**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Altura de voo e composição de espécies de *Anastrepha* Schiner,
1868 (Diptera: Tephritidae) em ambiente antropizado**

Nyeppson de Sousa Soares

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2021**

Nyeppson de Sousa Soares
Licenciado em Ciências Biológicas

**Altura de voo e composição de espécies de *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera:
Tephritidae) em ambiente antropizado**
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **MARCOANDRE SAVARIS**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

Piracicaba
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Soares, Nyeppson de Sousa

Altura de voo e composição de espécies de *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Tephritidae) em ambiente antropizado / Nyeppson de Sousa Soares. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2021.

59 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Amostragem 2. Armadilha Multilure 3. Diversidade 4. Índices faunísticos 5. Moscas-das-frutas 6. Trypetinae I. Título

Com Amor,
Dedico aos meus avós,
aos meus pais Wilcimar e Iracema
e à irmã Shaymar.

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. Marcoandre Savaris**, pela orientação, ensinamentos, confiança e incentivo constantes, por me propiciar a oportunidade de estudar as moscas-das-frutas e servir como um exemplo de profissional;

Ao **Prof. Dr. Roberto Antonio Zucchi**, pela ajuda durante a realização da minha pesquisa, conversas sobre moscas-das-frutas e revisão da dissertação;

Ao **Dr. Walter Mesquita Filho e à Dra. Mayara Ribeiro de Araujo**, pela ajuda com as análises estatísticas e revisão da dissertação;

Ao **Prof. Dr. Sinval Silveira Neto e à Dra. Silvana Lampert**, pelos momentos de convívio no laboratório e disposição em ajudar sempre que necessário;

Ao amigo de laboratório, **José Gabriel Gonçalves Ribeiro**, pela ajuda durante a realização do projeto de mestrado com as moscas-das-frutas;

Aos amigos do Laboratório de Taxonomia de Insetos – LTI, **Ana Carolina Lopes da Silva, Alexandre Santos Araújo, José Gabriel Gonçalves Ribeiro, Priscila Andre Sanz-Veiga e Vinícius Piqueira**, pela excelente convivência e amizade;

Aos **amigos** do Programa de Pós-graduação em Entomologia e Acarologia, e também aqueles fora da instituição, pelo apoio mútuo e convivência;

A todos os **professores** do Departamento de Entomologia e Acarologia, pelos ensinamentos e convivência, em especial **Prof. Dr. Sinval Silveira Neto e Prof. Dr. Roberto Antonio Zucchi**, pelos momentos de convívio no laboratório e disposição em ajudar sempre que necessário;

A todos os **professores (as)** que fizeram parte da minha trajetória como estudante e contribuíram para minha formação profissional e social;

Aos meus pais **Wilcimar Soares** e **Iracema Maria de Sousa Soares**, pelo apoio, incentivo durante minha caminhada, e por terem me dado a possibilidade de ter acesso a uma boa educação;

À minha irmã **Shaymar de Sousa Soares**, pelo apoio e incentivo para que continuasse a trajetória acadêmica;

A todos os meus **familiares** pelo apoio e incentivo durante minha caminhada;

À **Universidade de São Paulo** e ao **Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, por ter proporcionado a minha formação em nível de mestrado;

À **Capes** pela bolsa de estudo concedida;

A **todos** que ajudaram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

*"Nothing in biology makes sense except in
the light of evolution" Theodosius
Dobzhansky*

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Moscas-das-frutas	15
2.2 Gênero <i>Anastrepha</i>	16
2.3 Plantas hospedeiras	17
2.4 Índices de diversidade e aplicação em moscas-das-frutas	19
2.5 Dinâmica de composição faunística de moscas-das-frutas	19
2.6 Estratificação vertical em moscas-das-frutas	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Área de estudo	23
3.2 Levantamento de espécies de <i>Anastrepha</i>	24
3.3 Triagem e preparação dos espécimes para estudos taxonômicos	27
3.4 Identificação	27
3.5 Análise dos dados	28
3.5.1 Comparação da abundância das espécies entre alturas	28
3.5.2 Flutuação Populacional	29
3.5.3 Análise de diversidade	29
3.6 Análise da composição de espécies	30
4 RESULTADOS	31
4.1 Coletas	31
4.1.2 Comparação da abundância	31
4.1.3 Flutuação populacional	35
4.2 Análise de diversidade	37
5 DISCUSSÃO	39
5.1 Abundância de espécies de <i>Anastrepha</i> no campus “Luiz de Queiroz” ..	40
5.2 Interação de espécies de <i>Anastrepha</i> com alturas	41
5.2.1 Flutuação populacional	46
5.3 Análise de diversidade	48
6 CONCLUSÕES	50

REFERÊNCIAS.....	51
------------------	----

RESUMO

Altura de voo e composição de espécies de *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Tephritidae) em ambiente antropizado

Os estudos da diversidade e abundância de espécies são relevantes para compreender os aspectos ecológicos como, dinâmica populacional, riqueza e diversidade das comunidades de moscas-das-frutas. Nessas pesquisas, as armadilhas do tipo McPhail ou Multilure são instaladas a cerca de 2 m de altura, mais acessível para o coletor. Assim, praticamente não há dados sobre a dinâmica das espécies em posições mais altas por exemplo, ao redor de 10 m na copa das árvores. Sendo assim, é apresentada uma análise comparativa para avaliar a influência da altura de armadilhas Multilure na coleta de *Anastrepha* spp. nos ambientes agrícolas e florestais do campus “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, SP. Foram instaladas 32 armadilhas, de 15 de abril de 2019 a 14 abril de 2020. Foram selecionadas quatro áreas de amostragem: (1) Fazenda Areão (22°41'41.90"S 47°38'25.22"W, 556 m), (2) Área Central (22°42'40.56"S 47°37'55.71"W, 560 m), (3) margem do rio Piracicamirim (22°42'22.58"S 47°37'39.05"W, 531 m) e (4) Monte Olimpo (22°43'9.41"S 47°36'43.37"W, 585 m). Cada ponto foi dividido em 4 blocos com 8 armadilhas dispostas em 4 plantas diferentes em áreas de cultivo (pomares) e de floresta nativa. Em cada bloco, as armadilhas foram instaladas da seguinte forma: uma armadilha alta ($\cong$ 10 m), e uma baixa ($\cong$ 2 m), na mesma planta ou em plantas próximas. Para captura dos espécimes de *Anastrepha*, foi utilizado atraente à base de putrescina e acetato de amônio. Em cada armadilha foram colocados 250 mL de propilenoglicol (C₃H₈O₂), para preservar os insetos coletados. As armadilhas foram vistoriadas a cada 15 dias e o material coletado armazenado em frascos plásticos contendo etanol 99%. Os espécimes de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* foram triados e identificados no Laboratório de Taxonomia de Insetos – LTI da ESALQ/USP. A abundância das espécies de *Anastrepha* foram comparadas por meio de índices faunísticos, utilizando-se o pacote iNEXT, tendo como base o número de Hill para cada altura e área de coleta. O *Heat map graph*, com base na distância euclidiana, foi utilizado para avaliar a interação das espécies com cada altura e ambiente. Foram coletadas 1.080 fêmeas de *Anastrepha*, sendo 722 nas armadilhas altas e 358 nas armadilhas baixas. Foram coletadas 14 espécies: *Anastrepha amita* Zucchi, *A. barbiellinii* Lima, *A. bistrigata* Bezzi, *A. daciformis* Bezzi, *A. distincta* Greene, *A. elegans* Blanchard, *A. fraterculus* (Wiedemann), *A. grandis* (Macquart), *A. obliqua* (Macquart), *A. pseudoparallela* (Loew), *A. punctata* Hendel, *A. serpentina* (Wiedemann), *A. sororcula* Zucchi e *A. zenildae* Zucchi. *Anastrepha fraterculus* e *A. obliqua* foram as espécies mais abundantes. Contudo, a abundância e diversidade entre as espécies de *Anastrepha*, nas duas alturas, mostraram padrões distintos de distribuição em cada área estudada.

Palavras-chave: Amostragem, Armadilha Multilure, Diversidade, Índices faunísticos, Moscas-das-frutas, Trypetinae

ABSTRACT

Flight height and composition of species of *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Tephritidae) in an anthropized environment

Studies on species diversity and abundance are relevant for understanding ecological aspects such as, population dynamics, wealth and diversity of fruit fly communities. In these surveys, McPhail or Multilure traps are hung about 2 m high more accessible to the collector. Thus, there is practically no data on the dynamics of the fruit fly species in higher positions for example, around 10 m in the canopy of trees. Therefore, a comparative analysis is presented to assess the influence of the height of Multilure traps in the collection of *Anastrepha* spp. in the agricultural and forest environments of the “Luiz de Queiroz” campus, in Piracicaba, SP. A total of 32 traps were installed in different environments, from April 15, 2019 to April 14, 2020. Four sampling areas were selected: (1) Areão Farm (22°41'41.90"S 47°38'25.22" W, 556 m), (2) Central Area (22°42'40.56"S 47°37'55.71"W, 560 m), (3) Piracicamirim river bank (22°42'22.58"S 47°37'39.05"W, 531 m), and (4) Monte Olimpo (22°43'9.41"S 47°36'43.37"W, 585 m). Each point was divided into 4 blocks with 8 traps arranged in 4 different plants in cultivation areas (orchards) and native forest. In each block, the traps were installed as follows: a high trap ($\cong$ 10 m) and a low trap ($\cong$ 2 m), in the same plant or nearby plants. To collect *Anastrepha* specimens, was used as attractive putrescine and ammonium acetate. In each trap, 250 mL of propyleneglycol (C₃H₈O₂) was placed to preserve the collected insects. The traps were inspected every 15 days and the collected material stored in plastic vials containing ethanol 99%. The specimens of *Anastrepha* were identified at the Insect Taxonomy Laboratory – LTI at ESALQ/USP. The abundance of *Anastrepha* species was compared using faunistic indices, using the iNEXT package, based on the Hill number for each height and collection area. The Heat map graph, based on the Euclidean distance, was used to assess the interaction of species with each height and environment. A total of 1.080 females of *Anastrepha* were collected, 722 in the high traps and 358 in the low traps. Adults of 14 species were collected: *Anastrepha amita* Zucchi, *A. barbiellinii* Lima, *A. bistrigata* Bezzi, *A. daciformis* Bezzi, *A. distincta* Greene, *A. elegans* Blanchard, *A. fraterculus* (Wiedemann), *A. grandis* (Macquart), *A. obliqua* (Macquart), *A. pseudoparallela* (Loew), *A. punctata* Hendel, *A. serpentina* (Wiedemann), *A. sororcula* Zucchi and *A. zenildae* Zucchi. *Anastrepha fraterculus* and *A. obliqua* were the most abundant species. However, the abundance and diversity among *Anastrepha* species, at both heights, showed different patterns of distribution in each study area.

Keywords: Sampling, Multilure trap, Diversity, Faunistic indices, Fruit fly, Trypetinae

LISTA DE FIGURAS

- Figura – 1 Distribuição das áreas de amostragem de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP..... 23
- Figura – 2 Áreas de coleta de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. A) Fazenda Areão. B) Área Central. C) margem do rio Piracicamirim. D) Monte Olimpo..... 24
- Figura – 3 Coleta de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. A) Armadilha alta (seta vermelha). B) Armadilha baixa. C) Coleta na armadilha alta. D) Base da armadilha e insetos capturados. E) Exemplos de *Anastrepha* e outros dípteros capturados 26
- Figura – 4 Asas das espécies de *Anastrepha* coletadas no campus "Luiz de Queiroz". Piracicaba, SP, de 15 de abril de 2019 a 14 de abril de 2020. A) *A. amita*. B) *A. barbiellinii*. C) *A. bistrigata*. D) *A. daciformis*. E) *A. distincta*. F) *A. elegans*. G) *A. fraterculus*. H) *A. grandis*. I) *A. obliqua*. J) *A. pseudoparallela*. K) *A. punctata*. L) *A. serpentina*. M) *A. sororcula*. N) *A. zenildae*. Escala = 1 mm 32
- Figura – 5 *Heat map graph* de todas as áreas juntas da interação das espécies de *Anastrepha* coletadas com armadilhas Multilure em duas alturas no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP (tons de laranja a vermelho = forte interação; tons de amarelo = média interação; tons de azul = fraca interação; azul forte = sem interação).35
- Figura – 6 Flutuação populacional das espécies mais abundantes de *Anastrepha* nas alturas de 2 e 10 m no campus "Luiz de Queiroz". A) *Anastrepha fraterculus*. B) *Anastrepha obliqua*. 36
- Figura – 7 Interpolação e extrapolação da diversidade de espécies de *Anastrepha*, no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, por altura de armadilhas (baixas, 2 m e altas, 10 m). Ordem $q = 0$ (painel esquerdo), $q = 1$ (painel central) e $q = 2$ (painel direito). 37
- Figura – 8 Interpolação e extrapolação da diversidade de espécies de *Anastrepha* no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, de ordem $q = 0$ (painel esquerdo), $q = 1$ (painel central) e $q = 2$ (painel direito), por altura de armadilhas – baixas (2 m) e altas (10 m), em cada uma das áreas de coletas (Área A = Fazenda Areão 10 m, Área B = Fazenda Areão 2 m; Área CA = Área Central 10 m, Área CB = Área Central 2 m; R Pira A = rio Piracicamirim 10 m, R Pira B = rio Piracicamirim 2 m; M Olim A = Monte Olimpo 10 m e M Olim B = Monte Olimpo 2 m). 38

LISTA DE TABELAS

Tabela – 1 Espécies de *Anastrepha* capturadas em 32 armadilhas Multilure instaladas em duas alturas em quatro áreas no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, de abril 15 de 2019 a 14 de abril de 202033

Tabela – 2 Teste multivariado para comparar o grau de influência significativa das variáveis estudadas na abundância de *Anastrepha* entre 2 e 10 m no campus “Luiz de Queiroz” Piracicaba, SP. GL. Res = Grau de Liberdade dos Resíduos; GL. Trat = Grau de Liberdade dos Tratamentos; Dev = Variância pelo GLM; Pr (>Dev) = P valor34

1 INTRODUÇÃO

As moscas-das-frutas pertencem à família Tephritidae e estão amplamente distribuídas em todo o mundo, exceto nos polos e áreas desérticas, onde seus hospedeiros estão ausentes (FOOTE, 1980; THOMPSON, 1999). A família conta com 4.968 espécies descritas (MARTINEZ et al., 2020), as quais podem ser reconhecidas principalmente com base na veia subcostal (Sc), que é dobrada em ângulo reto, em direção a quebra da veia costal (C) (ZUCCHI, 2000; NORRBOM, 2010).

Entre os gêneros de moscas-das-frutas com maior importância econômica destacam-se, *Anastrepha* Schiner, 1868, *Ceratitis* MacLeay, 1829, *Rhagoletis* Loew, 1862, *Dacus* Fabricius, 1805 e *Bactrocera* Macquart, 1835 (NORRBOM et al., 1999; ZUCCHI, 2000; MARTINEZ et al., 2020).

O gênero *Anastrepha* está representado por mais de 300 espécies descritas e forma o maior clado de moscas-das-frutas das Américas (MENGUAL et al., 2017; NORRBOM et al., 2018). As larvas, da maioria das espécies de *Anastrepha*, se alimentam de frutos carnosos ou sementes, com exceção de *Anastrepha manihoti* Lima, 1934, que se desenvolve em ponteiros de mandioca (NORRBOM, 2010; LEMOS, 2015a). Muitas das espécies de *Anastrepha* atacam várias frutíferas de interesse econômico e algumas se desenvolvem em plantas com látex, especialmente frutos da família Sapotaceae (NORRBOM, 2010).

Algumas espécies são pragas generalistas, por exemplo, espécie nominal - complexo *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (HERNÁNDEZ-ORTIZ et al., 2015). *Anastrepha ludens* Loew, 1873, *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) e *Anastrepha suspensa* (Loew, 1862) (NORRBOM, 2004; NORRBOM, 2010), motivo pelo qual possuem grande importância econômica, por conta de seus danos aos frutos, resultando em enormes perdas anuais para a fruticultura (MARSARO-JÚNIOR et al., 2013; CAMARGOS et al., 2015). Segundo os relatórios do Fundo de Defesa da Agricultura – Fundecitrus, o encerramento da safra de 10 de abril de 2019 foi de 285,98 milhões de caixas de laranja, 0,8% menor que à projeção inicial devido à queda de frutos causada por bicho-furão *Gymnandrosoma aurantianum* Lima, 1927 e moscas-das-frutas.

No Brasil são conhecidas 121 espécies de *Anastrepha*, com registros em praticamente todos os estados, sendo *A. fraterculus* e *A. obliqua* as espécies de maior importância e amplitude de distribuição (ZUCCHI; MORAES, 2008). As moscas-das-

frutas constituem um dos grupos de maior importância econômica (ALUJA, 1999; ZIDA et al., 2020), fazendo-se necessário mais pesquisas com o intuito de entender os padrões de distribuição, abundância, biologia e comportamento, que servem de base para medidas de manejo de espécies-praga em ambientes cultivados.

As alturas das armadilhas comumente utilizadas para o monitoramento de *Anastrepha* variam entre 1,5 a 2,5 metros, onde são facilmente alcançadas pelo coletor na copa de frutíferas cultivadas. Os trabalhos sobre abundância de moscas-das-frutas em diferentes alturas iniciaram-se na década de 80 com Hedström e Gonzalez (1987) e Hedström (1992) com ênfase em *Anastrepha striata* Schiner, 1868 e recentemente Ribeiro et al. (2021), avaliaram a abundância e flutuação populacional da mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) a 2 e 10 m no campus “Luiz de Queiroz”. Diante da escassez de estudos acerca da coleta em altura mais elevada, o presente estudo teve como objetivo, avaliar a composição de espécies de *Anastrepha* coletadas com armadilhas Multilure instaladas a 2 e 10 m de altura, em ambientes agrícolas e florestais no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Moscas-das-frutas

Os dípteros da família Tephritidae são popularmente conhecidos como moscas-das-frutas e suas larvas geralmente se desenvolvem no interior de frutos alimentando-se da polpa, causando danos e tornando-os não comercializáveis (NORRBOM, 2010; SAVARIS et al., 2016).

Por conta do grande potencial de dano econômico, muitas das espécies dessa família constituem-se importantes pragas agrícolas de frutíferas no Brasil (ZUCCHI, 2000). Os adultos geralmente medem de 2 a 35 mm de comprimento e a maioria das espécies é fitófaga (FOOTE; BLANC; NORRBOM, 1993; NORRBOM, 2010; SAVARIS et al., 2016). As larvas de aproximadamente 35% dos tefritídeos utilizam frutos como hospedeiros; 40% se desenvolvem em capítulos, galhas, raízes ou formam minas em folhas de plantas da família Asteraceae (WHITE; ELSON-HARRIS, 1994; NORRBOM, 2010). Além das espécies fitófagas, alguns representantes da subfamília Tachiniscinae parasitam larvas e pupas de lepidópteros da família Saturniidae e algumas espécies da subfamília Phytalminae possuem hábitos saprófagos (FOOTE; BLANC; NORRBOM, 1993; NORRBOM, 2010).

Os danos nos frutos são causados pelas fêmeas quando introduzem o acúleo para realizar a deposição dos ovos, e pelas larvas ao consumir a polpa dos frutos, ocasionando diversos prejuízos desde a maturação precoce, podridão e queda prematura do fruto (ADAIME et al., 2017; ALMEIDA et al., 2019). Algumas espécies ainda podem ocasionar a queda de frutos verdes, mesmo sem que tenha ocorrido o desenvolvimento total das larvas, como é o caso de *A. fraterculus* em ameixa, *Prunus salicina* Lindl. A espécie *A. fraterculus* (lato sensu) é a praga mais importante dentre as moscas-das-frutas da citricultura do estado de São Paulo (SALLES, 1999; NORA; SUGIURA, 2001; RAGA et al., 2004).

A biologia das moscas-das-frutas ocorre basicamente em três tipos de ambientes: primeiro na vegetação, onde ocorre o acasalamento e localização das plantas hospedeiras; o segundo estágio nos frutos, os quais abrigam ovos e larvas, que passam seu ciclo alimentando-se da polpa e, por último, no solo, onde as larvas

migram após a queda dos frutos para pupar e completar seu ciclo biológico (MALAVASI; BARROS, 1988; SALLES, 2000).

Por ocasionar diversas perdas à fruticultura, as moscas-das-frutas são um dos principais problemas globais na produção de frutos, pois os prejuízos causados elevam muito os custos de produção decorrentes das consecutivas aplicações de inseticidas e perdas anuais de produção (OLIVEIRA et al., 2019; ARAUJO et al., 2019a; BARRETO et al., 2020). As espécies-praga de frutíferas atingem rapidamente os níveis de dano econômico, até mesmo quando apresentam baixas densidades populacionais. Nesse sentido, têm sido gastos milhões de reais na tentativa de erradicar essas pragas em frutíferas comerciais por diferentes métodos de controle, como o químico, comportamental e cultural (BITTENCOURT et al., 2006). Além disso, algumas espécies têm ocasionado restrições quarentenárias impostas por países importadores de frutos *in natura* (BITTENCOURT et al., 2006).

2.2 Gênero *Anastrepha*

O gênero *Anastrepha* Schiner, 1868 tem como espécie-tipo *Anastrepha serpentina* (Wiedemann, 1830) (NORRBOM et al., 1999). Os representantes do gênero apresentam: três ou quatro pares de cerdas fronto-orbitais inferiores; dois pares de cerdas orbitais; cerdas ocelares geralmente curtas; antena geralmente não ultrapassando a face; flagelo com ápice arredondado; arista usualmente pubescente; dois pares de cerdas escutelares; asas com padrão típico apresentando faixas C, S e V marrons ou amareladas, às vezes fusionadas ou reduzidas; algumas espécies mimetizam vespas e apresentam faixa costal completa; veia transversal r-m usualmente localizada na região apical em relação ao meio da célula dm; veia M fortemente curvada anteriormente na região apical e encontrando a veia C sem ângulo visível; genitália do macho com epândrio largo e surstilos laterais curtos ou alongados, sendo o surstilo medial mais curto que o surstilo lateral; duas prensisetas robustas apicalmente; proctiger membranoso, fracamente esclerotizado lateralmente e ventralmente; falo alongado, geralmente mais longo que o comprimento do ovíscapo das fêmeas; glândula fracamente esclerotizada com um esclerito apical em forma de “T”, ausente em algumas espécies; terminália da fêmea com ovíscapo tubular com comprimento variável; presença de membrana eversível (invertida dentro do ovíscapo), apicalmente com grupo de dentículos dorsais esclerotizados em forma de

ganchos; acúleo bem esclerotizado (invertido dentro da membrana eversível e oviscapo), ápice liso ou serrilhado lateralmente (FOOTE, 1980; NORRBOM et al., 2012).

Anastrepha inclui espécies de importância econômica, impactando grandes culturas de frutíferas nas Américas, sendo as principais espécies, *Anastrepha ludens* (Loew, 1873), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835), *Anastrepha striata* Schiner, 1868, *Anastrepha suspensa* (Loew, 1862), *Anastrepha serpentina* (Wiedemann, 1830), *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846), o complexo *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) de espécies crípticas e a mosca-do-mamão, *Anastrepha curvicauda* (Gerstaecker, 1860) (NORRBOM, 2004).

As espécies de *Anastrepha* estão amplamente distribuídas em todo o continente americano, principalmente na América Central (região Neotropical do México, Guatemala, Costa Rica e Panamá) e em todos países da América do Sul (Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Paraguai, Peru, Suriname, Uruguai e Venezuela). No extremo sul dos EUA, há registros de 18 espécies (NORRBOM et al., 1999). No Brasil, são registradas 121 espécies e o gênero está presente em todos os estados (ZUCCHI; MORAES, 2008).

Avanços significativos sobre o conhecimento da taxonomia do gênero no Brasil foram realizados especialmente a partir da década de 1970. Em Zucchi (2000), é apresentada uma chave para a identificação da maioria das espécies de *Anastrepha*, além de dados de distribuição e plantas hospedeiras para a maioria dos estados brasileiros. Entretanto, a mais completa e mais bem ilustrada chave para identificação das espécies de *Anastrepha* foi elaborada por Norrbom et al. (2012).

2.3 Plantas hospedeiras

As plantas consideradas excelentes hospedeiras de moscas-das-frutas, são aquelas cujos frutos possibilitam o desenvolvimento das suas fases de ovo e larvas (ALUJA; MANGAN, 2008; ALMEIDA et al., 2019).

Os tefritídeos apresentam relações características com seus respectivos hospedeiros (JIRÓN; HEDSTRÖM, 1991). Portanto, as moscas-das-frutas estão sempre associadas com espécies, gêneros ou famílias específicas de plantas, compreendendo um fenômeno dinâmico, onde o crescimento ou declínio de suas

populações podem variar em função das mudanças nos padrões fenológicos envolvidos nos ciclos das frutíferas (ZUCCHI, 2000; ALMEIDA et al., 2019).

As moscas-das-frutas são especialistas quando se desenvolvem em poucas espécies de plantas hospedeiras ou generalistas, quando exploraram hospedeiros de mais de dez famílias botânicas (RAUSHER, 1993; NORMARK; JOHNSON, 2011).

Para as moscas-das-frutas, é sabido que existem tanto espécies especialistas como generalistas (SELIVON, 2000), e essas espécies podem ser classificadas como, monófagas, estenófagas, oligófagas e polífagas (ALUJA, 1994). Desse modo, as principais espécies-praga dentro de *Anastrepha* são polífagas ou oligófagas, por exemplo, *A. fraterculus* (lato sensu), *A. ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina*, *A. striata* e *A. suspensa* (ALUJA, 1994; SELIVON, 2000).

Outras espécies são monófagas, por exemplo, *Anastrepha elegans* Blanchard, 1937, que possui como hospedeiro *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl. (Sapotaceae) (GARCIA; SAVARIS; BOGUS, 2008) e *Anastrepha hadropickeli* Canal, Uramoto, Zucchi, 2013, *Anastrepha manihoti* Lima, 1934 e *Anastrepha pickeli* Lima, 1934, que possuem como hospedeiro *Manihot esculenta* Crantz (LIMA, 1934; CANAL; URAMOTO; ZUCCHI, 2013). Entre as espécies estenófagas, encontra-se *A. grandis*, que possui como hospedeiros algumas espécies de Cucurbitaceae e *Anastrepha pseudoparallela* (Loew, 1873), que tem como hospedeiros espécies de Passifloraceae (SELIVON, 2000; ZUCCHI; MORAES, 2008).

Assim, as espécies generalistas diferentemente das especialistas, apresentam maior distribuição por explorarem maior número de plantas hospedeiras (SELIVON, 2000; MINHIBO et al., 2019). A atração e ocupação de uma planta hospedeira por determinada espécie de mosca-das-frutas, não é um fator dependente apenas de um tipo de comportamento, mas sim de um conjunto hierárquico e dinâmico, ocasionado pela junção de múltiplos componentes distintos (ZIDA et al., 2020). As variações que remetem a utilização de plantas hospedeiras pelas espécies de *Anastrepha*, podem diferir dependendo do tipo de resposta às mudanças no seu estado fisiológico interno, por vezes relacionados à falta de hospedeiros preferenciais e aqueles vinculados a experiências anteriores (ALUJA; MANGAN, 2008).

As informações e estudos a respeito dos hospedeiros de muitas espécies de *Anastrepha* ainda são escassos, fazendo-se necessário a amostragem de frutos que possibilitem a descoberta de novos registros de hospedeiros (NORRBOM;

KORYTKOWASKI, 2011). No Brasil, das 121 espécies de *Anastrepha* registradas, apenas 61 tem hospedeiros conhecidos e destas 50% apresentam um único hospedeiro (ZUCCHI; MORAES, 2008).

2.4 Índices de diversidade e aplicação em moscas-das-frutas

Os índices faunísticos permitem a caracterização dos padrões biológicos, ecológicos e comportamentais nas comunidades de organismos, além de fazer comparações entre cada um desses parâmetros (SILVEIRA NETO et al., 1976; MAGURRAN, 2013). Os índices de diversidade ou faunísticos são medidas usadas para analisar e comparar a dinâmica populacional por meio de dados gerados a partir de modelos matemáticos (GOTELLI, 2009).

Entre as medidas de diversidade mais utilizadas, destacam-se os índices de Shannon e Simpson (MAGURRAN, 2013). O índice de Shannon permite medir a diversidade de espécies propriamente dita, e prever o grau de incerteza de um indivíduo escolhido ao acaso dentro de uma amostra, pertencer à uma determinada espécie (KREBS, 2013). O índice de Simpson calcula a dominância de espécies, refletindo a probabilidade de que dois indivíduos, escolhidos ao acaso em uma comunidade, pertençam à mesma espécie (SIMPSON, 1949).

Os estudos faunísticos das moscas-das-frutas no Brasil iniciaram-se na década de 1980 (ARRIGONI, 1985). Muitos estudos de comunidades de moscas-das-frutas no Brasil, realizados por meio de índices faunísticos, têm contribuído para o conhecimento da dinâmica populacional nos mais variados tipos de ecossistemas brasileiros (AGUIAR-MENEZES et al., 2008; SILVA et al., 2014). A maioria dessas pesquisas têm indicado que algumas espécies de *Anastrepha* e a mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), são dominantes principalmente nas regiões Sul e Sudeste, onde se cultiva o maior número de frutíferas, as quais são consideradas os principais hospedeiros das moscas-das-frutas (MALAVASI; MORGANTE; ZUCCHI, 1980; ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019).

2.5 Dinâmica de composição faunística de moscas-das-frutas

A obtenção de informações a respeito da dinâmica populacional das moscas-das-frutas e análises faunísticas, compreendem um parâmetro de fundamental

importância para todos os produtores de frutas no mundo (OLIVEIRA et al., 2017; ALVES et al., 2019). Os estudos desses fatores podem influenciar na tomada de decisão e obter respostas relacionadas ao pomar, por exemplo, qual espécie é praga-chave, em qual período sazonal ocorre determinada espécie de mosca-das-frutas, a disponibilidade de alimento e ainda compreender os impactos das condições ambientais (precipitação pluvial, temperatura e umidade relativa do ar) no pomar (ALUJA et al., 2012; ALVES et al., 2019).

A dinâmica populacional, por estar relacionada às técnicas de manejo de moscas-das-frutas, pode ser conhecida por meio de estudos de flutuação populacional (LEMOS et al., 2015b; GALLI et al., 2017; MACIEL et al., 2017).

Algumas variáveis como, condições climáticas, disponibilidade de hospedeiros e inimigos naturais, podem influenciar na flutuação populacional das moscas-das-frutas (ALUJA; MANGAN, 2008; LEMOS et al., 2015a). Nesse sentido, as informações a respeito da flutuação populacional de moscas-das-frutas e suas interações com fatores bióticos e abióticos devem ser adequadamente obtidas e interpretadas para o manejo desses insetos-praga (ALUJA et al., 2012).

A flutuação populacional de moscas-das-frutas depende de um conjunto de fatores tais como, disponibilidade de frutos hospedeiros presentes em seus ambientes, estação do ano, hospedeiros alternativos, entre outros (ALUJA et al., 1996; ALUJA; MAGAN, 2008; MONTES et al., 2011; GALLI et al., 2019). Contudo, estudos de levantamentos das espécies de moscas-das-frutas, suas plantas hospedeiras e seus parasitoides são fundamentais para melhor compreensão desse grupo de insetos (ZUCCHI, 2000; SILVA; SILVA, 2007).

O conhecimento da dinâmica desses fatores é importante do ponto de vista de estudos de monitoramento populacional, para detectar espécies-praga, exóticas ou quarentenárias e obter uma caracterização mais precisa da população da praga em termos qualitativos e quantitativos, o que favorece o controle local ou regional (ALUJA et al., 2012; GALLI et al., 2019). Por exemplo, Araujo et al. (2019b) observaram que existe uma correlação entre a precipitação pluvial mensal com a flutuação populacional de espécies de *Anastrepha*, as quais podem interagir de diferentes maneiras com essa variável.

Ao longo de décadas, estudos de flutuação populacional de moscas-das-frutas vêm sendo conduzidos no Brasil. Para a realização dessas pesquisas, são usadas armadilhas geralmente do tipo McPhail, instaladas nos mais variados tipos de

agroecossistemas. Por exemplo, o estudo conduzido por Uramoto; Walder e Zucchi (2005) no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP com armadilhas McPhail, mostrou uma tendência de aumento populacional de moscas-das-frutas de agosto a setembro, coincidindo com a maior disponibilidade de frutos hospedeiros no campus.

2.6 Estratificação vertical em moscas-das-frutas

Os fatores bióticos e abióticos podem influenciar na distribuição e no local, onde vivem os organismos em um ecossistema. As variáveis abióticas (radiação solar, temperatura, vento, precipitação pluvial e umidade relativa do ar) afetam a distribuição espacial e temporal de insetos dentro de seu habitat natural, atuando como elementos essenciais para manter trocas de energia, balanço hídrico e regulação térmica (DIXON, 1970; HEDSTRÖM, 1992).

A estratificação vertical em insetos pode gerar faunas adaptadas, onde cada uma pode ser apta a explorar diferentes tipos de nichos ecológicos, sendo um mecanismo eficaz na diminuição da competição e aumento do número de espécies, que podem coexistir em um mesmo local (TOBIN, 1997).

Em moscas-das-frutas, a estratificação vertical ainda é um fenômeno pouco estudado, não havendo muitas informações sobre esse tema, principalmente referente às espécies neotropicais (HEDSTRÖM; GONZALEZ, 1987).

Os primeiros estudos com estratificação vertical em moscas-das-frutas foram realizados com *A. striata* na Costa Rica Hedström e Gonzalez (1987) e Hedström (1992). Em Guácimo, província de Limón, e em Puerto Viejo de Sarapiquí, Hedström e Gonzalez (1987) avaliaram a distribuição vertical de *A. striata* nas alturas de 3 a 10 m em goiabeiras, *Psidium guajava* L., em Guácimo, e 3 a 8 m em Puerto Viejo de Sarapiquí. Em ambos locais de coleta, o número de exemplares de *A. striata* foi superior em alturas mais elevadas, visto que 85% das moscas foram coletadas nas alturas de 6 a 10 m, em Guácimo, e 97% de 6 a 8 m em Puerto Viejo de Sarapiquí. Em Guácimo, a abundância de *A. striata* foi maior nas alturas de 8 e 10 m, já em Puerto Viejo de Sarapiquí, na altura de 8 m. Com base nesses estudos, Hedström e Gonzalez (1987) observaram que nos estudos de monitoramento de moscas-das-frutas, as armadilhas devem ser instaladas a partir de 6 m de altura, para que haja maior eficiência na coleta.

Em um outro estudo realizado por Hedström (1992) na Costa Rica, foram avaliadas diferentes alturas na coleta de *A. striata*. Em Guácimo província de Limón, foram instaladas armadilhas nas alturas de 4, 7, 10 e 14 m em goiabeiras. Em Sabanilla, província San José em *Psidium friedrichsthalianum* (O. Berg) Nied. (goiaba-da-costa-rica), foram avaliadas as alturas de 4, 6, 8 e 10 m. Ao comparar a estratificação vertical de *A. striata* em diferentes alturas, nessas duas áreas, aquele autor relata que em Guácimo, as moscas foram mais abundantes nas alturas de 7 e 10 m, em decorrência da maior quantidade de frutos de goiaba nessas alturas, do que nas alturas de 4 e 14 m. Em Sabanilla, nas armadilhas em *P. friedrichsthalianum*, coletaram-se mais moscas a 8 m de altura do que nas alturas de 4, 6 e 10 m. Além desses resultados, o autor observou diferenças em alguns padrões comportamentais. Por exemplo, *A. striata* não colocaram ovos em frutos localizados nas posições superiores do dossel do seu hospedeiro, porque as temperaturas dos frutos expostos ao sol poderiam ser letais para ovos e larvas.

O trabalho mais recente de estratificação vertical em moscas-das-frutas foi desenvolvido por Ribeiro et al. (2021) no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, onde os autores avaliaram a abundância de *C. capitata* nas alturas de 2 e 10 m. Observaram que *C. capitata* foi mais abundante na altura de 10 m e que tem preferência por áreas abertas e antropizadas do campus.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo (Figura 1).

O clima da área de estudo, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, com inverno seco e verão chuvoso, onde a precipitação pluvial média anual está entre 1.300 e 1.600 mm (ALVARES et al., 2013). No entanto, recentemente, o clima tropical Aw, que se caracteriza por invernos secos, com precipitação média anual de 1.100 e 1.300 mm, vem predominando na região (ALVARES et al., 2013; DIAS et al., 2017).

As áreas nas quais instalaram-se os ensaios, foram: (1) Fazenda Areão (22°41'41.90"S 47°38'25.22"W, 556 m); (2) Área Central (22°42'40.56"S 47°37'55.71"W, 560 m); (3) margem do rio Piracicamirim (22°42'22.58"S 47°37'39.05"W, 531 m) e (4) Monte Olimpo (22°43'9.41"S 47°36'43.37"W, 585 m).

Figura – 1 Distribuição das áreas de amostragem de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* no campus "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP

A flora da área estudada pertence ao domínio do Bioma Mata Atlântica na formação tipo Floresta Estacional Semidecidual, que se caracteriza por apresentar algumas plantas emergentes com dossel irregular entre 15 a 20 m de altura, que perdem as folhas na estação seca e fria. As principais famílias botânicas presentes no campus são Anacardiaceae, Apocynaceae, Bombacaceae, Fabaceae, Lauraceae, Lecythidaceae e Myrtaceae (RODRIGUES, 1999).

3.2 Levantamento de espécies de *Anastrepha*

Foram instaladas 32 armadilhas Multilure no campus “Luiz de Queiroz”, buscando amostrar distintos ambientes para coleta de *Anastrepha*, de 15 de abril de 2019 a 14 de abril de 2020, totalizando um ano de coleta. As armadilhas foram instaladas em áreas de cultivo e de floresta nativa, que foram escolhidas de forma aleatória por apresentarem características distintas entre si (Figura 2).

Figura – 2 Áreas de coleta de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP. A) Fazenda Areão. B) Área Central. C) margem do rio Piracicamirim. D) Monte Olimpo

A Fazenda Areão (Figura 2A), apresenta área de cultivo de café instaladas abaixo do dossel de plantas nativas. A extensão dessa área é cercada por rodovias no entorno, e caracteriza-se por ser uma região de polo industrial. As principais famílias botânicas encontradas na área são Anacardiaceae, Bignoniaceae, Boraginaceae, Cactaceae, Combretaceae, Fabaceae, Moraceae, Musaceae, Myrtaceae, Rosaceae, Rubiaceae e Sapindaceae.

Nesse local, são encontradas plantas arbóreas nativas e exóticas mescladas, como jaqueira, *Artocarpus heterophyllus* Lam., cafeeiro, *Coffea arabica* L., escovinha, *Combretum* spp., uvaia, *Eugenia pyriformis* Cambess., pitaia, *Hylocereus* spp., ipê, *Handroanthus* spp., ingá, *Inga* spp., *Leucaena* sp., mangueira, *Mangifera indica* L., bananeira, *Musa* spp., lichia, *Litchi chinensis* Sonn., guapuruvu, *Schizolobium* sp., tamarindeiro, *Tamarindus indica* L., e seriguela *Spondias* spp.

A Área Central (Figura 2B), compõe-se de um campo aberto com plantas nativas e exóticas. As famílias botânicas mais frequentes são Anacardiaceae, Arecaceae, Boraginaceae, Cactaceae e Fabaceae. As plantas predominantes no local são pau-mulato, *Calycophyllum* sp., chá-de-bugre, *Cordia salicifolia* Cham., ingá, *Inga* spp., mangueira, *Mangifera indica* L., ora-pro-nóbis, *Pereskia grandifolia* Haw., pau-jacaré, *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Brenan. e a tipuana, *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze.

A margem do rio Piracicamirim (Figura 2C), caracteriza-se pela presença de mata ciliar nativa com algumas plantas exóticas. As famílias botânicas predominantes na área são, Anacardiaceae, Cactaceae, Fabaceae, Oxalidaceae, Poaceae e Verbenaceae. Algumas espécies presentes são caramboleira, *Averrhoa carambola* L., flamboiã, *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., pitaia, *Hylocereus* spp., ora-pro-nóbis, *P. grandifolia*, ingá, *Inga vera* Willd., cajá-manga, *Spondias dulcis* Parkinson. e o pombeiro, *Citharexylum myrianthum* Cham.

O Monte Olimpo (Figura 2D), é uma área de floresta nativa que apresenta várias famílias de plantas sendo as mais comuns, Arecaceae, Lecythidaceae, Moraceae e Urticaceae. Algumas plantas comuns na área são babaçu, *Attalea* sp., embaúba, *Cecropia* spp., figueira, *Ficus* sp. e a sapucaia, *Lecythis pisonis* Cambess.

Em cada área as armadilhas foram dispostas em bloco, sendo instalada uma armadilha alta ($\cong 10$ m), e uma baixa ($\cong 2$ m), na mesma planta ou em plantas próximas, obedecendo uma distância mínima de 100 m entre plantas. Portanto, as

armadilhas foram distribuídas em 4 blocos, com 8 armadilhas cada um (4 baixas e 4 altas), formando 4 áreas diferentes de coleta em cada bloco (Figura 1).

As armadilhas altas (10 m) foram suspensas nas árvores por meio de corda de nylon de 3 mm de diâmetro, as quais eram abaixadas durante as revisões (Figura 3A). Para instalação dessas armadilhas, utiliza-se um estilingue para o arremesso do peso amarrado na ponta de uma linha de nylon para o alcance da copa das árvores mais altas. As armadilhas baixas foram instaladas com cabos extensores geralmente na mesma planta onde as armadilhas altas tinham sido instaladas (Figura 3B).

Para localização das armadilhas em cada área de coleta, foi utilizada uma fita colorida, que servia para orientação e localização durante a inspeção das armadilhas (Figura 3B). A fita de localização continha os dados da área e o número da armadilha alta e da armadilha baixa. Todas as armadilhas foram enumeradas (1 a 32, números ímpares para as armadilhas baixas, e números pares para as armadilhas altas).

Figura – 3 Coleta de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP. A) Armadilha alta (seta vermelha). B) Armadilha baixa. C) Coleta na armadilha alta. D) Base da armadilha e insetos capturados. E) Exemplares de *Anastrepha* e outros dípteros capturados

Como atraente para a coleta das moscas-das-frutas foi utilizado a putrescina e acetato de amônio, produtos frequentemente utilizados em programas de monitoramento de moscas-das-frutas de interesse econômico (THOMAS et al., 2001; HOLLER et al., 2006). Em cada armadilha, foi colocado 250mL de propilenoglicol ($C_3H_8O_2$) para preservar os insetos coletados. As armadilhas foram revisadas a cada 15 dias (Figura 3A–E), com base na tabela de semanas anuais adaptada por Silveira Neto et al. (1976) durante o período de um ano.

3.3 Triagem e preparação dos espécimes para estudos taxonômicos

Os espécimes de *Anastrepha* coletados foram armazenados em frascos de 5 mL (até 10 exemplares por frasco), contendo etanol a 99% para preservação do material genético dos exemplares (estudos moleculares futuros), e uma parte foi devidamente preparada em dupla montagem com alfinetes entomológicos. Em cada exemplar montado, foram afixadas etiquetas contendo as seguintes informações: país, estado, município, localidade, coordenada geográfica, altitude, data de coleta, método de coleta e coletores.

O material foi colocado em caixas de papel apropriadas e levado à estufa a 30 °C para secagem durante três dias. Foram montadas lâminas das asas de 14 exemplares, representantes das espécies coletadas (Figura 4). Após a identificação, uma amostra dos espécimes foi depositada na coleção do Museu de Entomologia Luiz de Queiroz – MELQ da ESALQ, Piracicaba, SP.

3.4 Identificação

Foram efetuadas a sexagem, contagem dos espécimes e identificação em laboratório apenas das fêmeas, visto que a identificação das espécies de *Anastrepha* é baseada principalmente na análise do acúleo (ZUCCHI, 2000; NORRBOM et al., 2012).

A preparação e estudo morfológico dos espécimes, foram feitos de acordo com o protocolo descrito na literatura (ZUCCHI, 2000), seguindo-se as seguintes etapas: 1) os exemplares de *Anastrepha* foram transferidos dos microtubos contendo etanol 99% para frascos com etanol 70%, durante o período de um ou dois dias, com o intuito de deixar os espécimes maleáveis para facilitar a extroversão do acúleo. 2) cada fêmea foi fixada em etanol 70%, colocada em posição ventral em uma lâmina sob microscópio

estereoscópico e, com o auxílio de dois estiletes, extroverteu-se o acúleo até que o ápice fosse totalmente exposto. 3) o exame do ápice do acúleo em posição ventral foi feito ao microscópio estereoscópico (40x), ou ao microscópio de luz (100x). Nesse caso, adicionava-se glicerina sobre o acúleo e cobria com lamínula. O abdome e a terminália foram conservados em tubinhos de polietileno com glicerina e transfixados pelo mesmo alfinete do exemplar etiquetado.

A identificação dos espécimes de *Anastrepha* foi baseada nas chaves dicotômicas de Zucchi (2000) e Norrbom et al. (2012).

3.5 Análise dos dados

Todas as análises foram realizadas no software livre R 3.6.3 (*R Foundation for Statistical Computing*), (R CORE TEAM, 2020). As análises foram baseadas apenas nas fêmeas.

3.5.1 Comparação da abundância das espécies entre alturas

A abundância das espécies de *Anastrepha* em cada altura foi comparada utilizando-se o modelo linear generalizado (GLM) (MCCULLAGH; NELDER, 1989).

Utilizou-se o pacote mvabund (WANG et al., 2012) para ajustar um GLM com distribuição binomial negativa dos dados, sendo a abundância das espécies a variável resposta e altura, meses, local e local/altura as variáveis explicatórias. Optou-se pelo pacote mvabund, visto que realiza análise multivariada utilizando GLM. Para isso, o GLM binomial-negativo foi ajustado para todas as espécies de *Anastrepha* por meio da função manyglm.

Por meio da função anova manyglm (intervalo de confiança (IC)), obteve-se a influência de cada variável explicatória na comunidade de moscas-das-frutas (WANG et al., 2012).

A comparação da abundância entre alturas, dentro de cada área, foi feita utilizando-se o intervalo de confiança (IC), sendo que a diferença significativa ocorre entre médias em que não há sobreposição do IC (SHILANE; EVANS; HUBBARD, 2010).

3.5.2 Flutuação Populacional

A flutuação populacional das duas espécies mais abundantes na área de estudo (*A. fraterculus* e *A. obliqua*) foi realizada para ambas as alturas. As demais espécies não foram incluídas por apresentarem menor número de exemplares coletados (Tabela 1).

3.5.3 Análise de diversidade

A análise da diversidade de espécies de *Anastrepha* entre alturas foi realizada utilizando-se o pacote iNEXT (HSIEH et al., 2016). Por meio da função iNEXT, foram calculados para cada altura e área, três índices de diversidade baseados no trabalho de Hill (1973), chamados números de Hill, de ordem ($q = 0, 1$ e 2). A utilização desses índices baseou-se no fato de que é atualmente, um dos métodos mais precisos para comparação de diversidade entre locais, uma vez que pondera os valores em relação à abundância e proporção das espécies e possui características matemáticas que permitem comparação entre áreas distintas.

Basicamente, os três índices de diversidade diferem somente no peso dado à abundância das espécies, determinado pelo valor de (q). Quando é igual a 0, a abundância das espécies não é considerada, fazendo-se com que o mesmo corresponda à riqueza de espécies (número de espécies). Peso igual à abundância das espécies é dado quando ($q = 1$), fazendo com que o índice corresponda à diversidade de Shannon (diversidade de espécies comuns).

O maior peso é dado à abundância das espécies em ($q = 2$), dando maior peso às espécies mais abundantes, sendo esse índice correspondente ao inverso da diversidade de Simpson (medida de dominância) (CHAO et al., 2014).

A função iNEXT calcula cada um desses índices rarefeitos (considerando o número de indivíduos), plotando a curva dos valores interpolados e extrapolados para o dobro do número máximo de indivíduos, adicionando o IC. Assim como no GLM, a diferença significativa é dada entre as curvas, onde não há sobreposição do IC (HSIEH et al., 2016).

3.6 Análise da composição de espécies

A similaridade das espécies de *Anastrepha* entre as alturas foi estudada utilizando-se a distância euclidiana como métrica e visualizadas por meio de *Heat map graph*. Essa análise baseia-se na abundância de espécies para indicar a similaridade entre as duas alturas de coleta. A comparação da composição de espécies entre as alturas das armadilhas foi realizada utilizando-se a função `manyglm` GLM binomial-negativo.

No teste multivariado aplicado, foi dado enfoque apenas nas análises relacionadas à abundância das espécies de *Anastrepha* entre alturas. Entretanto, as variáveis complementares (altura, meses, local e local/altura) foram adicionadas como variáveis explicatórias no modelo, com o intuito de saber a influência desses fatores na abundância de espécies de *Anastrepha*.

4 RESULTADOS

4.1 Coletas

Foram coletadas 1.080 fêmeas de *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz”, sendo 722 exemplares capturados nas armadilhas altas e 358 nas baixas (Tabela 1).

Ao longo de um ano, 14 espécies de *Anastrepha* foram capturadas nas quatro áreas de coleta: *Anastrepha amita* Zucchi, *A. barbiellinii* Lima, *A. bistrigata* Bezzi, *A. daciformis* Bezzi, *A. distincta* Greene, *A. elegans* Blanchard, *A. fraterculus* (Wiedemann), *A. grandis* (Macquart), *A. obliqua* (Macquart), *A. pseudoparallela* (Loew), *A. punctata* Hendel, *A. serpentina* (Wiedemann), *A. sororcula* Zucchi e *A. zenildae* Zucchi (Figura 4A–N).

O maior número de exemplares de *Anastrepha* ($n = 430$) foi coletado na margem do rio Piracicamirim em comparação com os demais locais (283 exemplares na Fazenda Areão, 239 na Área Central e 128 no Monte Olimpo) (Tabela 1). As seis espécies mais abundantes nesse estudo foram, *A. barbiellinii*, *A. bistrigata*, *A. distincta*, *A. fraterculus*, *A. obliqua* e *A. pseudoparallela*.

Anastrepha fraterculus foi a espécie mais abundante nas armadilhas altas e baixas, correspondendo a 40,28% do total de espécimes coletados, seguida de *A. obliqua* (35,93%), *A. distincta* (8,15%), *A. barbiellinii* (6,48%), *A. bistrigata* (2,69%), *A. pseudoparallela* (2,04%) e *A. amita* (1,48%), as demais espécies corresponderam menos de 1% do total de moscas-das-frutas coletadas (Tabela 1).

4.1.2 Comparação da abundância

As quatro variáveis estudadas (altura, meses, local e local/altura) tiveram influência significativa na abundância de espécies de *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz” (Tabela 2). Dessa forma, a comunidade de *Anastrepha* no campus é influenciada pelos meses, tem uma preferência por alturas, e a composição das espécies de *Anastrepha* varia entre os diferentes locais.

Figura – 4 Asas das espécies de *Anastrepha* coletadas no campus “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP, de 15 de abril de 2019 a 14 de abril de 2020. A) *A. amita*. B) *A. barbiellini*. C) *A. bistrigata*. D) *A. daciformis*. E) *A. distincta*. F) *A. elegans*. G) *A. fraterculus*. H) *A. grandis*. I) *A. obliqua*. J) *A. pseudoparallela*. K) *A. punctata*. L) *A. serpentina*. M) *A. sororcula*. N) *A. zenildae*. Escala = 1 mm

Tabela – 1 Espécies de *Anastrepha* capturadas em 32 armadilhas instaladas em duas alturas em quatro áreas no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, de abril 15 de 2019 a 14 de abril de 2020

Espécies	Áreas de coleta								Exemplares (n)		Total	Percentual (%)
	Fazenda Areão		Área Central		Margem do rio Piracicamirim		Monte Olimpo					
	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Alta	Baixa		
<i>A. fraterculus</i>	59	58	60	23	108	32	26	69	253	182	435	40,28
<i>A. obliqua</i>	60	17	113	3	159	22	1	13	333	55	388	35,93
<i>A. distincta</i>	35	23	6	0	22	1	0	1	63	25	88	8,15
<i>A. barbiellinii</i>	3	3	7	2	10	43	0	2	20	50	70	6,48
<i>A. bistrigata</i>	3	2	3	1	16	3	0	1	22	7	29	2,69
<i>A. pseudoparallela</i>	1	12	0	1	0	3	1	4	2	20	22	2,04
<i>A. amita</i>	0	3	1	0	9	1	1	1	11	5	16	1,48
<i>A. punctata</i>	0	0	8	2	0	0	0	0	8	2	10	0,93
<i>A. grandis</i>	0	1	0	0	0	1	2	4	2	6	8	0,74
<i>A. daciformis</i>	0	0	6	0	0	0	0	0	6	0	6	0,56
<i>A. zenildae</i>	0	3	0	1	0	0	0	0	0	4	4	0,37
<i>A. serpentina</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	2	0,19
<i>A. elegans</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0,09
<i>A. sororcula</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0,09
Total	161	122	206	33	324	106	31	97	722	358	1.080	100%

Tabela – 2 Teste multivariado para comparar o grau de influência significativa das variáveis estudadas na abundância de *Anastrepha* entre 2 e 10 m no campus “Luiz de Queiroz” Piracicaba, SP. GL. Res = Grau de Liberdade dos Resíduos; GL. Trat = Grau de Liberdade dos Tratamentos; Dev = Variância pelo GLM; Pr (>Dev) = P valor

Variáveis	GL. Res	GL. Trat	Dev	Pr(>Dev)
Meses	371	1	60,62	0,001*
Altura	367	1	58,79	0,001*
Local	368	3	162,90	0,001*
Local/altura	364	3	70,76	0,001*

* valores significativos

Considerando-se todas as áreas juntas pelo *Heat map graph*, as espécies foram agrupadas em três níveis de associação (abundância) com as alturas estudadas (Figura 5). As espécies *A. barbiellinii*, *A. distincta*, *A. fraterculus* e *A. obliqua* ficaram agrupadas em um cluster que demonstra associação forte com 10 m de altura. Nesse agrupamento *A. fraterculus* foi a mais abundante com 435 espécimes coletados (alta n = 253, baixa n = 182), seguido por *A. obliqua* (alta n = 333, baixa n = 55), *A. distincta* (alta n = 63, baixa n = 25) e *A. barbiellinii*, (alta n = 20, baixa n = 50) (Figura 5; Tabela 1). O maior número de espécimes de *A. barbiellinii* foram coletados na altura de 2 m (Tabela 1), apesar de pertencer ao agrupamento de espécies com maior interação com a altura de 10 m.

As espécies *A. amita*, *A. bistrigata*, *A. daciformis* e *A. punctata* formam um cluster que apresentou média interação com ambas alturas. Todos os táxons do cluster apresentaram maior número de espécimes coletados nas armadilhas altas, *A. amita* (alta n = 11, baixa n = 5), *A. bistrigata* (alta n = 22, baixa n = 7), *A. daciformis* (alta n = 6, baixa n = 0) e *A. punctata* (alta n = 8, baixa n = 2) (Figura 5; Tabela 1).

As demais espécies, *A. elegans*, *A. grandis*, *A. serpentina*, *A. sororcula* e *A. zenildae* agrupam-se no cluster de correlação fraca ou nula com ambas alturas. Nesse agrupamento *A. pseudoparallela* apresentou média interação com a altura de 2 m e fraca com 10 m. As espécies com fraca interação tiveram o número amostral muito pequeno, ou não foram coletadas em uma das alturas, por exemplo, *A. elegans* (n = 1) que foi coletada em armadilha alta e *A. sororcula* (n = 1) que foi coletada em armadilha baixa (Figura 5; Tabela 1).

Figura – 5 Heat map graph de todas as áreas juntas da interação das espécies de *Anastrepha* coletadas com armadilhas Multilure em duas alturas no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP (tons de laranja a vermelho = forte interação; tons de amarelo = média interação; tons de azul = fraca interação; azul forte = sem interação)

4.1.3 Flutuação populacional

O nível populacional de *A. fraterculus* e *A. obliqua* diferiram durante os meses do ano (Figura 6A, 6B). Para *A. fraterculus* foi observado dois picos populacionais, um pico populacional entre outubro e dezembro nas armadilhas altas e baixas, sendo mais acentuado nos meses de outubro e novembro nas armadilhas baixas e outro pico populacional nos meses de março e abril nas armadilhas altas (Figura 6A).

Figura – 6 Flutuação populacional das espécies mais abundantes de *Anastrepha* nas alturas de 2 e 10 m no campus “Luiz de Queiroz”. A) *Anastrepha fraterculus*. B) *Anastrepha obliqua*

A flutuação populacional de *A. obliqua* oscilou entre as duas alturas de coleta durante todo o período de amostragem, exceto no mês de maio que não foram amostrados espécimes nas armadilhas baixas (Figura 6B). Nas armadilhas altas (10 m) foram coletados espécimes durante todo o ano, e o maior pico populacional da espécie foi observado entre os meses de fevereiro e abril (Figura 6B). Nas armadilhas baixas (2 m) houve um pico populacional em outubro e outro em março (Figura 6B).

4.2 Análise de diversidade

As análises indicaram diferenças entre as alturas na coleta de espécies de *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz”. A composição das espécies nas armadilhas instaladas na altura de 10 m, foi menos diversa do que nas armadilhas de 2 m (Figura 7). A riqueza de espécies ($q = 0$), foi maior nas armadilhas instaladas a 2 m de altura do que a 10 m. Esse padrão se repete para os índices de diversidade de Shannon ($q = 1$) e Simpson ($q = 2$), os quais foram maiores para as armadilhas instaladas na altura de 2 m.

Figura – 7 Interpolação e extrapolação da diversidade de espécies de *Anastrepha*, no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, por altura de armadilhas (baixas, 2 m e altas, 10 m). Ordem $q = 0$ (painel esquerdo), $q = 1$ (painel central) e $q = 2$ (painel direito)

A comparação da diversidade de espécies de *Anastrepha* entre as duas alturas em cada área é apresentada na (Figura 8). Apesar de não haver diferença significativa na riqueza de espécies ($q = 0$), é possível observar que a diversidade foi menor nas armadilhas instaladas na Fazenda Areão e na margem do rio Piracicamirim e maiores na Área Central e no Monte Olimpo. Esse padrão se inverte para os índices de diversidade de Shannon ($q = 1$) e Simpson ($q = 2$) que são menores nas armadilhas da Área Central e do Monte Olimpo e maiores na Fazenda Areão e na margem do rio Piracicamirim, com exceção das armadilhas baixas instaladas na margem do rio

Piracicamirim, que apresentou valores similares aos da Área Central e Monte Olimpo (Figura 8).

Quanto a diversidade em relação aos dados obtidos nas análises, referentes à Área Central e à Fazenda Areão, a curva da riqueza ($q = 0$) (Figura 8), não atingiu a assíntota, indicando que ainda podem ser coletadas outras espécies de *Anastrepha* nessas duas áreas de amostragem.

Figura – 8 Interpolação e extrapolação da diversidade de espécies de *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, de ordem $q = 0$ (painel esquerdo), $q = 1$ (painel central) e $q = 2$ (painel direito), por altura de armadilhas – baixas (2 m) e altas (10 m), em cada uma das áreas de coletas (Área A = Fazenda Areão 10 m, Área B = Fazenda Areão 2 m; Área CA = Área Central 10 m, Área CB = Área Central 2 m; R Pira A = rio Piracicamirim 10 m, R Pira B = rio Piracicamirim 2 m; M Olim A = Monte Olimpo 10 m e M Olim B = Monte Olimpo 2 m)

5 DISCUSSÃO

Ao longo de um ano de coleta no campus “Luiz de Queiroz”, foram coletadas 14 espécies de *Anastrepha* (Tabela 1). Das 37 espécies de *Anastrepha* registradas para o estado de São Paulo (ZUCCHI; MORAES, 2008), apenas 37,8% foram coletadas nas 32 armadilhas Multilure instaladas nas quatro áreas de estudo. As 14 espécies encontradas correspondem a 77,8% das espécies amostradas por Uramoto; Walder e Zucchi (2005), que coletaram 18 espécies no mesmo campus. Um resultado similar ao encontrado neste estudo, foi obtido por Amaral et al. (2017), que avaliaram o padrão de sobreposição e ocorrência de espécies de *Anastrepha* em duas áreas antropizadas no campus “Luiz de Queiroz” (Fazenda Areão e Monte Olimpo), onde coletaram também 14 espécies de *Anastrepha*.

O total 1.080 fêmeas de *Anastrepha* coletadas no campus “Luiz de Queiroz” nesse estudo (Tabela 1) foi menor do que o coletado por Amaral et al. (2017) em 14 armadilhas com proteína hidrolisada, instaladas em apenas duas áreas do campus (Fazenda Areão e Monte Olimpo), de julho de 1998 a junho de 1999. Provavelmente, essa diferença possa ser explicada pelos atraentes usados, e também à alteração da paisagem do campus nas últimas duas décadas. Os dados analisados por Amaral et al. (2017) foram extraídos dos levantamentos realizados por Uramoto; Walder e Zucchi (2005), que coletaram 23.263 fêmeas de *Anastrepha* em 84 armadilhas distribuídas em todo o campus.

Apesar de amostrar menos exemplares com o método utilizado nesse estudo, *A. elegans* foi coletada pela primeira vez no campus “Luiz de Queiroz”, demonstrando que à utilização de diferentes métodos de amostragem são importantes para estudos de abundância e diversidade de moscas-das-frutas. *Anastrepha elegans* tem como hospedeiro *Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl. (Sapotaceae) (GARCIA; SAVARIS e BOGUS, 2008) e por ser especialista, talvez seja mais difícil de ser coletada. O atraente utilizado pode ter favorecido a coleta de *A. elegans* no campus, já que nos estudos anteriores desenvolvidos por Uramoto; Walder e Zucchi (2005), Amaral et al. (2017) e Araujo et al. (2019b) utilizou-se proteína hidrolisada para amostragem das espécies de *Anastrepha*.

A escolha do atraente de coleta de moscas-das-frutas depende principalmente de sua eficiência na captura desses insetos, além do seu custo econômico para o produtor, sendo a proteína hidrolisada, o melaço-de-cana, açúcar

mascavo e o suco de frutas, os mais comuns em estudos com moscas-das-frutas (LEMOS et al., 2002). O atraente utilizado neste estudo à base de putrescina e acetato de amônio, foi utilizado porque tem se mostrado eficaz na coleta de espécies de *Anastrepha* desde o início da década 2000 (THOMAS et al., 2001). A eficiência desses dois produtos foi avaliada para a captura da mosca-da-fruta-mexicana, *A. ludens*, obtendo-se resultados satisfatórios também para outras espécies de *Anastrepha* de interesse econômico, em estudos realizados na Guatemala (HOLLER et al., 2006).

5.1 Abundância de espécies de *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz”

As espécies com maior abundância nesse estudo foram: *A. barbiellinii*, *A. bistrigata*, *A. distincta*, *A. fraterculus*, *A. obliqua* e *A. pseudoparallela* (Tabela 1). As espécies *A. fraterculus* (40,28%) e *A. obliqua* (35,93%) se destacaram quanto a abundância em relação as demais espécies. Nos estudos populacionais de moscas-das-frutas (URAMOTO; WALDER; ZUCCHI 2005; ARAUJO et al. 2019b), tem-se relatado a dominância dessas duas espécies no campus “Luiz de Queiroz” e em outras regiões do estado de São Paulo (LEMOS et al., 2015a). Em trabalhos recentes realizados em outros estados brasileiros, por exemplo, em Minas Gerais, também foram relatados a dominância de *A. fraterculus* e *A. obliqua* em pomares de Manga (SOARES et al., 2020). Isso mostra a dominância dessas duas espécies em relação as demais do gênero *Anastrepha* nas diferentes regiões do Brasil.

Como as duas espécies mais abundantes foram *A. fraterculus* e *A. obliqua*, a disponibilidade e interação com hospedeiros pode ter influenciado na maior quantidade de exemplares coletados dessas duas espécies (Tabela 1). *Anastrepha fraterculus* e *A. obliqua* apresentam o maior número de hospedeiros registrados no Brasil (ZUCCHI; MORAES, 2008).

Entretanto, os resultados encontrados nesse estudo são semelhantes aos relatados por Uramoto; Walder e Zucchi (2005) e Araujo et al. (2019b), visto que *A. fraterculus* e *A. obliqua* foram as espécies mais abundantes no campus “Luiz de Queiroz” nas amostragens dos estudos desses autores. As maiores incidências de moscas-das-frutas estão relacionadas principalmente com a presença de plantas hospedeiras e o período de frutificação de seus hospedeiros (GALLI et al., 2019).

Na sequência, as espécies mais abundantes foram: *A. distincta*, *A. barbiellinii*, *A. bistrigata*, *A. pseudoparallela* e *A. amita* (Tabela 1). Para essas espécies, observa-

se que os dados obtidos quanto a abundância foi semelhante aos encontrados por Araujo et al. (2019b) e Uramoto; Walder e Zucchi (2005) no campus “Luiz de Queiroz”.

Apesar de Uramoto; Walder e Zucchi (2005) e Araujo et al. (2019b) não terem estudado a abundância de *Anastrepha* em diferentes alturas, ambos trabalhos encontraram resultados semelhantes, visto que *A. fraterculus* e *A. obliqua* mostraram-se como as espécies mais abundantes do campus, independentemente do parâmetro avaliado. As demais espécies *A. barbiellinii*, *A. daciformis*, *A. elegans*, *A. grandis*, *A. punctata*, *A. serpentina*, *A. sororcula* e *A. zenildae* apresentaram uma incidência muito baixa, assim não foram classificadas como abundantes. Esses resultados assemelham-se aos de Uramoto; Walder e Zucchi (2005) que também registraram baixa abundância dessas espécies no campus ‘Luiz de Queiroz’, exceto para *A. elegans* que foi registrada pela primeira vez nesse estudo.

A baixa incidência de algumas espécies durante o período de amostragem no campus pode ser explicada pelo fato de algumas serem especialistas quanto a utilização de hospedeiros, por exemplo, *A. elegans* e *A. barbiellinii*, ou ainda, aquelas com os hospedeiros desconhecidos como, *A. punctata* (ZUCCHI; MORAES, 2008). O impacto na paisagem pode ser outro fator determinante para o declínio de algumas espécies de moscas-das-frutas no campus, visto que a antropização das áreas ocupadas por hospedeiros pode fazer com que as espécies se desloquem para outros ambientes, onde as plantas hospedeiras ainda podem ser encontradas.

5.2 Interação de espécies de *Anastrepha* com alturas

As características dos locais estudados indicam que as coletas de *Anastrepha* nas duas alturas apresentam influência significativa para todas as variáveis estudadas na abundância de espécies de *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz” (Tabela 2).

A distribuição de organismos dentro de um habitat pode ser frequentemente influenciada por fatores abióticos como, radiação solar, temperatura, vento e umidade relativa (HEDSTRÖM, 1992). Nesse sentido, é possível que dependendo da espécie de *Anastrepha*, esses mecanismos possam atuar de diferentes maneiras no seu padrão comportamental e na estratificação vertical, como foi o caso de algumas espécies neste estudo.

As espécies mais abundantes, *A. fraterculus*, *A. obliqua*, *A. distincta* e *A. barbiellinii* apresentaram forte associação com a altura de 10 m. No entanto, observou-

se que *A. fraterculus* e *A. barbiellinii* também apresentaram forte associação com as armadilhas baixas, instaladas a 2 m (Figura 5). Para *A. fraterculus* isso pode estar relacionado ao fato que esta espécie está sendo considerada aqui em (lato sensu), pois corresponde a um complexo de espécies crípticas (HERNÁNDEZ-ORTIZ et al., 2012), que explorariam os hospedeiros de modos diferentes. Além disso, poderia explorar mais ambientes e assim interagir com plantas de pequeno, médio e grande porte, ou seja, com ambas as alturas. Na América do Sul, *A. fraterculus* compreende um complexo de espécies crípticas com oito morfotipos reconhecidos (PREZOTTO et al., 2019). No Brasil, são reconhecidos três morfotipos desse complexo (HERNÁNDEZ-ORTIZ et al., 2012; VANÍČKOVÁ et al., 2015; SÁNCHEZ; PERONDINI; SELIVON, 2018), que são registrados em 131 hospedeiros, com destaque para os hospedeiros das famílias Myrtaceae (46 espécies), Rosaceae (14 espécies) e Rutaceae (10 espécies) (ZUCCHI; MORAES, 2008).

Um outro fato a ser observado para *A. fraterculus*, é que existem relatos de que essa espécie tem preferência por frutos com 20 a 34 mm (SUGAYAMA et al., 1997). Talvez isso possa influenciar nos padrões de distribuição dessa espécie entre as diferentes alturas, visto que fêmeas de *A. fraterculus* necessitam de frutos para realizar posturas e estes podem estar distribuídos em diferentes posições na planta hospedeira, ou em diferentes hospedeiros da espécie. Uma provável ocorrência em simpatria dos diferentes morfotipos também explicaria essa distribuição de *A. fraterculus* nas duas alturas estudadas, visto que para Vaníčková et al. (2015) é possível que os morfotipos do complexo *Anastrepha fraterculus* possam ocorrer em simpatria nas mesmas plantas hospedeiras.

A maior abundância de *A. obliqua* nas armadilhas altas pode estar relacionada com padrões comportamentais dessa espécie, visto que existem trabalhos que mostram que características como, tamanho do fruto e padrões comportamentais podem influenciar na distribuição de moscas-das-frutas em ambientes naturais (HEDSTRÖM; GONZALEZ, 1987; SUGAYAMA et al., 1997). Ribeiro et al. (2021), estudaram a influência da altura da armadilha Multilure na coleta de *C. capitata* no campus “Luiz de Queiroz” e obtiveram maior abundância da espécie nas armadilhas instaladas na altura de 10 m, mesmo em armadilhas instaladas próximas ao seu hospedeiro preferencial, como o café, *C. arabica*.

Apesar de coletada em todas as áreas, *A. obliqua* foi mais abundante na margem do rio Piracicamirim (Tabela 1). Nesse local foi instalada um conjunto de

armadilhas (uma alta e uma baixa) em uma planta de cajá-manga *Spondias dulcis* Parkinson (Anacardiaceae), que é hospedeiro da espécie. Nessa área, nas armadilhas instaladas altas (10 m) foram coletados 159 exemplares em relação a 22 nas armadilhas baixas (2 m). Durante as revisões das armadilhas, foi observado maior quantidade de moscas-das-frutas nas armadilhas no período de frutificação da planta. *Anastrepha obliqua* tem preferência por hospedeiros da família (Anacardiaceae) e possui 67 hospedeiros registrados no Brasil (ZUCCHI; MORAES, 2008; ALVES et al., 2020).

Além disso, outros fatores abióticos externos não identificados durante este estudo podem estar atuando e induzindo diferentes padrões comportamentais em *A. obliqua* nas alturas avaliadas. Os fatores abióticos como temperatura, umidade, radiação solar e vento, são elementos que podem afetar a distribuição de organismos dentro de um determinado ambiente (DIXON, 1970).

Anastrepha barbiellinii foi coletada nas duas alturas avaliadas, no entanto, apresentou maior interação com a altura de 2 m (Tabela 1). Essa espécie possui como hospedeiro plantas do gênero *Pereskia* (Cactaceae) (ZUCCHI, 1983). *Anastrepha barbiellinii* foi relatada em frutos de *Pereskia aculeata* Mill. (MARSARO-JÚNIOR et al., 2011) em Minas Gerais. Na Área Central e na margem do rio Piracicamirim, onde foi coletado o maior número de espécimes de *A. barbiellinii* (Tabela 1), encontram-se plantas de *P. grandifolia*. Entretanto, de uma amostragem de 30 frutos, não emergiu nenhum adulto. Devido ao maior número de exemplares nessas áreas, sugere-se que seja feita mais coleta de frutos dessa cactácea, que pode ser hospedeiro de *A. barbiellinii*, visto que essa espécie se desenvolve em outras espécies de *Pereskia*.

Anastrepha distincta foi amostrada em ambas as alturas, no entanto, apresentou interação mais acentuada com a altura de 10 m (Tabela 1). Essa espécie possui como hospedeiros principais plantas de ingá (ZUCCHI; MORAES, 2008). Árvores de *Inga vera* Willd., hospedeiro de *A. distincta* (LAMPERT et al., 2020), são frequentes nas áreas úmidas de mata ciliar nas margens do rio Piracicamirim e do rio Piracicaba. Esse hospedeiro possui porte médio, 5 a 25 m de altura e os frutos são vagens cilíndricas marrom-amareladas com comprimento médio de 7 cm variando de 3 a 15 cm (FARIA; van LAMMEREN; HILHORST, 2004), onde as larvas de *A. distincta* se desenvolvem. O fato das vagens frequentemente se encontrarem na copa das plantas, pode ter favorecido a maior abundância dessa espécie nas armadilhas a 10 m de altura.

Quanto aos padrões de interação das espécies com média associação com 2 e 10 m de altura (*A. amita*, *A. bistrigata*, *A. daciformis* e *A. punctata*) (Figura 5), apresentaram maior número de espécimes nas armadilhas altas (Tabela 1), indicando que essas espécies exploram frutos hospedeiros preferencialmente em plantas altas. Por exemplo, *A. amita* possui como hospedeiro o pombeiro, *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae) (GUIMARÃES et al., 1999), e recentemente foi relatada pela primeira vez em outra espécie de pombeiro, *Citharexylum solanaceum* Cham., no estado do Paraná (LAMPERT et al., 2020). *Citharexylum myrianthum* é comum no campus “Luiz de Queiroz” e produzem frutos geralmente na copa das árvores. Essa árvore apresenta tamanho de aproximadamente 15 a 25 m de altura e florescem durante os meses de novembro e dezembro, produzindo frutos maduros a partir de janeiro (LORENZI, 2002; AMARAL; ANTIQUEIRA; HORBACH, 2013). Esse fator pode ter influenciado a maior interação de *A. amita* com a altura de 10 m.

Os hospedeiros de *A. bistrigata* pertencem às famílias Anarcadiaceae, Myrtaceae e Sapotaceae (ZUCCHI; MORAES, 2008). Essa espécie foi mais abundante nas armadilhas altas do que nas armadilhas baixas (Tabela 1). O fato de coletar maior quantidade nas armadilhas altas pode estar relacionado com os hospedeiros da espécie, por exemplo, goiaba, *P. guajava* (Myrtaceae) e cajá-manga, *S. dulcis* (Anarcadiaceae) que são frequentes no campus “Luiz de Queiroz”. A goiabeira, hospedeiro preferencial, geralmente atingem um porte arbustivo com a copa, onde são formados os frutos atingindo em torno de 10 m de altura (DUARTE; PAULA, 2005), o que justifica a maior ocorrência de *A. bistrigata* nas armadilhas altas.

O mesmo padrão foi observado para *A. daciformis* e *A. punctata* (Tabela 1), isso pode indicar semelhanças nos padrões comportamentais dessas espécies. *Anastrepha daciformis* tem como hospedeiro *Schoepfia* sp. (Schoepfiaceae) (ZUCCHI; MORAES, 2008). *Anastrepha punctata* não possui hospedeiro conhecido.

Quanto ao agrupamento das espécies com fraca associação com as alturas estudadas (*A. elegans*, *A. grandis*, *A. serpentina*, *A. sororcula*, *A. pseudoparallela* e *A. zenildae*) não demonstraram um padrão de ocorrência nas armadilhas altas ou baixas, provavelmente esse resultado pode estar relacionado ao baixo número de espécimes amostrados, exceto pela espécie *A. pseudoparallela* que apresentou interação mais acentuada com 2 m (Figura 5; Tabela 1).

O fato de *A. pseudoparallela* ter sido mais coletada nas armadilhas baixas (n = 20) do que nas armadilhas altas (n = 2), pode estar associada com suas plantas

hospedeiras. O maracujá-doce, *Passiflora alata* Curtis é um dos principais hospedeiros de *A. pseudoparallela* (MALAVASI; MORGANTE; ZUCCHI, 1980). No campus “Luiz de Queiroz”, há um programa de melhoramento genético de maracujá-doce na área experimental do Departamento de Genética. A produção de maracujá-doce em sistema espaldeira na área, pode estar influenciando na abundância de *A. pseudoparallela* em alturas mais baixas no campus.

Comparando-se as espécies com fraca associação para 2 e 10 m, *A. elegans*, *A. grandis*, *A. punctata*, *A. daciformis*, *A. serpentina*, *A. sororcula* e *A. zenilidae* (Figura 5; Tabela 1). Esse resultado, pode indicar uma tendência de espécies mais específicas na exploração hospedeira, e com ocorrência de adultos e períodos específicos do ano, explorar uma menor quantidade de ambientes, não sendo restritas a nenhuma altura específica de coleta (Figura 5), sendo possível a coleta tanto em armadilhas altas e baixas.

Pode ser que a altura da planta hospedeira e a altura dos frutos, onde as mosca-das-frutas fazem a oviposição, influenciem na distribuição dos adultos no hábitat. Assim, algumas espécies explorariam recursos disponíveis nas posições mais altas, no dossel das áreas florestais ou na copa de frutíferas cultivadas. Assim, Montoya; Flores e Toledo (2008), observaram que a chuva não exerce impacto significativo na emergência e sobrevivência dos adultos de moscas-das-frutas, e que as flutuações anuais de suas populações estão principalmente correlacionadas a outros fatores, como a fenologia da frutificação do hospedeiro.

Na Costa Rica, *A. striata* foi mais abundante nas armadilhas instaladas entre 6 a 10 m nos pomares de goiaba em Puerto Viejo de Sarapiquí (HEDSTRÖM; GONZALES, 1987). Segundo esses autores, as diferenças para esse padrão de distribuição são influenciadas pela umidade relativa e luminosidade, que por diferir entre os níveis de solo e dossel nos pomares de goiaba, podem gerar diferentes padrões de distribuição para essa espécie de moscas-das-frutas (HEDSTRÖM; GONZALES, 1987). Já no estudo realizado por Hedström (1992) em Guácimo, coletou-se maior quantidade de adultos de *A. striata* na altura de 8 m, em decorrência da maior disponibilidade de frutos da planta hospedeira nessa altura, quando comparado à quantidade de frutos nas alturas de 4 e 14 m.

A maioria das espécies amostradas nesse estudo apresentaram maior quantidade de espécimes coletados nas armadilhas altas (Tabela 1). As espécies que foram mais abundantes nas armadilhas baixas (*A. barbiellinii*, *A. pseudoparallela*, *A.*

grandis, *A. zenildae* e *A. sororcula*), provavelmente estão associadas a hospedeiros de pequeno porte, o que indica que as moscas-das-frutas interagem com diferentes alturas de acordo com a posição dos frutos em seus hospedeiros. *Anastrepha grandis*, por exemplo, apresentou baixa interação entre ambas alturas, porém coletou-se maior quantidade de espécimes ($n = 6$) na altura de 2 m (Tabela 1).

Os resultados para abundância de *A. grandis* foram parecidos com os de Uramoto; Walder e Zucchi (2005) e Araujo et al. (2019b). Isso mostra que essa espécie é pouco abundante no campus independentemente da altura de coleta. *Anastrepha grandis* está associada a cucurbitáceas (ZUCCHI; MORAES, 2008), em geral, hospedeiros de pequeno porte ou lianas, portanto, espera-se coletar mais exemplares em posições mais baixas, especialmente em cucurbitáceas cultivadas. Entretanto, o número de exemplares obtidos durante este estudo foi muito pequeno, impossibilitando inferir um grau de significância para essa espécie, pois foi coletado número não significativo de indivíduos ($n = 8$) (Tabela 1). Entretanto, existem diferentes padrões comportamentais nas espécies de *Anastrepha*, por exemplo, Montoya; Flores e Toledo (2008), relataram que espécies de *Anastrepha* são capazes de buscar refúgios para proteção, principalmente durante chuvas fortes. Assim, este é um forte indício que fenômenos dessa natureza podem influenciar na altura de voo de moscas-das-frutas.

5.2.1 Flutuação populacional

A maior abundância das espécies *A. fraterculus* e *A. obliqua* no campus “Luiz de Queiroz”, possivelmente foi em função da disponibilidade de hospedeiros, já que estas espécies são polípagas (ALUJA, 1994; SELIVON, 2000). Existe uma tendência, da flutuação populacional de moscas-das-frutas ser influenciada por fatores como, clima, estação do ano e hospedeiros preferenciais e alternativos, o que indica uma forte influência sazonal entre o pico populacional das espécies e os padrões fenológicos envolvidos no ciclo das frutíferas hospedeiras (MONTTOYA; FLORES; TOLEDO, 2008; GALLI et al., 2019).

Anastrepha fraterculus foi coletada praticamente o ano inteiro nas duas alturas estudadas, exceto no mês de maio (início do inverno). Essa espécie teve picos diferentes nas alturas de 2 e 10 m (Figura 6A). Na altura de 2 m, teve pico de outubro a novembro atingindo o maior pico em outubro (Figura 6A). Já na altura de 10 m, *A.*

fraterculus teve seus maiores picos nos meses de março e abril (Figura 6A). Por se tratar de uma espécie generalista atacando 131 hospedeiros diferentes no Brasil (ZUCCHI; MORAES, 2008), isso pode explicar a maior quantidade de espécimes coletados de *A. fraterculus* em relação as demais espécies nesse estudo. No campus “Luiz de Queiroz” são comuns plantas da família Myrtaceae que são hospedeiros potenciais de *A. fraterculus*, já que esta espécie foi registrada em frutos de 46 espécies dessa família, representando 35,1% dos hospedeiros conhecidos para *A. fraterculus* no Brasil (ZUCCHI; MORAES, 2008).

Essa diferença entre os picos populacionais de *A. fraterculus* nas alturas de 2 e 10 m pode ser explicada pelo fato dessa espécie ter sido considerada aqui como (*lato sensu*), podendo haver um complexo de espécies interagindo de formas diferentes com seus hospedeiros, com padrões comportamentais distintos e correlacionados a fenologia das frutíferas. Por outro lado, como há registro de três morfotipos de *A. fraterculus* para o Brasil (HERNÁNDEZ-ORTIZ et al., 2012, 2015), faz-se necessário mais pesquisas a respeito desse tema. Segundo Vaníčková et al. (2015) existe a possibilidade de que o complexo *Anastrepha fraterculus* possa ocorrer em simpatria na mesma planta hospedeira no Brasil, fazendo-se necessário mais estudos no contexto evolutivo desse grupo.

Os resultados desse estudo foram diferentes dos relatos por Santos et al. (2017), onde *A. fraterculus* obteve o pico populacional nos meses de janeiro ou fevereiro. A temperatura pode ser outro fator que influenciou na dinâmica populacional da espécie ao longo do ano durante esse estudo. A temperatura é um dos principais fatores que interferem no ciclo biológico de *A. fraterculus*, sendo a faixa ótima para seu desenvolvimento entre 15,3 e 26,8 °C com temperaturas acima de 10,7 °C (temperatura base) para que o ciclo biológico se complete (SANTOS et al., 2017).

Anastrepha obliqua teve dois picos populacionais na altura de 2 m, um em outubro e outro em março (Figura 6B). Na altura de 10 m o pico populacional foi entre fevereiro e abril (Figura 6B). O maior pico populacional dessa espécie nas armadilhas altas e baixas foi em março, isso se justifica, pois, o ciclo de algumas frutíferas hospedeiras, por exemplo, o cajá-manga, *S. dulcis* (Anacardiaceae) que ocorre nesse período. Em alguns locais de coleta notou-se uma maior incidência de *A. obliqua* nas armadilhas no mês em que os frutos do cajá-manga estavam maduros na planta ou caídos no solo. Esse fato indica que a maior abundância dessa espécie está relacionada com a fenologia da planta hospedeira, pois ocorre um aumento

populacional da espécie logo após a queda dos frutos da planta hospedeira no solo. Esses frutos contêm as larvas da mosca-das-frutas, que migram do fruto caído para o solo, onde pupam e posteriormente emergem os adultos. Segundo Almeida et al. (2019) a população de moscas-das-frutas é influenciada principalmente pelos padrões fenológicos de seus hospedeiros, e os melhores hospedeiros de moscas-das-frutas são aqueles que permitem o desenvolvimento das fases de ovo e larva (ALUJA; MANGAN, 2008).

5.3 Análise de diversidade

As características das comunidades indicam, que as coletas de espécies de *Anastrepha* apresentam diferenças quanto ao índice de riqueza ($q = 0$) de diversidade de Shannon ($q = 1$) e Simpson ($q = 2$), os quais foram respectivamente superiores na altura de 2 m (Figura 7). Esse resultado está ligado à abundância muito superior de *A. fraterculus* e *A. obliqua* em relação às demais espécies coletadas nas armadilhas. *Anastrepha fraterculus* e *A. obliqua* são as espécies com maior número de hospedeiros registrados no Brasil (ZUCCHI; MORAES, 2008). Isso explica o motivo dessas espécies serem mais abundantes em coletas de moscas-das-frutas em vários trabalhos por exemplo, Uramoto; Walder e Zucchi (2005) e Araujo et al. (2019b), onde *A. fraterculus* foi a espécie mais abundante.

Quanto à comparação da diversidade entre os diferentes locais de coleta, verificou-se que não houve influência significativa na riqueza de espécies ($q = 0$) (Figura 8). A diversidade foi menor nas armadilhas na Fazenda Areão e na margem do rio Piracicamirim e maior na Área Central e Monte Olimpo. Por exemplo, os resultados encontrados neste estudo, referentes aos padrões de abundância de *Anastrepha*, assemelham-se aos de Amaral et al. (2017), que avaliaram o padrão de sobreposição e ocorrência de espécies de *Anastrepha* em duas áreas antropizadas (Fazenda Areão e Monte Olimpo). Na Fazenda Areão ($n = 1.041$) foram coletados mais exemplares de *Anastrepha* spp. do que na área do Monte Olimpo ($n = 542$). Contudo, a diversidade entre essas duas áreas não foi avaliada, pois Amaral et al. (2017) estudou apenas o padrão de sobreposição das espécies de *Anastrepha* no campus.

Com relação à Área Central e à Fazenda Areão, a curva da riqueza (Figura 8) não atingiu a assíntota, indicando que ainda podem ser coletadas espécies de

Anastrepha nessas duas áreas amostradas. Este resultado significa que, caso as coletas se estendessem ao longo do tempo, seriam amostradas mais espécies nessas duas áreas estudadas, aumentando assim a riqueza de espécies de *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz”.

6 CONCLUSÕES

1. Há diferença significativa para a coleta de espécies de *Anastrepha* através de armadilhas Multilure com atraente à base de putrescina e acetato de amônio nas alturas de 2 e 10 m;
2. Há maior riqueza de espécies de *Anastrepha* a 2 m de altura no campus “Luiz de Queiroz”;
3. *Anastrepha fraterculus* é mais abundante a 10 m e 2 m de altura e *A. obliqua* é mais abundante na altura de 10 m;
4. *Anastrepha fraterculus* e *A. obliqua* são as espécies mais abundantes do campus “Luiz de Queiroz”;
5. *Anastrepha elegans* foi coletada em armadilha alta e esse é o primeiro registro da espécie no campus “Luiz de Queiroz”;
6. O complexo de espécies crípticas de *A. fraterculus* explora diferentes ambientes no campus “Luiz de Queiroz”, favorecendo assim a maior abundância desse complexo nas áreas estudadas;
7. Espécies de *Anastrepha* com alto grau de polifagia são mais aptas a explorar recursos em diferentes alturas;
8. A instalação das armadilhas Multilure nas alturas de 2 e 10 m pode ser utilizada como uma ferramenta para o monitoramento e estudo populacional de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha*, auxiliando nos programas de manejo integrado de pragas;
9. As variáveis explicatórias altura, meses, local e local/altura influenciam significativamente na abundância das espécies de *Anastrepha* no campus “Luiz de Queiroz”.

REFERÊNCIAS

- ADAIME, R.; SOUSA, M.S.M.; JESUS-BARROS, C.R.; DEUS, E.G.; PEREIRA, J.F.; STRIKS, P.C.; SOUZA-FILHO, M.F. Frugivorous flies (Diptera: Tephritidae, Lonchaeidae), their host plants, and associated parasitoids in the extreme north of Amapá State, Brazil. **Florida Entomologist Society**, v. 100, n. 2, p. 316–324, 2017.
- AGUIAR-MENEZES, E.L.; SOUZA, S.A.S.; LIMA-FILHO, M.; BARROS, H.C.; FERRARA, F.A.A.; MENEZES, E.B. Análise faunística de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) nas regiões Norte e Nordeste no Estado do Rio de Janeiro. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 008–014, 2008.
- ALMEIDA, L.B.M.; COELHO, J.B.; UCHOA, M.A.; GISLOTI, L.J. Diversity of fruit flies (Diptera: Tephritoidea) and their host plants in a Conservation Unit from midwestern Brazil. **Florida Entomological Society**, v. 102, n. 3, p. 562–570, 2019.
- ALUJA, M. Bionomics and management of *Anastrepha*. **Annual Review of Entomology**, v. 39, p.155–78, 1994.
- ALUJA, M.; CELEDONIO-HURTADO, H.; LIEDO, P.; CABRERA, M.; CASTILLO, F.; GUILLÉN, J.; RIOS, E. Seasonal Population Fluctuations and Ecological Implications for Management of *Anastrepha* Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Commercial Mango Orchards in Southern Mexico. **Entomological Society of America**, v. 89, n. 3, 654–667, 1996.
- ALUJA, M. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) research in Latin America: myths, realities and dreams. **Anais da sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 4, p. 565–594, 1999.
- ALUJA, M; MANGAN, R.L. Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Host Status Determination: Critical Conceptual, Methodological, and Regulatory Considerations. **Annual Review of Entomology**, v. 53, n. 1, p. 475–502, 2008.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.
- ALVES, J.C.G.; BRITO, C.H.; OLIVEIRA, R.; CORSATO, C.D.A.; BARBOSA, V.O.; SILVA, J.F.; BATISTA, J.L.; LOPES, J.N. Population Fluctuation and Faunistic Analysis of Fruit Flies in a Commercial Guava Orchard (*Psidium guajava* L.). **Journal of Agricultural Science**, v.11, n. 9, p. 145–153, 2019.
- ALVES, E.C.; DANTAS, J.F.; FREIRE, J.L.O.; ARAUJO, E.L.; MACEDO, L.P.M. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) associated with mango tree in the eastern Seridó region of Paraíba, Brazil. **Revista Verde**, v. 15, n. 2, p. 127–132, 2020.
- AMARAL, W.A.N.; ANTIQUEIRA, L.M.O.R.; HORBACH, M. Frutification and germination ecology of *Citharexylum myrianthum* Cham (Verbenaceae). **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 3, p. 207–215, 2013.

AMARAL, T.S.; LOPES, G.N.; URAMOTO, K. WALDER, J.M.M.; BULHÕES, R.S.; ZUCCHI, R.A. Overlapping and co-occurrence pattern of *Anastrepha* species (Diptera, Tephritidae) in anthropic areas. **Biotemas**, v. 30, n. 4, p. 15–30, 2017.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2010. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2019. 16 p.

ARAUJO, E.S.; MONTEIRO, L.B.; MONTEIRO, R.S.; NISHIMURA, G.; FRANCK, P.; LAVIGNE, C. Impact of native forest remnants and wild host plants on the abundance of the South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus* in Brazilian apple orchards. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 275, n. 1, p. 93–99, 2019a.

ARAUJO, M.R.; URAMOTO, K.; FERREIRA, E.N.L.; FILHO, W.M.; WALDER, J.M. M.; SAVARIS, M.; ZUCCHI, R.A. Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Diversity and Host Relationships in Diverse Environments Estimated with Two Sampling Methods. **Environmental Entomology**, v. 48, n. 1, P. 227–233, 2019b.

ARRIGONI, E.B. **Dinâmica populacional de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em três regiões do Estado de São Paulo**. 1984. 85p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

BARRETO, M.R.; ADAIME, R.; SOUSA, M.S.M.; SOUZA-FILHO, M.F.; STRIKISS, P. C.; TEODORO, A.V.; ZUCCHI, R. A. Survey of Tephritidae and Lonchaeidae (Diptera), their host plants and parasitoids in the state of Sergipe, Brazil. **Nativa, Sinop**, v. 8, n. 3, p. 413–419, 2020.

BITTENCOURT, M.A.L.; COVA, A.K.W.; SILVA, A.C.M.; SILVA, V.E.S.; BOMFIM, Z. V.; ARAÚJO, E.L.; SOUZA-FILHO, M.F. Espécies de moscas-das-frutas (Tephritidae) obtidas em armadilhas Mcphail no Estado da Bahia Brasil. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 561–564, 2006.

CAMARGOS, M.G.; ALVARENGA, C.D.; GIUSTOLIN, T.A.; OLIVEIRA, P.C.; MENDES, M. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em cafezais irrigados no norte de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 10, n. 1, p. 28–37, 2015.

CANAL, N.A.; URAMOTO, K.; ZUCCHI, R.A. Two New Species of *Anastrepha* Schiner (Diptera, Tephritidae) Closely Related to *Anastrepha pickeli* Lima. **Neotropical Entomology**, v. 42, n.1, p. 52–57, 2013.

CHAO, A.; GOTELLI, N.J.; HSIEH, T.C.; SANDER, E.L.; MA, K.H.; COLWELL, R.K.; ELLISON, A.M. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. **Ecological Monographs**, v. 84, p. 45–67, 2014.

DIAS, H.B.; ALVARES, C.A.; SENTELHAS, P.C. 2017. UM SÉCULO DE DADOS METEOROLÓGICOS EM PIRACICABA, SP: MUDANÇAS DO CLIMA PELA CLASSIFICAÇÃO DE KÖPPEN. XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido Brasileiro). Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/322211096.Um_seculo_de_dados_meteorologicos_em_Piracicaba_SP_Mudancas_do_clima_pela_classificacao_de_Koppen. Acesso em: 02 jul. 2020.

DIXON, A.F.G. Quality and availability of food for a sycamore aphid population. Animal populations in relation to their food resources. British. **Ecological Society Symposium**, n. 10. (Oxford: Blackwell), 1970.

DUARTE, M.R.; PAULA, F.M. Morpho-diagnosis of *Psidium guajava* L., Myrtaceae. **Visão Acadêmica**, v. 6. n. 2, p. 1518–5192, 2005.

FARIA, J.M.R.; van LAMMEREN, A.A.M.; HILHORST, H.W.M. Desiccation sensitivity and cell cycle aspects in seeds of *Inga vera* subsp. *affinis*, **Seed Science Research**, v. 14, p. 165–178, 2004.

FOOTE, R.H. Technical Bulletin, 1600: Fruit Fly Genera South of the United States. **Washington: U.S. Government**, 1980, p. 79.

FOOTE, R.H.; BLANC, F.L.; NORRBOM, A.L. Handbook of the Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) of America North of Mexico. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 87, n. 3, p. 400–401, 1993.

GALLI, J.A.; MICHELOTTO, M.D.; SOARES, M.B.B.; MARTINS, A.L.M.; FISCHER, I.H. Population fluctuation of fruit fly *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in guava accesses produced in organic system. **Academia Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 12, p. 360–365, 2017.

GALLI, J. A.; MICHELOTTO, M. D.; CARREGA, W. C.; FISCHER, I. H. Attractive lures for fruit flies in an organic guava orchard. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, n. 1, p. 1–8, 2019.

GARCIA, F.R.M.; SAVARIS, M.; BOGUS, G.M. First Host Plant Record for *Anastrepha elegans* (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomological Society**, v. 91, n. 2, p. 317–318, 2008.

GOTELLI, N.J. Medindo a diversidade de espécies. In: (Ed.). **Ecologia Londrina: Planta**, 2009. cap. 9, p. 210-240.

GUIMARÃES, J.A.; ZUCCHI, R.A.; DIAZ, N.B.; SOUZA– FILHO, M.F.; UCHÔA, M.A. Espécies de Eucilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) Parasitoides de Larvas Frugívoras (Diptera: Tephritidae e Lonchaeidae) no Brasil. **Anais da sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 2, p. 263–273, 1999.

HILL, M.O. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. **Ecology**, v. 54, n. 2, p. 427–432, 1973.

HSIEH, T.C.; MA, K.H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7: 1451–1456, 2016.

HEDSTRÖM, I.; GONZÁLEZ, I. Vertical distribution of guava fruit flies, *Anastrepha striata* Schiner (Diptera, Tephritidae) in Costa Rica lowland guava orchards: implications for monitoring attempts. **Tropical Pest Management**, v. 33, n. 4, p. 287–289, 1987.

HEDSTRÖM, I. Why do guava fruit flies, *Anastrepha striata* (Tephritidae), avoid the upper canopy of host trees? **Tropical Pest Management**, v. 38, n. 2, p. 136–143, 1992.

HERNÁNDEZ-ORTIZ, V.; BARTOLUCCI, A.; MORALES-VALLES, P.; FRÍAS, D.; SELIVON, D. Cryptic species of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera, Tephritidae): a multivariate approach for the recognition of South American morphotypes. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 2, p. 305–318, 2012.

HERNÁNDEZ-ORTIZ, V.; CANAL, N.A.; TIGRERO SALAS, J.O.; RUÍZ-HURTADO, F. M.; DZUL-CAUICH, J.F. Taxonomy and phenotypic relationships of the *Anastrepha fraterculus* complex in the Mesoamerican and Pacific Neotropical dominions (Diptera, Tephritidae). In: DE MEYER, M.; CLARKE, A.R.; VERA, M.T.; HENDRICH, J (Eds) Resolution of Cryptic Species Complexes of Tephritid Pests to Enhance SIT Application and Facilitate International Trade. **ZooKeys**, v. 540, p. 95–124, 2015.

HOLLER, T.; SIVINSKI, J.; JENKINS, C.; FRASER, S.A comparison of yeast hydrolysate and synthetic food attractants for capture of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, v.89, n. 3, p. 419–420, 2006.

JIRÓN, L.F.; HEDSTRÖM, L. Population fluctuation of economic species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) related to mango fruiting phenology in Costa Rica. **Florida Entomologist**, v. 74, n. 1, p. 98–105, 1991.

KREBS, C. J. Ecological methodology. New York, Harper & Row, USA, 2013.

LAMPERT, S.; NORRBOM, A.L.; SAVARIS, M.; MARINONI, L.; ZUCCHI, R.A. Distribution of *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera, Tephritidae) in Brazil: new records from the state of Paraná. **Check List**, v. 16, n. 4, p. 799–804, 2020.

LEMOS, R.N.S.; SILVA, C.M.C.; ARAÚJO, J.R.G.; COSTA, L.J.M.P.; SALLES, J.R.J. Eficiência de substâncias atrativas na captura de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em goiabeiras no município de Itapecuru-Mirim (MA). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 687–689, 2002.

LEMOS, L.J.U.; SOUZA-FILHO, M.F.; URAMOTO, K.; LOPES, G.N.; ZUCCHI, R.A. Espécies de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) em pomares de goiaba: diversidade, flutuação populacional e fenologia do hospedeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, (São Paulo), v. 82, p. 1–5, 2015a.

LEMOS, L.N.; LIMA, C.R.; ADAIME, R.; COSTA-NETO, R.; JESUS, C.R.; STRIKIS, P.C. New findings on Lonchaeidae (Diptera: Tephritoidea) in the Brazilian Amazon. **Florida Entomologist**, v. 98, p. 1227–1237, 2015b.

LIMA, A. da Costa.A.M. Moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Trypetidae). **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 28, p. 487–575, 1934.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1, p. 368, 2002.

MACIEL, A.A.S.; LEMOS, R.N.S.; ARAÚJO, A.A.R.; MACHADO, K.K.G.; SILVA, E.A.; ARAÚJO, J.R.G.; MESQUITA, M.L.R. Diversity and infestation indices of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in guava (*Psidium guajava* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 24, p. 2087–2092, 2017.

MAGURRAN, A.E. Medindo a diversidade biológica. UFPR, Curitiba, Brazil, 2013.

MALAVASI, A.; MORGANTE, J.S.; ZUCCHI, R.A. Biologia de “moscas-das-frutas” (Diptera: Tephritidae). I. Lista de hospedeiros e ocorrência. **Revista Brasileira de Biologia**, v.40, n.1, p. 9–16, 1980.

MALAVASI, A; BARROS, M.D. Comportamento sexual e de oviposição em moscas-das-frutas (Tephritidae). In: Souza, H.M.L. (Coord.). **Moscas-das-frutas no Brasil**, Campinas: Fundação Cargil, p. 25–53, 1988.

MARTINEZ, F.J.; NORRBOM, A.L.; SCHLISERMAN, P.; CAMPANELLA, M.V. Tephritidae flies associated with *Chuquiraga avellanedae* (Asteraceae) in Patagonia, Argentina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 2, p. 1–6, 2020.

MARSARO–JÚNIOR, A.L.; SOUZA–FILHO, M.F.; SILVA, R.A.; STRIKIS, P.C. First report of natural infestation of *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae) by *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in Brazil. **Revista de Agricultura**, v. 86, n. 2, p. 151–154, 2011.

MARSARO–JÚNIOR, A.L.; NASCIMENTO, D.B.; RONCHITALES, B.; ADAIME, R. Faunistic analysis of *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae) captured in a guava orchard (*Psidium guajava* L., Myrtaceae) in Boa Vista, Roraima, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.73, n. 4, p. 879–886, 2013.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J.A. Generalized linear models. Monographs on Statistics & Applied Probability. **Chapman & Hall/CRC, London, UK**, 1989.

MENGUAL, X.; KERR, P.; NORRBOM, A.L.; BARR, N.B.; LEWIS, M.L.; STAPELFELDT, A.M.; SCHEFFER, S.J.; WOODS, P.; ISLAM, MD. S.; KORYTKOWSKI, C.A.; URAMOTO, K.; RODRIGUEZ, E.J.; SUTTON, B.D.; NOLAZCO, N.; STECK, G.J.; GAIMARI, S. Phylogenetic relationships of the tribe Toxotrypanini (Diptera: Tephritidae) based on molecular characters. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 113, p. 84–112, 2017.

MINHIBO, M.Y.; N'DÉPO, O.R.; HALA, N.F.; KOUA, H.; TUO, Y.; N'GORAN, A.; COULIBALY, A.; DOUMBIA, S. Assessment of Fruit Fly Trapping System in Mango

Orchards in Northern Côte d'Ivoire. **Journal of Agricultural Science and Technology A**, v. 8, p. 18–27, 2019.

MONTES, S.M.N.M.; RAGA, A.; BOLIANI, A.C.; SANTOS, P.C. Dinâmica populacional e incidência de moscas-das-frutas e parasitoides em cultivares de pessegueiros (*Prunus persica* L. Batsch) no município de Presidente Prudente–SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 402–411, 2011.

MONTOYA, P.; FLORES, S.; TOLEDO, J. Effect of rainfall and soil moisture on survival of adults and immature stages of *Anastrepha ludens* and *A. obliqua* (Diptera: Tephritidae) under semi-field conditions. **Florida Entomologist**, v. 91, n. 4, p. 643–650, 2008.

NORMARK, B.B.; JOHNSON, N.A. Niche explosion. **Genética**, v.139, p. 551–564, 2011.

NORA, I.; SUGIURA, T. Pragas da pereira. In: EPAGRI (Ed.) **Nashi, a pêra japonesa**. Florianópolis, Epagri, 341p, 2001.

NORRBOM, A.L.; CARROLL, L.E.; THOMPSON, F.C.; WHITE, I.M.; FREIDBERG, A. Systematic Database of Names. In: THOMPSON, F.C. (Ed.), **Fruit Fly Expert Identification System and Systematic Information Database**, v. 9, p. 65–251, 1999.

NORRBOM, A.L. Host plant database for *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Diptera: Tephritidae: Toxotrypanini). **Diptera Data Dissemination Disk (CDROM)**, v. 2, 2004.

NORRBOM, A.L. Tephritidae (fruit flies, moscas de frutas). In: BROWN, B.V.; BORKENT, A.; CUMMING, J.M.; WOOD, D.M, WOODNEY, N.E.; ZUMBADO, M. (Eds.) **Manual of Central American Diptera**. **NRC Research Press**, Ottawa, v. 2, p. 909–954, 2010.

NORRBOM, A.L.; KORYTKWSKI, C.A. New species of and taxonomic notes on *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). **Zootaxa**, v. 2740, n. 2, p. 1–23, 2011.

NORRBOM, A.L.; KORYTKOWSKI, C.A.; ZUCCHI, R.A.; URAMOTO, K.; VENABLE, G. L.; MCCORMICK, J.; DALLWITZ, M. J. *Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys. Version: 29 May 2012.

NORRBOM, A.L.; BARR, N.B.; KERR, P.; MENGUAL, X.; NOLAZCO, N.; RODRIGUEZ, E.L.; STECK, G.J.; SUTTON, B.D.; URAMOTO, K.; ZUCCHI, R.A. Synonymy of *Toxotrypana* Gerstaecker with *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v.120, n. 4, p. 834–841, 2018.

OLIVEIRA, I.; UCHOA, M.A.; PEREIRA, V.L.; NICÁRCIO, J.; FACCENDA, O. *Anastrepha* Species (Diptera: Tephritidae): Patterns of Spatial Distribution, Abundance, and Relationship with Weather in Three Environments of Midwestern Brazil. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 1, p. 113–120, 2019.

PREZOTTO, L.F.; PERONDINI, A.L.P.; HERNÁNDEZ-ORTIZ, V.; FRÍAS, D.; SELIVON, D. What Can Integrated Analysis of Morphological and Genetic Data Still Reveal about the *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) Cryptic Species Complex? **Insects**, v. n. 408, p. 2–23, 2019.

RAGA, A.; PRESTES, D.A.O.; SOUZA-FILHO, M.F.; SATO, M.E., SILOTO, R.C.; GUIMARÃES, J.A.; ZUCCHI, R.A. Fruit fly (Diptera: Tephritoidea) infestation in citrus in the State of São Paulo, Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 85–89, 2004.

RAUSHER, M.D. The evolution of habitat preference: avoidance and adaptation, p. 453–68. *In*: KIM, K.C.; McPherson, (Eds.). *Evolution of insect pests: patterns of variation*. JOHN, W; SONS, I. New York, NY, 479, 1993.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing; versão 3.0.1. Vienna: R foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.

RODRIGUES, R.R. 1999 A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. Circular Técnica nº 189. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 17 p. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr189.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2019.

RIBEIRO, J.G.G.; SOARES, N.S.; FILHO, W.M.; ARAUJO, M.R.; ZUCCHI, R.A.; SAVARIS, M. Influence of the height of multilure traps in the collection of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **EntomoBrasilis**, v. 14, p. 1–6, 2021.

SALLES, L.A.B. Ocorrência precoce da moscas-das-frutas em ameixas. **Ciência Rural**, v. 29, n. 2, p. 343–350, 1999.

SALLES, L.A.B. Biologia e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus* (Wied.). *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. cap. 8, p. 81–86.

SÁNCHEZ, L.; PERONDINI, A.L.P.; SELIVON, D. Understanding the dynamics underpinning the geographical distribution of the *Anastrepha fraterculus* complex eastern Brazil. **Trends in Entomology**, v. 14, p. 17–31, 2018.

SANTOS, J.P.; REDAELLI, L.R.; SANT'ANA, J.; HICKEL, E.R. Population fluctuation and estimate of generations number of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in apple orchard in Caçador, Santa Catarina, Brazil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.84, p. 1-7, 2017.

SAVARIS, M.; MARINONI, L.; NORRBOM, A.L. Family Tephritidae. *In*: WOLFF, M., NIHEI, S.S.; CARVALHO, C. J. B. (Eds.), *Catalogue of Diptera of Colombia*. **Zootaxa**, v. 4122, n.1, p. 596–621, 2016.

SELIVON, D. Relações com as plantas hospedeiras. *In*: MALAVASI, A; ZUCCHI, R.A. (Ed). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto, **Holos**, cap. 9, p. 87–91, 2000.

SHILANE, D.; EVANS, S.N.; HUBBARD, A.E. Confidence Intervals for Negative Binomial Random Variables of High Dispersion. **The International Journal of Biostatistics**, v. 6, n. 1, p. 10, 2010.

SILVA, W.R.; SILVA, R.A. Levantamento de moscas-das-frutas e de seus parasitoides no município de Ferreira Gomes, Estado do Amapá. **Ciência Rural**, v. 37, n. 1, p. 265–268, 2007.

SILVA, F.F.D.; REDAELLI, L.R.; MEIRELLES, R.N.; DAL SOGLIO, F.K. Danos de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) em citros, manejados no sistema orgânico de produção. **Revista Ceres**, v. 61, p. 637–642, 2014.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARDIN, D.; VILLA NOVA, N.A. Manual de ecologia dos insetos. Piracicaba: **Agronômica Ceres**, 1976. 149 p.

SIMPSON, E. Measurement of Diversity. **Nature**, 163, 1949. 688 p.

SOARES, D.A.; SOUZA, T.A.N.; SANTOS, J.O.; GIUSTOLIN, T.A.; ALVARENGA, C. D. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) in mango orchards in the Minas Gerais semi-arid region. **Revista Caatinga**, v. 41, n. 3, p. e–347, 2020.

SUGAYAMA, R.L.; BRANCO, E.S.; MALAVASI, A.; KOVALESKI, A.; NORA, I. Oviposition behavior of *Anastrepha fraterculus* in apple and diel pattern of activities in an apple orchard in Brazil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 83, p. 239–245, 1997.

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, p. 354–351, 2001.

THOMPSON, F.C. Data dictionary and standards, pp. 49-63, 1999. *In*: F. C. THOMPSON (ed.), Fruit Fly Expert Identification System and Systematic Information Database. Myia (1998) 9, vii + 524 pp. and Diptera Data Dissemination Disk (CD-ROM) (1998) 1.

TOBIN, J.E. Competition and coexistence of ants in a small patch of rainforest canopy in Peruvian Amazonia. **Journal of New York Entomological Society**, v. 105, n. 1-2, p.105–112, 1997.

URAMOTO, K.; WALDER, J.M.M.; ZUCCHI, R.A. Análise quantitativa e distribuição de populações de espécies de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) no campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 1, p. 33–39, 2005.

VANÍČKOVÁ, L.; HERNÁNDEZ-ORTIZ, V.; BRAVO, I.S.J.; DIAS, V.; RORIZ, A.K.P.; LAUMANN, R.A.; MENDONÇA, A.L.; PARANHOS, B.A.J.; NASCIMENTO, R.R. Current knowledge of the species complex *Anastrepha fraterculus* (Diptera, Tephritidae) in Brazil. **Zoo Keys**, v. 540, p. 211–237, 2015.

WANG, J.F.; STEINB, A.; GAOA, B.B.; GE, Y. A review of spatial sampling. *Spatial Statistics*, v. 2, p. 1–14, 2012.

WHITE, I.M.; ELSON-HARRIS, M.M. Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. Wallingford: CAB International, p. 601, 1994.

ZIDA, I.; NACRO, S.; DABIRÉ, R.; SOMDA, I. Seasonal Abundance and Diversity of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in Three Types of Plant Formations in Western Burkina Faso, West Africa. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 113, n. 5, p. 343–354, 2020.

ZUCCHI, R.A. Novas constatações de espécies de *Anastrepha* (Dip., Tephritidae) no Brasil e algumas observações sobre *A. barbiellinii* Lima, 1938. *In*: Congresso Brasileiro de Entomologia, 8., Brasília, DF, SEB, p. 280, 1983.

ZUCCHI, R.A. Taxonomia. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: **Holos**, p. 285–290, 2000.

ZUCCHI, R.A.; MORAES, R.C.B. 2008. Fruit flies in Brazil - *Anastrepha* species their host plants and parasitoids. Available in: www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/, updated on September 30, 2020. Accessed on: 20 dec. 2020.