

Zoneamento de risco econômico de *Bactrocera dorsalis* para produção de abacate no Brasil

George Amaro¹
Elisangela Gomes Fidelis²
Ricardo Siqueira da Silva³
Cesar Augusto Marchioro⁴

A mosca-das-frutas oriental *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912) (Diptera: Tephritidae) é uma espécie nativa da Ásia (Vargas et al., 2007; Fidelis et al., 2018). Nos últimos anos, a espécie também foi registrada na África, Oceania e América, além de alguns poucos casos documentados na Europa (Vargas et al., 2007; Wei et al., 2017; Nugnes et al., 2018). No Brasil, essa espécie é classificada como praga quarentenária ausente (PQA), conforme a Instrução Normativa SDA/Mapa nº 39, de 1º de outubro de 2018 (BRASIL, 2019). A notável capacidade de invasão e expansão populacional de *B. dorsalis* está associada a diversos fatores, como o amplo espectro de hospedeiros (mais de 300 espécies), alta fecundidade, grande adaptabilidade a diferentes ambientes, resistência a inseticidas e o hábito larval de se desenvolver no interior dos frutos, o que proporciona proteção contra inimigos naturais (Wei et al., 2017). Os danos ocorrem quando as fêmeas depositam ovos sob a pele dos frutos. As larvas eclodem e se alimentam no interior do fruto, levando à sua deterioração e a grandes perdas na produção (Papadopoulos, 2014; Fidelis et al., 2018; Bjeliš et al., 2024; Papadopoulos et al., 2024; Opoku et al., 2025). Além dos danos diretos causados nos frutos, a ocorrência de *B. dorsalis* nas regiões invadidas também resultou em grandes prejuízos econômicos devido à perda de acesso a mercados (Papadopoulos et al., 2024; Opoku et al., 2025). Nesse contexto, é essencial o mapeamento das áreas com maior probabilidade de introdução de *B. dorsalis* como subsídio para implementação de medidas fitossanitárias preventivas contra a invasão da espécie (Villiers et al., 2016).

O abacate (*Persea Americana*) é nativo da América Central e do Sul, é um fruto rico fibras, gorduras monossaturadas, vitaminas e minerais, podendo conter até 1,6 vezes mais potássio do que banana, o que auxilia na absorção de vitaminas solúveis em gordura, como A, D, K e E (Dreher & Davenport, 2013). México, República Dominicana, Colômbia, Peru e Indonésia,

¹ Pesquisador da Embrapa Roraima, MSc. Economia, Boa Vista, RR, Brasil. E-mail: george.amaro@embrapa.br.

² Pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, DSc. Entomologia, Brasília, DF, Brasil. E-mail: elisangela.fidelis@embrapa.br.

³ Professor e Pesquisador da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, DSc. Fitotecnia, Diamantina, MG, Brasil. Guest Researcher at Department of Ecological Modelling, Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, DSc. Fitotecnia, Leipzig, Germany. E-mail: ricardo.siqueira@ufvjm.edu.br.

⁴ Professor e Pesquisador da Universidade Federal de Santa Catarina, DSc. Zoologia, Curitiba, SC, Brasil. E-mail: cesmarc@gmail.com.

foram principais produtores no período entre 2013 e 2023 (FAO, 2025). No Brasil, o sétimo produtor mundial em 2023, o cultivo de abacate é especialmente importante para os estados de São Paulo e Minas, acompanhados do Ceará, Paraná e Espírito Santo (IBGE, 2024). Em 2023, a produção mundial foi de aproximadamente 10,5 milhões de toneladas, sendo que as Américas contribuíram com 69,4% e o Brasil participou com 4% desse volume (FAO, 2025). As exportações de abacate do Brasil em 2023 totalizaram aproximadamente US\$ 18,6 milhões, com 10.857 toneladas direcionadas, principalmente, para Argentina (maior importador), Portugal, Espanha e Holanda (MDIC, 2025).

Para um manejo eficaz das espécies exóticas invasoras, é necessário compreender sua distribuição atual e potencial. Estima-se que espécies invasoras custem US\$ 423 bilhões anualmente em escala global, sendo que esse custo aumentou significativamente nas últimas décadas, dobrando aproximadamente a cada seis anos (Diagne et al., 2021; Henry et al., 2023). Entre 1984 e 2019, os custos relacionados às espécies invasoras no Brasil totalizaram, no mínimo, US\$ 105,53 bilhões. Desse montante, cerca de US\$ 104,33 bilhões referem-se a prejuízos e danos causados por essas espécies, enquanto apenas US\$ 1,19 bilhão foi direcionado a ações de manejo, como prevenção, controle ou erradicação (Adelino et al., 2021), embora esses valores possam estar subestimados em cerca de 1.646% (Soto et al., 2025). A quantidade cada vez maior de invasões por espécies exóticas, como resultado do aumento do comércio de bens e serviços, é parcialmente responsável pelo aumento dos impactos econômicos ao longo do tempo (Seebens et al., 2017; Seebens et al., 2021; Turbelin et al., 2022).

O zoneamento de risco econômico de espécies invasoras para a produção agrícola brasileira é uma ferramenta importante para a orientação e formulação de políticas públicas fitossanitárias e a gestão de custos de produção por parte dos produtores. A partir do cruzamento de modelos de distribuição geográfica potencial de espécies com indicadores econômicos de concentração produtiva (que permitem avaliar a importância econômica de uma cultura para a produção agrícola municipal) podem ser estimados os prejuízos econômicos potenciais causados por espécie invasoras aos municípios do Brasil.

Foram utilizados 673 pontos georreferenciados de ocorrências globais de *B. dorsalis* (após ajustes e correção do viés de amostragem) a partir de diversas fontes, incluindo dados do GBIF⁵ e literatura (Amaro et al., 2025a), e 19 variáveis bioclimáticas derivadas das médias anuais de temperatura máxima mensal, temperatura mínima mensal e precipitação acumulada, entre os anos 2000 e 2021 com resolução espacial de 30 segundos do WorldClim 2.1⁶ e uma variável de elevação (SRTM), para calibrar um modelo de máxima entropia (Maxent), através de um processo de pontos de Poisson (IPP) não homogêneo (Phillips et al., 2006; Phillips, 2008; Renner & Warton, 2013; Renner et al., 2015; Phillips, 2017; Phillips et al., 2017). O modelo foi gerado utilizando um *workflow* totalmente automatizado desenvolvido em ambiente R (R Core Team, 2023). Para projeção do modelo nas condições climáticas atuais para o Brasil, foi utilizado um conjunto de 19 variáveis bioclimáticas geradas a partir das normais climatológicas

⁵ <https://doi.org/10.15468/dl.gq4erm>

⁶ <https://worldclim.org/data/monthlywth.html>

do período 1994-2023, com dados BR-DWGD (Xavier et al., 2022), juntamente com a mesma variável de elevação. O modelo desenvolvido permitiu discriminar as ocorrências de *B. dorsalis* no Brasil, considerando as características ambientais em condições climáticas atuais, de acordo com várias métricas utilizadas (Sensibilidade = 89,78%; Especificidade = 84,97%; TSS = 0,74743; Omissão = 10,23%; Índice de Boyce = 0,94553; AUC = 0,92946). As probabilidades de ocorrência de *B. dorsalis* para o Brasil foram divididas em cinco classes fixas: a) Inadequada (*Unsuitable*), 0 – MTP⁷; b) Marginal (*Marginal*), MTP – 10MTP⁸/2; c) Moderada (*Moderate*), 10MTP/2 – 10MTP; d) Alta (*High*), 10MTP – Md(Maxent(ocorrências))⁹; e) Muito Alta (*Very High*), > Md(Maxent(ocorrências)) (Pearson et al., 2007; Neven et al., 2018; Suárez-Seoane et al., 2020).

A Produção Agrícola Municipal (PAM), pesquisa realizada anualmente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), reúne informações sobre os principais produtos cultivados no Brasil (IBGE, 2024). A pesquisa abrange dados como área plantada, área colhida, volume produzido, produtividade e valor da produção, detalhados por município. Essas informações são fundamentais para orientar políticas públicas, apoiar estudos econômicos e auxiliar no planejamento de ações ligadas ao setor agrícola (IBGE, 2024). A partir dos dados da PAM, foram calculados índices de especialização (concentração) produtiva (Crocco et al., 2006) para identificar a importância econômica de abacate para todos os municípios do Brasil, considerando três características principais: 1) a especificidade da produção para o município; 2) o peso do produto em relação à produção do município; e, 3) a importância da produção do município para a produção nacional do produto. O Quociente Locacional (QL), o Índice de Hirschman-Herfindahl (IHH) e o índice de Participação Relativa (PR) foram utilizados para calcular o Índice de Concentração Normalizado (ICn), através de uma combinação linear dos índices de concentração produtiva normalizados (*z-score*) ponderados por PCA (análise de componentes principais). Os valores de ICn para os municípios do Brasil foram divididos e agrupados em cinco classes, utilizando-se o método Fisher-Jenks (Fisher, 1958; Slocum et al., 2022), que possibilita criar classes mais heterogêneas entre si e mais homogêneas internamente, para hierarquização dos municípios pela magnitude dos seus ICns relativos ao produto avaliado, enfatizando desigualdades regionais.

As classes de ICn foram combinadas com as classes de probabilidade de ocorrências de *B. dorsalis*, definidas anteriormente, considerando a média das probabilidades de ocorrência nos limites municipais, aplicando-se uma matriz de risco (Figura 1). Estimativas dos prejuízos econômicos potenciais foram feitas a partir dos valores da produção obtidos da PAM, considerando as seguintes faixas: a) risco baixo (1), 25%; b) risco médio (2), 50%; risco alto (3), 75%; e, d) risco muito alto (4), 100% do valor da produção municipal do produto avaliado.

Detalhes dos procedimentos adotados, tanto para o desenvolvimento do modelo de distribuição geográfica potencial quanto para as estimativas de risco econômico de *B. dorsalis* à produção

⁷ *Minimum Training Presence (MTP)*: define o menor valor de adequação previsto que corresponda a pelo menos uma ocorrência identificada durante a fase de treinamento (calibração) do modelo.

⁸ *10% Minimum Training Presence (10MTP)*: define o valor de adequação que exclui os 10% das localidades com os valores previstos mais baixos.

⁹ Mediana das probabilidades previstas pelo modelo nas coordenadas de ocorrência da espécie.

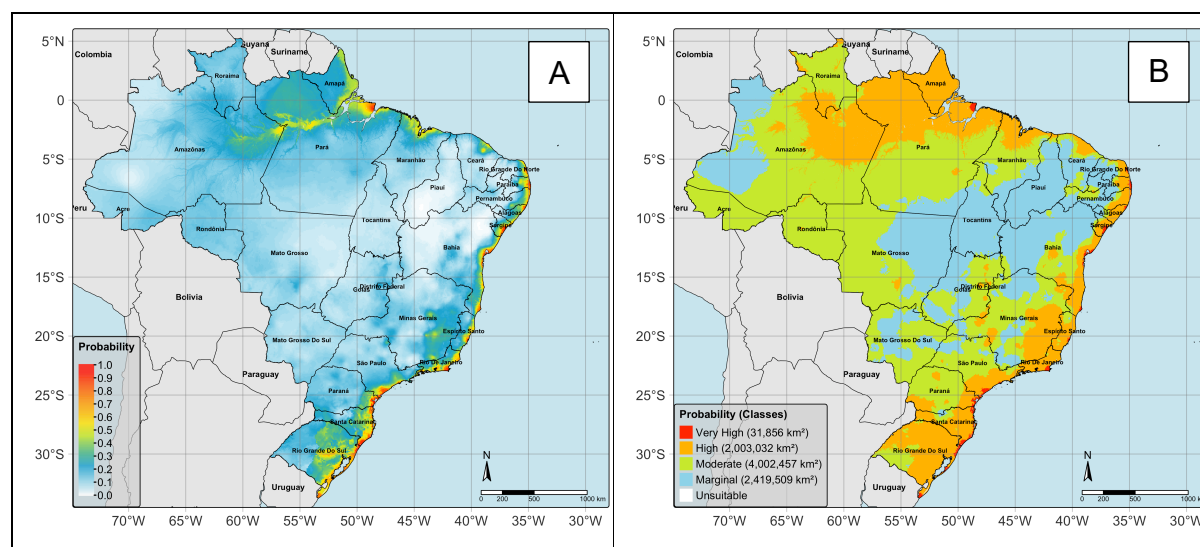
de abacate com a utilização de indicadores de concentração produtiva, seguem a descrição e a sequência definidas pelos projetos eNichos (03.16.04.030.00.00) e eNichos II (10.20.03.056.00.00), desenvolvidos pela Embrapa Roraima, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e Universidade Federal de Santa Catarina (Amaro et al., 2025b; Amaro et al., 2025c) a partir dos valores identificados na PAM 2023.

RISCO da Praga para a Produção							
Importância da Cultura Hospedeira (ICn)	muito grande	5	sem risco	alto	muito alto	muito alto	muito alto
	grande	4	sem risco	alto	muito alto	muito alto	muito alto
	moderada	3	sem risco	alto	alto	alto	muito alto
	pequena	2	sem risco	médio	médio	médio	médio
	muito pequena	1	sem risco	baixo	baixo	médio	médio
			1	2	3	4	5
			inadequada	marginal	moderada	alta	muito alta
Probabilidade de Ocorrência da Praga (SDM)							

Quanto maior a importância da cultura (ICn), maior a severidade (ou impacto) associado.

Figura 1. Matriz de Risco utilizada para definir as classes de risco a partir da importância da cultura hospedeira (ICn = impacto) e da probabilidade de ocorrência de uma espécie invasora ou praga.

De acordo com o modelo, o Brasil não apresenta áreas inadequadas à ocorrência *B. dorsalis*. As áreas de maior probabilidade estão presentes em todas as regiões, destacando-se os estados do Amapá, Pará, Alagoas, Sergipe, Espírito Santo, além da região Sul e da costa do país. (Figuras 2A e 2B). A produção de abacate foi identificada em 917 municípios do Brasil e os municípios com maior concentração de produção estão na região Nordeste (Figura 2C). O zoneamento de risco econômico de *B. dorsalis* para a produção de abacate no Brasil, considerando a probabilidade de ocorrência e a importância econômica da produção é apresentado na Figura 2D, para 512 municípios.



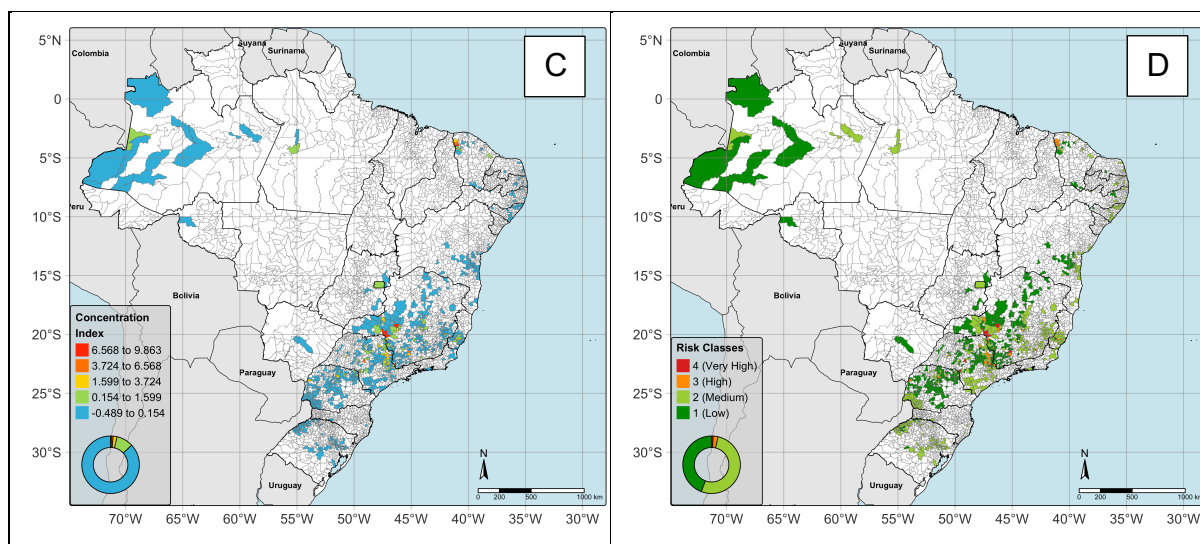
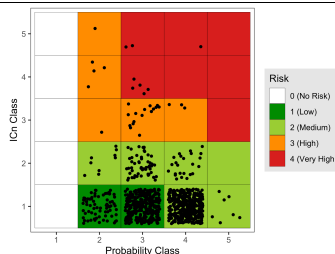


Figura 2. Modelo Maxent de probabilidade de ocorrência de *Bactrocera dorsalis* para o Brasil (A) e moda da probabilidade para os municípios do Brasil (B); especialização produtiva de abacate pelos municípios brasileiros (C); risco econômico de *B. dorsalis* para produção de abacate no Brasil (D).

As classes de risco econômico estimado de *B. dorsalis* à produção de abacate no Brasil, estão apresentadas na Tabela 1, considerando a aplicação da matriz de risco e a distribuição dos municípios produtores entre as classes de especialização (concentração) produtiva e de probabilidade média de ocorrência de *B. dorsalis*.

Tabela 1. Distribuição dos 917 municípios brasileiros com produção de abacate em 2023 de acordo com o risco econômico estimado de *Bactrocera dorsalis* à produção, considerando as classes de probabilidade de ocorrência e as classes de especialização (concentração) produtiva, juntamente com gráfico representativo da matriz de risco.

Classes de Especialização	Classes de Probabilidade				
	1	2	3	4	5
1	0	72	333	385	7
2	0	9	54	24	0
3	0	1	16	3	0
4	0	4	5	0	0
5	0	1	2	1	0



O valor total da produção de abacate no Brasil em 2023 foi superior a R\$ 918 milhões (IBGE, 2024). Considerando a distribuição dos municípios nas classes de risco e os percentuais de perdas potenciais definidos, o prejuízo econômico potencial foi estimado acima de R\$ 611 milhões.

Na Tabela 2 são apresentados os dados dos quarenta municípios com maiores riscos econômicos, considerando a probabilidade de ocorrência de *B. dorsalis* e seu nível de concentração produtiva de abacate.

Tabela 2. Relação dos quarenta municípios com maiores riscos econômicos considerando a probabilidade de ocorrência de *Bactrocera dorsalis* e seu nível de concentração produtiva de abacate.

Nome do Município	UF	Valor Produção Municipal (R\$ 1.000)	Valor Total Produção Municipal (R\$ 1.000)	% Produção Municipal	Índice de Concentração	Probabilidade de Ocorrência	Risco Econômico	Prejuízo Potencial (R\$ 1.000)
Rio Paranaíba	MG	42.243,00	1.337.008,00	3,16	8,13469	0,12472	4 (Muito Alto)	42.243,00
Sacramento	MG	40.500,00	1.567.561,00	2,58	7,70134	0,19685	4 (Muito Alto)	40.500,00
Timburi	SP	26.862,00	66.360,00	40,48	9,86296	0,11259	4 (Muito Alto)	26.862,00
Carmo da Cachoeira	MG	20.625,00	255.118,00	8,08	4,67039	0,10782	4 (Muito Alto)	20.625,00
Santo Antônio de Posse	SP	18.854,00	142.013,00	13,28	4,97522	0,13059	4 (Muito Alto)	18.854,00
Venda Nova do Imigrante	ES	17.960,00	150.263,00	11,95	4,63920	0,15809	4 (Muito Alto)	17.960,00
Bauru	SP	17.949,00	83.738,00	21,43	5,80472	0,10457	4 (Muito Alto)	17.949,00
Bernardino de Campos	SP	17.357,00	128.531,00	13,50	4,71471	0,11698	4 (Muito Alto)	17.357,00
Ibiapina	CE	28.584,00	209.820,00	13,62	6,89428	0,07341	3 (Alto)	21.438,00
São Sebastião da Gramma	SP	24.998,00	179.456,00	13,93	6,24078	0,07336	3 (Alto)	18.748,50
Tianguá	CE	22.234,00	329.174,00	6,75	4,81105	0,08041	3 (Alto)	16.675,50
Mogi Mirim	SP	17.952,00	493.417,00	3,64	3,58250	0,10634	3 (Alto)	13.464,00
Araras	SP	17.263,00	522.303,00	3,31	3,40514	0,12135	3 (Alto)	12.947,25
Ubajara	CE	16.795,00	222.855,00	7,54	3,86523	0,07469	3 (Alto)	12.596,25
Tambaú	SP	16.170,00	323.597,00	5,00	3,42239	0,09294	3 (Alto)	12.127,50
Campos Altos	MG	16.099,00	372.941,00	4,32	3,31997	0,08766	3 (Alto)	12.074,25
Aguaí	SP	15.620,00	451.824,00	3,46	3,11334	0,09096	3 (Alto)	11.715,00
Casa Branca	SP	14.587,00	1.326.374,00	1,10	2,52859	0,09741	3 (Alto)	10.940,25
Apucarana	PR	13.000,00	340.127,00	3,82	2,66297	0,15256	3 (Alto)	9.750,00
Três Corações	MG	12.113,00	580.896,00	2,09	2,25218	0,06648	3 (Alto)	9.084,75
Monte Carmelo	MG	12.059,00	928.989,00	1,30	2,10708	0,15471	3 (Alto)	9.044,25
Iacri	SP	11.970,00	218.224,00	5,49	2,68045	0,09507	3 (Alto)	8.977,50
Viçosa do Ceará	CE	11.362,00	150.983,00	7,53	2,81977	0,09135	3 (Alto)	8.521,50
Ibiraí	MG	10.157,00	373.727,00	2,72	1,97363	0,23483	3 (Alto)	7.617,75
Jardinópolis	SP	10.096,00	448.028,00	2,25	1,89682	0,11152	3 (Alto)	7.572,00
Socorro	SP	8.549,00	142.460,00	6,00	2,08948	0,12752	3 (Alto)	6.411,75
Altônia	PR	8.000,00	185.431,00	4,31	1,77204	0,13639	3 (Alto)	6.000,00
Cordeirópolis	SP	7.868,00	165.587,00	4,75	1,80218	0,12766	3 (Alto)	5.901,00
São Pedro da União	MG	7.262,00	114.880,00	6,32	1,88251	0,08411	3 (Alto)	5.446,50
Marechal Floriano	ES	6.873,00	122.766,00	5,60	1,71785	0,33525	3 (Alto)	5.154,75
Astolfo Dutra	MG	1.808,00	10.180,00	17,76	2,23769	0,25135	3 (Alto)	1.356,00
Glaucilândia	MG	1.062,00	2.533,00	41,93	5,05126	0,08196	3 (Alto)	796,50
Pedro Leopoldo	MG	310,00	1.265,00	24,51	2,77406	0,16791	3 (Alto)	232,50
Uberaba	MG	10.404,00	2.845.424,00	0,37	1,46157	0,10999	2 (Médio)	5.202,00
Brasília	DF	9.263,00	1.692.978,00	0,55	1,38969	0,17068	2 (Médio)	4.631,50
Piraju	SP	7.260,00	253.946,00	2,86	1,44311	0,12848	2 (Médio)	3.630,00
Arealva	SP	6.985,00	197.133,00	3,54	1,47987	0,09497	2 (Médio)	3.492,50
Avaré	SP	6.551,00	810.810,00	0,81	0,99356	0,14294	2 (Médio)	3.275,50
Ibiá	MG	6.276,00	999.215,00	0,63	0,89757	0,16850	2 (Médio)	3.138,00
Arapongas	PR	5.460,00	283.581,00	1,93	0,97707	0,14064	2 (Médio)	2.730,00

O modelo desenvolvido expressa a probabilidade de presença da espécie em uma determinada localização, condicionada às variáveis ambientais e à amostragem de *background*, com a premissa de que as condições ambientais permaneçam estáveis, na escala utilizada, e nenhum fator não modelo seja alterado.

O resultado de um modelo de distribuição potencial de espécies representa uma hipótese a ser testada e validada com amostras adicionais e informações complementares, sendo a modelagem parte de um processo iterativo e complementar ao monitoramento de espécies invasoras, especialmente importante ao serem utilizados dados econômicos, que podem variar conforme incentivos e vantagens comparativas.

Além disso, o modelo considera apenas variáveis abióticas, negligenciando a influência potencial de interações bióticas, antropogênicas e de práticas do uso do solo. Isso implica que, para as projeções para cenários de mudanças climáticas, assume-se que o nicho ecológico da espécie seja estático, não considerando a plasticidade comportamental, a capacidade de resposta a alterações ambientais ou a dinâmica de políticas que poderiam alterar os resultados futuros da distribuição.

O zoneamento de risco econômico de *B. dorsalis* para produção de abacate no Brasil apresentado nesta Nota Técnica pode auxiliar na implementação de políticas públicas de controle fitossanitário dessa praga, servindo ainda como ferramenta de informação e comunicação, além da gestão pública, para os produtores, como um complemento valioso para as ações de prevenção e mitigação dos riscos associados nos municípios.

Referências Bibliográficas

ADELINO, J. R. P.; HERINGER, G.; DIAGNE, C.; COURCHAMP, F.; FARIA, L. D. B.; ZENNI, R. D. The economic costs of biological invasions in Brazil: a first assessment. *NeoBiota*, v. 67, p. 349–374, 2021. DOI: 10.3897/neobiota.67.59185.

AMARO, G. C.; FIDELIS, E. G.; SILVA, R. S. DA; MARCHIORO, C. A. **Bactrocera dorsalis** global occurrence data. Redape, 2025a. Disponível em: <https://doi.org/10.48432/FLBDZP>.

AMARO, G. C.; FIDELIS, E. G.; SILVA, R. S.; MARCHIORO, C. A. **Metodologia para Modelagem da Distribuição Geográfica Potencial de Espécies Invasoras em Condições Climáticas Atuais e Futuras**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2025b.

AMARO, G. C.; FIDELIS, E. G.; SILVA, R. S.; MARCHIORO, C. A. **Metodologia para Zoneamento de Risco Econômico de Espécies Invasoras para o Brasil**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2025c.

BJELIŠ, M.; RODOVITIS, V. G.; LEMIC, D.; KANIOURAS, P.; GANČEVIĆ, P.; PAPADOPOULOS, N. T. Invasion History and Dispersion Dynamics of the Mediterranean Fruit Fly in the Balkan Peninsula. *Insects*, v. 15, p. 975, 2024. DOI: 10.3390/insects15120975.

BRASIL. **PORTARIA Nº 131, DE 27 DE JUNHO DE 2019. Institui o Programa Nacional de Prevenção e Vigilância de Pragas Quarentenárias Ausentes - PNPV-PQA**. Diário Oficial da União, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou>. Acesso em: 29 jul. 2025

CROCCO, M. A.; GALINARI, R.; SANTOS, F.; LEMOS, M. B.; SIMÕES, R. Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais. *Nova Economia*, v. 16, p. 211–241, 2006. DOI: 10.1590/S0103-63512006000200001.

DIAGNE, C.; LEROY, B.; VAISSIÈRE, A.-C.; GOZLAN, R. E.; ROIZ, D.; JARIĆ, I.; SALLES, J.-M.; BRADSHAW, C. J. A.; COURCHAMP, F. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, v. 592, p. 571–576, 2021. DOI: 10.1038/s41586-021-03405-6.

DREHER, M. L.; DAVENPORT, A. J. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 53, p. 738–750, 2013. DOI: 10.1080/10408398.2011.556759.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 26 jul. 2025.

FIDELIS, E. G.; LOHMANN, T. R.; SILVA, M. L. DA; PARIZZI, P.; BARBOSA, F. F. L.; ELISANGELA GOMES FIDELIS, C.-R.; LOHMANN, T. R.; MARCELO LOPES DA SILVA, C.; PARIZZI, P.; FRANCISCO FERRAZ LARANJEIRA BARBOSA, C. Priorização de pragas quarentenárias ausentes no Brasil. 2018.

FISHER, W. D. On Grouping for Maximum Homogeneity. **Journal of the American Statistical Association**, v. 53, p. 789–798, 1958. DOI: 10.1080/01621459.1958.10501479.

HENRY, M.; LEUNG, B.; CUTHBERT, R. N.; BODEY, T. W.; AHMED, D. A.; ANGULO, E.; BALZANI, P.; BRISKI, E.; COURCHAMP, F.; HULME, P. E.; KOUBA, A.; KOURANTIDOU, M.; LIU, C.; MACÊDO, R. L.; OFICIALDEGUI, F. J.; RENAULT, D.; SOTO, I.; TARKAN, A. S.; TURBELIN, A. J.; BRADSHAW, C. J. A.; HAUBROCK, P. J. Unveiling the hidden economic toll of biological invasions in the European Union. **Environmental Sciences Europe**, v. 35, p. 43, 2023. DOI: 10.1186/s12302-023-00750-3.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal – PAM 2023: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

MDIC. **Comex Stat**. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 26 jul. 2025.

NEVEN, L. G.; KUMAR, S.; YEE, W. L.; WAKIE, T. Current and Future Potential Risk of Establishment of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) in Washington State. **Environmental Entomology**, v. 47, p. 448–456, 2018. DOI: 10.1093/ee/nvx203.

NUGNES, F.; RUSSO, E.; VIGGIANI, G.; BERNARDO, U. First Record of an Invasive Fruit Fly Belonging to *Bactrocera dorsalis* Complex (Diptera: Tephritidae) in Europe. **Insects**, v. 9, p. 182, 2018. DOI: 10.3390/insects9040182.

OPOKU, E.; HASEEB, M.; RODRIGUEZ, E. J.; STECK, G. J.; CABRAL, M. J. S. Economically Important Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Ghana and Their Regulatory Pest Management. **Insects**, v. 16, p. 285, 2025. DOI: 10.3390/insects16030285.

PAPADOPOULOS, N. T. Fruit fly invasion: historical, biological, economic aspects and management. **Annual Review of Entomology**, v. 59, p. 219–252, 2014. DOI: 10.1146/annurev-ento-022723-103200.

PAPADOPOULOS, N. T.; DE MEYER, M.; TERBLANCHE, J. S.; KRITICOS, D. J. Fruit Flies: Challenges and Opportunities to Stem the Tide of Global Invasions. **Annual Review of Entomology**, v. 69, p. 355–373, 2024. DOI: 10.1146/annurev-ento-022723-103200.

PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M.; PETERSON, A. T. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of Biogeography**, v. 34, p. 102–117, 2007.

PHILLIPS, S. J. Transferability, sample selection bias and background data in presence-only modelling: a response to Peterson et al. (2007). **Ecography**, v. 31, p. 272–278, 2008. DOI: 10.1111/j.0906-7590.2008.5378.x.

PHILLIPS, S. J. A Brief Tutorial on Maxent. 2017.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E.; BLAIR, M. E. Opening the black box: an open-source release of Maxent. **Ecography**, v. 40, p. 887–893, 2017. DOI: 10.1111/ecog.03049.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, p. 231–259, 2006. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2023.

RENNER, I. W.; ELITH, J.; BADDELEY, A.; FITHIAN, W.; HASTIE, T.; PHILLIPS, S. J.; POPOVIC, G.; WARTON, D. I. Point process models for presence-only analysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 366–379, 2015. DOI: 10.1111/2041-210X.12352.

RENNER, I. W.; WARTON, D. I. Equivalence of MAXENT and Poisson Point Process Models for Species Distribution Modeling in Ecology: Equivalence of MAXENT and Poisson Point Process Models. **Biometrics**, v. 69, p. 274–281, 2013. DOI: 10.1111/j.1541-0420.2012.01824.x.

SEEBENS, H.; BACHER, S.; BLACKBURN, T. M.; CAPINHA, C.; DAWSON, W.; DULLINGER, S.; GENOVESI, P.; HULME, P. E.; KLEUNEN, M. VAN; KÜHN, I.; JESCHKE, J. M.; LENZNER, B.; LIEBHOLD, A. M.; PATTISON, Z.; PERGL, J.; PYŠEK, P.; WINTER, M.; ESSL, F. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. **Global Change Biology**, v. 27, p. 970–982, 2021. DOI: 10.1111/gcb.15333.

SEEBENS, H.; BLACKBURN, T. M.; DYER, E. E.; GENOVESI, P.; HULME, P. E.; JESCHKE, J. M.; PAGAD, S.; PYŠEK, P.; WINTER, M.; ARIANOUTSOU, M.; BACHER, S.; BLASIUS, B.; BRUNDU, G.; CAPINHA, C.; CELESTI-GRAPOW, L.; DAWSON, W.; DULLINGER, S.; FUENTES, N.; JÄGER, H.; KARTESZ, J.; KENIS, M.; KREFT, H.; KÜHN, I.; LENZNER, B.; LIEBHOLD, A.; MOSENA, A.; MOSER, D.; NISHINO, M.; PEARMAN, D.; PERGL, J.; RABITSCH, W.; ROJAS-SANDOVAL, J.; ROQUES, A.; RORKE, S.; ROSSINELLI, S.; ROY, H. E.; SCALERA, R.; SCHINDLER, S.; ŠTAJEROVÁ, K.; TOKARSKA-GUZIŁ, B.; KLEUNEN, M. VAN; WALKER, K.; WEIGELT, P.; YAMANAKA, T.; ESSL, F. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. **Nature Communications**, v. 8, p. 14435, 2017. DOI: 10.1038/ncomms14435.

SLOCUM, T. A.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization**. 4th. Edition ed. . Boca Raton: CRC Press, 2022. 612p. DOI: 10.1201/9781003150527.

SOTO, I.; COURTOIS, P.; PILI, A.; TORDONI, E.; MANFRINI, E.; ANGULO, E.; BELLARD, C.; BRISKI, E.; BUŘIČ, M.; CUTHBERT, R. N.; KOUBA, A.; KOURANTIDOU, M.; MACÊDO, R. L.; LEROY, B.; HAUBROCK, P. J.; COURCHAMP, F.; LEUNG, B. Using species ranges and macroeconomic data to fill the gap in costs of biological invasions. **Nature Ecology & Evolution**, v. 9, p. 1021–1030, 2025. DOI: 10.1038/s41559-025-02697-5.

SUÁREZ-SEOANE, S.; JIMÉNEZ-ALFARO, B.; OBESO, J. R. Habitat-partitioning improves regional distribution models in multi-habitat species: a case study with the European bilberry. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 987–1008, 2020. DOI: 10.1007/s10531-019-01922-5.

TURBELIN, A. J.; DIAGNE, C.; HUDGINS, E. J.; MOODLEY, D.; KOURANTIDOU, M.; NOVOA, A.; HAUBROCK, P. J.; BERNERY, C.; GOZLAN, R. E.; FRANCIS, R. A.; COURCHAMP, F. Introduction pathways of economically costly invasive alien species. **Biological Invasions**, v. 24, p. 2061–2079, 2022. DOI: 10.1007/s10530-022-02796-5.

VARGAS, R.; LEBLANC, L.; PUTOA, R.; EITAM, A. 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. **Journal of economic entomology**, v. 100, p. 670–9, 2007. DOI: 10.1603/0022-0493(2007)100%5B670:IOIOBD%5D2.0.CO;2.

VILLIERS, M. D.; HATTINGH, V.; KRITICOS, D. J.; BRUNEL, S.; VAYSSIÈRES, J.-F.; SINZOGAN, A.; BILLAH, M. K.; MOHAMED, S. A.; MWATAWALA, M.; ABDELGADER, H.; SALAH, F. E. E.; MEYER, M. D. The potential distribution of *Bactrocera dorsalis*: considering phenology and irrigation patterns. **Bulletin of Entomological Research**, v. 106, p. 19–33, 2016. DOI: 10.1017/S0007485315000693.

WEI, D.; DOU, W.; JIANG, M.; WANG, J. Oriental Fruit Fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel). Em: WAN, F.; JIANG, M.; ZHAN, A. (Ed.). **Biological Invasions and Its Management in China: Volume 1**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2017. p. 267–283. DOI: 10.1007/978-94-024-0948-2_15.

XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, p. 8390–8404, 2022. DOI: 10.1002/joc.7731.