

DESENVOLVIMENTO DE *Fopius arisanus* POR DEMANDAS TÉRMICAS EM ÁREAS FAVORÁVEIS A *Bactrocera carambolae* NO PARÁ E RORAIMA

Data de submissão: 24/01/2023

Data de aceite: 01/03/2023

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7609273004875279>

Ricardo Adaime

Embrapa Amapá
Macapá, Amapá
<http://lattes.cnpq.br/7470289013873915>

Cristiane Ramos de Jesus

Embrapa Amapá
Macapá, Amapá
<http://lattes.cnpq.br/7128144851170964>

Beatriz de Aguiar Giordano Paranhos

Embrapa Semiárido
Petrolina, Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/6606136052148527>

Rafael Mingoti

Embrapa Territorial
Campinas, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3479283038505977>

Maria Clara Huttenbergue

Bolsista Embrapa Meio Ambiente/
Graduanda Ciências Biológicas
PUCCampinas (período: janeiro a
agosto/2021)
Jaguariúna, São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/9544619266598149>

José Victor Torres Alves Costa

Superintendência Federal de Agricultura,
Pecuária e Abastecimento no Amapá
Macapá, Amapá
<http://lattes.cnpq.br/8127154694823949>

OBSERVAÇÃO: Publicação autorizada pelo DSV/SDA-MAPA em 13/12/2022 por Despacho Processo SEI n. 21000.050281/2018-59 SEI n. 25546903/ Atividade autorizada pelo DSV/SDA-MAPA em 23/04/2019 por Ofício n. 28/2019/CGPP/DSV/DAS/Mapa (Processo SEI n. 21000.050281/2018-59 SEI n. 7101489).

RESUMO: *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) é um parasitoide da Praga Quarentenária Presente (PQP) chamada mosca-da-carambola ou *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 (Diptera: Tephritidae). Este parasitoide, introduzido no Brasil em 2012 para o controle dessa PQP, vem sendo estudado como alternativa de controle biológico para uso nas áreas sob controle oficial desta praga. Áreas brasileiras mais favoráveis ao desenvolvimento de *F. arisanus* e de *B. carambolae* em cultivos hospedeiros de importância nacional foram identificadas em zoneamento territorial disponibilizado

pela Embrapa ao Mapa. Estimativas numéricas do desenvolvimento das principais fases de vida do parasitoide, com base em suas demandas térmicas e em condições climáticas de municípios favoráveis, forneceriam conhecimento sobre as durações dessas fases nas condições locais. Informações de demandas térmicas de *F. arisanus* em *B. carambolae* não estão disponíveis em literatura, mas foram apresentadas considerando *Bactrocera dorsalis* Hendel, 1912, também hospedeira. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de *F. arisanus*, estimado em condições climáticas de cinco áreas aptas ao parasitoide e a *B. carambolae* nos estados do Pará (PA) e de Roraima (RR). Demandas térmicas de *F. arisanus* em *B. dorsalis* e do período de pré-oviposição de sua fêmea (fpo), ambos de literatura, foram consideradas. Temperaturas máximas e mínimas médias mensais dos municípios avaliados, obtidas a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foram utilizadas. O cálculo de graus-dias foi realizado em calculadora da Universidade da Califórnia. Cada cenário anual municipal foi avaliado separadamente. Os resultados indicaram potencial para ocorrer até 12 gerações (ovo-a-ovo) do parasitoide nos municípios investigados. Ao término do período analisado, a fase ovo-larval da 13ª geração foi observada em desenvolvimento nos municípios, exceto em Boa Vista/RR onde notou-se adultos no 1º dia de desenvolvimento. Durações médias das fases ovo-larval, pupal, imatura completa e de ovo-a-fêmea ativa do parasitoide foram determinadas, contribuindo para as estratégias de liberações do parasitoide no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Estimativas; proteção de cultivos; parasitoide; mosca-da-carambola; Brasil.

DEVELOPMENT OF *Fopius arisanus* BY THERMAL REQUIREMENTS IN FAVORABLE AREAS TO *Bactrocera carambolae* IN PARÁ AND RORAIMA

ABSTRACT: *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) is a parasitoid of the Present Quarantine Pest (PQP) named carambola fruit fly or *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 (Diptera: Tephritidae). This parasitoid, which was introduced in Brazil in 2012 to control this PQP, has been studied as an alternative of biological control for the use in areas under official control of this pest. Brazilian areas apt for both development of *F. arisanus* and *B. carambolae* in host crops of national importance were identified in a territorial zoning map provided by Embrapa to the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply (Mapa). Numerical estimates of the development of the main life phases of the parasitoid, based on its thermal requirements and climatic conditions of favorable municipalities, could provide knowledge on these phase durations under local conditions. Information about thermal requirements of *F. arisanus* on *B. carambolae* are not available in literature; however, they were presented considering *Bactrocera dorsalis* Hendel, 1912, also a host species. The present work presents the development of *F. arisanus*, estimated in climatic conditions of five apt areas to both the parasitoid and to *B. carambolae* in Pará (PA) and in Roraima (RR) states. Thermal demands of *F. arisanus* on *B. dorsalis* and of the pre-egg-laying period of its female (fpo), both from literature, were considered. Monthly averages maximum and minimum temperatures of the municipalities evaluated, obtained from information of the National Meteorology (INMET), were used. The calculations of degree days were done using the calculator of the University of California. Each municipality annual scenario was separately evaluated. The results indicated potential to occur up to 12 generations (egg-to-egg) of the parasitoid in all investigated municipalities. At the end of the period evaluated, the

egg-larval phase of the 13th generation was observed under development in all municipalities, except in Boa Vista/RR where adults on its first day of development were already noticed. The mean durations of egg-larval, pupae, complete immature, and of egg to active female of the parasitoid were determined, contributing to release strategies of the parasitoid in Brazil.

KEYWORDS: Estimates; crop protection; parasitoid; carambola fruit fly; Brazil.

1 | INTRODUÇÃO

As moscas-das-frutas, pertencente à família Tephritidae, constituem as principais pragas que acometem a fruticultura ao redor do mundo, variando o gênero ou espécie conforme a localização geográfica e disponibilidade de frutos hospedeiros. As fêmeas dessa família inserem seu ovipositor na casca dos frutos para fazer a postura de ovos, o que além de danificar a aparência do fruto também o deixa vulnerável à infecção por microrganismos oportunistas. As larvas eclodem e passam por 3 instares, se alimentando da polpa do fruto, afetando tanto a qualidade do fruto quanto a produtividade esperada (BARIANI et al., 2016). Já perto do final do último instar, as larvas saem do fruto para empupar no solo, onde permanecem até alcançar a fase adulta. Os adultos apresentam potencial de vôo (250 m/dia), que se intensifica ao ser favorecido por rajadas de ventos, que aumentam sua capacidade de atingir locais mais distantes. Contudo, a ação antrópica é a mais importante fonte de disseminação dessas pragas. Nesse contexto, o principal meio de disseminação das moscas-das-frutas é o transporte intra ou interestaduais e internacional, seja aéreo, terrestre ou fluvial, de frutos infestados com ovos ou larvas presentes em seu interior. Portanto, as barreiras fitossanitárias, dentro do Brasil e nas fronteiras, requerem maior controle fitossanitário para assegurar que a chegada de frutas, incluindo as provenientes de outros países, estejam isentas de mosca-das-frutas.

Em se tratando das moscas-das-frutas de importância quarentenária, estas intensificam o potencial de danos econômicos causados às frutíferas hospedeiras nacionais, tanto para o consumo do fruto *in natura*, quanto para aqueles destinados à industrialização ou exportação. Citam-se os grandes prejuízos esperados por essas espécies listadas como pragas quarentenárias, que, por se tratarem de organismos exóticos, geralmente, competem com a biodiversidade local e não possuem inimigos naturais ou estratégias de controle capazes de impedir seus potenciais surtos populacionais, principalmente em caso de introdução ocorrida em áreas favoráveis ao maior desenvolvimento. Acrescenta-se que, em caso de confirmação de ocorrência, também são esperadas restrições de trânsito e comercialização de frutos provenientes das áreas infestadas, que incorrem em barreiras fitossanitárias internacionais para exportações. Desse modo, em região de produção de frutas frescas para exportação, ocorre o impedimento ou a obrigação de utilização de protocolos, exigidos pelos países importadores, para possibilitar a comercialização, incorrendo em custos adicionais aos produtores. Assim, a presença de uma nova espécie quarentenária no país resulta em sérios impactos ambientais (ecológicos, sociais e

econômicos). Vê-se, portanto, a importância de se prospectar e disponibilizar estratégias que favoreçam o monitoramento preventivo e/ou a erradicação ou controle imediato de espécies invasoras ou quarentenárias.

A mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 (Diptera: Tephritidae) é um inseto polífono, nativo da Indonésia, Malásia e Tailândia (SILVA et al., 2005). Sua presença no Brasil foi oficialmente reportada pela primeira vez no município do Oiapoque, estado do Amapá, em março de 1996 (SILVA et al., 2005). Essa mosca-das-frutas foi listada como praga quarentenária presente (PQP) pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), na Instrução Normativa (IN) da Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) n. 38 de 14 de outubro de 1999, e continua sob controle oficial, ainda como PQP, em algumas áreas dos estados do Amapá (AP), Pará (PA) e Roraima (RR) (BRASIL, 2018). A importância da manutenção do programa de contenção oficial pode ser estimada pelo salientado por Silva et al. (2005) citando Silva et al. (1997), que relataram, à época, potencial para ocorrer um prejuízo de US\$ 30,7 milhões a US\$ 92,4 milhões até o terceiro ano da infestação desse inseto, em caso do controle no país não ser eficaz. Desse modo, para organizar as atividades de monitoramento e controle das principais mosca-das-frutas presentes no país, o Mapa instituiu, em 2015, o **Programa Nacional de Combate as Moscas-das-Frutas**, sancionado pela IN Mapa n.24 de 8 de setembro de 2015, que abrange, entre outros, o “**Subprograma de *Bactrocera carambolae***” (BRASIL, 2015).

Entre as estratégias de controle de *B. carambolae* cita-se o controle biológico pelo parasitoide ovo-pupal *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae), que foi introduzido no Brasil, em 2012, a partir de material do Hawaii/EUA importado para o controle de *B. carambolae* (Processo de importação: 21052.004662/2012-65; *Permit*: 264/2012) em ações desenvolvidas no âmbito do projeto “Introdução do parasitoide exótico *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) no Brasil com vistas ao controle biológico de *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) – CBMC” (Embrapa SEG 03.09.06.025.00.00) da Embrapa Amapá. A biologia e multiplicação do parasitoide vem sendo estudada desde então no país, onde em *B. carambolae* obteve bons níveis de parasitismo (44,8%) e a indicação de sua preferência pela fase de ovo desta PQP (FAVACHO, 2019; LIMA et al., 2017; BARIANI et al., 2016; GROTH, 2016; JESUS-BARROS et al., 2016; SANTOS et al., 2014).

Técnicas de criação laboratorial de *B. carambolae* também foram disponibilizadas, de modo a garantir a disponibilidade segura desse hospedeiro em dieta artificial adequada para assegurar sua multiplicação e, assim, a continuidade da pesquisa científica da praga e do parasitoide (BARIANI et al., 2016). Acrescenta-se, ainda, a disponibilidade de informações biológicas do parasitoide *F. arisanus* em literatura internacional, incluindo as que destacaram os períodos de oviposição da fêmea (ZENIL et al., 2004; BAUTISTA et al., 2001).

Mais recentemente, o projeto “Estratégias para subsidiar ações de monitoramento

e controle de insetos-pragas presentes e quarentenárias ausentes no território brasileiro – DefesaInsetos” (Embrapa SEG n. 40.18.03.007.00.00), da Embrapa Meio Ambiente, vem realizando atividades conjuntas com a Embrapa Amapá, Embrapa Semiárido, Embrapa Territorial e com a Superintendência Federal da Agricultura no Amapá (SFA-AP, MAPA), para disponibilizar outros resultados de pesquisas sobre *B. carambolae* e *F. arisanus*. Entre eles, o zoneamento territorial brasileiro de áreas aptas ao melhor desenvolvimento de *F. arisanus* e de *B. carambolae* foi disponibilizado (PESSOA et al., 2019) e, posteriormente, aprofundado para indicar onde as liberações inundativas periódicas do parasitoide apresentariam potencial para um controle biológico mais eficaz de áreas nacionais com maior desenvolvimento esperado para *B. carambolae* (MINGOTI et al., 2020). Porém, o estabelecimento do parasitoide nessas localidades nacionais também dependem de suas condições sazonais específicas, que podem interferir na disponibilidade de indivíduos em fases de vida capazes de garantir a eficácia do controle biológico (OVRUSKI & SCHLISERMAN, 2012). Nesse contexto, o conceito de demandas térmicas vem sendo utilizado (PESSOA et al., 2022a,b,c, 2016; SILVEIRA NETO et al., 1976) e, assim, contribuiria para estimar o desenvolvimento esperado das diferentes fases de vida de *F. arisanus*, considerando as condições térmicas de diferentes localidades indicadas como aptas ao parasitoide e a *B. carambolae*. Embora informações de demandas térmicas do ciclo de *F. arisanus* em *B. carambolae* ainda esteja indisponível em literatura técnica, esta já foi disponibilizada em *Bactrocera dorsalis* (Hendel 1912), considerando uma ampla faixa de temperatura (NANGA et al., 2021). *Bactrocera dorsalis* é listada como praga quarentenária ausente (PQA) no Brasil e também foi priorizada para pesquisa, em trabalho conjunto realizado pelo Mapa e Embrapa (FIDELIS et al., 2018). O parasitoide *F. arisanus* vem se mostrando uma importante alternativa de controle biológico clássico também para *B. dorsalis*, apresentando baixo custo de criação laboratorial e bons níveis de parasitismo (36 a 95%) reportados no exterior (WEI et al., 2017; VARGAS et al., 2007; ZENIL et al., 2004; NEWELL e HARAMOTO, 1968). Além disso, *B. dorsalis* pertence a mesma ordem e família de *B. carambolae* e, portanto, suas demandas térmicas auxiliam na estimativa do desenvolvimento de *F. arisanus* também em *B. carambolae*.

Este trabalho teve por objetivo apresentar estimativas numéricas do desenvolvimento do parasitoide *F. arisanus* em condições climáticas de cinco municípios pertencentes aos estados do Pará e Roraima, considerados aptos ao parasitoide *F. arisanus* e à espécie *B. carambolae*, com base em demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis*.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os municípios de Marabá/PA, Monte Alegre/PA, Tucuruí/PA, Caracaraí/RR e Boa Vista/RR foram avaliados separadamente. Dados de temperaturas máximas e mínimas mensais médias de cada município foram obtidos a partir daqueles recuperados do Banco

de Dados Meteorológicos (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para as estações de Boa Vista 82024 (período disponível: jan/1961 a mai/2019), Caracarái 82042 (período disponível: set/1978 a mai/2019), Marabá a240 (período disponível: jan/2000 a dez/2019), Monte Alegre 82181 (período disponível: abr/1974 a mai/2019) e Tucuruí a229 (período disponível: jan/2000 a dez/2019). As temperaturas recuperadas foram posteriormente disponibilizadas em planilha Microsoft Excel e reorganizadas mensalmente para viabilizar os cálculos dos valores de T_{min} e T_{max} mensais médios e o gráfico anual correspondente para cada município.

As fases ovo-larval e pupal do parasitoide *F. arisanus* foram avaliadas, separadamente, em cada cenário municipal, com base nas respectivas demandas térmicas dessas fases, utilizando calculadora da Universidade da Califórnia (UNIVERSITY OF CALIFORNIA-DAVIS, 2022). Na indisponibilidade em literatura de demandas térmicas das fases do parasitoide em *B. carambolae* foram utilizadas aquelas apresentadas em *B. dorsalis* (NANGA et al., 2021): a) fase ovo-larval: limiar térmico inferior de 8°C e soma térmica de 175,4 graus-dias (GD); e b) fase pupal: limiar térmico inferior de 7,81°C e soma térmica de 222,2 GD. O período de pré-oviposição da fêmea de *F. arisanus* (fpo) considerado foi de 9 dias (ZENIL et al., 2004), portanto dentro da faixa apresentada por Bautista, Harris e Vargas (2001).

As durações (em dias) das fases ovo-larval e pupal de *F. arisanus* foram determinadas, assim como as fases imatura completa (ovo-pupa) e de ovo até a ocorrência da fêmea ativa do parasitoide, por geração ocorrida dentro do período de um ano (janeiro a dezembro). As informações, por geração, foram organizadas em planilhas Excel e viabilizaram a elaboração de gráficos e estatísticas básicas para as durações das fases completas do parasitoide em cada município avaliado. Análise de variância (ANOVA) e testes F e de Tukey foram realizados para comparação de médias das fases imaturas estimadas para os municípios analisados, nesse caso considerando as fases imaturas estimadas para as gerações completas (ovo a ovo) em cada cenário municipal, fazendo uso de software R v. 4.2.1 em ambiente RStudio v. 1.0.153.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições térmicas mensais médias consideradas para o município de Marabá/PA foram apresentadas (**Figura 1**). Durante o ano as T_{max} variaram de 32,9 a 36,3 °C, com média anual de 34,3 ± 1,3 °C. As maiores T_{max} ocorreram de agosto a outubro, com variação de 36,0 a 36,3 °C, enquanto as menores no período de janeiro a março, com variação de 32,9 a 33,4°C. As T_{min} de Marabá variaram de 17,9 a 21,9 °C durante o ano, com média de 20,6 ± 1,3 °C. Os maiores valores de T_{min} predominaram de março a maio, variando de 21,6 a 21,9 °C, enquanto os menores valores foram registrados de junho a agosto, variando de 17,9 a 19,8 °C. As maiores amplitudes térmicas mensais ocorreram

no período de julho a setembro, variando de 16,0 a 17,8 °C, enquanto as menores foram registradas de março a abril (11,4 a 11,6 °C); com média de amplitude térmica anual de $13,7 \pm 2,1$ °C.

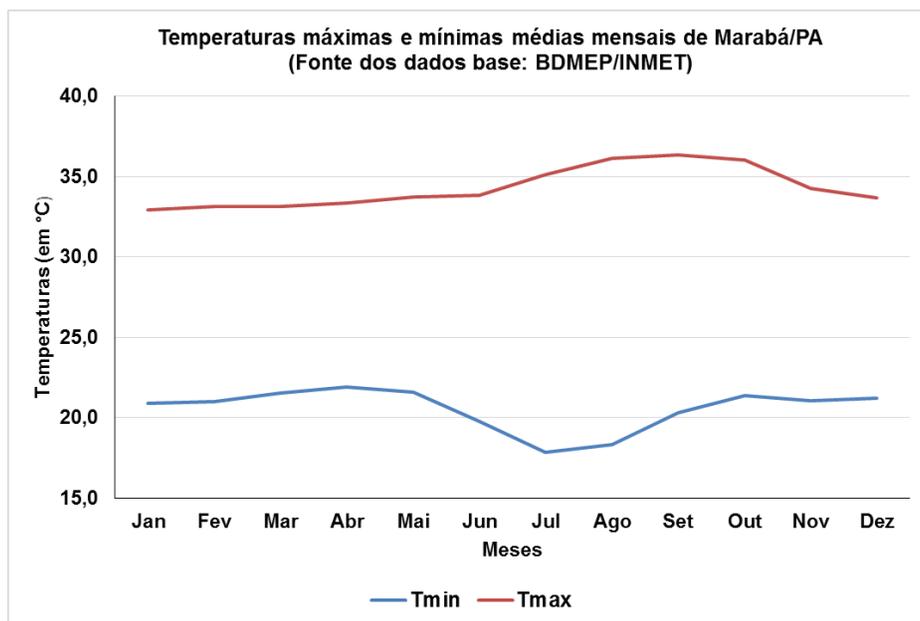


Figura 1. Temperaturas máxima e mínima médias mensais de Marabá/PA

Desse modo, as estimativas numéricas dos tempos de desenvolvimento de *F. arisanus* para Marabá/PA consideraram as Tmax e Tmin mensais ocorridas no período de janeiro a dezembro, cujos resultados são apresentados a seguir.

As durações das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis*, em condições de Marabá/PA por geração obtida durante o período de janeiro a dezembro foram determinadas e apresentadas (**Figura 2**). No período avaliado foram estimadas 12 gerações completas (ovo a ovo) de *F. arisanus* em Marabá/PA (**Figura 2**). Ao final do período avaliado (31 de dezembro), a 13ª geração do parasitoide encontrava-se com sua fase ovo-larval em desenvolvimento, com 116,6 GD acumulados (ou 6 dias de idade).

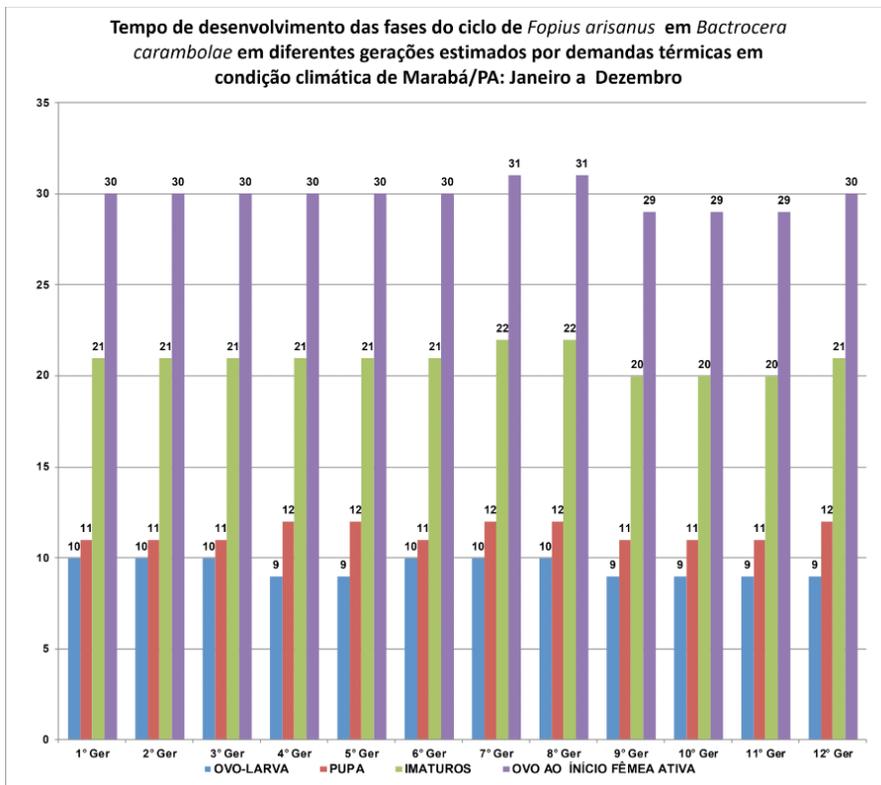


Figura 2. Estimativas do desenvolvimento do parasitoide *Fopius arisanus* em *Bactrocera carambolae*, a partir de demandas térmicas de *Bactrocera dorsalis*, em condição térmica do município de Marabá/PA, no período de janeiro a dezembro

Com base nas durações das fases de desenvolvimento de *F. arisanus* das 12 gerações completas obtidas em Marabá/PA, estimaram-se as seguintes durações médias para as fases: a) ovo-larval: $9,5 \pm 0,5$ dias, variando de 9 a 10 dias; b) pupal: $11,4 \pm 0,4$ dias, variando de 11 a 12 dias; c) imatura completa: $20,9 \pm 0,7$ dias, variando de 20 a 22 dias; e d) de ovo até início da fêmea ativa: $29,9 \pm 0,7$ dias, variando de 29 a 31 dias.

Em Marabá/PA, as 7ª e 8ª gerações de *F. arisanus* apresentaram os maiores tempos de desenvolvimento de imaturos (22 dias), influenciados pelas ocorrências das maiores durações ovo-larval (10 dias) e pupal (12 dias) em ambas as gerações. A fase ovo-larval da 7ª geração deu-se de 30 junho a 9 julho, enquanto na 8ª geração ocorreu de 31 julho a 9 agosto. Por sua vez, a fase pupal das 7ª e 8ª gerações do parasitoide ocorreram, respectivamente, de 10 julho a 21 julho e de 10 agosto a 21 agosto. Desse modo, as fases imaturas da 7ª geração predominaram em T_{min} de $17,9 \text{ }^\circ\text{C}$ e T_{max} de $35,1 \text{ }^\circ\text{C}$ e amplitude de $17,2 \text{ }^\circ\text{C}$ e, portanto, inferior àquela observadas para a média anual de T_{min} , $20,6 \pm 1,3 \text{ }^\circ\text{C}$, superior à média anual de T_{max} , de $34,3 \pm 1,3 \text{ }^\circ\text{C}$, porém com amplitude térmica superior à média anual, de $13,7 \pm 2,2 \text{ }^\circ\text{C}$, demandando mais dias para completar as fases

imaturas. O mesmo foi observado para a fase imatura da 8ª geração, predominantemente ocorrida em agosto e, assim, sujeita a T_{min} de 18,3 °C e T_{max} de 36,1°C e amplitude de 17,8 °C e, portanto, com T_{min} inferior àquela relatada para a média anual dessa variável climática, T_{max} superior à média anual e maior amplitude mensal quando comparada à respectiva média anual, supracitadas. Desse modo, as maiores amplitudes térmicas favoreceram o maior tempo de desenvolvimento das fases imaturas do parasitoide *F. arisanus* nas gerações sinalizadas e, conseqüentemente, requereu maior duração para o período de ovo à fêmea ativa de ambas as gerações, de 31 dias.

Os períodos de disponibilidades das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimados a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Marabá/PA, por geração obtida no período de janeiro a dezembro foram determinados e apresentados (Figura 3).

Fopius arisanus em condição climática de Marabá/PA – infestação iniciada em janeiro com gerações acompanhadas até dezembro.

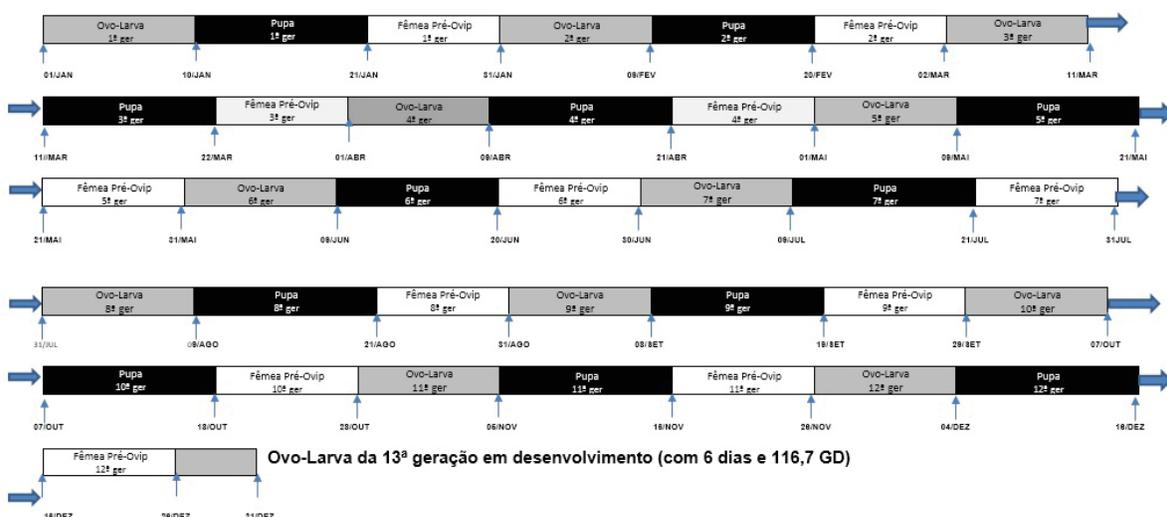


Figura 3. Disponibilidades de fases de desenvolvimento de *Fopius arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Marabá/PA no período de janeiro a dezembro

As condições térmicas mensais médias consideradas para o município de Monte Alegre/PA são apresentadas (Figura 4).

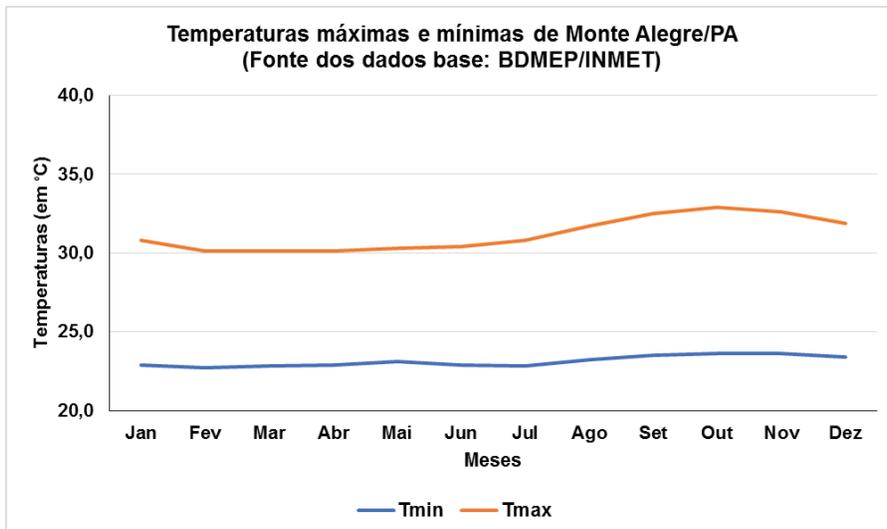


Figura 4. Temperaturas máxima e mínima médias mensais de Monte Alegre/ PA

Em Monte Alegre/PA, no período de janeiro a dezembro os valores de Tmax variaram de 30,1 a 32,9 °C, com a média anual de $31,2 \pm 1,1$ °C, apresentando as maiores Tmax de setembro a novembro, variando de 32,5 a 32,9 °C, e as menores de fevereiro a abril, apresentando 30,1 °C. Por sua vez, as Tmin no mesmo período variaram de 22,7 a 23,6 °C, com média anual de $23,1 \pm 0,3$ °C, apresentando menor valor em fevereiro, de 22,7 °C, e seu maior valor de outubro a novembro, de 23,6 °C. Quando avaliadas as amplitudes térmicas mensais, no período de janeiro a dezembro deram-se em média de $8,1 \pm 0,8$ °C, com as maiores amplitudes registradas de setembro a novembro, variando de 9,0 a 9,3 °C, e as menores de fevereiro a junho, variando de 7,2 a 7,5 °C.

As durações das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis*, em condições de Monte Alegre/PA por geração obtida durante o período de janeiro a dezembro foram determinadas e apresentadas (Figura 5).

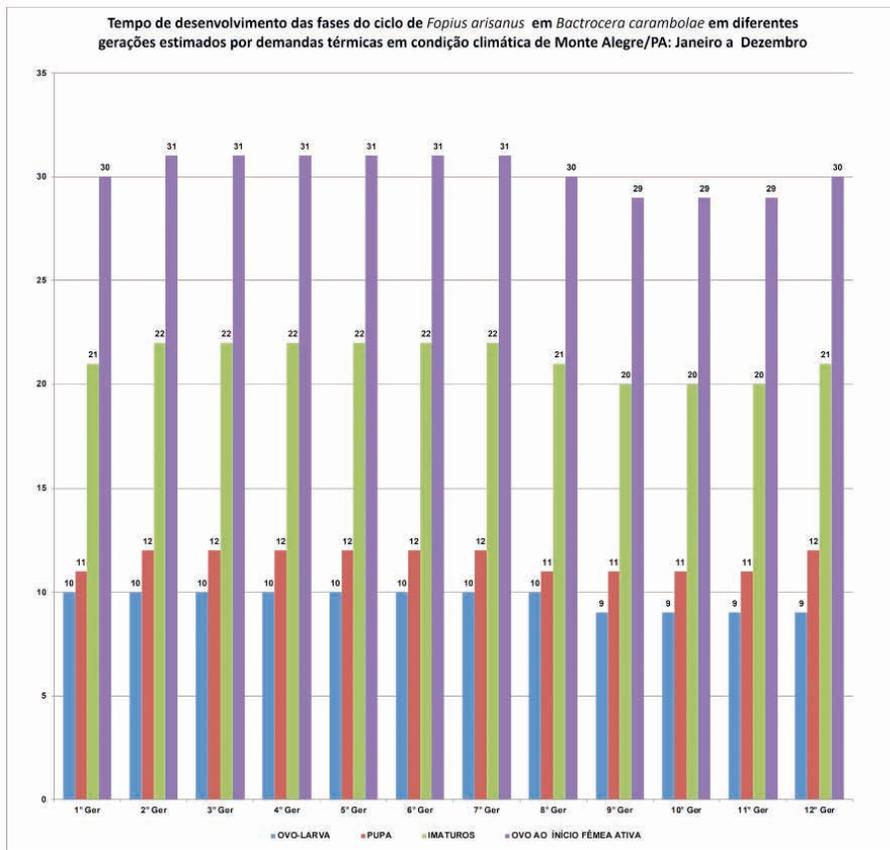


Figura 5. Estimativas do desenvolvimento do parasitoide *Fopius arisanus* em *Bactrocera carambolae*, a partir de demandas térmicas de *B. dorsalis*, em condição térmica do município de Monte Alegre/PA, no período de janeiro a dezembro

No período avaliado foram estimadas 12 gerações completas (ovo a ovo) de *F. arisanus* em Monte Alegre/PA (Figura 5), com a 13ª geração do parasitoide ainda se encontrando em sua fase ovo-larval em desenvolvimento ao final do período avaliado, com 39,3 GD acumulados (ou 2 dias de idade). Com base nas durações das fases de desenvolvimento de *F. arisanus* das 12 gerações completas obtidas, estimaram-se as seguintes durações médias para as fases: a) ovo-larval: $9,7 \pm 0,5$ dias, variando de 9 a 10 dias; b) pupal: $11,6 \pm 0,5$ dias, variando de 11 a 12 dias; c) imatura completa: $21,3 \pm 0,9$ dias, variando de 20 a 22 dias; e d) de ovo até início da fêmea ativa: $30,3 \pm 0,9$ dias, variando de 29 a 31 dias. Os maiores tempos de desenvolvimento de imaturos do parasitoide (22 dias) ocorreram da 2ª e 7ª gerações de *F. arisanus*, influenciados pelas ocorrências das maiores durações ovo-larval (10 dias) e pupal (12 dias) apresentadas nessas gerações. A fase ovo-larval da 2ª geração ocorreu de 31 de janeiro a 9 de fevereiro, sofrendo maior influência das temperaturas de fevereiro, em que se registraram as T_{min} de 22,7 °C, T_{max} de 30,1 °C

e amplitude de 7,4°C; portanto inferiores às respectivas médias anuais dessas variáveis climáticas, de 23,1 ± 0,3 °C, 31,2 ± 1,1 °C e 8,1 ± 0,8 °C. A fase pupal da 2ª geração ocorreu predominantemente em fevereiro e, portanto, sofreu a mesma influência já descrita. As fases imaturas das 3ª a 7ª gerações, ocorridas no período de 3 março a 26 julho, sofreram influências térmicas semelhantes àsquelas observadas para a 2ª geração, como pode ser visto pelas Tmax e Tmin praticamente constantes nesse período (**Figura 4**). No entanto, as menores durações da fase imatura do parasitoide (20 dias) ocorreram das 9ª a 11ª gerações, influenciadas por temperaturas de 3 outubro a 20 dezembro, onde registraram-se medias de Tmin, Tmax e amplitudes de 23,5 2 ± 0,2 °C, 32,5 2 ± 0,5 °C e 8,9 2 ± 0,4°C, respectivamente, e, portanto, superiores às médias anuais dessas variáveis climáticas, já relatadas. A menor amplitude térmica no período, favoreceu o desenvolvimento mais rápido das fases imaturas, refletido pelas menores durações observadas nas 9ª e 11ª gerações de Monte Alegre/PA.

Os períodos de disponibilidades das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimados a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Monte Alegre/PA, por geração obtida no período de janeiro a dezembro, foram determinados e apresentados (**Figura 6**).

Fopius arisanus em condição climática de Monte Alegre/PA – infestação iniciada em janeiro com gerações acompanhadas até dezembro

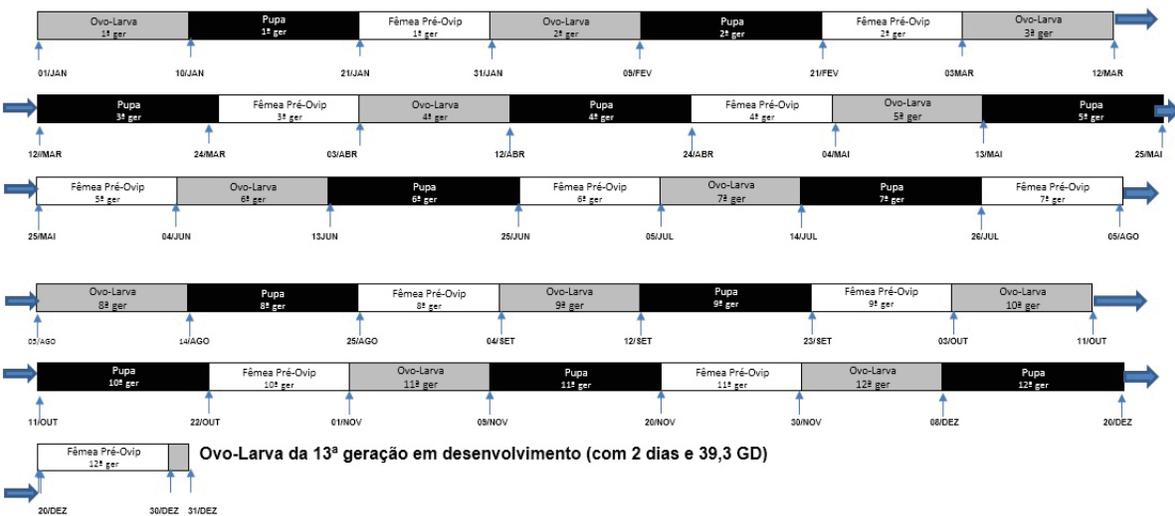


Figura 6. Disponibilidades de fases de desenvolvimento de *Fopius arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Monte Alegre/PA no período de janeiro a dezembro

As condições térmicas mensais médias consideradas para o município de Tucuruí/PA são apresentadas (**Figura 7**).

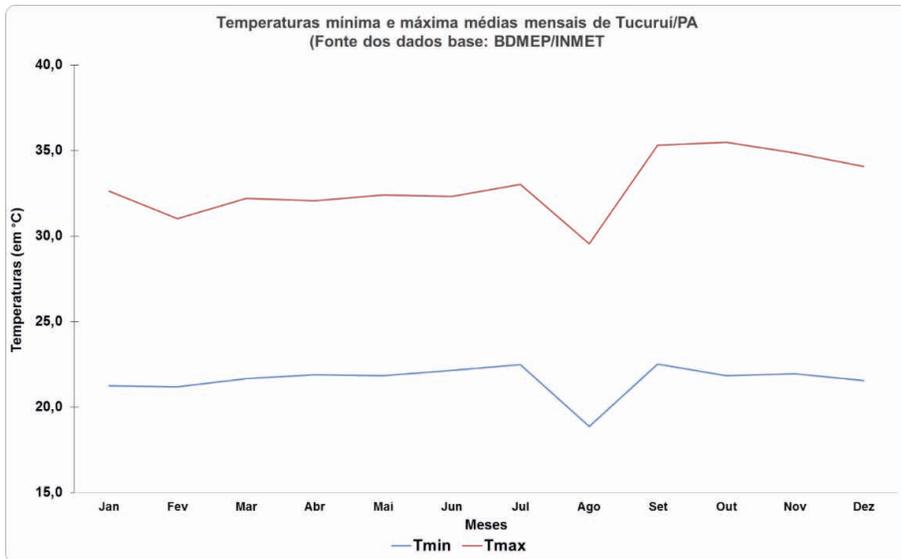


Figura 7. Temperaturas máxima e mínima médias mensais de Tucuruí/ PA

No período de janeiro a dezembro observaram-se em Tucuruí/PA a Tmax média anual de $32,9 \pm 1,8$ °C, variando de 29,6 a 35,5 °C, a Tmin média anual de $21,6 \pm 1,0$ °C, variando de 18,9 a 22,5 °C, e a amplitude térmica média anual de $11,3 \pm 1,3$ °C, variando de 9,8 a 13,7 °C. As maiores Tmax deram-se de setembro a dezembro, variando de 34,1 a 35,5 °C, enquanto a menor Tmax foi observada no mês de agosto, de 29,6 °C. O menor valor de Tmin deu-se em agosto, 18,9 °C, enquanto o seu maior valor foi observado em junho e em setembro, de 22,5 °C. As maiores amplitudes térmicas mensais foram observadas de setembro a dezembro, variando de 12,5 a 13,7 °C, enquanto a menor deu-se em fevereiro, de 9,8 °C.

As durações das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis*, em condições de Tucuruí/PA por geração obtida durante o período de janeiro a dezembro, foram determinadas e apresentadas (**Figura 8**). No período de janeiro a dezembro foram estimadas 12 gerações completas (ovo a ovo) de *F. arisanus* em Tucuruí/PA. Ao final do período avaliado (31 de dezembro), a 13ª geração do parasitoide encontrava-se com sua fase ovo-larval em desenvolvimento, com 99,0 GD acumulados (ou 5 dias de idade).

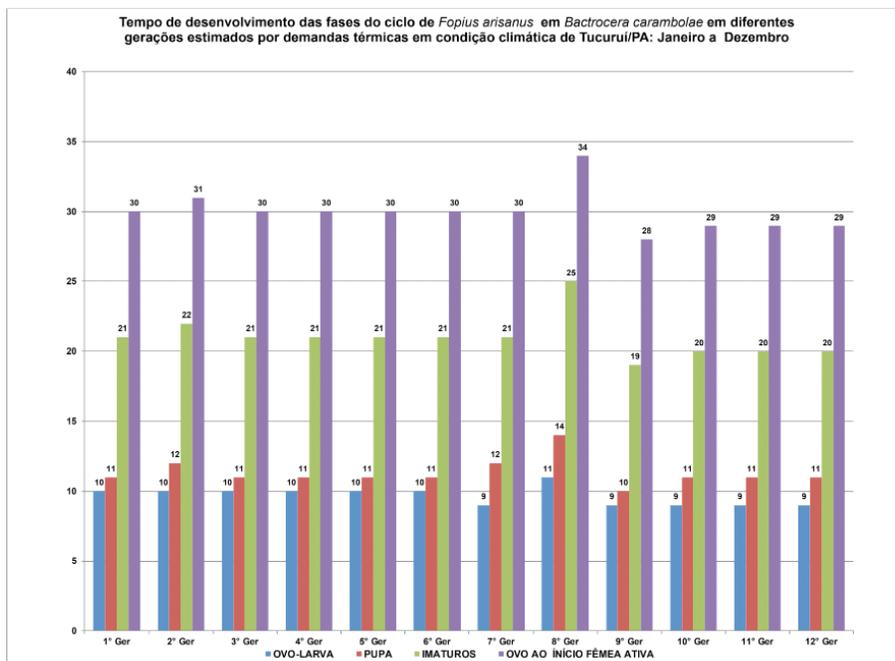


Figura 8. Estimativas do desenvolvimento do parasitoide *Fopius arisanus* em *Bactrocera carambolae*, a partir de demandas térmicas de *B. dorsalis*, em condição térmica do município de Tucuruí/PA, no período de janeiro a dezembro

Considerando as durações das fases de desenvolvimento de *F. arisanus* das 12 gerações completas obtidas, estimaram-se as seguintes durações médias para as fases: a) ovo-larval: $9,7 \pm 0,7$ dias, variando de 9 a 11 dias; b) pupal: $11,3 \pm 1,0$ dias, variando de 10 a 14 dias; c) imatura completa: $21,0 \pm 1,5$ dias, variando de 19 a 25 dias; e d) de ovo até início da fêmea ativa: $30,0 \pm 1,5$ dias, variando de 28 a 34 dias.

Em Tucuruí/PA, o maior tempo de desenvolvimento da fase imatura de *F. arisanus* (25 dias) deu-se na 8ª geração, influenciada pelos maiores tempos de durações das suas fases ovo-larval (11 dias) e pupal (14 dias) nessa geração. As fases ovo-larval e pupal da 8ª geração ocorreram no período de 31 de julho a 24 agosto e, assim, influenciadas por T_{min}, T_{max} e amplitude de térmica predominantemente registradas no mês de agosto, respectivamente de 18,9 °C, 29,6 °C e 10,7 °C; portanto, inferiores às médias anuais dessas variáveis, $21,6 \pm 1,0$ °C, $32,9 \pm 1,8$ °C e de $11,3^\circ\text{C} \pm 1,3$ °C. Assim sendo, as menores temperaturas e amplitude térmica do mês de agosto implicaram no maior tempo de duração demandado para completar as fases imaturas do parasitoide na 8ª geração. A menor duração da fase imatura de *F. arisanus* em Tucuruí/PA foi observada na 9ª geração, ocorrida de 3 a 30 setembro, onde as T_{min}, T_{max} e amplitude térmica registraram 22,5 °C, 35,3 °C e 12,8 °C, respectivamente; portanto, acima das médias anuais já citadas. As maiores temperaturas implicaram na menor duração das fases dessa geração.

Os períodos de disponibilidades das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimados a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Tucuruí/PA, por geração obtida no período de janeiro a dezembro, foram determinados e apresentados (**Figura 9**).

Fopius arisanus em condição climática de Tucuruí/PA – infestação iniciada em janeiro com gerações acompanhadas até dezembro

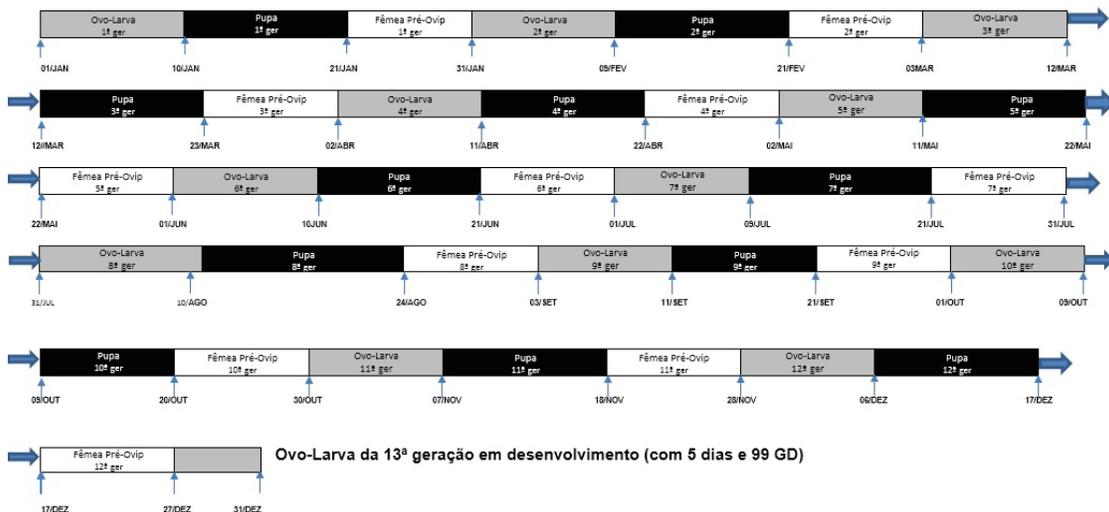


Figura 9. Disponibilidades de fases de desenvolvimento de *Fopius arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Tucuruí/PA no período de janeiro a dezembro.

As condições térmicas mensais médias consideradas para o município de Boa Vista/RR são apresentadas (**Figura 10**).

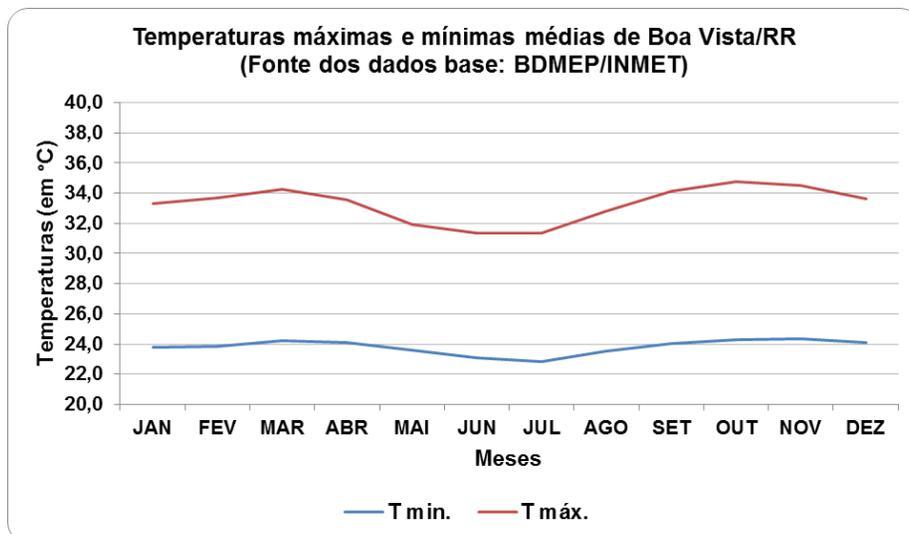


Figura 10. Temperaturas máxima e mínima médias mensais de Boa Vista/RR

Em Boa Vista/RR, durante o período de janeiro a dezembro notaram-se Tmax média anual de $33,3 \pm 1,2$ °C, variando de 31,3 a 34,8°C, Tmin média de $23,8 \pm 0,5$ °C, variando de 22,9 a 24,4 °C, e amplitudes térmicas médias de $9,4 \pm 0,7$ °C, variando de 8,2 a 10,5 °C. As maiores Tmax deram-se em março, 34,2 °C, e em setembro a novembro, variando de 34,1 a 34,8 °C. Já as menores Tmax ocorreram de junho a julho, variando de 31,3 a 31,4 °C. Os maiores valores de Tmin predominantemente de março a abril, onde variaram de 24,1 a 24,4 °C, e de setembro a dezembro, variando de 24,1 a 24,4 °C. Já o menor valor de Tmin deu-se em julho, de 22,9 °C. As maiores amplitudes térmicas mensais ocorreram no período de setembro a novembro, variando de 10,0 a 10,5 °C, enquanto as menores foram registradas de maio a julho, variando de 8,2 a 8,5 °C.

As durações das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis*, em condições de Boa Vista/RR, por geração obtida durante o período de janeiro a dezembro, foram determinadas e apresentadas (**Figura 11**).

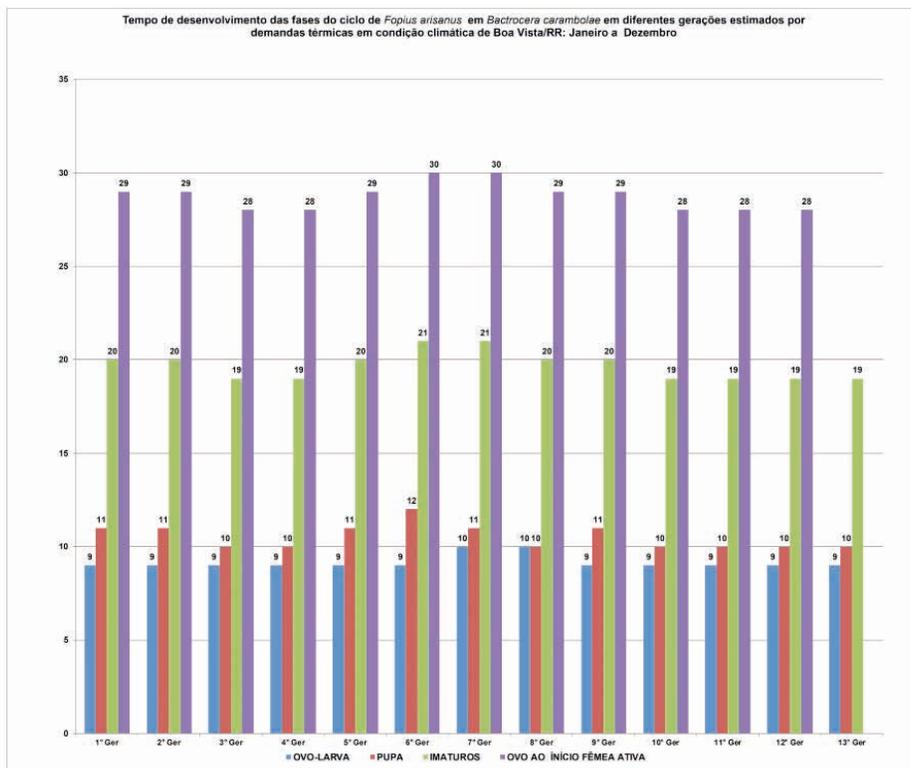


Figura 11. Estimativas do desenvolvimento do parasitoide *Fopius arisanus* em *Bactrocera carambolae*, a partir de demandas térmicas de *B. dorsalis*, em condição térmica do município de Boa Vista/PA, no período de janeiro a dezembro

Em Boa Vista/RR, o maior tempo de desenvolvimento da fase imatura de *F. arisanus* (21 dias) deu-se nas 6ª e 7ª gerações, as quais, embora variando os valores das fases ovo-larval e pupal, foram influenciadas pelas temperaturas do período de junho e julho, onde prevaleceram valores médios de Tmin, Tmax e amplitude térmica de $23,0 \pm 0,1$ °C, $31,4 \pm 0,1$ °C e $8,4 \pm 0,2$ °C, respectivamente. Portanto, com Tmin, Tmax e amplitude térmica inferiores às respectivas médias anuais dessas variáveis térmicas, que foram de $23,8 \pm 0,5$ °C, $33,3 \pm 1,2$ °C e $9,4 \pm 0,7$, respectivamente. Assim, as menores temperaturas implicaram na necessidade de maior número de dias para acumular os graus-dias necessários para a mudança de fase de desenvolvimento e, portanto, no maior tempo de duração das fases imaturas dessas gerações. O menor tempo de desenvolvimento da fase imatura do parasitoide em Boa Vista/RR foi registrado nas 3ª e 4ª gerações e nas 10ª a 12ª gerações, todas com 28 dias de duração apresentando a fase ovo-larval com 9 dias e a fase pupal com 10 dias. As fases imaturas das 3ª e 4ª gerações deram-se entre 28 fevereiro a 15 abril e, assim, influenciadas predominantemente por Tmin, Tmax e amplitudes médias de março e abril, ou seja $24,2 \pm 0,1$ °C, $33,9 \pm 0,4$ °C e $9,7 \pm 0,3$, respectivamente, e, portanto,

acima das médias anuais dessas variáveis. Já nas 10^a a 12^a gerações, as fases imaturas ocorreram no período de 19 de setembro a 30 de dezembro e, portanto, em T_{min}, T_{max} e amplitudes médias de 24,2 ± 0,1 °C, 34,3 ± 0,5 °C e 10,0 ± 0,4, respectivamente. Assim, também acima da média anual dessas variáveis em Boa Vista/RR.

Os períodos de disponibilidades das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimados a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Boa Vista/RR, por geração obtida no período de janeiro a dezembro, foram determinados e apresentados (Figura 12).

Fopius arisanus em condição climática de Boa Vista/RR – infestação iniciada em janeiro com gerações acompanhadas até dezembro

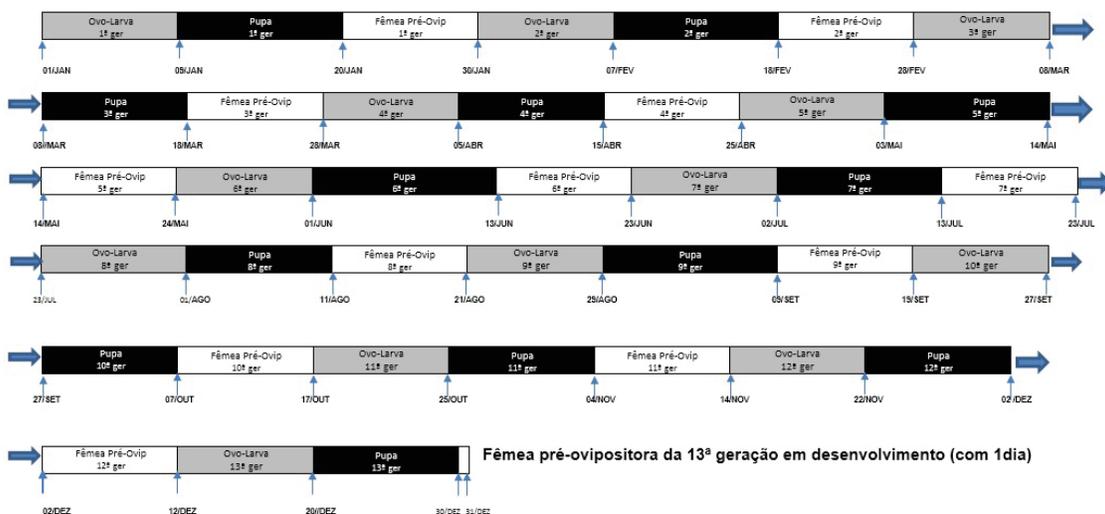


Figura 12. Disponibilidades de fases de desenvolvimento de *Fopius arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Boa Vista/RR no período de janeiro a dezembro

As condições térmicas mensais médias consideradas para o município de Caracará/RR são apresentadas (Figura 13).

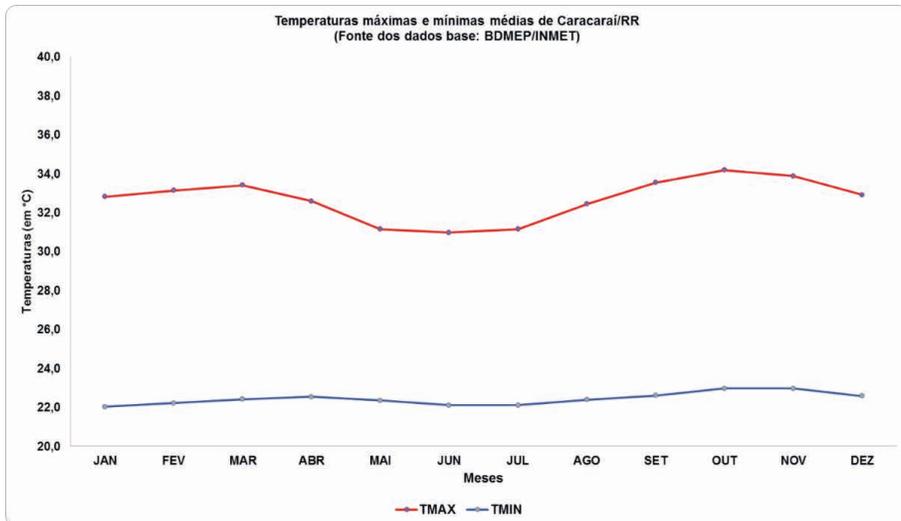


Figura 13. Temperaturas máxima e mínima médias mensais de Caracarái/RR

Em Caracarái/RR, a Tmax média anual foi de $32,7 \pm 1,1$ °C, variando de 31,0 a 34,2°C, com a maior Tmax observada em outubro, de 34,2 °C, e as menores ocorrendo no período de maio a julho, variando de 31,0 a 31,2°C. Quando observado os valores das Tmin, estes deram-se com média anual de $22,5 \pm 0,3$ °C, variando de 22,0 a 23,0 °C. Os maiores valores de Tmin ocorreram no período de outubro a novembro, com 23,0 °C, enquanto o menor valor de Tmin, de 22,0 °C, deu-se em janeiro, tendo sido observados valores próximos a este limite inferior vigorando também, principalmente, em junho e julho, com 22,1 °C. A amplitude térmica média do período anual foi de $10,3 \pm 0,9$ °C, variando de 8,8 a 11,2 °C. O mês de outubro apresentou a maior amplitude, de 11,2 °C, embora amplitudes elevadas também tenham sido observadas de fevereiro a março e em setembro, com 11,0 °C. Em Caracarái/RR, as menores amplitudes deram-se de maio a julho, em média de $8,9 \pm 0,1$ °C.

As durações das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis*, em condições de Caracarái/RR, por geração obtida durante o período de janeiro a dezembro, foram determinadas e apresentadas (**Figura 14**). No período de janeiro a dezembro foram estimadas 12 gerações completas (ovo a ovo) de *F. arisanus* em Caracarái/RR, com a 13 geração presente ao final do período avaliado (31 dezembro) em sua fase ovo-larval, apresentando 158 GD acumulados ou 8 dias de idade.

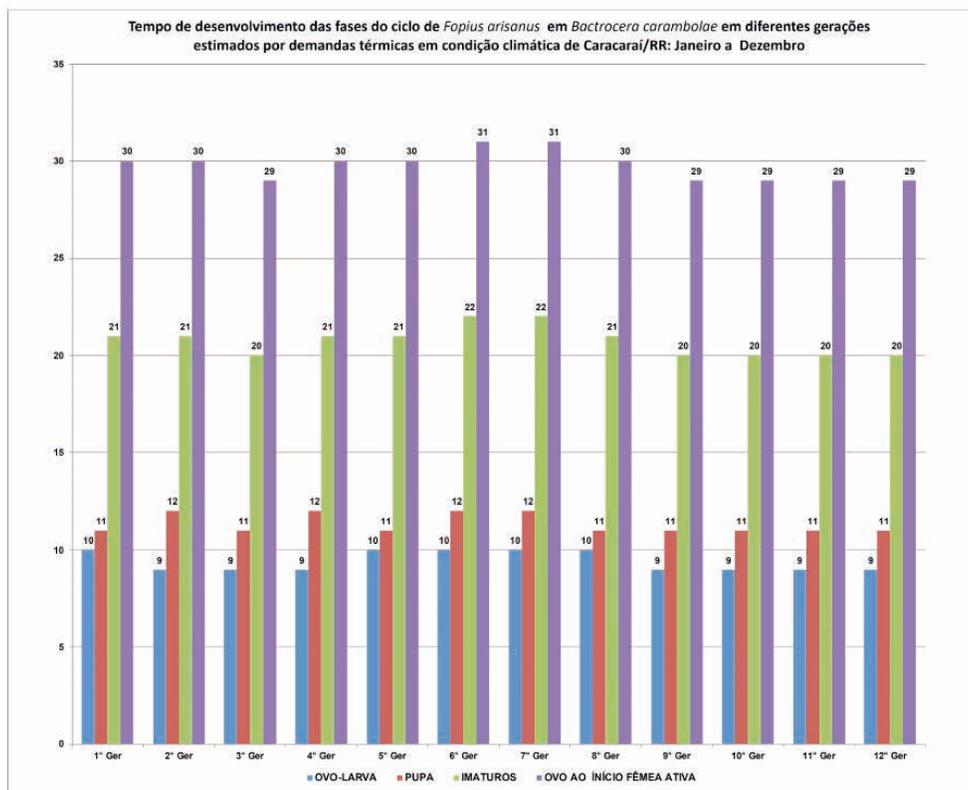


Figura 14. Estimativas do desenvolvimento do parasitoide *Fopius arisanus* em *Bactrocera carambolae*, a partir de demandas térmicas de *B. dorsalis*, em condição térmica do município de Caracará/PA, no período de janeiro a dezembro

Considerando as durações das fases de desenvolvimento de *F. arisanus* das 12 gerações completas (ovo-a-ovo) obtidas em Caracará/RR, estimaram-se as seguintes durações médias para as fases: a) ovo-larval: $9,4 \pm 0,5$ dias, variando de 9 a 10 dias; b) pupal: $11,3 \pm 0,5$ dias, variando de 11 a 12 dias; c) imatura completa: $20,8 \pm 0,8$ dias, variando de 20 a 22 dias; e d) de ovo até início da fêmea ativa: $29,8 \pm 0,8$ dias, variando de 29 a 31 dias.

O maior tempo de desenvolvimento da fase imatura de *F. arisanus* (22 dias) deu-se nas 6ª e 7ª gerações, que apresentaram os maiores valores das durações das fases ovo-larval (10 dias) e pupal (12 dias). As fases imaturas dessas gerações ocorreram de 30 maio a 21 julho e, portanto, com maior influência das temperaturas de junho e julho, que registraram nesse período médias de T_{min} de $22,1 \pm 0,0$ °C, T_{max} de $31,1 \pm 0,1$ °C e amplitude térmica de $9,0 \pm 0,1$ °C; portanto inferiores as respectivas médias anuais. Assim, as 6ª e 7ª gerações demandaram maior tempo para acumular os graus-dias necessários para as trocas de fases. Os menores tempos de desenvolvimentos das fases imaturas do parasitoide (20 dias) em Caracará deram-se nas 3ª e na 9ª a 12ª gerações, as quais

apresentaram as menores durações das fases ovo-larval (9 dias) e pupal (11 dias). As fases imaturas da 3ª geração deram-se em março e, assim, sob influência de Tmin de 22,4 °C, Tmax de 33,4 °C e amplitude térmica de 11,0 °C; estas, acima das médias anuais dessas variáveis térmicas. Os desenvolvimentos das fases imaturas das 9ª a 12ª gerações deram-se no período de 30 agosto a 14 dezembro, prevalecendo nos meses de setembro a dezembro onde as Tmin, Tmax e amplitude térmica médias foram de 22,8 ± 0,2 °C, 33,7 ± 0,6 °C e 10,9 ± 0,4 °C, respectivamente; acima das médias anuais, o que implicou em acúmulo mais rápido das somas térmicas requeridas pelas fases imaturas e, portanto, no menor tempo de duração das gerações assinaladas.

A disponibilidades das fases de *F. arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Caracaraí/RR, por geração obtida no período de janeiro a dezembro, foram determinadas e apresentadas (Figura 15).

Fopius arisanus em condição climática de Caracaraí/RR – infestação iniciada em janeiro com gerações acompanhadas até dezembro

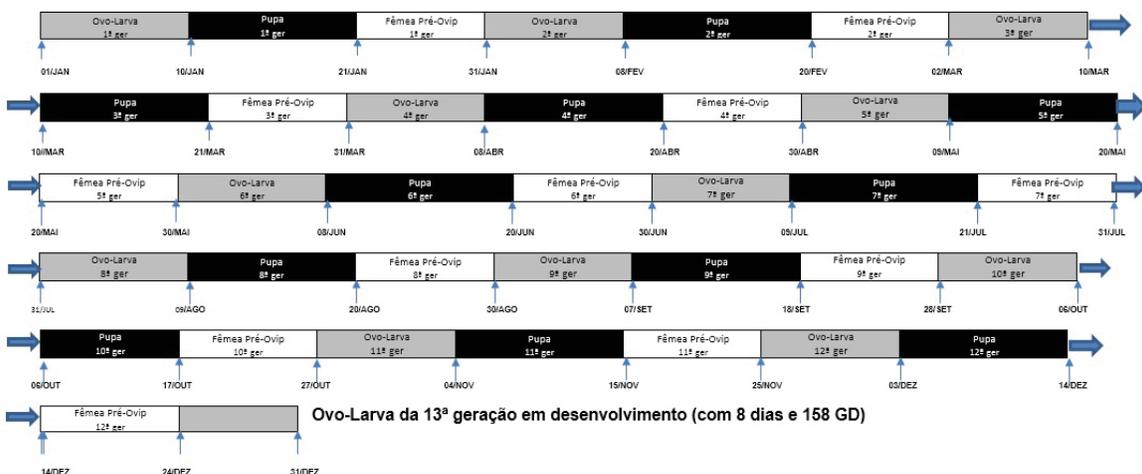


Figura 15. Disponibilidades de fases de desenvolvimento de *Fopius arisanus* em *B. carambolae*, estimadas a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis* e em condições de Caracaraí/RR no período de janeiro a dezembro

Considerando os tempos médios das durações das fases imaturas estimadas para *F. arisanus* em *B. carambolae*, a partir de demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis*, em condições térmicas de Marabá/PA (MRB), Monte Alegre/PA (MTA), Tucuruí/PA (TCR), Boa Vista/RR (BVT) e Caracaraí /RR (CRC), as durações médias das fases ovo-larval, pupal e imatura completa do parasitoide foram determinadas e apresentadas (Tabela 1).

Municípios	Ovo-Larval	Pupa	Imatura completa
MRB	9,5 ± 0,5 ab	11,4 ± 0,5 a	20,9 ± 0,7 a
MTA	9,7 ± 0,5 a	11,6 ± 0,5 a	21,3 ± 0,9 a
TCR	9,7 ± 0,7 a	11,3 ± 1,0 ab	21,0 ± 1,5 a
BVT	9,2 ± 0,4 b	10,6 ± 0,7 b	19,8 ± 0,8 b
CRC	9,4 ± 0,5 ab	11,3 ± 0,5 a	20,8 ± 0,8 ab
α	15%	5%	5%

Obs.: Municípios: Marabá/PA (MRB), Monte Alegre/PA (MTA), Tucuruí/PA (TCR), Boa Vista/RR (BVT) e Caracará /RR (CRC); Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de significância α apresentado.

Tabela 1. Tempos médios das durações das fases de ovo-larval de *F. arisanus* em *B. carambolae*, obtidas por demandas térmicas do parasitoide em *B. dorsalis*, em condições térmicas dos municípios do Pará e Roraima avaliados

Desse modo, conclui-se que as condições térmicas médias de Monte Alegre/PA e Tucuruí/PA favoreceram a maior duração média da fase-ovo-larval do parasitoide *F. arisanus* nesses municípios, diferindo-os do menor tempo de duração média desta fase estimado para Boa Vista/RR, a um nível de significância de 15%. Para a fase pupal, observou-se o maior tempo de duração média da fase estimado para Marabá/PA, Monte Alegre/PA e Caracará/RR, diferindo-os do menor estimado para Boa Vista/RR, a um nível de significância de 5%. Já quando considerada a duração média da fase imatura completa, suas maiores durações médias foram estimadas para Marabá/PA, Monte Alegre/PA e Tucuruí/PA, diferindo-as do menor tempo de duração médio estimado para o parasitoide em condições térmicas de Boa Vista/RR, a nível de significância de 5%. Os resultados obtidos colaboram com as estratégias de manejo da PQP *B. carambolae* com foco no uso de controle biológico por *F. arisanus*.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das estimativas realizadas foram constatadas as influências das amplitudes térmicas locais nas durações das fases imaturas do parasitoide *F. arisanus* em áreas aptas a ele e à praga *B. carambolae*.

As durações e os períodos de maior disponibilidade de fases de desenvolvimento do parasitoide foram identificados para os cenários avaliados e disponibilizados.

Os resultados obtidos apoiam as estratégias de manejo integrado de *B. carambolae*, com foco no uso de *F. arisanus* como agente de controle biológico dessa PQA em municípios dos estados do Pará e de Roraima.

REFERÊNCIAS

- BARIANI, A.; JESUS-BARROS, C. R. de; CARVALHO, J. P.; MOTA JUNIOR, L de O.; NASCIMENTO, P. R.; CRUZ, K. R.; FACUNDES, V. da S. Técnicas para criação da mosca-da-carambola (*Bactrocera carambolae* Drew & Hancock) em laboratório para pesquisa científica. Macapá, AP: Embrapa Amapá, 2016. 31p. (Documentos, 97).
- BAUTISTA, R. C.; HARRIS, E. J.; VARGAS, R. I.; The fruit fly parasitoid *Fopius arisanus*: reproductive attributes of pre-released females and the use of added sugar as a potential food supplement in the field. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, n.101, p. 247–255, 2001. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43204250/The_fruit_fly_parasitoid_Fopius_arisanus20160229-8986-ww9trh-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666036577&Signature=EL-kAoiovLYHZPue4lenMARPGGzshHtWeAOa3DO~g6G9SVryZFFVVMah2t60UmKs1~J5OfEOXajkWjHqoP3eYc0zNbZiQwyVgXjCse6xYf2hty6tjY6GKCBR1Bab~t0aZxNt8jIKverpIPSc5O2S4BdsSHXKw5NDVFvEB2XEpmennRe1GylupjooWIRv vQA81MBCKWYDITSprZol2OfdQ3xm~z9PxbASEsVu1H62SEozzOphVYNT1ZySbxB2d0AStEnDa71G W7gLPxPEY4TTIonMvbhWIOYWPLrcSQYJCe6eyf9UK~yt-guGblFJFFcqqiMN4yOgf3LlfCJKitbcw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Mapa). Instrução normativa n.24, de 08 de setembro de 2015, publicado DOU em 09 de setembro de 2015. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-mapa-24-de-08-09-2015,1048.html> Acessado em: 25 nov. 2022.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Mapa). Instrução normativa n. 38, de 1 de outubro de 2018. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 out. 2018. Seção 1. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/43461167/do1-2018-10-02-instrucao-normativa-n-38-de1-de-outubro-de-2018-43461024, Acessado em: 15 dez. 2019.
- FAVACHO, S. C. **Aspectos biológicos do parasitoide *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) em *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae)**. Macapá, AP: PPG Biodiversidade Tropical/Universidade Federal do Amapá, 2019. 41 p. (Dissertação). Disponível em: <https://www2.unifap.br/ppgbio/files/2020/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Sebasti%C3%A3o-Chaves-Favacho.pdf>, Acessado em: 21 ago. 2020.
- FIDELIS, E. G.; LARANJEIRA, F. F.; SILVA, M. L. da; PESSOA, M. C. P. Y.; RASKI, R. K.; MECHEREFF FILHO, M.; HIROSE, E.; SANCHES, M. M.; MELLO, A. F. S.; XAUD, M. R.; SÁ, L. A. de. Análise de resultado para estabelecimento e dispersão. IN: FIDELIS, E. G.; LOHEMAN, T. R.; SILVA, M. L. da; PARIZZI, P.; LARANJEIRA, F. F. **Priorização de Pragas Quarentenárias ausentes no Brasil**, Brasília, DF: Embrapa, 2018. 510p. il. p.73-94. (Capítulo 6). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198050/1/Cap.Livro-PragasPriorizadas-1ed-2018-Ainfo.pdf> Acesso em: 22 jul. 2022.
- GROTH, M. Z. **Bioecologia do parasitoide de ovos *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) em mosca das frutas**, 2016. 72f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS.
- JESUS-BARROS, C. R. de; SILVA, R. A. da; LIMA, A. L.; BARIANI, A.; BOTTON, M.; PARANHOS, B. A.J. Avanços nas pesquisas sobre a mosca-da-carambola no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 26.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 9., 2016, Maceió, **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2016. P. 46.

LIMA, A.L.; JESUS-BARROS, C. R. de; BARIANI, A.; ALMEIDA, R.P.; ADAIME, R. Potencial de uso de *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) para o controle de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae) no Brasil. In: SIMPOSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 15., 2017, Ribeirão Preto, SP. Os novos desafios do controle [Ribeirão Preto]: SEB; Unesp, 2017. SICONBIOL, **Anais...** Resumo 484-261. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165748/1/CPAF-AP-2017-Potencial-de-uso-Fopius-arianus.pdf>

MINGOTI, R.; PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; SIQUEIRA, C. de A.; GOMES, M. A. F.; PARANHOS, B. G. A. P.; JACOMO, B. de O.; JESUS, C. R. de. **Zoneamentos territoriais de áreas brasileiras mais favoráveis ao desenvolvimento de *Fopius arisanus* visando controle de *Bactrocera carambolae***, Campinas, SP: Embrapa Territorial, 2020. 60p. (Relatório Técnico Projeto DefesaInsetos enviado DSV/SDA/MAPA).

MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; PESSOA, M. C. P. Y.; SIQUEIRA, C. DE. A.; PARANHOS, B. A. G.; JESUS, C. R. de. **Zoneamentos territoriais mensais de áreas brasileiras favoráveis a um maior desenvolvimento de *Bactrocera dorsalis***. Campinas: Embrapa Territorial, 2022. 53 p. (Embrapa Territorial. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/232955/1/6014.pdf>, Acessado em: 31 out. 2022.

NANGA, S. N.; KEKEUNOU, S.; FOTSO KUATE, A.; FIABOE, K. K. M.; DONGMO KENFAK, A.; TONNANG, H. E.; GNANVOSSOU, D.; DJIÉTO-LORDON, C.; HANNA, R. **Temperature-dependent phenology of the parasitoid *Fopius arisanus* on the host *Bactrocera dorsalis***. *Journal of Thermal Biology* 100 (2021) 103031. 11p. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456521001996>, Acessado em: 31 jul. 2021.

NEWELL, I. M.; HARAMOTO, F. H. Biotic factors influencing populations of *Dacus dorsalis* in Hawaii. *Proc Hawaiian Entomol Soc*, 1968. n20, p.81-139. Disponível em: <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/items/2c669b4f-185b-453f-a6c8-6657f932a3d0> Acessado em: 20 jul. 2022.

OVRUSKI, S. M.; SCHLISERMAN, P. Biological control of Tephritid Fruit Flies in Argentina: Historical review, current status, and future trends for developing a parasitoid mass-release program. *Insects*, 2012, v.3, n.3, pp. 870-888. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4553594/> Acessado em: 31 out. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; PARANHOS, B. A. J.; MARINHO-PRADO, J. S.; RAMOS, G. G. *Ganaspis brasiliensis* como alternativa de biocontrole de *Drosophila suzukii* no Brasil. II. Estimativas de desenvolvimento por demandas térmicas. In: TULLIO, L. (org.). **Investigación, tecnología e innovación en ciencias agrícolas**. Ponta Grossa: Atena, 2022a. p. 129-148. (Capítulo 10). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1143817/1/Pessoa-Ganaspis-brasiliensis-2022.pdf>, Acessado em: 31 out. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; MORIYA, L. M.; PIVA, P. L. B. de; DIOGO, M. de S. Estimativas do desenvolvimento de *Amblyopelta nitida* por demandas térmicas em área de macadâmia de São Paulo. In: OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; GALVÃO, L. B. (orgs) **Entomologia: Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2022b, p.1-13. (Capítulo 1). Disponível em: <https://cdn.atenaeditora.com.br/documentos/ebook/202210/nxbh1KuGuoqFFhQgxYnTuUQAslp2f6QRbv6C2zfG.pdf>, Acessado em: 31 out. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; MORIYA, L. M.; MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; PIVA, P. L. B. de S. *Scirtothrips dorsalis* e prospecção de seu desenvolvimento em condição térmica de Dois Córregos, SP. In: OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; GALVÃO, L. B. (orgs) **Entomologia: Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2022c, p. 71-89. (Capítulo 5). Disponível em: <https://cdn.atenaeditora.com.br/documentos/ebook/202210/nxbh1KuGuoqFFhQgxYnTuUQAslp2f6QRbv6C2zfG.pdf>, Acessado em: 31 out. 2022

PESSOA, M. C. P. Y.; MINGOTI, R.; MARINHO-PRADO, J. S.; SA, L. A. N. de; PARANHOS, B. A. J.; VALLE, L. B. do; LOVISI FILHO, E.; BERALDO, G. N.; FARIAS, A. R. Áreas aptas ao parasitoide exótico *Fopius arisanus* e a *Bactrocera carambolae* considerando seis hospedeiros no Brasil. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 16., 2019, Londrina. Controle biológico: da academia ao campo, rumo à sustentabilidade - **Anais...** Londrina: Sociedade Entomológica do Brasil: Embrapa Soja: Universidade Estadual de Londrina, 2019. p. 455. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/210651/1/Areas-aptas-ao-parasitoide-2019.pdf> , Acessado em: 31 out. 2022.

PESSOA, M. C. P. Y.; PRADO, J. S. M.; MINGOTI, R.; LOVISI FILHO, E.; SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; SILVA FILHO, P. P. da; SA, L. A. N. de; PRADO, S. de S.; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Estimativas de potencial adaptação de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Praga Quarentenária A2) - Estudo de caso para dois perímetros irrigados do Vale do Rio São Francisco**, Campinas, SP: Embrapa Gestão Territorial, 2016, 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161389/1/20161202-NotaTecnica-9.pdf> Acessado em: 31 out. 2022.

SANTOS, J. O.; CARVALHO, G. K. L.; PACHECO, M. G.; COSTA, M. L. E.; MACEDO, A. T.; SÁ, L. A. N. de; GAMA, F. C.; PARANHOS, B. J. Introdução do parasitoide de ovos *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) no Brasil e sua multiplicação sobre mosca do mediterrâneo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 25., 2014, Goiânia. Entomologia integrada à sociedade para o desenvolvimento sustentável. **Anais...** Goiânia: Sociedade Entomológica do Brasil: Embrapa Arroz e Feijão, 2014. Trabalho 1431. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1005060> Acessado em: 23.out.2020.

SILVA, R. A. da; JORDÃO, A. L.; NOGUEIRA, L. A.; VILARINHO, M. R. Ocorrência da mosca-da-carambola no Estado do Amapá. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 4, n. 7, p. 1-5, jun. 2005. Disponível em: http://www.faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/DnMEXsHGLuzsWcS_2013-4-29-15-7-59.pdf Acessado em: 31 out. 2022.

SILVA, O.L.R.; SUMAN, R.; SILVA, J.R. **Mosca da carambola (*Bactrocera carambolae* Drew & Hancock)**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 10p. (Alerta Quarentenário, 1).

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA-NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ceres, 1976. 419 p.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA- DAVIS. UC-IPM. **Statewide integrated pest management program** - Weather, models, & degree-days, California, USA: University of California (UC)-Davis/Agriculture and Natural Resources (ANR). 2012. Disponível em: <http://ipm.ucdavis.edu/WEATHER/index.html> , Acessado em: janeiro /2022.

VARGAS, R. I.; 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, n.3, June 2007, pp 670- 679.

WEI, D.; DOU, W.; JIANG, M.; WANG, J, Oriental Fruit Fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel). 2017. pp. 267-283 (Chapter 15) IN: WAN, F. et al. (Eds.). **Biological Invasions and Its Management in China**, Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology 11, DOI 10.1007/978-94-024-0948-2_15.

ZENIL, M.; LIEDO, P.; WILLIAMS, T.; VALLE, J.; CANCINO, J.; MONTOYA, P. Reproductive biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratitidis capitata* and *Anastrepha spp.* (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, 29 (2004). 169 – 178p. Disponível em: http://trevorwilliams.info/zenil_fopius_2004.pdf, Acessado em: março/2021.