



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

GLENDIA KELY DE ARAÚJO SANTANA

**FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DA MOSCA-DA-CARAMBOLA NO SUL DO ESTADO DO
AMAPÁ EM FUNÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE E DE FATORES METEOROLÓGICOS**

**BELÉM, PA
2023**

GLENDY KELY DE ARAÚJO SANTANA

**FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DA MOSCA-DA-CARAMBOLA NO SUL DO ESTADO DO
AMAPÁ EM FUNÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE E DE FATORES METEOROLÓGICOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Produção Vegetal em Sistema Agrícolas

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias.

Co-orientador: Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos

**BELÉM, PA
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S231f Santana, Glenda Kely de Araújo
FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DA MOSCA-DA-CARAMBOLA NO SUL DO ESTADO DO
AMAPÁ EM FUNÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE E DE FATORES METEOROLÓGICOS / Glenda
Kely de Araújo Santana. - 2023.
107 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Agronomia (PPGA), Campus Universitário
de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.
Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias
Coorientador: Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos.
1. *Bactrocera carambolae*. 2. Moscas-das-frutas. 3. Praga quarentenária. 4. Monitoramento. 5.
Técnica de Aniquilamento de Machos. I. Farias, Paulo Roberto Silva. *orient.* II. Título
-

CDD 632.9

GLENDY KELY DE ARAÚJO SANTANA

FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DA MOSCA-DA-CARAMBOLA NO SUL DO ESTADO DO AMAPÁ EM FUNÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE E DE FATORES METEOROLÓGICOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Produção Vegetal em Sistema Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias.

Co-orientador: Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos

Data da aprovação: 24 de fevereiro de 2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias - Orientador
(Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA)

Prof. Dr. Anderson Gonçalves da Silva
(Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA)

Prof. Dr. Lailson do Nascimento Lemos
(Universidade Federal do Amapá – Unifap)

Profa. Dra. Mariana Martins Medeiros de Santana
(Universidade do Estado do Amapá – UEAP)

À minha mãe (*in memoriam*), que me proporcionou o título mais importante que eu poderia obter: Filha da Dona Gleide.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, pela oferta da pós-graduação.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - PPGAgro, pelo apoio sempre concedido.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

Ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, em especial à Coordenadora Geral de Proteção de Plantas, Graciane Gançalves Magalhães de Castro, ao secretário de Defesa Agropecuária, Sr. José Guilherme Tollstadius Leal e ao Coordenador Geral do Programa *Bactrocera*, Sr. Jefferson Luiz de Aguiar Paes, pela autorização do uso dos dados.

À Superintendência Federal de Agricultura no Amapá – SFA/AP, em nome dos auditores Adelson Alfonso Carneiro Fernandes, Alda Lúcia Brabo Alves e Liliam Pastana Monteiro, pelo suporte necessário.

À Universidade do Estado do Amapá – Ueap, especialmente ao Colegiado de Engenharia Florestal, por meio do Prof. Dr. Driss Wagner Pantoja Pena, pelo estágio de docência.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias, pela oportunidade concedida.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos, pela valorosa contribuição.

Aos professores do PPGAgro, pelas disciplinas ministradas com excelência.

À senhora Nena, secretária do PPGAgro, pelos e-mails e dúvidas respondidas sempre com rapidez.

Aos membros da banca de qualificação: Prof. Dr. João Almiro Corrêa Soares (UFRA); Profa. Dra. Mariana Martins Medeiros de Santana (UEAP) e Dr. Ricardo Adaime (Embrapa Amapá), pelas inenarráveis contribuições ao projeto, que me permitiram elaborar esta dissertação.

À turma EFL13.1 da Ueap, que marcou o início da minha jornada acadêmica, em especial aos colegas Adélia Gonçalves, Charles Isacksson, Kássia Huanne, Paulo Adler, Pedro Vinícius e Yohav Yashin, que se fizeram presentes mesmo quando ausentes.

À turma de Especialização em Geoprocessamento (Projeto Amapá – UFRA), em especial ao amigo André Ricardo, por sempre sanar minhas dúvidas na elaboração dos mapas.

Ao amigo Victor Torres, pela paciência, ajuda e incentivo durante a elaboração da dissertação.

À minha professora e madrinha, Angelita Paiva, por ter acreditado em meu potencial.

Aos amigos, Raissa Oliveira e Israel Oliveira, que continuaram torcendo por minha vitória, mesmo fora das piscinas, obrigada por serem presentes.

Às amigas que o trabalho me proporcionou: Ahirana Serrão, Raquel Torres, Socorro Martins e Wilda Pinto... vocês tornaram os meus dias mais leves.

Às amigas Darlyenne Paes, Ellen Tamires e Lara Rachel, pelo início da caminhada de estudos.

Ao irmão de outra mãe, Wandson Façanha, pelas conversas, conselhos, corridas e torcida, bem como pelas inúmeras leituras e apresentações da dissertação.

Aos meus tios, Carmem e Albino, por me proporcionarem suporte durante o mestrado, acolhendo e viabilizando o conforto necessário para os meus dias de estudo.

Ao Ricardo, que me cativou nesse período tão desafiador, com muita paciência, companheirismo, amizade e compreensão. Eu não teria conseguido sem você. Obrigada por existir.

Às minhas cunhas, Dayane e Sheila, por agregarem boas conversas e carinho em minha vida.

Aos meus sobrinhos, Larissa, Caio, Renan, Vitória, Renata, Felipe, Antonelly, Roberta, Daniela, Rafael e Pedro, por serem a minha alegria e lazer. Crianças, contem comigo sempre.

Aos meus irmãos, Wilson, Núbia, Wilkson, Greise e Wilker (*in memoriam*), por serem fonte de inspiração, companheirismo e amizade. Vocês fazem parte disso.

Aos meus pais, Gleide (*in memoriam*) e José, que me trouxeram ao mundo.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para esta dissertação, pois foi o conjunto de fatores que fez ela se tornar possível.

A Deus, sem a sua presença esta pesquisa não seria possível.

“A ciência e a vida cotidiana não podem e não devem ser separadas.”

Rosalind Franklin

RESUMO

A mosca-da-carambola (*Bactrocera carambolae* Drew & Hancock) é uma praga quarentenária de grande expressão para a fruticultura brasileira. Atualmente, sua ocorrência está restrita aos estados do Amapá, Pará e Roraima, sob rígido controle do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, que coordena um programa oficial de erradicação. A dispersão da praga para outras regiões do Brasil teria sérias implicações econômicas, sociais e ambientais. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a flutuação populacional da mosca-da-carambola no sul do estado do Amapá em função de métodos de controle e de fatores meteorológicos. Foram utilizados dados de ocorrência de *B. carambolae* em armadilhas (tipo Jackson e McPhail) e dos métodos de controle (coleta e destruição de frutos, Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM e pulverização de isca tóxica) do “Subprograma de Supressão com Vistas à Erradicação da Mosca-da-carambola”, do MAPA, nos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2019. A influência dos métodos de controle e das variáveis meteorológicas sobre ocorrência de *B. carambolae* nos municípios amostrados foi investigada por meio de Modelos Lineares Generalizados - GLMs. Dados meteorológicos de 10 e 25 dias anteriores às avaliações foram utilizados com base na duração média das fases de pupa-adulto (10 dias) e ovo-adulto (25 dias) de *B. carambolae*, a fim de verificar o efeito dessas variáveis nas diferentes fases da vida do inseto. Os dados meteorológicos foram obtidos do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico - INMET da estação de Porto de Moz/PA (mais próxima dos municípios de Laranjal do Jari e Vitória do Jari) e de Macapá (mais próxima do município de Mazagão). Nos municípios de Mazagão e Laranjal do Jari, a população total de *B. carambolae* capturada nas armadilhas Jackson e McPhail foi mais elevada nos anos de 2015 e 2016, em relação ao restante do período de coleta. Para esses municípios as análises aditivas e multiplicativas indicaram uma forte tendência (trend) de queda na ocorrência entre julho de 2015 a dezembro de 2017, a partir daí essa tendência passou a se estabilizar. Foi possível observar a existência de um componente sazonal na série temporal com dois picos definidos, em meados de março e início de agosto. Em Vitória do Jari, houve capturas de poucos espécimes durante o período de estudo, não permitindo muitas inferências. Em Mazagão e em Laranjal do Jari, as armadilhas tipo McPhail capturaram maior número de espécimes que as armadilhas tipo Jackson. Os métodos de controle apresentaram uma relação significativa negativa para o município de Laranjal do Jari aos 10 e 25 dias antecedentes para pelo menos uma das ações, fato que não se repetiu em Mazagão. Em contraponto, os fatores meteorológicos de precipitação diária e evaporação diária causaram efeito positivo e negativo, respectivamente, na ocorrência de *B. carambolae* em Mazagão, obtendo um melhor ajuste aos 25 dias. Este trabalho evidenciou a importância da manutenção das ações de controle de *B. carambolae* no Amapá e apresentou sugestões para melhorar a sua eficiência.

Palavras-chave: *Bactrocera carambolae*; moscas-das-frutas; praga quarentenária; monitoramento; armadilhas; Técnica de Aniquilamento de Machos.

ABSTRACT

The carambola fruit fly (*Bactrocera carambolae* Drew & Hancock) is a quarantine pest of great expression for Brazilian fruit growing. Currently, its occurrence is restricted to the states of Amapá, Pará and Roraima, under the strict control of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply - MAPA, which coordinates an official eradication program. The spread of the pest to other regions of Brazil would have serious economic, social and environmental implications. This work was carried out with the objective of evaluating the population fluctuation of the carambola fruit fly in the south of the state of Amapá as a function of control methods and meteorological factors. We use data on the occurrence of *B. carambolae* in traps (Jackson and McPhail types) and control methods (collection and destruction of fruits, Male Annihilation Technique - TAM and spraying of toxic bait) of the “Subprogram for Suppression with a View to Eradicate the Carambola Fruit Fly”, by MAPA, in the municipalities of Mazagão, Laranjal do Jari and Vitória do Jari, from January 2015 to December 2019. The influence of control methods and meteorological variables on the occurrence of *B. carambolae* in the sampled municipalities was investigated using Generalized Linear Models - GLMs. Meteorological data from 10 and 25 days prior to the evaluations were used based on the average duration of the pupa-adult (10 days) and egg-adult (25 days) phases of *B. carambolae*, in order to verify the effect of these variables on the different insect life stages. Meteorological data were obtained from the Agrometeorological Monitoring System - INMET from Porto de Moz/PA (closer to the municipalities of Laranjal do Jari and Vitória do Jari) and Macapá (closer to the municipality of Mazagão). In the municipalities of Mazagão and Laranjal do Jari, the total population of *B. carambolae* captured in the Jackson and McPhail traps was higher in the years 2015 and 2016, in relation to the rest of the collection period. For these municipalities, the additive and multiplicative analyzes indicated a strong downward trend (trend) in occurrences between July 2015 and December 2017, after which this trend began to stabilize. It was possible to observe the existence of a seasonal component in the time series with two defined peaks, in mid-March and early August. In Vitória do Jari, few specimens were captured during the study period, not allowing many inferences. In Mazagão and Laranjal do Jari, McPhail traps captured more specimens than Jackson traps. The control methods showed a significant negative relationship for the municipality of Laranjal do Jari at 10 and 25 days prior to at least one of the actions, a fact that was not repeated in Mazagão. In contrast, the meteorological factors of daily precipitation and daily evaporation caused a positive and negative effect, respectively, on the occurrence of *B. carambolae* in Mazagão, obtaining a better fit at 25 days. This work highlighted the importance of maintaining control actions for *B. carambolae* in Amapá and presented suggestions to improve their efficiency.

Keywords: *Bactrocera carambolae*; fruit flies; quarantine pest; monitoring; traps; Male Annihilation Technique.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Número de armadilhas dos tipos Jackson e McPhail instaladas nos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá, de 2015 a 2019. | 52 |
| Tabela 2 - Testes de normalidade referente aos dados dos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot. | 77 |
| Tabela 3 - Resultados dos Modelos Lineares Generalizados avaliando o efeito das ações de controle (10 e 25 dias antecedentes) na ocorrência de <i>Bactrocera carambolae</i> por tipo de armadilhas Jackson e McPhail, no período de 2015 a 2019, no município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil. | 82 |
| Tabela 4 - Resultados dos Modelos Lineares Generalizados avaliando o efeito das ações de controle (10 e 25 dias antecedentes) na ocorrência de <i>Bactrocera carambolae</i> por tipo de armadilhas (Jackson e McPhail), no período de 2015 a 2019, no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá. | 85 |
| Tabela 5 - Testes de normalidade com os dados da Estação de Porto de Moz - PA. Normal Q-Q Plot. | 89 |
| Tabela 6 - Resultados de Modelos Lineares Generalizados avaliando o efeito de fatores meteorológicos na ocorrência de <i>Bactrocera carambolae</i> (capturas em armadilhas Jackson e McPhail), de janeiro de 2015 a dezembro de 2019, no município de Mazagão, estado de Amapá, Brasil. Os dados meteorológicos foram defasados em diferentes intervalos (10 e 25 dias) a partir das datas de monitoramento. | 93 |
| Tabela 7 - Resultados de Modelos Lineares Generalizados avaliando o efeito de fatores meteorológicos na ocorrência de <i>Bactrocera carambolae</i> (capturas em armadilhas Jackson e McPhail), de janeiro de 2015 a dezembro de 2019, no município de Laranjal do Jari, estado de Amapá, Brasil. Os dados meteorológicos foram defasados em diferentes intervalos (10 e 25 dias) a partir das datas de monitoramento. | 96 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização dos municípios que compõem a área de estudo no estado do Amapá. | 45 |
| Figura 2 - A) Funcionário da empresa terceirizada coletando frutos. B) Frutos ensacados para devido deslocamento. C) Frutos ensacados expostos ao sol. Autor: José Victor Torres Alves Costa. 2019. | 48 |
| Figura 3 – A) Funcionário da empresa terceirizada organizando blocos de fibra de coco para o devido lançamento em árvores hospedeiras da mosca-da-carambola. B) Funcionário lançando blocos de fibra de coco. | 49 |
| Figura 4 – A) Bombas costais para pulverização de isca tóxica. B) Pulverização de isca tóxica em árvore frutífera. C) Frutos de carambola pulverizados com isca tóxica. | 50 |
| Figura 5 - A) Armadilha tipo Jackson. B) Armadilha tipo Jackson mostrando a sua resistência em período chuvoso. | 51 |
| Figura 6 - A) Atraente alimentar líquido do reservatório da armadilha tipo McPhail sendo despejado em crivo. B) e C) Armadilha tipo McPhail em Vitória do Jari. D) Reservatório da armadilha tipo McPhail com atraente alimentar à base de proteína hidrolisada. E) Armadilha do tipo McPhail em Mazagão, estado do Amapá. Autor: José Victor Torres Alves Costa, 2019. | 51 |
| Figura 7 - Localização das armadilhas do tipo Jackson e do tipo McPhail nos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá. | 53 |
| Figura 8 - Frutos coletados e destruídos no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 58 |
| Figura 9 - Frutos coletados e destruídos no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 59 |
| Figura 10 - Frutos coletados e destruídos no município de Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 60 |
| Figura 11 - Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 62 |
| Figura 12 - Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 63 |
| Figura 13 - Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM no município de Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 64 |
| Figura 14 - Plantas pulverizadas com isca tóxica no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 65 |
| Figura 15 - Plantas pulverizadas com isca tóxica no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 66 |
| Figura 16 - Plantas pulverizadas com isca tóxica no município de Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 67 |

| | |
|---|----|
| Figura 17 - Série temporal de capturas de <i>Bactrocera carambolae</i> em armadilhas tipo Jackson e tipo McPhail no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019..... | 70 |
| Figura 18 - Capturas mensais de <i>Bactrocera carambolae</i> no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019..... | 71 |
| Figura 19 - Decomposição da série temporal de capturas de <i>Bactrocera carambolae</i> no município de Mazagão, estado do Amapá,..... | 72 |
| Figura 20 - Série temporal de capturas de <i>Bactrocera carambolae</i> em armadilhas tipo Jackson e tipo McPhail no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 73 |
| Figura 21 - Capturas mensais de <i>Bactrocera carambolae</i> no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 74 |
| Figura 22 - Decomposição da série temporal de capturas de <i>Bactrocera carambolae</i> no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá,..... | 75 |
| Figura 23 - Série temporal de capturas de <i>Bactrocera carambolae</i> em armadilhas tipo Jackson e tipo McPhail no município de Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 76 |
| Figura 24 - Teste de normalidade referente aos dados de captura (A), frutos coletados (B), frutos coletados acumulados (C), TAM (D), TAM acumulada (E), plantas pulverizadas (F) e plantas pulverizadas acumuladas (G) no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot..... | 79 |
| Figura 25 - Teste de normalidade referente aos dados de captura (A), frutos coletados (B), frutos coletados acumulados (C), TAM (D), TAM acumulada (E), plantas pulverizadas (F) e plantas pulverizadas acumuladas (G) no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot..... | 80 |
| Figura 26 - Teste de normalidade referente aos dados de captura (A), frutos coletados (B), frutos coletados acumulados (C), TAM (D), TAM acumulada (E), plantas pulverizadas (F) e plantas pulverizadas acumuladas (G) no município de Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot..... | 81 |
| Figura 27 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas do tipo McPhail aos 10 dias para o município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 83 |
| Figura 28 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas do tipo McPhail aos 25 dias para o município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 83 |
| Figura 29 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas Jackson aos 10 dias para o município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 86 |
| Figura 30 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas McPhail aos 10 dias para o município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. | 86 |

- Figura 31 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas Jackson aos 25 dias para o município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. 87
- Figura 32 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas McPhail aos 25 dias para o município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. 87
- Figura 33 - Teste de normalidade referente aos dados de evaporação diária (mm) (A), insolação total diária (h) (B), precipitação total diária (mm) (C), temperatura máxima diária (°C) (D), temperatura média diária (°C) (E), temperatura mínima diária (°C) (F), umidade relativa do ar média diária (%) (G), umidade relativa do ar mínima diária (%) (H) e velocidade média (m/s) (I) da estação de Porto de Moz, estado do Pará, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot..... 90
- Figura 34 - Matriz de correlação entre as variáveis meteorológicas da estação de Porto de Moz - PA (82184). 91
- Figura 35 - Matriz de correlação entre as variáveis meteorológicas da estação de Macapá - AP (82098). 92
- Figura 36 - Valores estimados da densidade de *Bactrocera carambolae* em função da precipitação diária (mm) 25 dias antes das datas de monitoramento, para o município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil, de janeiro de 2015 a dezembro de 2019. São apresentados os valores previstos (linha sólida) e seus respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade (sombreamento cinza). . 93
- Figura 37 - Valores estimados da densidade de *Bactrocera carambolae* em função da evaporação diária (mm) 25 dias antes das datas de monitoramento, para o município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil, de janeiro de 2015 a dezembro de 2019. São apresentados os valores previstos (linha sólida) e seus respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade (sombreamento cinza). 94
- Figura 38 - Total geral de ocorrência de *Bactrocera carambolae* (número de indivíduos), precipitação diária (mm) e evaporação diária (mm) no município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil, de janeiro de 2015 a dezembro de 2019. 95
- Figura 39 - Mapa de concentração de capturas de *Bactrocera carambolae* no município de Mazagão, estado do Amapá, período de 2015 a 2019. Primeiro semestre = .1 e o segundo semestre = .2. 98
- Figura 40 - Mapa de concentração de capturas de *Bactrocera carambolae* no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, período de 2015 a 2019. Primeiro semestre = .1 e o segundo semestre = .2. 99

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| RESUMO..... | 9 |
| ABSTRACT..... | 10 |
| 1 CONTEXTUALIZAÇÃO..... | 17 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 20 |
| 2.1 <i>Fruticultura no Brasil</i> | 20 |
| 2.2 <i>Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae)</i> | 21 |
| 2.3 <i>Bactrocera carambolae Drew & Hancock (mosca-da-carambola)</i> | 22 |
| 2.4 <i>Introdução da mosca-da-carambola na América do Sul</i> | 24 |
| 2.5 <i>Histórico do Programa de Erradicação</i> | 25 |
| 2.6 <i>Monitoramento de Bactrocera carambolae no Brasil</i> | 27 |
| 2.7 <i>Armadilhas</i> | 27 |
| 2.8 <i>Amostragem de frutos</i> | 28 |
| 2.9 <i>Controle de Bactrocera carambolae no Brasil</i> | 29 |
| 2.9.1 <i>Técnica de Aniquilamento de Machos</i> | 29 |
| 2.9.2 <i>Pulverização de isca tóxica</i> | 30 |
| 2.9.3 <i>Coleta e destruição de frutos</i> | 30 |
| REFERÊNCIAS..... | 31 |
| 3 FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DA MOSCA-DA-CARAMBOLA NO SUL DO ESTADO DO AMAPÁ EM FUNÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE E DE FATORES METEOROLÓGICOS | 40 |
| RESUMO | 40 |
| ABSTRACT..... | 41 |
| 3.1 <i>Introdução</i> | 42 |
| 3.2 <i>Material e métodos</i> | 44 |
| 3.2.1 <i>Caracterização da área de estudo</i> | 44 |
| 3.2.2 <i>Envolvimento institucional e definição de responsabilidades</i> | 46 |
| 3.2.3 <i>Métodos de controle de Bactrocera carambolae</i> | 47 |
| 3.2.4 <i>Monitoramento de adultos de Bactrocera carambolae</i> | 50 |
| 3.2.5 <i>Efeitos das ações de controle na ocorrência de Bactrocera carambolae</i> | 53 |
| 3.2.6 <i>Efeitos das variáveis meteorológicas na ocorrência de Bactrocera carambolae</i> | 54 |

| | |
|--|-----|
| | 16 |
| 3.2.7 Estimador de densidade de capturas de adultos de <i>Bactrocera carambolae</i> | 55 |
| 3.3 <i>Resultados e Discussão</i> | 56 |
| 3.3.1 Métodos de controle de <i>Bactrocera carambolae</i> | 56 |
| 3.3.2 Monitoramento de adultos de <i>Bactrocera carambolae</i> | 68 |
| 3.3.3 Efeitos das ações de controle na ocorrência de <i>Bactrocera carambolae</i> | 77 |
| 3.3.4 Efeitos das variáveis meteorológicas na ocorrência de <i>Bactrocera carambolae</i> | 89 |
| 3.3.5 Estimador de densidade de capturas de adultos de <i>Bactrocera carambolae</i> | 97 |
| 3.4 <i>Considerações Finais</i> | 100 |
| REFERÊNCIAS | 101 |
| ANEXO | 107 |

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de frutas, sendo a fruticultura um dos segmentos de maior destaque na agricultura brasileira, tornando-se uma atividade relevante dos pontos de vista econômico e social para o País, tanto pelas cifras movimentadas quanto pela significativa geração de empregos diretos e indiretos. A fruticultura, portanto, representa um dos pilares do agronegócio nacional (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2020; SILVA *et al.*, 2004). Adicionalmente, o País apresenta condições edafoclimáticas favoráveis à expansão da produção, sobretudo no Sudeste e Nordeste, principais regiões produtoras (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2020).

No que concerne à exportação, o Brasil tem evoluído no volume exportado ao passar dos anos. Por exemplo, em 2021, foram exportadas 1,217 milhão de toneladas de frutas frescas, gerando divisas de mais de US\$ 1 bilhão (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2022). Entre as principais frutas exportadas, estão o melão, a manga, o limão, a lima, a melancia, a banana, a maçã, a uva e o mamão (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015, 2020). Nota-se, a partir disso, a importância da fruticultura para o Brasil e o quanto seria impactante do ponto de vista econômico-social qualquer intervenção que atingisse negativamente esse mercado. Uma das preocupações está em torno dos danos causados por insetos considerados pragas agrícolas.

Os insetos conhecidos como “moscas-das-frutas” pertencem à ordem Diptera e à família Tephritidae e estão entre os grupos de insetos fitófagos mais importantes do ponto de vista econômico em nível mundial (ALUJA, 1994; ALUJA; MANGAN, 2008). As espécies ocorrem desde a região temperada até a tropical, com exceção das áreas árticas e desérticas, onde a vida vegetal é escassa (ZUCCHI, 2001). Em geral, sua presença causa não somente danos diretos aos produtos (frutos), como também limitações comerciais, já que restrições quarentenárias são impostas por países importadores quando não apresentam uma determinada praga em seu território (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000).

Entre as espécies de moscas-das-frutas que ocorrem no Brasil, está a “mosca-da-carambola” (*Bactrocera carambolae* Drew e Hancock), que foi detectada pela primeira vez no País em 1996, no município de Oiapoque, estado do Amapá (MALAVASI, 2001; SILVA *et al.*, 2004). Originária do sudeste asiático, mais precisamente Indonésia, Malásia e Tailândia (VIJAYSEGARAN; OMAN, 1991), é uma espécie invasora na América do Sul, reportada no Suriname, Guiana Francesa, República da Guiana e no Brasil (MALAVASI, 2001, 2015).

Bactrocera carambolae é considerada praga quarentenária presente no Brasil, com ocorrência restrita a algumas localidades dos estados do Amapá, Pará e Roraima, sob controle oficial do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2018). A praga representa a

principal barreira fitossanitária para exportação de frutas produzidas no Brasil, em decorrência das restrições quarentenárias impostas por países importadores, visto que sua simples detecção em áreas de produção poderia ocasionar a perda de importantes mercados importadores, causando prejuízos expressivos ao País (FERREIRA; RANGEL, 2015; GODOY *et al.*, 2011a; LEMOS *et al.*, 2014; MALAVASI, 2001, 2015; MIRANDA; ADAMI, 2015; SILVA; SUMAN; SILVA, 1997; SILVA *et al.*, 2004).

Os potenciais prejuízos decorrentes da dispersão da praga para outras regiões do Brasil não seriam apenas econômicos, mas também sociais e ambientais. Do ponto de vista social, a perda de mercados importadores causaria redução de postos de trabalho associados ao segmento da fruticultura (MIRANDA; NASCIMENTO; XIMENES, 2015; SILVA; LIMA; DEUS, 2013). Do ponto de vista ambiental, ocorreriam prejuízos decorrentes da adoção de medidas de controle químico, além da possível adaptação da praga a espécies vegetais comerciais ainda não consideradas hospedeiras (NASCIMENTO; CARVALHO, 2000; SILVA; SUMAN; SILVA, 1997).

Embora conhecida como mosca-da-carambola, a praga é polífaga, ou seja, possui várias espécies vegetais hospedeiras (ADAIME *et al.*, 2016; PASINATO *et al.*, 2019; SAUERS-MÜLLER, 2005; SILVA *et al.*, 2004). No Brasil, 26 espécies vegetais foram confirmadas como hospedeiras da praga, todas decorrentes de estudos bioecológicos realizados no estado do Amapá (ADAIME *et al.*, 2016; BELO *et al.*, 2020).

O MAPA, por meio da Instrução Normativa 28 (IN 28/2017), de 20 de julho de 2017, estabeleceu os procedimentos para as ações de prevenção, contenção, supressão e erradicação da mosca-da-carambola (BRASIL, 2017). As ações são baseadas em dados do sistema de detecção e monitoramento, a partir de armadilhas dos tipos Jackson e McPhail e da amostragem de frutos hospedeiros (GODOY *et al.*, 2011a). Para o controle populacional da praga é aplicada a Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM, além da pulverização de iscas tóxicas em plantas hospedeiras e a coleta e enterrio de frutos hospedeiros (GODOY *et al.*, 2011b; MIDGARDEN *et al.*, 2016).

Tendo em vista que a mosca-da-carambola representa um risco à produção e exportação de frutas brasileiras, a pesquisa científica deve direcionar esforços no sentido de estudar a praga sob vários aspectos (bioecologia, genética de populações, uso e distribuição de plantas hospedeiras, etc), minimizando a possibilidade de dispersão para outras regiões e evitando impactos negativos ao país (DEUS; ADAIME, 2013; SILVA *et al.*, 2004, 2005). Neste contexto, Lemos *et al.* (2014) consideram que a disponibilidade de informações sobre a dinâmica populacional e demográfica da mosca-da-carambola, bem como a distribuição e preferência por hospedeiros, são essenciais para o estabelecimento de medidas de controle.

Considerando a vocação natural do Brasil para a agricultura, decorrente das suas vantagens

climáticas e geográficas (FAGIOLI, 2016), a evolução do agro pode ser maximizada por meio de métodos mais precisos que previnam doenças e pragas agrícolas no campo, proporcionando maior segurança ambiental, econômica e social aos gestores agrícolas.

A geoestatística é uma ferramenta que utiliza o conceito de variáveis regionalizadas na avaliação de variabilidade espacial por meio da extração e organização espacial dos dados disponíveis de acordo com a semelhança entre pontos vizinhos georreferenciados (GREGO; OLIVEIRA; VIEIRA, 2014). Profissionais das ciências agrárias estão procurando obter, com mais frequência, mapas temáticos em entomologia, fitopatologia, plantas e solos (FAGIOLI, 2016), com a perspectiva de melhor compreender os fenômenos naturais. Estudos com a geoestatística não se limitam apenas na dependência espacial, mas também na estimativa de valores não amostrados, favorecendo aplicações e tomadas de decisões futuras. Portanto, dentre as diversas técnicas que podem determinar as variações espaciais de uma praga, a geoestatística tem se apresentado com bastante frequência para esta temática (BLACKSHAW; VERNON, 2006; ELLSBURY *et al.*, 1998; FARIAS *et al.*, 2004, 2008; PRÁ *et al.*, 2011). Vieira (2000) afirma que quando o atributo estudado varia de um local para o outro, a geoestatística apresenta-se como uma ferramenta que permite uma visão espacial do comportamento baseada na dependência espacial, tornando-se assim a maneira mais satisfatória para estudo de variabilidade espacial na agricultura. Coadjuvante a isso, McBratney *et al.* (2005) apresentam, de forma mais específica, a modelagem espacial e temporal como o principal suporte para a caracterização da agricultura.

Sabe-se que as variáveis climáticas influenciam a dinâmica populacional de moscas-das-frutas, mediando sua sobrevivência, desenvolvimento, taxas de fecundidade e dispersão (DUYCK; DAVID; QUILICI, 2004; MOTSWAGOLE; GOTCHA; NYAMUKONDIWA, 2019). Até o momento, apenas dois estudos avaliaram a dinâmica sazonal de *B. carambolae* e a associação com variáveis meteorológicas, sendo um deles no Brasil, especificamente no estado de Roraima (DANJUMA *et al.*, 2014; SOARES *et al.*, 2023). Por sua vez, ainda não foi estudado o efeito das técnicas de controle sobre a população da praga no Brasil.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a flutuação populacional da mosca-da-carambola no sul do estado do Amapá em função de métodos de controle e de fatores meteorológicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fruticultura no Brasil

Em nível mundial, as frutas são cultivadas em praticamente todos os países. O Brasil ocupa o terceiro lugar em produção, com 42,4 milhões de toneladas (4,6% do total) em 2,5 milhões de hectares, ficando atrás somente da China (25,9%) e da Índia (11,9%) (REINHARDT *et al.*, 2021).

No Brasil, o segmento da fruticultura, além de valorizar a riqueza vegetal e cultural do país, está apoiado nos três pilares da sustentabilidade (econômico, social e ambiental), ao preservar a biodiversidade, ao gerar empregos e promover o desenvolvimento regional (FONSECA, 2022). Nesse contexto, a grande variedade de frutas produzidas no País, oriundas de pequenos e grandes empreendimentos, contribui sobremaneira para a geração interna de emprego e renda, além de divisas resultantes da exportação de seus produtos (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2020; REINHARDT *et al.*, 2021).

Dados do estudo “Cenário hortifruti Brasil 2018” mostraram que a fruticultura gerou mais de 6 milhões de empregos em 2018, representando 27% do total de empregos gerados pelo agronegócio no País naquele ano. A expressividade desse número é explicada especialmente pela grande extensão territorial da fruticultura no país (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019, 2020).

O crescimento da fruticultura no mercado internacional se deve, especialmente, à exportação, à diversidade da produção, ao potencial para ampliação da produção e ao período de oferta de frutas brasileiras. Destaca-se que a cesta de exportações é composta por mais de 40 espécies de frutas, o que permitiu alcançar o recorde de vendas de US\$ 1,07 bilhão em 2021. Atualmente, apenas sete espécies de frutas (manga, melão, uva, limão, maçã, melancia e mamão) correspondem a mais de 80% do faturamento do setor no mercado internacional (FONSECA, 2022).

A expansão da atividade frutícola no país tem sido fundamentada no desenvolvimento técnico e científico, que, associada à diversidade de regiões com aptidão agrícola, permite o uso consciente da terra, sem que seja necessária a exploração de novas áreas (FONSECA, 2022). Neste cenário, os estados da Amazônia poderiam apresentar uma posição de destaque, já que sua privilegiada posição geográfica, favorável à exportação, a disponibilidade de mão de obra e seus abundantes recursos hídricos para irrigação das culturas elevam significativamente o potencial dessa atividade na região (NASCENTE; NETO, 2005). Paradoxalmente, dados de produção e exportação dos estados da região Norte, inseridos na Amazônia brasileira, apresentaram baixa participação quando comparados às demais regiões. Por exemplo, em 2017, a região Norte exportou 14,1 mil toneladas de frutas, gerando USD 36 milhões, frente a quase 600 mil toneladas exportadas pela região Nordeste, maior produtora e exportadora do país naquele ano (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018, 2020).

O estado do Amapá, mesmo apresentando elevado potencial edafoclimático, tem na

fruticultura uma atividade essencialmente familiar, caracterizada principalmente pela produção em pequenas áreas, adoção de baixo nível tecnológico e emprego de mão de obra familiar em todas as fases do cultivo, sendo este praticado principalmente sob a forma de sistemas agroflorestais (SAF's), nos quais em uma mesma unidade de terra, várias espécies de frutíferas e florestais são consorciadas (SILVA *et al.*, 2011a). Por outro lado, desde que haja mais incentivo no segmento, a fruticultura local pode se tornar uma importante opção de atividade agrícola, com tendência de expansão das áreas cultivadas (PLANO/PPCDAP, 2009).

Tanto em nível local quanto nacional, a fruticultura apresenta entraves que comprometem a sua produtividade e expansão. Dentre os fatores limitantes, a incidência de pragas e doenças, por exemplo, causam bastante preocupação. O mercado internacional de frutas está sempre vigilante para evitar a proliferação de pragas e doenças durante o trânsito de produtos entre países e também em garantir uma alimentação saudável por meio de alimentos dentro dos parâmetros técnicos pré-estabelecidos para contaminações químicas, físicas e biológicas (SEBRAE, 2016).

2.2 Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae)

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são conhecidas como pragas da fruticultura por prejudicarem economicamente a produção mundial de frutas (ALUJA, 1994; ALUJA; MANGAN, 2008). O termo moscas-das-frutas é utilizado para definir as espécies de moscas que colonizam tanto frutos de valor econômico quanto não-econômico e que compartilham os mesmos nichos ecológicos (UCHOA, 2012; UCHOA; ZUCCHI, 1999).

A família Tephritidae é composta por mais de 5.000 espécies agrupadas em 500 gêneros, sendo que menos de 25 espécies (0,5%) são consideradas pragas de importância econômica (ALUJA *et al.*, 2014; ALUJA; MANGAN, 2008) e possuem ampla distribuição geográfica (ZUCCHI; URAMOTO; SOUZA-FILHO, 2011; ZUCCHI; MORAES, 2023).

Na América do Sul, espécies do gênero *Anastrepha*, além de *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) e *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, causam consideráveis danos a espécies frutíferas comerciais e não comerciais (LE MOS *et al.*, 2014; VAYSSIÈRES *et al.*, 2013; ZUCCHI, 2001). Os impactos causados podem ser diretos, por meio da oviposição das fêmeas e alimentação das larvas, que se desenvolvem em frutos de várias espécies de plantas, tornando-os impróprios para comercialização e consumo, e indiretos, quando ocorre a inviabilização de exportações por causa das restrições quarentenárias impostas por países importadores (ALUJA, 1994; ALUJA; MANGAN, 2008; MALAVASI, 2009).

Sabe-se que a maioria das pragas agrícolas são espécies exóticas invasoras (LOCKWOOD *et al.*, 2013) e que essas invasões biológicas resultam em perdas econômicas de bilhões de dólares em todo o mundo (BACON *et al.*, 2014). Os problemas ocasionados por essas espécies, incluindo as

pragas quarentenárias, têm crescido nas últimas décadas em decorrência de fatores como a globalização da economia e a melhoria da infraestrutura de transporte, que possibilitou o aumento do trânsito de pessoas, produtos e serviços pelo mundo (MORAIS *et al.*, 2016). Dados do “Observatório Pragas Sem Fronteiras” demonstraram que, no período de 1980 a 2014, pelo menos 203 espécies de importância agrícola se estabeleceram no Brasil, sendo que pelo menos 65% delas tiveram sua entrada facilitada pelo ser humano (LOPES-DA-SILVA *et al.*, 2014; SUGAYAMA; STANCIOLI; VILELA, 2015, 2015).

No caso das moscas-das-frutas, a dispersão ocorre principalmente pelo trânsito de frutas infestadas, sendo os grandes responsáveis pelos focos de invasão o trânsito ilegal de frutas por passageiros, seja em viagens aéreas, terrestres ou marítimas, ou ainda por meio do contrabando de frutos que não passam por fiscalização ou inspeção fitossanitária (DUARTE; MALAVASI, 2000).

Neste cenário, a região amazônica se apresenta como área extremamente vulnerável à introdução de pragas presentes nos países fronteiriços (LEMONS *et al.*, 2011). Essa vulnerabilidade se deve a fatores como a grande extensão de fronteira com outros países, a dificuldade de acesso e fiscalização em determinadas áreas, baixa capacitação de pessoal para identificar espécies-praga, além das condições edafoclimáticas favoráveis ao estabelecimento de insetos e ácaros (MORAIS *et al.*, 2016). Ademais, há evidências da entrada de algumas pragas quarentenárias na Amazônia ocasionada pela atividade humana, que poderia ter sido evitada pela intensificação da vigilância e da educação sanitária (MORAIS *et al.*, 2016; NAVIA *et al.*, 2015).

Na Amazônia brasileira, a importância dos estudos sobre moscas-das-frutas tem sido reconhecida nos últimos 15 anos, especialmente por estarem voltados ao conhecimento da diversidade, distribuição geográfica, identificação de plantas hospedeiras e inimigos naturais (DEUS; ADAIME, 2013; SILVA; LEMOS; ZUCCHI, 2011). Neste sentido, vários trabalhos foram realizados nos anos recentes, culminando com o avanço do conhecimento sobre a biologia e ecologia desses dípteros na região.

2.3 *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (mosca-da-carambola)

Dentro do grupo das espécies-praga presentes no Brasil, a espécie *B. carambolae*, nativa da Malásia, Tailândia, Indonésia e partes da Índia (ALLWOOD *et al.*, 1999; RANGANATH *et al.*, 1997), figura no território nacional como uma das mais nocivas, dado que sua dispersão para áreas produtoras de frutas poderá ocasionar perdas econômicas expressivas, principalmente pela possibilidade de redução das exportações de frutas in natura (GODOY *et al.*, 2011a). Calcula-se que, somente para a cultura da manga, a perda estimada em exportações seria de R\$ 190 milhões a partir do quarto ano de embargo fitossanitário (MIRANDA; NASCIMENTO; XIMENES, 2015). Essa redução está atrelada às barreiras quarentenárias impostas pelos países importadores que não tem a espécie nos seus

territórios, a exemplo de alguns países da União Européia e do Mercosul, além do Japão (GODOY *et al.*, 2011a).

No âmbito social, a dispersão de *B. carambolae* pode ocasionar a redução de postos de trabalho em decorrência da retração de cultivos e a exclusão social de pequenos produtores de frutas, pois os custos com defensivos e novas tecnologias que garantam a sanidade dos frutos, geralmente, são elevados (BARRETO *et al.*, 2011). Dos problemas ambientais ocasionados pela introdução dessa praga em novas áreas, pode-se destacar a adoção de medidas de controle, principalmente o químico, que inegavelmente influencia negativamente as interações biológicas com espécies nativas e outros organismos não-alvo, além de favorecer a adaptação da praga a espécies vegetais não consideradas hospedeiras (SILVA *et al.*, 1997).

Bactrocera carambolae é uma praga polífaga (ADAIME *et al.*, 2016; PASINATO *et al.*, 2019; SAUERS-MÜLLER, 2005; SILVA *et al.*, 2004). Em sua região de origem infesta cerca de 75 espécies vegetais em 26 famílias (ALLWOOD *et al.*, 1999). Na América do Sul, plantas hospedeiras foram registradas em quatro países: 1) Brasil; 26 espécies vegetais hospedeiras em 9 famílias, todas reportadas no estado do Amapá (ADAIME *et al.*, 2016; BELO *et al.*, 2020); 2) Guiana Francesa/França: 24 espécies vegetais hospedeiras em 11 famílias (MALAVASI; MIDGARDEN; SAUERS-MÜLLER, 2013; VAYSSIÈRES *et al.*, 2013); 3) Suriname: 23 espécies vegetais hospedeiras em 11 famílias (MALAVASI; MIDGARDEN; SAUERS-MÜLLER, 2013; SAUERS-MULLER, 1991, 2005); e 4) Guiana: 4 espécies vegetais hospedeiras em 4 famílias (MALAVASI; MIDGARDEN; SAUERS-MÜLLER, 2013).

É fato que *B. carambolae* predomina em áreas urbanas e raramente é encontrada em florestas tropicais não perturbadas (VIJAYSEGARAN; OMAN, 1991). Entretanto, há registro de ocorrência dessa espécie em frutos nativos da região amazônica, por exemplo, em *Calycolpus goetheanus* (Mart. ex DC.) O. Berg, *Eugenia stipitata* (McVaugh), *Licania sp.* e *Pouteria macrophylla* (Lam.) Eyma (ALMEIDA *et al.*, 2016; BELO *et al.*, 2020; LEMOS *et al.*, 2014). Cabe ressaltar que todos esses relatos ocorreram em ambientes alterados pela atividade humana. Por outro lado, a considerável gama de hospedeiros dessa praga e sua potencial adaptação a outras regiões do Brasil, como o Vale do São Francisco (PESSOA *et al.*, 2016), colocam a fruticultura nacional em risco (LIMA *et al.*, 2018).

É importante considerar que, para o estabelecimento das ações de fiscalização e controle de *B. carambolae*, é de fundamental importância o conhecimento de suas plantas hospedeiras, especialmente no estado do Amapá, integrante da região Amazônica, cujos ecossistemas e condições climáticas podem favorecer a sucessão de hospedeiros em virtude da contínua produção de frutos que podem ser utilizados pela praga como hospedeiros secundários (ADAIME *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2004)

2.4 Introdução da mosca-da-carambola na América do Sul

Bactrocera carambolae passou a ser uma nova praga nas Américas possivelmente devido as melhorias no transporte nas décadas de 1960 e 1970. A espécie foi coletada pela primeira vez na América do Sul em 1975, em Paramaribo, Suriname (MALAVASI; MIDGARDEN; SAUERS-MÜLLER, 2013). Acredita-se que a sua entrada ocorreu em consequência do trânsito de pessoas nesse período, uma vez que boa parte da população do Suriname é proveniente de países asiáticos, como China, Índia e Indonésia. Por isso, o trânsito de pessoas entre esses países e o transporte de frutos são apontados como a hipótese mais provável para a introdução da praga na região (SAUERS-MULLER, 1991).

Os primeiros espécimes coletados no Suriname não foram identificados, apenas foram coletados e preservados. Somente em 1986, após novas detecções em diferentes espécies de plantas, é que espécimes, juntamente com os coletados em 1975, foram enviados para identificação, sendo então reportada oficialmente apenas em 1986 (GODOY *et al.*, 2011a). Os espécimes enviados para os Estados Unidos foram erroneamente identificados como *Dacus dorsalis* (Hendel), a mosca-da-fruta-oriental. Embora a mosca-da-fruta-oriental seja mundialmente uma das pragas mais importantes, nenhuma medida de controle foi adotada. Naquele mesmo ano, a comunidade internacional percebeu que a presença da mosca-da-fruta-oriental no Suriname representava uma ameaça à produção e comercialização de frutas em toda a América tropical e subtropical. No entanto, anos mais tarde, foi constatado que se tratava de uma nova espécie, sendo então descrita como *Bactrocera carambolae*, por Drew e Hancock, em 1994 (KNIGHT, 2000; MALAVASI; MIDGARDEN; SAUERS-MÜLLER, 2013).

Na Guiana Francesa, a primeira detecção foi relatada em 1989, com a coleta de espécimes na área de St Laurent du Maroni, ao longo da margem do Rio Courantyne, fronteira com o Suriname (GODOY *et al.*, 2011a; MIDGARDEN *et al.*, 2016). A partir da primeira detecção, o governo francês, com o apoio de diversas instituições, realizou as ações de erradicação, de 1998 até o final de 2003 (MIDGARDEN *et al.*, 2016).

Na República da Guiana, *B. carambolae* foi detectada pela primeira vez em 1993, quando houve capturas ocasionais nas aldeias de Siparuta e Orealla, ao longo do rio Corantijn, na fronteira entre a Guiana e o Suriname. Em 1998, houve apenas duas detecções nestas áreas e nenhuma no restante do país. Desta forma, a Guiana permaneceu livre de *B. carambolae* a partir de maio deste mesmo ano. No ano seguinte não houve mais detecções de espécimes, motivo pelo qual o Ministério da Pesca, Cultivos e Pecuária declarou, oficialmente, o país livre de *B. carambolae* em 23 de outubro de 2000. No entanto, com a interrupção das ações de monitoramento e controle, houve reinfestação nas áreas anteriormente erradicadas e a mosca continuou a se mover mais para o oeste da Guiana,

onde passou a infestar várias regiões (GODOY *et al.*, 2011a; MALAVASI; MIDGARDEN; SAUERS-MÜLLER, 2013; MIDGARDEN *et al.*, 2016).

No Brasil, ainda em 1995, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA deu início aos monitoramentos no município de Oiapoque, estado do Amapá, fronteira com a Guiana Francesa. No entanto, a mosca-da-carambola só foi registrada pela primeira vez em 1996, na Vila de Clevelândia do Norte (GODOY *et al.*, 2011a; MALAVASI, 2001). *Bactrocera carambolae* está classificada como uma praga quarentenária presente no Brasil, com ocorrência nos estados do Amapá, Pará e Roraima (BRASIL, 2018), onde está sob rigoroso controle oficial (ADAIME *et al.*, 2016; LEMOS *et al.*, 2014).

A disseminação da mosca-da-carambola para outros municípios do estado do Amapá ocorreu de forma lenta. Porém, em 2007, a espécie foi detectada no município de Laranjal do Jari, extremo sul do estado, divisa com o estado do Pará (GODOY *et al.*, 2011a). Neste mesmo ano houve a detecção da mosca-da-carambola no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará. Felizmente, o foco da praga foi erradicado um ano depois, em 2008. Em 2011, um novo foco foi detectado no mesmo município, sendo a praga erradicada logo depois (MORAIS *et al.*, 2016). Ainda no estado do Pará, no ano de 2014, houve a detecção da mosca-da-carambola nos municípios de Currálinho, Portel e Almeirim. Em 2015, em Gurupá; em 2016, em Breves e, em, 2018, nos municípios de Almeirim, Breves e Melgaço (ADEPARÁ, 2018).

No estado de Roraima, *B. carambolae* foi registrada pela primeira vez em 2010, no município de Normandia, divisa com a Guiana (GODOY *et al.*, 2011a). Em 2019, dada a ocorrência da praga, o MAPA declarou as “áreas sob quarentena”, constituídas pelos municípios de Alto Alegre, Normandia, Uiramutã, Pacaraima, Amajari e as áreas norte dos municípios de Bonfim e Boa Vista; e as “zonas tampões”, áreas adjacentes às áreas com a presença da praga, incluindo o município de Mucajaí e uma parte dos municípios de Bonfim e Boa Vista (BRASIL, 2019b).

2.5 Histórico do Programa de Erradicação da Mosca-da-carambola

Apesar da significativa importância das espécies do complexo *B. dorsalis* para a fruticultura mundial, nenhuma ação foi adotada quando indivíduos de *Bactrocera* sp. foram encontrados no Suriname. Somente em 1986, o Ministério da Agricultura do Suriname iniciou um programa de vigilância, utilizando métodos de amostragem de frutos, para delimitar áreas de ocorrência e potenciais hospedeiros da praga (SAUERS-MULLER, 2008).

A partir de 1988, o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA, conjuntamente com outras instituições internacionais, reuniram-se para estabelecer diretrizes de ação visando à erradicação de *B. dorsalis* (identificada erroneamente) no Suriname. Adicionalmente, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO e o Serviço de Inspeção

Sanitária Animal e Vegetal - USDA-APHIS financiaram um projeto piloto de controle no oeste do Suriname, entre os anos de 1991 e 1993. No entanto, o projeto foi conduzido somente na vila de Wageningen (distrito costeiro de Nickerie), local de ocorrência da praga, contudo, distante de onde os primeiros espécimes foram detectados (MIDGARDEN *et al.*, 2016). Após um ano, a praga não foi mais encontrada em Wageningen. No entanto, como as ações de erradicação foram realizadas apenas em uma área pequena, ocorreu a reinfestação, sendo então o projeto estendido para uma área maior, o distrito vizinho de Coronie (SAUERS-MULLER, 1993). Os resultados positivos do projeto piloto na costa oeste do Suriname evidenciaram que as ações foram eficazes para erradicar *B. carambolae* (MIDGARDEN *et al.*, 2016).

Na Guiana Francesa também foram realizadas ações para determinar a presença e depois a distribuição geográfica de *B. carambolae*. Levantamentos utilizando armadilhas para moscas-das-frutas começaram no final da década de 1980 (CAPLONG, 1995), resultando em informações sobre a localização da praga, mas não sobre sua gama de hospedeiros. Alguns anos depois, foram realizadas amostragens de frutos cultivados e silvestres, objetivando determinar as associações entre tefritídeos e seus hospedeiros, além de listar as espécies de importância econômica para a Guiana Francesa (CAYOL, 2000; SÉGURET, 1996).

Dado o sucesso do projeto piloto de erradicação no Suriname, foi implementado o “Programa Regional de Controle da Mosca-da-carambola/IICA/Suriname” na América do Sul, envolvendo os quatro países em que a mosca-da-carambola está presente (Suriname, Guiana, República da Guiana e Brasil) (MIDGARDEN; SAUERS-MULLER, 1997). O Programa estabelecia as diretrizes de ação conjuntas para os quatro países, contava com recursos internacionais e coordenava as ações em nível regional (GODOY *et al.*, 2011a).

Durante a vigência do Programa Regional, foi constatada a efetividade das ações de controle implementadas, resultando na erradicação da praga em diversas áreas. Em 2001, o programa foi oficialmente encerrado, cabendo a responsabilidade da condução das ações a cada país. Essa medida prejudicou muito as metas de erradicação estabelecidas para a América do Sul, provocando um aumento na densidade populacional da praga na região (GODOY *et al.*, 2011a).

No Brasil, o MAPA realizou o primeiro levantamento de verificação da presença da mosca-da-carambola, com o apoio da FAO, do IICA e do Departamento de Agricultura do Governo dos Estados Unidos (USDA), em parceria com o Serviço de Extensão Rural do Amapá (RURAP), comprovando a presença da espécie no município de Oiapoque (GODOY *et al.*, 2011a). A partir daí, foi criado o Programa Nacional de Erradicação da Mosca-da-Carambola - PNEMC pelo MAPA, com o objetivo de dar suporte e continuidade às ações de controle de *B. carambolae* no país. A primeira ação do PNEMC foi classificar *B. carambolae* como praga quarentenária presente no Brasil. Em

seguida, iniciaram os trabalhos de levantamento de ocorrência e detecção da praga, ambos com o objetivo de determinar e delimitar as áreas infestadas (GODOY *et al.*, 2011a).

2.6 Monitoramento de *Bactrocera carambolae* no Brasil

É incontestável que *B. carambolae* é uma das principais ameaças à competitividade da fruticultura brasileira no mercado internacional (PESSOA *et al.*, 2016). Diante disso, com o objetivo de erradicar a mosca-da-carambola do território nacional, foi criado, por meio do “Programa Nacional de Combate às Moscas-das-frutas”, o “Subprograma de Supressão com vistas à Erradicação de *Bactrocera carambolae*”, que estabelece diretrizes para as ações de monitoramento, controle e educação fitossanitária relacionados à praga (BRASIL, 2021).

O monitoramento corresponde aos levantamentos de detecção em todas as Unidades da Federação onde não há ocorrência da praga e nas áreas onde a mesma está presente. Atualmente, os levantamentos de verificação e controle estão sendo realizados no Estado do Amapá, ocorrendo continuamente com o objetivo de verificar as características da população da praga e delimitar as áreas infestadas. Para a realização dos levantamentos são utilizadas armadilhas dos tipos Jackson e McPhail, contendo atrativos dos tipos sexual e alimentar, respectivamente, além da amostragem de frutos (GODOY *et al.*, 2011a).

A relação benefício-custo da erradicação de *B. carambolae* no Brasil varia de 26,4 a 35,7, a depender do cenário de estabelecimento da praga, o que significa dizer que para cada R\$ 1,00 investido pelo Governo Federal no Programa, o retorno é de R\$ 26,40 a R\$ 35,70 (MIRANDA; ADAMI, 2015).

2.7 Armadilhas

Diversos fatores estão envolvidos na captura de moscas-das-frutas, especialmente a eficiência do atrativo (alimentar ou sexual) e o tipo de armadilha empregada (NASCIMENTO; CARVALHO; MALAVASI, 2000).

A armadilha mais utilizada em escala comercial é a armadilha do tipo McPhail, que utiliza atrativo alimentar e captura moscas-das-frutas (machos e fêmeas) de forma genérica, independente da espécie. Essa armadilha tem eficiência relativamente baixa e seu raio de ação varia de um a dez metros (NASCIMENTO; CARVALHO; MALAVASI, 2000). Ela consiste de um frasco em forma de sino contendo uma abertura invaginada na sua parte inferior que forma uma reserva para disponibilizar até 500 mL de líquido (THOMAS *et al.*, 2001). O líquido geralmente é uma solução atrativa (atraente alimentar à base de proteína hidrolisada). Essa armadilha pode ser usada para detectar muitas espécies de moscas-das-frutas, incluindo as dos gêneros *Anastrepha*, *Bactrocera* e *Ceratitis* (GOULD; RAGA, 2002). No caso de pomares comerciais, é recomendável instalar essa armadilha a $\frac{3}{4}$ da altura da planta, evitando-se a exposição direta ao sol (ALUJA *et al.*, 1989). Considerando-se que não há estudos que indiquem a altura mais apropriada para a instalação dessa armadilha em áreas de mata nativa, Silva *et*

al. (2011b) sugerem a instalação a 2,5m de altura, pois em geral as espécies frutíferas presentes são de médio e grande porte. Nos anos recentes, para *B. carambolae*, nas armadilhas tipo McPhail são utilizados tabletes de torula ou proteína hidrolisada de milho a 5% de concentração (GODOY *et al.*, 2011a).

A armadilha do tipo Jackson tem forma de triângulo (telhado de duas águas), geralmente é confeccionada em papelão parafinado (ou material mais rígido) e usa atrativo sexual para capturar a espécie-alvo (NASCIMENTO; CARVALHO; MALAVASI, 2000; RAGA; SOUZA-FILHO, 2019, 2021). Para *B. carambolae*, utiliza-se o atrativo à base do paraferomônio metil eugenol nas armadilhas tipo Jackson (TAN *et al.*, 2014). Inicialmente, nas armadilhas tipo Jackson, utilizava-se apenas metil eugenol [óleo essencial extraído industrialmente do cravo-da-índia, *Syzygium aromaticum* (L.) Merrill & Perry], e assim como ocorre com várias espécies do complexo *B. dorsalis*, os machos de *B. carambolae* são fortemente atraídos pelo metil eugenol. No entanto, o manual de *B. dorsalis* recomenda a adição de um inseticida (USDA, 1989). Na ausência de um inseticida, os machos conseguem facilmente se alimentar da isca e saem sem serem capturados. Como o inseticida recomendado no manual não estava mais disponível, passou-se a utilizar o malatiom (MIDGARDEN *et al.*, 2016). Atualmente, nas armadilha Jackson, o atrativo é composto por uma solução de metil eugenol em associação com o inseticida malatiom na proporção de 3:1 (três partes de metil eugenol para uma parte de malatiom) (SILVA *et al.*, 2011b).

O metil eugenol é um fenilpropanoide (caïromônio) encontrado em mais de 350 espécies de plantas e que tem alta atratividade a machos de *B. carambolae*, motivo pelo qual é utilizado para o monitoramento da praga, sendo disponibilizada em armadilhas tipo Jackson penduradas nas plantas hospedeiras (RAGA; SOUZA-FILHO, 2019).

No Brasil, no ano de 2021, um total de 9.332 armadilhas foram monitoradas, atendendo as ações preconizadas na Instrução Normativa N° 28, de 20 de julho de 2017, que prevê, considerando os riscos de introdução e dispersão da praga, a realização das atividades de monitoramento, semanais ou quinzenais, utilizando armadilhas do tipo Jackson e McPhail (BRASIL, 2021).

2.8 Amostragem de frutos

O procedimento de amostragem de frutos permite determinar os índices de infestação e identificar com precisão a associação de determinada espécie de tefritídeo com a espécie vegetal. Ademais, é possível determinar a distribuição geográfica das diferentes espécies de moscas-das-frutas (NASCIMENTO; CARVALHO; MALAVASI, 2000). Cabe ressaltar que o índice de infestação é um importante indicador do nível populacional, pois indica o status da planta hospedeira quanto à susceptibilidade ao ataque de moscas-das-frutas, incluindo as espécies-praga (SOUZA-FILHO, 1999)

No caso de *B. carambolae*, nas áreas em que a praga foi erradicada, a amostragem de frutos

foi o método mais eficaz para comprovar que a erradicação foi bem-sucedida, sendo então a melhor maneira de detectar quaisquer infestações remanescentes, caso estivessem presentes (MIDGARDEN *et al.*, 2016). A eficiência da amostragem pode ser melhorada através da observação dos danos diretos causados por adultos e imaturos de moscas-das-frutas. As fêmeas, através da atividade de oviposição, provocam perfuração na superfície do fruto, facilitando a entrada de organismos patogênicos que podem causar necroses e/ou podridões. As larvas se desenvolvem alimentando-se da polpa, formando “galerias”, favorecendo o amadurecimento prematuro do fruto, afetando a sua aparência e tornando-os impróprios para o consumo in natura e comercialização (BATEMAN, 1972; MALAVASI, 2001; SENAR, 2016).

2.9 Controle de *Bactrocera carambolae* no Brasil

Para o controle de *B. carambolae*, as seguintes técnicas são utilizadas: Aniquilamento de machos (emprega blocos de fibra impregnados com metil-eugenol e o inseticida malation), pulverização de iscas tóxicas e coleta e destruição de frutos (CARTAXO *et al.*, 2020; GODOY *et al.*, 2011a).

Além das técnicas de controle mencionadas acima, o Programa atua fortemente na educação sanitária, por meio da divulgação e conscientização da população quanto à proibição do transporte de frutos hospedeiros da mosca-da-carambola, principalmente em áreas onde há a presença da praga. No estado do Amapá, ações de fiscalização são realizadas constantemente no Aeroporto Internacional de Macapá, nas rodovias que cruzam o estado e em embarcações que saem do Porto de Santana, com destino a diversas cidades, inclusive do Amapá, Pará, Maranhão e Amazonas (GODOY *et al.*, 2011a; b).

2.9.1 Técnica de Aniquilamento de Machos

A Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM utiliza o paraferomônio metil eugenol combinado a um inseticida com ação de choque para impregnar blocos de material poroso que, instalados na copa de plantas hospedeiras da praga, levam à redução da população por meio da indução de alta mortalidade de machos após a ingestão da solução (GODOY *et al.*, 2011b; RIBEIRO; KAGI; RANGEL, 2015; MIDGARDEN *et al.*, 2016).

A TAM é uma forma eficaz de controlar as populações de moscas-das-frutas, que utiliza o conhecimento sobre o seu próprio comportamento para eliminá-las. Na TAM usa-se pouco inseticida, visto que as moscas são atraídas pelo metil eugenol e acabam ingerindo o inseticida, sendo, portanto, mais amigável ambientalmente em comparação com outras técnicas usadas de controle em pequenas áreas (MALAVASI; MIDGARDEN; SAUERS-MÜLLER, 2013).

2.9.2 Pulverização de isca tóxica

O controle com isca tóxica é uma técnica muito aplicada no manejo integrado de moscas-das-frutas no mundo e consiste em atrair e matar o inseto por meio de solução composta por água, atrativo alimentar e inseticida. Os atrativos alimentares mais utilizados são a proteína hidrolisada ou o melaço de cana a 5%. A isca é pulverizada em 1 m da copa das plantas hospedeiras, na face inferior das folhas e tem o poder de atrair machos e fêmeas de moscas-das-frutas, ainda que o maior número atingido seja de fêmeas, pela necessidade que possuem de ingerir proteína para atingir a maturidade sexual e garantir uma boa fecundação. Os insetos morrem após a ingestão da solução com inseticida, havendo, por isso, redução na densidade populacional da praga (GODOY *et al.*, 2011b).

2.9.3 Coleta e destruição de frutos

Uma das razões pelas quais as populações de moscas-das-frutas se tornam tão altas em algumas áreas é porque as frutas são deixadas sob as árvores e não são usadas ou consumidas. Com isso, as larvas deixam a fruta e vão para o interior do solo para completar seu ciclo de vida e se tornar uma mosca adulta (MALAVASI; MIDGARDEN; SAUERS-MÜLLER, 2013).

O método de coleta e destruição de frutos consiste na catação manual e enterrio dos frutos das espécies hospedeiras de *B. carambolae*. Basicamente, os frutos são recolhidos e armazenados em sacos de plástico e mantidos sob o sol por sete dias, período suficiente para causar a morte por asfixia das possíveis larvas e ovos, antes de serem enterrados (GODOY *et al.*, 2011b).

Uma das razões que levam a população a atingir níveis elevados é a permanência de frutos no solo, onde as larvas se enterram ao abandonar o fruto, para iniciar a fase de pupa e após alguns dias ocorre a emergência do inseto (GODOY *et al.*, 2011b). Portanto, a coleta regular e a destruição dos frutos reduzem a pressão populacional de moscas-das-frutas e reforçam a eficácia de outros métodos de controle. Embora muitas moscas possam estar presentes na área como adultos ou pupas, a remoção e destruição dos frutos reduz esse número de larvas que, de outra forma, pupariam com sucesso; além disso, reduz a disponibilidade de locais de oviposição (VAYSSIÈRES; SINZOGAN; ABANDONON, 2008).

REFERÊNCIAS

- ADAIME, R.; JESUS BARROS, C. R.; BARIANI, A.; LIMA, A. L.; CRUZ, K. R.; CARVALHO, J. P. **Novos registros de hospedeiros da Mosca-da-Carambola (*Bactrocera carambolae*) no Estado do Amapá, Brasil**. Macapá: Embrapa Amapá, 2016. 5 p. (Comunicado Técnico, 146).
- ADEPARÁ – AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARÁ. **Origem da Mosca Carambola no Estado do Pará**. Pará: ADEPARÁ, 07 nov. 2018. Disponível em: <http://www.adepara.pa.gov.br/artigos/origem-da-mosca-carambola-no-estadodopar%C3%A1#:~:text=A%20praga%20Bactrocera%20carambolae%2C%20conhecida,Estado%20do%20Amap%C3%A1%2C%20em%201995>. Acesso em 21 jan. 2023.
- ALLWOOD, A. J.; CHINAJARIYAWONG, A.; KRITSANEEPAIBOON, S.; DREW, R. A. I.; HAMACEK, E. L.; HANCOCK, D. L.; HENGSAWAD, C.; JIPANIN, J. C.; JIRASURAT, M.; KRONG, C. K.; LEONG, C. T. S.; VIJAYSEGARAN, S. Host plant records for fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Southeast Asia. **Raffles Bulletin of Zoology**, 47:1-92, 1999.
- ALMEIDA, R. R.; CRUZ, K. R.; SOUSA, M. S. M.; COSTA-NETO, S. V.; JESUS-BARROS, C. R.; LIMA, A. L.; ADAIME, R. Frugivorous flies (Diptera: Tephritidae, Lonchaeidae) associated with fruit production on Ilha de Santana, Brazilian Amazon. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 3, p. 426-436, 2016.
- ALUJA, M. Bionomics and management of *Anastrepha*. **Annual Review of Entomology**, v. 39, p. 155-178, 1994.
- ALUJA, M.; CABRERA, M.; GUILLEN, J.; CELDONIO, H.; AYORA, F. Behaviour of *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* and *A. sepentina* (Diptera: Tephritidae) on a wild mango tree (*Mangifera indica*) harbouring tree McPhail traps. **Insect Science and its Application**, v. 10, n. 3, p. 309-318, 1989.
- ALUJA, M.; MANGAN, R. L. Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Host *Status* Determination: Critical Conceptual, Methodological, and Regulatory Considerations. **Annual Review of Entomology**, v. 53, p. 473-502, 2008.
- ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; Van DRIESCHE, R.; ANZURES-DADDA, A.; GUILLÉN, L. Pest management through tropical tree conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, p. 831-853, 2014.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2015. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2015. 104 p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2018. 88 p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2019. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2019. 96 p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2020. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2020. 96 p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI 2022. Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta, 2022. 96 p.

BACON, S. J.; AEBI, A.; CALANCA, P.; BACHER, S. Quarantine arthropod invasions in Europe: the role of climate, hosts and propagule pressure. **Diversity and Distributions**, v. 20, n. 1, p. 84-94, 2014.

BARRETO, M. C.; SILVA, P. C. G.; CARVALHO, A. C. A.; ALMEIDA, C. O.; WANDER, A. E. Impactos socioeconômicos da dispersão da mosca-da-carambola (*Bactrocera carambolae*) à fruticultura nacional. In: SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros, e inimigos naturais**. Macapá: Embrapa Amapá, 2011. p. 185-195.

BATEMAN, M. A. The ecology of fruit flies. **Annual Review of Entomology**, v. 17, p. 493-518, 1972.

BELO, A. P. D.; ROCHA, L. M. S.; CORRÊA, J. M. G.; FERREIRA, R. M. A.; COSTA-NETO, S. V.; SOUSA, M. S. M.; ADAIME, R.; LEMOS, L. N. New host plants records of *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Brazil. **Entomological Communications**, v. 2, ec02036, 2020.

BLACKSHAW, R. P.; VERNON, R. S. Spatio temporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, n. 4, p. 680-689, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 28, de 20 de julho de 2017. Estabelece os procedimentos operacionais para as ações de prevenção, contenção, supressão e erradicação da praga quarentenária presente *Bactrocera carambolae* (mosca-da-carambola). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 jul. 2017. Seção 1, p. 8. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/arquivos-prevencao/IN282017.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 1 de outubro de 2018. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 out. 2018. Seção 1. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/43461167/doi-1-2018-10-02-instrucao-normativa-n-38-de-1-de-outubro-de-2018-43461024. Acesso em: 28 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução nº 8, de 4 de set. de 2019. Declara como área sob quarentena para a praga quarentenária presente *Bactrocera carambolae* (mosca-da-carambola), no estado de Roraima. **Diário Oficial [da] União: seção 1**, Brasília, DF, p. 9, 4 set. 2019a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução nº 6, de 13 de jun. de 2019. Declara como área sob quarentena para a praga quarentenária presente *Bactrocera carambolae* (mosca-da-carambola), no estado de Roraima e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União: seção 1**, Brasília, DF, p. 6, 14 jun. 2019b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Subprograma *Bactrocera carambolae*. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/mosca%20da%20carambola>. Acesso em: 20 dez. 2022.

CAPLONG, P. Étude de faisabilité d'un programme d'éradication de la mouche de la carambole en Guyane française, Rapport de synthèse, janvier 1994 – Septembre 1995, Fédération Départementale des Groupements de Protection des Cultures de Guyane, POSEIDOM. 1995.

- CARTAXO, P. H. A.; LOPES, G. N.; GONZAGA, K. S.; SANTOS, J. P. O.; CARTAXO, A. S. B.; MAGALHAES, J. V. A.; BATISTA, M. C.; ARAUJO, D. B. *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae): Risks for Brazilian Fruit Farming. **Research, Society and Development**, v. 9, p. e780986608, 2020.
- CAYOL, J. P. **Rapport d'activités**. CIRAD-DAF, Cayenne, Guyane Française. 2000.
- DANJUMA, S.; THAOCHAN, N.; PERMKAM, S.; SATASOOK, C. Effect of temperature on the development and survival of immature stages of the carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae*, and the Asian papaya fruit fly, *Bactrocera papayae*, reared on guava diet. **Journal of Insect Science**, v. 14 (126) 2014.
- DEUS, E. G.; ADAIME, R. Dez Anos de Pesquisas sobre Moscas-das-Frutas (Diptera: Tephritidae) no Estado do Amapá: Avanços Obtidos e Desafios Futuros. **Biota Amazônia**, v. 3, p. 157-168, 2013.
- DUARTE, A. L.; MALAVASI, A. Tratamento quarentenário. I: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.187-192.
- DUYCK, P. F.; DAVID, P.; QUILICI, S. A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Ecological Entomology**, v. 29, p. 511-520, 2004.
- ELLSBURY, M. M.; WOODSON, S. A.; CLAY, S. A.; MALO, D.; SCHUMACHER, J.; CLAY, D. E.; CARLSON, C. G. Geostatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence. **Environmental Entomology**, v. 27, n. 4, p. 910-917, 1998.
- FAGIOLI, A. Geoestatística aplicada na agricultura. **GeoKrigagem**. 2016. Disponível em: <https://geokrigagem.com.br/geoestatistica-aplicada-na-agricultura/>. Acesso em: 25 nov. 2022.
- FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C.; OVERAL, W. L.; MIRANDA, V. S.; RIBEIRO, S. M. Spatial analysis of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 321-327, 2008.
- FARIAS, P. R. S.; ROBERTO, S. R.; LOPES, J. R. S.; PERECIN, D. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 1, p. 13-20, 2004.
- FERREIRA, M. E.; RANGEL, P. H. N. Melhoramento genético preventivo: obtenção de estoques genéticos resistentes a pragas quarentenárias de alto risco para a agricultura brasileira. In: SUGAYAMA, R. L.; LOPES-DA-SILVA, M.; SILVA, S. X. B.; RIBEIRO, L. C.; RANGEL, L. E. P. (Eds.). **Defesa vegetal**: fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015. p. 275-292.
- FONSECA, L. A. B. V. Brazilian fruit farming: Diversity and sustainability to feed Brazil and the World. **AgriSustainability Matters**. 2022.
- GODOY, M. J. S.; PACHECO, W. S. P.; PIRES FILHO, J. M.; MORAES, L. M. M.; CHAVES, E. L. M.; VASCONCELOS, C. A. V.; FAILACHE, W. R. N.; BRITO, C. F.; ROSA JUNIOR, W. O.; MOURA, M. N.; CANTO, A. C. Erradicação da mosca-da-carambola (*Bactrocera carambolae*) no Vale do Jari, Amapá-Pará (2007 a 2008). In: SILVA, R. A.; ZUCCHI, R. A.; LEMOS, W. P. (Eds.).

Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Macapá: Embrapa Amapá, 2011b. p. 159-172.

GODOY, M. J. S.; PACHECO, W. S. P.; PORTAL, R. R.; PIRES FILHO, J. M.; MORAES, L. M. M. Programa Nacional de Erradicação da Mosca-da-carambola. *In:* SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira:** diversidade, hospedeiros e inimigos naturais. Macapá: Embrapa Amapá, 2011a. p. 134-158.

GOULD, W. P.; RAGA, A. Pests of guava. *In:* PEÑA, J. E.; SHARP, J. L.; WYSOKI, M. (Ed.). **Tropical fruit pests and pollinators** - biology, economic importance, natural enemies and control. Wallingford: CAB, p 295-313, 2002.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P.; VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão. *In:* BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Org.). **Agricultura de precisão:** resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014. p. 74-83.

KNIGHT, S. A. **Cooperative carambola fruit fly eradication program.** Riverdale: USDA/APHIS, 2000. 7p.

LEMOS, L. N.; ADAIME, R.; JESUS-BARROS, C. R.; DEUS, E. G. New Hosts of *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 2, p. 841-847, 2014.

LEMOS, L. N.; PEREIRA, J. D. B.; SILVA, R. A.; MARSARO JUNIOR, A. L. Vulnerabilidade da faixa de fronteira do Brasil à introdução de espécies invasoras exóticas. *In:* PORTO, J. L. R.; SOTTA, E. D. (Eds.). **Reformatações fronteiriças no Platô das Guianas:** (re)territorialidades de cooperações em construções. Publit: Rio de Janeiro, 2011. p. 121-144.

LIMA, A. L.; BARIANI, A.; JESUS-BARROS, C. R.; COSTA, J. V. T. A.; MELÉM-JÚNIOR, N. J.; ADAIME, R. **Impactos da possível dispersão da mosca-da-carambola para regiões exportadoras de frutas no Brasil.** Embrapa Amapá, 2018 (Nota Técnica, 001)

LOCKWOOD, J. L.; HOOPES, M. F.; MARCHETTI, M. P. **Invasion Ecology**, 2nd edn. John Wiley&Sons, Chichester, West Sussex England. 2013.

LOPES-DA-SILVA, M.; SANCHES, M. M.; STANCIOLI, A. R.; ALVES, G.; SUGAYAMA, R. The role of natural and human-mediated pathways for invasive agricultural pests: a historical analysis of cases from Brazil. **Agricultural Sciences**, v. 5, p. 634-646, 2014.

MALAVASI, A. Biologia, ciclo de vida, relação com o hospedeiro, espécies importantes e biogeografia de tefritídeos. *In:* MALAVASI, A.; VIRGÍNIO, J. (Org.). **Biologia, monitoramento e controle de Moscas-das-frutas** - V Curso Internacional de Capacitação em Moscas-das-frutas. Juazeiro: Biofábrica Moscamed Brasil, 2009. p. 1-15.

MALAVASI, A. Mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae). *In:* VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Eds.). **Histórico e impacto de pragas introduzidas no Brasil.** Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 39-41.

MALAVASI, A. Mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock. *In:* VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Pragas introduzidas no Brasil:** insetos e ácaros. Piracicaba: Fealq, 2015. p. 173-184.

MALAVASI, A.; MIDGARDEN, D.; SAUERS-MÜLLER, A. VAN. Manual for the control of the carambola fruit fly in South America: operations manual. *In*: SAUERS-MÜLLER, A. Van.; SIGNORETTI, J. G. (Eds.), **Paramaribo: Carambola Fruit Fly Programme**. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317182807_Manual_for_the_control_of_the_Carambola_fruit_fly_in_South_America. Acesso em: 22 dez. 2022.

MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; SUGAYAMA, R. L. Biogeografia. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 93-98.

McBRATNEY, A. B.; WHELAN, B.; ANCEV, T.; BOUMA, J. Future directions of Precision Agriculture. **Precision Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2005.

MIDGARDEN, D., van SAUERS-MULLER, A. Launching of regional programme to control Carambola fruit fly. **Caraphin News**, n. 15, p. 4, 1997.

MIDGARDEN, D.; van SAUERS-MULLER, A.; GODOY, M. J. S.; VAYSSIÈRES, J. F. Overview of the Programme to Eradicate *Bactrocera carambolae* in South America. *In*: EKESI, S.; MOHAMED, S.; De MEYER, M. (eds.). **Fruit Fly Research and Development in Africa – Towards a Sustainable Management Strategy to Improve Horticulture**. Springer International Publishing Switzerland, 2016. p. 705-736.

MIRANDA, S. H. G.; ADAMI, A. C. O. Métodos quantitativos na avaliação de risco de pragas. *In*: SUGAYAMA, R. L.; LOPES-DA-SILVA, M.; SILVA, S. X. B.; RIBEIRO, L. C.; RANGEL, L. E. P. (eds.). **Defesa vegetal: fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015. p. 183-203.

MIRANDA, S. H. G.; NASCIMENTO, A. M.; XIMENES, V. P. Potenciais impactos socioeconômicos da expansão da mosca-da-carambola. *In*: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Feailq, 2015. p. 132-149.

MORAIS, E. G. F.; JESUS-BARROS, C. R.; ADAIME, R.; LIMA, A. L.; NAVIA, D. Pragas de expressão quarentenária na Amazônia, *In*: SILVA, N. M.; ADAIME, R.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Pragas Agrícolas e florestais na Amazônia**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 521-559.

MOTSWAGOLE, R.; GOTCHA, N.; NYAMUKONDIWA, C. Thermal biology and seasonal population abundance of *Bactrocera dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae): implications on pest management. **International Journal of Insect Science**, v. 11, 2019.

NASCENTE, A. S.; NETO, C. R. **O agronegócio da fruticultura na Amazônia: um estudo exploratório**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005.

NASCIMENTO, A. S.; CARVALHO, R. S. Manejo integrado de moscas-das-frutas. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 169-173.

NASCIMENTO, A. S.; CARVALHO, R. S.; MALAVASI, A. Monitoramento populacional. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 109-112.

- NAVIA, D.; MORAIS, E. G. F.; MENDONÇA, R. S.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C. Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raiioella indica* Hirst (Prostigmata: Tenupalpidae). In: VILELA, E.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Pragas introduzidas no Brasil**: insetos e ácaros. Piracicaba: Fealq, 2015. p. 418-452.
- PASINATO, J.; REDAELLI, L. R.; BOTTON, M.; JESUS-BARROS, C. R.; Biology and fertility life table of *Bactrocera carambolae* on grape and acerola. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, n. 3, p. 217-223, 2019.
- PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; MINGOTI, R.; LOVISI-FILHO, E.; SILVA, A. S.; MOURA, M. S. B.; SILVA-FILHO, P. P.; SÁ, L. A. N.; PRADO, S. S.; SPADOTTO, C. A.; FARIAS, A. R. **Estimativa de potencial adaptação de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Praga Quarentenária A2)**: estudo de caso para dois perímetros irrigados do vale do Rio São Francisco. Embrapa Gestão Territorial, 2016 (Nota Técnica-Científica).
- PLANO de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas no Estado do Amapá - PPCDAP: contexto e ações. Macapá: Governo do Estado do Amapá. Secretaria Especial de Desenvolvimento Econômico. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2009, 99 p.
- PRÁ, E. D.; GUEDES, J. V. C.; CHERMAN, M. A.; JUNG, A. H.; SILVA, S. J. P.; RIBAS, G. G. Uso da geosestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1689-1694, 2011.
- RAGA, A.; SOUZA-FILHO, M. F. **Manual de moscas-das-frutas**: medidas para o controle sustentável. Araraquara: Fundecitrus, 2021. 33 p.
- RAGA, A.; SOUZA-FILHO, M. F. Uma espécie exótica de moscas-das-frutas (*Bactrocera carambolae*) é um risco instalado no extremo norte do Brasil. **Citricultura Atual**, n. 123, p. 34-36, 2019.
- RANGANATH, H. R.; SURYANARAYANA, M. A.; VEENAKUMARI, K. Papaya – a new host record of carambola fruit fly *Bactrocera (Bactrocera) carambolae* Drew and Hancock. **Insect Environment**, v. 3, n. 2, p. 37, 1997.
- REINHARDT, D. H. R. C.; LIMA, M. A. C.; SERRANO, L. A. L.; SOUZA, J. S.; SANTANA, M. A.; STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; OLIVEIRA, A. M. G.; GERUM, A. F. A. A.; COELHO FILHO, M. A.; CARVALHO, J. E. B.; SOARES FILHO, W. S. Desenvolvimento e sustentabilidade na fruticultura de exportação. In: TELHADO, S. F. P.; CAPDEVILLE, G. (Eds.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Brasília: Embrapa, 2021. p. 19-42.
- RIBEIRO, L. C.; KAGI, F. Y.; RANGEL, L. E. P. Utilização de Agrotóxicos em Programas Oficiais de Combate a Pragas de Emergência Fitossanitária. In: SUGAYAMA, R. L.; LOPES-DA-SILVA, M.; SILVA, S. X. B.; RIBEIRO, L. C.; RANGEL, L. E. P. (Eds.). **Defesa vegetal**: fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015. p. 245-255.
- SAUERS-MÜLLER, A. van. An overview of the carambola fruit fly *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae), found recently in Suriname. **Florida Entomologist**, v. 74, p. 432-440, 1991.
- SAUERS-MÜLLER, A. van. Carambola fruit fly situation in Latin America and the Caribbean. **Proceedings of the Caribbean Food Crops Society**, v. 44, n. 1, pp. 135-144, 2008.

SAUERS-MÜLLER, A. van. Host plants of the carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae), in Suriname, South America. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 2, p. 203-214, 2005.

SAUERS-MULLER, A. van. Pilot eradication project for the carambola fruit fly in Coronie, Suriname. *In*: ALUJA, M.; LIEDO, P. (Eds.) **Fruit flies: biology and management**, 1993. p. 439-442.

SEBRAE. **Fruticultura**. Boletim de inteligência, Out. 2016. Disponível em: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/3e48870e607bdcc4c945d4a81de6d689/\\$File/7265.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/3e48870e607bdcc4c945d4a81de6d689/$File/7265.pdf). Acesso em: 19 jan. 2023.

SÉGURET, J. Les mouches des fruits de Guyane Française: inventaire des principales espèces et recherche d'un attractif efficace, Mémoire du Diplôme d'Agronomie Approfondie, E.N.S.A.R. 1996.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Fruticultura: moscas-das-frutas (biologia e manejo)**. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR). — 1. ed. Brasília: SENAR, 2016. 44 p.

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

SILVA, R. A.; DEUS, E. G.; PEREIRA, J. D. B.; JESUS, C. R.; SOUZA-FILHO, M. F.; ZUCCHI, R. A. Conhecimentos sobre moscas-das-frutas no Estado do Amapá. *In*: SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais**. Macapá: Embrapa Amapá, 2011a. p. 223-236.

SILVA, R. A.; DEUS, E. G.; RAGA, A.; PEREIRA, J. D. B.; SOUZA-FILHO, M. F.; COSTA NETO, S. V. Monitoramento de moscas-das-frutas na Amazônia: amostragem de frutos e uso de armadilhas. *In*: SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais**. Macapá: Embrapa Amapá, Brasil, 2011b. p. 33-47.

SILVA, R. A.; JORDÃO, A. L.; SÁ, L. A. N.; OLIVEIRA, M. R. V. **Mosca-da-carambola: uma ameaça à fruticultura brasileira**. Macapá: Embrapa Amapá, 2004. 15 p. (Circular Técnica, 31).

SILVA, R. A.; JORDÃO, A. L.; SÁ, L. A. N.; OLIVEIRA, M. R. V. Ocorrência da mosca-da-carambola no estado do Amapá. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 7, n. 1, 2005.

SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais**. Macapá: Embrapa Amapá, 2011.

SILVA, R. A.; LIMA, A. L.; DEUS, E. G. Controle biológico de moscas-das-frutas na Amazônia: um caminho para o desenvolvimento sustentável da fruticultura. **Inclusão Social**, v. 6, n. 2, p. 90-99, 2013.

SOARES, G. K. A.; FIDELIS, E. G.; FARIAS, E. S.; RODRIGUES, G. S.; PAES, J. L. A. Range expansion and population dynamics of *Bactrocera carambolae* in Roraima, Brazil. **Crop Protection**, v. 165, 2023.

SOUZA-FILHO, M. F. **Biodiversidade de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), e seus**

parasitóides (Hymenoptera) em plantas hospedeiras no Estado de São Paulo. 1999. 173 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, 1999.

SUGAYAMA, R. L.; STANCIOLI, A. R.; VILELA, E. F. Ameaças fitossanitárias para o Brasil: entender o passado para prever o futuro. *In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. [eds.] (Eds.). Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros.* Piracicaba: Fealq, 2015. p. 53-66.

TAN, K. H.; NISHIDA, R.; JANG, E. B.; SHELLY, T. E. Pheromones, male lures, and trapping of tephritid fruit flies. *In: Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies.* Netherlands: Springer, 2014. p. 15-74.

THOMAS, D. B.; HOLLER, T. C.; HEATH, R. R.; SALINAS, E. J.; MOSES, A. L. Trap-lure combinations for surveillance of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, v. 84, n. 3, p. 344-351, 2001.

UCHOA, M. A. F.; ZUCCHI, R. A. Metodología de colecta de Tephritidae y Lonchaeidae frugívoros (Diptera: Tephritoidea) y sus parasitoides (Hymenoptera). **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, v. 28, p. 602-620, 1999.

UCHÔA, M. A. Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): Biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control. *In: LARRAMENDY, M. L.; SOLONESKI, S. (Eds.). Integrated pest management and pest control: Current and Future Tactics.* InTech, Rijeka, Croatia, 2012. p. 271-300.

USDA. **Action plan:** oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel), 1989, 56 p. Disponível em: https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/fruit_flies/downloads/orientalff.pdf

VAYSSIÈRES, J. F.; CAYOL, J. P.; CAPLONG, P.; SÉGURET, J.; MIDGARDEN, D.; SAUERS-MULLER, A. van; ZUCCHI, R.; URAMOTO, K.; MALAVASI, A. Diversity of fruit fly (Diptera: Tephritidae) species in French Guiana: their main host plants and associated parasitoids during the period 1994-2003 and prospects for management. **Fruits**, v. 68, p. 219-243, 2013.

VAYSSIÈRES, J-F; SINZOGAN, A.; ABANDONON, A. **Control of fruit flies through phytosanitary hygiene of orchards:** prophylactic method. Leaflet 10. Regional Fruit Fly Control Project in West Africa (WAFFI), 2008. 4 p.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. *In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Eds.). Tópicos em ciência do solo.* Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 1-54.

VIJAYSEGARAN, S.; OMAN, M. S. Fruit flies in Malaysian peninsular: their economic importance and control strategies. *In: International symposium on the biology and control of fruit flies, 1991, Okinawa. Proceedings [...]* Okinawa: The Okinawa Prefectural Government, 1991. p. 105-115.

ZUCCHI, R. A. Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Eds.). Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil.* Ribeirão Preto: Holos, 2001. p.15-22.

ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. Moscas-das-frutas no Brasil - **Espécies de *Anastrepha* suas plantas hospedeiras e parasitoides.** 2023. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/. Acesso em: 19 jan. 2023.

ZUCCHI, R. A.; URAMOTO, K.; SOUZA-FILHO, M. F. Chave ilustrada para as espécies de *Anastrepha* da região Amazônica. *In*: SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais**. Macapá: Embrapa Amapá, 2011. p. 71- 90.

3 FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DA MOSCA-DA-CARAMBOLA NO SUL DO ESTADO DO AMAPÁ EM FUNÇÃO DE MÉTODOS DE CONTROLE E DE FATORES METEOROLÓGICOS

RESUMO

A mosca-da-carambola (*Bactrocera carambolae* Drew & Hancock) é uma praga quarentenária de grande expressão para a fruticultura brasileira. O objetivo deste trabalho foi avaliar a flutuação populacional da mosca-da-carambola no sul do estado do Amapá em função de métodos de controle e de fatores meteorológicos, utilizando Modelos Lineares Generalizados. Foram utilizados dados de ocorrência de *B. carambolae* em armadilhas (tipo Jackson e McPhail) e dos métodos de controle (coleta e destruição de frutos, Técnica de Aniquilamento de Machos e pulverização de isca tóxica) aplicados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento nos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2019. Em Mazagão e Laranjal do Jari, a população total de *B. carambolae* capturada nas armadilhas foi mais elevada nos anos de 2015 e 2016. As análises aditivas e multiplicativas indicaram forte tendência (trend) de queda na ocorrência entre julho de 2015 a dezembro de 2017, a partir daí essa tendência passou a se estabilizar. Observou-se um componente sazonal na série temporal, com dois picos definidos (meados de março e início de agosto). Em Vitória do Jari, houve captura de poucos espécimes durante o período de estudo. Em Mazagão e em Laranjal do Jari, as armadilhas tipo McPhail capturaram maior número de espécimes que as armadilhas tipo Jackson. Os métodos de controle apresentaram uma relação significativa negativa para o município de Laranjal do Jari aos 10 e 25 dias antecedentes para pelo menos uma das ações, fato que não se repetiu em Mazagão. Os fatores meteorológicos de precipitação diária e evaporação diária causaram efeito positivo e negativo, respectivamente, na ocorrência de *B. carambolae* em Mazagão, obtendo melhor ajuste aos 25 dias. Este trabalho evidenciou a importância da manutenção das ações de controle de *B. carambolae* no Amapá e apresentou sugestões para melhorar a sua eficiência.

Palavras-chave: *Bactrocera carambolae*; moscas-das-frutas; praga quarentenária; monitoramento; armadilhas; técnica de Aniquilamento de machos.

ABSTRACT

The carambola fruit fly (*Bactrocera carambolae* Drew & Hancock) is a quarantine pest of great expression for Brazilian fruit growing. The objective of this work was to evaluate the population fluctuation of the carambola fruit fly in the south of the state of Amapá as a function of control methods and meteorological factors, using Generalized Linear Models. We used data on the occurrence of *B. carambolae* in traps (Jackson and McPhail types) and control methods (collection and destruction of fruits, Male Annihilation Technique and toxic bait spraying) applied by the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply in the municipalities of Mazagão, Laranjal do Jari and Vitória do Jari, from January 2015 to December 2019. In Mazagão and Laranjal do Jari, the total population of *B. carambolae* captured in traps was higher in 2015 and 2016. The additive and multiplicative analyzes indicated a strong downward trend (trend) in the occurrence between July 2015 and December 2017, from then on this trend began to stabilize. A seasonal component was observed in the time series, with two defined peaks (mid-March and early August). In Vitória do Jari, few specimens were captured during the study period. In Mazagão and Laranjal do Jari, McPhail-type traps captured more specimens than Jackson-type traps. The control methods showed a significant negative relationship for the municipality of Laranjal do Jari at 10 and 25 days prior to at least one of the actions, a fact that was not repeated in Mazagão. The meteorological factors of daily precipitation and daily evaporation had a positive and negative effect, respectively, on the occurrence of *B. carambolae* in Mazagão, obtaining a better fit at 25 days. This work highlighted the importance of maintaining control actions for *B. carambolae* in Amapá and presented suggestions to improve their efficiency.

Keywords: *Bactrocera carambolae*; fruit flies; quarantine pest; monitoring; traps; Male Annihilation Technique.

3.1 Introdução

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são as principais pragas da fruticultura mundial, devido ao seu impacto econômico direto (as fêmeas depositam ovos nos frutos e as larvas se alimentam da polpa, tornando os frutos imprestáveis para o consumo e comercialização) e indireto (que consistem em restrições quarentenárias impostas por muitos países para evitar a sua entrada em seus territórios) (ALUJA, 1994; ALUJA; MANGAN, 2008; FOLLETT; NEVEN, 2006; NÚÑEZ-BUENO, 1994).

Bactrocera carambolae Drew & Hancock, conhecida como “mosca-da-carambola”, é originária do sudeste da Ásia, mais especificamente Indonésia, Malásia e Tailândia (VIJAYSEGARAN; OMAN, 1991). Na América do Sul é uma espécie invasora, com registros no Suriname, Guiana Francesa, República da Guiana e Brasil (MALAVASI, 2001, 2015). A primeira detecção oficial no Brasil foi realizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, em março de 1996, na Vila de Clevelândia do Norte, município de Oiapoque, extremo norte do estado do Amapá (GODOY *et al.*, 2011a; MALAVASI, 2001).

Logo após a detecção no Brasil, o MAPA iniciou o Programa Nacional de Erradicação da Mosca-da-Carambola - PNEMC, coordenado pelo Departamento de Sanidade Vegetal, vinculado à Secretaria de Defesa Agropecuária, com o objetivo de monitorar e controlar a mosca-da-carambola nessa região de fronteira, visando a sua erradicação (detalhes em GODOY *et al.*, 2011a). O PNEMC, ainda vigente nos dias atuais, utiliza principalmente as seguintes técnicas de controle: 1) Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM, que utiliza blocos de madeira aglomerada embebidos em solução de eugenol-metílico associado a inseticida à base de malation, lançados nas plantas em intervalos regulares; 2) pulverizações de iscas tóxicas em plantas hospedeiras (proteína hidrolizada associada ao inseticida biológico espinosade); e 3) coleta e destruição de frutos hospedeiros (catação manual dos frutos sob a copa das plantas, que são colocados em sacos de plástico e depois são expostos ao sol e, por fim, enterrados, causando a morte de ovos e larvas) (GODOY *et al.*, 2011b; MIDGARDEN *et al.*, 2016).

Atualmente, *B. carambolae* é considerada praga quarentenária presente no Brasil, com ocorrência restrita a localidades dos estados do Amapá, Pará e Roraima, sob controle oficial do MAPA (BRASIL, 2018). Ela se constitui na principal barreira fitossanitária para exportação de frutas produzidas no Brasil, por conta das restrições quarentenárias impostas por países importadores (FERREIRA; RANGEL, 2015; GODOY *et al.*, 2011a; MIRANDA; ADAMI, 2015; SILVA *et al.*, 2004, 2005). Portanto, uma simples detecção da praga em áreas de produção de frutas para exportação poderia levar à perda de mercados importadores, ocasionando prejuízos expressivos ao país (MALAVASI, 2001; SILVA; SUMAN; SILVA, 1997). Esses prejuízos devem ser compreendidos

não somente na esfera econômica, mas também nos âmbitos social e ambiental (detalhes em MIRANDA; NASCIMENTO; XIMENES, 2015; NASCIMENTO; CARVALHO, 2000; SILVA; LIMA; DEUS, 2013; SILVA; SUMAN; SILVA, 1997).

A fêmea de *B. carambolae* deposita seus ovos diretamente no fruto hospedeiro, onde as larvas se desenvolvem e, em seguida, deixam o fruto para penetrar e pupar no solo, onde passam alguns dias antes de emergirem como adultos (CASTILHO *et al.*, 2019; MALAVASI, 2015). Embora seja referida como “mosca-da-carambola”, a praga é polífaga, pois possui várias espécies vegetais hospedeiras durante a fase larval (ADAIME *et al.*, 2016; PASINATO *et al.*, 2019). No Brasil, até o momento, foram reportadas 26 espécies vegetais hospedeiras da mosca-da-carambola, todas elas decorrentes de pesquisas realizadas no estado do Amapá (ADAIME *et al.*, 2016; BELO *et al.*, 2020). No mesmo Estado, em condições naturais, as espécies mais frequentemente infestadas por *B. carambolae* são: goiabeira (*Psidium guajava* L.), caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), jambeiro [*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M.Perry] e aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) (R. Adaime, comunicação pessoal).

Sabe-se que a densidade populacional das moscas-das-frutas está diretamente relacionada com a disponibilidade de frutos de suas plantas hospedeiras (NASCIMENTO; CARVALHO, 2000). Isso é especialmente importante no estado do Amapá, onde os ecossistemas e as condições climáticas podem favorecer a sucessão de hospedeiros em virtude da contínua produção de frutos que podem ser utilizados pela praga como hospedeiros secundários. Assim, a obtenção de informações sobre sua gama de plantas hospedeiras é crucial para o estabelecimento de medidas de controle da praga (ADAIME *et al.*, 2016; DEUS; ADAIME, 2013; LEMOS *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2004).

Silva *et al.* (2004), há quase 20 anos, já salientavam que a pesquisa científica poderia contribuir de forma inestimável para evitar perdas causadas pela mosca-da-carambola no Brasil, especialmente, direcionando esforços no sentido de desvendar os aspectos bioecológicos da praga. Por sua vez, Lemos *et al.* (2014) afirmaram que a disponibilidade de informações sobre a dinâmica populacional e demográfica de *B. carambolae*, bem como a distribuição e preferência por hospedeiros são essenciais para o estabelecimento de medidas de controle.

Considerando que a fruticultura é uma importante atividade econômica para o Brasil e que a mosca-da-carambola representa um risco à produção e exportação de frutas brasileiras, são necessários estudos que auxiliem na minimização da possibilidade de dispersão da praga, evitando, assim, impactos negativos na economia do país (SILVA *et al.*, 2004, 2005). Ainda que as pesquisas sobre a mosca-da-carambola tenham sido intensificadas nos anos recentes, com a geração de significativa quantidade de informações, como os trabalhos de biologia (AMARAL *et al.*, 2021; CASTILHO *et al.*, 2019; PASINATO *et al.*, 2019), plantas hospedeiras (ADAIME *et al.*, 2016; ALMEIDA *et al.*, 2016;

BELO *et al.*, 2020; DEUS *et al.*, 2016; LEMOS *et al.*, 2014; SOUSA *et al.*, 2019), há uma necessidade imperiosa de realizar estudos que mostrem a distribuição espacial da praga em áreas urbanas com série temporal, para que seja possível compreender o comportamento da praga em condições de campo e contribuir para tornar mais efetivas as ações do PNEMC.

Algo que deve ser considerado é que mosca-da-carambola predomina em áreas urbanas e raramente é encontrada em florestas tropicais não perturbadas, tanto na sua região de origem, quanto no Suriname (VIJAYSEGARAN; OMAN, 1991). No Brasil, embora a praga já tenha sido relatada em espécies vegetais nativas da região Amazônica, todos os registros ocorreram em ambientes alterados pela atividade humana (ALMEIDA *et al.*, 2016; BELO *et al.*, 2020; LEMOS *et al.*, 2014). Neste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de métodos de controle e de fatores meteorológicos sobre a população da mosca-da-carambola no sul do estado do Amapá, região praticamente não contemplada com estudos sobre a mosca-da-carambola.

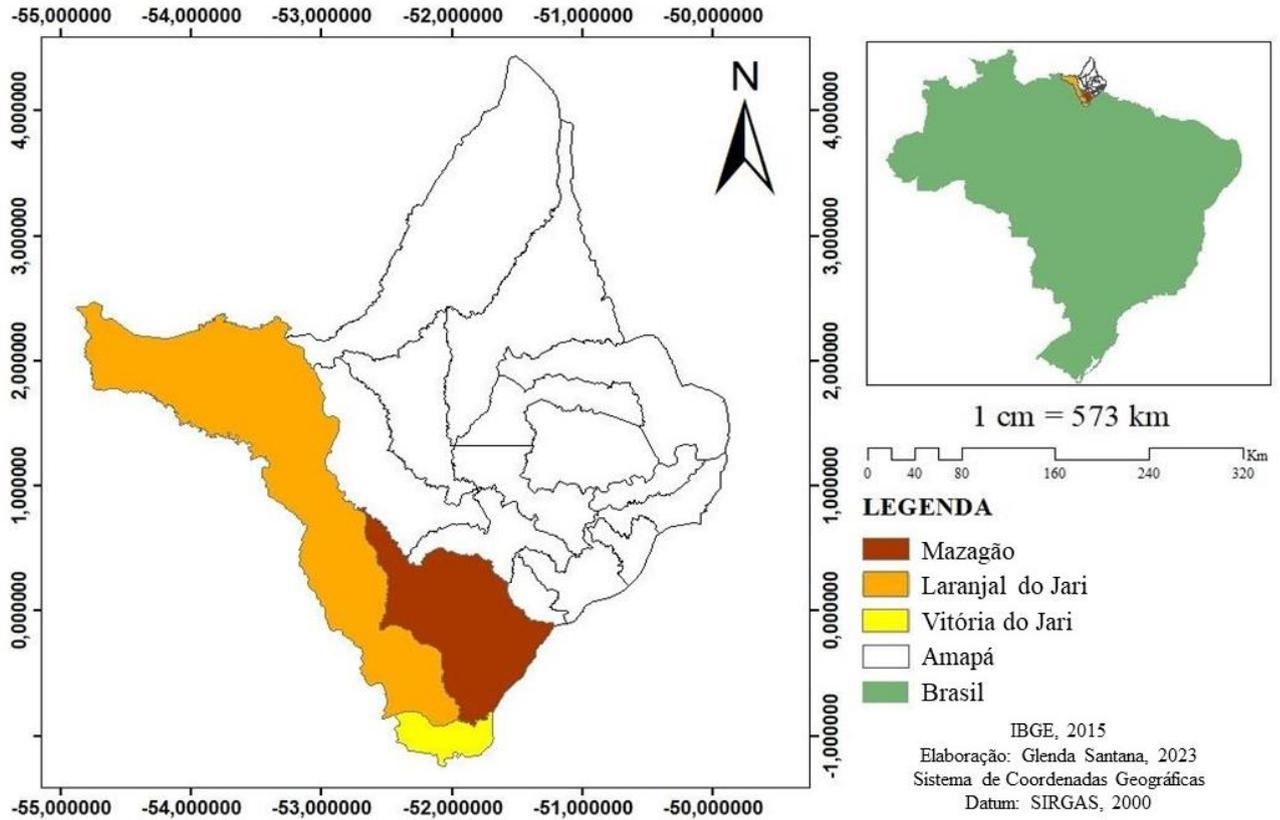
3.2 Material e métodos

3.2.1 Caracterização da área de estudo

O estado do Amapá possui área territorial de 142.470,762 km², com população estimada de 877.613 habitantes distribuídos em 16 municípios (IBGE, 2021). É o único Estado da Federação que faz fronteira com território europeu, por meio da Guiana Francesa. Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari são os três municípios compõem a parte sul do estado, e fazem divisa com o estado do Pará, por meio do distrito de Monte Dourado, pertencente ao município de Almeirim (Figura 1).

Os limites do estado do Amapá foram fixados quando ainda era Território Federal do Amapá, pelo Decreto Lei N° 5.812, de 13 de setembro de 1943: a oeste, sul e sudeste com o estado do Pará, a leste com o oceano Atlântico, a noroeste com o Suriname e ao norte com a Guiana Francesa. O clima predominante é o tropical úmido, com temperatura variando de 22°C a 33°C. O regime pluviométrico apresenta estação de inverno (período chuvoso), que se estende de janeiro a julho, com índices que podem ultrapassar 2.500 mm³, estação de verão (período seco), que vai de agosto a dezembro, quando a precipitação é inferior a 500 mm³. A vegetação do Amapá é composta por floresta de terra firme, floresta de várzea, mata de igapó, manguezal e Cerrado (MORAIS; MORAIS, 2005).

Figura 1 - Localização dos municípios que compõem a área de estudo no estado do Amapá.



3.2.1.1 Mazagão - AP

Localizado na parte sul do estado do Amapá ($0^{\circ}06'54''S$ $51^{\circ}17'20''O$), a 31 km da capital, ligando-se à Macapá por via fluvial e rodoviária, com uma população estimada de 17.032 habitantes (IBGE, 2021), às margens direita do rio Vila Nova, limítrofe com os municípios de Vitória do Jari (ao sul); Laranjal do Jari (a oeste); e Pedra Branca do Amapari, Porto Grande e Santana (ao norte), formando com a capital Macapá e o município de Santana uma região metropolitana com cerca de 650 mil habitantes (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2022).

A área do município de Mazagão é de 13.189,60 km², com duas divisões políticas: Mazagão Velho e Carvão. A altitude é de 9,49m. O período chuvoso é de janeiro a julho, sendo a temperatura mínima de 22°C e a máxima de 38°C. No que se refere às divisões fisiográficas, o relevo é constituído por Serra do Iratapuru, planície de terra e área de igapó, sendo a vegetação de matas densas, arbustos e campos alagados. Os principais rios são: Camaiapi (Vila Nova), Camaiapi do Maracá, Rio Preto, Maracapuru, Cajari, Vila Nova do Anauerapucu, Iratacupu (MORAIS; MORAIS, 2005).

3.2.1.2 Laranjal do Jari - AP

Localizado na parte sudoeste (0°50'31"S 52°30'57"O), a 275 km da capital, à margem direita do Rio Jari, que separa o estado do Amapá do estado do Pará. Faz limite com os municípios de Vitória do Jari ao sul; Oiapoque, Pedra Branca e Mazagão a leste; Almeirim (PA) a sul e oeste; Guiana Francesa ao norte e Suriname a noroeste. É o maior município em extensão territorial do estado (30.782,998 km²) e o terceiro mais populoso, com 50.410 habitantes (IBGE, 2021).

O relevo na parte sul de Laranjal do Jari caracteriza-se por uma faixa de planície amazônica, sujeita a inundações periódicas. Na parte norte do relevo, encontra-se o Planalto Cristalino das Guianas e a Serra do Tumucumaque, onde esta última também se encontra ao nordeste e; ao leste, a Serra do Iratapuru. Predomina o latossolo vermelho-amarelo. Na parte norte do município, encontram-se florestas de galerias ao longo dos rios e florestas densas, com espécies de madeiras nobres, enquanto que na parte sul há grandes extensões de campos inundáveis (MORAIS; MORAIS, 2005).

O município é drenado pelo rio Jari e seus afluentes à margem esquerda e pelo rio Cajari à margem direita. O clima predominante é tropical chuvoso, com temperatura máxima de 32,6°C e mínima de 20°C. As chuvas ocorrem nos meses de dezembro a agosto, não chegando a atingir 3.000 mm³. A estação seca inicia no mês de setembro e vai até a metade do mês de dezembro (MORAIS; MORAIS, 2005).

3.2.1.3 Vitória do Jari - AP

Localizado ao extremo sul do estado do Amapá (0°56'16"S 52°25'26"O), com altitude de 50m, a 180 km da capital, faz limite com Mazagão (ao norte), distrito de Monte Dourado, em Almeirim - PA (ao sul), e Laranjal do Jari (a oeste). A área do município é de aproximadamente 2.428 Km² e a população é estimada em 12.428 habitantes (IBGE, 2021). O município tem sua hidrografia definida ao pelo rio Cajari, ao norte, e afluentes pela margem direita até o rio São Luiz, em Macapá, e o rio Amazonas, ao leste.

A divisão fisiográfica é composta por região de floresta densa, com baixos e altos platôs, e região de formação pioneira (aluvial camprestre), apresentando grande potencial madeireiro, além de castanha-do-Brasil, seringueiras, essências florestais e açaiçais. O clima é tropical chuvoso, com mínima de 20°C e máxima de 34°C.

3.2.2 Envolvimento institucional e definição de responsabilidades

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastamento - MAPA, por meio de sua Instrução Normativa Nº 28, de 20 de julho de 2017 (BRASIL, 2017), estabeleceu os procedimentos operacionais para as ações de prevenção, contenção, supressão e erradicação da praga quarentenária presente *Bactrocera carambolae* (mosca-da-carambola). Por sua vez, a Superintendência Federal de

Agricultura no Amapá - SFA-AP estabeleceu um plano de ação de Supressão com Vistas à Erradicação, que atualmente é executado por uma empresa terceirizada, monitorado por técnicos agropecuários da Superintendência, em parceria com a Agência de Defesa e Inspeção Agropecuária do Amapá - DIAGRO.

Mensalmente, dados foram compilados em planilhas Microsoft Excel[®], que apresentavam informações de captura, coleta e destruição de frutos, pulverização de iscas tóxicas e leitura das armadilhas. As atividades citadas foram monitoradas por relatórios de supervisão de monitoramento, combate e fiscalização.

A realização da presente pesquisa e a utilização dos dados referentes ao monitoramento de *B. carambolae* nos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá, foram expressamente autorizadas pelo Secretário de Defesa Agropecuária do MAPA (Processo do Sistema Eletrônico de Informações - SEI nº 21008.002447/2019-31).

3.2.3 Métodos de controle de *Bactrocera carambolae*

Para a avaliação dos métodos de controle da praga foram analisados a coleta e destruição de frutos (item 3.2.3.1), Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM (item 3.2.3.2) e pulverização de isca tóxica (3.2.3.3), conforme descrito a seguir, obtidos segundo indicado no item 3.2.2.

3.2.3.1 Coleta e destruição de frutos

O objetivo da técnica de coleta e destruição de frutos é matar as larvas e ovos por asfixia e alta temperatura (GODOY *et al.*, 2011b). A técnica consiste em recolher manualmente, do solo e da copa das árvores, frutos potencialmente infestados pela praga. Os frutos recolhidos são colocados em sacos plásticos resistentes, transparentes, devidamente amarrados (Figura2). Os sacos, que não podem estar rasgados, são expostos ao sol por 7 (sete) dias, sendo depois enterrados.

Figura 2 - A) Funcionário da empresa terceirizada coletando frutos. B) Frutos ensacados para devido deslocamento. C) Frutos ensacados expostos ao sol. Autor: José Victor Torres Alves Costa. 2019.



3.2.3.2 Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM

A Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM, popularmente conhecida como lançamentos de blocos, é um eficiente método de controle de moscas-das-frutas, baseado nas características de atratividade dos indivíduos do sexo masculino a determinados produtos químicos. Para esta técnica se utilizam pequenos blocos de fibra de coco aglomerada embebidos com solução de Eugenol-metílico e inseticida fosforado (Malathion 1000 EC), distribuídos na área trabalhada em alta densidade, para reduzir a população de machos de moscas-das-frutas alvo a um nível tão baixo que o acasalamento seja improvável de ocorrer (FAO/IAEA, 2017).

O uso da TAM, além do seu elevado custo, pode ter efeito adverso do esperado quando analisado em pequena escala, pois as moscas são atraídas em um raio de algumas centenas de metros (CABI/EPPO, 2018) e, assim, podem ser responsáveis por aumentar o nível de machos em determinadas áreas localizadas. Ressalta-se que a Norma Internacional de Medidas Fitossanitárias (NIMF) N° 26 estabelece que o paraferomônio Eugenol-metílico (atrativo para um amplo número de espécies do gênero *Bactrocera*) pode ser utilizado na TAM para o controle de *B. carambolae* (FAO, 2018).

Malavasi *et al.* (2013) e Brasil (2017), estabelecem as frequências atuais de execução de pulverização (semanal), coleta de frutos (diária) e frequência de monitoramento (semanal ou quinzenal). GODOY *et al.*, 2011a, especificam que a execução da TAM é indicada para cada 45 dias, podendo variar de acordo com os protocolos pré-estabelecidos nos planos de trabalho do Subprograma

de Supressão com Vistas a Erradicação da mosca-da-carambola do MAPA.

Figura 3 – A) Funcionário da empresa terceirizada organizando blocos de fibra de coco para o devido lançamento em árvores hospedeiras da mosca-da-carambola. B) Funcionário lançando blocos de fibra de coco.

Autores: A) Charles Ferreira e B) Osmilton Nunes. 2021.



3.2.3.3 Pulverização de isca tóxica

A pulverização de isca tóxica (Figura 4) é muito aplicada no manejo integrado de moscas-das-frutas em todo mundo e consiste em atrair e matar o espécime por meio de uma solução composta por água, atrativo alimentar e algum inseticida (GODOY *et al.*, 2011b). Desde 2006, foi introduzida no Brasil a primeira formulação comercial de isca tóxica de pronto uso (Success 0,02 CB[®]), contendo novos atrativos e o inseticida biológico espinosade. Esta formulação foi desenvolvida para o controle de adultos das moscas-das-frutas e possui a vantagem de apresentar maior seletividade aos inimigos naturais e polinizadores. Salienta-se que o produto em questão possui desvantagens, como o alto custo, a baixa resistência à chuva, além da fitotoxicidade (BOTTON *et al.*, 2014).

As plantas hospedeiras foram pulverizadas com isca tóxica (1m² de copa), na face abaxial das folhas, utilizando para espécies-vegetais de pequeno e médio portes a regulação pela metade, e de grande porte com abertura completa do bico. Foi utilizado Success 0.02 CB[®] (Spinosade), preparado na quantidade de 4 (quatro) litros de produto comercial para 6 (seis) litros de água, com uma frequência semanal de aplicação, sendo registrado em relatório o número de plantas pulverizadas. Foi obedecido o critério de abrangência de uma a três plantas por propriedade ou residência, cujos terrenos

medissem em média 15 x 30 m.

Figura 4 – A) Bombas costais para pulverização de isca tóxica. B) Pulverização de isca tóxica em árvore frutífera. C) Frutos de carambola pulverizados com isca tóxica.
Autor: José Victor Torres Alves Costa. 2019.

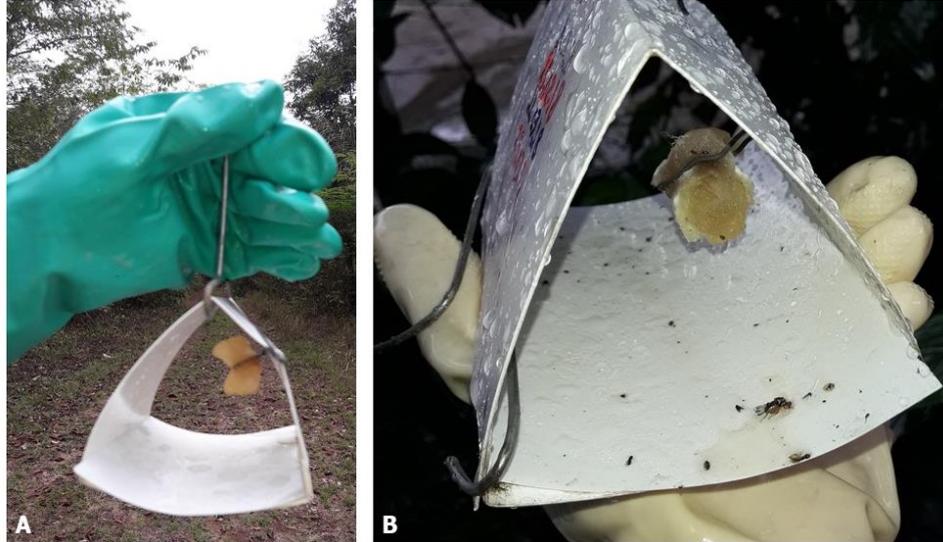


Foram obtidos os dados do período de 2015 a 2019, das ações realizadas no Subprograma de Supressão com vistas à Erradicação da Mosca-da-carambola (*Bactrocera carambolae*) no Amapá. Para a decomposição das séries temporais de capturas nos municípios, foram tabulados dados mensais ao longo dos cinco anos, enquanto que a análise dos coeficientes de correlação as informações foram consolidadas em períodos quinzenais e a correlação entre as variáveis de ações de controle e as capturas foram avaliadas pela execução na quinzena anterior. Ainda, criou-se variáveis acumuladas para as ações de controle: coleta e destruição de frutos, Técnica de Aniquilamento de Machos e pulverização de isca tóxica.

3.2.4 Monitoramento de adultos de *Bactrocera carambolae*

A área de estudo foi dividida em zona urbana e rural, havendo ou não subdivisões de acordo com a necessidade do local, a partir da contagem de todas as plantas hospedeiras que se encontravam nos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari. As armadilhas Jackson (Figura 5) e McPhail (Figura 6) foram instaladas de acordo com o critério de densidade estabelecido por Aluja e Boller (1992), sendo gerados croquis para viabilizar uma disposição racional.

Figura 5 - A) Armadilha tipo Jackson. B) Armadilha tipo Jackson mostrando a sua resistência em período chuvoso.



Foram colocadas três pastilhas de torula (inseticida à base de levedura de *Torula*, eficaz no controle de moscas-das-frutas) no interior de cada armadilha McPhail, sendo a solução trocada quinzenalmente. A contagem de indivíduos adultos foi realizada a cada 15 (quinze) dias para os municípios de Mazagão e Laranjal do Jari e a cada 7 (sete) dias para o município de Vitória do Jari.

Figura 6 - A) Atraiante alimentar líquido do reservatório da armadilha tipo McPhail sendo despejado em crivo. B) e C) Armadilha tipo McPhail em Vitória do Jari. D) Reservatório da armadilha tipo McPhail com atraiante alimentar à base de proteína hidrolisada. E) Armadilha do tipo McPhail em Mazagão, estado do Amapá. Autor: José Victor Torres Alves Costa, 2019.



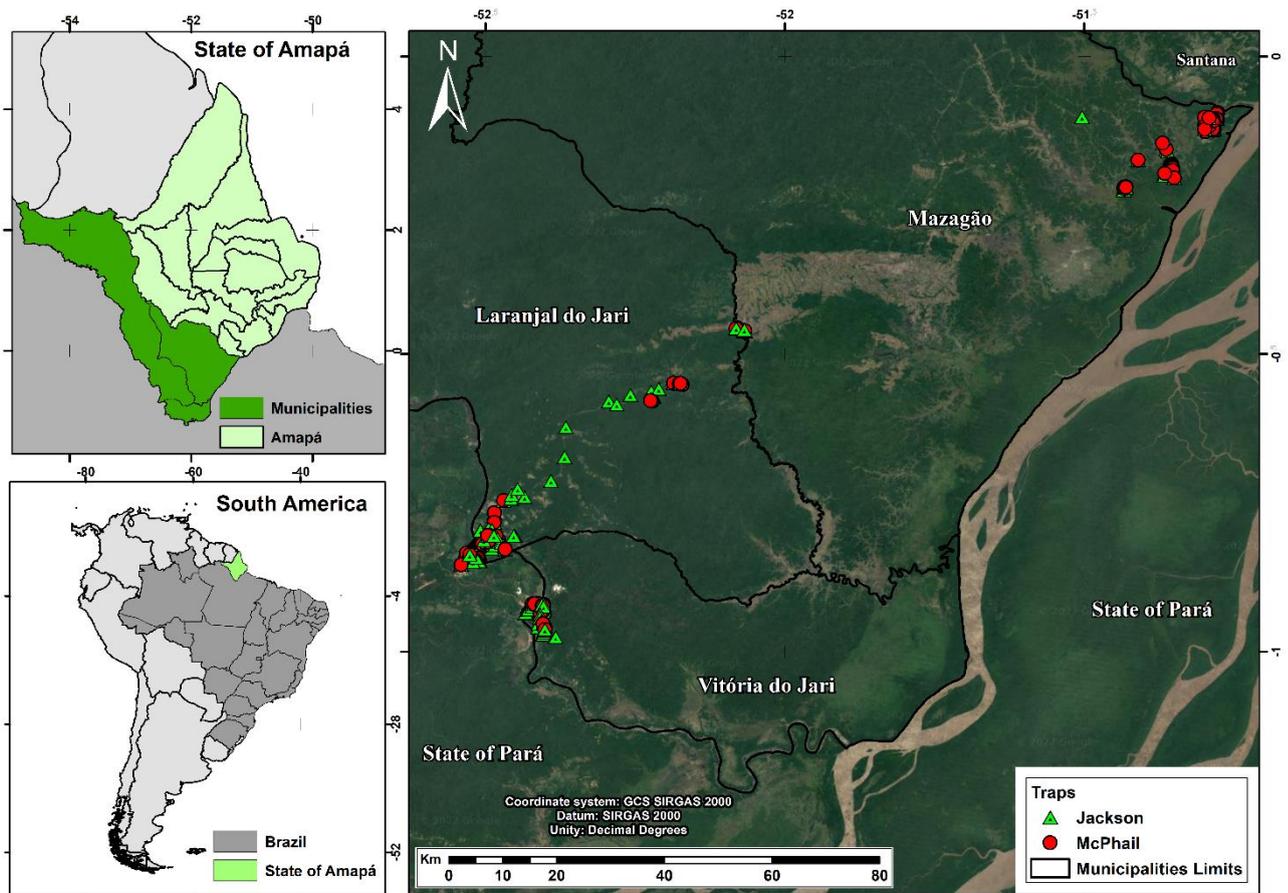
Para o procedimento de contagem das moscas capturadas, o líquido contido na armadilha era vertido em uma peneira (crivo), sobre uma bandeja branca. O líquido era reaproveitado para a próxima quinzena de amostragem ou, caso já fosse a segunda troca, era descartado. Para proceder a triagem do material coletado, o conteúdo da peneira era colocado sobre a bandeja branca, acondicionando um pouco de água, para que os espécimes de *B. carambolae* fossem contados e transferidos para frascos de vidro contendo álcool a 70%, até a confirmação da identidade dos espécimes.

A instalação das armadilhas obedeceu aos seguintes critérios: área com hospedeiros (podendo ser caracterizada com muito ou pouco hospedeiros, com o critério de quantificação a ser estabelecido em função do mapeamento de hospedeiros com uso de GPS); área sem hospedeiro; área de risco (aeroportos, áreas urbanas, portos e locais em que há carga e descarga de frutas), e área com hospedeiro silvestre (que estejam próximos a qualquer área citada anteriormente). O número de armadilhas dos tipos Jackson e McPhail instaladas nos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá, consta da Tabela 1 e a distribuição espacial das armadilhas na área de estudo é mostrada na Figura 7.

Tabela 1 - Número de armadilhas dos tipos Jackson e McPhail instaladas nos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá, de 2015 a 2019.

| Ano | Mazagão | | | Laranjal do Jari | | | Vitória do Jari | | | Total Anual |
|------|---------|---------|-------|------------------|---------|-------|-----------------|---------|-------|-------------|
| | Jackson | McPhail | Total | Jackson | McPhail | Total | Jackson | McPhail | Total | |
| 2015 | 82 | 67 | 149 | 148 | 78 | 226 | 45 | 18 | 63 | 438 |
| 2016 | 82 | 67 | 149 | 138 | 82 | 220 | 46 | 18 | 64 | 433 |
| 2017 | 81 | 67 | 148 | 139 | 86 | 225 | 41 | 16 | 57 | 430 |
| 2018 | 81 | 67 | 148 | 139 | 86 | 225 | 41 | 16 | 57 | 430 |
| 2019 | 81 | 67 | 148 | 139 | 86 | 225 | 41 | 16 | 57 | 430 |

Figura 7 - Localização das armadilhas do tipo Jackson e do tipo McPhail nos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá.



As armadilhas foram instaladas em árvores hospedeiras e sua codificação seguiu os critérios da IN N° 28 de 2017 (BRASIL, 2017). As coordenadas dos locais onde as armadilhas foram instaladas foram obtidas em grau decimal, utilizando o Datum SIRGAS 2000. A densidade de armadilha do tipo Jackson foi de 0,2/ha, com seu código identificado na parte inferior, seguido da última data de verificação na parte lateral. A densidade de armadilhas do tipo McPhail foi de 0,4/ha, com código de verificação na parte amarela.

Neste trabalho, a análise de série temporal foi aplicada aos dados de ocorrência de *B. carambolae*, de janeiro de 2015 a dezembro de 2019, para os municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá. As séries temporais se referem a uma coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo, na qual a ordem dos dados é fundamental (WOOLDRIDGE, 2000), o que as possibilitam serem aplicadas em variadas áreas, como a área de epidemiologia.

3.2.5 Efeitos das ações de controle na ocorrência de *Bactrocera carambolae*

A influência das ações de controle (coleta e destruição de frutos, Técnica de Aniquilamento de Machos e pulverização de isca tóxica) sobre ocorrência de *B. carambolae* nos municípios de Mazagão e Laranjal do Jari para os anos de 2015 a 2019 foi investigada por meio de Modelos Lineares

Generalizados (GLMs). Os dados das ações de controle de 10 e 25 dias anteriores aos monitoramentos das armadilhas foram utilizados com base na duração média das fases de pupa-adulto (10 dias) e ovo-adulto (25 dias) de *B. carambolae* (PASINATO *et al.*, 2019), a fim de verificar o efeito dessas variáveis nas diferentes fases da vida do inseto. Primeiramente, verificou-se se os dados de ocorrência de *B. carambolae* e as ações de controle seguem distribuições normais por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) a um grau de confiança de 95% (nível de significância α de 5%). De forma complementar, para análise da determinação da normalidade foram gerados os gráficos do tipo quantil-quantil (Q-Q). Os GLMs foram gerados pelos pacotes SjPlot (LÜDECKE, 2022) e Lme4 (BATES *et al.*, 2015) e os gráficos de efeitos marginais que apresentaram significância foram obtidos pela função effects (FOX, 2003; FOX; WEISBERG, 2019).

3.2.6 Efeitos das variáveis meteorológicas na ocorrência de *Bactrocera carambolae*

A influência das variáveis meteorológicas na ocorrência de *B. carambolae* no município de Mazagão e Laranjal do Jari para os anos de 2015 a 2019 foram investigadas por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLMs). Dados meteorológicos de 10 e 25 dias anteriores às avaliações foram utilizados com base na duração média das fases de pupa-adulto (10 dias) e ovo-adulto (25 dias) de *B. carambolae* (PASINATO *et al.*, 2019), a fim de verificar o efeito dessas variáveis nas diferentes fases da vida do inseto. Os dados meteorológicos foram obtidos do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (INMET) da estação de Porto de Moz/PA (mais próxima dos municípios de Laranjal do Jari e Vitória do Jari) e de Macapá (mais próxima do município de Mazagão) (AGRITEMPO, 2023).

Primeiramente, verificou-se se os dados de ocorrência de *B. carambolae* e das variáveis meteorológicas se ajustavam às distribuições normal, Poisson ou binomial negativa, por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) a um grau de confiança de 95% (nível de significância α de 5%). De forma complementar, para análise da determinação da normalidade foram gerados os gráficos do tipo quantil-quantil (Q-Q).

A correlação entre as variáveis meteorológicas foi realizada pelo método não paramétrico de Spearman (SPEARMAN, 1904), a um grau de confiança de 95%. Para facilitar a visualização dos dados, foi criada uma matriz de correlação entre as variáveis com a significância obtida para fins de orientação das variáveis a serem utilizadas no modelo para as duas estações trabalhadas.

O melhor modelo foi selecionado com base no critério de informação de Akaike (AIC). As médias marginais das densidades previstas de *B. carambolae* foram estimadas apenas para os dados que apresentaram significância estatística. Ainda, foi gerado um gráfico comparando a ocorrência de *B. carambolae* e as variáveis meteorológicas relevantes.

Para geração da matriz de correlação foram usados os pacotes corrplot (WEI; SIMKO, 2021),

ggcorrplot (KASSAMBARA, 2019) e ggsignif (AHLMANN-ELTZE; PATIL, 2021). Os GLMs foram gerados pelos pacotes SjPlot (LÜDECKE, 2022) e Lme4 (BATES *et al.*, 2015) e os gráficos de efeitos marginais foram obtidos pela função effects (FOX, 2003; FOX; WEISBERG, 2019). Todos os dados foram analisados usando o software estatístico R versão 4.1.0 (R CORE TEAM, 2021).

3.2.7 Estimador de densidade de capturas de adultos de *Bactrocera carambolae*

Os dados coletados foram tabulados e, em seguida, gerou-se um arquivo de formato .csv (Comma Separated Value) que posteriormente foi importado para ambiente SIG, utilizando-se o QGIS, versão 2.18.17. Criou-se um arquivo vetorial de pontos em formato shape ESRI, com Sistema de Referência de Coordenadas definido em SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

Com isso, foi gerada uma nuvem de pontos contendo informações semestrais dos focos de capturas da *B. carambolae* nos municípios de Mazagão e Laranjal do Jari, tornando-os a base para geração dos mapas de densidade. Para isto, foi utilizado o estimador de densidade Kernel, presente na ferramenta Mapa de calor do QGIS. Onde, a partir dessa função, obteve-se um arquivo matricial como resultado da soma do empilhamento de n e outros raster circulares de raio h para cada ponto do dado de entrada.

Cada amostra tem uma vizinhança circular ao seu redor que é proporcionada pelo estimador de densidade Kernel, o que vai corresponder ao raio de influência, onde é aplicada uma função matemática de 0, na fronteira da vizinhança, a 1, na posição do ponto. Isso resulta em um valor para a célula que é a soma dos valores Kernel sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2017)

Para identificação das regiões de concentração de capturas de *B. carambolae*, utilizou-se a seguinte classificação: muito baixa, com até uma captura (Azul); baixa, com até 10 capturas (Verde); média, com até 20 capturas (Amarelo); alta, com até 30 capturas (Laranja); e muito alta, com até 40 capturas (Vermelho), resultando em mapas.

Com os mapas contendo as regiões de concentração, ocorreu a reclassificação dos dados raster gerados com base na renderização da banda na imagem, com a opção banda simples falsa-cor, resultando em cinco classes, conforme descrito ao norte. Em seguida, aplicou-se o algoritmo de poligonização do QGIS, visando a transformação do raster em camada vetorial, gerando-se um registro para cada período referente a região isolada de concentração de capturas. O polígono gerado contém todas as classes de concentração em área urbana e rural nos municípios.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Métodos de controle de *Bactrocera carambolae*

3.3.1.1 Coleta e destruição de frutos

Em Mazagão, foram coletados e destruídos 27.945 kg de frutos potencialmente hospedeiros de *B. carambolae*, sendo 2.530 kg em 2015, 7.460 kg em 2016, 7.370 kg em 2017, 5.105 kg em 2018 e 5.480 kg em 2019 (Figura 8). As coletas foram bem distribuídas ao longo dos meses, sendo que nos anos de 2017 e 2019 o maior montante de frutos coletados e destruídos ocorreu no primeiro semestre (período chuvoso) e nos anos de 2015, 2016 e 2018 ocorreu no segundo semestre (período seco).

No município de Laranjal do Jari, foram coletados e destruídos 187.329 kg de frutos, sendo 5.387 kg em 2015, 41.367 kg em 2016, 39.389 kg em 2017, 70.353 kg em 2018 e 30.833 kg em 2019 (Figura 9). Nos anos de 2016 e 2019, as coletas prevaleceram no primeiro semestre (período chuvoso) e nos anos de 2015, 2017 e 2018 prevaleceram no segundo semestre (período seco).

Em Vitória do Jari, o montante de frutos coletados e destruídos foi 4.173 kg de frutos, sendo 538 kg em 2015, 1.065 kg em 2016, 1.080 kg em 2017, 850 kg em 2018 e 640 kg em 2019 (Figura 10). As coletas de frutos foram mais abundantes no segundo semestre (período seco) em todo o período de estudo.

A prática de coleta e destruição de frutos hospedeiros é muito recomendada por ser eficiente na redução da população de espécies de moscas-das-frutas (BARBOSA *et al.*, 2008; GODOY *et al.*, 2011b; MIDGARDEN *et al.*, 2016; NASCIMENTO; CARVALHO, 2000; SILVA *et al.*, 2004; VAYSSIÈRES; SINZOGAN; ABANDONON, 2008). Neste contexto, o total de frutos coletados e destruídos foi bastante elevado (219.447 kg) ao longo do período de 2015 a 2019. Em Laranjal do Jari, o montante (187.329 kg) foi bastante superior ao coletado em Vitória do Jari (4.173 kg) e em Mazagão (27.945 kg). Deve-se considerar que a área de Vitória do Jari é menor que a dos demais municípios estudados, além do fato de haver poucas espécies vegetais disponíveis para coletar frutos no município.

Ocorre que nas ações executadas pelo Subprograma de Supressão com vistas à Erradicação de *Bactrocera carambolae* não são discriminadas as espécies vegetais das quais os frutos são coletados para posteriormente serem destruídos. Embora sejam coletados frutos considerados hospedeiros da praga e sua remoção e destruição tendem a reduzir a sua população, seria de muita utilidade contabilizar o total de quilogramas de frutos de cada espécie vegetal hospedeira.

Nos anos recentes, as pesquisas avançaram, sendo reportadas 26 espécies vegetais hospedeiras da praga no Brasil, todos os registros feitos no estado do Amapá (ADAIME *et al.*, 2016; BELO *et al.*, 2020). No país, até o momento, a biologia da praga foi estudada em frutos de *Averrhoa carambola* L., *Eugenia stipitata* (McVaugh), *Spondias mombin* L., *Psidium guajava* L. (CASTILHO *et al.*, 2019),

Malpighia emarginata DC. e *Vitis vinifera* L. (PASINATO *et al.*, 2019). Porém, é importante que a comunidade científica direcione esforços no sentido de estudar a preferência de *B. carambolae* por frutos de algumas espécies vegetais hospedeiras em cada época do ano. Isso poderia auxiliar no direcionamento das ações de controle da praga para as espécies vegetais preferidas pelo inseto.

Algo importante a considerar é que, imediatamente após o primeiro foco da praga no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, Pará, em 2007, um Plano Emergencial de Erradicação da Mosca-da-carambola no Vale do Jari foi implementado, assegurando a eliminação da praga em 2008. Além da coleta e destruição das carambolas existentes na área, hospedeiro primário da praga, que objetivava minimizar a sua proliferação, interrompendo o seu ciclo biológico e eliminando a fonte de reprodução, foi procedida a remoção de 936 caramboleiras no Vale do Jari, no período de de 2007 a 2010 (GODOY *et al.*, 2011b). Com a aplicação desta técnica, embora seja de se esperar uma redução da população da praga, é importante considerar que se trata de uma praga polífaga (ADAIME *et al.*, 2016; PASINATO *et al.*, 2019; SAUERS-MÜLLER, 2005; SILVA *et al.*, 2004). Atualmente, no Amapá, além de carambola, a praga infesta especialmente goiaba, jambo-vermelho e acerola (R. Adaime, comunicação pessoal). Especificamente sobre a goiabeira, Sousa *et al.* (2019) concluíram que a espécie vegetal, seja quando cultivada ou quando cresce espontaneamente em quintais urbanos ou rurais e em beira de estradas, exerce papel importante na manutenção e expansão da população de *B. carambolae*. No entanto, há aproximadamente 15 anos, quando da eliminação de significativa quantidade de caramboleiras no Vale do Jari, pouco se sabia sobre a bioecologia da mosca-da-carambola no Brasil, então fazia sentido eliminar o maior número possível de plantas do hospedeiro preferencial. Relevante também é considerar que a eliminação de plantas de quintais residenciais e propriedades rurais é uma medida impopular. Atualmente, após a confirmação de várias espécies vegetais hospedeiras da praga no Amapá, a aplicação da medida não seria recomendável, pois surtiria pouco efeito na redução da sua população.

Figura 8 - Frutos coletados e destruídos no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

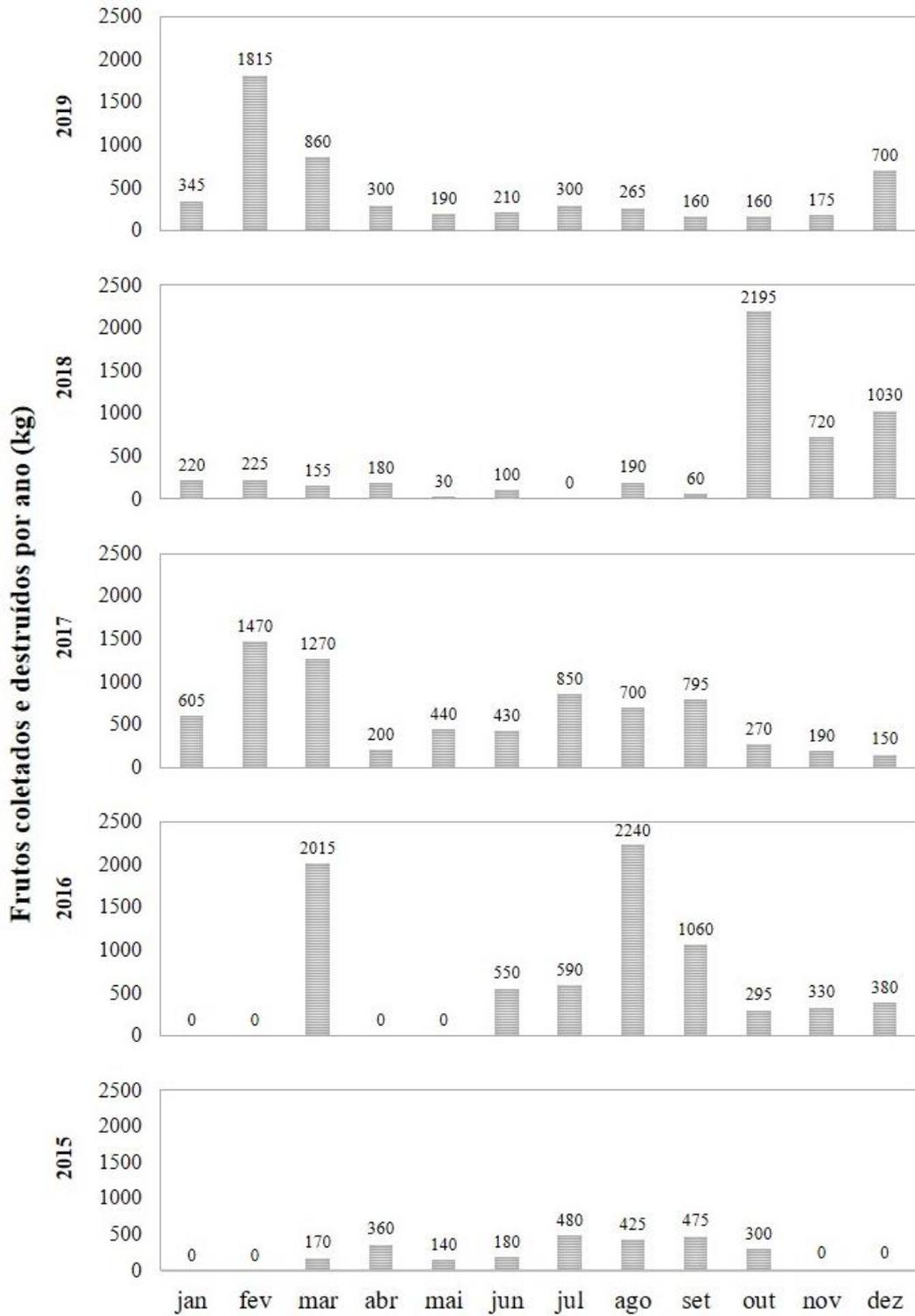


Figura 9 - Frutos coletados e destruídos no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

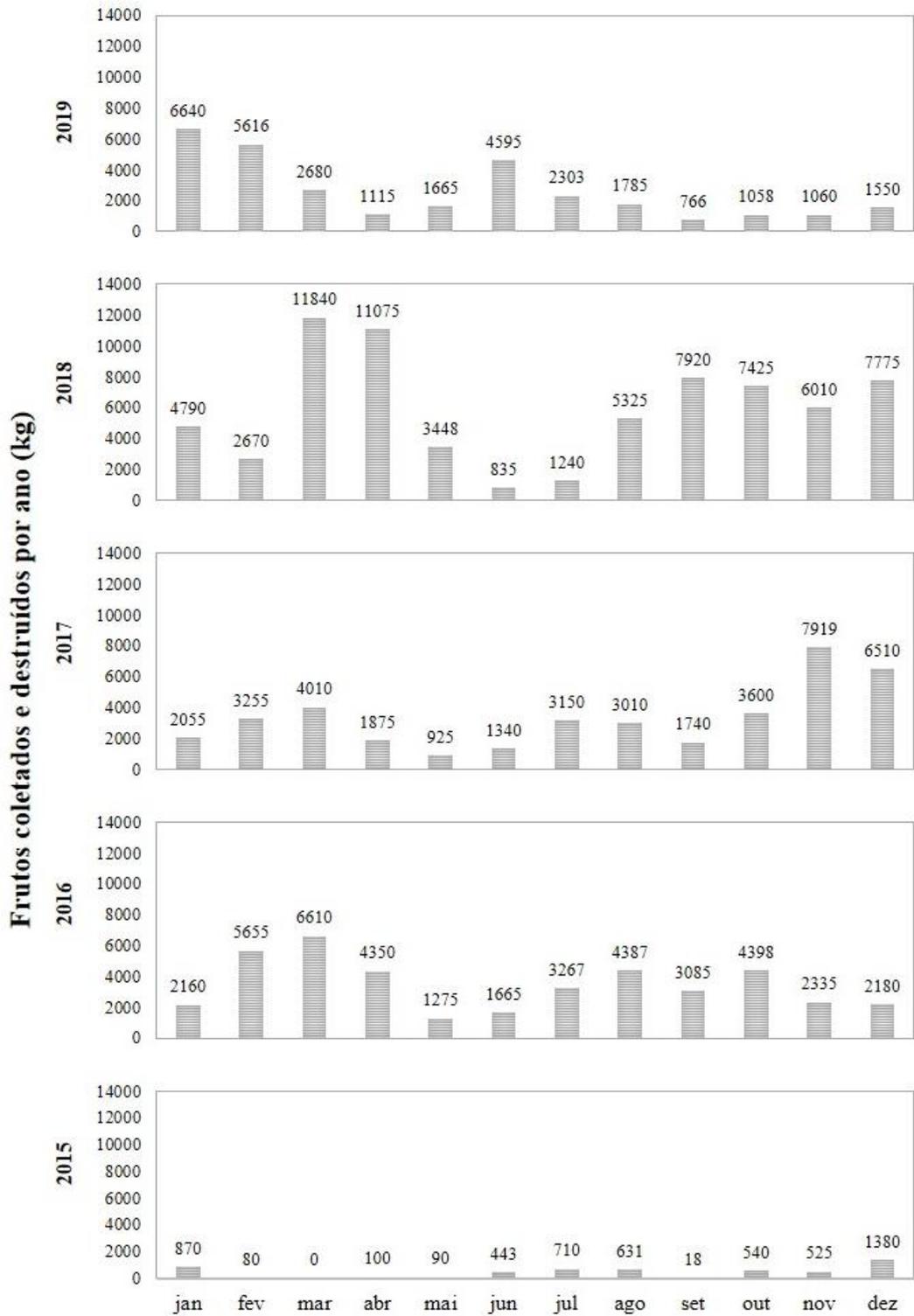
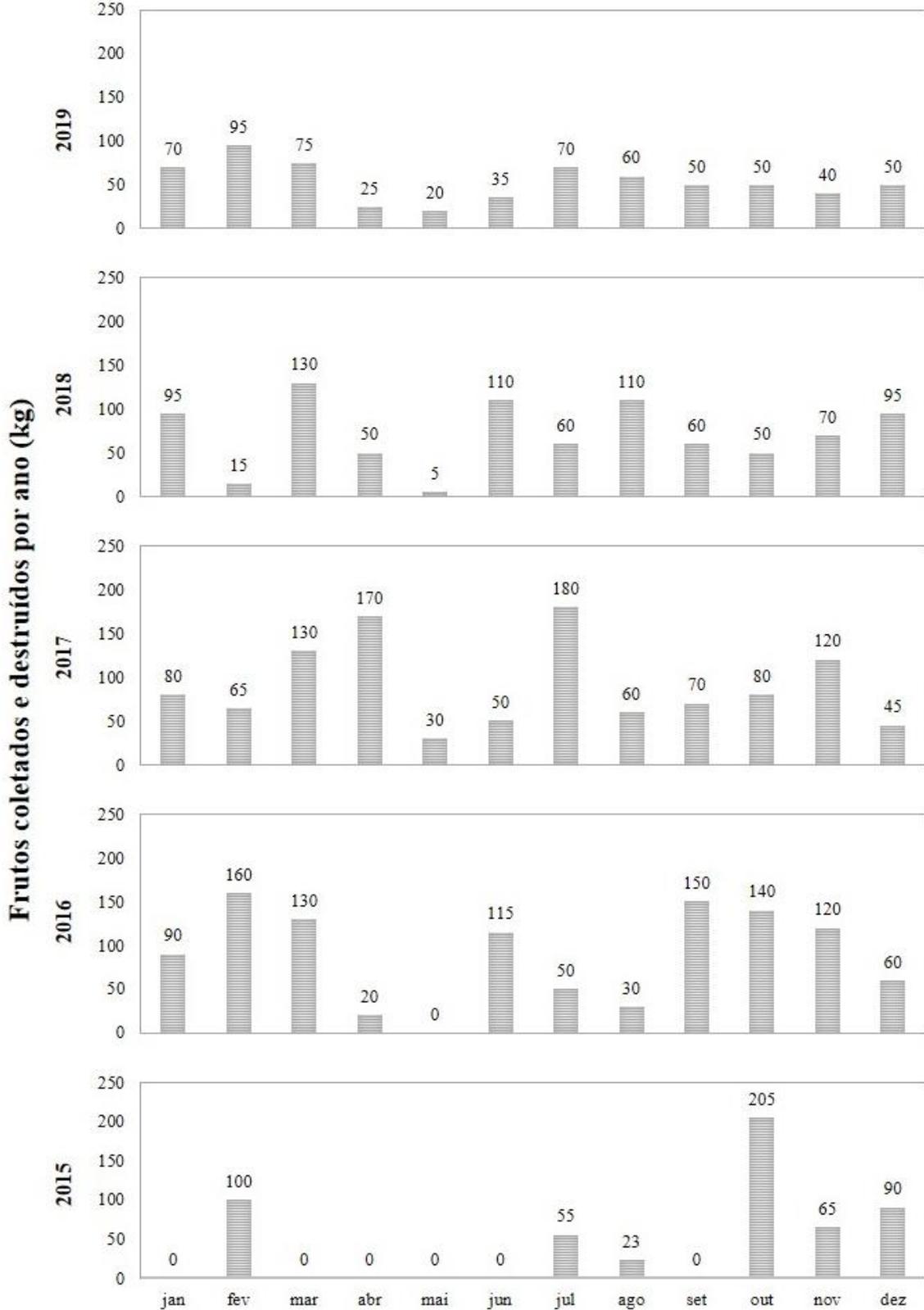


Figura 10 - Frutos coletados e destruídos no município de Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.



3.3.1.2 Técnica de Aniquilamento de Machos – TAM

Em Mazagão, foram lançados 48.280 blocos de aglomerado impregnados com Eugenol-metílico e inseticida fosforado, sendo 1.980 blocos em 2015, 11.800 blocos em 2016, 22.000 blocos em 2017, 3.600 blocos em 2018 e 8.900 blocos em 2019 (Figura 11). A distribuição mais uniforme e intensa de blocos foi realizada em 2017, diferentemente do ocorrido nos demais anos de estudo.

Em Laranjal do Jari, foram distribuídos 67.220 blocos, sendo 10.130 blocos em 2015, 13.400 blocos em 2016, 27.200 blocos em 2017, 6.800 blocos em 2018 e 9.690 blocos em 2019 (Figura 12). De forma semelhante ao ocorrido em Mazagão, no ano de 2017 o esforço para distribuição dos blocos em campo foi mais intenso. Particularmente nesse ano, houve uma padronização no número de blocos distribuídos (3.400 unidades) em sete dos nove meses em que houve a aplicação da técnica.

Em Vitória de Jari, somente houve lançamento de blocos em campo no ano de 2019, ainda assim, concentrados no segundo semestre, sendo distribuídos, de forma padronizada, 400 blocos por mês (Figura 13).

Ainda que tenham sido lançadas quantidades significativas de blocos de aglomerado impregnados com metil eugenol e inseticida nos municípios estudados (Figuras 11, 12 e 13), chama a atenção a desuniformidade no uso da técnica. Isso é relevante porque, para o melhor funcionamento, os blocos contaminados precisam ser distribuídos no espaço e no tempo de forma a garantir que a maioria dos machos sejam expostos ao atrativo e ao inseticida (MIDGARDEN *et al.*, 2016). Por exemplo, em Mazagão, do total de 48.280 blocos, 45,5% foram lançados em apenas um ano (2017) e o restante foi distribuído ao longo dos demais anos de estudo. Algo semelhante ocorreu em Laranjal do Jari, pois dos 67.220 blocos, 40,5% foram lançados no ano de 2017. Em Vitória de Jari, a discrepância foi ainda maior, pois somente houve distribuição de blocos em 2019, todos no segundo semestre. Ressalta-se que o lançamento desuniforme de blocos nos municípios estudados pode ter prejudicado a redução populacional da mosca-da-carambola.

Em atividades de erradicação da mosca-da-carambola no Vale do Jari, composto pelos municípios de Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá, e o distrito de Monte Dourado, em Almeirim, estado do Pará, Godoy *et al.* (2011b) verificaram que a TAM, associada com a pulverização de isca tóxica, proporcionou queda significativa da densidade populacional da praga. No entanto, os autores ressaltaram que é crucial para o sucesso desse tratamento que os blocos sejam aplicados em intervalos regulares, de forma ininterrupta, em área ampla.

Figura 11 - Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

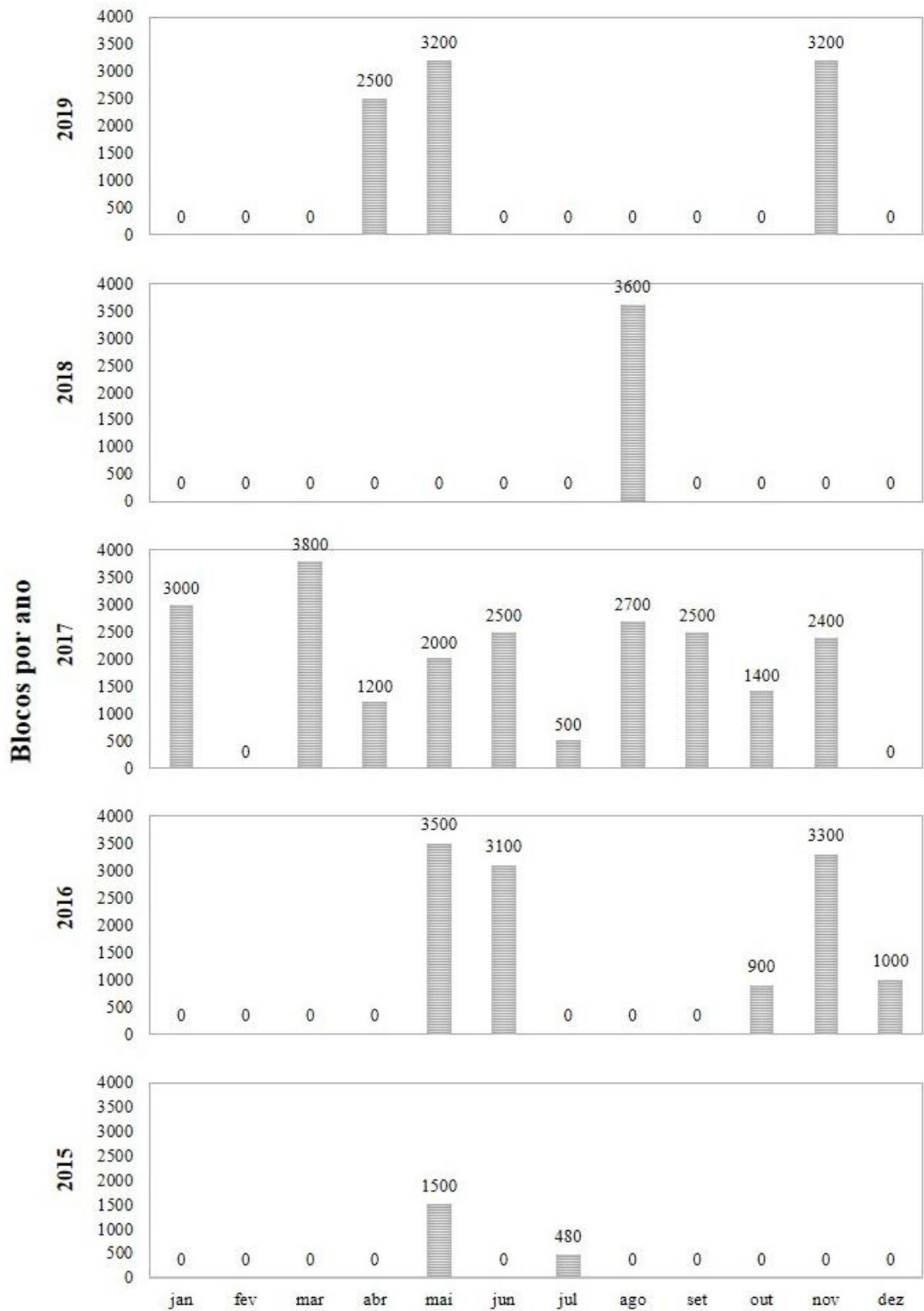


Figura 12 - Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

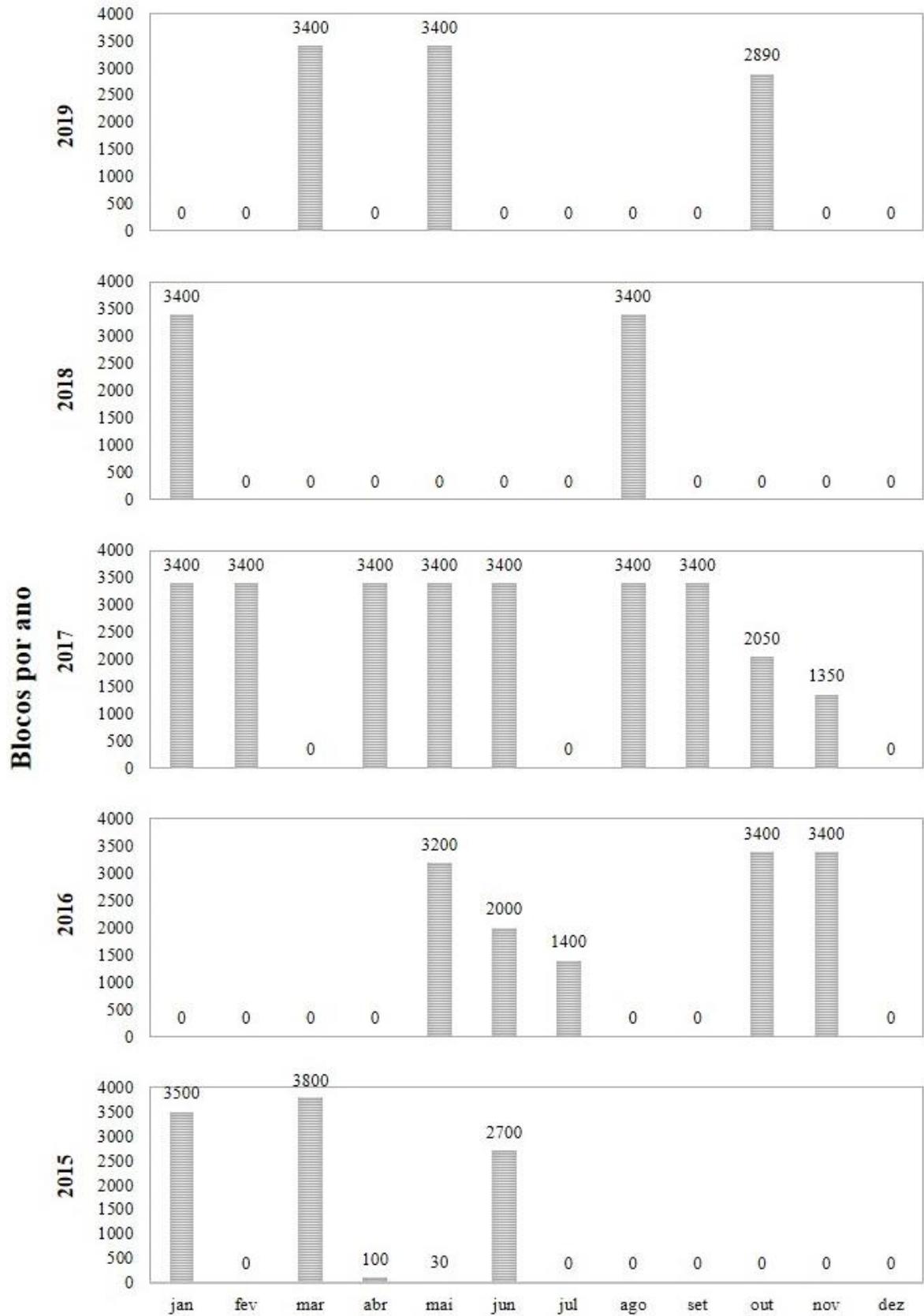
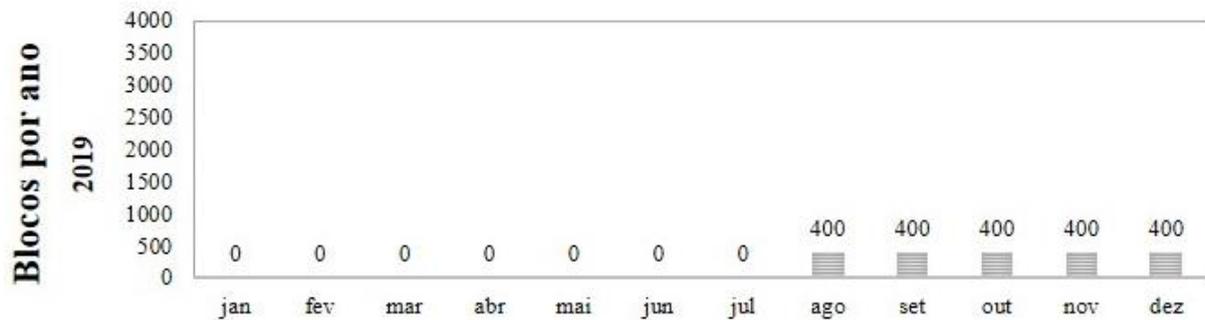


Figura 13 - Técnica de Aniquilamento de Machos - TAM no município de Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.



3.3.1.3 Pulverização de isca tóxica

Ao longo do período de estudo, em Mazagão foram pulverizadas 922.852 plantas hospedeiras da mosca-da-carambola, sendo 244.777 em 2015, 159.405 em 2016, 144.570 em 2017, 164.100 em 2018 e 210.000 em 2019 (Figura 14). O único mês em que não houve aplicação da técnica foi julho de 2018.

Em Laranjal do Jari, foram pulverizadas 1.957.847 plantas, sendo 270.048 em 2015, 373.998 em 2016, 409.856 em 2017, 436.131 em 2018 e 467.814 em 2019 (Figura 15). A aplicação da técnica foi bem distribuída ao longo dos meses de todo o período de estudo.

Em Vitória do Jari, foram pulverizadas 100.950 plantas, sendo 9.000 em 2016, 24.000 em 2017, 34.800 em 2018 e 33.150 em 2019 (Figura 16). Não houve pulverização de janeiro de 2015 a janeiro de 2016. A aplicação da técnica em 2016 foi inferior aos anos seguintes, nos quais houve uma padronização no número de plantas pulverizadas.

É reconhecido que a pulverização de isca tóxica proporciona redução significativa da densidade populacional da mosca-da-carambola (GODOY *et al.*, 2011b), pois as moscas-das-frutas adultas (machos e fêmeas) são atraídas e consomem a isca, depois morrem devido à atuação do inseticida (USDA, 1989). Por isso, é importante aplicar a isca tóxica em áreas em que a população de *B. caramboale* esteja alta ou persistente, especialmente onde frutas infestadas possam ser encontradas (MIDGARDEN *et al.*, 2016).

Ao analisar os resultados deste trabalho, verifica-se que o número de plantas pulverizadas em Laranjal do Jari (1.957.847) foi muito superior ao total pulverizado em Mazagão (922.852) e Vitória do Jari (100.950). Também em Laranjal do Jari houve maior uniformidade no número de plantas pulverizadas ao longo de cada um dos anos de estudo (Figura 15) em relação a Mazagão (Figura 14) e Vitória do Jari (Figura 16).

No Amapá, o período chuvoso possui longa duração, tendo início em dezembro, com pico de chuvas no mês de março, sendo que a precipitação permanece acima de 60 mm até o mês de agosto (VILHENA; LIMA E SILVA; FREITAS, 2018). Embora a isca tóxica seja empregada em poucas

plantas e em apenas uma pequena área da sua copa, o uso em condições de elevada precipitação pluviométrica deve ser muito criterioso, para evitar contaminação ambiental e intoxicação humana.

Figura 14 - Plantas pulverizadas com isca tóxica no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

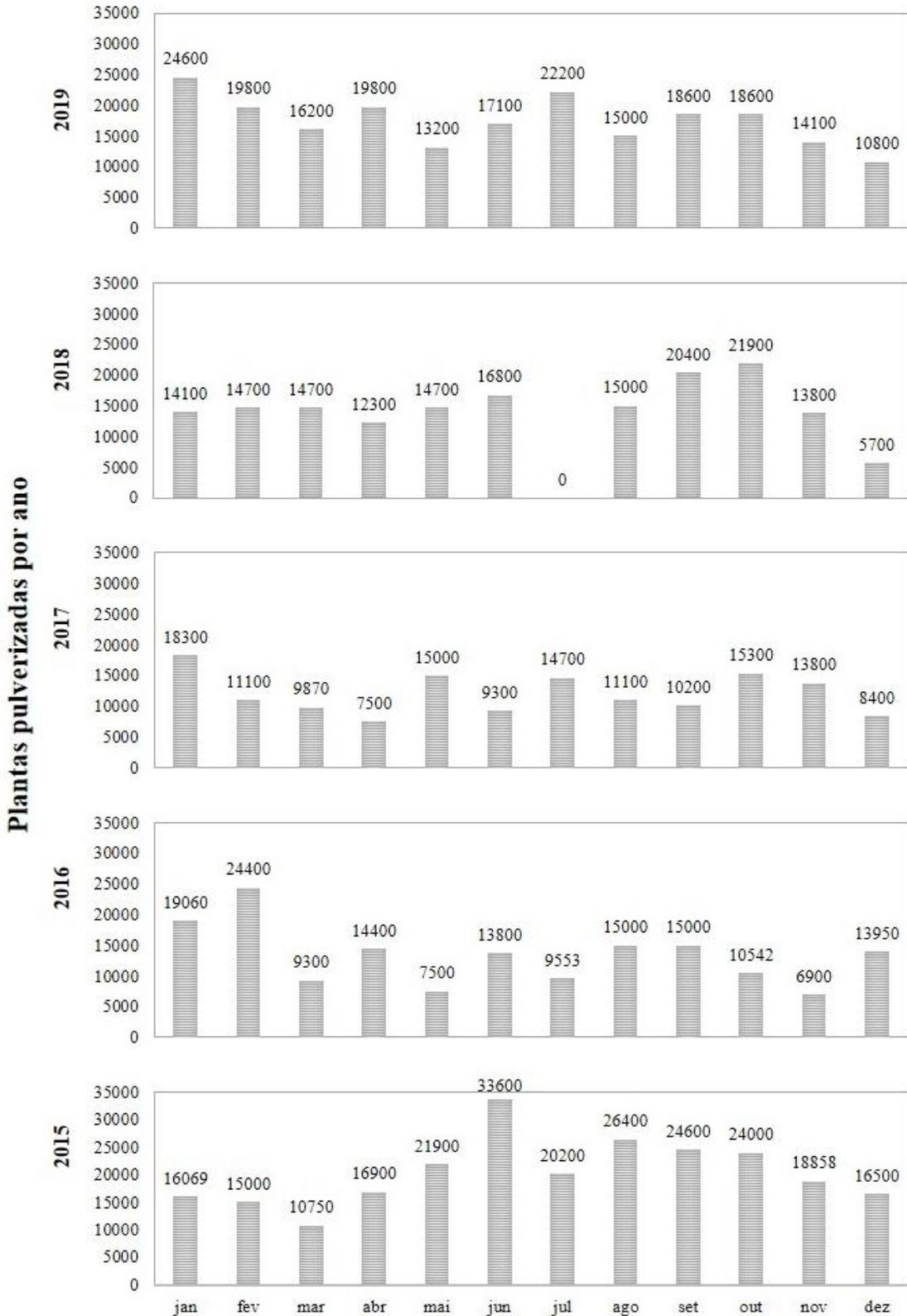
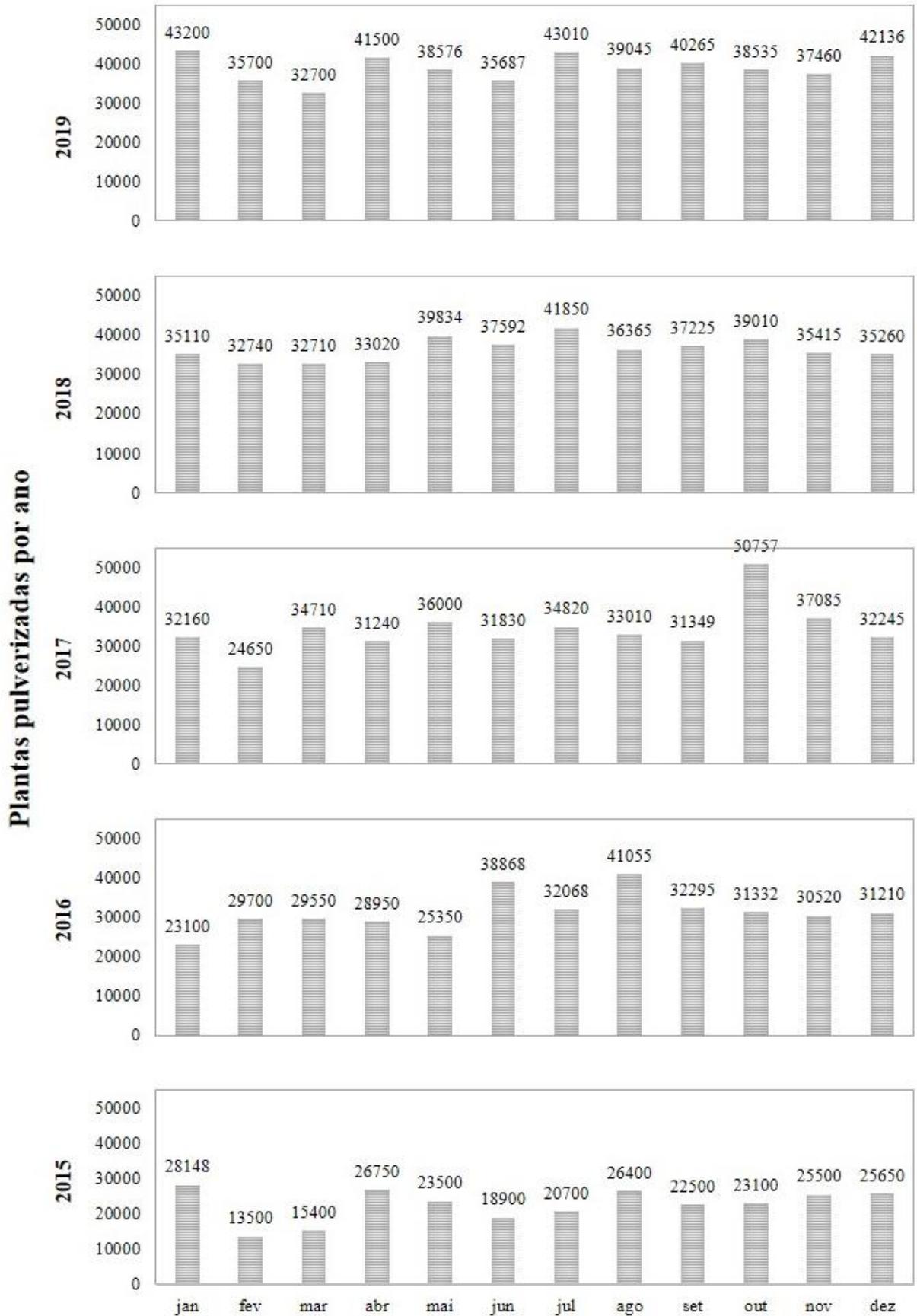


Figura 15 - Plantas pulverizadas com isca tóxica no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.



3.3.2 Monitoramento de adultos de *Bactrocera carambolae*

No município de Mazagão, a população total de *B. carambolae* capturada nas armadilhas tipo Jackson e McPhail foi mais elevada nos anos de 2015 e 2016, em relação ao restante do período de coleta (Figura 17). Em 2015, houve dois picos populacionais, um em fevereiro, com 683 espécimes, e outro em abril, com 1.845 espécimes, permanecendo até maio; em junho houve um decréscimo na população da praga, ficando em níveis estáveis até o mês de setembro, havendo queda acentuada nos meses subsequentes (Figura 18). Em 2016, houve aumento progressivo da população de *B. carambolae* a partir de janeiro, ocorrendo pico em abril (960 espécimes), queda posterior até julho e novamente ocorrendo um pico em agosto (658) e queda acentuada nos meses seguintes. Durante os anos de estudo, as armadilhas tipo McPhail capturaram mais espécimes (6.661) que as armadilhas tipo Jackson (5.394).

De forma análoga ao que ocorreu em Mazagão, no município de Laranjal do Jari a população total de *B. carambolae* capturada nas armadilhas tipo Jackson e McPhail também foi mais elevada nos anos de 2015 e 2016 (Figura 20). No ano de 2015, houve um alto pico populacional em abril (2.826 espécimes) e outros dois pequenos, sendo um fevereiro (772) e outro em agosto (661) (Figura 21). Em 2016, a população da praga aumentou progressivamente até o mês de abril (883 espécimes), ocorrendo decréscimo até junho, novo aumento em julho (743) e decréscimo progressivo nos meses seguintes. A exemplo do que aconteceu em Mazagão, as armadilhas tipo McPhail capturaram mais exemplares (637) do que as armadilhas tipo Jackson (347).

Para os municípios de Mazagão e Laranjal do Jari as análises aditivas e multiplicativas indicaram uma forte tendência (trend) de queda na ocorrência de *B. carambolae* entre julho de 2015 a dezembro de 2017, a partir daí essa tendência de queda passou a se estabilizar (Figuras 19 e 22). Ainda, é possível observar a existência de um componente sazonal na série temporal com dois picos definidos, em meados de março e início de agosto.

Em Vitória do Jari, houve capturas de apenas um espécime em junho de 2015, cinco em julho do mesmo ano e dois em junho de 2017 (Figuras 23). Cada tipo de armadilha capturou quatro espécimes de *B. carambolae*.

Em Mazagão e Laranjal do Jari, a população total de *B. carambolae* em 2015 e em 2016 foi maior no primeiro semestre do ano, período chuvoso, em que há mais espécies vegetais em frutificação (SILVA *et al.*, 2004). Já em Vitória do Jari, não foi possível compreender o padrão de comportamento da população do inseto, visto que o montante capturado foi insignificante, seis espécimes em 2015 e dois em 2017 (Figura 23).

Analisando por tipo de armadilha, verificou-se que as armadilhas McPhail capturaram o maior número de espécimes em Mazagão (55,3% do total) e Laranjal do Jari (64,7% do total), provavelmente

pelo fato desse tipo de armadilha capturar tanto fêmeas quanto machos, o que não ocorre com as armadilhas Jackson, exclusiva para machos. No caso de Vitória do Jari, os dois tipos de armadilhas capturaram 50% dos espécimes cada um, mas o reduzido total capturado não permite fazer inferência segura.

Figura 17 - Série temporal de capturas de *Bactrocera carambolae* em armadilhas tipo Jackson e tipo McPhail no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

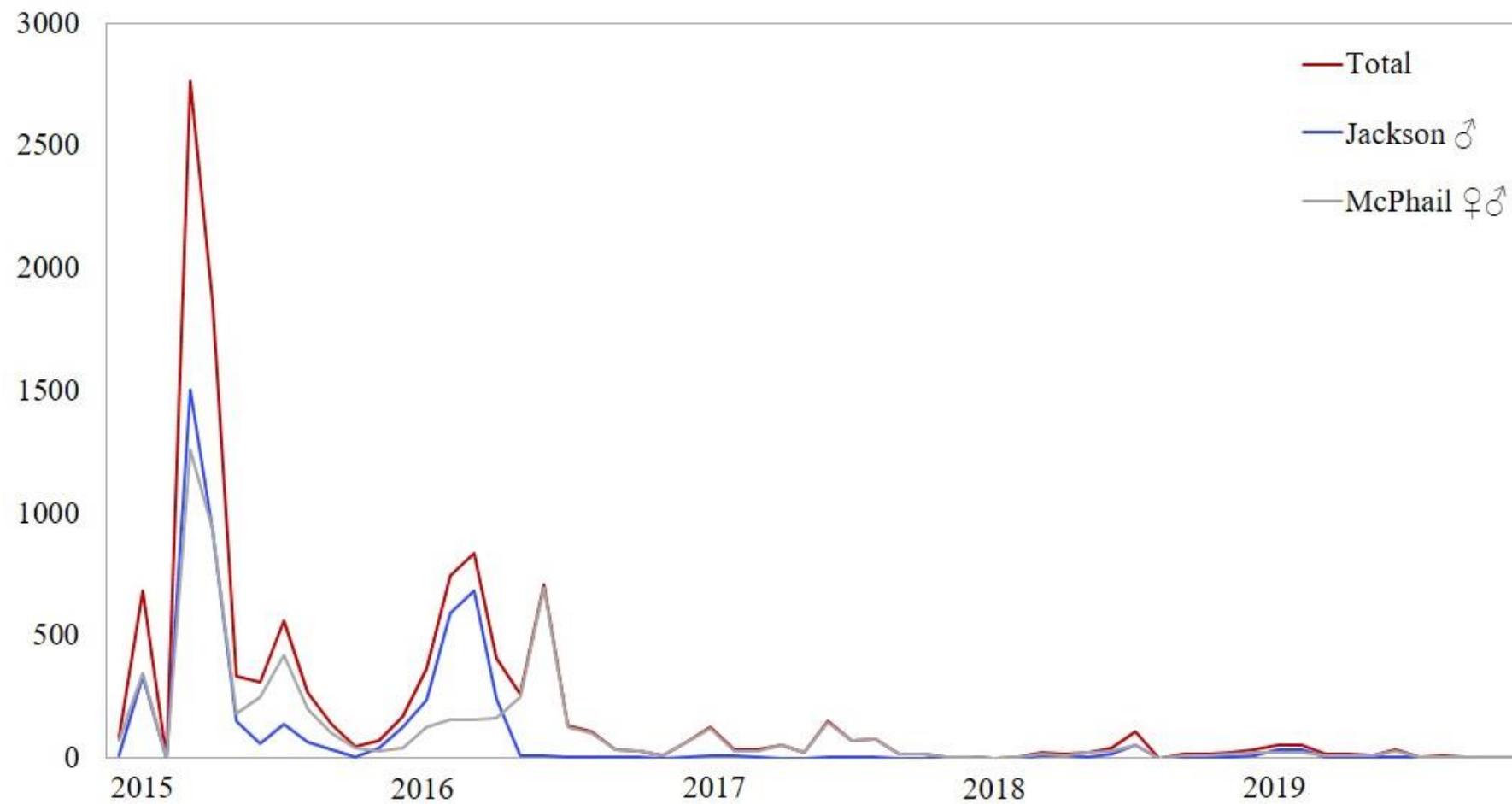


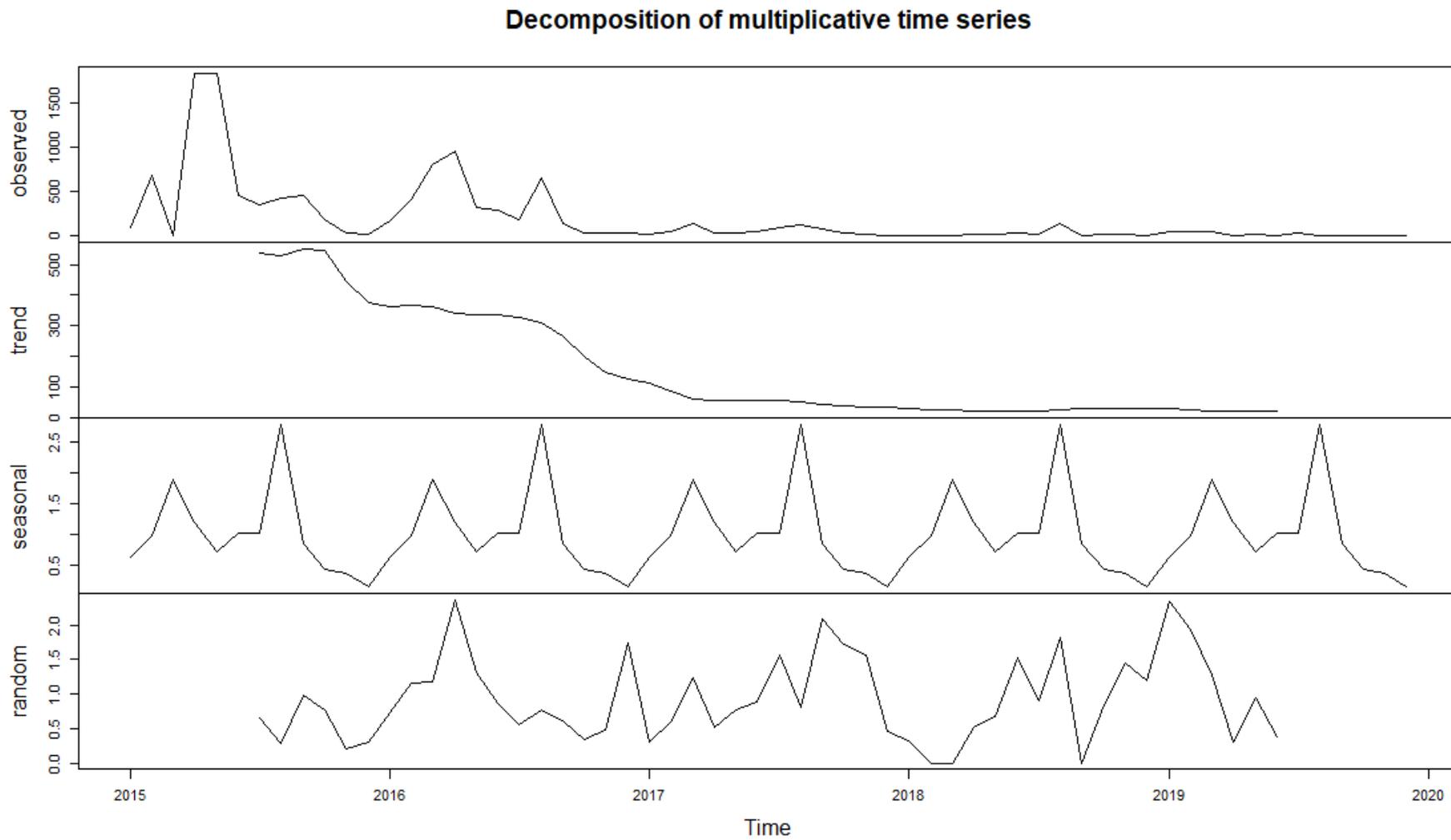
Figura 19 - Decomposição da série temporal de capturas de *Bactrocera carambolae* no município de Mazagão, estado do Amapá,.

Figura 20 - Série temporal de capturas de *Bactrocera carambolae* em armadilhas tipo Jackson e tipo McPhail no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

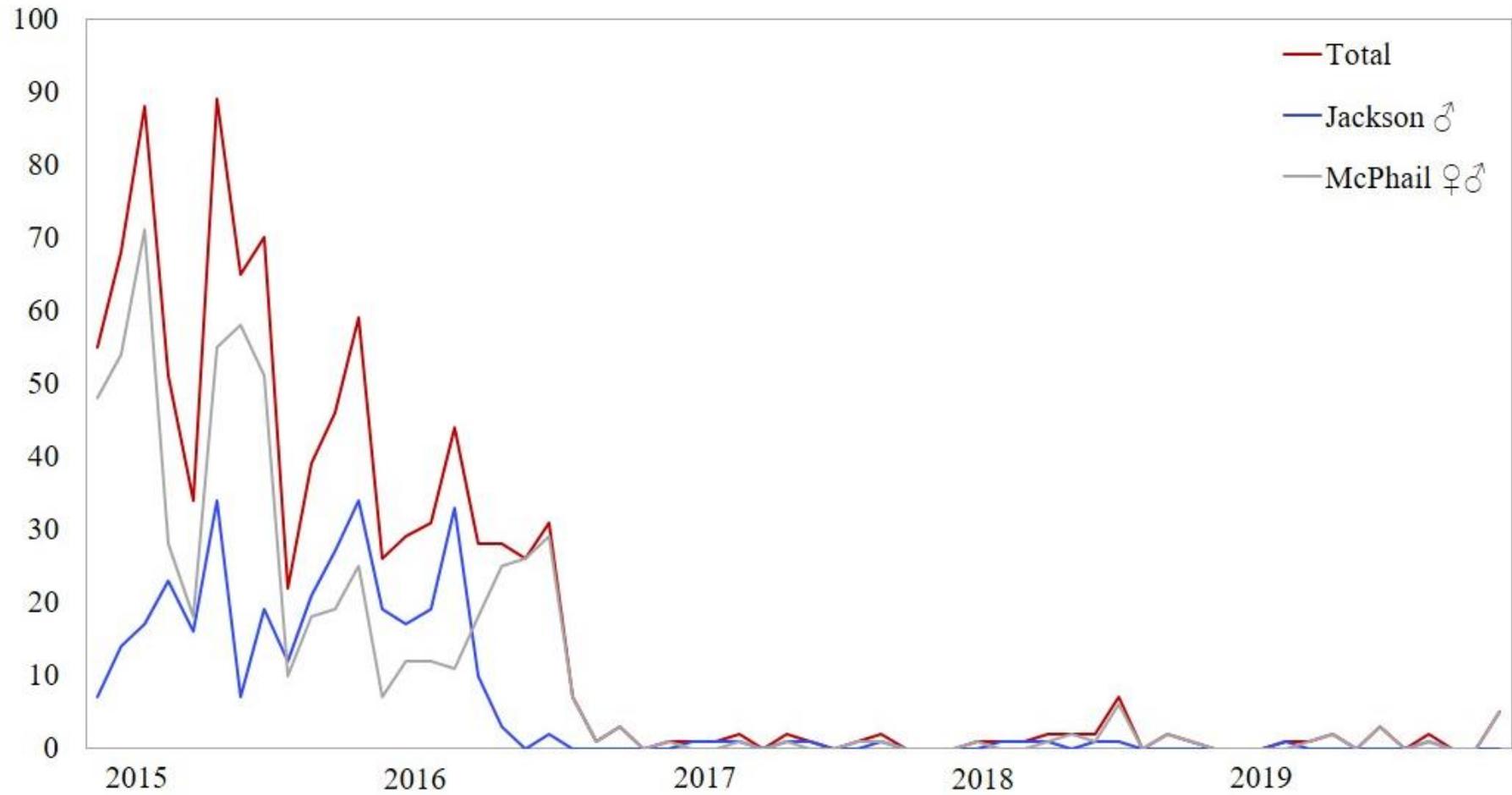


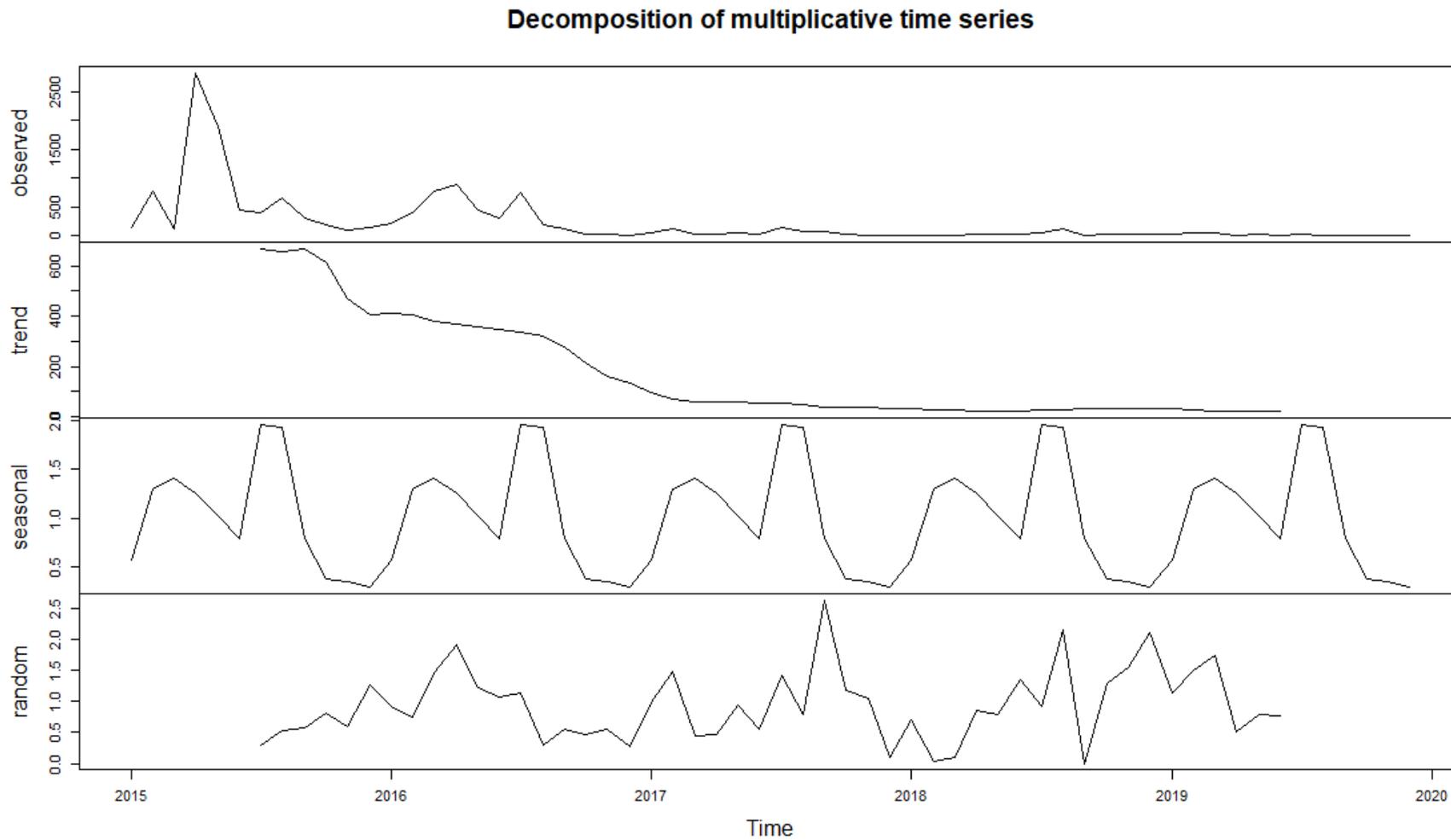
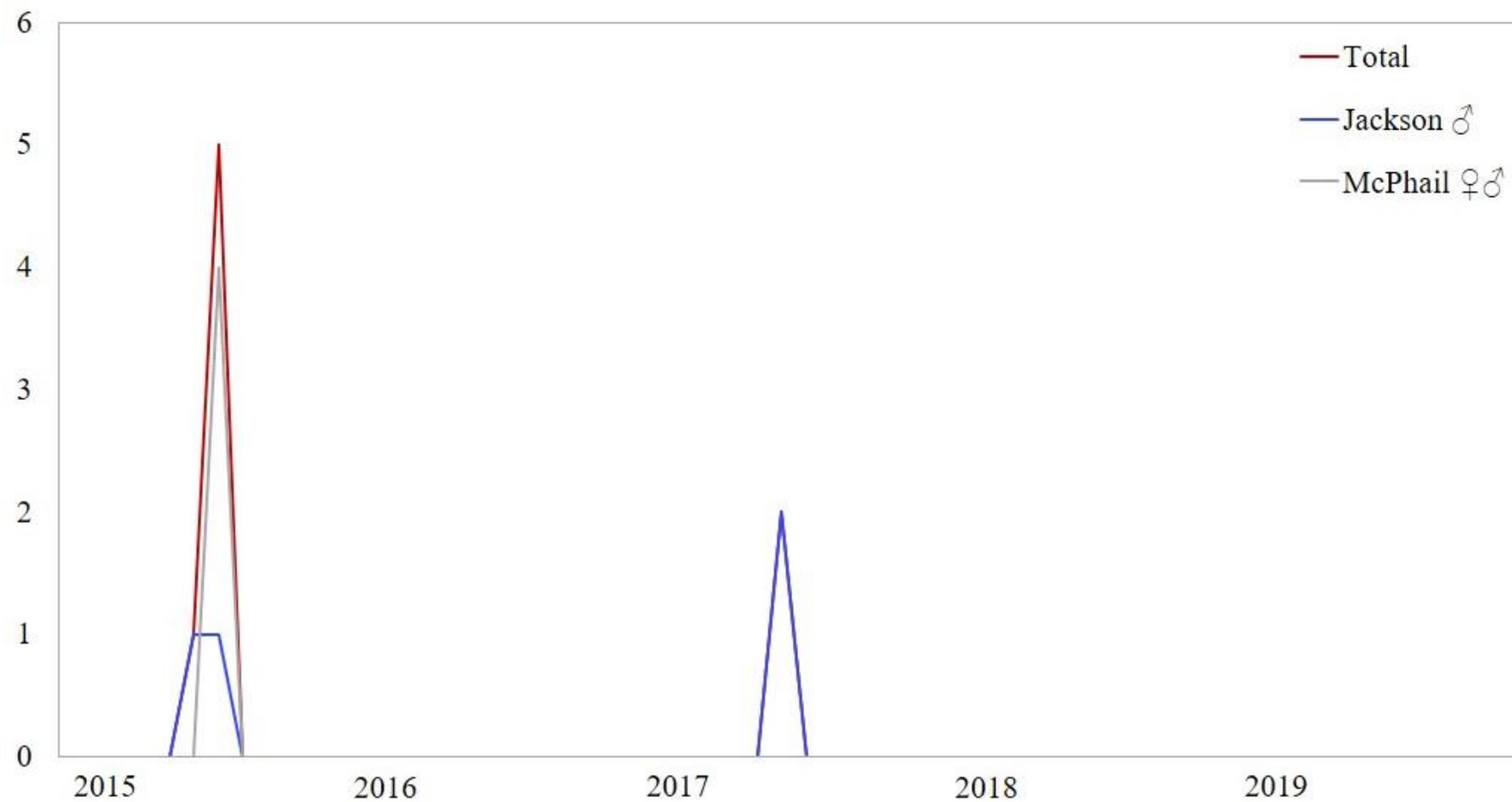
Figura 22 - Decomposição da série temporal de capturas de *Bactrocera carambolae* no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá,.

Figura 23 - Série temporal de capturas de *Bactrocera carambolae* em armadilhas tipo Jackson e tipo McPhail no município de Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.



3.3.3 Efeitos das ações de controle na ocorrência de *Bactrocera carambolae*

Os resultados dos testes de normalidade de Shapiro-Wilk constam na Tabela 2 e nas Figuras 24, 25 e 26.

Tabela 2 - Testes de normalidade referente aos dados dos municípios de Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot.

| | Mazagão | | Laranjal do Jari | | Vitória do Jari | |
|---------------------------------|--------------|----------|------------------|----------|-----------------|----------|
| | Shapiro-Wilk | p-value | Shapiro-Wilk | p-value | Shapiro-Wilk | p-value |
| Capturas | 0.98 | 1,30E-19 | 0.69 | 8,00E-15 | 0.13 | 0,00E+00 |
| Frutos coletados | 0.66 | 1,60E-15 | 0.83 | 2,00E-10 | 0.91 | 7,30E-07 |
| Frutos coletados acumulados | 0.921 | 2,06E-06 | 0.887 | 3,40E-08 | 0.92 | 1,77E-06 |
| TAM | 0.466 | 3,30E-19 | 0.499 | 1,10E-18 | 0.413 | 4,70E-20 |
| TAM acumulada | 0.863 | 2,80E-09 | 0.872 | 6,50E-09 | 0.865 | 3,30E-09 |
| Plantas pulverizadas | 0.98 | 8,40E-02 | 0.98 | 6,36E-02 | 0.9 | 1,17E-07 |
| Plantas pulverizadas acumuladas | 0.973 | 1,38E-02 | 0.943 | 5,30E-05 | 0.948 | 1,28E-04 |

Os testes de normalidade referentes aos dados do município de Mazagão denotam que a ocorrência (p-valor = $1,3 \times 10^{-19}$) (Figura 24A), os frutos coletados (p-valor = $1,6 \times 10^{-15}$) (Figura 24B), os frutos coletados acumulados (p-valor = $2,06 \times 10^{-6}$) (Figura 24C), a técnica de aniquilamento de machos (p-valor = $3,3 \times 10^{-19}$) (Figura 24D), a técnica de aniquilamento de machos acumulada (p-valor = $2,8 \times 10^{-9}$) (Figura 24E) e as plantas pulverizadas acumuladas (p-valor = 0,0138) (Figura 24G) não seguiram uma distribuição do tipo normal. Ademais, foram gerados os gráficos Q-Q plot que demonstram um distanciamento dos pontos em relação à reta teórica normal, para as variáveis supracitadas. Para as plantas pulverizadas, os dados seguem distribuição normal, apresentando um p-valor = 0,084 (Figura 24F) e uma proximidade dos dados em relação à reta teórica normal.

Os testes de normalidade referentes aos dados do município de Laranjal do Jari denotam que a ocorrência (p-valor = 8×10^{-15}) (Figura 25A), os frutos coletados (p-valor = 2×10^{-10}) (Figura 25B), os frutos coletados acumulados (p-valor = $3,4 \times 10^{-8}$) (Figura 25C), a técnica de aniquilamento de machos (p-valor = $1,1 \times 10^{-18}$) (Figura 25D), a técnica de aniquilamento de machos acumulada (p-valor = $6,5 \times 10^{-9}$) (Figura 25E) e as plantas pulverizadas acumuladas (p-valor = $5,3 \times 10^{-5}$) (Figura 25G) não seguiram uma distribuição do tipo normal. Ademais, foram gerados os gráficos Q-Q plot que demonstram um distanciamento dos pontos em relação à reta teórica normal, para as variáveis supracitadas. Para as plantas pulverizadas os dados seguem distribuição normal apresentando um p-valor = 0,0636 (Figura 25F) e uma proximidade dos dados em relação à reta teórica normal.

Os testes de normalidade referentes aos dados do município de Vitória do Jari denotam que a ocorrência (p-valor = 0) (Figura 26A), os frutos coletados (p-valor = $7,3 \times 10^{-7}$) (Figura 26B), os frutos

coletados acumulados (p-valor = $1,77 \times 10^{-9}$) (Figura 26C), a técnica de aniquilamento de machos (p-valor = $4,7 \times 10^{-20}$) (Figura 26D), a técnica de aniquilamento de machos acumulada (p-valor = $3,3 \times 10^{-9}$) (Figura 26E), as plantas pulverizadas (p-valor = $1,17 \times 10^{-7}$) (Figura 26F) e as plantas pulverizadas acumuladas (p-valor = $1,3 \times 10^{-4}$) (Figura 26G) não seguiram uma distribuição do tipo normal. Ademais, os gráficos Q-Q plot demonstram um distanciamento dos pontos em relação à reta teórica normal, para as todas as variáveis.

Figura 24 - Teste de normalidade referente aos dados de captura (A), frutos coletados (B), frutos coletados acumulados (C), TAM (D), TAM acumulada (E), plantas pulverizadas (F) e plantas pulverizadas acumuladas (G) no município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot.

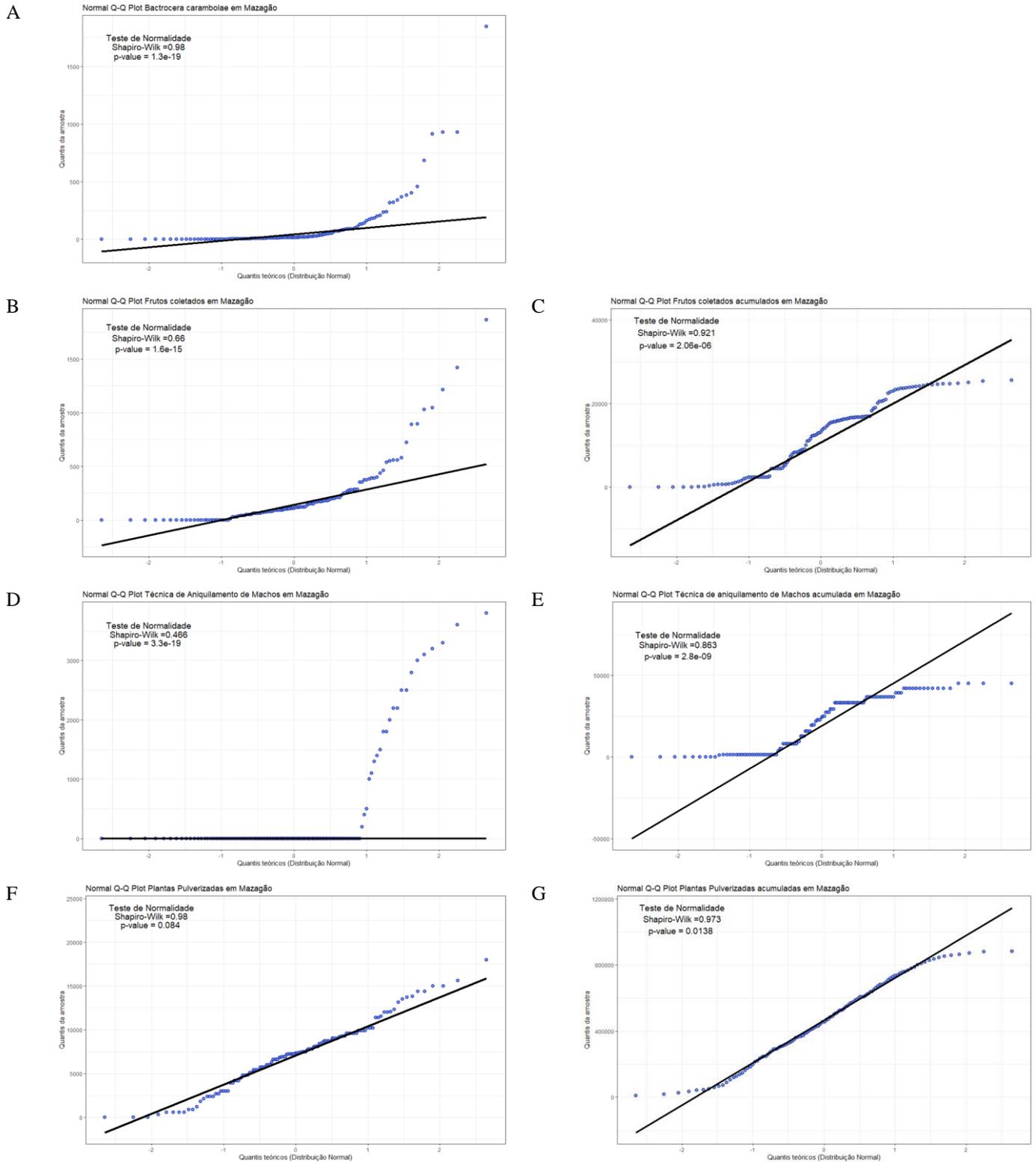


Figura 25 - Teste de normalidade referente aos dados de captura (A), frutos coletados (B), frutos coletados acumulados (C), TAM (D), TAM acumulada (E), plantas pulverizadas (F) e plantas pulverizadas acumuladas (G) no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot.

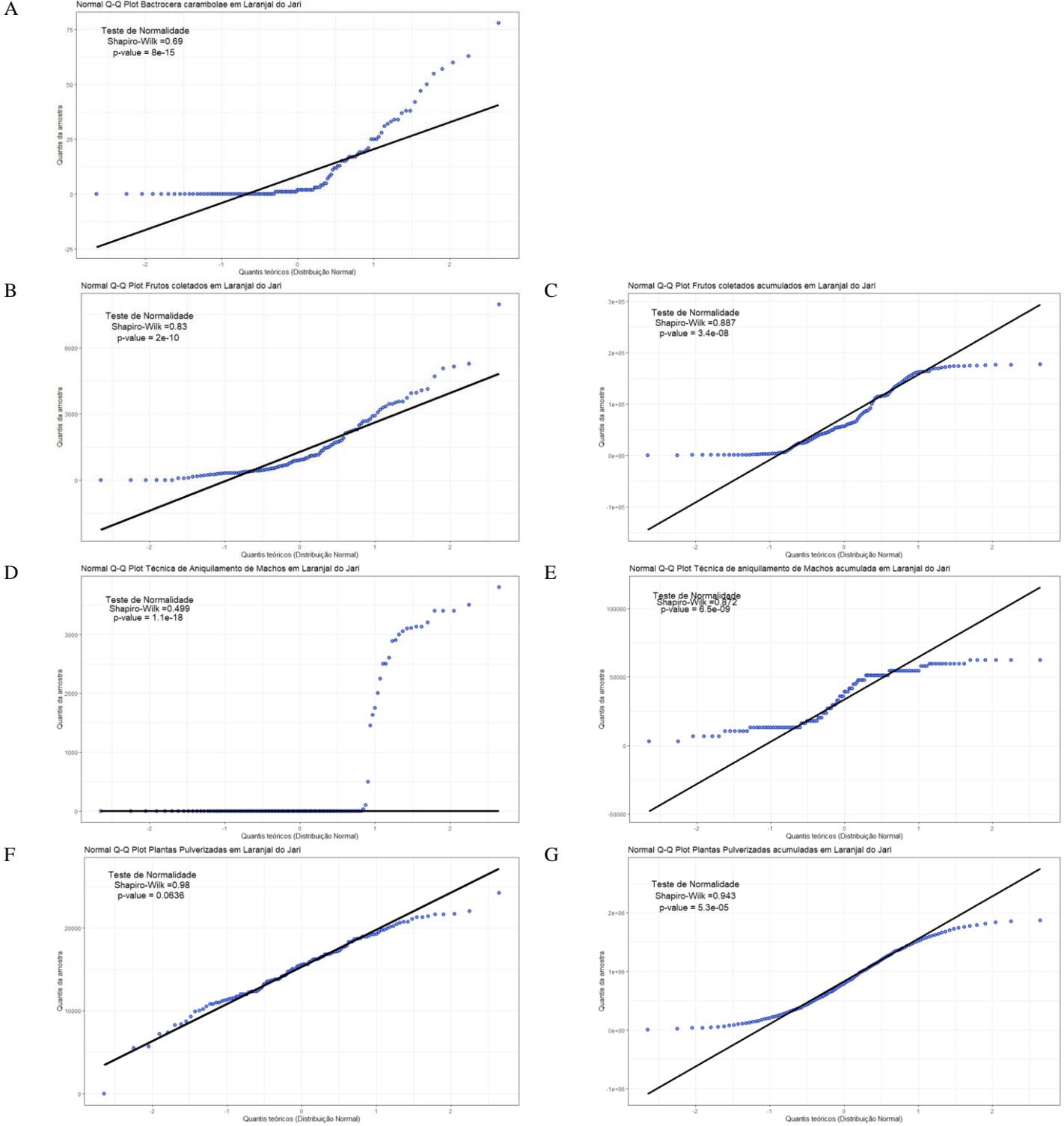
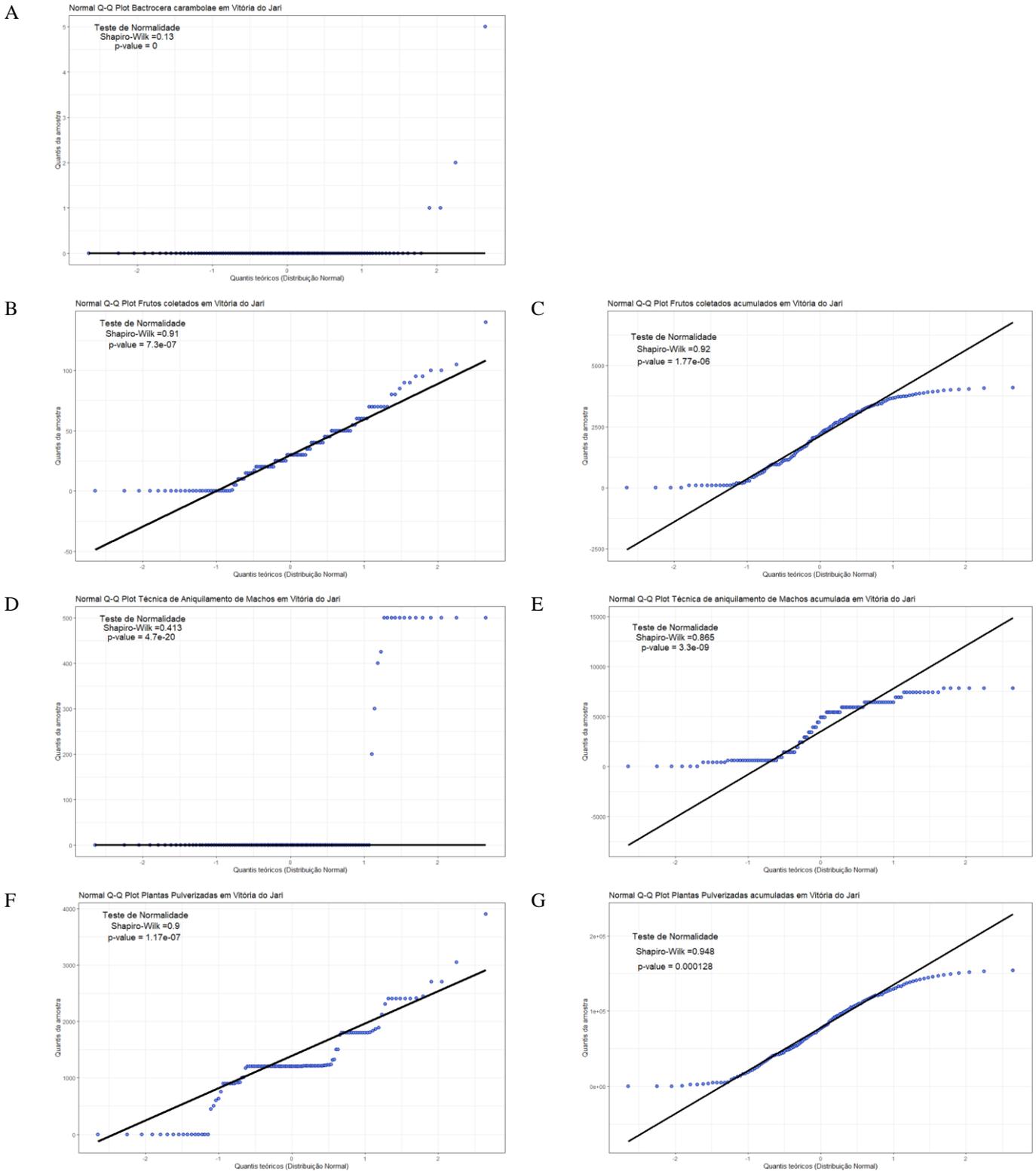


Figura 26 - Teste de normalidade referente aos dados de captura (A), frutos coletados (B), frutos coletados acumulados (C), TAM (D), TAM acumulada (E), plantas pulverizadas (F) e plantas pulverizadas acumuladas (G) no município de Vitória do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot.



Os dados das capturas de *B. carambolae* e das ações de controle não aderiram à distribuição normal, conforme evidenciado pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk e pelos gráficos Q-Q plot. Portanto, foi utilizada a correlação pelo método não paramétrico de Spearman (SPEARMAN, 1904) e os GLMs com distribuição binomial negativa (SOARES *et al.*, 2023).

Na Tabela 3 estão indicados os resultados para o GLM do município de Mazagão aos 10 e 25 dias e por tipo de armadilha. Foi observada uma relação positiva e significativa entre a realização de coleta de frutos aos 10 dias e entre a pulverização de hospedeiros aos 25 dias na ocorrência de *B. carambolae* nas armadilhas do tipo McPhail. Os GLM para as armadilhas Jackson aos 10 e 25 dias não foram significativos para nenhuma das variáveis.

Tabela 3 - Resultados dos Modelos Lineares Generalizados avaliando o efeito das ações de controle (10 e 25 dias antecedentes) na ocorrência de *Bactrocera carambolae* por tipo de armadilhas Jackson e McPhail, no período de 2015 a 2019, no município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil.

| Período Tipo de Armadilha | 10 dias | | | | 25 dias | | | |
|---------------------------------|-------------------------|---------|------------------------|----------|--------------------------|---------|------------------------|---------|
| | Jackson | | McPhail | | Jackson | | McPhail | |
| | Estimativa ± SEM | z-valor | Estimativa ± SEM | z-valor | Estimativa ± SEM | z-valor | Estimativa ± SEM | z-valor |
| Intercepto | 2,80e+00 ± 5,08e-01 | 5,50*** | 2,83e+00 ± 3,46e-01 | 8,18 *** | 3,39e+00 ± 8,35e-01 | 4,06*** | 2,94e+00 ± 5,57e-01 | 5,28*** |
| Coleta de Frutos (kg) | -6,92e-04 ± 9,38e-04 | -0,74 | 1,41e-03 ± 6,37e-04 | 2,21* | -1,673e-04 ± 5,35e-04 | -0,30 | 6,95e-04 ± 3,68e-04 | 1,89 |
| Pulverização (plantas) | 1,00e-04 ± 7,70e-05 | 1,31 | 7,08e-05 ± 5,24e-05 | 1,35 | 6,84e-05 ± 2,39e-04 | 0,29 | 8,77e-05 ± 3,57e-05 | 2,46* |
| TAM (unid.) | 2,99e-04 ± 3,26e-04 | 0,92 | 3,55e-04 ± 2,22e-04 | 1,60 | 1,201e-04 ± 1,73e-04 | 1,20 | 6,31e-05 ± 1,59e-04 | 0,40 |
| AIC | 977,02 | | 1382,8 | | 584,62 | | 746,84 | |

Nível de significância: “****” P < 0; “**” P < 0,05; “.” P < 0,1.

Nas Figuras 27 e 28 estão indicados os gráficos dos efeitos marginais positivos de cada variável dos modelos ajustados que se apresentaram significativos.

Figura 27 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas do tipo McPhail aos 10 dias para o município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

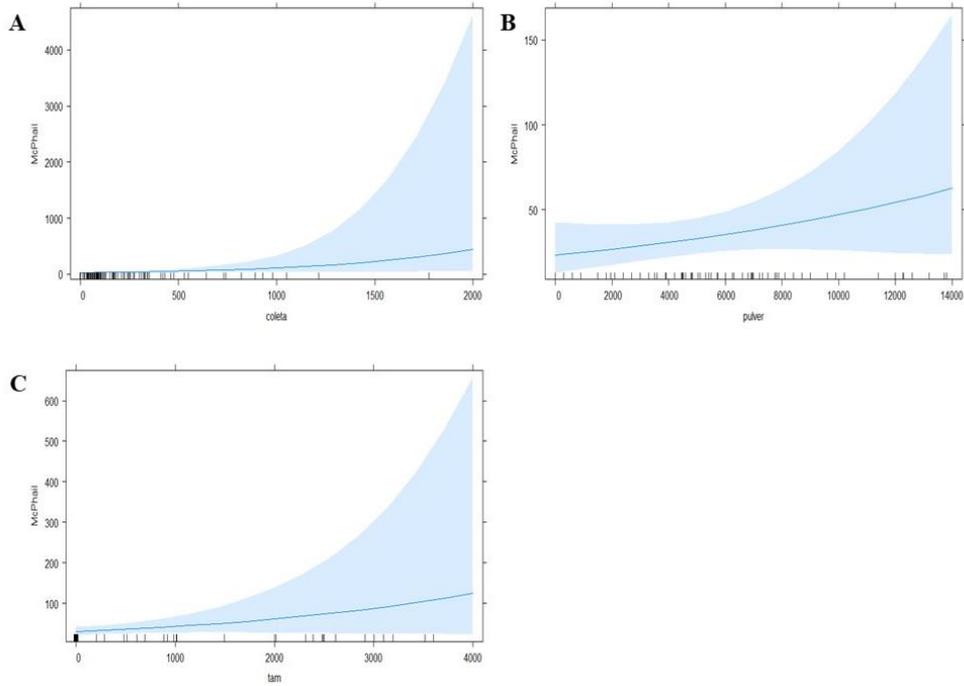
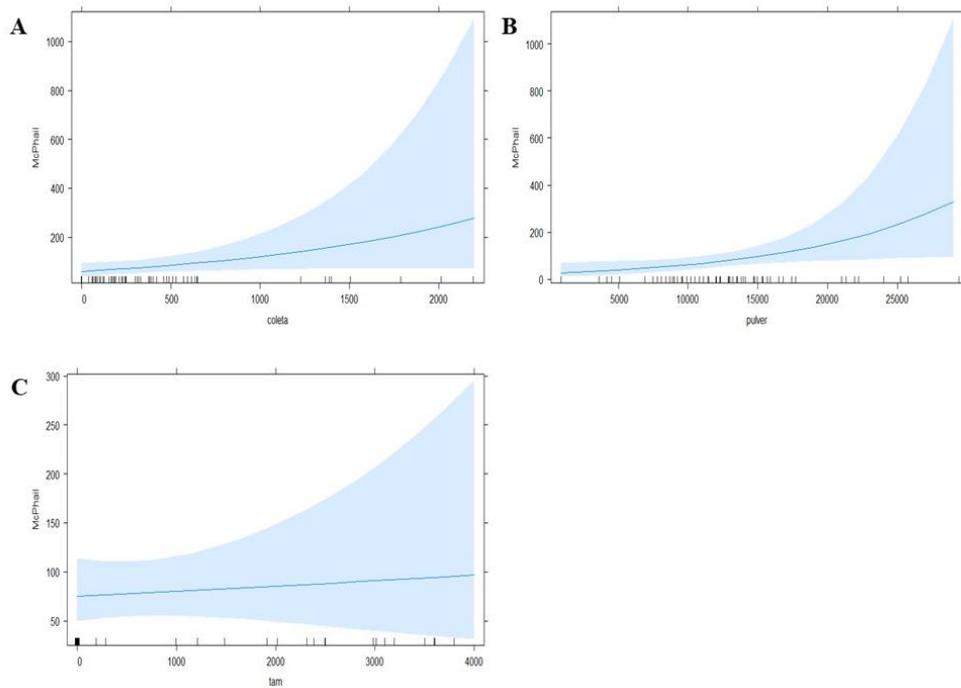


Figura 28 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas do tipo McPhail aos 25 dias para o município de Mazagão, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.



Os GLMs pelo método binomial negativo para o município da Mazagão não foram significativos para as armadilhas Jackson aos 10 e 25 dias (Tabela 3).

Para as armadilhas do tipo McPhail, levando em consideração as ações realizadas nos 10 dias anteriores, o AIC se apresentou elevado (1382,8), indicando uma baixa qualidade do modelo. Neste caso, a coleta de frutos teve efeito significativo positivo para a ocorrência de *B. carambolae*. No modelo GLM para as armadilhas do tipo McPhail aos 25 dias, a pulverização apresentou efeito positivo significativo na ocorrência da praga. O padrão obtido no município de Mazagão é o oposto ao encontrado no município de Laranjal do Jari. É provável que outros fatores não considerados nesta análise, como exemplo as variáveis meteorológicas, podem ser responsáveis pela resposta diferente quanto à ocorrência de *B. carambolae*. Estudo envolvendo variáveis devem ser realizados para identificar outros fatores, assim como o aumento do universo de análise. Convém ressaltar que os dois municípios apresentam diferenças relevantes do ponto de vista das ações de controle.

As ações realizadas no município de Laranjal do Jari e Vitória do Jari são priorizadas no âmbito da atuação do Subprograma de Supressão com vistas à Erradicação da Mosca-da-carambola, isto porque esses municípios fazem divisa com o estado do Pará, pelo município de Almeirim. A priorização do extremo sul do estado do Amapá faz parte da estratégia nacional de controle da praga, que deve ser objeto de erradicação, iniciando do Pará e se deslocando progressivamente no sentido norte do Amapá. Desde 2021, o único local no estado do Pará que apresenta a ocorrência de *B. carambolae* é o município de Almeirim, mais especificamente o Distrito de Monte Dourado (ADEPARÁ, 2021).

A execução das ações no município de Mazagão é um pouco menos intensiva de que a observada em Laranjal do Jari, apesar dos esforços na execução das atividades pelas equipes de controle local. As ações em Mazagão eram realizadas por equipes da Agência de Defesa e Inspeção Agropecuária do Estado do Amapá (DIAGRO), que se dedicava também à realização de outras ações regimentais no município. Tal fato é corroborado pelo baixo montante de frutos coletados e destruídos em Mazagão (Figura 8) em comparação à Laranjal do Jari (Figura 9). Esse fato, pode ter contribuído para o padrão diferente apresentado e pela baixa qualidade dos GLM para Mazagão. Ademais, em Mazagão a atividade priorizada foi a pulverização de isca tóxica, em detrimento da coleta de frutos. Assim, pode ter havido maior emergência de moscas, possibilitando que mais indivíduos fossem capturados nas armadilhas.

O GLM para o município de Laranjal do Jari evidenciou que a pulverização de plantas hospedeiras com isca tóxica foi altamente significativa ($P < 0$) (Tabela 4), aos 10 e 25 dias,

apresentando uma relação negativa para a ocorrência de machos nas armadilhas Jackson. Já a coleta de frutos foi pouco significativa ($P < 0,1$) para a armadilha Jackson para o modelo de 10 dias e altamente significativa ($P < 0$) para os 10 dias nas armadilhas McPhail, em ambos os casos com relação negativa. A TAM obteve efeito negativo e foi pouco significativo ($P < 0,1$) para a ocorrência nas armadilhas Jackson aos 10 dias e significativa ($P < 0,05$) aos 25 dias.

Tabela 4 - Resultados dos Modelos Lineares Generalizados avaliando o efeito das ações de controle (10 e 25 dias antecedentes) na ocorrência de *Bactrocera carambolae* por tipo de armadilhas (Jackson e McPhail), no período de 2015 a 2019, no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá.

| Período | 10 dias | | | | 25 dias | | | |
|------------------------|--------------------------|----------|-------------------------|----------|-----------------------------|----------|-------------------------|----------|
| | Jackson | | McPhail | | Jackson | | McPhail | |
| Tipo de Armadilha | Estimativa ± SEM | z-valor | Estimativa ± SEM | z-valor | Estimativa ± SEM | z-valor | Estimativa ± SEM | z-valor |
| Intercepto | 3,09e+00 ± 5,59e-01 | 5,52*** | 2,86e+00 ± 5,10e-01 | 5,61*** | 7,25e+00 ± 7,74e- 01 | 9,37*** | 5,84e+00 ± 7,01e-01 | 8,33*** |
| Coleta de Frutos (kg) | -3,181e-04 ± 1,73e-04 | -1,84. | -7,44e-04 ± 1,69e-04 | -4,41*** | -3,85e-05 ± 1,03e- 04 | -0,37 | -1,37e-04 ± 8,86e-05 | -1,54 |
| Pulverização (plantas) | -2,18e-04 ± 5,11e-05 | -4,26*** | -7,29e-05 ± 4,54e-05 | -1,60 | -2,33e-04 ± 3,25e- 05 | -7,19*** | -1,30e-04 ± 2,76e-05 | -4,71*** |
| TAM (unid.) | -3,05e-04 ± 1,69e-04 | -1,80. | -4,74e-05 ± 1,51e-04 | -0,31 | -3,93e-04 ± 1,59e- 04 | -2,46* | -1,44e-04 ± 1,32e-04 | -1,09. |
| AIC | 560,21 | | 806,71 | | 302,53 | | 442,26 | |

Nível de significância: "****" $P < 0$; "***" $P < 0,05$; "**" $P < 0,1$.

Nas Figuras 29, 30, 31 e 32 estão indicados os gráficos dos efeitos marginais de cada variável dos modelos ajustados significativamente. É possível evidenciar de forma visual a relação negativa que os efeitos dos métodos de controle (variáveis explicativas) exercem sobre a ocorrência (variável resposta) de *B. carambolae* para o município de Laranjal do Jari.

Figura 29 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas Jackson aos 10 dias para o município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

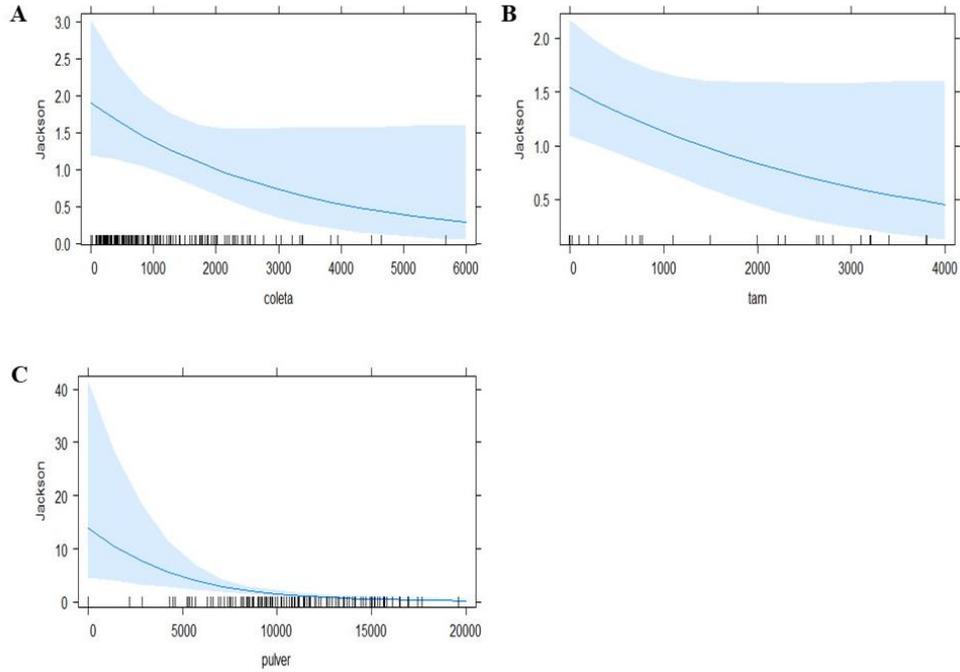


Figura 30 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas McPhail aos 10 dias para o município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

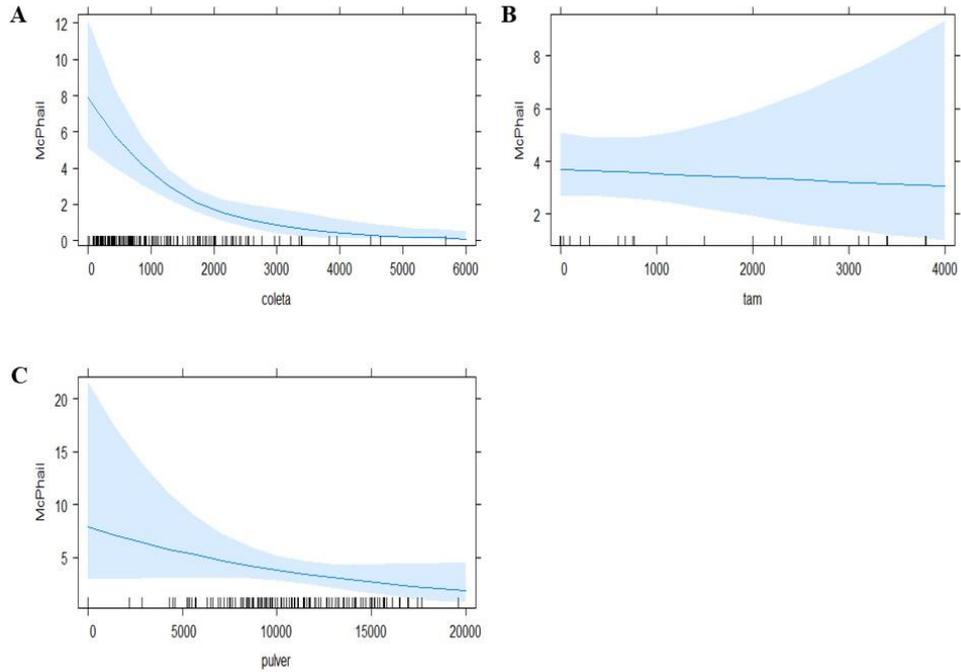


Figura 31 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas Jackson aos 25 dias para o município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.

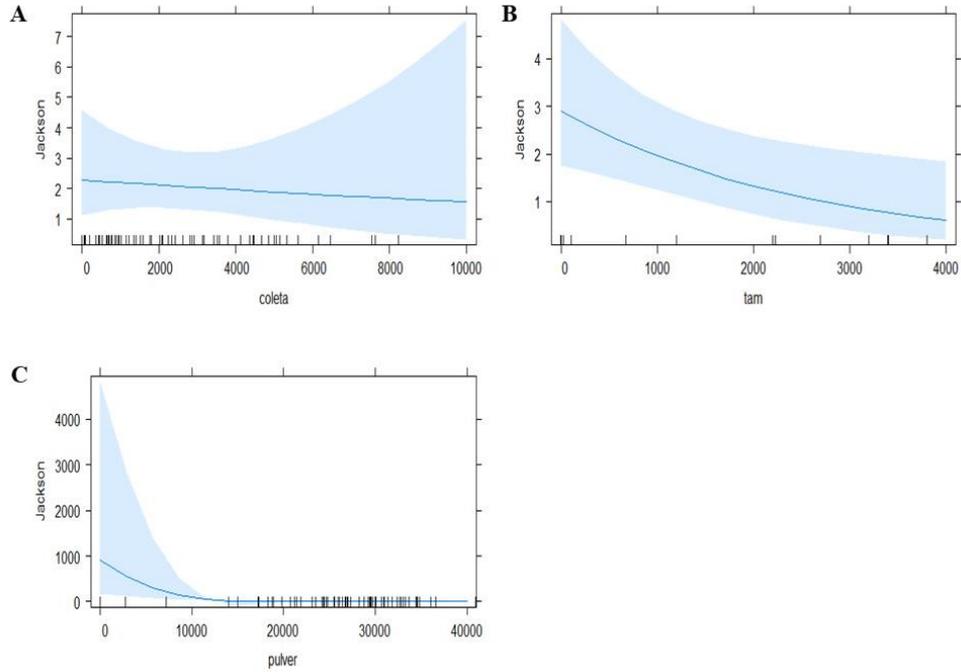
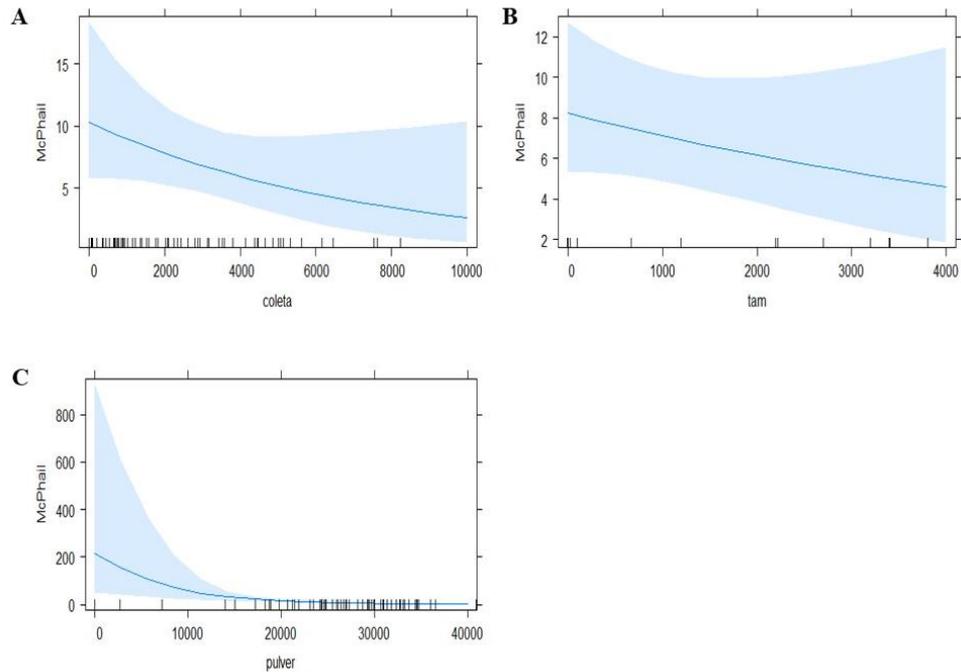


Figura 32 - Efeitos marginais de cada variável do modelo: Coleta de Frutos (A), TAM (B) e Pulverização (C) para a ocorrência nas armadilhas McPhail aos 25 dias para o município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, no período de 2015 a 2019.



Verifica-se que pelo menos uma das técnicas de controle foi efetiva na redução da ocorrência de *B. carambolae* para os 4 modelos gerados para Laranjal do Jari. Todos os GLMs foram significativos e apresentaram efeito negativo para as técnicas de controle aplicadas, gerando um critério de informação de Akaik (AIC) baixo (Tabela 2).

A coleta de frutos aos 10 dias antes do monitoramento foi altamente significativa para a redução de ocorrência nas armadilhas tipo McPhail e pouco significativa para as armadilhas Jackson. Esse padrão se deve ao fato de que a coleta de frutos atua na eliminação dos ovos e larvas presentes nos frutos hospedeiros, antes do empupamento no solo, impedindo que indivíduos jovens (machos e fêmeas) sejam capturados nas armadilhas do tipo McPhail (GODOY *et al.*, 2011b). Esse tipo de armadilha é instalado com um atrativo alimentar, cuja função é atrair indivíduos machos e fêmeas, que necessitam de proteína para assegurar a maturação sexual (SALLES, 1995).

Ademais, a coleta e destruição de frutos reduz também a disponibilidade de locais de oviposição (VAYSSIÈRES; SINZOGAN; ABANDONON, 2008), sendo relatada por Midgarden *et al.* (2016) como um importante método para controle de *B. carambolae*. Segundo Jesus-Barros *et al.* (2017), em condições de laboratório, *B. carambolae* pode atingir uma média de oviposição de $1.088,26 \pm 167,82$ por fêmea, com fecundidade máxima de 2.422 ovos. A pouca significância obtida entre a coleta de frutos e a ocorrência nas armadilhas Jackson aos 10 dias pode derivar do fato de que esse tipo de armadilha utiliza o paraferomônio sexual Eugenol-metílico, que tem alto poder atrativo para machos de *B. carambolae*. A coleta de frutos não foi significativa aos 25 dias para os dois tipos de armadilha, este fato ocorreu possivelmente pela técnica eliminar os indivíduos ainda na fase de ovo e larva, potencializando os efeitos aos 10 dias.

A pulverização de isca tóxica nas plantas hospedeiras apresentou um efeito altamente significativo para a diminuição da ocorrência de *B. carambolae* quando aplicada com uma antecedência de 10 dias para a armadilha Jackson e de 25 dias para as armadilhas Jackson e McPhail. De acordo com Godoy *et al.* (2011b), a pulverização de isca tóxica tem a capacidade de atrair os indivíduos machos e fêmeas, ainda que o maior número de fêmeas seja afetado em razão da grande necessidade de ingestão de proteína para atingir a maturidade sexual e garantir uma boa fecundação, confirmando a eficiência desta técnica na redução populacional. Apesar do alegado pelos autores, mais estudos devem ser conduzidos para que seja confirmada essa forma de impacto na população de fêmeas. No presente trabalho não houve relação significativa entre a pulverização e ocorrência para o GLM de 10 dias, talvez pelo fato desse modelo ter sido impactado fortemente pela coleta de frutos.

A TAM foi pouco significativa aos 10 dias e muito significativa aos 25 dias nas armadilhas

Jackson, apresentando um efeito de redução da densidade populacional de machos. Midgarden *et al.* (2016) relatam que a principal metodologia de controle para *B. carambolae* é a TAM. Os machos de *B. carambolae*, assim como as outras espécies do complexo *B. dorsalis*, são fortemente atraídos pelo paraferomônio Eugenol-metílico (TAN *et al.*, 2014). Estimando o alcance efetivo do eugenol-metílico para indivíduos marcados, pesquisadores descobriram que este alcance varia de 90 a 300 metros, dependendo da velocidade e direção do vento (IWAHASHI; SYAMUSDIN-SUBAHAR; SASTRODIHARDJO, 1996). Esses autores avaliaram a eficiência da TAM para *B. carambolae* na Indonésia, e demonstraram que esta técnica pode ser eficaz no controle e erradicação da espécie.

No Brasil, na região do Vale do Jari, após a primeira detecção de *B. carambolae* em 12 de fevereiro de 2017, no estado do Pará, foi possível a erradicação momentânea do foco utilizando as técnicas de coleta e destruição de frutos hospedeiros, a pulverização de isca tóxica e a TAM (GODOY *et al.*, 2011b).

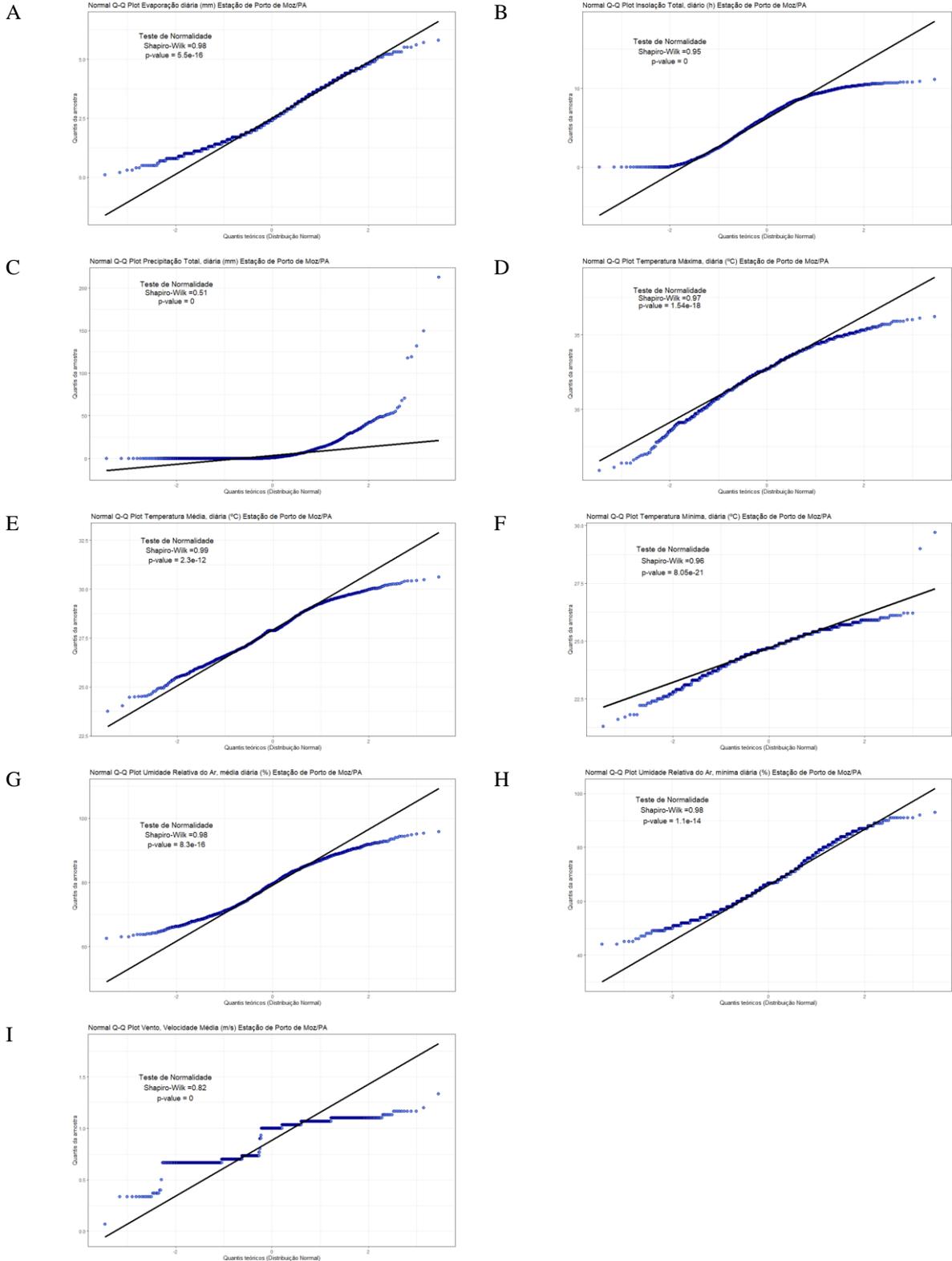
3.3.4 Efeitos das variáveis meteorológicas na ocorrência de *Bactrocera carambolae*

Os testes de normalidade de Shapiro-Wilk referentes aos dados meteorológicos da estação de Porto de Moz/PA indicaram que a evaporação diária (p-valor = $5,5 \times 10^{-16}$) (Tabela 5 e Figura 33A), a insolação total (p-valor = 0) (Figura 33B), a precipitação total (p-valor = 0) (Figura 33C), a temperatura máxima (p-valor = $1,54 \times 10^{-18}$) (Figura 33D), a temperatura média (p-valor = $2,3 \times 10^{-12}$) (Figura 33E), a temperatura mínima (p-valor = $8,05 \times 10^{-21}$) (Figura 33F), umidade relativa do ar média (p-valor = $8,03 \times 10^{-16}$) (Figura 33G), umidade relativa do ar mínima (p-valor = $1,1 \times 10^{-14}$) (Figura 33H) e velocidade do vento (p-valor = 0) (Figura 33I) não se ajustaram a uma distribuição do tipo normal. Ademais, os gráficos Q-Q plot demonstraram um distanciamento dos pontos em relação à reta teórica normal, para as todas as variáveis.

Tabela 5 - Testes de normalidade com os dados da Estação de Porto de Moz - PA. Normal Q-Q Plot.

| | Shapiro-Wilk | p-value |
|-----------------------------------|--------------|----------|
| Evaporação diária | 0.98 | 5,50E-16 |
| Insolação total | 0.95 | 0,00E+00 |
| Precipitação total (mm) | 0.51 | 0,00E+00 |
| Temperatura máxima (°C) | 0.97 | 1,54E-18 |
| Temperatura média (°C) | 0.99 | 2,30E-12 |
| Temperatura mínima (°C) | 0.96 | 8,05E-21 |
| Umidade Relativa do Ar Média (%) | 0.98 | 8,30E-16 |
| Umidade Relativa do Ar Mínima (%) | 0.98 | 1,10E-14 |
| Velocidade média (m/s) | 0.82 | 0,00E+00 |

Figura 33 - Teste de normalidade referente aos dados de evaporação diária (mm) (A), insolação total diária (h) (B), precipitação total diária (mm) (C), temperatura máxima diária (°C) (D), temperatura média diária (°C) (E), temperatura mínima diária (°C) (F), umidade relativa do ar média diária (%) (G), umidade relativa do ar mínima diária (%) (H) e velocidade média (m/s) (I) da estação de Porto de Moz, estado do Pará, no período de 2015 a 2019. Normal Q-Q Plot.

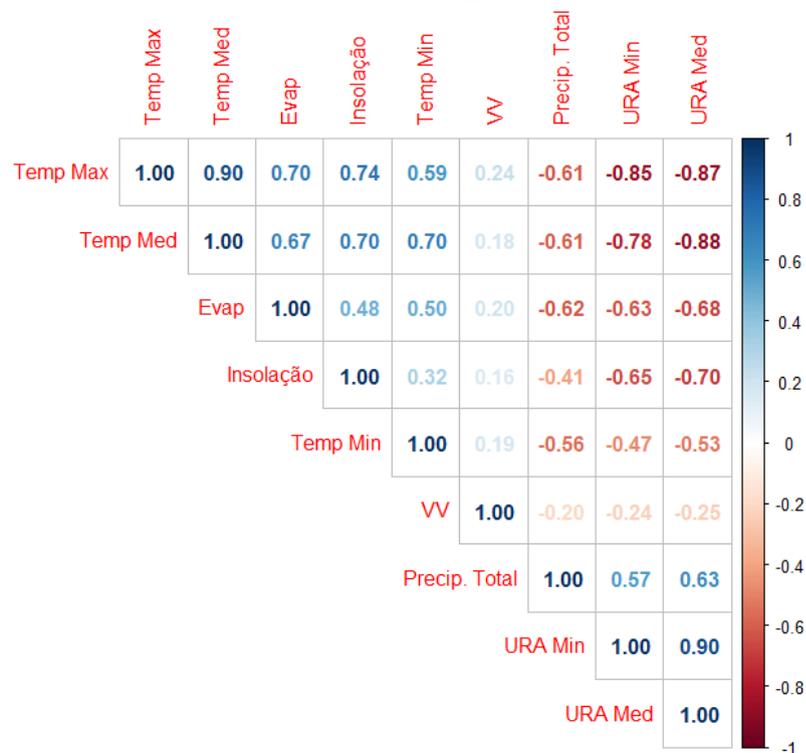


Considerando que todas as variáveis meteorológicas não aderiram à distribuição normal, a matriz de correlação foi gerada pelo método não paramétrico de Spearman (SPEARMAN, 1904), a um grau de confiança de 95%. As Figuras 34 e 35 representam a matriz de correlação da estação de Porto de Moz - PA e Macapá - AP, respectivamente.

Para Porto de Moz - PA houve correlação significativa para todas as variáveis analisadas. A temperatura máxima apresentou correlação significativa positiva muito forte em relação à temperatura média ($\rho = 0,90$) e moderada em relação à temperatura mínima ($\rho = 0,59$) (Figura 34).

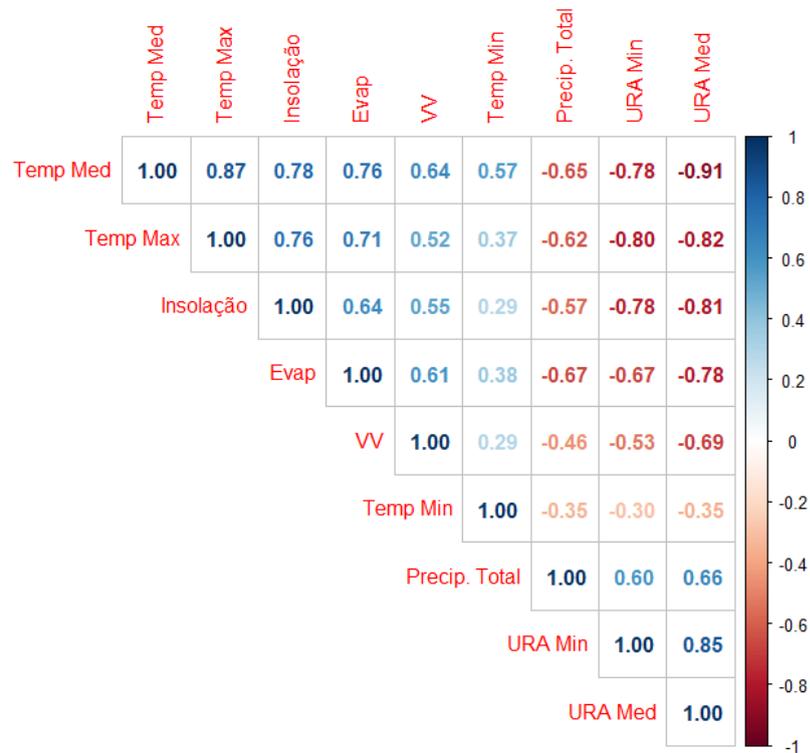
A umidade relativa do ar mínima apresentou correlação muito forte em relação à umidade relativa média com $\rho = 0,90$.

Figura 34 - Matriz de correlação entre as variáveis meteorológicas da estação de Porto de Moz - PA (82184).



Para a estação de Macapá - AP também houve correlação significativa para todas as variáveis analisadas. A temperatura máxima apresentou correlação significativa positiva forte em relação à temperatura média ($\rho = 0,87$) e moderada em relação à temperatura mínima ($\rho = 0,57$) (Figura 35). Já a umidade relativa do ar mínima apresentou correlação forte em relação à umidade relativa média ($\rho = 0,85$).

Figura 35 - Matriz de correlação entre as variáveis meteorológicas da estação de Macapá - AP (82098).



Com base na interpretação dos coeficientes de correlação e de acordo com a natureza das variáveis, a Temperatura Máxima (°C), a Precipitação (mm), a Evaporação diária (mm), a Insolação Total Diária (h), a Umidade Relativa do Ar média (%) e a Velocidade do Vento (m/s) aos 10 e 25 dias antes das datas de monitoramento foram usadas para fornecer os modelos GLM para os municípios. Os dados das capturas de *B. carambolae* e as variáveis meteorológicas para os dois municípios não aderiram à distribuição normal, portanto, foram utilizados GLMs com distribuição binomial negativa (SOARES *et al.*, 2023).

Os dados meteorológicos dos 25 dias anteriores às datas de monitoramento forneceram o melhor ajuste de acordo com o AIC para o município de Mazagão e foram utilizados no modelo final (Tabela 6). A ocorrência de *B. carambolae* apresentou efeito positivo para a variável Precipitação Diária (mm) e efeito negativo para a Evaporação Diária (mm).

Tabela 6 - Resultados de Modelos Lineares Generalizados avaliando o efeito de fatores meteorológicos na ocorrência de *Bactrocera carambolae* (capturas em armadilhas Jackson e McPhail), de janeiro de 2015 a dezembro de 2019, no município de Mazagão, estado de Amapá, Brasil. Os dados meteorológicos foram defasados em diferentes intervalos (10 e 25 dias) a partir das datas de monitoramento.

| Período | 10 dias | | 25 dias | |
|----------------------------------|------------------|---------|------------------|---------|
| | Estimativa ± SEM | z-valor | Estimativa ± SEM | z-valor |
| Intercepto | -2,74 ± 1,48 | -1,85. | 4,39 ± 1,83 | 2,40* |
| Precipitação (mm) | -0,05 ± 0,04 | -1,29 | 0,16 ± 0,07 | 2,26* |
| Evaporação diária (mm) | -0,86 ± 0,28 | -3,13** | -1,22 ± 0,38 | -3,20** |
| Insolação total diária (h) | -0,14 ± 0,16 | -0,86 | 0,19 ± 0,22 | 0,87 |
| Temperatura Máxima (°C) | 0,24 ± 0,17 | 1,41 | 0,09 ± 0,16 | 0,50 |
| Umidade Relativa do Ar média (%) | 0,02 ± 0,05 | 0,42 | -0,04 ± 0,06 | -0,57 |
| Velocidade do Vento (m/s) | 0,82 ± 0,41 | 1,99 | 0,48 ± 0,48 | -1,01 |
| AIC | 1491,5 | | 794,79 | |

Nível de significância: “***” P < 0,01; “**” P < 0,05; “.” P < 0,1.

A ocorrência da mosca-da-carambola é máxima quando a evaporação é próxima de zero, a partir de uma evaporação de 3 mm a densidade tende a zero (Figura 36). Para uma precipitação de 20 mm dos 25 dias anteriores, a ocorrência da praga aumenta acentuadamente.

Para Mazagão, a ocorrência de *B. carambolae* tende a aumentar a partir de janeiro, atingindo seu ápice próximo a abril, com um pequeno pico de aumento no mês de julho (Figura 37).

Figura 36 - Valores estimados da densidade de *Bactrocera carambolae* em função da precipitação diária (mm) 25 dias antes das datas de monitoramento, para o município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil, de janeiro de 2015 a dezembro de 2019. São apresentados os valores previstos (linha sólida) e seus respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade (sombreamento cinza).

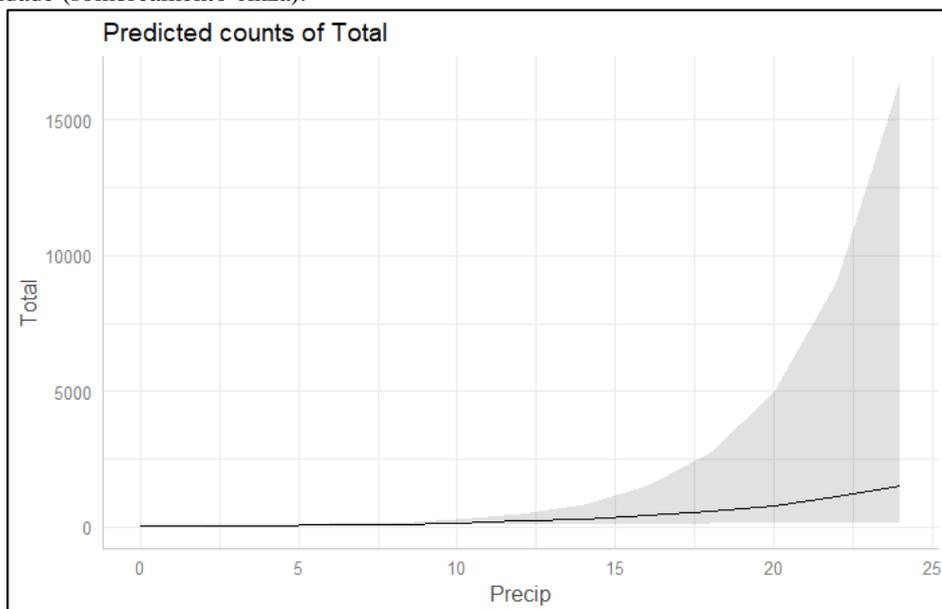


Figura 37 - Valores estimados da densidade de *Bactrocera carambolae* em função da evaporação diária (mm) 25 dias antes das datas de monitoramento, para o município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil, de janeiro de 2015 a dezembro de 2019. São apresentados os valores previstos (linha sólida) e seus respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade (sombreamento cinza).

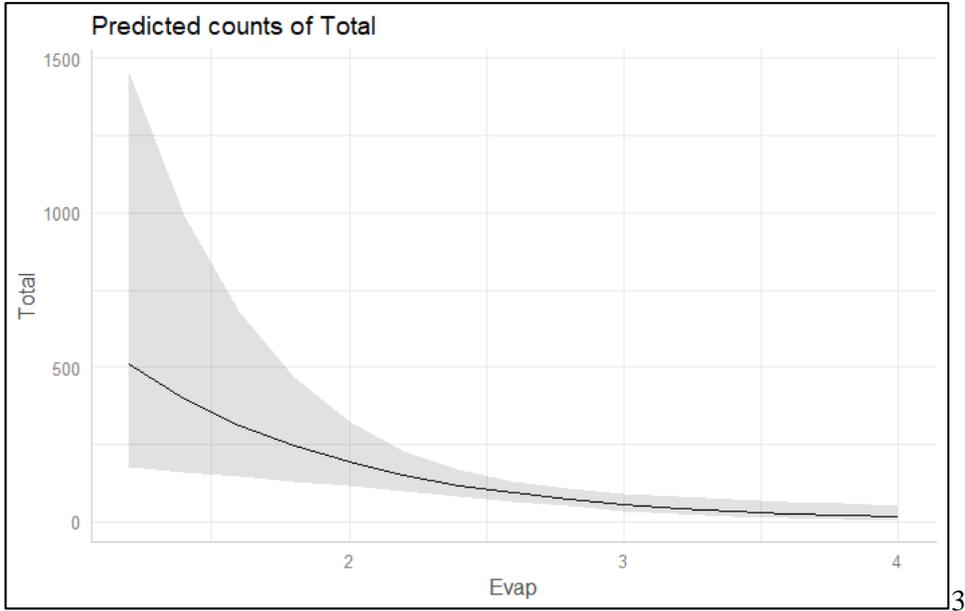
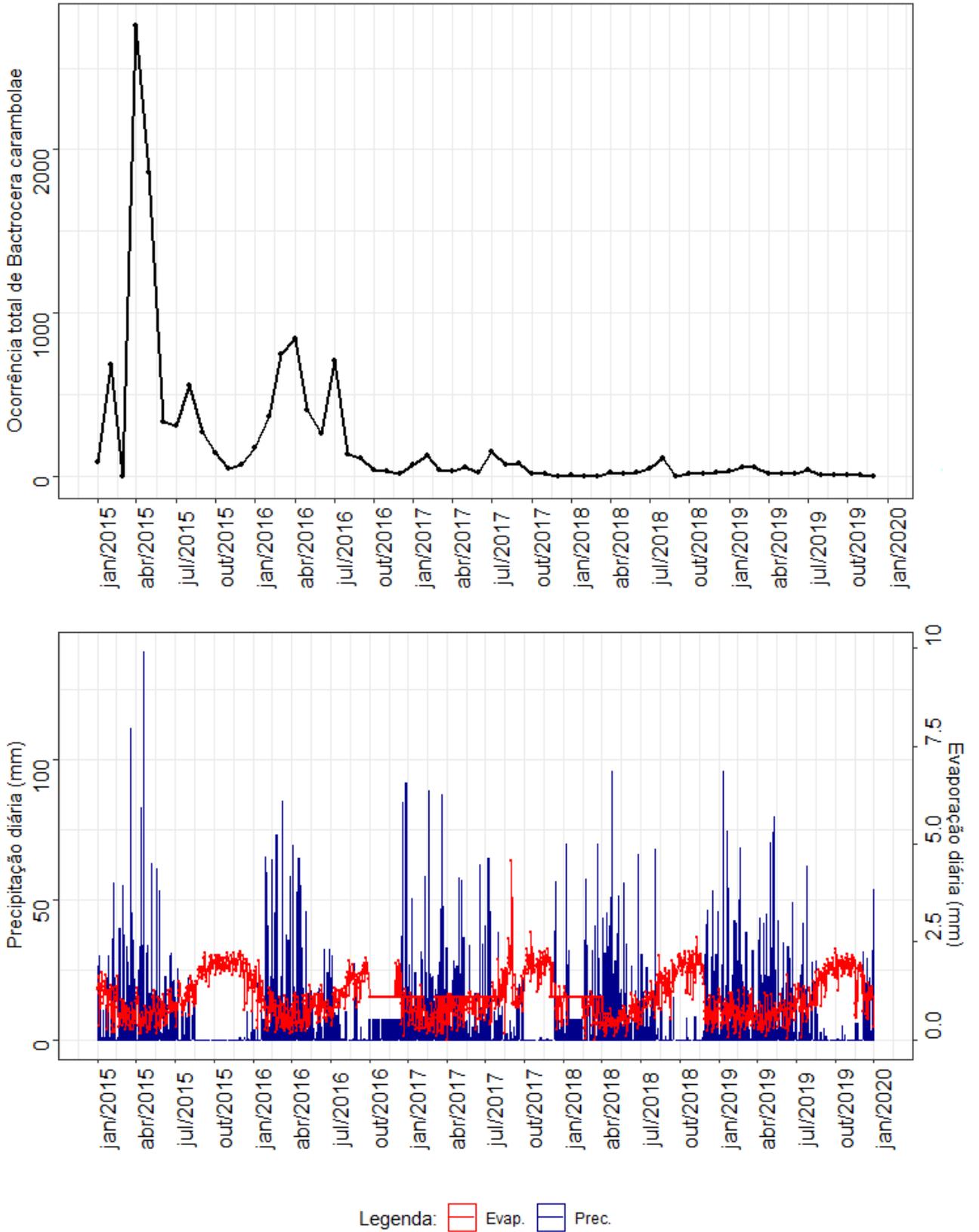


Figura 38 - Total geral de ocorrência de *Bactrocera carambolae* (número de indivíduos), precipitação diária (mm) e evaporação diária (mm) no município de Mazagão, estado do Amapá, Brasil, de janeiro de 2015 a dezembro de 2019.



Os dados meteorológicos dos 10 e 25 dias anteriores às datas de monitoramento não foram estatisticamente significativos para o município de Laranjal do Jari (Tabela 7).

Tabela 7 - Resultados de Modelos Lineares Generalizados avaliando o efeito de fatores meteorológicos na ocorrência de *Bactrocera carambolae* (capturas em armadilhas Jackson e McPhail), de janeiro de 2015 a dezembro de 2019, no município de Laranjal do Jari, estado de Amapá, Brasil. Os dados meteorológicos foram defasados em diferentes intervalos (10 e 25 dias) a partir das datas de monitoramento.

| Período | 10 dias | | 25 dias | |
|----------------------------------|------------------|---------|------------------|---------|
| | Estimativa ± SEM | z-valor | Estimativa ± SEM | z-valor |
| Intercepto | 25,76 ± 51,30 | 0,50 | 34,27 ± 29,71 | 1,15 |
| Precipitação (mm) | -0,05 ± 0,12 | -0,37 | 0,01 ± 0,11 | 0,13 |
| Evaporação diária (mm) | -0,84 ± 0,94 | -0,89 | -0,79 ± 0,50 | -1,59 |
| Insolação total diária (h) | 0,37 ± 0,39 | 0,95 | 0,74 ± 0,24 | 3,10 |
| Temperatura Máxima (°C) | -0,65 ± 1,08 | -0,61 | -1,21 ± 0,60 | -2,00 |
| Umidade Relativa do Ar média (%) | -0,07 ± 0,25 | -0,28 | -0,12 ± 0,16 | -0,76 |
| Velocidade do Vento (m/s) | 3,16 ± 6,81 | 0,46 | 15,91 ± 4,33 | 3,67 |
| AIC | 927,55 | | 497,53 | |

Nível de significância: “***” P < 0,01; “**” P < 0,05; “.” P < 0,1.

Para o município de Laranjal do Jari não foi possível observar a influência dos dados meteorológicos na ocorrência de *B. carambolae* (Tabela 7). Outros fatores podem ser responsáveis para explicar o comportamento da flutuação populacional da praga, naquelas condições. Na Tabela 2 é possível evidenciar que as ações de controle tiveram impacto decisivo na flutuação populacional do inseto, possivelmente se sobrepondo à atuação das variáveis meteorológicas.

Em Mazagão, a maior quantidade de *B. carambolae* ocorreu nos meses mais úmidos (fevereiro e abril), o que se associou positivamente com a Precipitação Diária (mm) e negativamente com a Evaporação Diária (mm) (Figura 38). É possível ainda observar um pico menor de ocorrência entre julho/agosto. Além disso, verifica-se uma relação inversa entre Evaporação e Precipitação, que pode ser confirmada pelo índice de correlação negativo forte ($\rho = -0,67$). Em Roraima, Soares *et al.* (2023) obtiveram um efeito positivo entre a umidade relativa do ar nos 25 dias anteriores e a ocorrência de *B. carambolae*. Danjuma *et al.* (2014) obtiveram, para as condições da Tailândia, correlações positivas entre a abundância de *B. carambolae*, a umidade relativa e a precipitação. Estudos para outras espécies, como *Bactrocera dorsalis* (Hendel), em Benin (VAYSSIERES; KORIE; AYEIGNON, 2009) e na China (CHEN; YE, 2007), indicaram que a precipitação e a umidade relativa são as variáveis ambientais que mais favorecem essas espécies.

Segundo Marchioro (2016), *B. carambolae* se originou e ocorre predominantemente em regiões de climas quentes e úmidos (Af e Am) ou áreas extremamente quentes e áridas (Aw), consoante à caracterização de Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; McMAHON, 2007), e áreas

adequadas para esta espécie são tipicamente caracterizadas por alta precipitação anual. No Amapá, o clima predominante e encontrado no município de Mazagão é o tipo Am (Tropical de monção), o mesmo encontrado na região de origem da praga.

Vale acrescentar que não é somente o clima o fator decisivo para ocorrência da praga. A época de frutificação da maioria dessas espécies vegetais hospedeiras, principalmente nativas, coincide com os períodos úmidos (MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2012), quando se manifestou uma maior densidade de *B. carambolae*. Segundo Soares *et al.* (2023), a disponibilidade de frutas hospedeiras pode ter influenciado o aumento das populações de *B. carambolae* em Roraima na época de maior umidade.

Ademais, assim como para as condições do Amapá, Soares *et al.* (2023) identificaram picos de *B. carambolae* registrados na estação seca, em Roraima, que podem estar sincronizados com o período de frutificação da mangueira e do cajueiro, que são algumas das poucas espécies que frutificam nos períodos secos.

3.3.5 Estimador de densidade de capturas de adultos de *Bactrocera carambolae*

Os mapas de densidade (Figuras 39 e 40) apresentaram um corte geográfico na área antropizada dos municípios de Mazagão e Laranjal do Jari, excluindo florestas e unidades de conservação.

O município de Mazagão apresentou maior densidade de concentração de capturas (Figura 39) nos dois primeiros anos de monitoramento, com faixas predominantes nas cores amarela, laranja e vermelha. A partir do terceiro ano, as cores predominantes concentraram-se nas bandas verde e azul.

Já no município de Laranjal do Jari (Figura 40), os números elevados de capturas apareceram nos três primeiros semestres da pesquisa, tendo o segundo semestre de 2016 (Figura 40 – 2016.2), como um período intermediário para a redução do número de capturas, uma vez que o número de capturas nas armadilhas nos três últimos anos não foi superior a 10 espécimes.

Figura 39 - Mapa de concentração de capturas de *Bactrocera carambolae* no município de Mazagão, estado do Amapá, período de 2015 a 2019. Primeiro semestre = .1 e o segundo semestre = .2.

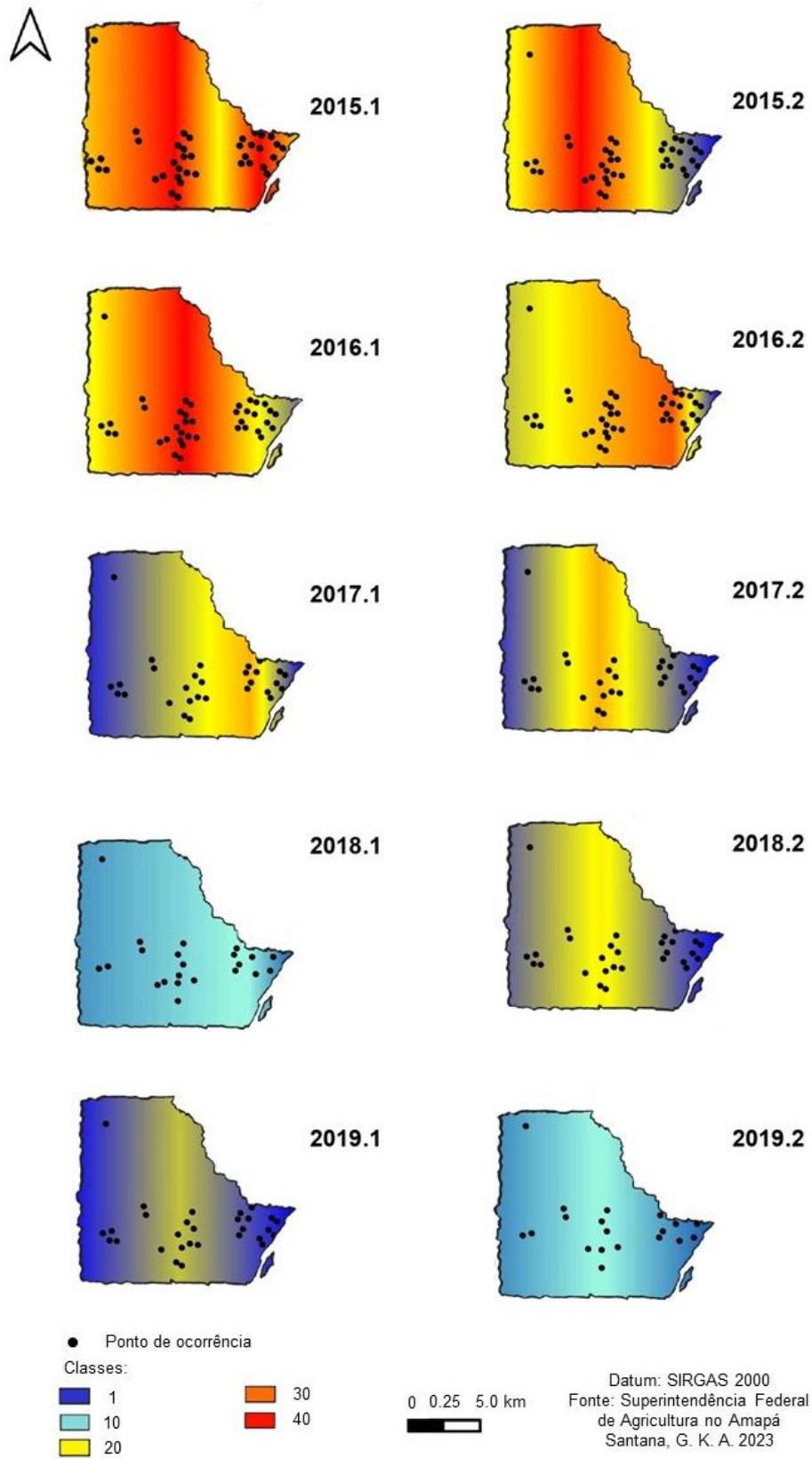
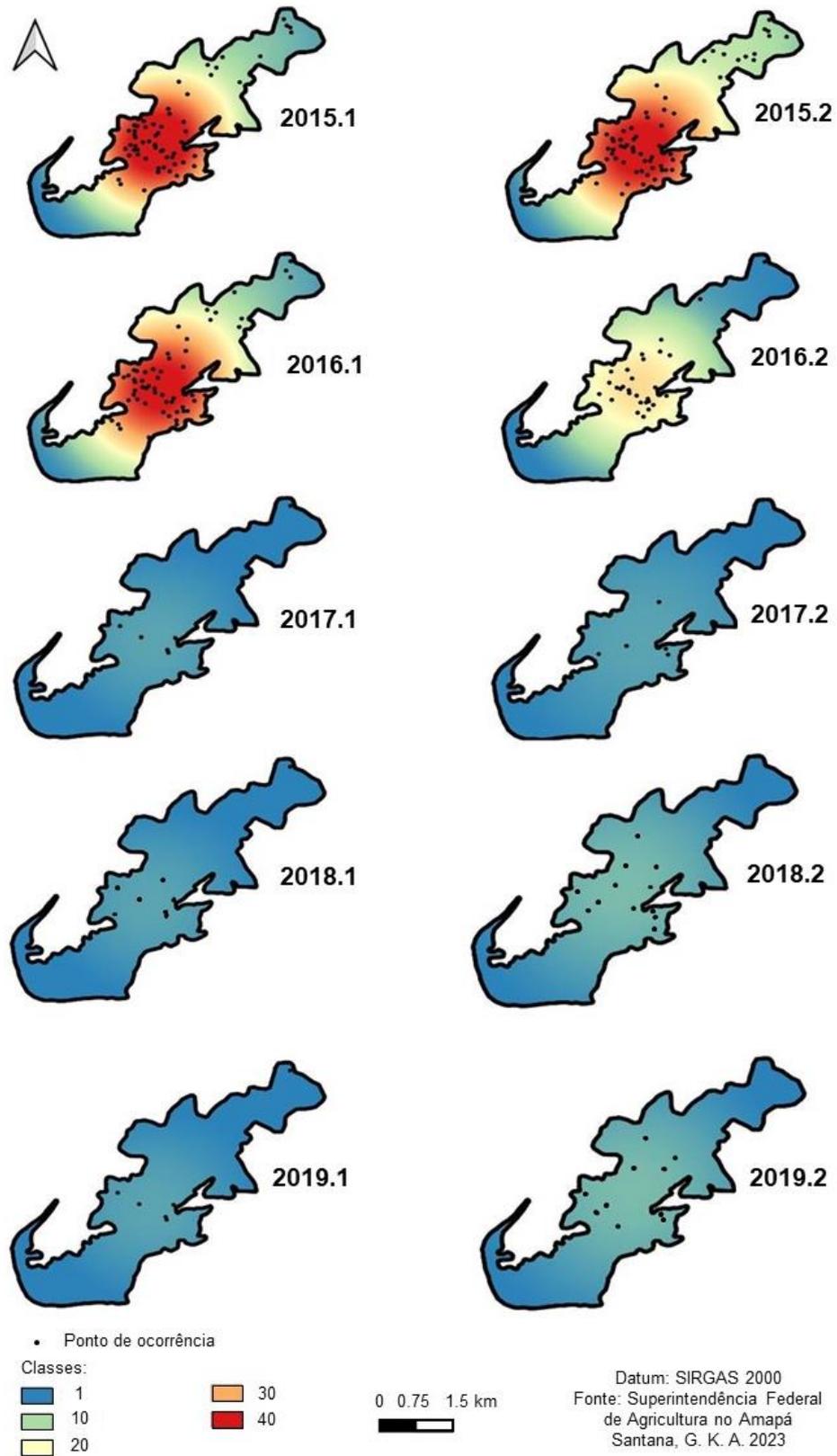


Figura 40 - Mapa de concentração de capturas de *Bactrocera carambolae* no município de Laranjal do Jari, estado do Amapá, período de 2015 a 2019. Primeiro semestre = .1 e o segundo semestre = .2.



3.4 Considerações Finais

A região sul do estado do Amapá até então não havia sido contemplada com estudos abordando a influência dos métodos de controle e dos fatores meteorológicos sobre a ocorrência de moscas-das-frutas.

O programa oficial de controle de *B. carambolae* é um exemplo exitoso, visto que na ausência das ações realizadas pelo MAPA, essa espécie já estaria amplamente disseminada pelo Brasil, causando prejuízos inestimáveis. No entanto, embora sejam efetivas, é necessário considerar que as técnicas de controle precisam ser utilizadas de forma integrada e complementar, pois nenhuma delas, isoladamente, garante a eliminação total da praga. Portanto, as atividades de controle da praga podem ser aperfeiçoadas, a exemplo do procedimento de coleta e destruição dos frutos, no qual atualmente não se registra a quais espécies vegetais os frutos pertencem. Registrar essa informação é importante, especialmente após a realização de estudos que demonstrem quais são os frutos hospedeiros preferenciais da praga no Amapá.

Por fim, considera-se que este trabalho é pioneiro, pois possibilitou uma compreensão maior da flutuação populacional da mosca-da-carambola no sul do estado do Amapá em função de métodos de controle e de fatores meteorológicos. Dessa forma, os resultados deste trabalho podem fornecer informações robustas para melhorar as estratégias de controle utilizadas no Subprograma de Supressão com Vistas à Erradicação de *B. carambolae* no Amapá. Além disso, sugere-se que pesquisas científicas sejam realizadas sobre as espécies vegetais silvestres que possam atuar como hospedeiras da praga, sobre a fenologia das espécies hospedeiras na região, além de preferência das moscas por ovipositar em frutos de determinadas espécies vegetais e em estágios de maturação específicos. Ainda, sugere-se que sejam realizados estudos em nível local (município) e com longa duração, com vistas a identificar situações peculiares a cada região que possam estar influenciando na flutuação populacional da praga.

REFERÊNCIAS

- ADAIME, R.; JESUS BARROS, C. R.; BARIANI, A.; LIMA, A. L.; CRUZ, K. R.; CARVALHO, J. P. **Novos registros de hospedeiros da Mosca-da-Carambola (*Bactrocera carambolae*) no Estado do Amapá, Brasil**. Macapá: Embrapa Amapá, 2016. 5 p. (Comunicado Técnico, 146).
- ADEPARA. **Relatório de Gestão ano 2021**. Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará. 2021. Disponível em: <http://www.adepara.pa.gov.br/sites/default/files/links/relatorio%20anual%202021.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2023.
- AGRITEMPO. **Agritempo**: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=RJ>>. Acesso em: 05 jan. 2023.
- AHLMANN-ELTZE, C.; PATIL, I. **ggsignif**: R Package for Displaying Significance Brackets for “ggplot2”. PsyArxiv, 2021.
- ALMEIDA, R. R.; CRUZ, K. R.; SOUSA, M. S. M.; COSTA-NETO, S. V.; JESUS-BARROS, C. R.; LIMA, A. L.; ADAIME, R. Frugivorous flies (Diptera: Tephritidae, Lonchaeidae) associated with fruit production on Ilha de Santana, Brazilian Amazon. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 3, p. 426-436, 2016.
- ALUJA M, BOLLER E. F. Host-marking pheromone of *Rhagoletis cerasi*: foraging behavior in response to synthetic pheromonal isomers. **J Chem Ecol**. 1992; 18: 1299-1311.
- ALUJA, M. Bionomics and management of *Anastrepha*. **Annual Review of Entomology**, v. 39, p. 155-178, 1994.
- ALUJA, M.; MANGAN, R. L. Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Host *Status* Determination: Critical Conceptual, Methodological, and Regulatory Considerations. **Annual Review of Entomology**, v. 53, p. 473-502, 2008.
- AMARAL, E. J. F.; SOUSA, M. S. M.; SANTOS, J. E. V.; COSTA, L. M.; JÚNIOR, N. J. M.; TOLEDO, J. J.; ADAIME, R. Effect of soil class and moisture on the depth of pupation and pupal viability of *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (1994). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 65, n. 1, e20200075, 2021.
- BARBOSA, F. R.; PARANHOS, B. A. J.; SÁ, L. A. N.; SANTOS, R. N.; SILVA, R. A. **Pragas quarentenárias que ameaçam a cultura da mangueira no Brasil**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. 17 p. (Circular Técnica, 87).
- BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, v. 67, n. 1, p. 1-48, 2015.
- BELO, A. P. D.; ROCHA, L. M. S.; CORRÊA, J. M. G.; FERREIRA, R. M. A.; COSTA-NETO, S. V.; SOUSA, M. S. M.; ADAIME, R.; LEMOS, L. N. New host plants records of *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock, 1994 and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Brazil. **Entomological Communications**, v. 2, ec02036, 2020.

BOTTON, M.; NAVA, D. E.; ARAUJO, E. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; NUNES, M. Z.; MACHOTA JR, R. Formulações de iscas tóxicas para a supressão populacional da mosca das frutas sulamericana na fruticultura de clima temperado. *Agapomi*, Vacaria, p. 04 - 04, 08 set. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 38, de 1 de outubro de 2018. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 out. 2018. Seção 1. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/43461167/do1-2018-10-02-instrucao-normativa-n-38-de-1-de-outubro-de-2018-43461024. Acesso em: 28 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 28, de 20 de julho de 2017. Estabelece os procedimentos operacionais para as ações de prevenção, contenção, supressão e erradicação da praga quarentenária presente *Bactrocera carambolae* (mosca-da-carambola). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 jul. 2017. Seção 1, p. 8. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/arquivos-prevencao/IN282017.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.

CABI/EPPO. Invasive Species Compendium. Datasheet report for *Bactrocera carambolae* (carambola fruit fly). 27 mar. 2018. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheetreport?dsid=8700#3B52EE34-C29F-4819-B496-5CC768579BAB>. Acesso em: 20 jul. 2018

CASTILHO, A. P.; PASINATO, J.; SANTOS, J. E. V.; COSTA, A. S.; NAVA, D. E.; JESUS, C. R.; ADAIME, R. Biology of *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) on four hosts. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, p. 302-307, 2019.

CHEN, P.; YE, H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and analysis of factors influencing populations in Baoshanba, Yunnan, China. **Entomological Science**, v. 10, n. 2, p. 141-147, 2007.

DANJUMA, S.; THAOCHAN, N.; PERMKAM, S.; SATASOOK, C. Effect of temperature on the development and survival of immature stages of the carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae*, and the Asian papaya fruit fly, *Bactrocera papayae*, reared on guava diet. **Journal of Insect Science**, v. 14, 2014.

DEUS, E. G.; ADAIME, R. Dez Anos de Pesquisas sobre Moscas-das-Frutas (Diptera: Tephritidae) no Estado do Amapá: Avanços Obtidos e Desafios Futuros. **Biota Amazônia**, v. 3, p. 157-168, 2013.

DEUS, E. G.; GODOY, W. A. C.; SOUSA, M. S. M.; LOPES, G. N.; JESUS BARROS, C. R.; SILVA, J. G.; ADAIME, R. Co-Infestation and Spatial Distribution of *Bactrocera carambolae* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Common Guava in the Eastern Amazon. **Journal of Insect Science**, v. 16, n. 1, 88, 2016.

FAO (Food and Agriculture Organization). **International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM) N° 26**. Establishment of pest free areas for fruit flies (Tephritidae), 2018.

FAO/IAEA (Food and Agriculture Organization/International Atomic Energy Agency). **Guideline for packing, shipping, holding and release of sterile flies in area-wide fruit fly control programmes**. 2 ed. In: ZAVALALÓPEZ, J. L.; ENKERLIN, W. R. (eds.). Rome, 2017. 140 p.

FERREIRA, M. E.; RANGEL, P. H. N. Melhoramento genético preventivo: obtenção de estoques genéticos resistentes a pragas quarentenárias de alto risco para a agricultura brasileira. *In*: SUGAYAMA, R. L.; LOPES-DA-SILVA, M.; SILVA, S. X. de B.; RIBEIRO, L. C.; RANGEL, L. E. P. (eds.). **Defesa vegetal: fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015. p. 275-292.

FOLLETT, P. A.; NEVEN, L. G. Current trends in quarantine entomology. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 51, p. 359-85, 2006.

FOX, J. Effect Displays in R for Generalised Linear Models. **Journal of Statistical Software**, v. 8, n. 15, p. 1-27, 2003.

FOX, J.; WEISBERG, S. **An R Companion to Applied Regression**, 3rd Edition. Thousand Oaks, CA, 2019. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/index.html>

GODOY, M. J. S.; PACHECO, W. P. P.; PIRES FILHO, J. M., MORAES, L. M. M.; CHAVES, E. L. M.; VASCONCELOS, C. A. V.; FIALACHE, W. R. N.; BRITO, C. F.; ROSA JÚNIOR, W. O. R.; MOURA, M. N.; CANTO, A. C. Erradicação da mosca-da-carambola (*Bactrocera carambolae*) no Vale do Jari, Amapá-Pará (2007-2008). *In*: SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas na Amazônia Brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais**. Macapá: Embrapa Amapá, 2011b. p. 159-172.

GODOY, M. J. S.; PACHECO, W. S. P.; PORTAL, R. R.; PIRES FILHO, J. M.; MORAES, L. M. M. Programa Nacional de Erradicação da Mosca-da-carambola. *In*: SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais**. Macapá: Embrapa Amapá 2011a. p. 134-158.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e estatística**. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população. Macapá, AP. 2021. Disponível: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap/> > em: 22 fev. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. População no último censo: **IBGE, Censo Demográfico 2015**. Disponível: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/laranjal-do-jari/panorama> > em: 21 ago. 2015.

IWAHASHI, O.; SYAMUSDIN-SUBAHAR, T. S.; SASTRODIHARDJO, S. Attractiveness of methyl eugenol to the fruit fly *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) in Indonesia. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 89, n. 5, p. 653-660, 1996.

JESUS-BARROS, C. R.; MOTA-JUNIOR, L. O.; COSTA, A. S.; PASINATO, J.; ADAIME, R. Fecundidade e longevidade de *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae). **Biotemas**, v. 30, n. 4, p. 7-13, 2017.

KASSAMBARA, A. **ggcorrplot**: Visualization of a Correlation Matrix using “ggplot2”. R package version 0.1.3, 2019. <https://CRAN.R-project.org/package=ggcorrplot>

LEMOS, L. N.; ADAIME, R.; JESUS-BARROS, C. R.; DEUS, E. G. New Hosts of *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. **Florida Entomologist**, v. 97, n. 2, p. 841-847, 2014.

LÜDECKE, D. *_sjPlot: Data Visualization for Statistics in Social Science_*. R package version 2.8.12, 2022. <URL: <https://CRAN.R-project.org/package=sjPlot>>.

MALAVASI, A. Mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Eds.). **Histórico e impacto de pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 39-41.

MALAVASI, A. Mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Fealq, 2015. p. 173-184.

MALAVASI, A.; MIDGARDEN, D.; SAUERS-MÜLLER, A. VAN. Manual for the control of the carambola fruit fly in South America: operations manual. In: SAUERS-MÜLLER, A. Van.; SIGNORETTI, J. G. (Eds.), **Paramaribo: Carambola Fruit Fly Programme**. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317182807_Manual_for_the_control_of_the_Carambola_fruit_fly_in_South_America. Acesso em: 22 dez. 2022.

MARCHIORO, C. A. Global Potential Distribution of *Bactrocera carambolae* and the Risks for Fruit Production in Brazil. **Plos One**, v. 11, p. e0166142-16, 2016.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; NASCIMENTO, D. B.; RONCHI-TELES, B., ADAIME, R. Faunistic analysis of the species of *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae) in three municipalities of the state of Roraima, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 4, p. 813-819, 2012.

MIDGARDEN, D.; van SAUERS-MULLER, A.; GODOY, M. J. S.; VAYSSIÈRES, J.-F. Overview of the Programme to Eradicate *Bactrocera carambolae* in South America. In: EKESI, S.; MOHAMED, S.; De MEYER, M. (eds.). **Fruit Fly Research and Development in Africa – Towards a Sustainable Management Strategy to Improve Horticulture**. Springer International Publishing Switzerland, 2016. p. 705-736.

MIRANDA, S. H. G.; ADAMI, A. C. O. Métodos quantitativos na avaliação de risco de pragas. In: SUGAYAMA, R. L.; LOPES-DA-SILVA, M.; SILVA, S. X. B.; RIBEIRO, L. C.; RANGEL, L. E. P. (Eds.). **Defesa vegetal: fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015. p. 183-203.

MIRANDA, S. H. G.; NASCIMENTO, A. M.; XIMENES, V. P. Potenciais impactos socioeconômicos da expansão da mosca-da-carambola. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: Fealq, 2015. p. 132-149.

MORAIS, P. D; MORAIS, J. D. **O Amapá em perspectiva: uma abordagem histórico-geográfica**. Macapá: Gráfica J. M., 2005.

NASCIMENTO, A. S.; CARVALHO, R. S. Manejo integrado de moscas-das-frutas. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 169-173.

NÚÑEZ-BUENO, L. Las moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae). **Revista ICA**, v. 29, p. 121-134, 1994.

- OLIVEIRA, U. C.; OLIVEIRA, P. S. Mapas de Kernel como Subsídio à Gestão Ambiental: Análise dos Focos de Calor na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, Ceará, nos Anos 2010 a 2015. Espaço Aberto, PPGG - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 7, n.1, p. 87-99, 2017.
- PASINATO, J.; REDAELLI, L. R.; BOTTON, M.; JESUS-BARROS, C. R.; Biology and fertility life table of *Bactrocera carambolae* on grape and acerola. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 63, n. 3, p. 217-223, 2019.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 11, 1633-1644, <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>, 2007.
- R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. URL. <https://www.R-project.org/>.
- SALLES, L. A. B. **Bioecologia e controle da mosca-das-frutas sul-americana**. Pelotas: Embrapa - Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, 1995. 58 p.
- SAUERS-MÜLLER, A. van. Host plants of the carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae), in Suriname, South America. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 2, p. 203-214, 2005.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Bimetrika**, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.
- SILVA JUNIOR, O. M.; SILVA, E. A. C.; AMARAL, C. F. A. C.; MELÉM, T. M. F.; SILVA, W. S.; SILVA, P. S. **Atlas Geográfico Escolar do Estado do Amapá – Macapá: GERCO/IEPA**. UNIFAP, 2022. 104 p.
- SILVA, O. L. R.; SUMAN, R.; SILVA, J. R. **Mosca da carambola (*Bactrocera carambolae* Drew & Hancock)**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 10 p. (Alerta Quarentenário, 1).
- SILVA, R. A.; JORDÃO, A. L.; SÁ, L. A. N.; OLIVEIRA, M. R. V. **Mosca-da-carambola: uma ameaça à fruticultura brasileira**. Macapá: Embrapa Amapá, 2004. 15 p. (Circular Técnica, 31).
- SILVA, R. A.; JORDÃO, A. L.; SÁ, L. A. N.; OLIVEIRA, M. R. V. Ocorrência da mosca-da-carambola no Estado do Amapá. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 4, n. 7, 2005.
- SILVA, R. A.; LIMA, A. L.; DEUS, E. G. Controle biológico de moscas-das-frutas na Amazônia: um caminho para o desenvolvimento sustentável da fruticultura. **Inclusão Social**, v. 6, n. 2, p. 90-99, 2013.
- SOARES, G. K. A.; FIDELIS, E. G.; FARIAS, E. S.; RODRIGUES, G. S.; PAES, J. L. A. Range expansion and population dynamics of *Bactrocera carambolae* in Roraima, Brazil. **Crop Protection**, v. 165, 2023.

SOUSA, M. S. M.; SANTOS, J. C. R.; JESUS, C. R.; YOKOMIZO, G. K.; DEUS, E. G.; PEREIRA, J. F.; ADAIME, R. Goiabeiras comuns contribuem para expansão da área de distribuição de *Bactrocera carambolae* na Amazônia brasileira. In: PACHECO, J. T. R.; KAWANISHI, J. Y.; NASCIMENTO, R. (Org.). **Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 196-206.

SPEARMAN, C. The Proof and Measurement of Association between Two Things. **The American Journal of Psychology**, v. 15, n. 1, p. 72-101, 1904.

TAN, K. H.; NISHIDA, R.; JANG, E. B.; SHELLY, T. E. Pheromones, male lures, and trapping of tephritid fruit flies. In: **Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies**. Springer: Netherlands, p. 15-74, 2014.

USDA. **Action plan**: oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel). 1989. 56 p. Disponível em: https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/fruit_flies/downloads/orientalff.pdf. Acesso em: 7 fev. 2023.

VAYSSIÈRES, J-F; KORIE, S.; AYEIGNON, D. Correlation of fruit fly (Diptera Tephritidae) infestation of major mango cultivars in Borgou (Benin) with abiotic and biotic factors and assessment of damage. **Crop Protection**, v. 28, n. 6, p. 477-488, 2009.

VAYSSIÈRES, J-F; SINZOGAN, A.; ABANDONON, A. **Control of fruit flies through phytosanitary hygiene of orchards**: prophylactic method. Leaflet 10. Regional Fruit Fly Control Project in West Africa (WAFFI), 2008. 4 p.

VIJAYSEGARAN, S.; OMAN, M. S. Fruit flies in Malaysian peninsular: their economic importance and control strategies. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE BIOLOGY AND CONTROL OF FRUIT FLIES, 1991, Okinawa. **Proceedings [...]** Okinawa: The Okinawa Prefectural Government, 1991. p. 105-115.

VILHENA, J. E. S.; LIMA E SILVA, R. B.; FREITAS, J. L. **Climatologia do Amapá**: quase um século de história. Rio de Janeiro: Gramma, 2018. 100 p.

WEI, T.; SIMKO, V. **R package “corrplot”**: Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.92), 2021. Available from <https://github.com/taiyun/corrplot>

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics**: a Modern Approach. South-Western College Publishing, a division of Thomson Learning. Cap. 1, p. 8, 2000.

ANEXO

Anexo A - Fêmea de *Bactrocera carambolae*
Autora: Cristiane Reamos de Jesus

