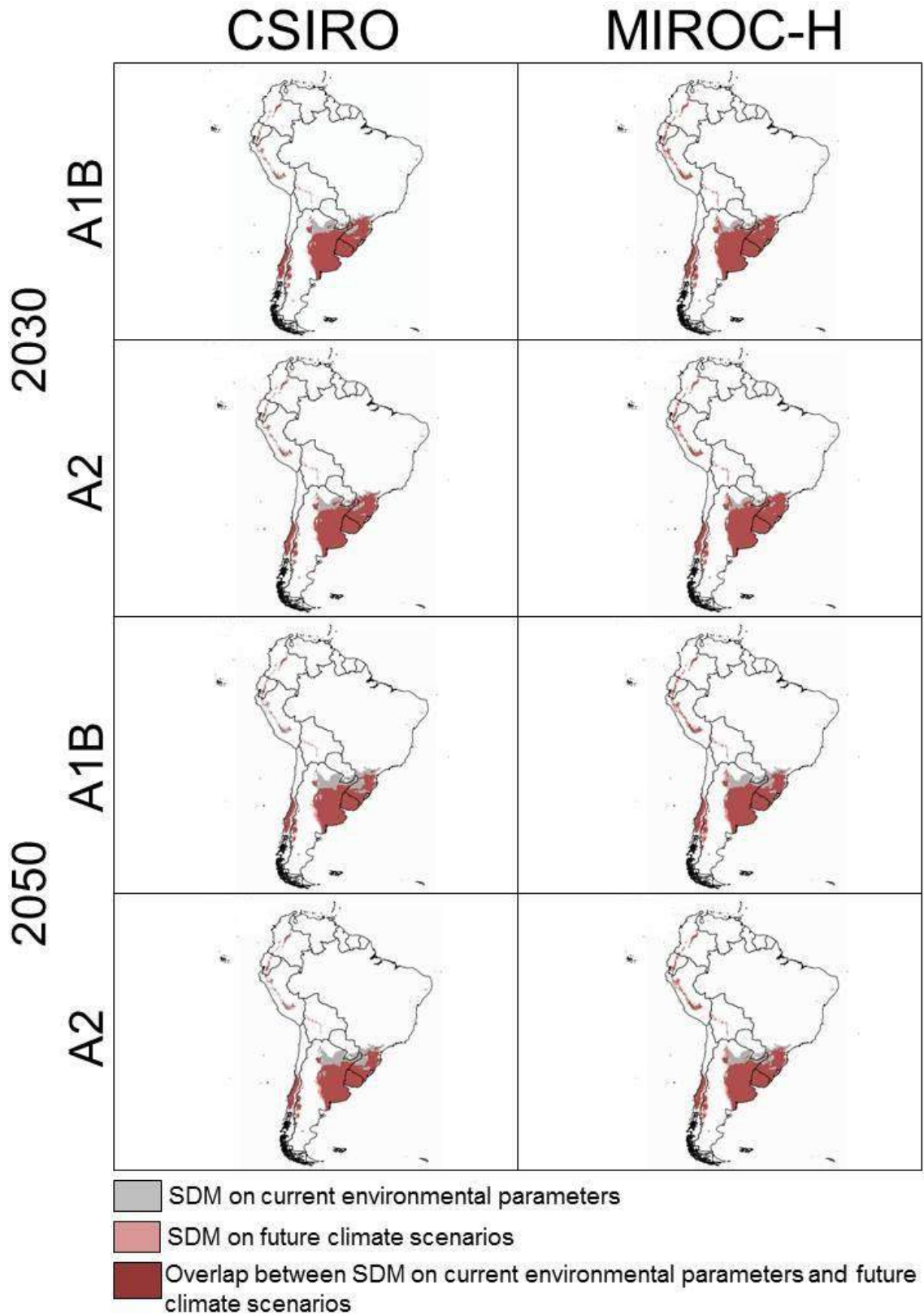
Material suplementar 9D Mapas de sobreposição com valores de Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity - maxSSS*) - América do Norte. (JPEG)



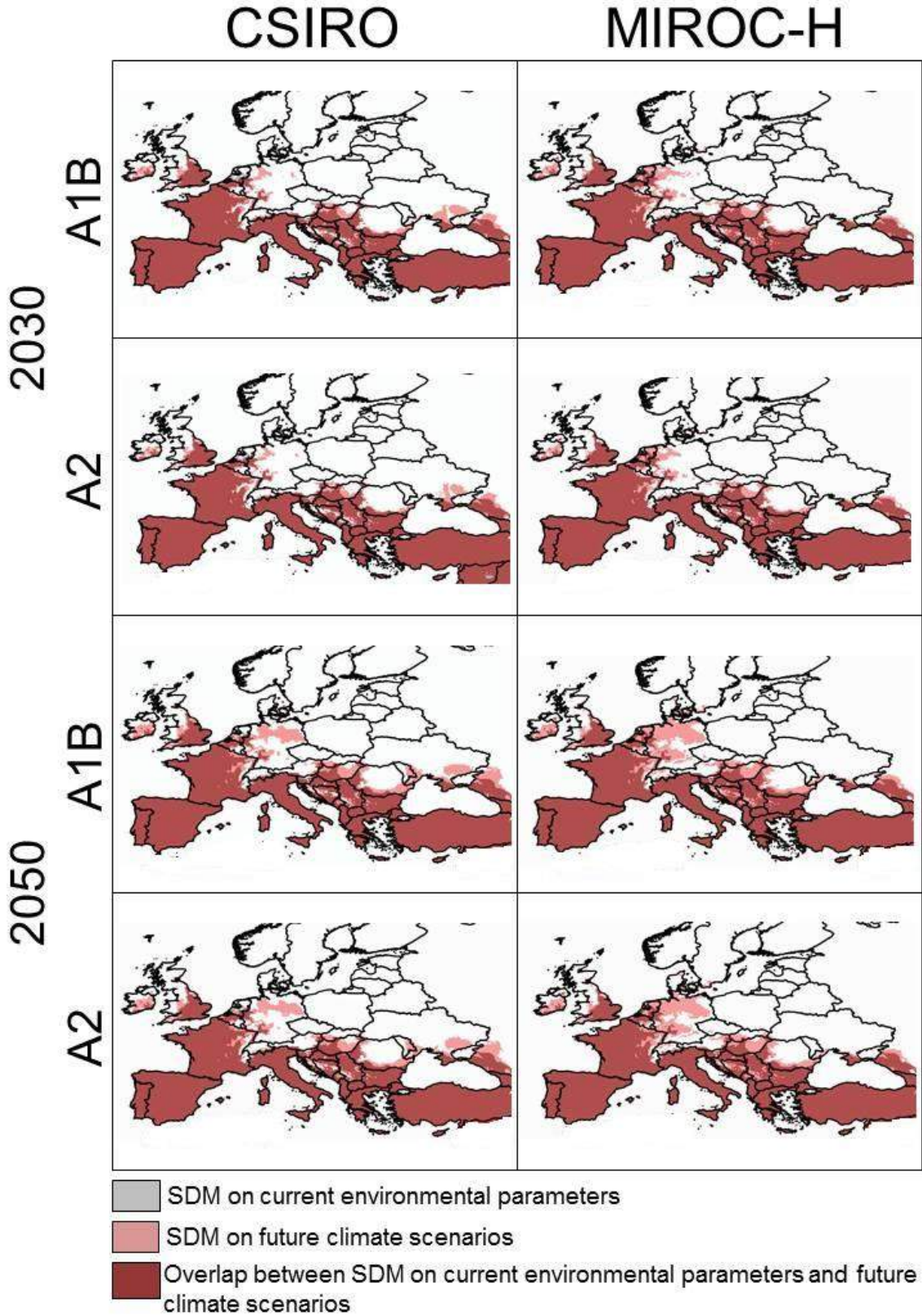
Material suplementar 9E Mapas de sobreposição com valores de Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence - MTP*) – América do Sul. (JPEG)



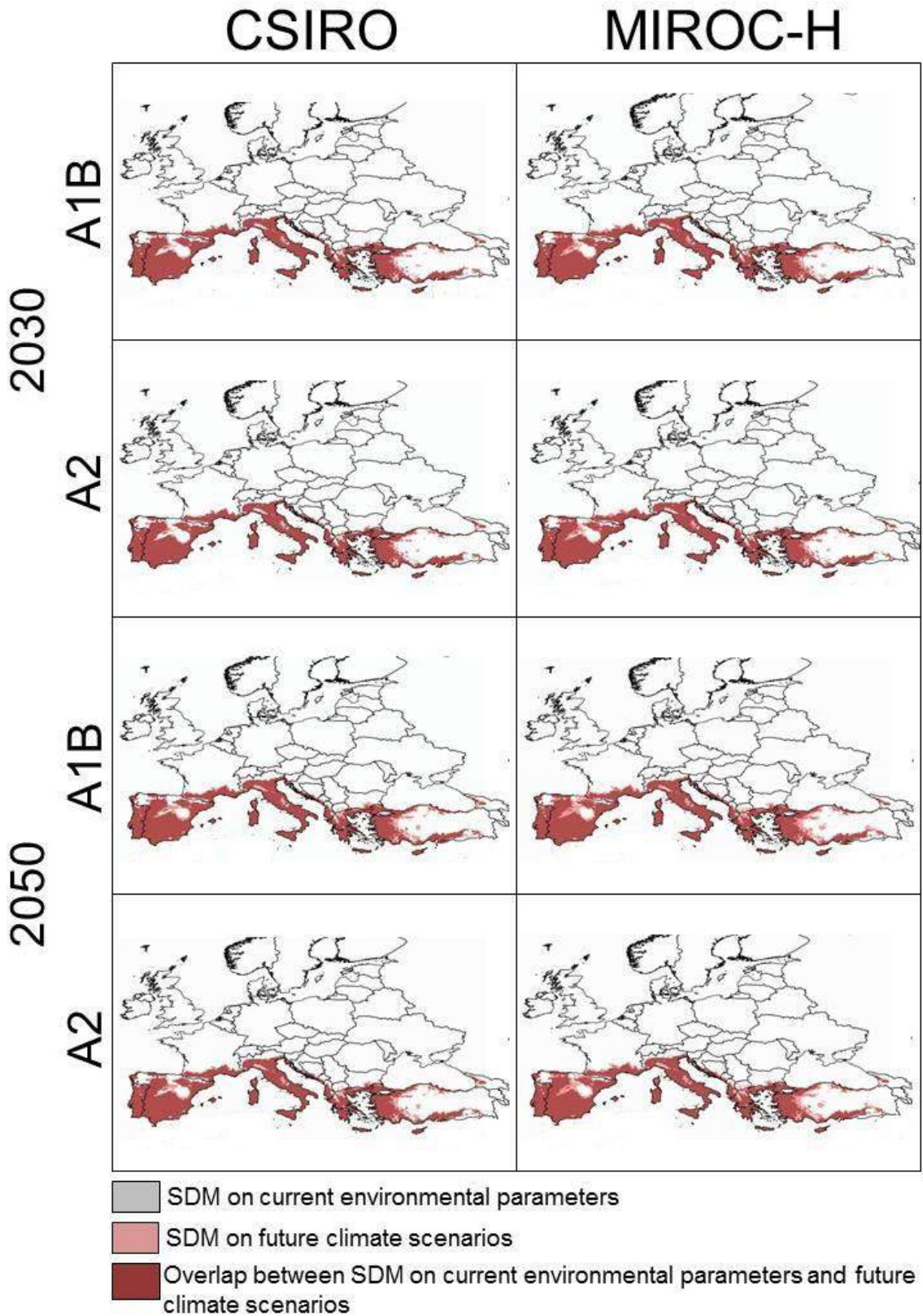
Material suplementar 9F Mapas de sobreposição com valores de Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity - maxSSS*) - América do Sul. (JPEG)



Material suplementar 9G Mapas de sobreposição com valores de Presença Mínima de Treino (*Minimum Training Presence - MTP*) – Europa. (JPEG)



Material suplementar 9H Mapas de sobreposição com valores de Máxima soma da sensibilidade e especificidade (*Maximizing the sum of sensitivity and specificity - maxSSS*) – Europa. (JPEG)



Conclusões Gerais

- *Bactrocera oleae* possui potencial de distribuição para todos os continentes.
- Pela modelagem de nicho ecológico, constatou-se que existem condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de *B. oleae* nas regiões produtoras de oliveira da América do Sul e Oceania, nas quais atualmente a espécie está ausente.
- Na América do Sul, países produtores de oliva como Argentina, Brasil, Chile, Peru e Uruguai, apresentam risco de invasão da praga.
- Ocorre a maior abrangência potencial de *F. arisanus* na Ásia, América Central, América do Sul em comparação a *P. concolor*.
- Na África, América do Norte e Europa, existe maior abrangência de *P. concolor* em regiões de ocorrência de *B. oleae* e de cultivo de olivas em comparação a *F. arisanus*.
- Nas áreas de cultivo de oliveiras da Oceania, existem condições climáticas mais adequadas para o desenvolvimento de *P. concolor* do que para *F. arisanus*.
- Nos cenários de futuras mudanças climáticas, *B. oleae* deverá permanecer nas regiões produtoras da África, Europa e América do Norte e, continuará tendo condições climáticas favoráveis ao estabelecimento na América do Sul e Oceania.
- Nos cenários de futuras mudanças climáticas, o potencial de distribuição de *B. oleae* na Europa e América do Norte, se ampliaria para regiões ao norte das atuais zonas produtoras, em latitudes com temperaturas atualmente menores, que inviabilizam o cultivo de oliveira e estabelecimento do inseto-praga, na África, devido a atual região produtora estar no norte do continente, a área ocupada seria reduzida.

Referências Gerais

BUENO, A.M.; JONES, O.T. Alternative methods for controlling the olive fly *Bactrocera olea* involving semiochemicals. **IOBC/WPRS Bulletin**, n. 25, p.1–11, 2002.

CARMICHAEL, A. E., WHARTON, R.A.; CLARKE, A.R. Opiinae parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of tropical fruit flies (Diptera: Tephritidae) of the Australian and South Pacific region. **Bulletin of Entomological Research**, v. 95, n.6, p.545-569, 2005.

CLAUSEN, C. P.; CLANCY, C.W.; CHOCK, Q.C. **Biological control of the oriental fruit fly (*Dacus dorsalis* Hendel) and other fruit flies in Hawaii**. United States: Department of Agriculture Technical Bulletin, 1965. 102p.

COLLIER, T.R.; VAN STEENWYK, R. Olive fruit fly in California: prospects for integrated control. **California Agriculture**, v.57, n.1, p.28-32, 2003.

COUTINHO, E. F.; RIBEIRO, F. C.; CAPPELLARO, T. H. **Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 125 p. (Embrapa Clima Temperado. Sistema de Produção, 16).

DAANE, K. M.; JOHNSON, M. W. Olive fruit fly: managing an ancient pest in modern times. **Annual Review of Entomology**, v.55, p.151-169, 2010.

ELITH, J.; PHILLIPS, S.J.; HASTIE, T.; DUDÍK, M.; CHEE, Y.E.; YATES, C.J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. **Diversity and Distributions**, n.17, p.43–57, 2011.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Impacto das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das Mudanças Climáticas sobre Doenças de Importantes Culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. P. 17-18.

GROTH, M. Z.; LOECK, A. E.; NORBERG, S. D.; BERNARDI, D.; NAVA, D. E. Biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in two species of fruit flies. **Journal of Insect Science**, v. 16, p. 96, 2016.

HANIOTAKIS, G. E. Olive pest control: present status and prospects. Integrated protection of olive crops. **Bulletin OILB/SROP**, v.28, n.9, p.1-9, 2005.

JIMENEZ, A.; CASTILLO, E.; LORITE, P. Supervivencia del himenoptero braconido *Opius concolor* Szep. parasito de *Dacus oleae* Gmelin en olivares de Jaen. **Boletin de Sanidad Vegetal Plagas**, v.16, p.97-103, 1990.

KAKANI, E. G.; ZYGOURIDIS, N. E.; TSOUMANI, K. T.; SERAPHIDES, N.; ZALOM, F. G.; MATHIOPOULOS, K. D. Spinosad resistance development in wild olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) populations in California. **Pest Management Science**, v.66, p.447–453, 2010.

KIMANI-NJOGU, S. W.; TROSTLE, M. K.; WHARTON, R. A.; WOOLLEY, J. B.; RASPI, A. Biosystematics of the *Psytalia concolor* species complex (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae): the identity of populations attacking *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in coffee in Kenya. **Biological Control**, v.20, p.167–174, 2001.

KOLAR, C. S.; LODGE, D. M. Progress in invasion biology: predicting invaders. **Trends Ecology Evolution**, v.16, p.199–204, 2001.

MANOUKIS, N.; GEIB, S.; SEO, D.; MCKENNEY, M.; VARGAS, R.; JANG, E. An optimized protocol for rearing *Fopius arisanus*, a parasitoid of Tephritid fruit flies. **Journal of Visualized Experiments**, v.53, n.2901, 2011.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Número 41, de 01 de julho de 2008. **Estabelece a lista de pragas quarentenárias A1, A2 e não quarentenárias regulamentadas, a ser observada pelo sistema de defesa fitossanitária do Brasil**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p.8, 2008. Seção 1.

MARGARITOPOULOS, J. T.; SKAVDIS, G.; KALOGIANNIS, N.; NIKOU, D.; MOROU E.; SKOURAS, P. J.; TSITSIPIS, J. A.; VONTAS, J. Efficacy of the pyrethroid alpha-cypermethrin against *Bactrocera oleae* populations from Greece, and improved diagnostic for an iAChE mutation. **Pest Management Science**, v.64, n.9, p.900-908, 2008.

MICHELAKIS, S. E.; NEUENSCHWANDER, P. Estimates of the crop losses caused by *Dacus oleae* (Gmel.) (Diptera, Tephritidae) in Crete. In: ROTTERDAM, C.R. **Fruit Flies of Economic Importance**. Netherlands: Balkema Publishers; 1983. p.603–611.

PAPADOPOULOS, N. T.; PLANT, R. E.; CAREY, J. R. From trickle to flood: the large-scale, cryptic invasion of California by tropical fruit flies. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, p.1–10, 2013.

PARANHOS, B. A. J.; SÁ, L. A. N.; MANOUKIS, N. C.; PRADO, S. S.; MORELLI, R.; NAVA, D. E.; LIMA, A. L.; JANG, E. E. 2013. **Competição interespecífica entre o parasitoide exótico *Fopius arisanus* e o nativo *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera: Braconidae) em *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)**. 13º Simpósio de Controle Biológico, Bonito – MT.

PONTI, L.; COSSU, Q. A.; GUTIERREZ, A. P. Climate warming effects on the *Olea europaea*-*Bactrocera oleae* system in Mediterranean islands: Sardinia as an exemple. **Global Change Biology**, v.15, p.2874-2884, 2009.

RIZZO, C.; ARGUMEDO, F. D. Competitividade na indústria olivícola. Apuntes de Industrias e Servicios. 2011 II, 30p.

SAGRI, E.; RECZKO, M.; GREGORIOU, M. E.; TSOUMANI, K. T.; ZYGOURIDIS, N. E.; SALPEA, K. D.; ZALOM, F. G.; RAGOUSSIS, J.; MATHIOPOULOS, K. D. Olive fly transcriptomics analysis implicates energy metabolism genes in spinosad resistance. **BMC Genomics**, n.15, p.714, 2014.

SCHEUNEMANN, T.; GRÜTZMACHER, A.D.; NÖRNBERG, S.D.; GONÇALVES, R.S.; NAVA, D.E. Deu traça. **Cultivar HF**, v. ago/set, p.14–16, 2017.

SCHREIBER, S. J.; GUTIERREZ, A. P. A supply demand perspective of species invasions and coexistence : applications to biological control. **Ecological Modelling**, v.106, p.27–45, 1998.

SKOURAS, P. J.; MARGARITOPOULOS, J. T.; SERAPHIDES, N. A.; IOANNIDES, I. M.; KAKANI, E. G.; MATHIOPOULOS, K. D.; TSITSIPIS, J. A. Organophosphate resistance in olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, populations in Greece and Cyprus. **Pest Management Science**, v.63, p.42-48, 2007.

VLAHOV, G. Flavonoids in three olive (*Olea europaea*) fruit varieties during maturation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.58, n.1, p.157-159, 1992.

WANG, X. G.; JOHNSON, M. W.; DAANE, K. M.; NADEL, H. High summer temperatures affect the survival and reproduction of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Environmental Entomology**, v.38, p.1496–1504, 2009.

WHARTON, R. A. Classical biological control of fruit- infesting Tephritidae. In: ROBINSON, A.S.; HOOPER, G. **Fruit flies their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1989. p.303–313.

YOKOYAMA, V. Y.; MILLER, G. T.; STEWART-LESLIE, J.; RICE, R. E; PHILLIPS; P. A. Olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) populations in relation to region, trap type, season, and availability of fruit. **Journal of Economic Entomology**, v.99, n.6, p.2072 -2079, 2006.

YOKOYAMA, V. Y.; RENDON, P. A.; SIVINSKI, J. *Psytalia cf. concolor* (Hymenoptera: Braconidae) for biological control of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) in California. **Environmental Entomology**, v.37, p.764-773, 2008.

ZYGOURIDIS, N. E.; AUGUSTINOS, A. A.; ZALOM, F. G.; MATHIOPOULOS, K. D. Analysis of olive fly invasion in California based on microsatellite markers. **Heredity**, v.102, p.402–412, 2009.