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

Desenvolvimento de uma dieta artificial para criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), hospedeiro alternativo de *Trichogramma* spp.

Cristina Jensen Vasconcelos

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

Piracicaba
2017

Cristina Jensen Vasconcelos
Licenciada em Ciências Biológicas

Desenvolvimento de uma dieta artificial para *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), hospedeiro alternativo de *Trichogramma* spp.

Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA**

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

Piracicaba
2017

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

Vasconcelos, Cristina Jensen

Desenvolvimento de uma dieta artificial para *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), hospedeiro alternativo de *Trichogramma* spp / Cristina Jensen Vasconcelos. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

44 p.

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

1. Dieta artificial 2. *Anagasta kuehniella* 3. Hospedeiro alternativo 4. Controle biológico . I. Título

Agradecimentos

A Deus, que em meio a tantas dificuldades e provações que surgiram durante essa caminhada, me deu forças para não desistir.

Aos meus pais, Vilma e João, e ao meu irmão, Marcelo, pelo apoio, amor e carinho incondicionais, sempre.

Ao meu orientador e chefe, prof. Dr. José Roberto Postali Parra, por acreditar que eu podia! Tive momentos que nem eu mesma acreditei. Obrigada pelo crédito e pela orientação!

À Embrapa Trigo (Passo Fundo, RS), pelo envio dos grãos de trigo das diferentes variedades.

Ao prof. Dr. Cláudio Lima Aguiar e a todos os colegas do Laboratório de Açúcar e Alcool (LAN) da ESALQ/USP, pelo imenso auxílio na realização dos testes nutricionais. Infelizmente nesse trabalho não consta nossos resultados, mas serão muito bem aproveitados futuramente!

Ao pessoal da Bug Brasil Agentes Biológicos, pela intermediação na obtenção do trigo var. Coodetc 150 e do milho amarelo, para os testes.

À amiga Joyce, pela companhia nessa caminhada e pela parceria na moradia. Obrigada por me agüentar nas crises de ansiedade e pela força de sempre! Tamo junto!

Ao meu namorado, Leandro Marquesini, pela paciência quando vinha a ansiedade, pelo colo quando vinha o choro, pelo “Vai dar tudo certo, Lady!” quando vinha a sensação de derrota, e é claro, pelas ajudinhas com o notebook, com a formatação da dissertação, com as dicas de português! Te amo, coisa boa!

Aos colegas de laboratório que me ajudaram com as análises estatísticas, Leandro Delalibera, Carol Reigada, Aloísio Coelho. Salvaram minha vida!

A todos os amigos e colegas do Laboratório de Biologia de Insetos, que de forma direta ou indireta estiveram presentes nessa jornada. Em especial, Fernanda Polastre, Lucas Cantori, Alexandre Diniz e Neide Zério! A amizade e o carinho de vocês foi muito importante!

Às amigas que Deus colocou no meu caminho no finalzinho dessa caminhada, Kênia Rezende e Mariana Zério... A ajuda e o carinho de vocês foi e é fundamental! Amo!

Epígrafe

*“O pessimista vê dificuldade em cada oportunidade;
O otimista vê oportunidade em cada dificuldade.”*

Winston Churchill

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE TABELAS	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> (ZELLER, 1879) (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)	17
2.2. CRIAÇÃO MASSAL DE INIMIGOS NATURAIS	19
2.3. CRIAÇÃO MASSAL DE PARASITOIDES	19
2.4. ESTUDOS COM DIFERENTES DIETAS ARTIFICIAIS PARA CRIAÇÃO DE <i>A. KUEHNIELLA</i>	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. EFEITO DE DIFERENTES VARIEDADES DE TRIGO, EM DIETA ARTIFICIAL, NO DESENVOLVIMENTO DE <i>A. KUEHNIELLA</i>	21
3.1.1. Duração e viabilidade do período ovo-adulto de <i>A. kuehniella</i>	22
3.1.2. Peso de adultos e razão sexual	22
3.1.3. Longevidade de adultos e ritmo diário de postura de <i>A. kuehniella</i>	22
3.1.4. Fertilidade de <i>A. kuehniella</i>	23
3.2. EFEITO DE DIETAS ARTIFICIAIS, CONTENDO TRIGO INTEGRAL, MILHO AMARELO E LEVEDURA DE CERVEJA EM DIFERENTES PROPORÇÕES, SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE <i>A. KUEHNIELLA</i>	23
3.2.1. Duração e viabilidade do período ovo-adulto de <i>A. kuehniella</i>	24
3.2.2. Peso de adultos e razão sexual	24
3.2.3. Longevidade de adultos e ritmo diário de postura de <i>A. kuehniella</i>	24
3.2.4. Fertilidade de <i>A. kuehniella</i>	24
3.2.5. Análise de custo dos componentes da dieta artificial para <i>A. kuehniella</i>	25
3.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. EFEITO DE DIFERENTES VARIEDADES DE TRIGO, EM DIETA ARTIFICIAL, NO DESENVOLVIMENTO DE <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> (ZELLER, 1879) (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)	27
4.2. EFEITO DE DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO TRIGO INTEGRAL, MILHO E LEVEDURA EM DIFERENTES PROPORÇÕES NO DESENVOLVIMENTO DE <i>A. KUEHNIELLA</i>	32
5. CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

RESUMO

Desenvolvimento de uma dieta artificial para *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), hospedeiro alternativo de *Trichogramma* spp.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar parâmetros biológicos de *A. kuehniella* em dietas artificiais com variações de composição, com vistas a otimizar sua criação massal, aumentando a quantidade e, conseqüentemente, a qualidade dos ovos produzidos para a criação de *Trichogramma* spp. A pesquisa foi dividida em duas fases. Na primeira fase, foram avaliados parâmetros biológicos de *A. kuehniella* criada em dietas artificiais compostas por farinha integral de trigo de 6 diferentes variedades (97%) e levedura (3%); as variedades testadas foram Coodetec 150 (testemunha), BRS Parrudo, BRS Guamirim, BRS 327, BRS 328 e BRS 374. Na segunda fase, foram avaliados os mesmos parâmetros sobre dietas compostas por farinhas de trigo integral e de milho amarelo isoladamente (100%), farinha de trigo integral (50%) e farinha de milho amarelo (50%), e diferentes proporções de levedura adicionadas à farinha de trigo (3%, 5% e 8%). Os parâmetros avaliados foram: duração (dias) e viabilidade (%) do período ovo-adulto, peso (mg) de adultos (machos e fêmeas), razão sexual, longevidade (dias) de fêmeas e machos, ritmo diário de oviposição das fêmeas e viabilidade dos ovos produzidos. Concluiu-se que a produção de ovos da traça *A. kuehniella* independe da variedade de trigo utilizada na sua criação; as melhores dietas artificiais para a criação massal de *A. kuehniella* foram aquelas compostas por 97% de farinha de trigo integral e 3% de levedura (dieta 1), 50% de farinha de trigo integral e 50% de farinha de milho amarelo (dieta 2) e 100% de farinha de trigo integral (dieta 3); a dieta artificial de menor custo, que proporcionou o melhor desenvolvimento para *A. kuehniella*, foi aquela composta por 100% de farinha de trigo integral.

Palavras-chave: 1. Dieta artificial 2. *Anagasta kuehniella* 3. Hospedeiro alternativo 4. Controle biológico

ABSTRACT

**Development of an artificial diet for the rearing of *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879)
(Lepidoptera: Pyralidae), factitious host of *Trichogramma* spp.**

The objective of this research was to evaluate biological parameters of *A. kuehniella* in artificial diets with composition variations, aiming to optimize its mass rearing, increasing the quantity and the quality of the produced eggs for *Trichogramma* spp. rearing. The research was divided into two phases. In the first one, biological parameters of *A. kuehniella* reared on artificial diets composed of whole wheat flour of 6 different varieties (97%) and yeast (3%) was evaluated; the tested varieties was Coodetec 150 (control), BRS Parrudo, BRS Guamirim, BRS 327, BRS 328 and BRS 374. In the second phase, the same parameters was evaluated on diets composed of wheat and yellow corn flour alone (100%), whole wheat flour (50%) and yellow corn flour (50%), and different proportions of yeast added to the wheat flour (3%, 5% and 8%). The evaluated biological parameters for both phases were: duration (days) and viability (%) of egg-adult period, adult male and female weights (mg), sex ratio, adult male and female longevity (days), daily rhythm of oviposition and viability of the produced eggs. It was concluded that the *A. kuehniella* eggs production is not correlated to the wheat variety used as component of the artificial diet for its rearing; the best artificial diets for the mass rearing of *A. kuehniella* are those composed by whole wheat flour (97%) and yeast (3%) (diet 1), whole wheat flour (50%) and yellow corn flour (50%) (diet 2) and whole wheat flour (100%) (diet 3); with regard to cost-benefit, the lowest cost artificial diet that provides the best development for *A. kuehniella* is that composed by whole wheat flour (100%).

Key words: 1. Artificial diet 2. *Anagasta kuehniella* 3. Factitious host 4. Biological control

Lista de Tabelas

TABELA 1. PERÍODO OVO-ADULTO (DIAS), VIABILIDADE TOTAL (%) ($\bar{X} \pm \text{E.P.}$) E RAZÃO SEXUAL DE <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> CRIADA EM DIETAS ARTIFICIAIS COMPOSTAS POR FARINHAS INTEGRAIS DE DIFERENTES VARIEDADES DE TRIGO (97%) E LEVEDURA (3%) (TEMP.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ E FOTOFASE DE 14 HORAS).	27
TABELA 2. RITMO DIÁRIO DE POSTURA ($\pm \text{E.P.}$) E TOTAL DE OVOS COLOCADOS POR <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> PROVENIENTES DE LAGARTAS CRIADAS EM DIETAS ARTIFICIAIS COMPOSTAS POR FARINHAS INTEGRAIS DE DIFERENTES VARIEDADES DE TRIGO (97%) E LEVEDURA (3%) (TEMP.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ E FOTOFASE DE 14 HORAS).	29
TABELA 3. LONGEVIDADE ($\pm \text{E.P.}$) (DIAS) E PESO MÉDIO ($\pm \text{E.P.}$) (MG) DE MACHOS E FÊMEAS DE <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> PROVENIENTES DE LAGARTAS ALIMENTADAS EM DIETAS ARTIFICIAIS COMPOSTAS POR FARINHAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE TRIGO (97%) E LEVEDURA (3%) (TEMP.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ E FOTOFASE DE 14 HORAS).	31
TABELA 4. VIABILIDADE (%) ($\pm \text{E.P.}$) DOS OVOS COLOCADOS POR FÊMEAS DE <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> PROVENIENTES DE LAGARTAS ALIMENTADAS EM DIETAS ARTIFICIAIS COM DIFERENTES VARIEDADES DE TRIGO (97%) E LEVEDURA (3%) (TEMP.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ E FOTOFASE DE 14 HORAS).	31
TABELA 5. PERÍODO OVO-ADULTO (DIAS), VIABILIDADE TOTAL (%) ($\bar{X} \pm \text{E.P.}$) E RAZÃO SEXUAL DE <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> CRIADA EM DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO FARINHA DE TRIGO INTEGRAL E DE MILHO AMARELO E LEVEDURA EM DIFERENTES PROPORÇÕES (TEMP.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ E FOTOFASE DE 14 HORAS).	33
TABELA 6. VIABILIDADE (%) ($\pm \text{E.P.}$) DOS OVOS COLOCADOS POR FÊMEAS DE <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> CRIADA EM DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO FARINHA DE TRIGO INTEGRAL E DE MILHO AMARELO E LEVEDURA EM DIFERENTES PROPORÇÕES (TEMP.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ E FOTOFASE DE 14 HORAS).	33
TABELA 7. RITMO DIÁRIO DE POSTURA ($\pm \text{E.P.}$) E TOTAL DE OVOS COLOCADOS POR <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> CRIADA EM DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO FARINHA DE TRIGO INTEGRAL E DE MILHO AMARELO E LEVEDURA EM DIFERENTES PROPORÇÕES (TEMP.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ E FOTOFASE DE 14 HORAS).	34
TABELA 8. LONGEVIDADE ($\pm \text{E.P.}$) (DIAS) E PESO MÉDIO ($\pm \text{E.P.}$) (MG) DE MACHOS E FÊMEAS DE <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i> CRIADA EM DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO FARINHA DE TRIGO INTEGRAL E DE MILHO AMARELO E LEVEDURA EM DIFERENTES PROPORÇÕES (TEMP.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ E FOTOFASE DE 14 HORAS).	36
TABELA 9. PREÇOS (R\$/KG) DOS COMPONENTES DAS DIETAS ARTIFICIAIS PARA <i>ANAGASTA KUEHNIELLA</i>, COTADOS EM TRÊS DIFERENTES COMERCIAIS CEREALISTAS NO ESTADO DE SÃO PAULO, EM JANEIRO DE 2017.	37

1. INTRODUÇÃO

O uso indiscriminado de agroquímicos para o controle de pragas agrícolas vem acarretando sérios problemas ambientais e ecológicos, desde a síntese do DDT em 1939. Entre esses problemas, pode-se citar a frequência de insetos resistentes aos pesticidas, pragas secundárias tornando-se pragas-chave, poluição ambiental, danos à saúde humana e desequilíbrios biológicos de modo geral. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) surge então como resposta ao uso abusivo de produtos químicos, sendo que uma de suas opções é o Controle Biológico (Cruz, 2002). Segundo Parra et al. (2002), o controle biológico pode ser definido como “um fenômeno natural que consiste na regulação do número de plantas e animais por inimigos naturais, os quais constituem os agentes de mortalidade biótica”. A liberação de inimigos naturais para controle de pragas pode ser feita de forma inoculativa (em pequenas quantidades, que controlam a população da praga a médio e longo prazos), ou inundativa (em grandes quantidades, que controla rapidamente a população da praga). A criação de inimigos naturais em laboratório exige, seja em pequena escala, para pesquisas, ou em grande escala, para comercialização, a criação de outra espécie de inseto, que pode ser tanto o hospedeiro natural como o alternativo.

A espécie *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) é uma praga de importância econômica de vários produtos armazenados, em todo o mundo, principalmente da farinha de trigo (Rees, 2007). Apesar de sua natureza destrutiva, a mesma é amplamente utilizada como hospedeiro alternativo para criação de inimigos naturais, como predadores e parasitoides (Brower, 1983). A produção de grandes quantidades de ovos de *A. kuehniella* é um dos requisitos básicos para a criação massal desses inimigos naturais (Cerutti et al., 1992), principalmente de himenópteros parasitoides do gênero *Trichogramma*. Para se iniciar uma criação massal, no entanto, é necessário que estudos sejam feitos sobre uma criação de pesquisa, em pequena escala (Parra, 2002).

Em se tratando da comercialização de inimigos naturais em larga escala, o controle de qualidade de *A. kuehniella* é uma parte importante do sistema de produção massal (Cerutti et al., 1992), já que a obtenção de parasitoides competitivos com os da natureza é de fundamental importância para o sucesso e a credibilidade de um programa de controle biológico.

Um dos principais fatores que influenciam na qualidade de insetos produzidos em laboratório é o alimento sobre o qual são criados. O mesmo deve conter todos os nutrientes essenciais para o bom desenvolvimento da espécie que se deseja criar, garantindo, no caso de *A. kuehniella*, que os inimigos naturais criados sobre seus ovos também possuam qualidade satisfatória. Reis et al (2003) comprovaram a existência de diferenças significativas de qualidade entre parasitoides criados sobre hospedeiros previamente alimentados com diferentes dietas.

A espécie *A. kuehniella* possui baixos requisitos nutricionais se comparada a outros pirálídeos, visto que se desenvolve até mesmo em farinhas refinadas (Stein e Parra, 1987). Segundo Fraenkel e Blewett (1943), essa espécie necessita de uma dieta rica em carboidratos; porém, se for criada em dieta pobre em frações proteicas, seu desenvolvimento é retardado e ocorre alta mortalidade de pupas (Nawrot et al., 1985).

Atualmente, no Brasil, a dieta artificial mais usada para a criação de *A. kuehniella* é a proposta por Parra et al (1989b), que é composta por farinha de trigo integral (97%) e levedura (3%). Essa composição é a mesma utilizada para a criação dessa espécie no laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP, que é mantida para fins de pesquisa principalmente com parasitoides do gênero *Trichogramma* e segue a metodologia descrita por Parra et al (2014).

Este trabalho tem o objetivo de avaliar o desenvolvimento de *A. kuehniella* em dietas artificiais com variações de composição, com vistas a produzir maior número de ovos, com melhor qualidade, para a criação de

Trichogramma spp. A pesquisa foi dividida em duas fases, sendo que na primeira foram avaliados parâmetros biológicos de *A. kuehniella* criada em dietas artificiais compostas por farinha integral de trigo de diferentes variedades, e na segunda, foram avaliados os mesmos parâmetros sobre dietas compostas por farinhas de trigo integral e de milho amarelo isoladamente, bem como com diferentes proporções de levedura adicionadas à farinha de trigo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos biológicos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae)

Os ovos de *A. kuehniella* são ovalados e alongados, com coloração branco-amarelada, quando recém-colocados, e tornando-se mais amarelados conforme o desenvolvimento embrionário avança. Seu comprimento varia entre 0,53 e 0,64 mm, e sua largura é variável entre 0,28 e 0,37 mm. O peso de um ovo varia entre 21 e 25 µg (Brindley, 1930).

O período embrionário apresenta duração de 16,6, 7,8, 5,2 e 4 dias, respectivamente, nas temperaturas de 15, 20, 25 e 30°C, com UR de 70% (Bell, 1975). Já de acordo com Stein e Parra (1987), as durações do período embrionário são de 10,17, 9,49, 6,67, 5,02, 3,99 e 3,84 dias, nas temperaturas de 18, 20, 22, 25, 30 e 32°C, respectivamente. Com base nos resultados apresentados nesses dois trabalhos, pode-se inferir que, na temperatura de 25°C, a duração do período embrionário é de aproximadamente 5 dias.

Segundo Bell (1975), ovos mantidos nas temperaturas entre 15 e 30°C e UR de 70% apresentam viabilidade superior a 90% (respectivamente, 93,5 e 95,5%). Ainda de acordo com esse autor, ovos mantidos a 10°C e 70% de UR apresentam 100% de mortalidade.

Lagartas de *A. kuehniella* apresentam coloração creme, sendo que, logo após a eclosão, possuem o corpo recoberto por longas setas. O peso das lagartas de primeiro instar é de 0,018 mg, e a cápsula cefálica mede 0,199 mm de largura e 0,87 mm de comprimento (Brindley, 1930). Se as lagartas forem alimentadas com farinha de trigo integral, apresentarão 5 ínstars (Brindley, 1930), podendo, no entanto, apresentarem até 6 ínstars (Stein e Parra, 1987).

O período larval apresenta durações de 98,22, 79,97, 61,61, 45,49, 36,90 e 41,81 dias nas temperaturas de 18, 20, 22, 25, 30 e 32°C, respectivamente, com UR de 70% (Stein e Parra, 1987). A umidade relativa do ar é um fator que influencia muito o desenvolvimento larval, sendo que as maiores viabilidades (90 e 95%) foram verificadas em UR de 70 e 75%, respectivamente. Jacob & Cox (1977) demonstraram que o período de desenvolvimento larval de *A. kuehniella* aumenta em UR de 40%, em relação às lagartas mantidas a 70 e 75%, respectivamente.

Logo após a pupação, as pupas apresentam coloração esverdeada, tornando-se, com o passar dos dias, marrom-avermelhadas na parte dorsal e amarela escuro na parte ventral. Uma pupa mede cerca de 9 mm de comprimento e 2,21 mm de largura (Brindley, 1930). Pupas de macho pesam 20,8 mg, e as de fêmea, 23,4 mg, provenientes de lagartas alimentadas com dieta à base farinha de trigo integral (Stein e Parra, 1987).

Segundo Jacob e Cox (1977), a umidade relativa do ar não afeta de forma significativa a duração e a viabilidade do período pupal de *A. kuehniella*; porém, segundo os autores, a 12,5°C e 70% de UR, não há emergência. A duração do período pupal, ainda de acordo com Jacob e Cox (1977), variou de 9 a 70 dias a 28 e 12°C, respectivamente.

Em relação ao fotoperíodo, pupas de insetos mantidos em escuro total tiveram um tempo de desenvolvimento 3 dias maior do que aquelas mantidas em fotofase de 12 horas, ou em luz total (Cymborowski e Giebulowicz, 1976). De acordo com os autores, um período mínimo de 6 horas de escuro por dia é essencial para a reprodução de *A. kuehniella*.

Os adultos de *A. kuehniella* são mariposas pequenas e acinzentadas, os machos pesando cerca de 11,5 mg, e as fêmeas 15,7 mg (Brindley, 1930). De acordo com Cerutti et al. (1992), o peso dos adultos está relacionado à densidade larval nas bandejas de criação. Em um recipiente contendo 1600 ovos para 1 kg de dieta artificial, os autores obtiveram fêmeas pesando 32 mg e machos pesando 19 mg. Já em recipiente contendo 8000 ovos para 1 kg de dieta, os autores obtiveram fêmeas pesando 24 mg e machos pesando 16 mg. Parra et al (1989a) observaram que adultos de *A. kuehniella* possuem maior peso na primeira semana de coleta, de 18,87 mg, em relação àqueles coletados na nona semana, que corresponde a 8,50 mg.

A longevidade de machos e fêmeas é de 6 e 7 dias, respectivamente (Brindley, 1930). Stein e Parra (1897) obtiveram uma longevidade de 10,48 dias (machos) e 6 dias (fêmeas), provenientes de lagartas alimentadas com dieta artificial à base de farinha de trigo integral. Os adultos provenientes de lagartas alimentadas com dieta à base de farinha de trigo, farinha de milho, aveia e alimento para cães apresentaram longevidade de 11,22 dias (machos) e 6,65 dias (fêmeas).

O período de pré-oviposição de *A. kuehniella* é de 1,2 dias, segundo Stein e Parra (1987). Segundo Brindley (1930), as fêmeas colocam, durante a vida, uma média de 167 ovos, sendo o mínimo de 25 e o máximo de 352. Stein e Parra (1987) observaram que a dieta artificial influencia na quantidade de ovos colocados pela fêmea durante sua vida. As fêmeas provenientes de dieta à base de farinha de trigo integral colocaram uma média de 332 ovos, e as provenientes de dieta à base de farinha de trigo, farinha de milho, aveia e alimento para cães colocaram 351 ovos. De acordo com Parra et al. (1989a), a densidade populacional dentro das bandejas de criação também influenciam na quantidade de ovos que a fêmea coloca durante a vida. Os autores observaram que fêmeas provenientes de recipientes contendo 7.200 ovos (ou 0,2 gramas) para 1 kg de dieta, colocaram uma média de 419 ovos, e aquelas provenientes de recipientes contendo 36.000 ovos (ou 1 grama) para 1 kg de dieta, colocaram 366 ovos.

O substrato para colocação dos ovos também é um fator importante a se considerar na criação de *A. kuehniella*. Daumal e Boinel (1994) observaram que as fêmeas possuem o hábito de ovipositar em pequenas fendas, formadas por papelões ou insetos mortos. Brindley (1930) relatou que o comportamento de oviposição das fêmeas se inicia, em condições naturais, após o início da noite.

A temperatura em que uma criação de *A. kuehniella* é mantida desde a fase embrionária até a morte dos adultos afeta diretamente a capacidade reprodutiva da espécie. Coelho Jr. e Parra (2013b) verificaram que uma criação de *A. kuehniella* mantida, durante o período ovo-adulto, em temperaturas mais baixas (de 18 a 25°C), produz fêmeas maiores e mais férteis, assim como os ovos colocados por elas são mais pesados. Já em temperaturas acima de 28°C, os autores verificaram que o número de adultos defeituosos aumenta, e a produção de ovos diminui, diminuindo também a viabilidade dos ovos produzidos. Os autores relacionam esse aumento do peso dos adultos ao maior tempo que os imaturos permanecem se alimentando, devido à temperatura mais baixa que alonga a fase larval.

Em criações de *A. kuehniella*, outro fator muito importante (e pouco estudado) que influencia a reprodução desses insetos é o acúmulo de CO₂ nas unidades de criação, proveniente do intenso metabolismo dos imaturos. De acordo com Coelho Jr. e Parra (2013a), em bandejas contendo 10.000 lagartas no 4º e 5º instares, a produção de CO₂ chega a 30,67 ml por hora. Os autores verificaram que a produção de ovos de *A. kuehniella* aumenta consideravelmente quando as lagartas são mantidas em ambientes com baixas concentrações de CO₂ (1.200 ppm), chegando a ser 23% maiores em relação às que foram mantidas em ambientes com concentração alta de CO₂ (4.400 ppm).

2.2. Criação massal de inimigos naturais

Existem várias definições para “criação massal”. De acordo com Finney e Fischer (1964), criação massal é uma “produção econômica de milhões de insetos benéficos, em uma linha de montagem, com o objetivo de produzir, com o mínimo de homens/hora e de espaço, o número máximo de fêmeas férteis no tempo mais curto possível e com um baixo custo”.

Para estabelecer qualquer programa de controle biológico que requer a criação massal do inimigo natural, o primeiro passo é adquirir conhecimento sobre a biologia básica das espécies, e como elas podem ser criadas massalmente de forma eficiente (Sorensen et al., 2012). Por exemplo, o controle biológico aumentativo e inundativo requerem a produção em massa de inimigos naturais de alta qualidade, com baixo custo (Nasreen et al., 2011). A criação massal do inimigo natural é a base de um programa de controle biológico aplicado, porém ela não é suficiente para que o programa como um todo seja bem-sucedido (Parra et al., 2002).

Para a implantação de uma criação massal, são necessárias operações iguais às de uma fábrica, que sirvam de suporte a um programa de controle biológico (Parra, 2002).

Produtores de agentes de controle biológico, assim como em qualquer outra empresa de fabricação, têm opções limitadas para gerir seus custos operacionais. A redução de custos na produção de inimigos naturais pode ser alcançada pela produção de baixo custo de seus hospedeiros, através de dietas artificiais, do desenvolvimento de técnicas para reduzir os custos de manuseio e armazenamento, pela mecanização dos sistemas de produção, e otimizando a quantidade de hospedeiros para maximizar a produção de inimigos naturais (Nasreen et al., 2011).

Os insetos mais utilizados em programas de liberação inundativa são os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma*, embora este não seja o único grupo utilizado para esta finalidade. Muito do entendimento que se tem hoje sobre liberações inundativas de inimigos naturais vem dos estudos com esses parasitoides (Liu & Smith, 2000; Parra, 2002).

Insetos criados em laboratório, sejam para pesquisa, liberação ou para qualquer outra atividade econômica, necessitam ter qualidade, e o principal fator que afeta a qualidade desses insetos é a dieta sobre a qual os mesmos são criados, sejam eles predadores, presas, hospedeiros ou parasitoides (Cohen, 2004 e 2015).

2.3. Criação Massal de Parasitoides

Para que um programa de controle biológico com o uso de parasitoides tenha sucesso, o fator chave é, definitivamente, a qualidade dos mesmos (Bigler, 1994; Bueno, 2009; van Lenteren, 1991). Quando liberados, deseja-se que os parasitoides possuam performances fisiológica e comportamental adequadas, ou seja, que os mesmos mantenham seus traços comportamentais naturais, como seleção hospedeira, localização do sexo oposto e comportamento de parasitismo. No entanto, sabe-se que muitas dessas qualidades são negativamente afetadas durante os processos de produção e liberação, além de serem pouco estudados se comparados aos aspectos abióticos (Bernal et al., 1999; Bigler, 1994; Chambers, 1977; Gandolfi et al., 2003).

A qualidade do parasitoide é definida pelo ótimo desempenho do mesmo em sua função desejada, após liberação no campo. Porém, não se sabe ao certo que características biológicas poderiam ser utilizadas para se fazer essa previsão durante o processo de produção massal do mesmo (Bigler, 1994; Smith, 1996).

A criação massal de parasitoides como *Trichogramma* pode ser feita, na maioria das vezes, sobre um hospedeiro alternativo, como ovos de *A. kuehniella* (Parra et al., 2002). Vários são os fatores relacionados aos hospedeiros que interferem na qualidade dos parasitoides criados sobre eles, como a espécie, o tamanho e a

qualidade nutricional. Reis et al (2003) comprovaram a existência de diferenças significativas de qualidade entre parasitoides criados sobre hospedeiros previamente alimentados com diferentes dietas.

2.4. Estudos com diferentes dietas artificiais para criação de *A. kuehniella*

Uma diversidade de tipos de dietas artificiais, de diferentes composições, já foi testada para o uso na criação de *A. kuehniella*, entre as quais se destaca a farinha de trigo integral, como base.

Stein e Parra (1987) estudaram aspectos biológicos de *A. kuehniella* criada em farinha de trigo integral (100%) e sobre uma dieta composta por farinha de milho (250 g), farinha de trigo (350 g), alimento para cães (250 g) e mel (400 g). Os resultados encontrados pelos autores mostram que a segunda dieta é, definitivamente, nutricionalmente melhor para as lagartas, pois houve encurtamento do período larval em relação às lagartas criadas na dieta composta por farinha de trigo integral. Por outro lado, a farinha de trigo integral (100%) proporcionou maior viabilidade de lagartas, sendo assim mais favorável, além de ter preparo mais fácil, para o processo de criação em pequena e larga escala de *A. kuehniella*.

Rodrigues Filho et al. (1991) avaliaram o desenvolvimento de *A. kuehniella* sobre dietas artificiais seca e úmida. A dieta seca consistiu de farinha de milho, germe de trigo e levedura, na proporção 4:1:1. A dieta úmida consistiu da mesma formulação, com adição de água, ácido ascórbico e anticontaminantes. Os resultados encontrados pelos autores mostram que houve encurtamento dos períodos larval e pupal dos indivíduos criados sobre a dieta seca, sendo que os demais parâmetros biológicos estudados não apresentaram diferenças nas duas dietas.

Magrini et al. (1993) avaliaram cinco dietas artificiais secas para a criação de *A. kuehniella*: farinha de milho branco (100%), farinha de milho branco (97%) + levedura (3%), farinha de trigo integral (97%) + levedura (3%), farinha de aveia (100%), farinha de aveia (97%) + levedura (3%). Entre as dietas testadas, aquelas à base de farinha de milho branco poderiam até substituir a dieta padrão (farinha de trigo integral + levedura), porém a dificuldade de aquisição desse componente torna inviável seu uso.

Em trabalho subsequente, Magrini et al (1995) compararam a dieta artificial composta por farinha de milho branco (97%) e levedura (3%) com uma dieta composta por farinha de milho amarelo (97%) e levedura (3%). Os resultados mostraram que ambas podem ser usadas para a criação de *A. kuehniella*, visto que são nutricionalmente adequadas para seu desenvolvimento.

Visando reduzir os custos da criação massal de *A. kuehniella*, Lima Filho et al. (2001) estudaram a possibilidade da substituição da farinha de trigo integral por fubá de milho, parcial ou totalmente. Os autores avaliaram parâmetros biológicos de *A. kuehniella* sobre as dietas: fubá de milho (97%) + levedura (3%); fubá de milho (62,7%) + farinha de trigo integral (34,3%) + levedura (3%); fubá de milho (48,5%) + farinha de trigo integral (48,5%) + levedura (3%); fubá de milho (34,3%) + farinha de trigo integral (62,7%) + levedura (3%) e farinha de trigo integral (97%) + levedura (3%) (dieta padrão). Os autores verificaram que as dietas constituídas por fubá de milho, farinha de trigo integral e levedura foram tão boas quanto a dieta padrão.

Solis et al. (2006) avaliaram três dietas artificiais para a criação de *A. kuehniella*, com as seguintes composições: 1. fubá de milho (100%); 2. farinha de rosca (100%), e 3. fubá de milho (50%) + farinha de rosca (50%). Entre as dietas testadas, a combinação de fubá de milho e farinha de rosca foi a que permitiu melhores taxas de desenvolvimento de *A. kuehniella*, sendo essa dieta passível de ser utilizada para sua criação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios com *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) foram realizados no Laboratório de Biologia de Insetos, do Departamento de Entomologia e Acarologia (LEA) da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP.

As cinco diferentes variedades de trigo utilizadas no presente trabalho (BRS Parrudo, BRS Guamirim, BRS 327, BRS 328 e BRS 374) foram obtidas junto à Embrapa Trigo (Passo Fundo, RS). O milho utilizado nos bioensaios, bem como a variedade de trigo Coodetec 150, foram obtidos junto à Cooperativa Agrícola de Capão Bonito (SP). A levedura de cerveja em pó, utilizada nos bioensaios, é da marca comercial Levelife.

Os grãos de trigo e de milho foram moídos no próprio laboratório de Biologia de Insetos, em moinho da marca Arbel, modelo MCF 55, ao ponto de farinha, sendo peneirados após a moagem para a exclusão de possíveis impurezas.

Todos os bioensaios foram realizados em condições laboratoriais controladas de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $50\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

3.1. Efeito de diferentes variedades de trigo, em dieta artificial, no desenvolvimento de *A. kuehniella*

Nessa primeira fase, foram comparados aspectos biológicos de *A. kuehniella* alimentada, na fase larval, com dietas compostas por diferentes variedades de trigo. Os tratamentos consistiram de: farinha de trigo variedade Coodetec 150 + levedura (testemunha), que é a dieta artificial padrão utilizada para a criação de *A. kuehniella* no laboratório de Biologia de Insetos da ESALQ/USP; farinha de trigo variedade BRS Guamirim + levedura; farinha de trigo variedade BRS 327 + levedura; farinha de trigo variedade BRS 374 + levedura; farinha de trigo variedade BRS 328 + levedura; farinha de trigo variedade BRS Parrudo + levedura. A proporção de farinha e levedura foi de 97 : 3%, respectivamente, para todos os tratamentos.

Cada repetição consistiu de um recipiente plástico pequeno contendo 200 gramas de dieta artificial e 0,06 gramas de ovos de *A. kuehniella* (média de 2.160 ovos), com ventilação na tampa, vedada com duas camadas de tecido “voile”, para evitar fuga de lagartas e ataque de parasitoides larvais (*Habrobracon hebetor*, himenóptero ectoparasitoide da família Braconidae, muito comumente presente em criações de *A. kuehniella* e causador de prejuízos às mesmas). Essa proporção entre a quantidade de ovos e de dieta foi estimada com base no trabalho de Coelho e Parra (2013b), que verificaram que, para cada unidade de criação de *A. kuehniella* (atualmente, usa-se 1 kg de dieta artificial), a quantidade ideal de ovos “inoculados” é de 0,3 g (≈ 10800 ovos). A opção pelo uso dessa metodologia para as repetições foi feita para que as mesmas repliquem, com fidelidade, as condições em que uma criação massal de *A. kuehniella* é mantida, de forma que os resultados obtidos reflitam de fato o que acontece na rotina de uma criação massal.

Os ovos foram pesados em balança analítica, visando evitar possíveis erros de pesagem. Os recipientes foram colocados em sala com condições controladas de temperatura ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$), UR ($50\pm 10\%$) e fotofase (14 horas). Cada recipiente representou uma repetição, e foram realizadas 4 repetições por tratamento, em blocos ao longo do tempo. Cada bloco consistiu de 1 repetição por tratamento, totalizando 4 blocos.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: duração (dias) e viabilidade (%) do período ovo-adulto, peso (mg) de adultos (machos e fêmeas), razão sexual, longevidade (dias) de fêmeas e machos, ritmo diário de oviposição das fêmeas e viabilidade dos ovos produzidos.

3.1.1. Duração e viabilidade do período ovo-adulto de *A. kuehniella*

Após a “inoculação” dos 0,06 gramas de ovos de *A. kuehniella* sobre as 200 gr de dieta artificial, em cada tratamento, os mesmos foram mantidos em sala com as condições ambientais controladas: temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $50 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. A partir do início da emergência dos adultos, os mesmos foram diariamente contados até o final do período de emergência. Com esses dados, foi possível estimar a duração (dias) e a viabilidade (%) do período ovo-adulto.

A viabilidade total (%) foi calculada considerando-se a quantidade de adultos emergidos em relação à média inicial de ovos “inoculados” nas diferentes dietas (0,06 gramas, ou 2.160 ovos).

Para a análise estatística dos dados de duração do período ovo-adulto e da viabilidade total, foram consideradas as 4 repetições realizadas por tratamento.

3.1.2. Peso de adultos e razão sexual

A partir do início da emergência dos adultos de *A. kuehniella*, diariamente os mesmos foram individualizados em tubos de vidro de 8 cm de diâmetro e 13 cm de altura e separados por sexo, pela observação da porção terminal do abdome dos adultos, para que a quantidade de machos e fêmeas fosse estimada; 100 machos e 100 fêmeas de cada repetição, e de cada tratamento, foram pesados em balança analítica. Com esses dados, foi possível estimar a razão sexual ($RS = \frac{\text{Nro de fêmeas}}{\text{Nro de fêmeas} + \text{Nro de machos}}$), e o peso médio (mg) de adultos machos e fêmeas.

Para a análise estatística dos dados da razão sexual, os mesmos foram distribuídos em 4 repetições por tratamento, e para os dados de peso de machos e fêmeas, os mesmos foram distribuídos em 4 blocos de 100 repetições para cada tratamento, totalizando 400 medições por tratamento.

3.1.3. Longevidade de adultos e ritmo diário de postura de *A. kuehniella*

Foram formados 25 casais de *A. kuehniella* para cada repetição, de cada tratamento. Utilizou-se, para esse bioensaio, adultos emergidos entre a primeira e a segunda semanas de emergência de cada repetição, visto que, segundo Parra et al. (1989b), adultos emergidos nas primeiras semanas possuem maior peso. Cada casal foi individualizado em um pedaço de tubo de PVC de 8 cm de diâmetro e 13 cm de altura, fechado nas extremidades com tecido de tule preso com elástico. Dentro da gaiola foi colocado um pedaço de tela plástica dobrada, de 5 x 5 cm, para servir de superfície de pouso e cópula do casal, e de postura para a fêmea, visto que as mesmas têm preferência por colocar os ovos em superfícies rugosas e frestas (Daumal e Boinel, 1994). As gaiolas foram mantidas sobre tampas de placas de Petri pequenas, onde os ovos colocados caíam. Diariamente, os ovos presentes na placa de Petri e na tela foram contados. Para isso, os ovos presentes na tela foram desprendidos da mesma com o auxílio de um pincel número 0 de cerdas macias, delicadamente, para não rompê-los ou deixar os adultos escaparem da gaiola.

Para a contagem dos ovos, a placa de Petri foi colocada sobre superfície de cor escura, para melhor visualização dos mesmos. O procedimento foi repetido diariamente até a morte do casal. Os dados coletados permitiram estimar a longevidade de machos e fêmeas, o ritmo diário de oviposição e a quantidade total de ovos colocados por elas, em cada tratamento.

Para a análise estatística da longevidade de machos e fêmeas, foram excluídas as repetições em que houve fuga dos mesmos no momento da avaliação (erro experimental). Desse modo, para a análise de longevidade dos machos, foram consideradas 88, 97, 87, 94, 97 e 98 repetições, para os tratamentos Testemunha, BRS Parrudo, BRS Guamirim, BRS 327, BRS 328 e BRS 374, respectivamente. Para a análise de longevidade das fêmeas, foram consideradas 98, 99, 99, 96, 98 e 99 repetições, para os tratamentos Testemunha, BRS Parrudo, BRS Guamirim, BRS 327, BRS 328 e BRS 374, respectivamente.

Para a análise estatística do número total de ovos colocados por fêmea durante a vida, valores entre 0 e 10 foram excluídos das análises, pois nesses casos considerou tratar-se de uma fecundidade muito baixa não provocada pelos diferentes tratamentos, e que poderia interferir negativamente nos resultados dos testes. Desse modo, para as análises, foram consideradas 98, 97, 100, 100, 99 e 100 repetições, para os tratamentos Testemunha, BRS Parrudo, BRS Guamirim, BRS 327, BRS 328 e BRS 374, respectivamente.

3.1.4. Fertilidade de *A. kuehniella*

Ovos de *A. kuehniella* colocados por fêmeas advindas das diferentes dietas testadas foram avaliados quanto à fertilidade. Para cada repetição, de cada tratamento, foram separados 10 ovos, os quais foram colocados em placas de Petri pequenas, e foi contado o número de lagartas eclodidas após o período embrionário, sendo então calculada a fertilidade (%).

Para a análise estatística, foram consideradas 10 repetições distribuídas em 4 blocos por tratamento, totalizando 40 observações por tratamento.

3.2. Efeito de dietas artificiais, contendo trigo integral, milho amarelo e levedura de cerveja em diferentes proporções, sobre o desenvolvimento de *A. kuehniella*

Para compor as dietas artificiais testadas nessa segunda fase, foi escolhida a variedade de trigo que proporcionou índices de desenvolvimento satisfatórios para *A. kuehniella* na primeira fase, além de ser de mais fácil obtenção, ou seja, a variedade Coodetec 150 (testemunha).

Os tratamentos foram compostos por: 1. farinha de trigo integral (97%) + levedura (3%); 2. farinha de trigo integral (95%) + levedura (5%); 3. farinha de trigo integral (92%) + levedura (8%); 4. farinha de trigo integral (50%) + farinha de milho amarelo (50%), 5. farinha de trigo integral (100%) e 6. farinha de milho amarelo (100%).

3.2.1. Duração e viabilidade do período ovo-adulto de *A. kuehniella*

As metodologias para condução dos bioensaios, avaliação dos parâmetros e análises estatísticas foram as mesmas descritas no item 3.1.1., com a diferença de tratarem-se de dietas artificiais de diferentes composições, as quais estão descritas no item 3.2.

3.2.2. Peso de adultos e razão sexual

As metodologias para condução dos bioensaios, avaliação dos parâmetros e análises estatísticas foram as mesmas descritas no item 3.1.2., com a diferença de tratarem-se de dietas artificiais de diferentes composições, as quais estão descritas no item 3.2.

3.2.3. Longevidade de adultos e ritmo diário de postura de *A. kuehniella*.

As metodologias para condução dos bioensaios, avaliação dos parâmetros e análises estatísticas foram as mesmas descritas no item 3.1.3., com a diferença de tratarem-se de dietas artificiais de diferentes composições, as quais estão descritas no item 3.2.

Para a análise estatística da longevidade de machos e fêmeas, foram excluídas as repetições em que houve fuga dos mesmos no momento da avaliação (erro experimental). Desse modo, para a análise de longevidade dos machos, foram consideradas 88, 97, 87, 94, 97 e 98 repetições, para os tratamentos farinha de trigo integral (97%) + levedura (3%) (testemunha), farinha de trigo integral (92%) + levedura (8%), farinha de trigo integral (95%) + levedura (5%), farinha de trigo integral (50%) + farinha de milho amarelo (50%), farinha de trigo integral (100%) e farinha de milho amarelo (100%), respectivamente. Para a análise de longevidade das fêmeas, foram consideradas 100 repetições para todos os tratamentos, visto que não houve fuga das mesmas durante a avaliação do experimento.

Para a análise estatística do número total de ovos colocados por fêmea durante a vida, novamente valores entre 0 e 10 foram excluídos das análises. Desse modo, para as análises, foram consideradas 100, 96, 100, 99, 100 e 100 repetições, para os tratamentos farinha de trigo integral (97%) + levedura (3%) (testemunha), farinha de trigo integral (92%) + levedura (8%), farinha de trigo integral (95%) + levedura (5%), farinha de trigo integral (50%) + farinha de milho amarelo (50%), farinha de trigo integral (100%) e farinha de milho amarelo (100%), respectivamente.

3.2.4. Fertilidade de *A. kuehniella*

As metodologias para condução dos bioensaios, avaliação dos parâmetros e análises estatísticas foram as mesmas descritas no item 3.1.4., com a diferença de tratarem-se de dietas artificiais de diferentes composições, as quais estão descritas no item 3.2.

3.2.5. Análise de custo dos componentes da dieta artificial para *A. kuehniella*

Foi estimado o preço médio (em R\$) dos componentes das dietas artificiais testadas na segunda fase da dissertação, ou seja, farinha de trigo integral, farinha de milho amarelo e levedura de cerveja. Para isso, foram feitas cotações em três diferentes comerciais cerealistas do estado de São Paulo, sendo dois deles online e um físico, localizado na cidade de Piracicaba (SP). Para a análise dos resultados, foi considerada a média entre os três valores obtidos.

3.3. Análises estatísticas

Para todos os bioensaios realizados, os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Em caso de normalidade, os mesmos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram analisadas por meio de modelos lineares (LM), e posteriormente comparadas pelo teste estatístico de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Em caso de não normalidade dos dados, os mesmos foram analisados por meio de modelos lineares generalizados (GLM), cujas famílias foram ajustadas por simulação gráfica de envelopes (Half Normal Plot - HNP) (Moral et al., 2016); as médias foram comparadas uma a uma pelo teste de contrastes de Tukey para GLM, com a utilização do pacote multcomp para o programa R (Hothorn et al., 2016). Foi utilizado, para as análises estatísticas dos dados, o programa R versão 3.3.1 (2016) para Microsoft Windows.

Para cada fase do presente estudo, foi feita uma análise de agrupamento (cluster analysis), que considerou todos os dados coletados para os 6 parâmetros avaliados. Para essa análise, foi utilizado o software SAS 9.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito de diferentes variedades de trigo, em dieta artificial, no desenvolvimento de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae)

O teste de normalidade de Shapiro-wilk mostrou que todos os dados, de todos os parâmetros avaliados, não apresentaram distribuição normal. Dessa forma, os mesmos foram analisados por meio de modelos lineares generalizados (GLM), com emprego da família Gaussian (exceto o parâmetro fertilidade, para o qual a família binomial mostrou-se mais adequada).

A viabilidade total de *A. kuehniella* mostrou-se baixa, para todos os tratamentos, coincidente com dados já existentes na literatura (Parra et al., 1989; Magrini et al., 1993; Magrini et al., 1995). Nesse parâmetro, diferiram estatisticamente da variedade BRS 327, que foi a que proporcionou melhor viabilidade, as variedades BRS Parrudo e BRS Guamirim (viabilidades de 45,76%, 35,32% e 34,61%, respectivamente). Porém, nenhuma das variedades de trigo testadas diferiu estatisticamente da testemunha (viabilidade total de 39,54%).

Em relação ao período ovo-adulto, o único tratamento que diferiu estatisticamente da testemunha (56,4 dias) foi a variedade de trigo BRS 328, apresentando maior tempo de desenvolvimento (62,69 dias), o que não é uma característica desejada na criação (Tabela 1), visto que Stein e Parra (1987) mostraram que, a 22°C (temperatura menor que a utilizada no presente trabalho), o período larval dura 61,61 dias e a 25°C, 45,49 dias.

Tabela 1. Período ovo-adulto (dias), viabilidade total (%) ($X \pm E.P.$) e razão sexual de *Anagasta kuehniella* criada em dietas artificiais compostas por farinhas integrais de diferentes variedades de trigo (97%) e levedura (3%) (Temp.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Tratamento	Período ovo-adulto (dias)	Viabilidade total (%)	Razão Sexual
Testemunha**	56,4 $\pm$ 0,62 b	39,54 $\pm$ 0,96 ab	0,51ab
BRS Parrudo	56,99 $\pm$ 0,61 ab	35,32 $\pm$ 0,8 b	0,54 a
BRS Guamirim	59,11 $\pm$ 1,35 ab	34,61 $\pm$ 3,17 b	0,51 ab
BRS 327	61,22 $\pm$ 0,97 ab	45,76 $\pm$ 0,97 a	0,50 b
BRS 328	62,69 $\pm$ 2,64 a	37,81 $\pm$ 4,46 ab	0,49 b
BRS 374	58,54 $\pm$ 1,2 ab	42,72 $\pm$ 1,02 ab	0,49 b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey. $P < 0,05$.

**Testemunha: Farinha de trigo variedade Coodetec 150 (97%) + levedura (3%).

Em relação à razão sexual, nenhum tratamento diferiu estatisticamente da testemunha, sendo que a variedade de trigo BRS Parrudo (razão sexual de 0,54) diferiu das variedades BRS 327, BRS 328 e BRS 374 (razões sexuais de 0,5, 0,49 e 0,49, respectivamente) (Tabela 1). Considerando que a razão sexual desejável para uma criação seja próxima a 0,5, pode-se dizer que os valores encontrados para esse parâmetro estão dentro do esperado.

As médias diárias de ovos colocados por fêmeas de *A. kuehniella* oriundas dos diferentes tratamentos mostram que as variedades de trigo testadas não diferiram estatisticamente da testemunha em relação à quantidade total de ovos colocados (Tabela 2). Adultos emergidos da dieta testemunha (composta por trigo variedade Coodetec 150) colocaram uma média de 319 ovos durante a vida, resultado que está de acordo com o trabalho de Stein e Parra

(1987), no qual os autores encontraram que fêmeas criadas em dieta artificial à base de farinha de trigo integral colocam, durante a vida, uma média de 332 ovos.

O ritmo diário de postura de *A. kuehniella* criada em farinhas de trigos de diferentes variedades mostrou que as maiores quantidades de ovos são colocadas, para todos os tratamentos, entre o primeiro e o terceiro dias de vida (Figura 1). Sendo o período de pré-oviposição de *A. kuehniella* de 1,2 dias (Stein e Parra, 1987), os resultados obtidos mostram-se de acordo com a literatura.

Tabela 2. Ritmo diário de postura ($\pm$ E.P.) e total de ovos colocados por *Anagasta kuehniella* provenientes de lagartas criadas em dietas artificiais compostas por farinhas integrais de diferentes variedades de trigo (97%) e levedura (3%) (Temp.: $23\pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Dias	Número de ovos colocados por fêmea, por dia					
	Testemunha	BRS Parrudo	BRS Guamirim	BRS 327	BRS 328	BRS 374
1	69,54 $\pm$ 3,36	55,61 $\pm$ 7,9	34,8 $\pm$ 0,4	45,53 $\pm$ 2,49	48,07 $\pm$ 12,86	75,35 $\pm$ 14,49
2	87,18 $\pm$ 8,49	88,79 $\pm$ 5,98	103,05 $\pm$ 2,71	135,45 $\pm$ 7,9	105,87 $\pm$ 10,58	97,05 $\pm$ 8,32
3	64,39 $\pm$ 3,63	61,31 $\pm$ 5,42	51,38 $\pm$ 0,67	64,15 $\pm$ 5,07	60,63 $\pm$ 5,01	73,4 $\pm$ 7,61
4	47,75 $\pm$ 5,02	32,28 $\pm$ 1,24	52,8 $\pm$ 0,98	43,66 $\pm$ 6,29	39,77 $\pm$ 1,66	51,08 $\pm$ 2,22
5	31,87 $\pm$ 4,5	22,74 $\pm$ 2,99	41,81 $\pm$ 0,52	20,41 $\pm$ 1,41	27,55 $\pm$ 2,69	29,73 $\pm$ 3,27
6	19,87 $\pm$ 3,41	12,28 $\pm$ 0,49	31,73 $\pm$ 0,33	12,75 $\pm$ 2,81	14,37 $\pm$ 0,96	16,81 $\pm$ 0,71
7	6,75 $\pm$ 0,65	4,72 $\pm$ 0,65	12,85 $\pm$ 1,72	5,65 $\pm$ 1,67	5,13 $\pm$ 0,72	5,55 $\pm$ 0,33
8	2,96 $\pm$ 0,72	1,39 $\pm$ 0,46	5,74 $\pm$ 0,57	2,6 $\pm$ 0,49	1,84 $\pm$ 0,18	1,28 $\pm$ 0,46
9	1,8 $\pm$ 0,99	0,38 $\pm$ 0,29	5,81 $\pm$ 0,83	0,72 $\pm$ 0,14	0,9 $\pm$ 0,27	0,24 $\pm$ 0,17
10	1,21 $\pm$ 0,93	0,14 $\pm$ 0,14	0,48 $\pm$ 0,23	0,08 $\pm$ 0,04	0,11 $\pm$ 0,06	-
11	0,27 $\pm$ 0,27	-	0,02 $\pm$ 0,01	-	-	-
TOTAL*	318,62 $\pm$ 16,18 a	281,35 $\pm$ 10,59 a	340,05 $\pm$ 3,66 a	331 $\pm$ 17,44 a	303,92 $\pm$ 6,35a	349,69 $\pm$ 6,57 a

*Médias seguidas na mesma linha, pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey

Figura 1. Ritmo diário de postura de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) criada em dietas artificiais compostas por farinha de trigo integral de diferentes variedades (97%) e levedura de cerveja (3%) (Temp.: $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR: $50\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

*Testemunha

Fêmeas provenientes de dieta composta pelo trigo variedade BRS Guamirim (97%) + levedura (3%) viveram mais que aquelas criadas em dieta contendo trigo variedade BRS 374 (8,22 e 7,37 dias, respectivamente), sendo nesse quesito os únicos dados que diferiram estatisticamente (Tabela 3). Em dieta artificial à base de trigo integral, Stein e Parra (1987) encontraram que fêmeas de *A. kuehniella* tem uma longevidade média de 6 dias, que é menor que a encontrada no presente trabalho. Supõe-se que a razão para a diferença entre o resultado encontrado no presente trabalho e aquele presente na literatura se deva à temperatura na qual os experimentos foram realizados. Naquele, a temperatura usada foi 25°C , e nesse, 23°C (temperaturas mais altas aceleram o desenvolvimento e reduzem a longevidade). Já em relação à longevidade dos machos, não houve diferença estatística entre nenhum tratamento testado (Tabela 3). Como esperado, os machos de todos os tratamentos viveram mais do que as fêmeas, visto que essas morrem logo que deixam de colocar ovos.

Também na Tabela 3 são apresentados os dados de peso (em mg) de machos e fêmeas adultos, recém-emergidos. Em relação ao peso dos machos, houve diferença estatística apenas entre as variedades BRS 374 (14,04 mg) e BRS 328 (12,31 mg), sendo que nenhum dos tratamentos diferiu estatisticamente da testemunha. Com relação aos pesos de fêmeas, diferiram estatisticamente entre si aquelas oriundas de dieta composta por trigo variedade BRS Parrudo (97%) + levedura (3%) (20,38 mg), que foram as mais pesadas, e aquelas oriundas das dietas compostas por trigo variedade BRS 328 (97%) + levedura (3%) (18,74 mg) e trigo variedade BRS 327 (97%) + levedura (3%) (19,58 mg), que foram as mais leves.

Tabela 3. Longevidade ($\pm$ E.P.) (dias) e peso médio ($\pm$ E.P.) (mg) de machos e fêmeas de *Anagasta kuehniella* provenientes de lagartas alimentadas em dietas artificiais compostas por farinhas de diferentes variedades de trigo (97%) e levedura (3%) (Temp.: $23\pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Tratamento	Longevidade (dias)		Peso médio (mg)	
	Machos**	Fêmeas*	Machos**	Fêmeas**
Testemunha	$11,82 \pm 0,28$ a	$8,11 \pm 0,1$ ab	$13,81 \pm 0,21$ ab	$20,21 \pm 0,29$ ab
BRS Parrudo	$11,81 \pm 0,28$ a	$7,56 \pm 0,17$ ab	$13,79 \pm 0,19$ ab	$20,28 \pm 0,29$ a
BRS Guamirim	$12,81 \pm 0,13$ a	$8,22 \pm 0,19$ a	$12,9 \pm 0,17$ ab	$20,07 \pm 0,28$ ab
BRS 327	$12,69 \pm 0,26$ a	$7,87 \pm 0,13$ ab	$12,38 \pm 0,18$ ab	$19,58 \pm 0,3$ b
BRS 328	$13,15 \pm 0,42$ a	$7,9 \pm 0,22$ ab	$12,31 \pm 0,21$ b	$18,74 \pm 0,26$ b
BRS 374	$11,33 \pm 0,7$ a	$7,37 \pm 0,4$ b	$14,04 \pm 0,23$ a	$20,11 \pm 0,28$ ab

*Médias seguidas, na mesma coluna, pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey. $P < 0,1$.

**Médias seguidas, na mesma coluna, pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey. $P < 0,05$.

A quantidade de ovos colocados pelas fêmeas oriundas das diferentes variedades de trigo, cujas lagartas eclodiram, foi estatisticamente igual para todos os tratamentos, sendo acima de 93% para todos eles, sugerindo que a variedade do trigo fornecido para a alimentação na fase larval não interferiu na fertilidade de *A. kuehniella* (Tabela 4). Esses dados corroboram com os existentes na literatura, já que segundo Bell (1975), ovos de *A. kuehniella* mantidos entre 15°C e 30°C possuem viabilidade superior a 90%. Também de acordo com Coelho e Parra (2013), ovos provenientes de fêmeas criadas em condições ambientais semelhantes às mantidas no presente bioensaio tiveram a mesma viabilidade.

Tabela 4. Viabilidade (%) ($\pm$ E.P.) dos ovos colocados por fêmeas de *Anagasta kuehniella* provenientes de lagartas alimentadas em dietas artificiais com diferentes variedades de trigo (97%) e levedura (3%) (Temp.: $23\pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Tratamento	Viabilidade dos ovos (%)
Testemunha	$94 \pm 0,25$ a
BRS Parrudo	$94,25 \pm 0,48$ a
BRS Guamirim	$94 \pm 0,41$ a
BRS 327	$93,25 \pm 0,95$ a
BRS 328	$94 \pm 0,41$ a
BRS 374	$93,75 \pm 0,25$ a

*Médias seguidas, na mesma coluna, pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Figura 2. Diagrama da análise de Cluster indicando as similaridades entre as variedades de trigo utilizadas na composição de dieta artificial para *A. kuehniella*.

Considerando a análise de agrupamento realizada, pode-se verificar que, apesar de não haver distinção de grupos como um todo, a uma distância euclidiana entre 50 e 60 existe a formação de dois grupos. No grupo das variedades de trigo que, em dieta artificial, proporcionam melhor desenvolvimento de *A. kuehniella*, estão as variedades Coodetec 150 (testemunha), BRS 327, BRS Guamirim e BRS 374. As demais (BRS Parrudo e BRS 328) proporcionam índices de desenvolvimento piores.

No caso de diferentes variedades de trigo poderem ser utilizadas para a criação de *A. kuehniella* sem comprometimento da mesma, o critério para a escolha da melhor opção é a acessibilidade. As variedades BRS 327, BRS Guamirim e BRS 374 são obtidas junto à Embrapa Trigo (Passo Fundo, RS), enquanto a variedade Coodetec 150 é obtida junto à Cooperativa Agrícola de Capão Bonito (SP). Assim sendo, torna-se mais viável a utilização da variedade Coodetec 150 para a criação de *A. kuehniella* no município de Piracicaba (SP), cidade onde os experimentos foram realizados.

Em última análise, pode-se afirmar que a variedade do trigo utilizado como componente na dieta artificial para *A. kuehniella* não é de suma importância quando se trata de uma criação massal, podendo o trigo ser, então, de qualquer variedade para este fim, dentre as 4 mencionadas.

4.2. Efeito de dietas artificiais contendo trigo integral, milho e levedura em diferentes proporções no desenvolvimento de *A. kuehniella*

O período ovo-adulto não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos testados. Em relação à viabilidade total, a dieta composta por farinha de milho (100%) foi a única que diferiu estatisticamente daquela

composta por farinha de trigo (97%) e levedura (3%) (testemunha), apresentando menor eficiência (37,62% e 40,83%, respectivamente) (Tabela 5). A razão sexual também não foi alterada nas diferentes dietas (Tabela 5).

Tabela 5. Período ovo-adulto (dias), viabilidade total (%) ($X \pm E.P.$) e razão sexual de *Anagasta kuehniella* criada em dietas artificiais contendo farinha de trigo integral e de milho amarelo e levedura em diferentes proporções (Temp.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Tratamento	Período ovo-adulto (dias)	Viabilidade total (%)	Razão Sexual
FT 97% + L 3%*	$55,17 \pm 1,71$ a	$40,83 \pm 0,51$ a	0,51 a
FT 92% + L 8%	$54,47 \pm 0,21$ a	$43,03 \pm 0,42$ a	0,49 a
FT 95% + L 5%	$53,79 \pm 1,28$ a	$42,82 \pm 0,73$ a	0,50 a
FT 50% + FM 50%	$53,53 \pm 1,43$ a	$38,42 \pm 0,79$ ab	0,50 a
FT 100%	$55,37 \pm 1,03$ a	$42,25 \pm 1,19$ a	0,51 a
FM 100%	$56,56 \pm 0,92$ a	$37,62 \pm 2,29$ b	0,48 a

Legenda: FT: Farinha de Trigo; L: Levedura; FM: Farinha de Milho

* Testemunha

** Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. $P < 0,05$

A viabilidade de ovos colocados por *A. kuehniella* provenientes das diferentes dietas apresentaram iguais valores, mostrando que as diferentes dietas testadas não exerceram efeito sobre esse parâmetro (Tabela 6).

Tabela 6. Viabilidade (%) ($\pm E.P.$) dos ovos colocados por fêmeas de *Anagasta kuehniella* criada em dietas artificiais contendo farinha de trigo integral e de milho amarelo e levedura em diferentes proporções (Temp.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Tratamento	Viabilidade dos ovos (%)
FT 97% + L 3%	$94 \pm 0,91$ a
FT 92% + L 8%	$92,5 \pm 0,5$ a
FT 95% + L 5%	$92,25 \pm 0,85$ a
FT 50% + FM 50%	$93,25 \pm 0,85$ a
FT 100%	$93,75 \pm 0,49$ a
FM 100%	$89 \pm 0,91$ a

Legenda: FT: Farinha de Trigo; L: Levedura; FM: Farinha de Milho.

*Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. $P < 0,001$.

Fêmeas criadas nas dietas compostas por farinha de trigo integral (97%) + levedura (3%) (testemunha), farinha de trigo integral (50%) + farinha de milho (50%) e farinha de trigo integral (100%) colocaram mais ovos durante a vida em relação àquelas criadas nas dietas compostas por farinha de trigo (95%) e levedura (5%), e farinha de milho (100%) (416, 396, 363, 302 e 290 ovos, respectivamente) (Tabela 7).

Tabela 7. Ritmo diário de postura ($\pm$ E.P.) e total de ovos colocados por *Anagasta kuehniella* criada em dietas artificiais contendo farinha de trigo integral e de milho amarelo e levedura em diferentes proporções (Temp.: $23 \pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Dias	Número de ovos colocados por fêmea, por dia					
	FT 97% + L 3%	FT 92% + L 8%	FT 95% + L 5%	FT 50% + FM 50%	FT 100%	FM 100%
1	97,51 $\pm$ 13,16	92,96 $\pm$ 12,86	105,06 $\pm$ 5,78	103,84 $\pm$ 7	118,45 $\pm$ 27,44	70,21 $\pm$ 9,6
2	95,72 $\pm$ 5,24	64,73 $\pm$ 4,78	71,77 $\pm$ 1,7	85,18 $\pm$ 6,15	81,53 $\pm$ 9,48	61,34 $\pm$ 5,08
3	77,94 $\pm$ 3,91	40,89 $\pm$ 2,07	45,82 $\pm$ 1,71	75,17 $\pm$ 7,15	59,50 $\pm$ 5,64	47,92 $\pm$ 2,48
4	52,90 $\pm$ 3,57	34,24 $\pm$ 3,63	33,74 $\pm$ 3,43	54,57 $\pm$ 5,49	46,07 $\pm$ 4,39	32,90 $\pm$ 1,44
5	39,72 $\pm$ 2,71	22,06 $\pm$ 2,47	20,89 $\pm$ 2,46	32,27 $\pm$ 1,86	37,15 $\pm$ 6,34	26,41 $\pm$ 2,27
6	24,37 $\pm$ 1,6	14,82 $\pm$ 0,65	13,32 $\pm$ 2,01	19,22 $\pm$ 0,99	18,56 $\pm$ 2,18	19,21 $\pm$ 1,82
7	16,54 $\pm$ 1,64	8,30 $\pm$ 1,24	6,92 $\pm$ 1	11,96 $\pm$ 0,68	10,66 $\pm$ 1,62	14,55 $\pm$ 1,47
8	6,53 $\pm$ 0,73	6,68 $\pm$ 2,46	2,93 $\pm$ 0,52	6,95 $\pm$ 0,4	5,39 $\pm$ 0,78	9,02 $\pm$ 1,17
9	3,40 $\pm$ 0,61	5,17 $\pm$ 1,77	0,70 $\pm$ 0,05	2,39 $\pm$ 0,25	1,96 $\pm$ 0,52	5,00 $\pm$ 0,72
10	1,02 $\pm$ 0,17	0,88 $\pm$ 0,21	0,32 $\pm$ 0,04	0,61 $\pm$ 0,08	0,43 $\pm$ 0,09	2,14 $\pm$ 0,3
11	0,32 $\pm$ 0,07	0,23 $\pm$ 0,17	0,04 $\pm$ 0,03	0,17 $\pm$ 0,12	0,11 $\pm$ 0,04	0,85 $\pm$ 0,32
TOTAL*	415,96 $\pm$ 6,84 a	303,39 $\pm$ 11,5 ab	301,51 $\pm$ 1,67 b	396,41 $\pm$ 5,6 a	363,12 $\pm$ 11,5 a	289,70 $\pm$ 5,93 b

Legenda: FT: Farinha de Trigo; L: Levedura; FM: Farinha de Milho

*Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey. $P < 0,001$.

O ritmo de postura de *A. kuebniella* mostra que a maior quantidade de ovos é colocada entre o primeiro e terceiro dias de vida, independente da dieta artificial onde a espécie é criada (Figura 2).

Figura 3. Ritmo diário de postura de *Anagasta kuebniella* (Zeller, 1879) criada em dietas artificiais contendo trigo integral, milho amarelo e levedura em diferentes proporções (Temp.: $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR: $50\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

***Testemunha**

Legenda: FT: Farinha de Trigo; L: Levedura; FM: Farinha de Milho

Fêmeas criadas em dietas compostas por farinha de trigo (92%) e levedura (8%), e farinha de trigo (95%) e levedura (5%) apresentaram menor longevidade do que aquelas criadas na dieta testemunha e aquela composta por farinha de milho (100%) (9,26, 9,22, 9,81 e 10,5 dias de longevidade, respectivamente) (Tabela 8). Além disso, a testemunha também promoveu maior peso de fêmeas (20,41 mg), junto com as dietas compostas por farinha de trigo (100%) (18,77 mg), e por farinha de trigo (92%) e levedura (8%) (18,71 mg). Pode-se afirmar, então, que a dieta composta por farinha de trigo (97%) e levedura (3%) proporciona, para fêmeas de *A. kuebniella*, além de maior longevidade, maior peso e maior capacidade de postura. Já em relação à longevidade dos machos, não houve diferença estatística entre nenhum dos tratamentos testados (Tabela 8). Assim sendo, a concentração de levedura não deve ser superior a 3% para um bom desenvolvimento de *A. kuebniella*.

Tabela 8. Longevidade ($\pm$ E.P.) (dias) e peso médio ($\pm$ E.P.) (mg) de machos e fêmeas de *Anagasta kuehniella* criada em dietas artificiais contendo farinha de trigo integral e de milho amarelo e levedura em diferentes proporções (Temp.: $23\pm 2^\circ\text{C}$, UR: $50\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Tratamento	Longevidade (dias)		Peso médio (mg)	
	Machos **	Fêmeas *	Machos **	Fêmeas **
FT 97% + L 3%	15,78 $\pm$ 0,35 a	9,81 $\pm$ 0,1 a	14,09 $\pm$ 0,18 a	20,41 $\pm$ 0,11 a
FT 92% + L 8%	12,79 $\pm$ 1,37 a	9,26 $\pm$ 0,38 b	13,85 $\pm$ 0,19 a	18,71 $\pm$ 0,14 abc
FT 95% + L 5%	13,44 $\pm$ 0,19 a	9,22 $\pm$ 0,08 b	12,86 $\pm$ 0,3ab	18,1 $\pm$ 0,16 c
FT 50% + FM 50%	16,14 $\pm$ 0,1 a	9,55 $\pm$ 0,07 ab	12,1 $\pm$ 0,19ab	17,75 $\pm$ 0,12 bc
FT 100%	14,38 $\pm$ 0,69 a	9,35 $\pm$ 0,18 ab	13,83 $\pm$ 0,12 a	18,77 $\pm$ 0,3 ab
FM 100%	14,16 $\pm$ 0,21 a	10,5 $\pm$ 0,13 a	11,29 $\pm$ 0,1 b	14,36 $\pm$ 0,25 d

*Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. $P < 0,05$.

**Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. $P < 0,001$.

Diversos trabalhos encontrados na literatura mostram que dietas artificiais com farinha de milho amarelo na sua composição podem apresentar bons índices de desenvolvimento para *A. kuehniella*, como é o caso do trabalho de Magrini et al (1995), em que os autores concluíram que o milho amarelo poderia substituir o milho branco (similar à farinha de trigo integral). No trabalho de Lima Filho et al. (2001), os autores chegaram a uma conclusão semelhante, sendo que a dieta testada por eles difere daquelas testadas no presente trabalho por possuir na sua composição farinha de trigo, farinha de milho e levedura, combinação que não foi testada no presente trabalho. No presente trabalho, os resultados obtidos mostraram que a farinha de milho amarelo não é uma boa opção para a substituição da farinha de trigo, contradizendo a literatura. As razões para essa contradição podem estar relacionadas a diversos fatores, como metodologia adotada para realização dos experimentos, condições ambientais, variedade do milho estudado e linhagem de *A. kuehniella*.

De acordo com o dendrograma da análise de agrupamento realizada, que considerou os seis parâmetros avaliados na segunda fase da dissertação como um todo, pode-se identificar, a uma distância euclidiana entre 40 e 60, a formação de dois grupos, sendo o primeiro constituído pelas três “melhores” dietas artificiais, e o segundo pelas três “piores” dietas artificiais para *A. kuehniella* (Figura 4).

Figura 4. Diagrama da análise de Cluster indicando as similaridades entre as dietas artificiais contendo farinha de trigo integral, farinha de trigo amarelo e levedura, em diferentes proporções, para *A. kuehniella*.

No grupo das melhores dietas artificiais para *A. kuehniella*, encontram-se a testemunha (97% de farinha de trigo integral + 3% de levedura), farinha de trigo integral (50%) + farinha de milho amarelo (50%) e farinha de trigo integral (100%). Levando-se em consideração esse resultado, qualquer uma dessas três dietas pode ser utilizada para a criação de *A. kuehniella* sem que a mesma tenha sua performance geral comprometida. Da mesma forma, as dietas artificiais compostas por farinha de trigo integral (92%) + levedura (8%), farinha de trigo integral (95%) + levedura (5%) e farinha de milho (100%) foram classificadas no grupo das piores dietas para *A. kuehniella*, comprometendo a performance da criação.

Um dos critérios para a escolha da dieta artificial a ser usada em uma criação massal de *A. kuehniella* é o custo da mesma, principalmente para grandes criações (biofábricas), que produzirão a mesma quantidade de ovos com menor investimento. Utilizando esse critério, é mostrada na Tabela 9 a média dos preços dos componentes de cada uma das melhores dietas artificiais (classificadas pela análise de agrupamento, conforme a Figura 4), cotados em três diferentes comerciais cerealistas localizados no estado de São Paulo, no mês de Janeiro de 2017.

Tabela 9. Preços (R\$/Kg) dos componentes das dietas artificiais para *Anagasta kuehniella*, cotados em três diferentes comerciais cerealistas no estado de São Paulo, em Janeiro de 2017.

Comercial cerealista	Preço de cada componente (R\$/Kg)		
	Farinha de trigo integral	Levedura de cerveja	Farinha de milho amarelo
A	3,00	11,60	3,25
B	4,50	20,00	6,00
C	4,29	11,98	5,50
Preço médio (R\$/Kg)	3,93	14,53	4,92

Considerando-se os preços médios dos componentes, pode-se estimar que o custo para cada quilo de dieta artificial é de:

- Testemunha (97% de farinha de trigo integral + 3% de levedura): R\$4,25;
- Farinha de trigo integral (50%) + farinha de milho amarelo (50%): R\$4,42;
- Farinha de trigo integral (100%): R\$3,93.

Os dados mostram que, entre as três melhores dietas artificiais testadas na segunda fase da dissertação (de acordo com a análise de agrupamento), aquela composta por 100% de farinha de trigo integral proporciona menor custo para a produção de ovos de *A. kuehniella*, podendo então ser utilizada para substituir a dieta testemunha, que contém 3% de levedura na sua composição.

Para que sejam melhor compreendidas as diferenças nos parâmetros biológicos de *A. kuehniella* promovidas pelas diferentes dietas artificiais estudadas, sugere-se que sejam feitas análises do conteúdo nutricional dos ovos produzidos pelos indivíduos criados sobre elas e seu efeito sobre o parasitóide *Trichogramma* spp., por exemplo, ou sobre outros parasitóides e predadores. Além disso, sugere-se também que os efeitos das diferentes dietas artificiais sobre os parâmetros biológicos de *A. kuehniella* sejam avaliados ao longo das gerações.

5. CONCLUSÕES

- A produção de ovos da traça *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) independe da variedade de trigo utilizada na sua dieta artificial;
- As melhores dietas artificiais para a criação massal de *A. kuehniella* são aquelas compostas por 97% de farinha de trigo integral e 3% de levedura de cerveja (1); 50% de farinha de trigo integral e 50% de farinha de milho amarelo (2) e 100% de farinha de trigo integral (3), com base nos parâmetros biológicos avaliados;
- Com relação ao custo-benefício, a dieta artificial de menor custo e que proporciona melhor desenvolvimento para *A. kuehniella* é aquela composta por 100% de farinha de trigo integral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, C.H. Effects of temperature and humidity on development of four pyralid moth pests of stored products. **Journal of Stored Products Research**, v. 11, p. 167-175, 1975.
- BERNAL, J.; LUCK, R.F.; MORSE, J.G. Host Influences on Sex Ratio, Longevity, and Egg Load of Two *Metaphycus* Species Parasitic on Soft Scales: Implications for Insectary Rearing. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 92, p. 191-204, 1999.
- BIGLER, F. Quality Control in *Trichogramma* Population. In: WAJNBERG, E. & HASSAN, S.A. (Eds.) **Biological Control with Egg Parasitoids**. Biddles: Guildford & King's Lynn, p. 93-112, 1994.
- BRINDLEY, T.A. The growth and development of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera) and *Tribolium confusum* (Coleoptera) under controlled conditions of temperature and relative humidity. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 23, p. 741-757, 1930.
- BROWER, J.H. Eggs of stored-product lepidoptera as hosts for *Trichogramma evanescens* (Hym.:Trichogrammatidae). **BioControl**, v. 28, n. 4, p. 355-361, 1983.
- BUENO, V.H.P. (Ed.) **Controle Biológico de Pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2 ed., Lavras: Ufla, 430 p., 2009.
- CERUTTI, F.; BIGLER, F.; EDEN, G.; BOSSHART, S. Optimal larval density and quality control aspects in mass rearing of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zell. (Lep.,Phycitidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 114, p. 353-361, 1992.
- CHAMBERS, D.L. Quality Control in Mass Rearing. **Annual Review of Entomology**, v. 22, p. 289-308, 1977.
- COELHO JR., A.; PARRA, J.R.P. The Effect of Rearing in Different Temperature Regimes on the Reproduction of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Environmental Entomology**, v. 2, n. 4, p. 799-804, 2013b.
- COELHO JR., A.; PARRA, J.R.P. Effect of carbon dioxide (CO₂) on mortality and reproduction of *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879), in mass rearing, aiming at the production of *Trichogramma* spp. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, p. 823-831, 2013a.
- COHEN, A.C. **Insect diets: Science and Technology**. CRC Press, 324 p. 2004.
- COHEN, A.C. **Insect diets: Science and Technology**. CRC Press, 439 p. 2015.

- CRUZ, I. Controle Biológico em Manejo Integrado de Pragas. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J.M.S. (Eds.) **Controle Biológico no Brasil : Parasitoides e Predadores**, São Paulo: Manole, p. 543-579, 2002.
- CYMBOROWSKI, B.; GIEBULTOWICZ, J.M. Effects of photoperiod on development and fecundity in flour moth *Ephestia kuehniella*. **Journal of Insect Physiology**, v. 22, p. 1213-1217, 1976.
- DAUMAL, J.; BOINEL, H. Variability in fecundity and plasticity of oviposition behavior in *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 87, p. 250-256, 1994.
- FINNEY, G.L.; FISHER, T.W. Culture of Entomophagous Insects and their Host. In: DeBACH, P. & SCHLINGER, E.I. (Eds.) **Biological Control of Insect Pests and Weeds**, London: Chapman & Hall, p. 328-355, 1964.
- FRAENKEL, G., BLEWETT, M. The basic food requirements of several insects. **Journal of Experimental Biology**, v. 20, p. 28-34, 1943.
- GANDOLFI, M.; MATTIACCI, L.; DORN, S. Mechanisms of Behavioral Alterations of Parasitoids Reared in Artificial Systems. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n. 8, p. 1871-1887, 2003.
- HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P.; HEIBERGER, R.M.; SCHUETZENMEISTER, A.; SCHEIBE, S. Simultaneous Inference in General Parametric Models. **R Package version 1.4-6**. <http://multcomp.R-forge.R-project.org>.
- JACOB, T.A.; COX, P.D. The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 13, p. 107-118, 1977.
- LIMA FILHO, M.; FAVERO, S.; LIMA, J.O.G. Produção de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) com a utilização de fubá de milho na dieta artificial. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 37-42, 2001.
- LIU, F.; SMITH, S.M. Measurement and Selection of Parasitoid Quality for Mass-Reared *Trichogramma minutum* Riley Used in Inundative Release. **Biocontrol Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 3-13, 2000.
- MAGRINI, E.A.; PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L.; BOTELHO, P.S.M. Comparação de dietas artificiais e tipos de milho, para criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae). **Scientia Agricola**, v. 52, n. 1, 1995.
- MAGRINI, E.A.; BOTELHO, P.S.M.; PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L. Comparação de dietas artificiais para criação massal de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.22, n. 2, 1993.

- MORAL, R.A.; HINDE, J.; DEMETRIO, C.G.B. hnp: Half-Normal Plots with Simulation Envelopes. **R package version 1.2-1**. <https://CRAN.R-project.org/package=hnp>, 2016.
- NASREEN, A.; GILLESPIE, D.R.; MUSTAFA, G. Graphical Marginal Analysis of the Economics of Natural Enemy Production: An Example Using a Pilot Mass Rearing System for Green Lacewing. **Biological Control**, v. 57, p. 44-49, 2011.
- NAWROT, J., WARCHALEWSKI, J.R., STASINSKA, B., NOWAKOWSKA, K. The effect of grain albumins, globulins and gliadins on larval development and longevity and fecundity of some stored product pests. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 37, p. 187-192, 1985.
- PARRA, J.R.P. Criação Massal de Inimigos Naturais. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J.M.S. Eds. **Controle Biológico no Brasil : Parasitoides e Predadores**. São Paulo: Manole, p. 143-163, 2002.
- PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle Biológico: Terminologia. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J.M.S. (Eds.) **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores**. São Paulo: Manole, p. 1-16, 2002.
- PARRA, J.R.P.; COELHO JR, A.; GEREMIAS, L.D.; BERTIN, A.; RAMOS, C.J. **Criação de *Anagasta kuehniella*, em pequena escala, para produção de *Trichogramma***, Piracicaba: Occasio, 32 p., 2014.
- PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; BIRAL, E.; GOUVEIA, P.R.C. Número ideal de ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) por caixa de criação para pesquisas com *Trichogramma* spp. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 18, p. 391-402, 1989a.
- PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; SERRA, H.J.P., SALES JR, O. Metodologia de criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 18, n. 2, p. 403-415, 1989b.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2016.
- REES, D. Insects of Stored Grain: A Pocket Reference. 2nd Ed. **CSIRO Publishing**, Collingwood. 77 p. 2007.
- REIS, J.; OLIVEIRA, L.; GARCIA, P. Effects of the Larval Diet of *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) on the Performance of the Parasitoid *Glyptapanteles militaris* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology**, v. 32, n. 1, p. 180-186, 2003.

- RODRIGUES FILHO, I.L.; PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L.; STEIN, C.S. Comparação de dietas úmida e seca para criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.20, n. 2, 1991.
- SMITH, S.M. Biological Control With *Trichogramma*: Advances, Successes, and Potential of Their Use. **Annual Review of Entomology**, v. 41, p. 375-406, 1996.
- SOLIS, D.R.; HABIB, M.E.E.D.M.; FERNANDES, E.S.A.; HEBLING, M.J.A.; SILVA, T.F. Estudo comparativo do desenvolvimento de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) em três dietas artificiais. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 8, n. 1, p. 17-21, 2006.
- SORENSEN, J.G.; ADDISON, M.F.; TERBLANCHE, J.S. Mass-Rearing of Insects for Pest Management: Challenges, Synergies and Advances from Evolutionary Physiology. **Crop Protection**, v. 38, p. 87-94, 2012.
- STEIN, C.P., PARRA, J.R.P. Aspectos biológicos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) criada em 2 substratos alimentares. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 16, p. 173–185, 1987.
- van LENTEREN, J.C. Quality control of natural enemies: hope or illusion. In: BIGLER, F. (ed.) **Proceedings of the 5th Workshop of the Global IOBC Working Group Quality Control of Mass Reared Organisms**, Wageningen, The Netherlands, p. 1-14, 1991.