



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA

Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Teoria, Aplicação e
Valores

Mestrado em Ecologia

FABIO LUÍS GALVÃO DA SILVA

**EFEITO DA TEMPERATURA NOS ESTÁGIOS IMATUROS DE
Anastrepha fraterculus E *Anastrepha obliqua* (DIPTERA:
TEPHRITIDAE)**

Salvador

2020

34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62

FÁBIO LUÍS GALVÃO DA SILVA

**EFEITO DA TEMPERATURA NOS ESTÁGIOS IMATUROS DE
Anastrepha fraterculus E *Anastrepha obliqua* (DIPTERA:
TEPHRITIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Ecologia:
Teoria, Aplicação e Valores, como parte dos requisitos exigidos
para obtenção do título de Mestre em Ecologia

Orientadora: Dra. Iara Sordi Joachim-Bravo
Coorientador: Dr. Antonio Souza do Nascimento

Salvador
2020

63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92

BANCA EXAMINADORA

Dra. Iara Sordi Joachim-Bravo (orientadora)

Universidade Federal da Bahia – UFBA

Dra. Marilene Fancelli

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia -UFRB

93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124

Ambição não é nada sem execução. (Shea Coulee)

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

(In memoriam) Ao meu pai e avô, Valter Luiz, por sempre acreditar, me estimular e investir em mim.

159

160

161 Acredito que pensei em como reduzir meus agradecimentos em pelo menos
162 duas folhas inúmeras vezes, espero que consiga (não criem expectativas!).

163

164 Antes de agradecer a qualquer ser terrestre... Agradeço a luz que guia e me
165 ilumina todos os dias, aos meus guias por me orientarem nessa jornada tão
166 nova. E a Deus!

167 Sou grato a minha mãe Tereza, mulher forte, de garra, determinada que
168 sempre acreditou em mim, até quando eu mesmo não fui capaz de acreditar.
169 Agradeço pelo seu investimento em mim, pelos seus sacrifícios para que eu
170 pudesse conquistar meus objetivos e por validar cada um deles. Esse trabalho
171 foi feito TAMBÉM por você!

172 Agradeço a minha mãe Cristiane, que me deu o maior presente que alguém
173 poderia dar, que foi a vida. Obrigado pelo seu apoio, carinho e crença em mim!
174 Também agradeço as mulheres que somaram muito na minha vida me
175 ensinando a ter paciência, força e fé, minha voinha Creuza e minhas tias
176 Claudia e Selma. Gratidão por tudo!!!

177 Agradeço a minha irmã caçula, Barbara, por sempre me dizer que eu era seu
178 exemplo, me motivando sempre a ser melhor. E Marcos, que mesmo na
179 distância se fez um amigo presente e apoiador.

180 Agradeço a minha orientadora, Iara Bravo por ser de longe a melhor
181 orientadora que eu poderia ter (sem exagero!). Sou grato por todas as vezes
182 em que me acalmou e aconselhou de forma sábia. Por acreditar em mim e me
183 fazer ver que eu era capaz de concluir mais essa etapa. Pró, de todo meu
184 coração, obrigado! A oportunidade de estagiar no LECI foi única e eu levo isso
185 como um dos melhores presentes que já tive.

186 Agradeço ao LECI e a cada membro que já foi/é desse laboratório que vai além
187 de um ambiente de pesquisa científica. O LECI é um ambiente de auto
188 aprendizado, de crescimento enquanto ser humano. Um local onde se faz
189 pesquisa com amor, respeito e apoio, e isso faz toda a diferença.

190 Agradeço ao meu coorientador, Drº Nascimento. Obrigado por ver potencial em
191 mim e me dar a oportunidade de mostrar e desenvolver novas habilidades.
192 Cada conhecimento adquirido em nossas inúmeras conversas no Laboratório
193 de Entomologia foi valioso.

194 Agradeço a pessoa que me guiou até aqui, mesmo que sem perceber...
195 Obrigado, Ina! Queria poder descrever em palavras o quão feliz e grato eu sou
196 por te ter como uma amiga que sempre está presente e sempre está me
197 cuidando. Você é incrível e como já lhe disse outras vezes, me inspiro em você
198 e te admiro demais.

199 Obrigado Alexandre, ou Xande, ou migo... Você é um dos melhores
200 pesquisadores que eu conheço. Todo o seu apoio em tantos âmbitos foi muito
201 importante para que eu chegasse até aqui. Gratidão por me ensinar tanto, por
202 me apoiar tanto. Você merece o mundo e o terá!

203 Obrigado a Lorena e Amanda por todos os momentos memoráveis! O dia-a-dia
204 na UFBA seria tedioso sem minhas brigas por comida com Lorena e sem eu
205 fazer Amanda passar vergonha sempre que me dava carona, além de ser
206 minha consultora translate particular. Vocês são maravilhosas!

207 Aos pupilos do LECI, Jennifer, Bia, Arthur, Taiala, obrigado por tardes
208 maravilhosas. E a Kelly por ser uma pesquisadora de exemplo, que sempre
209 nos auxilia e se faz presente e necessária. E ao Centro Tecnológico da
210 Agropecuária da Bahia, por disponibilizar insetos, que foram mais do que
211 necessários para a realização desta pesquisa.

212 Agradeço ao Instituto de Biologia (UFBA), por ser um ambiente que
213 proporciona a integração com outras linhas de pesquisa, tornando essa
214 experiência mais rica e proveitosa.

215 Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Teoria, Aplicação e
216 Valores pela formação e aos professores que com excelência contribuíram
217 para a formação científica e acadêmica que até então, não acreditava possuir.
218 Vocês foram impulsionadores essenciais nessa trajetória.

219 Agradeço a EMBRAPA por me receber e permitir o desenvolvimento da
220 pesquisa. Agradeço a cada membro do Laboratório de Entomologia da
221 Embrapa. Obrigado Fátima por prover todo suporte necessário para que eu
222 pudesse desenvolver a minha pesquisa. Ao Dilson e Vandeson por serem mais
223 do que técnicos, e sempre contribuírem e trocarem conhecimento e
224 experiência. Ana, Marcela, Daniel, Natieli e Hernandes por serem sempre
225 ótimas companhias e pela nossa troca de conhecimento. Obrigado ao Leandro,
226 por sempre permitir que eu tivesse acesso ao laboratório aos finais de semana,
227 a Dr^a Marilene pelas conversas e pelo abraço tão acolhedor. Sou grato por ter
228 conhecido e aprendido tanto com todos vocês.

229 A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, por me receber e permitir que
230 cursasse disciplinas optativas, contribuindo também para minha formação.

231 Agradeço a professora Bárbara Rosemar, Rose, Alina e Julie. Durante a
232 graduação vocês foram modelos de profissionais íntegras, comprometidas e
233 competentes. Para, além disso, sempre foram incentivadoras e amigas. O meu
234 muito obrigado à vocês!

235 Aos meus colegas e amigxs do Programa de Pós-graduação por tornarem as
236 aulas mais divertidas, leves e alegres. Em especial ao grupo "O que fazer com
237 tanto amor?", Amanda, Amanda Jr^a, Carol e Ehiko. Grato pela troca. Agradeço
238 também a Enée e Gabi por serem ótimas parceiras e amigas, em sala, em
239 campo e fora do âmbito acadêmico. Vocês são mulheres incríveis!

240 Agradeço aos meus amigos, por não só me incentivarem nessa jornada, mas
241 também por entenderem a minha ausência em alguns momentos e me
242 apoiarem sempre. Em especial, Kleber, Emerson, Herb, Hel, Isaias e Ariel.
243 Cada palavra de apoio e incentivo foi fundamental. Sou feliz demais por ter
244 como amigos pessoas que acreditam em mim e me tem como inspiração.

245 Agradeço a Nana por desde sempre acreditar em mim, por me incentivar
246 mesmo longe e por sempre demonstrar interesse em minha pesquisa. Te amo
247 por toda uma vida! Agradeço também a Chico, que mesmo com tantos
248 estresses (e não foram poucos), foi um ótimo amigo e parceiro.

249 Agradeço aos membros da casa 787. Sou grato por me receberem tão bem e
250 por transformarem essa experiência, melhor e mais leve.

251 Agradeço a CAPES pela bolsa concedida e ao Governo Lula, que embora não
252 esteja em vigência nos dias de hoje (infelizmente) trabalhou para que jovens
253 pobres como eu tivessem oportunidade de estudar, construindo um futuro com
254 nova perspectiva e menos desigualdade.guardo o tempo em que iremos
255 sorrir outra vez, com um governo que veja a educação e pesquisa como
256 investimento e não como gastos.

257 Por último, mas não menos importante obrigado a cada LGBTQ+ que veio
258 antes de mim, a cada irmã/irmão que perdeu sua vida lutando para que hoje,
259 uma “bicha” como eu, pudesse ocupar esse lugar sem precisar se esconder ou
260 se reprimir.

261 Sejam fortes, sejam resistência, sejam AMOR.

262

263

Muito obrigado!!

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

278

279

Quanto mais quente melhor! Será?

280

281 **Fábio Luis Galvão da Silva**

282 O aumento da temperatura da Terra já pode ser sentido nos dias de hoje.

283 Quem nunca teve a impressão de estar vivendo no “inferno”? De um ano para

284 o outro é possível perceber que as estações mais quentes, como o verão,

285 estão com temperaturas mais elevadas do que as o ano anterior. Essa “onda”

286 de calor é resultado de um fenômeno conhecido como Aquecimento Global. O

287 aquecimento global é “fruto”, principalmente, de ações humanas, que através

288 da emissão de gases como dióxido de carbono (CO₂) e do gás metano (CH₄),

289 têm aumentado a concentração de gases do efeito estufa. Com aumento da

290 emissão desses gases, o efeito estufa aumenta e, conseqüentemente, a

291 temperatura da superfície da Terra aumenta também.

292 Mas o que isso tem a ver com as moscas-das-frutas?

293 É certo que todo mundo já ouviu e/ou falou que uma fruta está “bichada” ou

294 com uma “larvinha”. Porém, muitos desconhecem a origem destas larvas, que

295 muitas vezes são encontradas em frutos como goiaba e manga. As moscas-

296 das-frutas são importantes insetos para fruticultura mundial. No Brasil, duas

297 espécies têm grande importância, *Anastrepha fraterculus*, mais conhecida

298 como “mosca sul-americana” e *Anastrepha obliqua*, conhecida como “moscas

299 das Índias Ocidentais”, e ambas ocorrem em muitas regiões do país. Essas

300 moscas utilizam frutos, como goiaba e manga, para deixar os seus ovos. A

301 fêmea põe os ovos dentro do fruto, esses ovos se desenvolvem em larvas e

302 essas larvas se alimentam da polpa do fruto, esse fruto se torna inviável para o

303 consumo e, conseqüentemente, causa prejuízo econômico à fruticultura do
304 país.

305 **Qual a relação das moscas-das-frutas com o aquecimento global?**

306 A temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes para o
307 desenvolvimento de todos os organismos, principalmente dos insetos. O
308 desenvolvimento de moscas-das-frutas, por exemplo, depende também da
309 temperatura da região em que ela é encontrada. Quando pensamos em
310 mudanças climáticas, automaticamente pensamos no aumento da temperatura.
311 Para os fruticultores, o aumento da temperatura é sinônimo de “acelerar” o
312 desenvolvimento e a distribuição de insetos considerados como pragas, já que
313 estes poderão causar danos nos seus frutos. Para descobrir como e se o
314 aumento da temperatura irá influenciar no desenvolvimento de moscas-das-
315 frutas, é preciso descobrir como esses insetos se comportam quando são
316 expostos a diferentes temperaturas.

317 Por isso, é importante realizarmos testes para avaliar como diferentes
318 temperaturas influenciam no desenvolvimento de insetos pragas. Nossa ideia
319 nesse trabalho foi testar o efeito de cinco temperaturas (15, 20, 25,30 e 35°C)
320 em três estágios do desenvolvimento de moscas-das-frutas. Aqui, nós
321 avaliamos o efeito da temperatura no tempo de desenvolvimento e na taxa de
322 sobrevivência de ovos, larvas e pupas. Nossos questionamentos foram: será
323 que a temperatura influencia no desenvolvimento das moscas-das-frutas? Caso
324 influencie, como essas temperaturas afetam os diferentes estágios de
325 desenvolvimento dessas moscas? Será que quanto mais quente, melhor? Os
326 resultados mostraram que a temperatura não só influencia no tempo, mas
327 também na taxa de sobrevivência desses insetos. Os estágios de

328 desenvolvimento avaliados nesse trabalho foram influenciados de formas
329 diferentes pelas temperaturas testadas.

330 Percebemos também, que apesar de altas temperaturas “impulsionarem” o
331 desenvolvimento das moscas, temperaturas muito altas impedem o
332 desenvolvimento de todos os estágios avaliados aqui.

333 Esses resultados podem indicar uma possível redução populacional de
334 moscas-das-frutas em regiões que já possuem temperaturas limites para o seu
335 desenvolvimento. Porém, em regiões frias onde elas também ocorrem, pode
336 ocorrer um aumento populacional dessas moscas e assim, um aumento no
337 dano que elas podem causar nos frutos cultivados.

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

| | | |
|-----|--|----|
| 358 | Sumário | |
| 359 | | |
| 360 | Estrutura da dissertação..... | 13 |
| 361 | Capítulo I..... | 14 |
| 362 | | |
| 363 | Efeito da temperatura e mudanças climáticas em moscas-das-frutas | |
| 364 | (Diptera: Tephritidae): um breve resumo | |
| 365 | | |
| 366 | Introdução..... | 14 |
| 367 | Referências bibliográficas | 19 |
| 368 | Capítulo II..... | 22 |
| 369 | | |
| 370 | Efeito da temperatura nos estágios imaturos de <i>Anastrepha fraterculus</i> | |
| 371 | e <i>Anastrepha obliqua</i> (Diptera: Tephritidae). | |
| 372 | | |
| 373 | Introdução..... | 26 |
| 374 | Materiais e métodos..... | 28 |
| 375 | Resultados..... | 32 |
| 376 | Discussão..... | 39 |
| 377 | Conclusão..... | 47 |
| 378 | Referências bibliográficas | 49 |
| 379 | | |
| 380 | | |
| 381 | | |
| 382 | | |
| 383 | | |
| 384 | | |
| 385 | | |
| 386 | | |
| 387 | | |
| 388 | | |
| 389 | | |
| 390 | | |
| 391 | | |
| 392 | | |
| 393 | | |

394

395 **Estrutura da Tese**

396

397 A presente tese está estruturada em dois capítulos como segue:

398

399 **Capítulo I – Efeito da temperatura e mudanças climáticas em moscas-das-**
400 **frutas (Diptera: Tephritidae): um breve resumo**

401 O primeiro artigo da dissertação trata-se de uma breve revisão do “estado da
402 arte” dos efeitos climáticos em moscas-das-frutas.

403 **Capítulo II – Efeito da temperatura nos estágios imaturos de *Anastrepha***
404 ***fraterculus* e *Anastrepha obliqua* (Diptera:Tephritidae)**

405

406 Neste capítulo, foi avaliado o efeito de cinco temperaturas constantes no
407 desenvolvimento do estágio imaturo de duas espécies de moscas-das-frutas,
408 em seus hospedeiros preferenciais.

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

428

429 **Efeito da temperatura e mudanças climáticas em moscas-das-frutas**
430 **(Diptera: Tephritidae): um breve resumo**

431

432 A temperatura afeta diversos aspectos biológicos dos seres vivos
433 (Gillooly e Dodson, 2000; Gillooly et al., 2001; Kingsolver et al., 2008) (e.g.:
434 taxas de respiração, eclosão de ovos, crescimento individual, reprodução e
435 sobrevivência) (Brown et al., 2004; Savage et al., 2004; O’connor et al., 2018).
436 Em organismos ectotérmicos, como os insetos, a temperatura é um dos
437 impulsionadores dos seus processos biológicos, influenciando em seu tempo
438 de desenvolvimento e na taxa de sobrevivência (Kingsolver et al, 2008;
439 Rebaudo e Rabhi, 2018). Estudos com foco em diferentes grupos, como
440 lepidópteros (Radchuk et al., 2013; Ma et al., 2017), hemípteros (Campolo et
441 al., 2014) e dípteros (Voss et al., 2004; Couret et al., 2014) vêm sendo
442 realizados a fim de compreender o efeito dessa variável ambiental no
443 desenvolvimento desses insetos.

444 Em um cenário de mudanças climáticas um aumento da temperatura
445 trará consequências biológicas para todos os organismos em escala global
446 (Hughes, 2000). De acordo com Deutsch et al (2008), até 2100 a distribuição
447 de ectotérmicos terrestres será alterada em direção aos trópicos e região
448 temperada como resultado do aquecimento global, influenciando
449 principalmente os insetos.

450 Para a agricultura, a rápida distribuição de insetos-praga e vetores
451 motivada pelo aumento da temperatura da Terra tem efeitos negativos sobre a

452 agricultura (Sharma, 2014; Bebber, 2015), causando perdas significativas das
453 culturas devido à infestação dos insetos (Riegler, 2018). Deutsch et al (2018),
454 avaliaram o aumento da perda da colheita de três culturas; milho, trigo e arroz
455 para insetos, em um cenário de aquecimento global. O resultado mostrou que
456 os insetos irão causar um significativo aumento nas perdas de grãos em muitas
457 regiões quentes do mundo. Contudo, as perdas de cultivos para os insetos
458 variam de acordo com a área de ocorrência dos mesmos. Em regiões tropicais,
459 onde os organismos vivem em temperaturas próximas da ideal, o aumento da
460 temperatura pode causar um declínio de sua população. Por outro lado, em
461 regiões temperadas, as populações crescem de acordo com o aumento da
462 temperatura (Deutsch al., 2008; Deutsch et al., 2018).

463 Em moscas-das-frutas, estudos avaliando o efeito da temperatura no
464 seu desenvolvimento vêm sendo realizados com diferentes espécies, como por
465 exemplo, *Anastrepha grandis* (Macquart) (Bolzan et al., 2017), *Anastrepha*
466 *suspensa* (Loew) (Prescott e Baranowski, 1971), *Anastrepha obliqua*
467 (Macquart) (Alicia e Yahia, 2000; Telles-Romero et al., 2011), *Anastrepha*
468 *fraterculus* (Wiedemann) (Taufer et al., 2000), *Bactrocera zonata* (Saunders)
469 (Duyck et al, 2004; Adly, 2016), *Bactrocera invadens* (Drew, Tsuruta & White)
470 (Rwomushana et al., 2008), *Bactrocera papayae* (Drew & Hancock) (Danjuma
471 et al., 2014), *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock) (Danjuma et al., 2014),
472 *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Duyck e Quilici, 2002; Grout e Stoltz, 2014;
473 Ricalde et al., 2012), *Ceratitidis cosyra* (Walker) (Grout e Stoltz, 2014), *Ceratitidis*
474 *rosa* (Karsch) (Duyck e Quilici, 2002; Grout e Stoltz, 2014), *Ceratitidis catoirii*
475 (Guérin-Mèneville) (Duyck e Quilici, 2002), *Neoceratitidis cyanescens* (Bezzi)
476 (Brévault e Quilici, 2000) e *Rhagoletis completa* (Cresson) (Emery e Mills,

477 2019) avaliando diferentes parâmetros tais como sobrevivência do estágio
478 imaturo, longevidade dos adultos, maturidade ovariana, mortalidade e interação
479 com parasitoides.

480 Nos estudos citados acima, o tempo de desenvolvimento foi
481 inversamente proporcional ao aumento da temperatura. Contudo, diferentes
482 espécies e gêneros, respondem de forma distinta aos efeitos dessa variável
483 ambiental em seus diferentes estágios de vida. Por exemplo, a espécie
484 *Bactrocera zonata* concluiu o desenvolvimento dos três estágios (ovo-larva-
485 pupa) em 35°C, contudo, tal temperatura impossibilita a maturação ovariana
486 dessa espécie (Duyck et al., 2004; Adly, 2016), enquanto *B. invadens* não
487 apresentou emergência dos adultos quando expostos a essa temperatura
488 (Rwomushana et al., 2008). Estudos realizados com o gênero *Ceratitis* não
489 demonstraram desenvolvimento de nenhum dos estágios imaturos e maturação
490 ovariana em temperaturas acima de 30°C (Duyck e Quilici, 2002; Ricalde et al.,
491 2012). *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua*, *A. suspensa* e *A. grandis* não
492 apresentaram desenvolvimento de nenhum dos estágios imaturos quando
493 expostas a temperaturas de 35°C (Prescott e Baranowski, 1971; Taufer et al.,
494 2000; Telles-Romero et al., 2011; Bolzan et al., 2017). Enquanto adultos,
495 machos de *A. obliqua* apresentam baixa maturidade sexual, reduzindo o
496 potencial de cópula (Telles-Romero et al., 2011); *A. fraterculus* apresenta
497 expectativa de vida menor quando expostos a temperaturas extremas (9° e
498 25°C) (Taufer et al., 2000); e *A. grandis* apresenta maior fecundidade em 25°C
499 e uma redução em 30°C. Esses estudos demonstram que moscas-das-frutas
500 da família Tephritidae respondem de maneiras diferentes às alterações de

501 temperatura, e tais mudanças variam entre as espécies e parâmetros
502 avaliados.

503 Além de avaliar os efeitos da temperatura no desenvolvimento das
504 moscas-das-frutas, alguns estudos vêm sendo realizados para prever os
505 impactos do aumento da temperatura na distribuição desses insetos. Um
506 zoneamento ecológico realizado por Santos (2008) projetou a distribuição de
507 duas espécies de moscas-das-frutas, *A. fraterculus* e *C. capitata*, em dois
508 cenários climáticos no Brasil. Seus resultados mostraram que com o
509 aquecimento global, até 2080 a distribuição dessas espécies pode se restringir
510 a região Sudeste e Sul do país. De acordo com Fu et al (2014), a distribuição
511 de *A. obliqua* deve aumentar em todos os continentes até 2020. Contudo, no
512 Brasil, onde a espécie já ocorre, os autores projetam uma redução populacional
513 dessa espécie em estados da região Norte, Nordeste e Centro-Oeste.
514 Stephens et al., 2007, realizaram uma modelagem usando o CLIMEX TM para
515 projetar o potencial de distribuição global de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) em
516 cenários climáticos atuais e futuros. O principal efeito das mudanças climáticas
517 na distribuição potencial de *B. dorsalis* é que esta espécie se expandirá em
518 direção às áreas que atualmente são muito frias. Contudo, para regiões da
519 América do Sul a distribuição será restrita diminuindo as chances de invasão
520 dessa espécie. Gutierrez et al., (2009) examinaram os efeitos das mudanças
521 climáticas na distribuição de *Bactrocera oleae* (Rossi) e de seu hospedeiro
522 oliveira (*Olea europaea* L.) na Itália, Califórnia e Arizona. O resultado da
523 projeção indica que altas temperaturas irão limitar a distribuição de *B. oleae*
524 nas áreas desertas do Arizona no Sul da Califórnia, enquanto o frio limita sua
525 ocorrência em direção ao Norte. Na Itália a temperatura fria do inverno limitará

526 a produção de oliveira, afetando, conseqüentemente, o crescimento de *B.*
527 *oleae* durante esta estação.

528 As moscas-das-frutas estão entre as pragas agrícolas mais destrutivas
529 na fruticultura, causando grandes prejuízos aos fruticultores. O dano causado
530 pela larva que se alimenta e se desenvolve no interior do fruto, o torna inviável
531 para o consumo e conseqüentemente para o comércio (Malavasi e Zucchi,
532 2000), causando prejuízo econômico aos fruticultores devido às barreiras
533 quarentenárias impostas aos frutos destinados à exportação (Lemos et al.,
534 2017). A família Tephritidae possui mais de 4.000 espécies e subespécies
535 divididas em 484 gêneros (Aluja e Norrbom, 1999). No Brasil, quatro gêneros
536 se destacam quanto a sua importância econômica – *Anastrepha*, *Bactrocera*,
537 *Ceratitis* e *Ragoletis* (Malavasi e Zucchi, 2000).

538 Para compreender como as mudanças climáticas irão afetar o
539 desenvolvimento e distribuição dos insetos, é necessário compreender como a
540 temperatura influencia em diferentes estágios do seu ciclo de vida, assim como
541 em sua interação com seu hospedeiro (Radchuk et al., 2013; Bebber, 2015).

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551 **Referência bibliográfica**

552

553 ADLY, Dalia. Thermal requirements of the peach fruit fly, *Bactrocera*
554 *zonata* (Saunders)(Diptera: Tephritidae), and its exotic parasitoid species
555 *Aganaspis daci* (Weld)(Hymenoptera: Eucoilidae). **Egyptian Academic**
556 **Journal of Biological Sciences. A, Entomology**, v. 9, n. 2, p. 89-96, 2016.

557 ALICIA, DORA; YAHIA, M. Mortalidad de huevos y larvas de
558 *Anastrepha obliqua* (macquart) y *A. Ludens* (loew) (diptera:
559 tephritidae) en atmosferas controladas y temperatura alta en mango
560 (*mangifera indica*) cv.'manila'. **Folia Entorno!. Mex**, v. 109, p. 43-53, 2000.

561 ALUJA, Martin; NORRBOM, Allen (Ed.). **Fruit flies (Tephritidae):**
562 **phylogeny and evolution of behavior**. Crc Press, 1999.

563 BEBBER, Daniel Patrick. Range-expanding pests and pathogens in a
564 warming world. **Annual review of phytopathology**, v. 53, p. 335-356, 2015.

565 BOLZAN, Anderson et al. Development of *Anastrepha grandis* (Diptera:
566 Tephritidae) under constant temperatures and field validation of a laboratory
567 model for temperature requirements. **Crop Protection**, v. 100, p. 38-44, 2017.

568 BRÉVAULT, Thierry; QUILICI, Serge. Relationships between
569 temperature, development and survival of different life stages of the tomato fruit
570 fly, *Neoceratitis cyanescens*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 94,
571 n. 1, p. 25-30, 2000.

572 BROWN, James H. et al. Toward a metabolic theory of
573 ecology. **Ecology**, v. 85, n. 7, p. 1771-1789, 2004.

574 CAMPOLO, O. et al. Population dynamics and temperature-dependent
575 development of *Chrysomphalus aonidum* (L.) to aid sustainable pest
576 management decisions. **Neotropical entomology**, v. 43, n. 5, p. 453-464,
577 2014.

578 COURET, Jannelle; DOTSON, Ellen; BENEDICT, Mark Q. Temperature,
579 larval diet, and density effects on development rate and survival of *Aedes*
580 *aegypti* (Diptera: Culicidae). **PLoS one**, v. 9, n. 2, p. e87468, 2014.

581 DANJUMA, Solomon et al. Effect of temperature on the development and
582 survival of immature stages of the carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae*,
583 and the Asian papaya fruit fly, *Bactrocera papayae*, reared on guava
584 diet. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 126, 2014.

585 DEUTSCH, Curtis A. et al. Impacts of climate warming on terrestrial
586 ectotherms across latitude. **Proceedings of the National Academy of**
587 **Sciences**, v. 105, n. 18, p. 6668-6672, 2008.

588 DEUTSCH, Curtis A. et al. Increase in crop losses to insect pests in a
589 warming climate. **Science**, v. 361, n. 6405, p. 916-919, 2018.

590 DUYCK, Pierre François; QUILICI, Serge. Survival and development of
591 different life stages of three *Ceratitis* spp.(Diptera: Tephritidae) reared at five
592 constant temperatures. **Bulletin of Entomological Research**, v. 92, n. 6, p.
593 461, 2002.

594 DUYCK, Pierre François; STERLIN, Joseph Frénel; QUILICI, Serge.
595 Survival and development of different life stages of *Bactrocera zonata* (Diptera:
596 Tephritidae) reared at five constant temperatures compared to other fruit fly
597 species. **Bulletin of Entomological Research**, v. 94, n. 1, p. 89, 2004.

598 GILLOOLY, J. F.; DODSON, S. I. The relationship of neonate mass and
599 incubation temperature to embryonic development time in a range of animal
600 taxa. **Journal of Zoology**, v. 251, n. 3, p. 369-375, 2000.

601 GILLOOLY, James F. et al. Effects of size and temperature on metabolic
602 rate. **science**, v. 293, n. 5538, p. 2248-2251, 2001.

603 GROUT, Tim G.; STOLTZ, Kim C. Developmental rates at constant
604 temperatures of three economically important *Ceratitis* spp.(Diptera:
605 Tephritidae) from southern Africa. **Environmental Entomology**, v. 36, n. 6, p.
606 1310-1317, 2014.

607 GUTIERREZ, Andrew Paul; PONTI, Luigi; COSSU, Q. A. Effects of
608 climate warming on olive and olive fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) in California
609 and Italy. **Climatic Change**, v. 95, n. 1-2, p. 195-217, 2009.

610 HUGHES, Lesley. Biological consequences of global warming: is the
611 signal already apparent?. **Trends in ecology & evolution**, v. 15, n. 2, p. 56-61,
612 2000.

613 KINGSOLVER, Joel G.; HUEY, Raymond B. Size, temperature, and
614 fitness: three rules. **Evolutionary Ecology Research**, v. 10, n. 2, p. 251-268,
615 2008.

616 MA, Li et al. Temperature effects on development and fecundity of
617 *Brachmia macroscopa* (Lepidoptera: Gelechiidae). **PloS one**, v. 12, n. 3, p.
618 e0173065, 2017.

619 MALAVASI, Aldo; ZUCCHI, Roberto Antonio; SUGAYAMA, R.
620 **L. Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento**
621 **básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000.

622 O'CONNOR, Mary I.; BERNHARDT, Joanna R. The metabolic theory of
623 ecology and the cost of parasitism. **PLoS biology**, v. 16, n. 4, p. e2005628,
624 2018.

625 PRESCOTT III, J. A.; BARANOWSKI, R. M. Effects of temperature on
626 the immature stages of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). **Florida**
627 **Entomologist**, p. 297-303, 1971.

628 RADCHUK, Viktoriia; TURLURE, Camille; SHTICKZELLE, Nicolas.
629 Each life stage matters: the importance of assessing the response to climate

630 change over the complete life cycle in butterflies. **Journal of Animal Ecology**,
631 v. 82, n. 1, p. 275-285, 2013.

632 REBAUDO, François; RABHI, Victor-Badre. Modeling
633 temperature-dependent development rate and phenology in insects: review of
634 major developments, challenges, and future directions. **Entomologia**
635 **Experimentalis et Applicata**, v. 166, n. 8, p. 607-617, 2018.

636 RICALDE, Marcelo P. et al. Temperature-dependent development and
637 survival of Brazilian populations of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*,
638 from tropical, subtropical and temperate regions. **Journal of Insect Science**, v.
639 12, n. 1, p. 33, 2012.

640 RWOMUSHANA, I. et al. Effect of temperature on development and
641 survival of immature stages of *Bactrocera invadens* (Diptera:
642 Tephritidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 132, n. 9-10, p. 832-839,
643 2008.

644 SAVAGE, Van M. et al. Effects of body size and temperature on
645 population growth. **The American Naturalist**, v. 163, n. 3, p. 429-441, 2004.

646 SHARMA, Hari C. Climate change effects on insects: implications for
647 crop protection and food security. **Journal of crop improvement**, v. 28, n. 2, p.
648 229-259, 2014.

649 TAUFER, Maristela et al. Efeito da temperatura na maturação ovariana e
650 longevidade de *Anastrepha fraterculus* (Wied.)(Diptera: Tephritidae). **Anais da**
651 **Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 4, p. 639-648, 2000.

652 TELLES-ROMERO, R. et al. Effect of temperature on pupa development
653 and sexual maturity of laboratory *Anastrepha obliqua* adults. **Bulletin of**
654 **entomological research**, v. 101, n. 5, p. 565, 2011.

655 VOSS, Sasha C. et al. Survival and development of the forensically
656 important blow fly, *Calliphora varifrons* (Diptera: Calliphoridae) at constant
657 temperatures. **Forensic Science, Medicine, and Pathology**, v. 10, n. 3, p.
658 314-321, 2014.

659

660

661

662

663

664

665

666

667

670

671 **EFEITO DA TEMPERATURA NOS ESTÁGIOS IMATUROS DE *Anastrepha***
672 ***fraterculus* E *Anastrepha obliqua* (DIPTERA: TEPHRITIDAE).**673 ¹Silva, Fábio L. Galvão da; ²Nascimento, Antonio Sousa do; ¹Joachim-Bravo, Iara Sordi.674 ¹Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Barão do Geremoabo s/n, Campus
675 Universitário de Ondina, 40170-290, Salvador, BA, Brasil.676 ²Embrapa Mandioca e Fruticultura. Rua Embrapa s/n., 44380-000. Cruz das Almas, BA, Brasil.

677

678 Endereço de correspondência autor. E-mail: fgalvao3@gmail.com

679

680 **Resumo**

681 *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) e *Anastrepha obliqua* (Macquart)
682 configuram-se como duas das principais pragas da fruticultura mundial,
683 causando danos econômicos aos exportadores. Em cenário de mudanças
684 climáticas, possíveis alterações no desenvolvimento desses insetos podem
685 influenciar a sua distribuição e, conseqüentemente, o seu potencial de dano à
686 fruticultura. Esse trabalho avaliou o efeito de diferentes temperaturas (15°, 20°,
687 25°, 30° e 35°C) no tempo de desenvolvimento e na sobrevivência dos estágios
688 imaturos de *A. fraterculus* e *A. obliqua*. O tempo de desenvolvimento foi
689 inversamente proporcional à temperatura, apresentando maior tempo de
690 desenvolvimento dos estágios avaliados a 15°C e o menor tempo variando
691 entre 25° e 30°C, para ambas as espécies. Enquanto que a 35°C não houve
692 desenvolvimento dos estágios avaliados para *A. fraterculus* e *A. obliqua*. A taxa
693 de sobrevivência diferiu entre as temperaturas avaliadas e as espécies
694 estudadas. *Anastrepha fraterculus* apresentou maior taxa de sobrevivência do
695 estágio de ovo a 30°C (69%), enquanto *A. obliqua* apresentou maior taxa entre
696 20° e 30°C (70% e 72%). As taxas de sobrevivência do estágio de larva foram
697 maiores a 25°C, para ambas as espécies. Contudo, *A. fraterculus* sofreu
698 redução a 15°C (264 pupas), enquanto *A. obliqua* sofreu redução da
699 sobrevivência em 30°C (142 pupas). A sobrevivência do estágio de pupa foi
700 maior a 20° e 25°C para ambas as espécies. Todavia, *A. fraterculus* sofreu
701 redução da sobrevivência desse estágio quando expostas a 30°C (33 adultos),

702 enquanto *A. obliqua* reduziu a 15°C (49 adultos). O tempo de desenvolvimento
703 até adulto para ambas as espécies é menor em (25 dias) às temperaturas de
704 25° e 30°C. Os resultados sugerem uma possível redução das populações de
705 *A. fraterculus* e *A. obliqua* em regiões que já possuem temperaturas altas e/ou
706 próximas de altas. Porém, em regiões frias onde elas também ocorrem, pode
707 ocorrer um aumento dessas moscas e assim, um aumento no dano que elas
708 podem causar nos frutos cultivados.

709 Palavras-chave: moscas das frutas, mudanças climáticas, desenvolvimento,
710 *Psidium guajava*, *Mangifera indica*.

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

737

738 **EFFECT OF TEMPERATURE ON THE IMMATURE STAGES OF *Anastrepha fraterculus***
739 **AND *Anastrepha obliqua* (DIPTERA: TEPHRITIDAE).**

740 ¹Silva, Fábio L. Galvão da; ²Nascimento, Antonio Sousa do; ¹Joachim-Bravo, Iara Sordi.

741 ¹Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Barão do Geremoabo s/n, Campus Unive
742 rsitário de Ondina, 40170-290, Salvador, BA, Brasil.

743 Embrapa Mandioca e Fruticultura. Rua Embrapa s/n., 44380-000. Cruz das Almas, BA, Brasil.

744

745 Corresponding author: E-mail: fgalvao3@gmail.com

746

747 Abstract

748 *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) and *Anastrepha obliqua* (Macquart) are
749 two of the main pests of global fruit farming, causing economic damage to
750 exporters. In a scenario of climate change, possible changes in the
751 development of these insects can influence their distribution and, consequently,
752 their potential for damage to fruit farming. This work evaluated the effect of
753 different temperatures (15^o, 20^o, 25^o, 30^o and 35^oC) on the development time
754 and survival of the immature stages of *A. fraterculus* and *A. obliqua*. The
755 development time was inversely proportional to the temperature, with the
756 longest development time of the stages evaluated at 15^oC and the shortest time
757 varying between 25^o and 30^oC, for both species. While at 35^oC there was no
758 development of the evaluated stages for *A. fraterculus* and *A. obliqua*. The
759 survival rate differed between the evaluated temperatures and the studied
760 species. *Anastrepha fraterculus* had the highest survival rate of the egg stage at
761 30^oC (69%), while *A. obliqua* had the highest rate between 20^o and 30^oC (70%
762 and 72%). Survival rates of the larval stage were higher at 25^oC, for both
763 species. However, *A. fraterculus* was reduced to 15^oC (264 pupae), while *A.*
764 *obliqua* was reduced to 30^oC (142 pupae). Survival of the pupal stage was
765 higher at 20^oC and 25^oC for both species. However, *A. fraterculus* suffered
766 reduced survival when exposed to 30^oC (33 adults), while *A. obliqua* reduced to
767 15^oC (49 adults). The development time to adult for both species is shorter in
768 (25 days) at temperatures of 25^o and 30^oC. The results suggest a possible
769 reduction in populations of *A. fraterculus* and *A. obliqua* in regions that already

770 *have high and/or near high temperatures. However, in cold regions where they*
771 *also occur, an increase in these flies may occur and thus, an increase in the*
772 *damage they can cause to the cultivated fruit.*

773 **Keywords:** fruit flies, climate change, development, *Psidium guajava*, *Mangifera*
774 *indica*

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800 **Introdução**

801

802 As moscas-das-frutas são os principais insetos-praga de importância
803 econômica e quarentenária da fruticultura mundial (Malavasi e Zuchi, 2000;
804 Lemos et al., 2017). O gênero *Anastrepha*, endêmico de regiões Neotropicais,
805 possui grande impacto econômico nas Américas. Este gênero possui 275
806 espécies descritas e é amplamente distribuído em regiões Tropicais e
807 Subtropicais (Uramoto et al., 2008; Uchôa e Nicácio, 2010). Dentro do gênero
808 *Anastrepha*, as espécies *Anastrepha fraterculus* e *Anastrepha obliqua* se
809 destacam em importância no ponto de vista econômico (Malavasi e Zuchi,
810 2000).

811 *Anastrepha fraterculus*, conhecida como mosca sul-americana, ocorre do
812 México até a América do Sul (Uchôa e Nicácio 2010; Vaníčková et al., 2015).
813 No Brasil, *A. fraterculus* tem maior ocorrência nas regiões Sul e Sudeste, e em
814 alguns estados do Nordeste e possui uma gama de 116 frutos hospedeiros,
815 sendo comumente associadas a frutos da família Myrtaceae, com preferência
816 pelo fruto goiaba (*Psidium guava* L.) (Uramoto et al., 2008; Vaníčková et al.,
817 2015). *Anastrepha obliqua* conhecida como mosca das Índias Ocidentais, tem
818 ocorrência na América Central e do Sul e nas Índias Ocidentais (Fu et al., 2014,
819 Weems et al., 2015). No Brasil, a espécie ocorre no sul do país, e em regiões
820 do Sudeste, Norte, Nordeste e alguns estados do Centro-Oeste e está
821 associada a 50 frutos hospedeiros, comumente associadas a frutos da família
822 Anarcadiaceae, preferencialmente manga (*Mangifera indica* L.) (Uramoto et al.,
823 2008; Uchôa e Nicácio, 2010).

824 No Brasil, manga e goiaba estão entre os frutos mais exportados do país
825 (Abrafrutas, 2019). As produções desses frutos estão concentradas nas regiões
826 Nordeste e Sudeste (SEAPA - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e
827 Abastecimento, 2019), áreas de ocorrência de *A. fraterculus* e *A. obliqua*. Essa
828 relação entre o inseto e o hospedeiro, faz com que países compradores destes
829 frutos exijam o Certificado Fitossanitário Internacional (CFI) para garantir a
830 ausência de moscas-das-frutas nos frutos exportados do Brasil (MAPA, 2017).

831 A temperatura afeta diversos aspectos biológicos dos seres vivos (e.g.:
832 taxas de respiração, eclosão dos ovos, crescimento individual, reprodução e
833 sobrevivência) (Gillooly e Dodson, 2000; Gillooly, et al., 2001; Brown et al.,
834 2004; Savage et al., 2004; Kingsolver et al., 2008; O'connor et al., 2018). O
835 impacto do aumento da temperatura da superfície do planeta como
836 consequência das mudanças climáticas trará consequências biológicas aos
837 organismos em uma escala global (Hughes, 2000).

838 A distribuição de ectotérmicos terrestres será alterada como
839 consequência do aquecimento global, influenciando principalmente os insetos
840 através da fisiologia, comportamento e interação inseto-hospedeiro (Deutsch
841 al., 2008; Cornelissen, 2011; Andrew et al., 2013). Para agricultura, o aumento
842 da distribuição de insetos-praga e vetores é sinônimo de perdas significativas
843 para as culturas agrícolas, causando preocupação para os produtores (Bebber,
844 2015; Riegler, 2018).

845 Para prever os efeitos dessas mudanças nas populações de insetos e
846 vetores de importância econômica, é necessário conhecer os potenciais efeitos
847 desse fator abiótico no ciclo de vida e na interação inseto-hospedeiro
848 (Radchuck et al., 2012; Andrew et al., 2013). Para isso, experimento em

849 laboratório vêm sendo realizados com diferentes espécies de moscas-das-
850 frutas avaliando o efeito da temperatura na sobrevivência do estágio imaturo
851 (Ricalde et al., 2012), maturação ovariana (Taufer et al., 2000) ematuration
852 sexual (Telles-Romero et al., 2011). Contudo, poucos estudos têm levado em
853 consideração o efeito dessa variável ambiental na interação inseto-hospedeiro,
854 como foi realizado por Bolzan et al (2017), que avaliou o efeito de diferentes
855 temperaturas constantes em *Anastrepha grandis* no hospedeiro abóbora
856 (*Cucurbita pepo* L.).

857 Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência de
858 diferentes temperaturas constantes no ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus* e
859 *Anastrepha obliqua* em seus hospedeiros preferenciais, visando analisar como
860 a temperatura afeta os seguintes estágios do ciclo de vida dessas espécies:
861 estágio de ovo, estágio larval dentro do fruto hospedeiro preferencial, estágio
862 de pupa; E comparar o efeito da temperatura entre as duas espécies
863 estudadas.

864 **Material e métodos**

865 **Material biológico**

866 Para a realização dos testes experimentais, foram utilizadas duas
867 espécies nativas do gênero *Anastrepha*: *Anastrepha fraterculus* morfotipo
868 Brasil-1 (Roriz et al., 2017) e *Anastrepha obliqua*.

869 Os espécimes de *A. fraterculus* utilizados nos experimentos foram
870 oriundos de uma coleta de goiaba (*Psidium guajava* L.) realizada em campo, no
871 município de Bento Gonçalves no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (29°100
872 15" S, 51°310 08"W). Enquanto os de *A. obliqua* foram oriundos de uma coleta

873 de manga (*Mangifera indica* L.), realizada na Fazendinha da Embrapa
874 Mandioca e Fruticultura, localizada no município de Cruz das Almas, no estado
875 da Bahia, Brasil (12.6820° S, 39.0886° W). Para purificação e identificação dos
876 espécimes coletados, utilizou-se o protocolo de identificação descrito em Roriz
877 et al (2015), considerando características morfológicas, como a região dorsal
878 do tórax, asas, acúleo e ovo. Após a identificação, os insetos foram mantidos
879 em caixas de madeira cobertas por *voil* (14 cm x 30 cm x 22 cm)
880 acondicionadas no insetário do Laboratório de Entomologia da Embrapa
881 Mandioca e Fruticultura, sob as condições de temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$,
882 umidade relativa $70 \pm 10\%$ e iluminação fluorescente com fotofase de 12h,
883 seguindo a metodologia de criação de adultos de moscas-das-frutas do
884 laboratório da Unidade de Entomologia, FAO/IAEA (Vera et al. 2006), com
885 alimentação dos insetos sendo realizada com água e dieta à base de açúcar e
886 proteína hidrolisada (Bionis®) (3:1), fornecidas a cada dois dias (Silva Neto et
887 al., 2012).

888 Todos os testes experimentais foram realizados em incubadora BOD
889 (Demanda bioquímica de oxigênio), sob cinco temperaturas constantes: 15° ;
890 20° ; 25° ; 30° e $35^\circ \pm 2^\circ\text{C}$, sem iluminação e umidade relativa $70 \pm 10\%$. A
891 temperatura e a umidade foram monitoradas com auxílio do termo-higrômetro.

892 Estágio de ovode *A. fraterculus* e *A. obliqua*

893 Experimentos em laboratório foram realizados para avaliar o tempo e a
894 taxa de sobrevivência de ovos de *A. fraterculus* e *A. obliqua*. Dez casais
895 previamente copulados foram separados e colocados em gaiolas de plástico
896 (17,5x16cm) com dieta padrão (açúcar e Bionis®) (Silva Neto et al., 2012), água
897 e substrato para oviposição feito com ágar e recoberto com Parafilm™ (Ricalde

898 et al., 2012), e mantidos no insetário do Laboratório de Entomologia da
899 Embrapa Mandioca e Fruticultura, sob as condições de temperatura de $25 \pm$
900 2°C , umidade relativa $70 \pm 10\%$ e iluminação fluorescente com fotofase de 12h
901 (Vera et al., 2006). O substrato ficou exposto nas gaiolas durante 24 horas,
902 após esse período, os ovos da primeira postura foram descartados, uma vez
903 que as fêmeas emergem com número de óvulos limitados, podendo ovipositar
904 sem que os óvulos tenham sido fecundados (Malavasi e Zuchi, 2000). Após o
905 descarte, um novo substrato foi colocado na gaiola e após 24 horas os ovos
906 postos foram retirados do substrato e contabilizados com auxílio de um
907 microscópio óptico e um estilete. Foram utilizados 100 ovos de cada espécie
908 estudada. Estes ovos foram colocados em placas de Petri (49x12mm) com
909 algodão umidificado e tecido *voil* preto (adaptado de Bolzan et al., 2017), estas
910 foram acondicionadas em BOD nas temperaturas avaliadas. Foram feitas
911 observações diárias pelo período de 15 dias, para registrar o tempo e a taxa de
912 eclosão dos ovos. Dez réplicas foram realizadas para cada espécie estudada.

913 Estágio larval de *A. fraterculus* e *A. obliqua*

914 Para avaliar a ação da temperatura no desenvolvimento larval, foram
915 utilizados os frutos hospedeiros preferenciais de cada espécie estudada: sendo
916 manga para *Anastrepha obliqua*; e goiaba para *Anastrepha fraterculus*. Os
917 testes experimentais foram realizados através de infestação natural. Foram
918 utilizados quinze casais de ambas as espécies, da colônia de criação sob as
919 condições de temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e iluminação
920 fluorescente com fotofase de 12h (Vera et al., 2006), com idade reprodutiva
921 entre 14 e 15 dias (Malavasi e Zuchi, 2000). Os casais foram colocados em
922 gaiolas de plástico (17,5 cm x 16 cm) com água e dieta padrão (açúcar e

923 Bionis®) e seus respectivos frutos hospedeiros (goiaba para *A. fraterculus* e
924 manga para *A. obliqua*). No total, foram utilizados 50 frutos de goiabas e 50
925 frutos de manga. Após 48 horas expostos nas gaiolas, ambos os frutos foram
926 retirados e colocados em potes de plástico (150mmx94mm) com vermiculita
927 esterilizada e acondicionados em BOD nas temperaturas avaliadas. Foram
928 feitas observações diárias, após cinco dias dos frutos terem sido infestados.
929 Através de testes pilotos, a duração do tempo de observação foi de 45 dias. O
930 tempo de desenvolvimento, assim como a taxa de sobrevivência larval foi
931 avaliado considerando o estágio seguinte da fase larval, o estágio de pupa.
932 Dez réplicas foram realizadas para cada espécie estudada.

933 Estágio de pupa de *A. fraterculus* e *A. obliqua*

934 Para avaliar a influência da temperatura na duração do estágio de pupa,
935 taxa de emergência dos adultos e na razão sexual destes, foram utilizadas
936 pupas recém-formadas de *A. fraterculus* e *A. obliqua*. As pupas do experimento
937 anterior não foram utilizadas para garantir independência entre os dados. Para
938 a coleta das pupas recém-formadas, frutos de goiaba, hospedeiro comum entre
939 as espécies (Uchôa e Nicácio, 2010), foram ofertados como sítio de oviposição
940 para ambas as espécies. Após 48 horas, estes frutos foram retirados das
941 gaiolas, colocados em potes de plástico (150mmx94mm) com vermiculita
942 esterilizada e, posteriormente acondicionados em BOD com $25 \pm 2^\circ\text{C}/\text{UR } 70 \pm$
943 10% . Após o final da fase larval, as pupas foram separadas para realização dos
944 testes experimentais. Foram utilizadas 120 pupas de cada espécie. Estas
945 foram colocadas em potes de plástico (7,5x5,0mm) com vermiculita esterilizada
946 e umidificada com água destilada. Foram realizadas 10 réplicas para cada
947 espécie estudada. Foram feitas observações diárias para contabilizar a

948 emergência dos adultos, durante 30 dias (tempo obtido com base em testes
949 pilotos).

950 **Análise estatística**

951 Os dados de tempo de desenvolvimento e taxa de sobrevivência dos
952 estágios imaturos (ovo, larva e pupa) de *A. fraterculus* e *A. obliqua* , assim
953 como o ciclo de vida (ovo até adulto), e comparação entre as espécies foram
954 analisados comparando as temperaturas avaliadas 15°; 20°; 25°; 30°; e 35°C)
955 utilizando os Modelos Lineares Generalizados (GLM), com distribuição Quasi-
956 Poisson. O nível de significância do efeito da temperatura nos estágios
957 avaliados foi determinado usando Teste F. Teste ANOVA foi realizado para
958 avaliar a diferença entre os tratamentos. A comparação entre os tratamentos foi
959 feita através do teste de Tukey (p) com nível de confiança de 95%. A razão
960 sexual (rs) foi determinada através da fórmula = fêmeas/ (fêmeas + machos),
961 proposto por Silveira Neto et al (1976). As análises foram realizadas usando o
962 Software R version 3.6.2 e R Studio 1.2.5033.

963

964 **Resultados**

965

966 A duração e a taxa de sobrevivência dos estágios de ovo, larva e pupa
967 de *A. fraterculus* e *A. obliqua* foram influenciadas em quatro das temperaturas
968 avaliadas (15°; 20°; 25° e 30 °± 2°C) (Tabela 1). O tempo de desenvolvimento
969 dos estágios (ovo, larva e pupa) foi inversamente proporcional à temperatura
970 (Tempo de desenvolvimento: *A. fraterculus* (ovo): F:28; Df: 3; P = 0,001);
971 (larva): F:105; Df: 3; P= 0,001); (pupa): F: 263; Df: 3; P=0,001) e *A. obliqua*
972 (ovo): F:16; Df: 3; P=0,001; (larva): F:34; Df: 3; P=0,001; (pupa): F:101; Df: 3;
973 P=0,001. Taxa de sobrevivência: *A. fraterculus*: (ovo): F:27; Df: 3; P=0,001;

974 (larva): F: 9; Df: 3; P=0.001; (pupa): F:10; Df: 3; P=0,001) e *A. obliqua*: (ovo): F:
 975 24; Df: 3; P=0.001; (larva): F:10; Df: 3; P=0.001; (pupa): F: 6; Df: 3; P=0,001).
 976 Acima de 35°C, não houve desenvolvimento dos estágios avaliados, para
 977 ambas as espécies.

Tabela 1: Tempo médio (dias) ± erro padrão (SE) do desenvolvimento dos estágios imaturos e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus* e *Anastrepha obliqua* em cinco temperaturas constantes com RH 70±10%.

| Espécie | Estágio de desenvolvimento | Temperatura (°C) | | | |
|-----------------------|----------------------------|------------------|------------|------------|------------|
| | | 15 | 20 | 25 | 30 |
| <i>A. fraterculus</i> | Ovo | 8±0.07a | 5±0.11b | 4±0.12b | 1±0.19c |
| | Larva | 32±0.03a | 22±0.05b | 10±0.06c | 10±0.06c |
| | Pupa | 27±0.12a | 19±0.19b | 13±0.21c | 11±0.23d |
| | Ovo-adulto | 67±0.01a | 46±0.02b | 27±0.05c | 22±0.03c |
| | ¹ Razão sexual | 0,45±0.21a | 0,5±0.27a | 0,22±0.26a | 0,66±0.29a |
| <i>A. obliqua</i> | Ovo | 4±0.08a | 3±0.13a | 1±0.16b | 1±0.17b |
| | Larva | 27±0.09a | 17±0.14b | 10±0.16c | 9±0.17c |
| | Pupa | 32±0.01a | 23±0.02b | 14±0.03c | 11±0.03d |
| | Ovo-adulto | 63±0.04a | 43±0.06b | 25±0.07c | 21±0.07c |
| | ¹ Razão sexual | 0,33±0.18a | 0,18±0.23b | 0,4±0.22b | 0,5±0.25ab |

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha são significativamente diferentes (<0,05). Teste de Tukey para comparação entre média.

¹Razão sexual (proporção sexual de fêmeas e machos). Fórmula: fêmeas/ (fêmeas + machos).

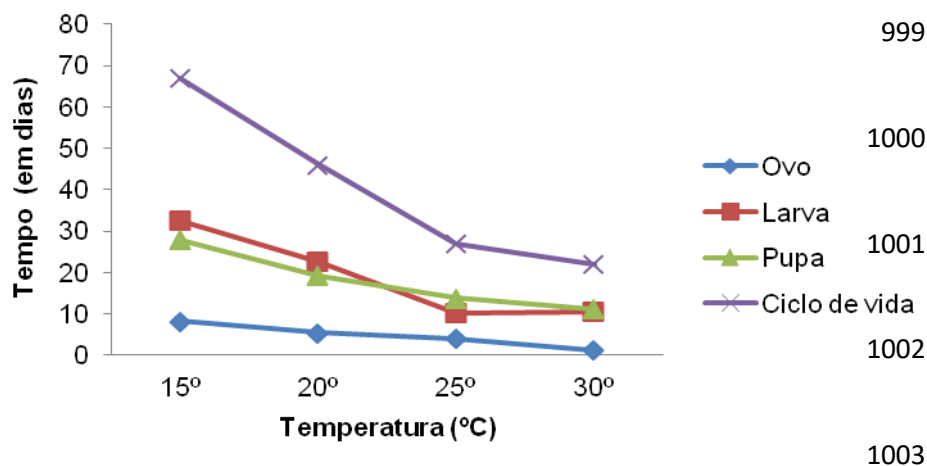
978

979 Tempo de desenvolvimento de *A. fraterculus* e *A. obliqua*

980 Em *A. fraterculus*, a duração do estágio de ovo foi maior a 15°C (8 dias)
 981 e diminuiu a 30°C, onde o tempo para eclosão do ovo foi de 1 dia, diferindo
 982 significativamente entre si e entre as temperaturas que apresentaram duração
 983 intermediária (p=0,001), 20° e 25°C (5 e 4 dias, respectivamente) (p=0,12)
 984 (Figura 1). A duração do estágio larval diminuiu significativamente com o
 985 aumento da temperatura. A 15°C a duração do estágio foi de 32 dias, diferindo
 986 das demais temperaturas (p=0,001), enquanto o menor tempo foi encontrando
 987 nos tratamentos de 25° e 30°C, apresentando tempo similar da duração desse
 988 estágio (10 dias) (p=0,99) (Figura 1). A duração desse estágio a 15°C foi a
 989 maior, quando comparada com os outros estágios nessa mesma temperatura.

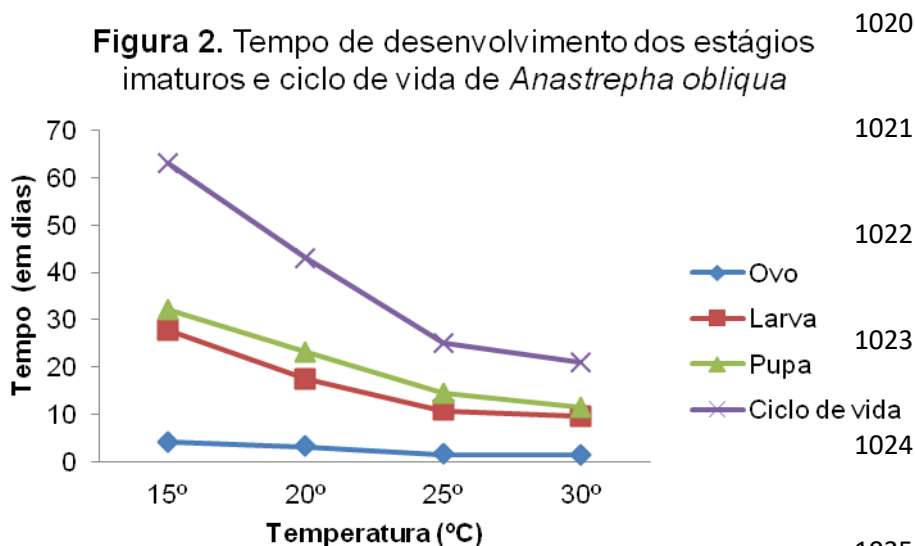
990 A duração do estágio de pupa diferiu entre todas as temperaturas
 991 avaliadas ($p=0,001$). A menor duração foi registrada nos tratamentos 25° e
 992 30°C (13 e 11 dias, respectivamente). Enquanto a maior duração do estágio foi
 993 registrada a 15°C (27 dias) (Figura 1). O ciclo de vida (ovo até adulto) de *A.*
 994 *fraterculus* diferiu entre os tratamentos (F: 230; Df: 3; $P=0,001$) (Figura 1). A
 995 maior duração foi a 15°C (67 dias) a 20°C (46 dias), e diferiu significativamente
 996 ($p=0,001$) das temperaturas mais elevadas, como 25° e 30°C, a duração do
 997 ciclo foi 27 e 22 dias, respectivamente.

998 **Figura 1.** Tempo de desenvolvimento dos estágios
 999 imaturos e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus*



1004 Para a espécie *A. obliqua* a duração do estágio de ovo foi maior a 15° (4
 1005 dias) e em 20°C (3 dias), diferindo das temperaturas de 25° e 30°C (1 dia)
 1006 ($p=0,001$) que apresentaram menor duração desse estágio (Figura 2). A
 1007 duração do estágio larval foi maior a 15°C (27 dias), diferindo significativamente
 1008 de 25°C (10 dias) e 30°C (9 dias) ($p=0,001$), que apresentaram menor duração
 1009 desse estágio (Figura 2). A duração do estágio de pupa também foi reduzida
 1010 nas temperaturas de 25° (14 dias) e 30°C (11 dias), embora estas tenham
 1011 diferido significativamente ($p=0,001$), enquanto a maior duração do desse

1012 estágio foi registrada a 15°C (32 dias), que diferiu das significativamente das
1013 demais temperaturas ($p=0,001$) (Figura 2). Além disso, a duração do estágio de
1014 pupa a 15°C foi a maior quando comparada aos outros estágios (ovo e larva)
1015 nessa mesma temperatura. O ciclo de vida de *A. obliqua* diferiu entre as
1016 temperaturas avaliadas ($F: 101; Df: 3; P=0,001$). As temperaturas de 15° e
1017 20°C apresentaram maior duração (63 e 43 dias, respectivamente), diferindo
1018 entre si ($p=0,001$) e entre as temperaturas que apresentam menor duração no
1019 ciclo de vida, 25° e 30°C (27 e 22 dias, respectivamente) ($p=0,001$) (Figura 2).

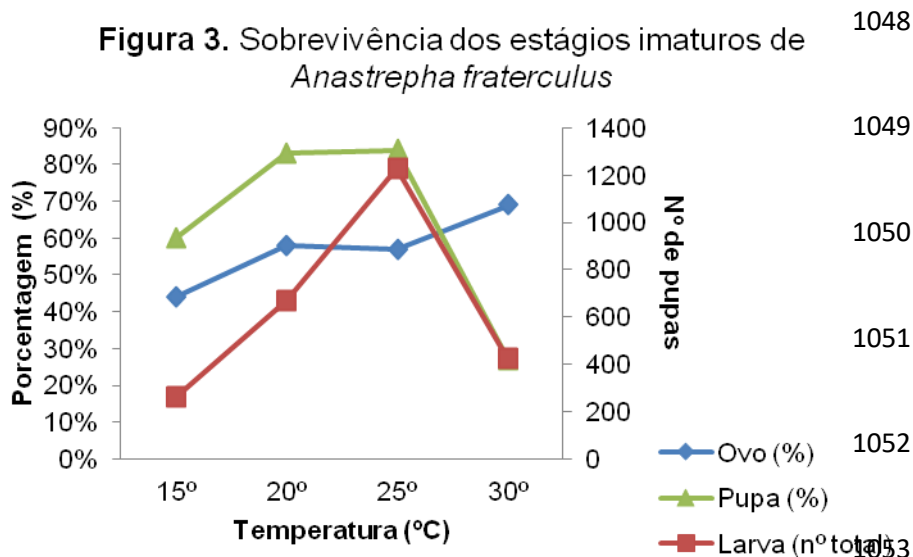


1026 Taxa de sobrevivência de *A. fraterculus* e *A. obliqua*

1027 Em *A. fraterculus* a taxa de sobrevivência do estágio de ovo cresceu
1028 conforme o aumento da temperatura (Figura 3). A 15°C a taxa de sobrevivência
1029 foi de 44%, diferindo do tratamento de 30°C, que apresentou a maior taxa de
1030 sobrevivência, 69% de larvas eclodidas ($p=0,05$). As temperaturas
1031 intermediárias 20° e 25°C, apresentaram taxa de sobrevivência similares sendo
1032 58% e 57%, respectivamente ($p=0,99$), e não diferiram das outras temperaturas
1033 ($p>0,05$). Na sobrevivência do estágio larval (Figura 3), o maior número de

1034 pupas foi encontrado no tratamento a 25°C (1230 pupas), diferindo
 1035 significativamente dos tratamentos que apresentaram menor número de pupas
 1036 no final do estágio larval, 15° e 30°C (264 pupas e 422 pupas, respectivamente)
 1037 ($p=0,001$) (Figura 3). No estágio de pupa, a taxa de sobrevivência (emergência
 1038 dos adultos), foi maior nas temperaturas de 20° e 25°C, com 83% e 84% de
 1039 emergência dos adultos, respectivamente; e não diferiram entre si ($p=0,99$). A
 1040 15°C, a sobrevivência foi mediana (60%), e não diferiu das temperaturas que
 1041 apresentaram maior taxa de emergência ($p=0,15$), enquanto a menor taxa
 1042 ocorreu a 30°C, com 27,5% dos adultos emergidos, diferindo dos demais
 1043 tratamentos ($p=0,001$) (Figura 3).

1044 Quanto à razão sexual ($F: 8; Df: 3; P=0001$), o tratamento 30°C foi o
 1045 único que diferiu significativamente entre os tratamentos ($p=0,001$), o que pode
 1046 estar associado à baixa emergência nessa temperatura. Os demais
 1047 tratamentos não diferiram entre si ($p>0,05$) (Tabela 1).

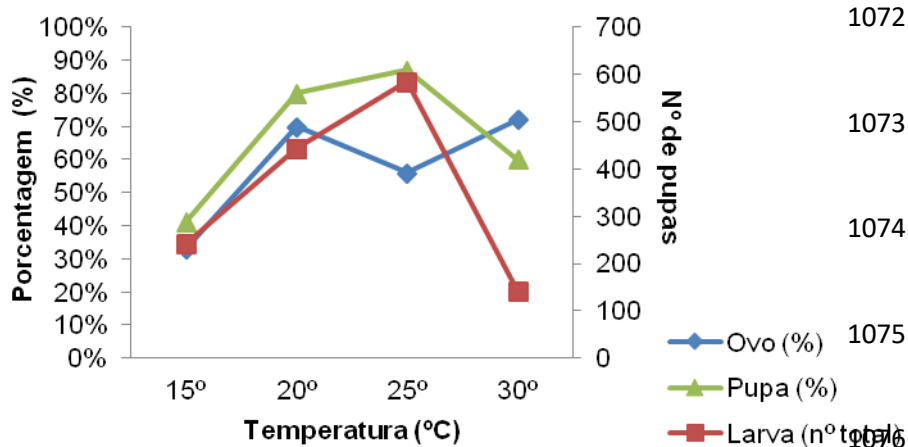


1054 Na espécie *A. obliqua*, a sobrevivência do estágio de ovo foi maior a
 1055 20°C (70%) e a 30°C (72%), e não diferiram significativamente ($p>0,05$). A

1056 menor taxa de sobrevivência dos ovos de *A. obliqua* ocorreu a 20°C com 33%
1057 de larvas eclodidas, diferindo das temperaturas de 20° (p=0,004) e 30°C
1058 (p=0,002). A 25°C também ocorre uma redução na taxa de eclosão das larvas,
1059 apresentando taxa de sobrevivência de 56%. (Figura 4).

1060 No que diz respeito à sobrevivência do estágio de larva, em
1061 temperaturas extremas, como a 15° e 30°C, foi registrado um menor número de
1062 pupas (241 pupas e 142 pupas, respectivamente), sendo que os tratamentos
1063 não diferiram entre si (p=0,68). Nos tratamentos de 20° e 25°C, o número de
1064 pupas foi de 443 pupas a 20°C e 584 pupas a 25°C, os tratamentos não
1065 diferiram entre si (p=0,76) (Figura 4). Na taxa de sobrevivência do estágio de
1066 pupa (Figura 4), os maiores valores ocorrem a partir da temperatura de 20°
1067 (80%) e diminuiu a 30°C (60%), no entanto, esses dois tratamentos não
1068 diferiram entre si (p=0,19). A maior taxa de emergência (87%) ocorreu a 25°C,
1069 enquanto a menor taxa ocorreu em 15 °C, com 41% de sobrevivência do
1070 estágio de pupa.

1071 **Figura 4.** Sobrevivência dos estágios imaturos de
1072 *Anastrepha obliqua*



1077

1078 Na razão sexual de *A. obliqua* houve diferença significativa entre os
1079 tratamentos (Tabela 1) (F: 4; Df: 3; P=0,001). As temperaturas 20° e 25°C
1080 diferiram da temperatura de 15°C (p=0,001), e apresentaram proporção de
1081 adultos emergidos mais harmônica (53 machos e 43 fêmeas; e 49 machos e 55
1082 fêmeas, respectivamente) e não diferiram entre si (p=0,94).

1083 Quando comparadas entre si, as espécies *A. fraterculus* e *A. obliqua* não
1084 diferiram significativamente no tempo de desenvolvimento e sobrevivência do
1085 estágio de ovo (p>0,05). Para o estágio larval, apesar da diferença entre os
1086 frutos utilizados (goiaba e manga) também não houve diferença entre as duas
1087 espécies no tempo de desenvolvimento e na sobrevivência das larvas (p>0,05).
1088 No estágio de pupa, as espécies diferiram no tempo de desenvolvimento nos
1089 tratamentos de 15°C (p=0,001) e 20°C (p=0,001). Para *A. fraterculus*, o tempo
1090 de desenvolvimento do estágio de pupa em 15°C foi menor (27 dias), quando
1091 comparado com *A. obliqua*, que apresentou duração de 32 dias, na mesma
1092 temperatura. Nas temperaturas de 25°C e 30°C, não houve diferença para o
1093 tempo de desenvolvimento entre as duas espécies (p=0,80 e p=0,98,
1094 respectivamente). Na taxa de sobrevivência do estágio de pupa, as
1095 temperaturas 15°, 20° e 25°C (p=0,396; p=1,000; e p=1,000, respectivamente)
1096 não apresentaram diferença significativa entre as espécies, contudo, em 30°C,
1097 as espécies diferiram entre si (p=0,001). Nesta temperatura, *A. fraterculus* teve
1098 uma taxa de sobrevivência menor (27,5%), quando comparada a *A. obliqua*,
1099 que apresentou taxa de sobrevivência de 59,9%, nessa mesma temperatura.
1100 Quanto à razão sexual, as espécies diferiram entre si somente na temperatura
1101 de 30°C (p=0,001), uma vez que a espécie *A. obliqua* apresentou maior número

1102 (50) de machos emergidos nessa temperatura, enquanto *A. fraterculus*
1103 registrou a emergência de 19 machos nessa mesma temperatura.

1104 **Discussão**

1105 O tempo de desenvolvimento foi inversamente proporcional às
1106 temperaturas avaliadas (15°; 20°; 25°; e 30°C). O resultado foi consistente com
1107 um estudos prévios realizados com *Anastrepha grandis* (Bolzan et al., 2017), e
1108 espécies do gênero *Ceratitidis* (Duyck e Quilici, 2002; Ricalde et al., 2012). A
1109 35°C o desenvolvimento, bem como a sobrevivência dos estágios de ovo, larva
1110 e pupa não foram observados nesse trabalho, corroborando com resultados
1111 encontrados em estudos realizados com outras espécies de tefritídeos, tais
1112 como *Anastrepha grandis*, *Ceratitidis capitata*, *Ceratitidis rosa* e *Ceratitidis catoirii*
1113 (Duyck e Quilici, 2002; Ricalde et al., 2012; Bolzan et al., 2017), contudo,
1114 algumas espécies do gênero *Bactrocera*, como por exemplo, *B. carambolae*, *B.*
1115 *invadens*, *B. papayae* e *B. zonata*, e para a espécie *Neoceratitidis cyanescens* já
1116 foram registrados desenvolvimento de estágios imaturos a 35°C (Duyck et al.,
1117 2004a; Rwomushana et al., 2008; Danjuma et al., 2014; Adly, 2016), o que
1118 sugere que não há um padrão do efeito dessa temperatura em tefritídeos.

1119 Em temperaturas mais baixas, como a 15°C, o tempo de
1120 desenvolvimento do estágio de ovo de *A. fraterculus* e *A. obliqua* foi maior,
1121 quando comparado a temperaturas mais elevadas, como 30°C, onde o
1122 desenvolvimento foi menor para ambas as espécies (Tabela 1). De acordo com
1123 Duyck e Quilici (2002), Danjuma et al (2014), Bolzan et al (2017), para as
1124 espécies *A. grandis*, *B. carambolae*, *B. papayae*, *C. capitata*, *C. rosa*, *C.*
1125 *catoirii*, o tempo de eclosão de ovos também foi maior nessa temperatura,
1126 sendo (21; 5; 5; 7;7;7 dias, respectivamente), demonstrando que embora haja

1127 uma tendência a uma maior duração nesta temperatura, o tempo de eclosão irá
1128 variar entre os gêneros e as espécies de moscas-das-frutas. A menor duração
1129 para eclosão dos ovos variou entre as espécies estudadas. A espécie *A.*
1130 *fraterculus* apresentou menor tempo em 30°C, enquanto *A. obliqua* teve seu
1131 menor tempo de desenvolvimento entre 25° e 30°C (Tabela 1). Resultado
1132 semelhante ao encontrado para *A. obliqua* foi registrado por Prescott III e
1133 Baranowski (1971), para *Anastrepha suspensa*, que indicam temperaturas
1134 entre 25° e 30°C como impulsionadoras do desenvolvimento do estágio ovo.
1135 Duyck e Quilici (2002) e Bolzan et al (2017) também registraram a temperatura
1136 de 25° e 30°C como temperaturas que diminuem o tempo necessário para
1137 eclosão de ovos de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* e *Ceratitidis*.

1138 A duração do estágio de larva foi maior a 15°C para *A. fraterculus* e *A.*
1139 *obliqua* em seus hospedeiros preferenciais (goiaba e manga, respectivamente)
1140 (Tabela 1), embora, *A. fraterculus* tenha apresentado tempo superior a *A.*
1141 *obliqua* nessa temperatura. O menor tempo de duração desse estágio foi
1142 registrado a 25°C e 30°C para ambas as espécies estudadas (Tabela 1). Tanto
1143 para os estudos que avaliaram o estágio larval de moscas-das-frutas no fruto
1144 hospedeiro (Brévault e Quilici, 2000; Bolzan et al., 2017) quanto os que
1145 avaliaram o estágio em dieta artificial (Duyck et al., 2004) a duração do estágio
1146 foi maior a 15°C e decresceu significativamente em 25° e 30°C. Para *A.*
1147 *grandis*, em abobóira (*Cucurbita pepo L.*) em 15°C o a duração foi de 41 dias,
1148 enquanto em 25°C a duração foi de 19 dias, aumentando em 30°C, com
1149 duração de 22 dias (Bolzan et al., 2017). De acordo com Brévault e Quilici
1150 (2000), em *N. cyanescens*, a duração do estágio larval em tomate (*Solanum*
1151 *lycopersicum L.*) foi de 23 dias a 15°C e 5 dias a 25° e 30°C. A mesma

1152 tendência foi observada por Duyck e Quilici (2002), quando avaliaram o estágio
1153 larval de três espécies de *Ceratitis*. Os autores registraram maior duração a
1154 15°C para *C. capitata*, *C. rosa* e *C. catorii*, e uma redução do período a 25° e
1155 30°C.

1156 A duração do estágio de pupa apresentou maior variação entre as
1157 temperaturas avaliadas, quando comparado com os estágios de ovo e larva. A
1158 15°C, o tempo de desenvolvimento de pupa de *A. fraterculus* e *A. obliqua* foi
1159 superior, quando comparado com a temperatura de 30°C, onde a duração do
1160 estágio caiu significativamente (Tabela 1). Inverso ao que ocorreu com o
1161 estágio de larva, a 15°C a espécie *A. fraterculus* apresentou menor duração do
1162 estágio de pupa quando comparada a *A. obliqua*, nessa mesma temperatura.
1163 Resultado semelhante ao encontrado nesse trabalho para *A. obliqua*, foi
1164 registrado por Telles-Romero et al (2011). Os autores registraram menor
1165 duração do estágio de pupa a 25° e 30°C. Em outras espécies de moscas-das-
1166 frutas, eg. *Ceratitis capitata*, a diferença entre a duração do estágio de pupa a
1167 15° e 30°C é significativa, 27 e 7 dias, nessa ordem. Para *B. carambolae* e *B.*
1168 *papayae*, o menor tempo também foi registrado a 30°C com 7 dias de duração
1169 e maior período em 15°C, com 29 dias até a emergência (Danjuma et al.,
1170 2014). Em espécies cujo desenvolvimento do estágio de pupa é viável a 35°C,
1171 a menor duração (8 dias) ocorre nessa mesma temperatura, como é o caso de
1172 *Bactrocera zonata* (Adly, 2016).

1173 Como consequência do efeito da temperatura nos estágios de ovo, larva
1174 e pupa, a duração do ciclo biológico (ovo-adulto) foi menor a 25°C e 30°C, tanto
1175 para *A. fraterculus*, quanto para *A. obliqua*. A maior duração ocorreu a 15°C,
1176 registrando mais que o dobro do tempo encontrando em temperaturas mais

1177 elevadas. A 20°C, segunda temperatura mais fria, o tempo também foi bastante
1178 elevado quando comparado com as temperaturas mais quentes. Para *A.*
1179 *grandis*, a duração do ciclo biológico também foi maior em 15°C (93 dias)
1180 (Bolzan et al., 2017), com tempo superior ao registrado para as espécies
1181 estudadas aqui, nessa mesma temperatura. O mesmo foi observado em *C.*
1182 *capitata* com maior duração do ciclo em 15°C (69 dias) e menor em 30°C (17
1183 dias) (Ricalde et al., 2012) e em *B. zonata*, com maior duração do ciclo em
1184 15°C (59 dias) (Adly, 2016), menor duração quando comparada com as
1185 espécies estudadas aqui e citadas anteriormente. Tais resultados parecem
1186 indicar uma relação hierárquica entre os gêneros *Bactrocera*, *Ceratitis* e
1187 *Anastrepha*. Essa relação foi observada por Duyck et al (2004b). No referido
1188 trabalho, os autores mostram que dentro do contexto de competição
1189 interespecífica, espécies do gênero *Bactrocera* são superiores as espécies do
1190 gênero *Ceratitis*, e estas espécies, por sua vez, são superiores as espécies do
1191 gênero *Anastrepha*. Contudo, os autores concordam que em um cenário de
1192 mudanças climáticas tais relações podem ser alteradas, influenciando na
1193 relação intraespecífica desses gêneros, embora os dados apresentados acima
1194 indiquem que na faixa de 15° a 35°C, essa relação possa permanecer inalterada.
1195 De acordo com Sharma (2014) a redução do tempo do ciclo de vida de insetos-
1196 praga como consequência de mudanças na temperatura, pode dessincronizar a
1197 relação destes com seus inimigos naturais, causando um surto desses insetos
1198 e conseqüentemente um aumento das suas populações e potenciais prejuízos
1199 à agricultura.

1200 As taxas de sobrevivência dos estágios de ovo, larva e pupa foram
1201 influenciadas pela temperatura. Para *A. fraterculus* a taxa de sobrevivência do

1202 estágio de ovo foi superior entre as temperaturas de 20°, 25° e 30°C (Figura 3),
1203 tendo a temperatura de 30°C com maior taxa de sobrevivência dos ovos.
1204 Enquanto a taxa de sobrevivência dos ovos de *A. obliqua* foram pontualmente
1205 maiores a 20° e 30°C (Figura 4). Contrário do que foi observado para *A.*
1206 *fraterculus* e *A. obliqua*, a taxa de sobrevivência da espécie *A. grandis* foi maior
1207 a 25°C (90%) (Bolzan et al., 2017). Contrariamente ao que foi observado para
1208 as três espécies do gênero *Anastrepha* citadas acima, para as espécies *B.*
1209 *zonata*, *B. papayae*, *B. carambolae* e *Neoceratitis cyanescens*, a taxa de
1210 sobrevivência do estágio de ovo cresceu com o aumento da temperatura, até
1211 30°C. Acima de 35°C, a taxa de sobrevivência decaiu. (Brévault e Quilici, 2000;
1212 Danjuma et al., 2014; Adly, 2016).

1213 No estágio larval, o número de larvas que sobreviveram até o estágio de
1214 pupa foi superior a 25°C para *A. fraterculus* e *A. obliqua* (Figura 3 e 4).
1215 Quando criadas em abóbora, a média de sobrevivência larval de *A. grandis* é
1216 superior em 25°C (227), e diminui com o aumento da temperatura para 30°C,
1217 com 30 larvas sobreviventes. O resultado registrado por Bolzan et al (2017) é
1218 semelhante ao encontrado para *A. fraterculus* e *A. obliqua* que também
1219 apresentaram menor sobrevivência larval em altas temperaturas. Para a
1220 espécie *N. cyanescens*, a taxa de sobrevivência larval em tomate foi maior a
1221 20°C (73%) e decresceu com o aumento da temperatura, contudo, quando
1222 criada em dieta artificial à base de batata a taxa de sobrevivência larval de *N.*
1223 *cyanescens* foi superior em todas as temperaturas, e apresentou maior
1224 sobrevivência a 20°, 25° e 30°C (77%, 85% e 83%, nessa ordem), decrescendo
1225 também em 35°C. (Brévault e Quilici, 2000). O efeito negativo de altas
1226 temperaturas na sobrevivência de larval de moscas-das-frutas já havia sido

1227 evidenciado por Alicia e Yahia (2000), quando avaliaram a sobrevivência de
1228 larvas de *A. obliqua* e *A. suspensa* em frutos de mangas. As autoras sugerem
1229 que temperaturas acima de 35°C são letais para o estágio larval, e podem ser
1230 utilizadas em sistemas quarentenários, para o tratamento hidrotérmico com
1231 frutos e vegetais.

1232 Em relação à taxa de sobrevivência das pupas, *A. fraterculus* e *A.*
1233 *obliqua* apresentaram maior viabilidade das pupas, ou seja, maior emergência,
1234 a 20° e 25°C (Figura 3 e 4). Resultado semelhante foi encontrado por Bolzan et
1235 al (2017), para *A. grandis*, com maior viabilidade de pupa a 20° e 25°C (95%).
1236 Assim como mostrado por *A. fraterculus*, em *A. grandis* a temperatura de 30°C
1237 causou maior mortalidade das pupas. Para *A. obliqua*, a maior taxa de
1238 mortalidade foi registrada a 15°C, resultado similar ao encontrado por Telles-
1239 Romero et al (2011), para a mesma espécie, em temperatura próxima (18°C).
1240 Para a espécie *Rhagoletis completa*, foi registrada maior emergência dos
1241 adultos a 21°, 24° e 27°C (90% de emergência), e uma alta mortalidade em
1242 30°C (20%) (Emery e Mills, 2019). De acordo com Duyck e Quilici (2002), a
1243 taxa de sobrevivência do estágio de pupa para *C. capitata*, *C. rosa* e *C. catoirii*
1244 é maior a 25°C, e em temperaturas extremas (eg. 15° e 30°C), a sobrevivência
1245 desse estágio é comprometida. Contrário ao observado em outras espécies de
1246 moscas-das-frutas, nas espécies *B. carambolae* e *B. papayae*, a taxa de
1247 sobrevivência varia entre 20° até 30°C, com um decréscimo da sobrevivência
1248 somente a 35°C (Danjuma et al., 2014).

1249 A razão sexual de *A. fraterculus* não foi afetada pelas diferentes
1250 temperaturas, assim como foi observado para outras espécies do gênero
1251 *Anastrepha*, como, por exemplo, *A. antunesi*, *A. distincta*, *A. striata* e *A.*

1252 *grandis*, onde a proporção sexual foi aproximadamente 1:1 (Silva et al., 2007;
1253 Bolzan et al., 2017). Contudo, em *A. obliqua*, a razão sexual diferiu com o
1254 aumento da temperatura, contrastando do resultado encontrado por Nunes et al
1255 (2007), para a mesma espécie. Entretanto, o autor não avaliou diferentes
1256 temperaturas assim como foi feito nesse trabalho. Para *A. obliqua*,
1257 temperaturas extremas (15° e 30°C), influenciam na razão sexual, favorecendo
1258 uma maior emergência do número de machos.

1259 O potencial efeito negativo das mudanças climáticas na dinâmica
1260 populacional de insetos, já foi descrito por Fleming e Volney (1995). Segundo
1261 os autores, tais mudanças podem prejudicar o desenvolvimento desses
1262 organismos, que são afetados pela temperatura, umidade e taxa de
1263 precipitação. Sob o ponto de vista econômico, a redução das populações de
1264 insetos pode ser benéfica para os agricultores, uma vez que as perdas
1265 provocadas por insetos-praga ou patógenos seria reduzida (Deutsch et al.,
1266 2018). Contudo, é importante levar em consideração que as potenciais
1267 reduções nas perdas serão relativas às áreas de ocorrência das culturas e
1268 conseqüentemente dos insetos que as atacam. De acordo com Mayer (2013),
1269 em algumas regiões da África, já pode ser observada uma perda das culturas
1270 de café para a espécie *Hypothenemus hampei*, comumente conhecida como
1271 broca do café. Segundo a autora, como o café é produzido em regiões mais
1272 frias, esse inseto não era incidente nas áreas de cultivo devido as barreiras
1273 térmicas. Contudo, um aumento da temperatura nessas áreas, possibilitou o
1274 avanço desse inseto, e conseqüentemente trouxe danos para os agricultores.
1275 Isso significa que em regiões onde o clima já é próximo da temperatura ideal
1276 para o desenvolvimento, um aumento da temperatura pode ser prejudicial para

1277 o inseto, contudo, em regiões que experimentam climas mais temperados, um
1278 aumento da temperatura como consequência do aquecimento global pode
1279 favorecer e acelerar o desenvolvimento de insetos, assim como beneficiar sua
1280 distribuição (Deutsch et al., 2018). Segundo Boggs (2016), a capacidade de
1281 tolerar amplas variações de temperatura é um dos fatores mais importantes
1282 para o avanço ou limitação de ocorrência dos insetos. Além disso, o autor
1283 considera equivocado considerar a temperatura como único agente
1284 responsável da mudança de distribuição desses organismos. Fatores como o
1285 uso da terra, práticas agrícolas e outras modificações antrópicas podem
1286 aumentar a extensão do efeito das mudanças climáticas, podem ou não
1287 beneficiar diferentes populações.

1288 Os resultados encontrados nesse trabalho sugerem que as espécies *A.*
1289 *fraterculus* e *A. obliqua* poderão sofrer reduções significativas em suas
1290 populações em um cenário de mudanças climáticas. Apesar do efeito positivo
1291 das altas temperaturas no tempo e nas taxas de sobrevivência dos estágios de
1292 ovo, larva e pupa, as espécies estudadas aqui já experimentam temperaturas
1293 elevadas em algumas regiões de ocorrência, como Norte e Nordeste do Brasil
1294 (Uramoto et al., 2008), e podem restringir a sua ocorrência em regiões onde
1295 experimentam temperaturas mais amenas, como o Sul e Sudeste do país. Tais
1296 previsões já haviam sido comentadas por Santos (2008) e Fu et al (2014).
1297 Segundo os autores, a distribuição das espécies *A. fraterculus* e *A. obliqua* no
1298 Brasil será restrita a regiões mais frias, onde um possível aumento de
1299 temperatura irá favorecer o desenvolvimentos dessas espécies, enquanto que
1300 em regiões mais quentes, o aumento da temperatura poderá causar
1301 mortalidade e conseqüentemente uma redução populacional. Projeções

1302 realizadas por Lisboa et al (2020), indicam entre 2041 e 2070 um possível
1303 aumento da temperatura da Terra, irá favorecer a propagação da população de
1304 *Anastrepha grandis*, com um aumento no número de gerações ao ano. De
1305 acordo com os autores, esse aumento no número de gerações por ano, será
1306 observada tanto em regiões frias, quanto em regiões quentes. Para a mosca-
1307 das-frutas *B. dorsalis*, a projeção para sua distribuição em um cenário de
1308 mudanças climáticas prevê uma limitação da sua ocorrência em regiões mais
1309 frias do mundo, enquanto que em regiões mais quentes e de clima tropical, eg.
1310 América do Sul, não haverá ocorrência da espécie (Stephens et al., 2007). No
1311 entanto, ao avaliar os potenciais efeitos da temperatura e mudanças climáticas
1312 em moscas-das-frutas é importante considerar o fruto hospedeiro, uma vez que
1313 a distribuição desses insetos está intimamente associada aos seus
1314 hospedeiros e que a interação inseto-planta é fortemente influenciada por
1315 condições ambientais (Malavasi e Zuchi, 2000; Bebbber, 2015).

1316

1317 **Conclusões**

1318 Em *A. fraterculus* e *A. obliqua* o tempo de desenvolvimento é
1319 influenciado pela temperatura, assim como a taxa de sobrevivência dos
1320 estágios de ovo, larva, pupa e o ciclo biológico (ovo-adulto). Nossos resultados
1321 fornecem uma melhor compreensão de como essas espécies podem se
1322 comportar em um cenário de mudanças climáticas e no desenvolvimento de
1323 técnicas de prevenção para o avanço dessas espécies e seus potenciais danos
1324 para fruticultura. Contudo, são necessários ainda estudos com adultos de
1325 ambas as espécies, uma vez que o aumento da temperatura pode fazer com
1326 que elas se reproduzam mais rápido. Desta forma, é interessante também

1327 compreender se em um cenário de mudanças climáticas, parâmetros como
1328 maturação ovariana e mortalidade do adulto será influenciado e se tal influência
1329 poderá causar danos maiores para os fruticultores.

1330 **Agradecimentos**

1331 Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível
1332 Superior (CAPES) pelo investimento na pesquisa. Ao Laboratório de Ecologia
1333 Comportamental de Insetos (LECI/UFBA) e ao Laboratório de Entomologia
1334 (Embrapa – Mandioca e Fruticultura) por todo suporte necessário para o
1335 desenvolvimento da pesquisa.

1336

1337

1338

1339

1340

1341

1342

1343

1344

1345

1346

1347

1348 **Referência bibliográfica**

1349

1350 Abrafrutas - Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de
1351 Frutas e Derivados. Brasil. Retrieved from: <https://abrafrutas.org/>, 2019.

1352 ADLY, Dalia. Thermal requirements of the peach fruit fly, *Bactrocera*
1353 *zonata* (Saunders)(Diptera: Tephritidae), and its exotic parasitoid species
1354 *Aganaspis daci* (Weld)(Hymenoptera: Eucoilidae). **Egyptian Academic**
1355 **Journal of Biological Sciences. A, Entomology**, v. 9, n. 2, p. 89-96, 2016.

1356 ALICIA, DORA; YAHIA, M. Mortalidad de huevos y larvas de *Anastrepha*
1357 *obliqua* (macquart) y *A. Ludens* (loew) (diptera: tephritidae) en atmosferas
1358 controladas y temperatura alta en mango (*mangifera indica*) cv.'manila'. **Folia**
1359 **Entorno!. Mex**, v. 109, p. 43-53, 2000.

1360 ANDREW, Nigel R. et al. Assessing insect responses to climate change:
1361 What are we testing for? Where should we be heading?. **PeerJ**, v. 1, p. e11,
1362 2013.

1363 BEBBER, Daniel Patrick. Range-expanding pests and pathogens in a
1364 warming world. **Annual review of phytopathology**, v. 53, p. 335-356, 2015.

1365 BOGGS, Carol L. The fingerprints of global climate change on insect
1366 populations. **Current Opinion in Insect Science**, v. 17, p. 69-73, 2016.

1367 BOLZAN, Anderson et al. Development of *Anastrepha grandis* (Diptera:
1368 Tephritidae) under constant temperatures and field validation of a laboratory
1369 model for temperature requirements. **Crop Protection**, v. 100, p. 38-44, 2017.

1370 BRÉVAULT, Thierry; QUILICI, Serge. Relationships between
1371 temperature, development and survival of different life stages of the tomato fruit
1372 fly, *Neoceratitis cyanescens*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 94,
1373 n. 1, p. 25-30, 2000.

1374 BROWN, James H. et al. Toward a metabolic theory of
1375 ecology. **Ecology**, v. 85, n. 7, p. 1771-1789, 2004.

1376 CORNELISSEN, T. Climate change and its effects on terrestrial insects
1377 and herbivory patterns. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 2, p. 155-163, 2011.

1378 DANJUMA, Solomon et al. Effect of temperature on the development and
1379 survival of immature stages of the carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae*,
1380 and the Asian papaya fruit fly, *Bactrocera papayae*, reared on guava
1381 diet. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 126, 2014.

1382 DEUTSCH, Curtis A. et al. Impacts of climate warming on terrestrial
1383 ectotherms across latitude. **Proceedings of the National Academy of**
1384 **Sciences**, v. 105, n. 18, p. 6668-6672, 2008.

1385 DEUTSCH, Curtis A. et al. Increase in crop losses to insect pests in a
1386 warming climate. **Science**, v. 361, n. 6405, p. 916-919, 2018.

- 1387 DUYCK, Pierre François; QUILICI, Serge. Survival and development of
1388 different life stages of three *Ceratitis* spp.(Diptera: Tephritidae) reared at five
1389 constant temperatures. **Bulletin of Entomological Research**, v. 92, n. 6, p.
1390 461, 2002.
- 1391 DUYCK, Pierre François; STERLIN, Joseph Frénel; QUILICI, Serge.
1392 Survival and development of different life stages of *Bactrocera zonata* (Diptera:
1393 Tephritidae) reared at five constant temperatures compared to other fruit fly
1394 species. **Bulletin of Entomological Research**, v. 94, n. 1, p. 89, 2004a.
- 1395 DUYCK, Pierre-Francois; DAVID, Patrice; QUILICI, Serge. A review of
1396 relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies
1397 (Diptera: Tephritidae). **Ecological Entomology**, v. 29, n. 5, p. 511-520, 2004b.
- 1398 EMERY, Sara E.; MILLS, Nicholas J. Effects of temperature and other
1399 environmental factors on the post-diapause development of walnut husk fly
1400 *Rhagoletis completa* (Diptera: Tephritidae). **Physiological Entomology**, v. 44,
1401 n. 1, p. 33-42, 2019.
- 1402 FLEMING, Richard A.; VOLNEY, W. Jan A. Effects of climate change on
1403 insect defoliator population processes in Canada's boreal forest: some plausible
1404 scenarios. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 82, n. 1-2, p. 445-454, 1995.
- 1405 FU, Liao et al. The current and future potential geographic range of West
1406 Indian fruit fly, *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). **Insect science**, v. 21,
1407 n. 2, p. 234-244, 2014.
- 1408 GILLOOLY, J. F.; DODSON, S. I. The relationship of neonate mass and
1409 incubation temperature to embryonic development time in a range of animal
1410 taxa. **Journal of Zoology**, v. 251, n. 3, p. 369-375, 2000.
- 1411 GILLOOLY, James F. et al. Effects of size and temperature on metabolic
1412 rate. **science**, v. 293, n. 5538, p. 2248-2251, 2001.
- 1413 HUGHES, Lesley. Biological consequences of global warming: is the
1414 signal already apparent?. **Trends in ecology & evolution**, v. 15, n. 2, p. 56-61,
1415 2000.
- 1416 KINGSOLVER, Joel G.; HUEY, Raymond B. Size, temperature, and
1417 fitness: three rules. **Evolutionary Ecology Research**, v. 10, n. 2, p. 251-268,
1418 2008.
- 1419 LISBÔA, Heitor et al. Impact of global warming on the distribution of
1420 *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. **Arquivos do Instituto**
1421 **Biológico**, v. 87, 2020.
- 1422 MALAVASI, Aldo; ZUCCHI, Roberto Antonio; SUGAYAMA, R.
1423 **L. Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento**
1424 **básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000.
- 1425 MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Defesa
1426 agropecuária : histórico, ações e perspectivas, Brasil, 2017.

- 1427 MAYER, Amy. Climate change already challenging agriculture: Wine and
1428 coffee producers respond to hotter, drier conditions. **Bioscience**, v. 63, n. 10, p.
1429 781-787, 2013.
- 1430 O'CONNOR, Mary I.; BERNHARDT, Joanna R. The metabolic theory of
1431 ecology and the cost of parasitism. **PLoS biology**, v. 16, n. 4, p. e2005628,
1432 2018.
- 1433 PRESCOTT III, J. A.; BARANOWSKI, R. M. Effects of temperature on
1434 the immature stages of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). **Florida**
1435 **Entomologist**, p. 297-303, 1971.
- 1436 RADCHUK, Viktoriia; TURLURE, Camille; SHTICKZELLE, Nicolas.
1437 Each life stage matters: the importance of assessing the response to climate
1438 change over the complete life cycle in butterflies. **Journal of Animal Ecology**,
1439 v. 82, n. 1, p. 275-285, 2013.
- 1440 RICALDE, Marcelo P. et al. Temperature-dependent development and
1441 survival of Brazilian populations of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*,
1442 from tropical, subtropical and temperate regions. **Journal of Insect Science**, v.
1443 12, n. 1, p. 33, 2012.
- 1444 RIEGLER, Markus. Insect threats to food security. **Science**, v. 361, n.
1445 6405, p. 846-846, 2018.
- 1446 RORIZ, A. K. P. et al. Controle para o estabelecimento de colônias de
1447 *Anastrepha Obliqua* e *A. fraterculus* (Diptera: Tephritidae) com base em
1448 características morfológicas externas. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-**
1449 **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2015.
- 1450 RORIZ, Alzira Kelly Passos; JAPYASSÚ, Hilton F.; JOACHIM-BRAVO,
1451 Iara Sordi. Incipient speciation in the *Anastrepha fraterculus* cryptic species
1452 complex: reproductive compatibility between *A. sp. 1* aff. *fraterculus* and *A. sp.*
1453 *3* aff. *fraterculus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 162, n. 3, p.
1454 346-357, 2017.
- 1455 RWOMUSHANA, I. et al. Effect of temperature on development and
1456 survival of immature stages of *Bactrocera invadens* (Diptera:
1457 Tephritidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 132, n. 9-10, p. 832-839,
1458 2008.
- 1459 SANTOS, Wyratan da Silva. **Zoneamento ecológico de *Anastrepha***
1460 ***fraterculus* e *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em dois cenários**
1461 **climáticos no Brasil**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- 1462 SAVAGE, Van M. et al. Effects of body size and temperature on
1463 population growth. **The American Naturalist**, v. 163, n. 3, p. 429-441, 2004.
- 1464 SEAPA -Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
1465 Brasil. Retrieved from: <http://www.agricultura.mg.gov.br>, 2019.

- 1466 SHARMA, Hari C. Climate change effects on insects: implications for
1467 crop protection and food security. **Journal of crop improvement**, v. 28, n. 2, p.
1468 229-259, 2014.
- 1469 SILVA NETO, Alberto Moreira; DIAS, Vanessa Simões; JOACHIM-
1470 BRAVO, Iara Sordi. Comportamento Reprodutivo de *Ceratitis capitata*
1471 Wiedemann (Diptera: Tephritidae): Efeito do Tamanho dos Machos Sobre o seu
1472 Sucesso de Cópula. **EntomoBrasilis**, v. 5, n. 3, 2012.
- 1473 SILVA, R. Adaime da, Baia do Nascimento, D., da Glória de Deus, E.,
1474 Dias de Souza, G., & Patrícia Santos de Oliveira, L. Hospedeiros e parasitóides
1475 de *Anastrepha* spp.(Diptera: Tephritidae) em Itaúbal do Pírim, Estado do
1476 Amapá, Brasil. **Ci. Rural**, 2007.
- 1477 SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, DNAV. NA V.
1478 NOVA. **Manual de ecologia dos insetos. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres**,
1479 1976.
- 1480 STEPHENS, A.; KRITICOS, Darren J.; LERICHE, Agathe. The current
1481 and future potential geographical distribution of the oriental fruit fly, *Bactrocera*
1482 *dorsalis* (Diptera: Tephritidae). 2007.
- 1483 TAUFER, Maristela et al. Efeito da temperatura na maturação ovariana e
1484 longevidade de *Anastrepha fraterculus* (Wied.)(Diptera: Tephritidae). **Anais da**
1485 **Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 4, p. 639-648, 2000.
- 1486 TELLES-ROMERO, R. et al. Effect of temperature on pupa development
1487 and sexual maturity of laboratory *Anastrepha obliqua* adults. **Bulletin of**
1488 **entomological research**, v. 101, n. 5, p. 565, 2011.
- 1489 UCHÔA, Manoel A.; NICÁCIO, José. New records of Neotropical fruit
1490 flies (Tephritidae), lance flies (Lonchaeidae)(Diptera: Tephritoidea), and their
1491 host plants in the South Pantanal and adjacent areas, Brazil. **Annals of the**
1492 **Entomological Society of America**, v. 103, n. 5, p. 723-733, 2010.
- 1493 URAMOTO, K.; ZUCCHI, R. A.; MARTINS, D. dos S. Fruit flies (Diptera,
1494 Tephritidae) and their associations with native host plants in a remnant area of
1495 the highly endangered Atlantic Rain Forest in the State of Espírito Santo, Brazil.
1496 2008.
- 1497 VANÍČKOVÁ, Lucie et al. Current knowledge of the species complex
1498 *Anastrepha fraterculus* (Diptera, Tephritidae) in Brazil. **Zookeys**, n. 540, p. 211,
1499 2015.
- 1500 VERA, M. Teresa et al. Mating incompatibility among populations of the
1501 South American fruit fly *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Annals**
1502 **of the Entomological Society of America**, v. 99, n. 2, p. 387-397, 2006.
- 1503 WEEMS JR, Howard V. et al. West Indian Fruit Fly, *Anastrepha obliqua*
1504 (Macquart)(Insecta: Diptera: Tephritidae). **EDIS**, v. 2004, n. 5, 2004.