



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – AGRICULTURA TROPICAL**

**JOSÉ EDMIR GIRÃO FILHO**

**EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E TABELAS DE ESPERANÇA DE**  
**VIDA E FERTILIDADE DO PULGÃO PRETO DO CAUPI**

**TERESINA – PIAUÍ**

**2018**

**JOSÉ EDMIR GIRÃO FILHO**

**EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E TABELAS DE ESPERANÇA DE VIDA E  
FERTILIDADE DO PULGÃO PRETO DO CAUPI**

Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

**Orientador**

Prof. Dr. Luiz Evaldo de Moura Pádua

**TERESINA – PIAUÍ**

**2018**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias  
Serviço de Processamento Técnico

**G515e** Girão Filho, José Edmir

Exigências técnicas e tabelas de esperança de vida e fertilidade do pulgão preto do caupi / José Edmir Girão Filho - 2018.  
88 f.: il.

Tese ( Doutorado em Agronomia ) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação, Teresina, 2018.  
Orientação: Prof .Dr. Luiz Evaldo de Moura Pádua

1. Ecologia de pulgão 2. Temperatura base 3. Constante térmica I. Título

**CDD 632.752**

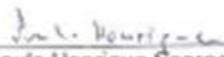
JOSÉ EDMIR GIRÃO FILHO

EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E TABELAS DE ESPERANÇA DE VIDA E  
FERTILIDADE DO PULGÃO PRETO DO CAUPI

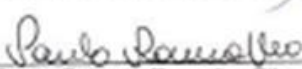
Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

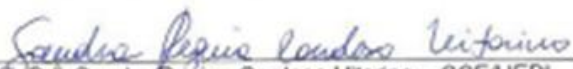
APROVADA em 28 de fevereiro de 2018.

Comissão Julgadora:

  
Dr. Paulo Henrique Soares da Silva – Embrapa Meio-Norte

  
Prof. Dr. Jean Kelson da Silva Páz – UESPI

  
Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva – CCA/UFPI

  
Prof. Dr. Sandra Regina Cardoso Vitorino – CCE/UFPI

  
Prof. Dr. Luiz Evaldo de Moura Pádua – CCA/UFPI  
(Orientador)

TERESINA-PI

2018

Aos meus pais, José Girão e Gorete Meneses por me apoiarem nos estudos. À minha esposa, Mariella Girão e aos meus filhos, Pedro Hermano e Dalila Dália Girão.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela sabedoria e paciência;

Ao Prof. Dr. Luiz Evaldo de Moura Pádua, pela amizade, dedicação, paciência e contribuição;

Aos Profs. Francisco Alcântara, Evando Aguiar e Poliana Mota pela disponibilidade e prontidão em ajudar;

Ao Prof. Dr. Paulo Ramalho, pela confiança e oportunidades dadas a mim;

Ao amigo Gilson Portela, pelo companheirismo e amizade;

À todos os professores do programa de Pós-graduação em Agronomia - Agricultura tropical da UFPI que contribuíram para minha formação;

Aos colegas do Curso de Doutorado, pela convivência;

À Dra. Regina Célia Zonta de Carvalho, pela identificação do pulgão preto;

À CAPES pela concessão da bolsa de doutorado;

À Universidade Federal do Piauí (UFPI) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, pela formação obtida;

À minha família, pelo amor, carinho e apoio.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                    |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| RESUMO .....                                                                                                                       | 9     |
| ABSTRACT .....                                                                                                                     | 10    |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL.....                                                                                                            | 11    |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                                                                                      | 14    |
| 2.1 Tabelas de vida .....                                                                                                          | 14    |
| 2.2 Exigências térmicas.....                                                                                                       | 17    |
| REFERÊNCIAS .....                                                                                                                  | 20    |
| CAPÍTULO 1.....                                                                                                                    | xxii  |
| EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E TABELAS DE ESPERANÇA DE VIDA E FERTILIDADE DO PULGÃO PRETO EM FEIJÃO-CAUPI SOB CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO..... | xxii  |
| RESUMO .....                                                                                                                       | xxii  |
| ABSTRACT .....                                                                                                                     | xxiii |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                                                                             | xxiv  |
| LISTA DE TABELAS.....                                                                                                              | xxv   |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                 | 26    |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS .....                                                                                                         | 28    |
| 2.1 Coleta, criação e identificação do pulgão.....                                                                                 | 28    |
| 2.2 Exigências térmicas e tabelas de esperança de vida e fertilidade de <i>Aphis craccivora</i> em plantas de feijão-caupi .....   | 29    |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                     | 31    |
| 3.1 Estádios ninfais, período ninfal, longevidade e ciclo biológico .....                                                          | 31    |
| 3.2 Período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo e fertilidade.....                                                       | 33    |
| 3.3 Exigências térmicas.....                                                                                                       | 35    |
| 3.4 Parâmetros demográficos da tabela de vida e fertilidade .....                                                                  | 37    |
| 4 CONCLUSÕES .....                                                                                                                 | 43    |
| REFERÊNCIAS .....                                                                                                                  | 44    |
| APÊNDICES .....                                                                                                                    | 48    |
| CAPÍTULO 2.....                                                                                                                    | lii   |
| EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E TABELAS DE VIDA E FERTILIDADE DO PULGÃO PRETO EM FEIJÃO-CAUPI SOB CONDIÇÕES “NATURAIS” .....                 | lii   |
| RESUMO .....                                                                                                                       | lii   |
| ABSTRACT .....                                                                                                                     | liv   |
| LISTA DE IMAGENS .....                                                                                                             | lv    |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                                                                             | lvi   |
| LISTA DE TABELAS.....                                                                                                              | lvii  |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                 | 58    |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS .....                                                                                                         | 63    |
| 2.1 Aquisição e criação de <i>Aphis craccivora</i> (Koch.).....                                                                    | 63    |
| 2.2 Montagem dos bioensaios, condições de cultivo e tratamentos culturais .....                                                    | 64    |
| 2.3 Exigências térmicas.....                                                                                                       | 66    |

|     |                                                                                              |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4 | Tabelas de esperança de vida de fertilidade .....                                            | 66 |
| 3   | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                 | 68 |
| 3.1 | Aspectos biológico de <i>Aphis craccivora</i> em feijão-caupi sob condições “naturais” ..... | 68 |
| 3.2 | Parâmetros demográficos da tabela de vida de fertilidade .....                               | 72 |
| 3.3 | Curvas de sobrevivência e esperança de vida .....                                            | 75 |
| 3.4 | Exigências térmicas e previsão de adultos .....                                              | 79 |
| 4   | CONCLUSÕES .....                                                                             | 81 |
|     | REFERÊNCIAS .....                                                                            | 82 |
|     | APÊNDICES .....                                                                              | 85 |

## RESUMO

O feijão-caupi é uma cultura de importância socioeconômica para o Brasil, sobretudo para a região Norte e Nordeste. Por apresentar ciclo curto, rusticidade e adaptabilidade, vem se expandindo para outras regiões do país, onde está sendo cultivada em larga escala. Um dos principais insetos associados a esta cultura é o pulgão preto, *Aphis craccivora* Koch., que além de causar danos diretos, pela sucção da seiva elaborada, causa danos indiretos pela transmissão de vírus às plantas. Objetivou-se com esta pesquisa estudar a ecologia do pulgão preto do feijão-caupi por meio da elaboração de tabelas de esperança de vida e fertilidade, bem como conhecer suas exigências térmicas, visando a previsão de adultos no campo. Para tal, realizou-se experimentos em laboratório, em cinco temperaturas constantes e em condições “naturais”, durante os meses de novembro de 2016, março, abril e junho de 2017, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí. Nestes experimentos observaram-se os períodos ninfais, estágio ninfal, período pré-reprodutivo, período reprodutivo e pós-reprodutivo, longevidade de adultos e a fertilidade. Com base nos parâmetros observados elaborou-se as tabelas de esperança de vida e fertilidade bem como calculou-se as exigências térmicas deste inseto. Observou-se que em condições de temperaturas constantes o aumento da temperatura influenciou todos os estágios de desenvolvimento do inseto, bem como o período pré-reprodutivo, pós-reprodutivo e número total de ninfas por fêmea. A temperatura base de desenvolvimento foi de 9,13 °C e a constante térmica (K) de desenvolvimento, 99,0 GD (graus-dia). A maior taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ) foi a 25 °C. A 28 °C observou-se a maior capacidade de aumentar em número ( $r_m$ ), bem como a maior razão finita de aumento ( $\lambda$ ) e menor tempo para duplicar em número (TD). Pode-se considerar a faixa ótima de desenvolvimento de *A. craccivora* em feijão-caupi de 22 a 28 °C. Temperaturas abaixo de 18 e acima de 31°C prejudicam a fertilidade e sobrevivência do pulgão preto do caupi. Em condições não controladas, observou-se que a época do ano afetou significativamente o primeiro e o segundo estágio de desenvolvimento do pulgão preto do caupi, bem como o período ninfal, período reprodutivo, a longevidade, ciclo biológico, o número de ninfas produzidas por fêmea e a produção diária de ninfas por fêmea, bem como a esperança de vida ( $e_x$ ) e sobrevivência ( $L_x$ ). No entanto, para as tabelas de vida e fertilidade, só houve diferenças estatísticas para a taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ). O modelo Graus-dia proposto para a previsão de adultos obteve uma acurácia de um dia para mais ou para menos, com erro máximo de 12,9%. Concluiu-se que o modelo proposto é adequado para prever a ocorrência de adultos no campo e que os parâmetros populacionais de *A. craccivora* em feijão-caupi são afetados negativamente durante o mês de novembro e positivamente em junho.

**Palavras-chave:** Ecologia de pulgão, temperatura base, constante térmica

## ABSTRACT

Cowpea beans are a culture of socioeconomic importance for Brazil, especially for the North and Northeast. By presenting short cycle, rusticity and adaptability, it has been expanding to other regions of the country, where it is being grown on a large scale. One of the main insects associated with this crop is the cowpea aphid, *Aphis craccivora*, which not only causes direct damage, by the suction of the phloem sap, but also causes indirect damages, by means of virus transmission to the plants. The objective of this research was to study the ecology of the cowpea aphid on those crops by elaborating tables of life expectancy and fertility, as well as knowing their requirements to predict adults individuals in the field. For this purpose, laboratory experiments at five constant temperatures and in "natural" conditions were conducted during the months of november 2016, march, april and june 2017, at the Center for Agrarian Sciences of the Federal University of Piauí. In these experiments were observed the nymphal periods, nymphal stage, pre-reproductive period, reproductive and post-reproductive period, longevity of adults and fertility. Based on the observed parameters, the life expectancy and fertility, as well as the thermal thresholds of this insect were elaborated. It was observed that in constant temperatures, increasing the temperature would influenciate all stages of development of the insect, as well as the pre-reproductive, post-reproductive and total number of nymphs per female. The base temperature for development was 9.13 ° C and the thermal constant (K) of development, 99.0 GD (degree-day). The highest net reproduction rate ( $R_0$ ) was at 25 °C. At 28 °C, the greatest capacity to increase in number ( $r_m$ ) was observed, as well as the higher finite rate of increase ( $\lambda$ ) and shorter time to double in number (TD). One can consider the optimum range of *A. craccivora* in cowpea from 22 to 28 °C. Temperatures below 18 and above 31 °C impair the fertility and survival of the cowpea aphid. In non-controlled conditions, it was observed that the time of year significantly affected the first and second stages of development of the cowpea aphid, as well as the nymphal period, reproductive period, longevity, biological cycle, number of nymphs produced per female and daily production of nymphs per female, as well as life expectancy ( $e_x$ ) and survival ( $L_x$ ). However, for the fertility life tables, there were only statistical differences for the net reproduction rate ( $R_0$ ). The degrees-day model proposed for adult prediction obtained an accuracy of one day for more or for less, with a maximum error of 12.9%. It was concluded that the proposed model is adequate to predict the occurrence of adults in the field and that the population parameters of *A. craccivora* in cowpea are adversely affected during the month of november and positively affected in june.

**Key words:** Aphid ecology, base temperature, thermal constant

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., é amplamente cultivada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil que, tradicionalmente, é cultivada por agricultores familiares, em áreas pequenas, com baixa tecnologia e baixa produtividade. É uma excelente fonte de proteínas, tanto para alimentação humana como para animal, e participa diretamente da renda das famílias rurais destas regiões, movimentando, segundo a CONAB (2017), uma receita bruta estimada de 4,7 bilhões de reais na safra de 2016/2017.

Freire Filho et al. (2011) afirmam que as características intrínsecas do feijão-caupi, como a rusticidade, adaptabilidade às condições ambientais, bem como um programa de melhoramento forte, o qual desenvolveu variedades de porte ereto, possibilitaram que esta cultura fosse incorporada às grandes áreas dos cerrados, como safrinha ou cultura principal.

Segundo estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento do Brasil (CONAB), para a safra 2017/2018, o Brasil produzirá 660 mil toneladas de feijão-caupi, sendo que destas, o Estado do Mato Grosso contribuirá com 230,6 mil toneladas, correspondendo a 34,9% do total. O Ceará, maior produtor do Nordeste e segundo do Brasil, participará com 109,9 mil toneladas, 16% aproximadamente. Logo em seguida vem a Bahia, com 85,3 mil toneladas, 12,9% e o Piauí, com 53,8 mil toneladas, correspondendo a 8% da produção nacional (CONAB, 2017).

A mudança na forma de cultivo de uma cultura pode acarretar diversos problemas fitossanitários, já que, segundo Gallo et al. (2002) a disponibilidade de alimento é o principal regulador da abundância de uma espécie, bem como ecológicos, tendo em vista que a principal forma de controle de pragas e doenças ainda é feita com produtos químicos, muitas vezes sem o acompanhamento necessário.

Dentre os insetos que podem atacar o feijão-caupi, merece destaque o pulgão preto do caupi, *Aphis craccivora* Koch. Este inseto pertence à Ordem Hemiptera, Família Aphididae e provoca danos diretos e indiretos à cultura do feijão-caupi. Os danos diretos são ocasionados pela sucção da seiva elaborada e introdução de toxinas durante a sua alimentação, e os indiretos, ocasionados principalmente pela transmissão de vírus e devido ao seu excremento açucarado, *honeydew*, o qual

serve de substrato para alimentação de um fungo preto, causador da doença chamada de fumagina, prejudicando a fotossíntese e depreciando o produto *in natura* (BLACKMAN; EASTOP, 2000; OFUYA, 1997).

Os pulgões, de uma forma geral, possuem uma alta taxa líquida de reprodução, isto associado à grande disponibilidade de alimento e às condições ambientais favoráveis, o crescimento populacional pode ser muito rápido, podendo causar prejuízos em pouco tempo. *Aphis craccivora* sob condições ideais pode iniciar a reprodução a partir do terceiro dia após o nascimento, produzindo cerca de cinco ninfas por fêmea por dia (VALENTE et al., 2014).

A biologia dos pulgões sofre influencia direta de vários fatores, principalmente do hospedeiro e da temperatura. O hospedeiro pode aumentar ou diminuir a velocidade de desenvolvimento dos pulgões, interferir na mortalidade e fecundidade dos mesmos, aumentar ou diminuir o peso ao nascer (LAZZARI; CARVALHO, 2013) assim como interferir na resistência ao estresse térmico (ZHAOZHI et al., 2016). Já a temperatura influencia diretamente seu desenvolvimento e indiretamente o comportamento e sua alimentação (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Sendo assim, é importante o conhecimento sobre a ecologia dos insetos em diferentes ambientes e situações, buscando reunir o maior número de informações possíveis para um manejo ecológico de insetos.

Nesta pesquisa objetivou-se estudar a biologia do pulgão preto do feijão-caupi em condições de temperaturas constantes, em laboratório e em condições não controladas, visando a elaboração das tabelas de esperança de vida e fertilidade, bem como determinar as exigências térmicas deste inseto, objetivando a previsão de formas adultas no campo, por meio de um modelo matemático baseado nos Graus-dia.

Para tanto, realizou-se experimentos em laboratório e em campo. Em laboratório, utilizaram-se câmaras climatizadas (BOD's), nas quais foram mantidos pulgões da espécie *A. craccivora* em cinco temperaturas constantes, alimentados com discos foliares de feijão-caupi em placas de Petri. Em campo, realizou-se quatro ensaios; o primeiro em novembro de 2017 e os outros em março, abril e junho de 2018. Nestas ocasiões os insetos foram confinados em gaiolas nas próprias plantas, mantidas em vasos e protegidas das chuvas. Ambos os experimentos foram realizados no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí.

Duas principais hipóteses basearam esta pesquisa; a primeira foi que seria possível formular um modelo matemático para previsão de picos populacionais de adultos no campo, utilizando o modelo Graus-dia e, a segunda baseou-se na hipótese que em determinada época do ano, onde as temperaturas podem ultrapassar 40°C, os pulgões não conseguiriam formar grandes populações e seriam afetados negativamente pelo estresse térmico.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Tabelas de vida

As tabelas de vida são ferramentas importantes para o conhecimento da ecologia de populações, sejam de animais ou vegetais. Por meio delas pode-se descrever o estado atual de uma determinada população, bem como prevê o futuro da mesma.

Segundo Silveira Neto et al. (1976) as tabelas de vida reúnem dados de uma população em relação às taxas de mortalidade, fertilidade, sobrevivência e esperança de vida da espécie e podem ser de dois tipos: tabela de vida de idade específica ou de tempo específico. As tabelas de vida de idade específica ou horizontal são usadas em casos onde se fixa a idade e acompanha-se dentro de uma ou mais gerações o número de indivíduos. Estas podem ser subdivididas em: tabelas de vida simples ou biológicas e tabelas de vida ecológicas. As tabelas de vida biológica são feitas em condições de laboratório e subdividem-se em: tabela de vida de fertilidade e tabela de esperança de vida; esta para observar a esperança de vida dos indivíduos e aquela para observação da fertilidade da espécie. Já as tabelas de vida de tempo específico ou vertical, são elaboradas fixando-se o tempo e fazendo-se amostragem da população estratificando todos os estádios de desenvolvimento da espécie naquele tempo, assim tem-se uma ideia do estágio de desenvolvimento predominante em determinado período. Estas tabelas devem ser adotadas como complemento às tabelas de vida horizontal.

Silveira Neto et al. (1976), consideram as seguintes colunas para a construção de uma tabela de vida de fertilidade: “ $x$ ”, representa o intervalo médio de idade no qual foi realizada a amostragem (tempo); “ $m_x$ ”, representa a fertilidade específica, descendentes fêmeas produzidos no intervalo “ $x$ ”; “ $l_x$ ”, probabilidade ou taxa de sobrevivência durante o estágio “ $x$ ”. Estes são os dados principais coletados. A próxima coluna é dada pelo produto “ $m_x.l_x$ ” que expressa o potencial de crescimento da população em um determinado tempo, no qual o somatório desse produto é a taxa líquida de reprodução da espécie “ $R_0$ ”, que representa quanto uma população aumenta em cada geração. A quinta coluna é dada pelo produto “ $m_x.l_x.x$ ”, no qual seu somatório dividido pelo  $R_0$  resulta no tempo entre gerações “ $T$ ”, tempo

do nascimento dos pais ao nascimento dos filhos. Por último, calcula-se “ $r_m$ ” que é a capacidade inata de uma espécie aumentar em número, calculada por meio da fórmula:  $rm = \frac{\log Ro}{T*0,4343}$ . Este parâmetro populacional é definido como a máxima razão de aumento obtido por uma população de distribuição de idade fixa, em qualquer combinação dos fatores físicos do tempo, em condições ótimas de espaço, alimentação, influência intraespecífica, excluindo a interespecífica. Podem-se calcular também a razão finita de aumento ( $\lambda$ ), que representa a quantidade de indivíduos adicionados à população por fêmea por idade específica pela fórmula;  $\lambda = \text{anti.log}(rm \times 0,4343)$  ou  $\lambda = e^{rm}$  e o tempo de duplicação da população (TD);  $TD = \ln 2 / rm$ .

Para construção da tabela de esperança de vida, Silveira Neto et al., (1976), consideram as seguintes colunas: “ $x$ ”, intervalo de idade; “ $L_x$ ”, número de indivíduos vivos na idade “ $x$ ”; “ $d_x$ ” número de indivíduos mortos no intervalo “ $x$ ”; “ $E_x$ ”, estrutura etária (número de insetos vivos entre um dia e outro) dado pela fórmula:  $E_x = \frac{L_x + L_{x+1}}{2}$  “ $T_x$ ”, é o número total de insetos de idade “ $x$ ” além da idade “ $x$ ” (na prática é somatório de “ $E_x$ ” de baixo para cima), “ $e_x$ ”; é a esperança de vida do indivíduo de idade “ $x$ ”, que corresponde a razão entre “ $T_x$ ” e “ $L_x$ ” e por último tem-se a coluna de risco  $100q_x$  que representa a razão de mortalidade por intervalo de idade:  $100q_x = \frac{dx}{L_x}$  (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Com estes resultados podem-se obter as curvas de sobrevivência, as quais demonstram os padrões de sobrevivência de uma determinada população. Segundo Townsend et al. (2006) as curvas de sobrevivência podem ser de três tipos básicos: tipo I, a mortalidade está concentrada em idades mais avançadas; tipo II, a mortalidade apresenta-se constante em qualquer idade e tipo III, na qual a mortalidade é mais acentuada nas fases iniciais da vida. Estes gráficos possuem importância ecológica, pois é possível prever influências ambientais nos padrões de sobrevivência de uma determinada espécie, auxiliando tanto na preservação quanto no controle de uma população.

Comumente as tabelas de esperança de vida e fertilidade têm sido utilizadas para seleção de genótipos resistentes a insetos (HAFIZ, 2006; MACHACHA et al., 2012), avaliação da resistência dos insetos ao estresse térmico (CHEN et al., 2013; ZHAOZHI et al., 2016), conhecimento da dinâmica populacional (BARBOSA et al.,

2011) e avaliação de insetos hospedeiro para parasitismo (RODRIGUES et al., 2003)

Hafiz (2006) estudou os efeitos de sete cultivares de caupi nos períodos de desenvolvimento e nos parâmetros das tabelas de vida do pulgão preto do caupi em laboratório e observou que o período de duração dos estádios ninfal variou de 7,22 dias na cultivar *Six-weeks* a 8,19 dias na *B-Crowder*. A taxa intrínseca de aumento natural ( $r_m$ ) para *A. craccivora* na cultivar de caupi IT82 D889 foi o mais alto, sendo a variação deste parâmetro de 0,271 em IT82 D889 a 0,190 em *Balady*. A média do tempo de duplicação (TD) da população nessas cultivares variou de 2,68 a 3,65 dias a 25 °C. A taxa reprodutiva ( $R_0$ ) variou de 28,42 indivíduos em IT82 D889 para 15,23 indivíduos na cultivar *Tvu-21*. Hafiz (2006) concluiu que IT82 D889 favorece a população de *A. craccivora* enquanto a cultivar *B-Crowder* prejudica o desenvolvimento desse afídeo.

Machacha et al. (2012) utilizaram a variação dos parâmetros demográficos da tabela de vida de *A. craccivora* para selecionar linhagens resistentes de feijão-caupi a este afídeo e registraram uma sobrevivência, fecundidade, taxa intrínseca de aumento e taxa de crescimento relativo significativamente menor nas linhagens B261-B e B383. Um atraso significativo no período pré-reprodutivo foi também encontrado em B261-B e B383. Estes autores caracterizaram estas linhagens como potenciais fontes de resistência ao pulgão preto de caupi.

Segundo Chen et al. (2013) o aumento da temperatura global, causado pelas mudanças climáticas, provavelmente excederá a ótima fisiológica de insetos tropicais, que atualmente vivem muito próximos da sua ótima térmica. Assim, Chen et al. (2013) avaliaram as respostas demográficas do pulgão preto do caupi, em quatro temperaturas constantes e oscilantes, calculadas com base no aquecimento global e examinaram os efeitos da oscilação de temperatura sobre essas respostas. De acordo com eles, à medida que as temperaturas de verão simuladas aumentaram, os efeitos negativos sobre os traços da vida e os parâmetros demográficos foram notados. Em comparação com os pulgões criados em temperaturas constantes, os pulgões criados em temperaturas oscilantes desenvolveram-se mais lentamente e tiveram um tempo de geração médio mais longo, mas sua taxa de reprodução líquida foi maior. Chen et al. (2013) concluíram que o aquecimento climático afetará diferencialmente os parâmetros demográficos e os traços da história da vida de *A. craccivora* e que estudos que utilizam

temperaturas constantes não são precisos em avaliar as respostas bióticas às mudanças climáticas.

No Brasil, os trabalhos têm focado na busca de genótipos resistentes de feijão-caupi à *A. craccivora* e na utilização de plantas inseticidas para o controle deste afídeo, no entanto, até o momento, não foi possível encontrar trabalhos relacionando as mudanças biológicas decorrentes da alteração da temperatura sobre *A. craccivora*, seja em condições controladas ou não, seja em feijão-caupi ou outro hospedeiro.

## 2.2 Exigências térmicas

Os insetos são animais de sangue frio, pecilotérmicos, ou seja, as variações na temperatura ambiente provocam alterações na sua temperatura corpórea.

O conhecimento das necessidades térmicas dos insetos-praga permite a formulação de estratégias para interromper o desenvolvimento das futuras gerações no campo, mediante medidas de controle planejadas. Além disso, possibilita a organização da produção e armazenamento de insetos em laboratório, permitindo a realização de estudos básicos durante todo o ano (BUSATO et al., 2005).

As necessidades térmicas dos insetos são avaliadas por meio da constante térmica  $K$ , expressa em graus-dias (GD). Essa constante, parte da hipótese de que o produto da duração do desenvolvimento, pela temperatura, é uma constante, sendo que o somatório do produto da temperatura pelo desenvolvimento só é computado acima de uma temperatura mínima inferior, chamada de temperatura base (*Threshold*), na qual abaixo dela não há desenvolvimento (HADDAD et al., 1999).

Para o cálculo do limite térmico inferior ( $T_b$ ) e a constante térmica ( $K$ ), expressa em graus-dia (GD), é necessário submeter os insetos a diferentes temperaturas, no mínimo quatro, e observar o tempo de desenvolvimento dos mesmos. O método mais utilizado na Entomologia é o método da hipérbole e sua recíproca, o qual consiste em linearizar a curva obtida em laboratório através da recíproca do desenvolvimento;  $K = D (T - T_b)$  e sua recíproca  $\frac{1}{D} = -\frac{T_b}{K} + \frac{1}{K} T$ ; Onde: “D”; desenvolvimento em dias “T”; a temperatura estudada. Fazendo-se:  $y = \frac{1}{D}$ ,  $a = -\frac{T_b}{K}$ ,  $b = \frac{1}{K}$  e  $x = T$ , obtém-se a equação linear “ $y = a + bx$ ”, chamada de equação de

desenvolvimento ou taxa de desenvolvimento. Considerando que o inseto apresenta uma paralização do crescimento abaixo da  $T_b$ , tem-se  $y = 0$ , dessa forma obtém-se;  $T_b = -\frac{a}{b} \text{ } ^\circ\text{C}$  e  $K = \frac{1}{b} \text{ GD}$ , onde: “a” é o coeficiente linear da reta e “b” o coeficiente angular da reta (CIVIDANES, 2000).

Em Oklahoma, Berberet et al. (2009) trabalharam com *A. craccivora* em alfafa, *Medicago sativa* L., em condições de temperaturas constantes com o objetivo de fornecer informações sobre as taxas de desenvolvimento, taxas reprodutivas e padrões de infestação deste pulgão na alfafa. Segundo Berberet et al. (2009) o limiar térmico inferior ( $T_b$ ) de *A. craccivora* em alfafa é de aproximadamente  $7,1 \text{ } ^\circ\text{C}$  com uma constante térmica de desenvolvimento “K” do nascimento ao adulto de 100 GD.

Na Austrália, Berg (1984) estudou a interferência da temperatura e de plantas hospedeiras no desenvolvimento de *A. craccivora* utilizando tabelas de vida e fertilidade e as exigências térmicas para determinação da temperatura base. Segundo Berg (1984) a taxa intrínseca de aumento populacional aumentou de zero, quando os insetos foram submetidos à temperatura de  $5 \text{ } ^\circ\text{C}$  até um pico máximo, quando submetidos a  $30 \text{ } ^\circ\text{C}$ , diminuindo abruptamente para zero a  $35 \text{ } ^\circ\text{C}$ , independentemente da planta utilizada como hospedeira. Berg (1984) também observou que aumento da temperatura resultou num início mais precoce da mortalidade e, antecipou e diminuiu o período reprodutivo, independentemente das espécies de plantas hospedeiras. O limiar de temperatura base estimado por este autor para *A. craccivora* foi de  $8,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Zhaozhi et al. (2016), no norte da china, consideraram *A. craccivora* como um inseto economicamente importante e avaliaram a tolerância deste afídeo em suportar altas temperaturas em hospedeiros distintos; algodão e soja. Estes autores demonstraram que a tolerância a altas temperaturas é dependente do hospedeiro, sendo mais tolerante no hospedeiro preferido, soja, e menos em algodão. Zhaozhi et al. (2016) observaram um possível limiar térmico superior, quando mantiveram os insetos em temperaturas oscilantes de  $34$  e  $24 \text{ } ^\circ\text{C}$ , na qual os parâmetros demográficos de tempo de geração e longevidade apresentaram um “trade-off”, característica de proximidade do limite térmico superior, em ambos os hospedeiros, mas mais pronunciado em algodão. Este “trade-off” é observado quando a velocidade de desenvolvimento do inseto tende a diminuir com o aumento da

temperatura em razão de possíveis distúrbios fisiológicos que ocorrem em temperaturas letais e subletais.

Cividanes e Souza (2003) determinaram as exigências térmicas e elaboraram as tabelas de vida e fertilidade de *Myzus persicae* em couve, objetivando prever a ocorrência de adultos no campo. O modelo matemático gerado por estes autores previu a ocorrência de adultos no campo com precisão de 15%, valor aceitável dentro do MIP, sendo que as datas previstas pelo modelo coincidiram ou anteciparam em um dia a data de observação no campo.

Sabendo-se que a temperatura, o hospedeiro e a própria linhagem do inseto podem interferir na ecologia de uma espécie, é importante a realização de pesquisas em diferentes regiões, hospedeiros e até mesmo com diferentes linhagens de insetos, visando o detalhamento da ecologia dessas populações, objetivando um manejo racional e ecológicos de insetos potencialmente pragas. No entanto, até o momento, não foi possível encontrar dados sobre as exigências térmicas de *A. craccivora* no Brasil, motivo pelo qual justifica esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, L. R.; CARVALHO, C. F.; AUAD, A. M.; SOUZA, B. de; BATISTA E. S. P. de. Tabelas de esperança de vida e fertilidade de *Myzus persicae* sobre pimentão em laboratório e casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.375-382, 2011.
- BERBERET, R. C.; GILES, K. L.; ZARRABI, A. A.; PAYTON, M. E. Development, reproduction, and within-plant infestation patterns of *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae) on alfalfa. **Environmental Entomology**, v. 38, n. 6, p. 1765-1771, 2009.
- BERG, G.N. The effect of temperature and host species on the population growth potential of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). **Australian Journal of Zoology**. v. 32, n. 1, p. 345–52, 1984.  
<https://doi.org/10.1071/ZO9840345>
- BLACKMAN, R.; EASTOP, V. (2000). **Aphids on the world's crops – an identification and information guide**. John Wiley and Sons, U.K.
- BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; ZOTTI, M. J.; BANDEIRA, J. M. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações dos biótipos “milho” e “arroz” de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 329-335, abr. 2005
- CIVIDANES, F.J. **Uso de graus-dia em entomologia, com particular referência ao percevejo da soja**. Funep, Jaboticabal-SP, 2000. 31p.
- CIVIDANES, F. J. Exigências térmicas de *Brevicoryne brassicae* e previsão de picos populacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 561-566, 2003.
- CIVIDANES, F. J.; SOUZA, V. P. Exigências Térmicas e Tabelas de Vida de Fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em Laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 32 n. 3, p. 413-419, 2003.
- CHEN, C. Y.; CHIU, M. C.; KUO, M. H. Effect of warming with temperature oscillations on a low-latitude aphid, *Aphis craccivora*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 1, n. 103, p. 406 - 413, 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira; grãos**. V. 5 - SAFRA 2017/18 - N. 3 - Terceiro levantamento, dezembro, 2017. Disponível em:  
[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_12\\_12\\_17\\_59\\_52\\_dezembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_12_12_17_59_52_dezembro.pdf) Acesso em: 27 de dezembro de 2017.
- FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão Caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio Norte, Teresina, 84 p. 2011.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. 2002. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 920p.
- HADDAD, M. L.; PARRA, J. R. P.; MORAES, R. C. B. **Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos**. Piracicaba, FEALQ, 1999. 29p.

- HAFIZ, N.A. Use of life tables to asses host plant resistance in cowpea to *Aphis craccivora* koch (Homoptera: Aphididae). **Assiut University bulletin for environmental researches**. v. 9, n. 1, p. 1 - 6, 2006.
- LAZZARI, S. M. N.; CARVALHO, R. C. Z. de. Sugadores de seiva (Aphidoidae). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos**. Bases para o manejo integrado de pragas. Brasília-DF, Embrapa, p. 1735-1902, 2013.
- MACHACHA, M.; OBOPILE, M.; TSHEGOFATSO, A. B. N.; TIROESELE, B.; GWAFILA, C.; RAMOKAPANE, M. Demographic parameters of cowpea aphid *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae) on different Botswana cowpea landraces. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 32, n. 4, p. 189–193, 2012.
- OFUYA, T.I. Control of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae), in cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Integrated pest management reviews**. v.2 n.4 p.199 - 207, 1997.
- RODIGUES, S. R.; CECCON, G.; OLIVEIRA JUNIOR, O. de.; ABOT, A. R.; NOGUEIRA, G. A. L. de; CORREA, A. M. Preferência do pulgão preto *Aphis craccivora* koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae) por genótipos de feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (fabaceae). **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 678-686, 2012
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BALDIN, D.; VILLANOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. Agronômica Ceres. São Paulo, 1976. 419p.
- TOWNSEND, C. R.; M. BEGON,; J. L. HARPER. 2006. **Fundamentos em Ecologia**. 2ª ed. Artmed, Porto Alegre.
- VALENTE, E. C. N.; TRINDADE, R. C. P.; BROGLIO, S. M. F.; DUARTE, A. G.; RODRIGUES, V. M. de.; LIMA, H. M. A.; BATISTA, N. S.; SANTOS, J. S. dos. Aspectos biológicos de *Aphis craccivora* KOCH (Hemiptera: Aphididae) em cultivares de feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) WALP. **Ciência Agrícola**, v. 12, n. 1, p. 17-20, 2014.
- ZHAOZHI, L.; LIKAI, F.; GUIZHEN, G.; LING-LING, G.; HAN, P.; SHARMA, S.; ZALUCKI, M. P. Differences in the high-temperature tolerance of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) on cotton and soybean: implications for ecological niche switching among hosts. **The Japanese Society of Applied Entomology and Zoology**, v.52, n.1, p.9-18, 2016. Doi:10.1007/s13355-016-0446-z

## CAPÍTULO 1

### EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E TABELAS DE ESPERANÇA DE VIDA E FERTILIDADE DO PULGÃO PRETO EM FEIJÃO-CAUPI SOB CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

#### RESUMO

O pulgão preto do caupi é um inseto polífago, cosmopolita, transmissor de mais de 30 tipos de vírus, sendo considerado um inseto chave para a cultura do feijão-caupi. Uma das etapas do manejo integrado de pragas é o conhecimento da bioecologia dos insetos, visando conhecer as condições ambientais que proporcionariam um maior e mais rápido aumento populacional de um organismo. Com o objetivo de determinar as exigências térmicas e as tabelas de esperança de vida e de fertilidade do pulgão preto do caupi, foi conduzido um experimento no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Piauí, no qual plantas de feijão-caupi foram utilizadas como hospedeiras do pulgão *Aphis craccivora*. O experimento foi conduzido em BODs em delineamento inteiramente casualizado no qual os insetos foram mantidos em cinco temperaturas constantes; 18, 22, 25, 28 e 31 °C com 40 repetições por temperatura. Diariamente foram quantificados os insetos vivos, mortos, o estágio de desenvolvimento, bem como o início e a duração do período pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo, o número de ninfas por fêmea e a longevidade de adultos. Com base nessas observações foram elaboradas as tabelas de esperança de vida de fertilidade e determinada as exigências térmicas do pulgão. O aumento da temperatura influenciou todos os estádio de desenvolvimento do inseto, bem como o período pré-reprodutivo, pós-reprodutivo e número total de ninfas por fêmea. A temperatura base de desenvolvimento foi de 9,1 °C e a constante térmica (K) de desenvolvimento, 99,0 GD (graus dia). A maior taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ) foi a 25 °C. A 28 °C observou-se a maior capacidade de aumentar em número ( $r_m$ ), bem como a maior razão finita de aumento ( $\lambda$ ) e menor tempo para duplicar em número (TD). Pode-se considerar a faixa ótima de desenvolvimento de *A. craccivora* em feijão-caupi de 22 a 28 °C. Temperaturas abaixo de 18 e acima de 31°C prejudicam a fertilidade e sobrevivência do pulgão preto do caupi.

**Palavras-chave:** ecologia de insetos, manejo integrado de pragas, *Vigna unguiculata*, *Aphis craccivora*, temperatura base

## THERMAL REQUIREMENTS AND AGE-SPECIFIC LIFE TABLES OF COWPEA APHID IN CAUPI BEANS UNDER LABORATORY CONDITIONS

### ABSTRACT

Cowpea aphid is a cosmopolitan, polyphagous insect that transmits more than 30 types of virus and is considered a key insect for cowpea bean culture. One of the steps of the integrated pest management is the knowledge of the bioecology of the insects, aiming to know the environmental conditions that would provide a bigger and faster population increase of an organism. In order to determine the thermal requirements and age-specific life tables of the cowpea aphid, an experiment was conducted at the Entomology Laboratory of the Federal University of Piauí, in which cowpea plants were used as host aphid *Aphis craccivora*. The experiment was conducted in BODs in a completely randomized design in which the insects were kept at five constant temperatures; 18, 22, 25, 28 and 31 °C with 40 repetitions per temperature. Daily, live and dead insects, stage of development, as well as the onset and duration of the pre-reproductive, reproductive and post-reproductive period, number of nymphs per female and longevity of adults were quantified. Based on these observations, the age-specific life tables were elaborated and the thermal requirements of the aphid were determined. The increase in temperature influenced all stages of insect development, as well as the pre-reproductive period, post-reproductive period and total number of nymphs per female. The base temperature of development was 9.1 °C and the thermal development constant (K), 99.0 GD (degrees day). The highest net reproduction rate ( $R_0$ ) was at 25 °C. At 28 °C, the greatest capacity to increase in number ( $r_m$ ), as well as the higher finite rate of increase ( $\lambda$ ) and shorter time to double in number (TD) were observed. The optimum range of temperature for *A. craccivora* development in cowpea beans can be considered at 22 to 28 °C. Temperatures below 18 and above 31 °C affect the fertility and survival of the cowpea aphid.

**Key words:** insect ecology, integrated pest management, *Vigna unguiculata*, *Aphis craccivora*, base temperature

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Relação entre temperatura, tempo (dias) e velocidade de desenvolvimento do período ninfal de <i>A. craccivora</i> em feijão-caupi mantidos em temperaturas constantes. Teresina, 2017 ..... | 36 |
| <b>Figura 2</b> Sobrevivência ( $L_x$ ) e expectativa de vida ( $e_x$ ) de <i>Aphis craccivora</i> em feijão-caupi sob temperaturas constantes. Teresina, 2017 .....                                        | 41 |
| <b>Figura 3</b> Número médio de ninfas/fêmea ( $m_x$ ) e taxa de sobrevivência ( $l_x$ ) de <i>Aphis craccivora</i> em feijão-caupi sob temperaturas constantes. Teresina, 2017 .....                       | 42 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> Tempo médio de desenvolvimento ( $\pm$ EP) de <i>Aphis craccivora</i> em diferentes temperaturas constantes. Teresina, 2017 .....                                                                                                 | 31 |
| <b>Tabela 2</b> Tempo médio de pré-reprodução, reprodução, pós-reprodução e número médio de ninfas por fêmea ( $\pm$ EP) de <i>Aphis craccivora</i> em diferentes temperaturas constantes em feijão-caupi. Teresina, 2017 .....                   | 34 |
| <b>Tabela 3</b> Temperatura base ( $T_b$ ), constante térmica ( $K$ ), coeficiente de determinação e equação da velocidade de desenvolvimento de <i>Aphis craccivora</i> em feijão-caupi mantidos em temperaturas constantes. Teresina, 2017..... | 36 |
| <b>Tabela 4</b> Parâmetros populacionais e biológicos ( $\pm$ EP = Erro padrão) de <i>Aphis craccivora</i> em feijão-caupi sob temperaturas constantes. Teresina, 2017.....                                                                       | 38 |

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma cultura de origem africana, a qual foi introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses no Estado da Bahia (FREIRE FILHO, 1988). É um alimento rico em proteínas (23%-25%), aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais. É utilizado também na alimentação animal, como forragem verde, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e também como adubação verde e proteção do solo (EMBRAPA, 2002).

As mudanças que vem ocorrendo na forma de cultivo do feijão-caupi, saindo de pequenas e médias propriedades, geralmente sob policultivo, para grandes áreas em monocultivo, pode intensificar os problemas fitossanitários desta cultura, tendo em vista que, segundo Gomes et al. (2012), a diversidade vegetal tende a estabilizar a densidade dos insetos fitófagos, dificultado o encontro do hospedeiro e beneficiando os insetos úteis, sobretudo os agentes de controle biológico (ALTIERI et al., 2003). A implementação de grandes áreas cultivadas tem ocasionado um aumento na população de insetos fitófagos, os quais podem reduzir significativamente a produtividade destas culturas, tendo em vista que a disponibilidade de alimento é um dos principais fatores que regulam a distribuição e abundância das populações de insetos, levando-os a um status de praga (GALLO, et al., 2002). Dixon e Kindlmann (1990) afirmam que a abundância de plantas é o principal fator que determina a abundância de afídeos. Segundo Lazzari e Lazarotto (2005) o estabelecimento e desenvolvimento dessas populações também sofrem influência da qualidade do alimento, ação reduzida de agentes de controle biológico e condições ambientais favoráveis. Encontrando estas condições, devido ao alto potencial biótico, estes insetos aumentam em número muito rápido e, não raramente, as perdas de produção atingem 100% (ILHARCO, 1992). Obopile (2006) relatou que mais de 50% de rendimento pode ser perdido quando não há o controle das infestações elevadas de *A. craccivora*.

Os afídeos (Hemiptera: Aphididae) são pragas importantes em todo o mundo por serem sugadores de seiva e transmitirem vírus às plantas. Sua relação com as plantas é dada pela seleção do hospedeiro, a penetração dos tecidos vegetais e a sucção da seiva, além da reação da planta ao ataque do inseto. A alimentação no

hospedeiro pode comprometer o crescimento e desenvolvimento deste, sendo as injúrias localizadas ou sistêmicas, enquanto a resposta da planta pode afetar os processos alimentares e reprodutivos do inseto, podendo ainda liberar sinais para atrair agentes de controle biológico (LAZZARI; CARVALHO, 2013).

*Aphis craccivora* (Koch), ou simplesmente pulgão preto do caupi, é um dos principais problemas fitossanitários encontrados por produtores de feijão-caupi. Este inseto já foi relatado em todo o mundo, exceto Antártica, causando danos em leguminosas (KAMPHUIS et al., 2017). De acordo com Ofuya (1997) o crescimento, desenvolvimento, fecundidade e longevidade de *A. craccivora* variam de acordo com as condições climáticas, fertilidade do solo, umidade do solo e planta hospedeira, sendo que os indivíduos alados são produzidos sempre que ocorre superlotação, má qualidade do alimento, bem como em condições climáticas adversas. De acordo com Wongsa et al. (2017) a migração a longas distâncias é dependente do vento e de barreiras naturais.

Berberet et al. (2009) relataram um aumento significativo na incidência e na população de *A. craccivora* em Alfafa, leguminosa utilizada em pastagens, e demonstraram preocupações, pois não havia relatos desse inseto causando prejuízos nessa cultura nos Estados Unidos da América. Segundo Berberet et al. (2009), entre 1999 e 2009, houve relatos de altas densidades deste inseto em mais de 20 estados dos EUA.

*A. craccivora* também foi relatado causando perdas de produção na Índia em grão de bico (*Cicer arietinum* L.) e lentilhas (CHAKRABORTI et al., 2009; EDWARDS, 2001), em amendoim, na África, (HERSELMAN et al., 2004). Na Austrália, *A. craccivora* foi relatado infestando leguminosas para pastagem: *Trifolium subterraneum* L., *Medicago polymorpha* L., *M. sativa* L., *M. truncatula* Gaertn. e *Lupinus angustifolius* L. (EDWARDS et al., 2003). Wongsa et al. (2017) também relataram a presença do pulgão preto do caupi na Tailândia, infestando leguminosas anualmente.

Sturza et al. (2011) registraram a presença de *A. craccivora* em duas ervas “daninhas”, *Amaranthus hybridus* Linnaeus, 1753 (Amaranthaceae), caruru-roxo, e *Solanum americanum* Mill, 1768 (Solanaceae), maria-pretinha. Registros assim são importantes, pois estas plantas podem servir de hospedeiros secundários em épocas secas e na falta do hospedeiro preferido, e também como fonte de inóculo para as culturas agrônômicas.

Segundo Calore et al. (2013) o sucesso da implementação de um manejo integrado de pragas (MIP) é dependente de estudos básicos sobre dinâmica populacional dos insetos, sobretudo a identificação e a ação dos fatores que regulam o crescimento populacional de uma praga potencial. Townsend et al. (2006) afirmam que só é possível controlar uma população muito elevada (praga) quando se reconhece que ela está sob taxas de natalidade máxima e isso só pode ser realizado monitorando-se acuradamente os nascimentos ou o total de indivíduos da população; para este autor, uma das formas para tal monitoramento são as tabelas de vida.

Levando em consideração que o desenvolvimento e padrões de fertilidade e sobrevivência são afetados principalmente pela temperatura, é importante submeter os insetos em diversas temperaturas constantes para que as tabelas de vida e fertilidade possam ser analisadas de forma mais verdadeira e se tenha uma melhor noção da dinâmica populacional do inseto em questão (CIVIDANES; SOUZA, 2003).

Em estudos de tabelas de vida e fertilidade, o conhecimento do limite térmico inferior de desenvolvimento dos insetos permite a contagem do tempo em graus-dia, que enfatiza a influência da temperatura e permite a comparação mais precisa dos parâmetros das tabelas de vida obtidos em diferentes temperaturas ou épocas do ano (NOWIERSKI et al. 1983).

Dessa forma, são indispensáveis pesquisas básicas para a determinação dos padrões de fertilidade e sobrevivência de insetos, sobretudo *A. craccivora* em feijão-caupi, com base nas suas exigências térmicas, apresentados em tabelas de esperança de vida e fertilidade para dar suporte ao Manejo integrado de pragas.

No Brasil, nenhuma informação sobre as exigências térmicas de *A. craccivora* foi encontrada até 2017 em nenhum de seus hospedeiros. Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa elaborar as tabelas de vida e fertilidade de *Aphis craccivora* Koch. em feijão-caupi, BRS Tumucumaque, sob condições de laboratório e identificar suas exigências térmicas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta, criação e identificação do pulgão**

Pulgões na sua forma áptera foram coletados de plantas de feijão-caupi cultivadas em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí. Estes insetos foram acondicionados em placas de Petri e logo em seguida transferidos para plantas suscetíveis de feijão-caupi, cultivar BR 17- Gurguéia, trocadas quinzenalmente, semeadas em vasos de 2,8 L e mantidas em sala climatizada, 27 °C, sob bancada luminosa constituída por oito lâmpadas fluorescentes, T10 40W luz do dia e oito incandescentes de 30W, vistoriadas periodicamente com o objetivo de manter a população de afídeos sem predadores.

## **2.2 Exigências térmicas e tabelas de esperança de vida e fertilidade de *Aphis craccivora* em plantas de feijão-caupi**

O ensaio foi conduzido em laboratório sob cinco temperaturas constantes em câmaras BOD com controle de temperatura e fotoperíodo (HADDAD, et al., 1999). As temperaturas utilizadas foram: 18, 22, 25, 28 e 31 °C em fotofase de 12 horas. Utilizou-se o método da hipérbole e sua recíproca de desenvolvimento para calcular a temperatura base inferior de desenvolvimento ( $T_b$ ) e a constante térmica de desenvolvimento “K”.

Adotou-se a cultivar BRS Tumucumaque nos ensaios por ser uma das mais cultivadas no nordeste e nos cerrados de Mato Grosso e Minas Gerais (SOUZA et al., 2018).

Com o objetivo de fornecer folhas para alimentação dos pulgões nos bioensaios, plantas de feijão-caupi, cultivar BRS Tumucumaque, foram semeadas em vasos de 2,8 L contendo uma mistura de solo arenoso e terra vegetal na proporção de 5:1, adubadas com 5 g de NPK 5-30-15 e mantidas em condições naturais, com irrigação diária, quando necessário.

Para obtenção de insetos com idade conhecida, estágio ninfal 1, utilizou-se placas de Petri de 5 cm de diâmetro, com tampa perfurada (3 cm de diâmetro) e fechada com tecido “voil”, contendo em seu interior uma esponja de 0,5 cm de espessura e um disco de papel de filtro, ambos com o diâmetro interno da placa, umedecidos com água diariamente (Metodologia adaptada de VALENTE et al., 2014). Nestas placas, oito por temperatura, adicionou-se um disco foliar de feijão-caupi com 3 cm de diâmetro, lavado em água corrente e seco com papel toalha, e

neste disco foliar acondicionou-se 5 adultos ápteros de *A. craccivora*, provenientes da criação estoque. Após 12 horas estes insetos foram retirados e mantidos as ninfas, de 0 a 12 horas, individualmente em novas placas de Petri conforme descrito anteriormente, em 40 repetições por temperatura (MICHELOTTO; BOSOLI, 2009; CIVIDANES, 2003).

As placas contendo as ninfas foram observadas diariamente e quantificado os insetos vivos, mortos, o estágio de desenvolvimento, pela contagem das exúvias, bem como o início e a duração do período pré-reprodutivo, reprodutivo e pós reprodutivo, o número de ninfas/fêmea/dia e a longevidade de adultos. As ninfas produzidas foram quantificadas e retiradas das placas. Os discos foliares foram trocados ao primeiro sinal de murcha ou amarelecimento.

Considerou-se o início da fase adulta o dia no qual foi observada a quarta exúvia, o período pré-reprodutivo da quarta exúvia à primeira ninfa, período reprodutivo sendo os dias de parição e pós-reprodutivo os dias sem parição até a morte do inseto.

Baseou-se na metodologia de Silveira Neto et al. (1976) para elaboração das tabelas de vida, a qual determinou-se os valores de: número ou taxa de sobreviventes no início da idade  $x$  ( $L_x$ ); número de indivíduos mortos durante o intervalo etário  $x$  ( $d_x$ ); estrutura etária ( $E_x$ ), que corresponde ao número de indivíduos vivos entre um dia e outro; taxa de sobrevivência ( $T_x$ ), que representa o número de insetos vivos além de determinada idade; esperança de vida para indivíduos de idade  $x$  ( $e_x$ ); e probabilidade de morte na idade  $x$  ( $100 q_x$ ), que indica a probabilidade de ocorrer a morte dos indivíduos antes do tempo estabelecido em  $e_x$ , sendo:  $E_x = [L_x + (L_{x+1})]/2$ ,  $e_x = T_x/L_x$  e  $100q_x = (d_x/L_x).100$ .

Por meio dos valores obtidos nas tabelas de vida e fertilidade, foram calculados os valores da taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ), intervalo de tempo entre cada geração ( $T$ ), capacidade inata de aumentar em número ( $r_m$ ), razão finita de aumento ( $\lambda$ ), definida como o número de vezes que a população multiplica-se em uma unidade de tempo e o tempo necessário para a população duplicar em número de indivíduos (TD), sendo:  $R_0 = \sum (m_x \cdot l_x)$ ,  $T = (\sum m_x \cdot l_x \cdot x) / (\sum m_x \cdot l_x)$ ,  $r_m = \log R_0 / T \cdot 0,4343$ ,  $\lambda = \text{anti log } (r_m \cdot 0,4343)$ ,  $TD = \ln(2) / r_m$

**onde:**  $m_x$  = número de fêmeas produzidas por fêmea na idade  $x$ ,  $l_x$  = taxa de sobrevivência na idade  $x$ ,  $m_x \cdot l_x$  = número total de fêmeas produzidas por fêmea durante o intervalo de tempo.

As curvas de sobrevivência obtidas nas temperaturas testadas foram analisadas estatisticamente por meio do Teste G ( $p < 0,1$ ) e os parâmetros populacionais obtidos nas tabelas de vida de fertilidade, analisados através do método Jackknife (MAIA et al., 2000)

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos constituídos de cinco temperaturas e 40 repetições. Utilizou-se o sistema computacional *TabVida* de Penteado (2007) e o software Assistat para as análises dos dados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Estádios ninfais, período ninfal, longevidade e ciclo biológico

A elevação da temperatura de 18 para 31 °C influenciou inversamente o período de desenvolvimento de todos os estádios ninfais do pulgão preto do caupi, reduzindo 8,5 dias (63%) o tempo do período ninfal. A longevidade de adultos foi reduzida 5,1 dias (44%) e o ciclo biológico do inseto foi reduzido em 13,6 dias (54,5%) quando a temperatura aumentou de 18 para 31°C (Tab.1). Esta relação inversamente proporcional foi observada por outros autores e se dá pelo fato dos insetos serem animais pecilotérmicos, os quais mantem a temperatura do corpo próximo ao do ambiente (BARBOSA, et al. 2011; CIVIDANES, 2003).

**Tabela 1** Tempo médio de desenvolvimento (dias) ( $\pm$ EP) de *Aphis craccivora* em diferentes temperaturas constantes. Teresina, 2017

| Parâmetros biológicos | Temperatura °C   |                  |                   |                             |                  |
|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|------------------|
|                       | 18               | 22               | 25                | 28                          | 31               |
| 1ª ínstar             | 3,7 $\pm$ 0,18a  | 2,1 $\pm$ 0,05b  | 1,6 $\pm$ 0,09c   | 1,1 $\pm$ 0,06d             | 1,1 $\pm$ 0,05d  |
| 2ª ínstar             | 3,0 $\pm$ 0,20a  | 1,6 $\pm$ 0,09b  | 1,3 $\pm$ 0,08bc  | 1,5 $\pm$ 0,07c             | 1,1 $\pm$ 0,05c  |
| 3ª ínstar             | 3,3 $\pm$ 0,21a  | 1,7 $\pm$ 0,10b  | 1,2 $\pm$ 0,07c   | 1,1 $\pm$ 0,06c             | 1,2 $\pm$ 0,08c  |
| 4ª ínstar             | 3,3 $\pm$ 0,20a  | 2,0 $\pm$ 0,11b  | 1,7 $\pm$ 0,08bc  | 1,5 $\pm$ 0,1c              | 1,6 $\pm$ 0,11bc |
| Período ninfal        | 13,4 $\pm$ 0,32a | 7,4 $\pm$ 0,11b  | 5,8 $\pm$ 0,12c   | 4,9 $\pm$ 0,12d             | 4,9 $\pm$ 0,11d  |
| Longevidade           | 11,5 $\pm$ 1,97a | 11,5 $\pm$ 1,68a | 10,1 $\pm$ 1,42a  | 6,8 $\pm$ 0,44 <sup>a</sup> | 6,4 $\pm$ 0,4a   |
| Ciclo biológico       | 24,9 $\pm$ 1,9a  | 18,9 $\pm$ 1,67b | 15,9 $\pm$ 1,42bc | 11,8 $\pm$ 0,4cd            | 11,3 $\pm$ 0,40d |

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey  $p < 0,01$ .

EP = erro padrão da média

Valente et al. (2014), estudaram a biologia de *A. craccivora* em três cultivares de feijão-caupi e encontraram valores variando de 1,12 a 1,96 dias para o primeiro estágio ninfal, 1,12 a 1,24 dias para o segundo estágio, 0,64 a 0,92 para o terceiro e 0,28 a 0,56 dias para o quarto ínstar, com um período ninfal de 3,16 a 4,68 dias, a 25 °C.

Hafiz (2006) testou sete cultivares de feijão-caupi em relação ao ataque do pulgão preto, com temperatura variando entre 25 a 31 °C e observou que o primeiro, segundo, terceiro e quarto instares variaram de 1,66 a 2,21, 1,52 a 2,00, 1,51 a 1,72 e 1,18 a 1,78 dias respectivamente, sendo a variação do período ninfal de 6,36 a 7,25 dias.

Wu e Thrower, (1981) observaram período ninfal de cinco dias a 27 °C utilizando como hospedeiro *Vigna sesquipedalis*. Jalalipour et al. (2017) estudaram a biologia de *A. craccivora* em condições de laboratório e de campo, usando como hospedeira *Robinia pseudoacacia* e verificaram diferenças estatísticas no período ninfal nessas duas condições. Jalalipour et al. (2017) registraram valores de 2,02, 1,89, 1,98 e 1,98 dias para o primeiro, segundo, terceiro e quarto instares respectivamente, a 25 °C em laboratório, e 2,18, 2,36, 2,09 e 2,13 dias em condições de campo com temperatura variando entre 16 e 33 °C.

Nesta pesquisa o quarto estágio ninfal, a 25, 28 e 31 °C foi ligeiramente mais longo que os demais e apresentou uma relação linear negativa com o aumento da temperatura. A maior duração do quarto ínstar pode estar relacionada às maiores mudanças fisiológicas que ocorrem antes do inseto se tornar adulto, e o prolongamento do primeiro ínstar a 18 e 22 °C pode estar relacionado à dificuldade de desenvolvimento do inseto devido a redução da taxa metabólica, movimentação e início da alimentação em temperaturas mais baixas (SILVEIRA NETO et al., 1976)

A Influência da temperatura e do hospedeiro no desenvolvimento e sobrevivência de *A. craccivora* foi estudada por Zhaozhi et al. (2016). Estes autores observaram que a temperatura reduziu linearmente o desenvolvimento de *A. craccivora*, tanto quando os insetos foram criados em folhas de algodão quanto em soja, quando a temperatura alternou entre 24 e 30 °C. O aumento da temperatura acima de 30 °C causou um ligeiro aumento no tempo de desenvolvimento do pulgão preto, em ambas as espécies de plantas utilizadas como hospedeiro. Em algodão o a longevidade média foi de 9,5 dias, quando a oscilação de temperatura foi de 36 e 24 °C e em soja foi de 19,8 dias no mesmo regime térmico. Segundo Zhaozhi et al.

(2016) isso foi devido à espécie hospedeira, sendo que a soja é a espécie preferida, o que explicaria o melhor desempenho do inseto neste hospedeiro. Jalalipour et al. (2017) observaram longevidade de 16,42 dias a 25 °C e 12,69 em condição de campo com temperatura variando entre 16 e 33 °C sob *Robinia pseudoacacia*.

Berberet et al. (2009) verificaram, em alfafa, um tempo de desenvolvimento ninfal de *A. craccivora* de 17,4 dias a 12,8 °C, 8,8 dias a 18,3 °C, 5,9 a 23,9 e 4,4 dias a 29,4 °C. Embora os resultados sejam discrepantes para as temperaturas mais baixas, corroboram quando se compara estes resultados aos apresentados nesta pesquisa nas temperaturas de 25°C e 28°C. Esta discrepância nas temperaturas mais baixas pode estar relacionada à adaptação dos insetos às condições climáticas locais e também o hospedeiro utilizado, tendo em vista que Berberet et al., (2009) desenvolveram o estudo em Oklahoma, Estados Unidos e as plantas hospedeiras eram da espécie *Medicago sativa* L..

O ciclo biológico do pulgão preto do caupi quando criados em *Robinia pseudoacacia* foi de 24,2 dias a 25 °C (laboratório) e de 21,44 dias a 16-33 °C (campo) (JALALIPOUR, 2017). Em alfafa; 32,2 a 18 °C, 19,3 a 23,9 °C e 14,7 a 29,4 °C (BERBERET et al. 2009), valores acima dos verificados nesta pesquisa (Tab.1) e podem ser explicados, em parte, pelas diferentes plantas e variedades utilizadas como hospedeira (ZHAOZHI, et al., 2016; HAFIZ, 2006) bem como outros fatores como umidade relativa, qualidade nutricional da planta (CAMARGO et al., 2008) e bactérias endossimbióticas (HEYWORTH; FERRARI, 2015).

Segundo Heyworth e Ferrari (2015) os afídeos possuem interações com bactérias endossimbióticas, as quais podem prover nutrientes que são deficientes na dieta, promover resistência a parasitóides, maximização de fatores reprodutivos e ecológicos, como resistência ao calor (HEYWORTH; FERRARI, 2015).

### **3.2 Período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo e fertilidade**

A reprodução dos pulgões iniciou nas primeiras 24 h após a quarta ecdise em todas as temperaturas testadas, com exceção de 18 °C, que iniciou um dia após. O período pós-reprodutivo só foi observado em 18 e 31 °C, também de aproximadamente um dia (Tab. 2). Segundo Ilharco (1992), do ponto de vista ecológico, esta característica é importante para animais com longevidade curta e suscetíveis às mudanças temporais, como é o caso dos afídeos.

**Tabela 2** Tempo médio (dias) de pré-reprodução, reprodução, pós-reprodução e número médio de ninfas por fêmea ( $\pm$ EP) de *Aphis craccivora* em diferentes temperaturas constantes em feijão-caupi. Teresina, 2017

| Parâmetros biológicos    | Temperatura °C   |                  |                 |                            |                 |
|--------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
|                          | 18               | 22               | 25              | 28                         | 31              |
| Período pré-reprodutivo  | 1,0 $\pm$ 0,2a   | 0,1 $\pm$ 0,1b   | 0,1 $\pm$ 0,0b  | 0,04 $\pm$ 0,0b            | 0,1 $\pm$ 0,1b  |
| Período reprodutivo      | 9,7 $\pm$ 1,8a   | 10,9 $\pm$ 1,5a  | 9,2 $\pm$ 1,3a  | 6,3 $\pm$ 0,7a             | 4,7 $\pm$ 0,5a  |
| Período pós-reprodutivo  | 1,2 $\pm$ 0,4ab  | 0,8 $\pm$ 0,3ab  | 0,8 $\pm$ 0,3ab | 0,2 $\pm$ 0,1b             | 1,6 $\pm$ 0,5a  |
| Ninfas por fêmea         | 26,2 $\pm$ 5,9bc | 54,4 $\pm$ 8,4ab | 60,5 $\pm$ 7,4a | 47,5 $\pm$ 5,1ab           | 16,0 $\pm$ 3,5c |
| Ninfas por fêmea por dia | 2,7 $\pm$ 0,6c   | 4,99 $\pm$ 0,7b  | 7,2 $\pm$ 0,8a  | 7,5 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup> | 3,4 $\pm$ 0,7bc |

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .

EP = erro padrão da média

Barbosa et al. (2011) verificaram que o período reprodutivo de *Myzus persicae*, em pimentão, nas temperaturas de 20 e 25 °C iniciou-se no mesmo dia em que o afídeo se tornou adulto; a 15 e 30 °C a reprodução iniciou-se um dia após o aparecimento dos adultos, corroborando com os resultados apresentados. Hayakawa et al. (1990) consideraram vantajoso uma espécie de pulgão apresentar produção de progênie no início da fase adulta, devido à alta mortalidade nesta fase.

O teste estatístico utilizado não detectou diferenças para o período reprodutivo do pulgão preto, provavelmente pelo número de insetos observados serem diferentes em cada tratamento, devido às diferentes taxas de mortalidade no estágio ninfal, no entanto, houve uma redução de três dias (43%) do período reprodutivos a 31 °C em relação aos pulgões mantidos a 22 °C.

O número de ninfas por fêmeas foi altamente influenciado pelas temperaturas, aumentando linearmente de 18 a 25 °C e diminuindo de 25 a 31 °C. Observou-se uma redução na produção de ninfas por fêmea em relação a 25 °C de 34,3 (56,7%) e 44,5 (73,5 %), respectivamente a 18 e 31 °C. Berberet et al. (2009) também observaram um aumento no período reprodutivo e diminuição da quantidade de ninfas por fêmeas com a diminuição da temperatura para *A. craccivora* criados em alfafa. No entanto, Berberet et al. (2009) verificaram uma variação de 32,7 dias a 8,3 °C e 12,4 dias a 29 °C, valores estes acima dos encontrados nesta pesquisa e por Valente et al. (2014) a 25 °C. Valente et al. (2014) observaram período reprodutivo de 4 e 7 dias em feijão-caupi. Esta discrepância nos resultados pode indicar uma

possível diversidade genética dos insetos em questão e ou interferência do hospedeiro. Embora haja diferenças entre os resultados apresentados nesta pesquisa com os de Berberet et al. (2009) e Valente et al. (2014), em relação ao período reprodutivo, observamos similaridades quando comparamos os dados de ninfas por fêmeas.

Berberet et al. (2009) observou uma produção de ninfas por fêmeas variando de 20 a 82, com produção de ninfas por fêmea por dia de 0,6 a 5,9, corroborando com os apresentados na tabela 2. De uma maneira geral, observou-se que há uma relação inversamente proporcional entre período reprodutivo e ninfas produzidas por fêmea por dia, na faixa térmica entre 22 e 28°C. Esta mesma relação também foi observada por Berberet et al. (2009).

Valente et al. (2014) observaram fecundidade média variando de 15,47, em uma cultivar resistente, a 85,86 ninfas por fêmea em cultivar suscetível.

Os valores de ninfas produzidas por fêmeas abaixo do relatado na literatura pode ser explicado pelo fator genético da cultivar testada. Segundo Melville et al. (2016) a cultivar BRS Tumucumaque apresentou baixa produção de ninfas por fêmea, menor preferência em relação às outras cultivares testadas e inibição do início da reprodução e de estabelecimento da colônia e, portanto, é importante, para o desenvolvimento de um plano de controle ecológico de insetos, conhecer a interação dos diversos fatores que podem influenciar a densidade populacional de um organismo potencialmente praga.

### **3.3 Exigências térmicas**

A porção linear da curva de desenvolvimento versus temperatura (Fig. 1), obtida em temperaturas constantes, permitiu calcular a temperatura base inferior ( $T_b$ ), e a constante térmica ( $K$ ) para todos os estádios de desenvolvimento de *A. craccivora*, onde observou-se que o primeiro estágio de desenvolvimento de apresentou o maior limite térmico inferior de desenvolvimento e uma menor constante térmica e o quarto ínstar o oposto; uma baixa  $T_b$  e uma alta “ $K$ ”, indicando que o primeiro ínstar é o estágio de desenvolvimento limitante às baixas temperaturas para o pulgão preto do caupi (Tab. 3).

**Tabela 3** Temperatura base (Tb), constante térmica (K), coeficiente de determinação e equação da velocidade de desenvolvimento de *Aphis craccivora* em feijão-caupi mantidos em temperaturas constantes. Teresina, 2017.

| Estádios de desenvolvimento | Tb °C | K GD  | R <sup>2</sup> | Equação                |
|-----------------------------|-------|-------|----------------|------------------------|
| I estágio                   | 12,8  | 18,58 | 0,99           | $y = 0,054x - 0,67$    |
| II estágio                  | 9,3   | 21,88 | 0,94           | $y = 0,048x - 0,42$    |
| III estágio                 | 9,0   | 23,31 | 0,81           | $y = 0,043x - 0,39$    |
| IV estágio                  | 3,5   | 40,00 | 0,82           | $y = 0,025x - 0,087$   |
| Período ninfal              | 9,1   | 99,00 | 0,97           | $y = 0,0101x - 0,0922$ |
| Ciclo biológico             | 9,0   | 243,9 | 0,98           | $y = 0,0041x - 0,037$  |

A relação negativa entre a constante térmica e o limiar térmico inferior pode ser explicada pela teoria da predição funcional (TRUDGILL; PERRY 1994, TRUDGILL, 1995), segundo a qual um alto valor para o limiar de desenvolvimento e um pequeno para a soma térmica é esperado para espécies mais adaptadas às áreas quentes (tropicais) do que às áreas frias (temperadas). Segundo Honek (1996), o limiar térmico inferior de desenvolvimento diminui com o aumento da latitude.

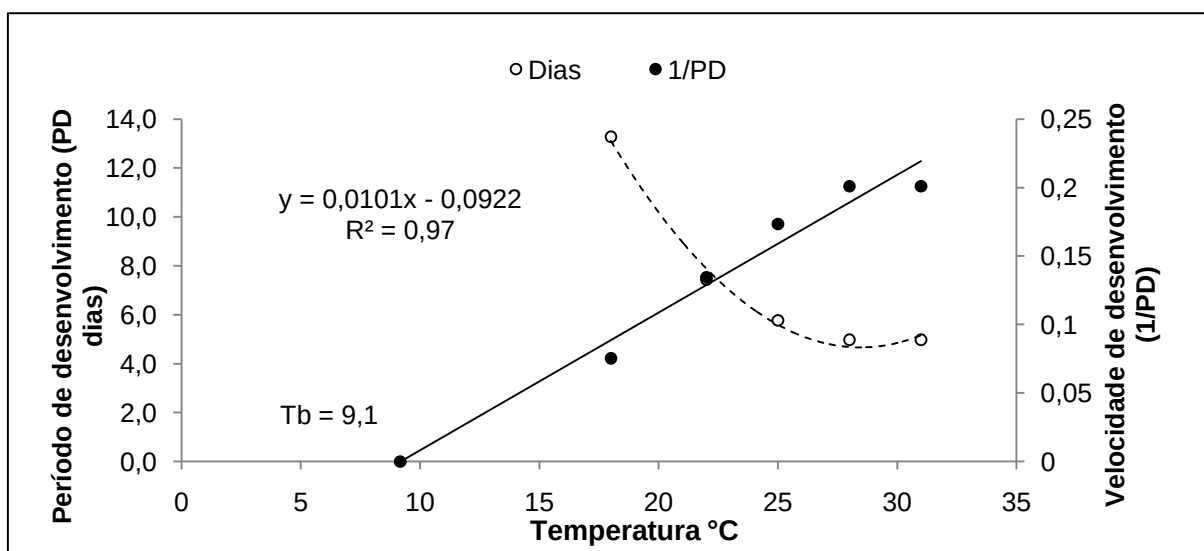


**Figura 1** Relação entre temperatura, tempo (dias) e velocidade de desenvolvimento do período ninfal de *A. craccivora* em feijão-caupi mantidos em temperaturas constantes. Teresina, 2017

Berberet et al. (2009) observaram que *A. craccivora* não conseguiu alcançar o estado reprodutivo quando criados em alfafa a 7,2 °C e calcularam uma temperatura base inferior de desenvolvimento de 7,1 °C, com uma constante térmica “K” de 100 GD para o período de desenvolvimento ninfal, resultado consistente à constante

térmica apresentada neste trabalho (99 GD). Berg (1984) estudou as exigências térmicas do pulgão preto do caupi em diferentes hospedeiros e obteve uma  $T_b$  de 8,1 °C.

Nesta pesquisa observou-se que o tempo de desenvolvimento de *A. craccivora* foi linearmente diminuído até 25°C, a partir desta temperatura houve uma tendência à estabilização, com diminuição da velocidade de desenvolvimento entre 28 e 31 °C (Tab. 1, Fig. 1) a qual se assemelha à relatada por Cividanes (2003) e Zhaozhi et al. (2016). De acordo com Wilson e Barnett (1983) esta estabilização, e até mesmo um ligeiro aumento no tempo de desenvolvimento com o aumento da temperatura, pode estar relacionado à proximidade da temperatura base superior de desenvolvimento ( $T_s$ ).

De acordo com CHEN et al. (2013) não houve mortalidade de ninfas em temperaturas médias diárias de 28,6, 30,0 e 32,5 ° C, no entanto a temperatura constante de 35 °C somente 16% das ninfas chegaram a idade adulta, e estas, não reproduziram.

Pode-se considerar de uma forma geral, que as temperaturas de 22, 25 e 28 °C estão dentro da faixa ótima de desenvolvimento de *A. craccivora*, e 18 e 31 °C como temperaturas sub ótimas, causando redução na velocidade de desenvolvimento e nas taxas de natalidade (Tab. 2). Estes resultados diferem dos observados por Berberet et al. (2009), os quais afirmam que a faixa de temperatura ótima de desenvolvimento de *A. craccivora* está entre 18 e 24 °C. No entanto é possível que estas diferenças biológicas possam ser influenciadas pelos diferentes biótipos de *A. craccivora* analisados, bem como diferenças entre organismos endossimbiontes, que têm associações com *A. craccivora* e que podem interferir nas suas taxas biológicas (HEYWORTH; FERRARI, 2015).

### **3.4 Parâmetros demográficos da tabela de vida e fertilidade**

A taxa líquida de reprodução " $R_0$ " (número de vezes que a população aumenta em cada geração) foi linearmente aumentada até 25 °C. A partir desta temperatura observou-se uma ligeira diminuição a 28°C e uma queda abrupta a 31°C, com redução de 80,6% em relação a 25°C (Tab. 4). Estes resultados corroboram com Barbosa et al. (2011), os quais observaram uma redução na taxa líquida de reprodução de *Myzus persicae* nas temperaturas extremas de 15 e 30 °C.

**Tabela 4** Parâmetros populacionais e biológicos ( $\pm$  EP = Erro padrão) de *Aphis craccivora* em feijão-caupi sob temperaturas constantes. Teresina, 2017.

| Parâmetros biológicos | Temperaturas °C |                  |                  |                  |                 |
|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
|                       | 18 (n=21)       | 22 (n=27)        | 25 (n=30)        | 28 (n=25)        | 31 (n=18)       |
| R <sub>0</sub>        | 12,4 $\pm$ 0,6a | 32,6 $\pm$ 1,2b  | 39,13 $\pm$ 1,3c | 29,4 $\pm$ 1,2b  | 7,59 $\pm$ 0,1e |
| T                     | 19,0 $\pm$ 0,9a | 12,6 $\pm$ 0,5b  | 9,77 $\pm$ 0,5c  | 7,67 $\pm$ 0,3d  | 6,73 $\pm$ 0,0d |
| r <sub>m</sub>        | 0,13 $\pm$ 0,0a | 0,28 $\pm$ 0,0ab | 0,38 $\pm$ 0,0ab | 0,44 $\pm$ 0,0ab | 0,30 $\pm$ 0,0b |
| $\lambda$             | 1,14 $\pm$ 0,1a | 1,32 $\pm$ 0,0a  | 1,46 $\pm$ 0,0a  | 1,55 $\pm$ 0,1a  | 1,35 $\pm$ 0,0a |
| TD                    | 5,23 $\pm$ 0,3a | 2,50 $\pm$ 0,1b  | 1,85 $\pm$ 0,1bc | 1,57 $\pm$ 0,1c  | 2,3 $\pm$ 0,0bc |

R<sub>0</sub> - Taxa líquida de reprodução

T - Tempo entre gerações

r<sub>m</sub> - Inata capacidade de aumentar em número

$\lambda$  - Razão finita de aumento

TD - Tempo para a população duplicar

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste t (p<0,05)

n: Número de insetos analisados

A temperatura influenciou linearmente de forma negativa o intervalo de tempo entre as gerações (tempo entre o nascimento e a primeira parição) sendo que a 18 °C este período foi 11, 3 dias (59,63%) mais longo do que em 28 °C. Este fato está diretamente relacionado à temperatura base inferior (T<sub>b</sub>), temperatura base superior (T<sub>s</sub>) e com a constante térmica “K” (Tab.3), tendo em vista que os animais pecilotérmicos necessitam acumular uma quantidade “x” de energia (graus-dia-GD) para concluírem ou alcançarem um estágio de desenvolvimento. Dessa forma, quanto maior a diferença, até próximo ao limite térmico superior, entre T<sub>b</sub> e a temperatura na qual o inseto está, mais energia é acumulada e mais rápido é seu desenvolvimento. CHEN et al. (2013) verificaram o oposto quando os pulgões foram confinados a 28,6, 30,0, 32,5 °C em *Vigna sesquipedalis*. Esta diferença pode ser explicada por meio da temperatura base superior de desenvolvimento, na qual, segundo Wilson e Barnett (1983) pode diminuir a velocidade de desenvolvimento quando a temperatura ambiente aproxima-se do limiar superior de desenvolvimento. Além disso, de acordo com Zhaozhi et al. (2016) o hospedeiro também tem influência. No entanto, até o momento, não se conhece o limiar térmico superior de *A. craccivora*.

Além da temperatura, a planta hospedeira também pode influenciar o tempo entre gerações (T). Ferreira (2015) observou “T” variando de 5,3 a 8,0 dias para *A. craccivora* mantidos em cultivares de feijão-caupi (temperatura variando entre 28,7 a 35 °C em casa de vegetação) suscetível e resistente, respectivamente. Assim, a

relação entre temperatura e cultivar é uma informação importante que deve ser levada em conta em um programa de manejo fitossanitário do pulgão preto do caupi.

A capacidade inata de aumentar em número ( $r_m$ ) e razão finita de aumento ( $\lambda$ ) aumentaram linearmente com o aumento da temperatura até 28°C. A 31 °C houve um decréscimo neste valor, indicando que a partir desta temperatura a velocidade de crescimento populacional diminui, bem como a quantidade de fêmeas adicionadas à população por fêmeas, demonstrando o efeito do estresse térmico. CHEN et al. (2013) também observaram relação negativa com a taxa intrínseca de aumento populacional em temperaturas constantes de 28,6, 30 e 32,5 °C. Segundo Jahn et al. (2005)  $r_m$  pode ser usado para indicar como uma população se comporta em relação à velocidade de crescimento em determinadas condições ambientais e, de acordo com Pedigo e Zeeis (1996), é o principal dado que se obtém ao fazer-se uma tabela de vida de fertilidade. Segundo Andrewartha e Birch (1954), quanto maior o valor de  $r_m$  mais bem sucedida será a espécie em um determinado ambiente.

*Aphis craccivora* é um inseto considerado cosmopolita, portanto, adaptado às mais diversas condições térmicas. No entanto, temperaturas abaixo de 22 °C e acima de 28 °C diminuem sua taxa líquida de reprodução, mas não impede o crescimento populacional, tendo em vista os valores positivos de  $r_m$ .

A esperança de vida observada para *A. craccivora* nas temperaturas de 18, 22, 25, 28 e 31 °C foram respectivamente de: 21, 18, 15, 9 e 8 dias, aproximadamente (Fig. 2). A 18, 28 e 31 °C nota-se que a queda na esperança de vida é gradual e menos acentuada. Já nas temperaturas de 22 e 25 °C houve uma queda acentuada na curva da esperança de vida nos primeiros cinco dias, período ninfal, um sutil aumento e depois tende a estabilização com redução da esperança de vida de forma gradual. O mesmo padrão da curva de esperança de vida foi observado por Barbosa et al. (2011) quando mantiveram *Myzus persicae* em folhas de pimentão em temperaturas constantes de 15, 20, 25 e 30 °C.

A curva de sobrevivência ( $L_x$ ) do pulgão preto do caupi também sofreu influencia da temperatura, diminuindo a taxa de sobrevivência por idade específica à medida que a temperatura aumenta. Estatisticamente as curvas de sobrevivência dos pulgões criados em 28 e 31 °C foram iguais ( $p=0,006$ ) sendo que todas as outras combinações de temperatura foram diferentes estatisticamente pelo teste de prova G (Qui-quadrado 0,1%) (Fig.2). Observou-se uma mortalidade de 50% dos

indivíduos entre os dias 20,5 e 21,5 a 18 °C, 16,5 e 17,5 a 22 °C, 13,5 e 14,5 a 25 °C, 11,5 e 12,5 a 28 °C e 8,5 dias a 31 °C (Fig.2). CHEN, et al.(2013) observaram este mesmo padrão para *A. craccivora*, criados em *Vigna unguiculata sesquipedalis*, submetidos a temperaturas constantes e oscilantes; em temperaturas constantes, 50% de mortalidade ocorreram no 16<sup>a</sup> dia a 28,6 °C e no 7<sup>a</sup> dia a 35 °C. Observa-se que em 18, 28 e 31 °C as curvas de sobrevivência seguem o padrão do tipo II, no qual, a mortalidade é constante em todas as classes de idade, no entanto, a esperança de vida a 28 e 31 é reduzida drasticamente. Já a 22 e 25 °C, os padrões de sobrevivência seguem o tipo I, no qual a mortalidade é maior nos indivíduos mais velhos, após atingirem a idade reprodutiva (Fig.2). Cividanes e Souza (2003) observaram padrão de sobrevivência tipo I para *M. persicae* em diferentes temperaturas constantes.

A influência da temperatura na reprodução de *A. craccivora* pode ser observada na figura 3, onde mostra a relação entre número médio de ninfas produzidas por fêmea ( $m_x$ ) por intervalo de idade. Observou-se que os pulgões mantidos a 18 °C começaram a reproduzir-se entre o dia (x) 10,5 e 11,5, com uma média de 0,3 ninfas por fêmea, alcançando o pico de reprodução entre o 16,5 e 17,5 dias, com uma produção média diária de 2 ninfas por fêmea. A 22 °C os insetos começaram a reprodução no intervalo de 6,5 a 7,5 dias, com uma produção de 3,1 ninfas por fêmea. O pico de reprodução nesta temperatura foi alcançado no intervalo de 8,5 a 9,5 dias, com uma produção média de 5,9 ninfas por fêmea. Quando mantidos a 25 °C observou-se o início da reprodução em 4,5 dias, com o pico em 6,5 dias, com uma produção média de 0,1 e 7,8 ninfas por fêmea, respectivamente. Em 28 °C, entre 3,5 e 4,5 dias foram produzidas 1,5 ninfas por fêmea, sendo o auge em 5,5 dias com taxa de 8,8 ninfas por fêmea. Por fim, observou-se que em 31 °C os insetos iniciaram a reprodução no intervalo etário de 3,5 e 4,5 dias, com  $m_x$  de 0,4 e a maior taxa  $m_x$  entre 5,5 e 6,5 dias com média de 3,6 ninfas por fêmea (Fig.3). De uma forma geral, nota-se uma redução do tempo para o início da reprodução com o aumento da temperatura, bem como o tempo para atingir o pico de reprodução, onde a 28 °C obteve-se a maior taxa  $m_x$  em menor tempo. Segundo Silveira Neto et al., (1976) a temperatura ótima é aquela na qual os insetos produzem uma maior quantidade de descendentes em menor tempo. No entanto, esta alta produção de ninfas a 28°C é balanceada pela maior mortalidade e menor esperança de vida dos indivíduos (Fig.3).

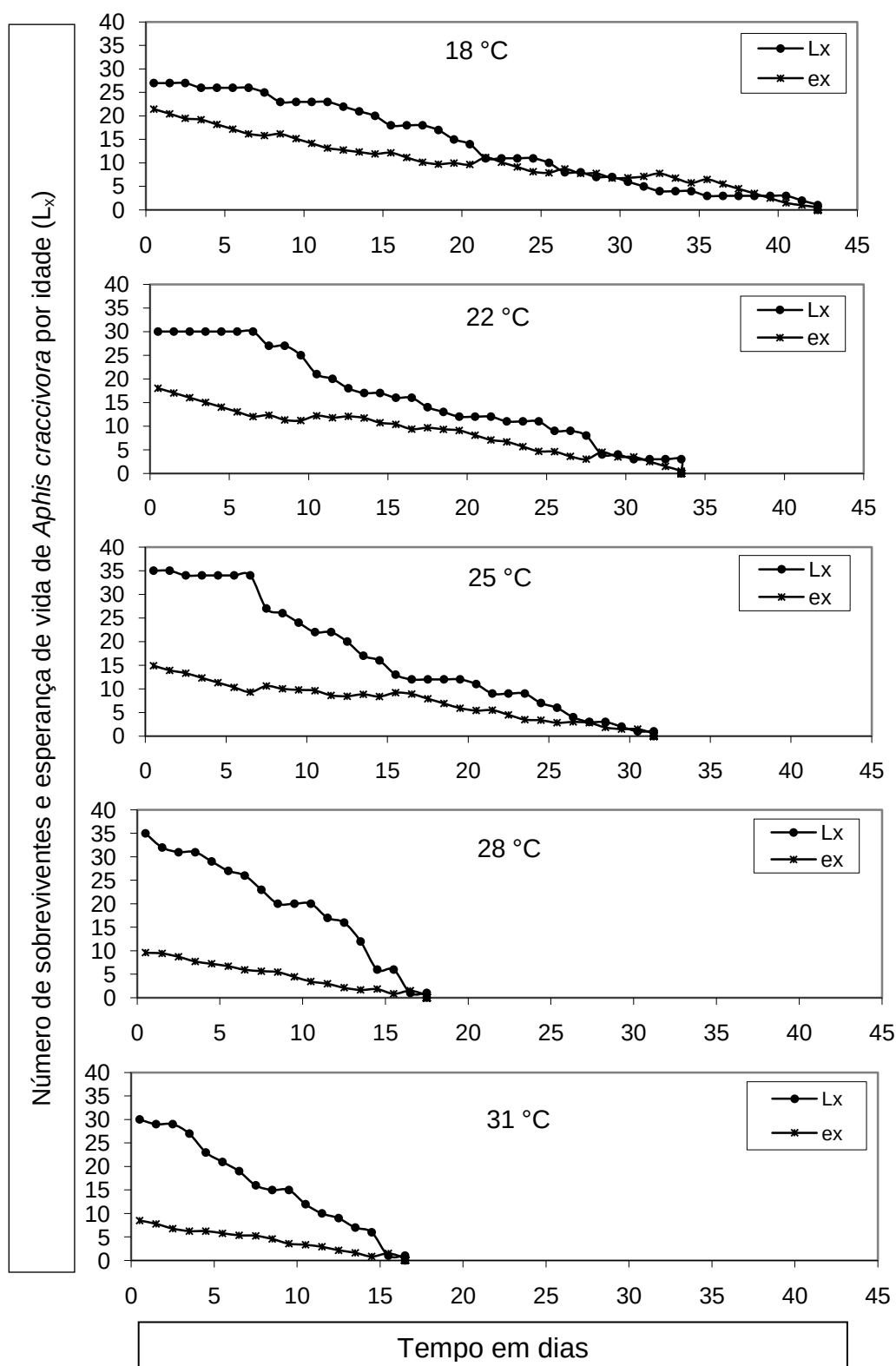


**Figura 2** Sobrevivência ( $L_x$ ) e expectativa de vida ( $e_x$ ) de *Aphis craccivora* em feijão-caupi sob temperaturas constantes. Teresina, 2017

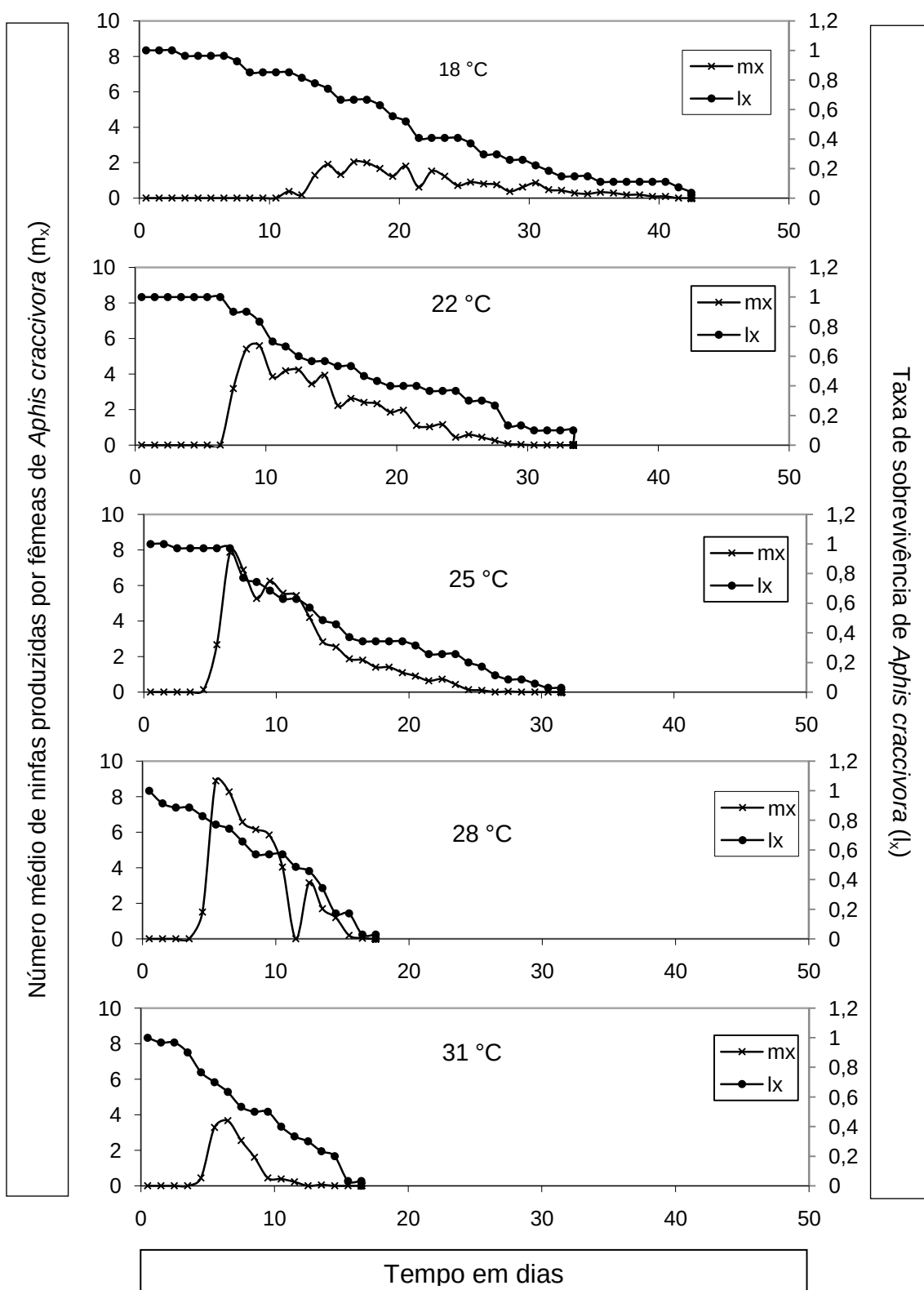


**Figura 3** Número médio de ninfas/fêmea ( $m_x$ ) e taxa de sobrevivência ( $l_x$ ) de *Aphis craccivora* em feijão-caupi sob temperaturas constantes. Teresina, 2017

#### 4 CONCLUSÕES

*Aphis craccivora* completa seu desenvolvimento acumulando 99,0 Graus-dia, sendo sua temperatura base inferior (Tb) de 9,1 °C.

Temperaturas entre 22 e 28 °C são ótimas para o crescimento e desenvolvimento populacional de *A. craccivora* em feijão-capi.

Temperaturas abaixo de 22 e acima de 28 °C reduzem o potencial biótico de *A. craccivora*.

O aumento da temperatura antecipa a reprodução e reduz a longevidade e esperança de vida de *A. craccivora* em feijão-caupi.

## REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. 2003. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos. 226 p.
- ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. 1954. The innate capacity for increase in numbers, p. 31 - 54. In: H. G. Andrewartha & L. C. Birch (eds.). The distribution and abundance of animals. Chicago, University of Chicago Press, 793 p.
- BARBOSA, L. R.; CARVALHO, C. F.; AUAD, A. M.; SOUZA, B. de; BATISTA E. S. P. de. Tabelas de esperança de vida e fertilidade de *Myzus persicae* sobre pimentão em laboratório e casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 375 - 382, 2011
- BERBERET, R. C.; GILES, K. L.; ZARRABI, A. A.; PAYTON, M. E. Development, reproduction, and within-plant infestation patterns of *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae) on alfalfa. **Environmental Entomology**, v. 38, n. 6, p. 1765 - 1771, 2009.
- BERG, G. N. The effect of temperature and host species on the population growth potential of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). **Australian Journal of Zoology**. v. 32, n. 1, p.345 - 52, 1984.  
<https://doi.org/10.1071/ZO9840345>
- CALORE, R. A.; GALLI, J. C.; PAZINI, W. C.; DUARTE, R. T.; GALLI, J. A. Fatores climáticos na dinâmica populacional de *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) e de *Scymnus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) em um pomar experimental de goiaba *Psidium guajava* L. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 67 - 74, 2013.
- CAMARGO, J. M. M. C.; MORAES, J. C.; OLIVEIRA, E. B.; PENTEADO, R. S. C.; CARVALHO, R. C. Z. de. Efeito da aplicação de nitrogênio e silício em plantas de *Pinus taeda* L. (Pinaceae) sobre a biologia e morfologia de *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae). **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1767-1774, 2008.
- CHAKRABORTI, D.; SARKAR, A.; MONDAL, H. A.; DAS, S. Tissue specific expression of potent insecticidal, *Allium sativum* leaf agglutinin (ASAL) in important pulse crop, chickpea (*Cicer arietinum* L.) to resist the phloem feeding *Aphis craccivora*. **Transgenic Research**, v.18, n. 4, p. 529 - 544, 2009.
- CHEN, C. Y.; CHIU, M. C.; KUO, M. H. Effect of warming with temperature oscillations on a low-latitude aphid, *Aphis craccivora*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 1, n. 103, p. 406 - 413, 2013.
- CIVIDANES, F. J. **Uso de graus-dia em entomologia, com particular referência ao percevejo da soja**. Funep, Jaboticabal-SP, 2000. 31p.
- CIVIDANES, F. J. Exigências térmicas de *Brevicoryne brassicae* e previsão de picos populacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 561- 566, 2003.
- CIVIDANES, F. J.; SOUZA, V. P. Exigências térmicas e tabelas de vida de fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 32 n. 3, p. 413 - 419, 2003.
- DIXON, A. F. G.; KINDLMANN, P. Role of plant abundance in determining the abundance of herbivorous insects. **Oecologia**, v. 83, p.281-283, 1990

EDWARDS, O. R. Interspecific and intraspecific variation in the performance of three pest aphid species on five grain legume hosts. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.100, n.1, p. 21 - 30, 2001.

EDWARDS O. R.; RIDSDILL-SMITH, T. J.; BERLANDIER, F. A. Aphids do not avoid resistance in Australian lupin (*Lupinus angustifolius*, L. luteus) varieties. **Bulletin of Entomological Research**, v. 93, n. 5, p. 403 - 411, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **Embrapa. Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 110p. (Embrapa Meio Norte. Sistemas de produção 2).

FERREIRA, A. D. C. L. de. 2015. Preferência de *Aphis craccivora*, Koch por variedades locais de feijão de corda oriundas de Pentecostes, Ceará. **Dissertação de Mestrado**. UFC, Ceará, 47 f.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.). **O caupi no Brasil**. Brasília, DF: IITA: EMBRAPA, 1988. p. 26 - 46.

GALLO, D. O.; NAKANO, S. S.; NETO, R. P. L.; CARVALHO, G. C.; BATISTA, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 2002, 920p.

GOMES, F. B; FORTUNATO, L. J; PACHECO, A. L. V; AZEVEDO, L. H; FREITAS, N; HOMMA, S. K. Incidência de pragas e desempenho produtivo de tomateiro orgânico em monocultivo e policultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 756-761, 2012.

HADDAD, M. L.; PARRA, J. R. P.; MORAES, R. C. B. **Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos**. Piracicaba, FEALQ, 1999. 29p.

HAFIZ, N. A. Use of life tables to asses host plant resistance in cowpea to *Aphis craccivora* koch (homoptera: aphididae). **Assiut University bulletin for environmental researches**. v. 9, n. 1, p. 1 - 6, 2006.

HAYAKAWA, D. L.; GRAFIUS, E.; STEHR, F. W. Effects of temperature on longevity, reproduction, and development of the asparagus aphid (Homoptera: Aphididae) and the parasitoid, *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology**. v.19, n.1, p. 890 - 897, 1990.

HERSELMAN, L.; THWAITES, R.; KIMMINS, F. M.; COURTOIS, B.; VAN DER MERWE, P. J. A.; SEAL, S. E. Identification and mapping of AFLP markers linked to peanut (*Arachis hypogaea* L.) resistance to the aphid vector of groundnut rosette disease. **Theoretical and Applied Genetics**, v.109, n. 7, p. 1426 - 1433, 2004.

HONEK, A. Geographical variation in thermal requirements for insect development. **European Journal of Entomology**, v. 93, p. 303 - 312, 1996.

HEYWORTH, E. R.; FERRARI, J. A facultative endosymbiont in aphids can provide diverse ecological benefits. **Evolutionary Biology**, v. 28, n. 1, p. 1753 - 1760, 2015.

ILHARCO, F. A. 1992. **Equilíbrio biológico de afídeos**. Braga, Fundação Calouste Gulbenkian, 303 p

JALALIPOUR, R.; SAHRAGARD, A.; MADAH, K.; KARIMI-MALATI, A. Comparative life table of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) on host plant, *Robinia pseudoacacia* under natural and laboratory conditions. **Journal of Entomological Society of Iran**, v. 36, n. 4, p. 249 - 257, 2017.

JANH, G. C.; ALMAZAN, L. P.; PACIA, J. Effect of nitrogen fertilizer on the intrinsic rate of increase of the rusty plum aphid, *Hysteroneura setariae* (Thomas) (Homoptera: Aphididae) on rice (*Oryza sativa* L.) **Environmental Entomology**, v. 34, n. 4, p. 938 - 943, 2005.

KAMPHUIS, L. G.; GAO, L.; SINGH, K. B. Identification and characterization of resistance to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in *Medicago truncatula*. **BMC Plant Biology**, n. 12, v. 101, 2012. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-101>

LAZZARI, S. M. N.; CARVALHO, R. C. Z.de. Sugadores de seiva (Aphidoidea). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos**. Bases para o manejo integrado de pragas. Brasília-DF, Embrapa, p. 1735-1902, 2013.

LAZZARI, S. M. N.; LAZZAROTTO, C. M. Distribuição altitudinal e sazonal de afídeos (Hemiptera: Aphididae) na Serra do mar, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 4, p. 891-897, 2005.

MAIA, A. H. N. de.; LUIZ, A. J. B.; CAMPANHOLA, C. Statistical Inference on Associated Fertility Life Parameters Using Jackknife Technique: Computational Aspects. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 2, p. 511-518, 2000. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.511>

MELVILLE, C. C.; LIMA, A. C. S.; MORAIS, E. G. F. de; OLIVEIRA, N. T. de. Preferência do pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae), a genótipos de feijão-caupi. **Revista Agroambiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 153 - 160, 2016.

MICHELOTTO, M. D.; BUSOLI, A. C. Biologia de *Aphis gossypii* em plantas infectadas pelo vírus do mosaico das nervuras do algodoeiro. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 1017-1024, 2009.

NOWIERSKI, R. M.; GUTIERREZ, A. P.; YANINEK, J. S. Estimation of thermal thresholds and age-specific life table parameters for the walnut aphid (Homoptera: Aphididae) under field conditions. **Environmental Entomology**, v. 12, p. 680 - 686, 1983.

OBOPILE, M. Economic threshold and injury levels for control of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Linnaeus (Homoptera: Aphididae) on cowpea. **African plant protection**, v.12, 2006.

OFUYA, T. I. Control of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae), in cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Integrated pest management reviews**. v. 2, n. 4, p.199 -207, 1997.

PEDIGO, L. P.; ZEISS, M. R. 1996. Developing a degree-day model for predicting insect development, p. 67–74. In: L. P. Pedigo & M. R. Zeiss (eds.). **Analyses in insect ecology and management**. Ame.: Iowa State University Press, 168 p.

PENTEADO, R. S. C.; *Cinara atlantica* (WILSON) (HEMIPTERA, APHIDIDAE): um estudo de biologia e associações: Desenvolvimento de um sistema computacional para cálculo de parâmetros biológicos e de crescimento populacional de afídeos – uma versão preliminar. 2007. 250f. **Tese (Doutorado)**. Curitiba, 2007.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BALDIN, D.; VILLANOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. Agronômica Ceres. São Paulo, 1976. 419p.

SOUZA, V. B. de.; CARVALHO, A. J. de.; SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M. de; LACERDA, M. L.; PEREIRA FILHO, I. A. Agronomic performance of cowpea elite lines in the states of Minas Gerais and Mato Grosso, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 90 - 98, 2018

STURZA, V. S.; DEQUECH, S. T. B.; MACHDO, S. L. O. de.; PONCIO, S.; BOLSAN, A.; GUTHS, C. Primeiro registro de *Aphis craccivora* Koch 1854 (Hemiptera: Aphididae) sobre plantas daninhas em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.11, p.1863 - 1866, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed., Artmed, 2013. 918 p.

TOWNSEND, C. R.; M. BEGON,; J. L. HARPER. 2006. **Fundamentos em Ecologia**. 2ª ed. Artmed, Porto Alegre.

TRUDGILL, D. L. Why do tropical poikilothermic organisms tend to have higher threshold temperature for development than temperate ones? **Functional Ecology**, v. 9, p. 136 – 137, 1995.

TRUDGILL, D. L.; PERRY, J. N. Thermal time and ecological strategies – a unifying hypothesis. **Annals applied biology**, v. 125, n. 3, p. 521-532, 1994.

VALENTE, E. C. N.; TRINDADE, R. C. P.; BROGLIO, S. M. F.; DUARTE, A. G.; RODRIGUES, V. M. de.; LIMA, H. M. A.; BATISTA, N. S.; SANTOS, J. S. dos. Aspectos biológicos de *Aphis craccivora* KOCH (Hemiptera: Aphididae) em cultivares de feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) WALP. **Ciência Agrícola**, v. 12, n. 1, p. 17-20, 2014.

WILSON, L.T.; W. W. BARNETT. Degree-days: an aid in crop and pest management. **California Agriculture**, v. 37, p. 4-7, 1983.

WONGSA, K.; DUANGPHAKDEE, O.; RATTANAWANNEE, A. Genetic Structure of the *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) From Thailand Inferred From Mitochondrial COI Gene Sequence. **Journal of Insect Science**, v.17, n.4, p. 1-9, 2017. doi: 10.1093/jisesa/iex058

WU, A.; THROWER, L. B. The physiological association between *Aphis craccivora* koch and *Vigna sesquipedalis* fruw. **New phytologist**, v.88, n.1, p. 89-102, 1981.

ZHAOZHI, L.; LIKAI, F.; GUIZHEN, G.; LING-LING, G.; HAN, P.; SHARMA, S.; ZALUCKI, M. P. Differences in the high-temperature tolerance of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) on cotton and soybean: implications for ecological niche switching among hosts. **The Japanese Society of Applied Entomology and Zoology**, v. 52, n. 1, p. 9 - 18, 2016. Doi:10.1007/s13355-016-0446-z

## APÊNDICES

**Apêndice 1:** Tabela de esperança de vida e fertilidade de *Aphis craccivora* em feijão-caupi a 18° C.

| x    | L <sub>x</sub> | d <sub>x</sub> | E <sub>x</sub> | T <sub>x</sub> | e <sub>x</sub> | 100q <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> | l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> x |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 0,5  | 27             | 0              | 27,0           | 579,5          | 21,46          | 0,00              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 1,5  | 27             | 0              | 27,0           | 552,5          | 20,46          | 0,00              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 2,5  | 27             | 1              | 26,5           | 525,5          | 19,46          | 3,70              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 3,5  | 26             | 0              | 26,0           | 499,0          | 19,19          | 0,00              | 0,00           | 0,96           | 0,00                          | 0,00                            |
| 4,5  | 26             | 0              | 26,0           | 473,0          | 18,19          | 0,00              | 0,00           | 0,96           | 0,00                          | 0,00                            |
| 5,5  | 26             | 0              | 26,0           | 447,0          | 17,19          | 0,00              | 0,00           | 0,96           | 0,00                          | 0,00                            |
| 6,5  | 26             | 1              | 25,5           | 421,0          | 16,19          | 3,85              | 0,00           | 0,96           | 0,00                          | 0,00                            |
| 7,5  | 25             | 2              | 24,0           | 395,5          | 15,82          | 8,00              | 0,00           | 0,93           | 0,00                          | 0,00                            |
| 8,5  | 23             | 0              | 23,0           | 371,5          | 16,15          | 0,00              | 0,00           | 0,85           | 0,00                          | 0,00                            |
| 9,5  | 23             | 0              | 23,0           | 348,5          | 15,15          | 0,00              | 0,00           | 0,85           | 0,00                          | 0,00                            |
| 10,5 | 23             | 0              | 23,0           | 325,5          | 14,15          | 0,00              | 0,00           | 0,85           | 0,00                          | 0,00                            |
| 11,5 | 23             | 1              | 22,5           | 302,5          | 13,15          | 4,35              | 0,38           | 0,85           | 0,00                          | 3,73                            |
| 12,5 | 22             | 1              | 21,5           | 280,0          | 12,73          | 4,55              | 0,19           | 0,81           | 0,00                          | 1,94                            |
| 13,5 | 21             | 1              | 20,5           | 258,5          | 12,31          | 4,76              | 1,29           | 0,78           | 0,01                          | 13,50                           |
| 14,5 | 20             | 2              | 19,0           | 238,0          | 11,90          | 10,00             | 1,90           | 0,74           | 0,01                          | 20,46                           |
| 15,5 | 18             | 0              | 18,0           | 219,0          | 12,17          | 0,00              | 1,33           | 0,67           | 0,01                          | 13,78                           |
| 16,5 | 18             | 0              | 18,0           | 201,0          | 11,17          | 0,00              | 2,05           | 0,67           | 0,01                          | 22,52                           |
| 17,5 | 18             | 1              | 17,5           | 183,0          | 10,17          | 5,56              | 2,00           | 0,67           | 0,01                          | 23,33                           |
| 18,5 | 17             | 2              | 16,0           | 165,5          | 9,74           | 11,76             | 1,67           | 0,63           | 0,01                          | 19,41                           |
| 19,5 | 15             | 1              | 14,5           | 149,5          | 9,97           | 6,67              | 1,24           | 0,56           | 0,01                          | 13,41                           |
| 20,5 | 14             | 3              | 12,5           | 135,0          | 9,64           | 21,43             | 1,81           | 0,52           | 0,01                          | 19,23                           |
| 21,5 | 11             | 0              | 11,0           | 122,5          | 11,14          | 0,00              | 0,62           | 0,41           | 0,00                          | 5,42                            |
| 22,5 | 11             | 0              | 11,0           | 111,5          | 10,14          | 0,00              | 1,52           | 0,41           | 0,01                          | 13,97                           |
| 23,5 | 11             | 0              | 11,0           | 100,5          | 9,14           | 0,00              | 1,24           | 0,41           | 0,01                          | 11,85                           |
| 24,5 | 11             | 1              | 10,5           | 89,5           | 8,14           | 9,09              | 0,71           | 0,41           | 0,00                          | 7,13                            |
| 25,5 | 10             | 2              | 9,0            | 79,0           | 7,90           | 20,00             | 0,90           | 0,37           | 0,00                          | 8,54                            |
| 26,5 | 8              | 0              | 8,0            | 70,0           | 8,75           | 0,00              | 0,81           | 0,30           | 0,00                          | 6,36                            |
| 27,5 | 8              | 1              | 7,5            | 62,0           | 7,75           | 12,50             | 0,76           | 0,30           | 0,00                          | 6,21                            |
| 28,5 | 7              | 0              | 7,0            | 54,5           | 7,79           | 0,00              | 0,38           | 0,26           | 0,00                          | 2,81                            |
| 29,5 | 7              | 1              | 6,5            | 47,5           | 6,79           | 14,29             | 0,62           | 0,26           | 0,00                          | 4,73                            |
| 30,5 | 6              | 1              | 5,5            | 41,0           | 6,83           | 16,67             | 0,86           | 0,22           | 0,00                          | 5,81                            |
| 31,5 | 5              | 1              | 4,5            | 35,5           | 7,10           | 20,00             | 0,48           | 0,19           | 0,00                          | 2,78                            |
| 32,5 | 4              | 0              | 4,0            | 31,0           | 7,75           | 0,00              | 0,43           | 0,15           | 0,00                          | 2,06                            |
| 33,5 | 4              | 0              | 4,0            | 27,0           | 6,75           | 0,00              | 0,29           | 0,15           | 0,00                          | 1,42                            |
| 34,5 | 4              | 1              | 3,5            | 23,0           | 5,75           | 25,00             | 0,24           | 0,15           | 0,00                          | 1,22                            |
| 35,5 | 3              | 0              | 3,0            | 19,5           | 6,50           | 0,00              | 0,33           | 0,11           | 0,00                          | 1,31                            |
| 36,5 | 3              | 0              | 3,0            | 16,5           | 5,50           | 0,00              | 0,29           | 0,11           | 0,00                          | 1,16                            |
| 37,5 | 3              | 0              | 3,0            | 13,5           | 4,50           | 0,00              | 0,19           | 0,11           | 0,00                          | 0,79                            |
| 38,5 | 3              | 0              | 3,0            | 10,5           | 3,50           | 0,00              | 0,19           | 0,11           | 0,00                          | 0,81                            |
| 39,5 | 3              | 0              | 3,0            | 7,5            | 2,50           | 0,00              | 0,10           | 0,11           | 0,00                          | 0,42                            |
| 40,5 | 3              | 1              | 2,5            | 4,5            | 1,50           | 33,33             | 0,10           | 0,11           | 0,00                          | 0,43                            |
| 41,5 | 2              | 1              | 1,5            | 2,0            | 1,00           | 50,00             | 0,00           | 0,07           | 0,00                          | 0,00                            |
| 42,5 | 1              | 1              | 0,5            | 0,5            | 0,50           | 100,00            | 0,00           | 0,04           | 0,00                          | 0,00                            |

x: intervalo de idade; L<sub>x</sub>: número de sobreviventes; d<sub>x</sub>: número de indivíduos mortos; E<sub>x</sub>: estrutura etária; T<sub>x</sub>: número total de indivíduos por intervalo de idade; e<sub>x</sub>: expectativa de vida; 100q<sub>x</sub>: probabilidade de morte; l<sub>x</sub>: expectativa de vida até a idade x; m<sub>x</sub>: fertilidade específica; l<sub>x</sub>m<sub>x</sub>: total de fêmeas nascidas na idade x

**Apêndice 2:** Tabela de esperança de vida e fertilidade de *Aphis craccivora* em feijão-caupi a 22° C.

| x    | L <sub>x</sub> | d <sub>x</sub> | E <sub>x</sub> | T <sub>x</sub> | e <sub>x</sub> | 100q <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> | l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> x |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 0,5  | 30             | 0              | 30,0           | 538,0          | 17,93          | 0,00              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 1,5  | 30             | 0              | 30,0           | 508,0          | 16,93          | 0,00              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 2,5  | 30             | 0              | 30,0           | 478,0          | 15,93          | 0,00              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 3,5  | 30             | 0              | 30,0           | 448,0          | 14,93          | 0,00              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 4,5  | 30             | 0              | 30,0           | 418,0          | 13,93          | 0,00              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 5,5  | 30             | 0              | 30,0           | 388,0          | 12,93          | 0,00              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 6,5  | 30             | 3              | 28,5           | 358,0          | 11,93          | 10,00             | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 7,5  | 27             | 0              | 27,0           | 329,5          | 12,20          | 0,00              | 3,19           | 0,90           | 0,03                          | 21,50                           |
| 8,5  | 27             | 2              | 26,0           | 302,5          | 11,20          | 7,41              | 5,41           | 0,90           | 0,05                          | 41,37                           |
| 9,5  | 25             | 4              | 23,0           | 276,5          | 11,06          | 16,00             | 5,59           | 0,83           | 0,05                          | 44,27                           |
| 10,5 | 21             | 1              | 20,5           | 253,5          | 12,07          | 4,76              | 3,85           | 0,70           | 0,03                          | 28,31                           |
| 11,5 | 20             | 2              | 19,0           | 233,0          | 11,65          | 10,00             | 4,19           | 0,67           | 0,03                          | 32,09                           |
| 12,5 | 18             | 1              | 17,5           | 214,0          | 11,89          | 5,56              | 4,22           | 0,60           | 0,03                          | 31,67                           |
| 13,5 | 17             | 0              | 17,0           | 196,5          | 11,56          | 0,00              | 3,44           | 0,57           | 0,02                          | 26,35                           |
| 14,5 | 17             | 1              | 16,5           | 179,5          | 10,56          | 5,88              | 3,93           | 0,57           | 0,02                          | 32,26                           |
| 15,5 | 16             | 0              | 16,0           | 163,0          | 10,19          | 0,00              | 2,22           | 0,53           | 0,01                          | 18,37                           |
| 16,5 | 16             | 2              | 15,0           | 147,0          | 9,19           | 12,50             | 2,63           | 0,53           | 0,01                          | 23,14                           |
| 17,5 | 14             | 1              | 13,5           | 132,0          | 9,43           | 7,14              | 2,41           | 0,47           | 0,01                          | 19,66                           |
| 18,5 | 13             | 1              | 12,5           | 118,5          | 9,12           | 7,69              | 2,33           | 0,43           | 0,01                          | 18,71                           |
| 19,5 | 12             | 0              | 12,0           | 106,0          | 8,83           | 0,00              | 1,85           | 0,40           | 0,01                          | 14,44                           |
| 20,5 | 12             | 0              | 12,0           | 94,0           | 7,83           | 0,00              | 1,96           | 0,40           | 0,01                          | 16,10                           |
| 21,5 | 12             | 1              | 11,5           | 82,0           | 6,83           | 8,33              | 1,11           | 0,40           | 0,00                          | 9,56                            |
| 22,5 | 11             | 0              | 11,0           | 70,5           | 6,41           | 0,00              | 1,04           | 0,37           | 0,00                          | 8,56                            |
| 23,5 | 11             | 0              | 11,0           | 59,5           | 5,41           | 0,00              | 1,15           | 0,37           | 0,00                          | 9,89                            |
| 24,5 | 11             | 2              | 10,0           | 48,5           | 4,41           | 18,18             | 0,44           | 0,37           | 0,00                          | 3,99                            |
| 25,5 | 9              | 0              | 9,0            | 38,5           | 4,28           | 0,00              | 0,59           | 0,30           | 0,00                          | 4,53                            |
| 26,5 | 9              | 1              | 8,5            | 29,5           | 3,28           | 11,11             | 0,44           | 0,30           | 0,00                          | 3,53                            |
| 27,5 | 8              | 4              | 6,0            | 21,0           | 2,63           | 50,00             | 0,26           | 0,27           | 0,00                          | 1,90                            |
| 28,5 | 4              | 0              | 4,0            | 15,0           | 3,75           | 0,00              | 0,07           | 0,13           | 0,00                          | 0,28                            |
| 29,5 | 4              | 1              | 3,5            | 11,0           | 2,75           | 25,00             | 0,04           | 0,13           | 0,00                          | 0,15                            |
| 30,5 | 3              | 0              | 3,0            | 7,5            | 2,50           | 0,00              | 0,00           | 0,10           | 0,00                          | 0,00                            |
| 31,5 | 3              | 0              | 3,0            | 4,5            | 1,50           | 0,00              | 0,00           | 0,10           | 0,00                          | 0,00                            |
| 32,5 | 3              | 3              | 1,5            | 1,5            | 0,50           | 100,00            | 0,00           | 0,10           | 0,00                          | 0,00                            |

x: intervalo de idade; L<sub>x</sub>: número de sobreviventes; d<sub>x</sub>: número de indivíduos mortos; E<sub>x</sub>: estrutura etária; T<sub>x</sub>: número total de indivíduos por intervalo de idade; e<sub>x</sub>: expectativa de vida; 100q<sub>x</sub>: probabilidade de morte; l<sub>x</sub>: expectativa de vida até a idade x; m<sub>x</sub>: fertilidade específica; l<sub>x</sub>m<sub>x</sub>: total de fêmeas nascidas na idade x

**Apêndice 3:** Tabela de esperança de vida e fertilidade de *Aphis craccivora* em feijão-caupi a 25° C.

| x    | L <sub>x</sub> | d <sub>x</sub> | E <sub>x</sub> | T <sub>x</sub> | e <sub>x</sub> | 100q <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> | l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> x |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 0,5  | 35             | 0              | 35,0           | 522,5          | 14,93          | 0,00              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 1,5  | 35             | 1              | 34,5           | 487,5          | 13,93          | 2,86              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 2,5  | 34             | 0              | 34,0           | 453,0          | 13,32          | 0,00              | 0,00           | 0,97           | 0,00                          | 0,00                            |
| 3,5  | 34             | 0              | 34,0           | 419,0          | 12,32          | 0,00              | 0,00           | 0,97           | 0,00                          | 0,00                            |
| 4,5  | 34             | 0              | 34,0           | 385,0          | 11,32          | 0,00              | 0,13           | 0,97           | 0,00                          | 0,56                            |
| 5,5  | 34             | 0              | 34,0           | 351,0          | 10,32          | 0,00              | 2,58           | 0,97           | 0,03                          | 13,79                           |
| 6,5  | 34             | 7              | 30,5           | 317,0          | 9,32           | 20,59             | 8,10           | 0,97           | 0,08                          | 51,13                           |
| 7,5  | 27             | 1              | 26,5           | 286,5          | 10,61          | 3,70              | 7,03           | 0,77           | 0,05                          | 40,69                           |
| 8,5  | 26             | 2              | 25,0           | 260,0          | 10,00          | 7,69              | 5,32           | 0,74           | 0,04                          | 33,61                           |
| 9,5  | 24             | 2              | 23,0           | 235,0          | 9,79           | 8,33              | 6,42           | 0,69           | 0,04                          | 41,82                           |
| 10,5 | 22             | 0              | 22,0           | 212,0          | 9,64           | 0,00              | 5,81           | 0,63           | 0,04                          | 38,32                           |
| 11,5 | 22             | 2              | 21,0           | 190,0          | 8,64           | 9,09              | 5,71           | 0,63           | 0,04                          | 41,27                           |
| 12,5 | 20             | 3              | 18,5           | 169,0          | 8,45           | 15,00             | 4,06           | 0,57           | 0,02                          | 29,03                           |
| 13,5 | 17             | 1              | 16,5           | 150,5          | 8,85           | 5,88              | 2,74           | 0,49           | 0,01                          | 17,98                           |
| 14,5 | 16             | 3              | 14,5           | 134,0          | 8,38           | 18,75             | 2,45           | 0,46           | 0,01                          | 16,25                           |
| 15,5 | 13             | 1              | 12,5           | 119,5          | 9,19           | 7,69              | 1,81           | 0,37           | 0,01                          | 10,40                           |
| 16,5 | 12             | 0              | 12,0           | 107,0          | 8,92           | 0,00              | 1,74           | 0,34           | 0,01                          | 9,85                            |
| 17,5 | 12             | 0              | 12,0           | 95,0           | 7,92           | 0,00              | 1,35           | 0,34           | 0,00                          | 8,13                            |
| 18,5 | 12             | 0              | 12,0           | 83,0           | 6,92           | 0,00              | 1,35           | 0,34           | 0,00                          | 8,59                            |
| 19,5 | 12             | 1              | 11,5           | 71,0           | 5,92           | 8,33              | 1,06           | 0,34           | 0,00                          | 7,12                            |
| 20,5 | 11             | 2              | 10,0           | 59,5           | 5,41           | 18,18             | 0,87           | 0,31           | 0,00                          | 5,61                            |
| 21,5 | 9              | 0              | 9,0            | 49,5           | 5,50           | 0,00              | 0,61           | 0,26           | 0,00                          | 3,39                            |
| 22,5 | 9              | 0              | 9,0            | 40,5           | 4,50           | 0,00              | 0,71           | 0,26           | 0,00                          | 4,11                            |
| 23,5 | 9              | 2              | 8,0            | 31,5           | 3,50           | 22,22             | 0,42           | 0,26           | 0,00                          | 2,53                            |
| 24,5 | 7              | 1              | 6,5            | 23,5           | 3,36           | 14,29             | 0,13           | 0,20           | 0,00                          | 0,63                            |
| 25,5 | 6              | 2              | 5,0            | 17,0           | 2,83           | 33,33             | 0,10           | 0,17           | 0,00                          | 0,42                            |
| 26,5 | 4              | 1              | 3,5            | 12,0           | 3,00           | 25,00             | 0,00           | 0,11           | 0,00                          | 0,00                            |
| 27,5 | 3              | 0              | 3,0            | 8,5            | 2,83           | 0,00              | 0,03           | 0,09           | 0,00                          | 0,08                            |
| 28,5 | 3              | 1              | 2,5            | 5,5            | 1,83           | 33,33             | 0,00           | 0,09           | 0,00                          | 0,00                            |
| 29,5 | 2              | 1              | 1,5            | 3,0            | 1,50           | 50,00             | 0,00           | 0,06           | 0,00                          | 0,00                            |
| 30,5 | 1              | 0              | 1,0            | 1,5            | 1,50           | 0,00              | 0,00           | 0,03           | 0,00                          | 0,00                            |
| 31,5 | 1              | 1              | 0,5            | 0,5            | 0,50           | 100,00            | 0,00           | 0,03           | 0,00                          | 0,00                            |

x: intervalo de idade; L<sub>x</sub>: número de sobreviventes; d<sub>x</sub>: número de indivíduos mortos; E<sub>x</sub>: estrutura etária; T<sub>x</sub>: número total de indivíduos por intervalo de idade; e<sub>x</sub>: expectativa de vida; 100q<sub>x</sub>: probabilidade de morte; l<sub>x</sub>: expectativa de vida até a idade x; m<sub>x</sub>: fertilidade específica; l<sub>x</sub>m<sub>x</sub>: total de fêmeas nascidas na idade x

**Apêndice 4:** Tabela de esperança de vida e fertilidade de *Aphis craccivora* em feijão-caupi a 28° C.

| x    | L <sub>x</sub> | d <sub>x</sub> | E <sub>x</sub> | T <sub>x</sub> | e <sub>x</sub> | 100q <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> | l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> x |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 0,5  | 35             | 3              | 33,5           | 335,5          | 9,59           | 8,57              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 1,5  | 32             | 1              | 31,5           | 302,0          | 9,44           | 3,13              | 0,00           | 0,91           | 0,00                          | 0,00                            |
| 2,5  | 31             | 0              | 31,0           | 270,5          | 8,73           | 0,00              | 0,00           | 0,89           | 0,00                          | 0,00                            |
| 3,5  | 31             | 2              | 30,0           | 239,5          | 7,73           | 6,45              | 0,00           | 0,89           | 0,00                          | 0,00                            |
| 4,5  | 29             | 2              | 28,0           | 209,5          | 7,22           | 6,90              | 1,48           | 0,83           | 0,01                          | 5,52                            |
| 5,5  | 27             | 1              | 26,5           | 181,5          | 6,72           | 3,70              | 8,88           | 0,77           | 0,07                          | 37,68                           |
| 6,5  | 26             | 3              | 24,5           | 155,0          | 5,96           | 11,54             | 8,12           | 0,74           | 0,06                          | 39,21                           |
| 7,5  | 23             | 3              | 21,5           | 130,5          | 5,67           | 13,04             | 6,48           | 0,66           | 0,04                          | 31,94                           |
| 8,5  | 20             | 0              | 20,0           | 109,0          | 5,45           | 0,00              | 5,88           | 0,57           | 0,03                          | 28,56                           |
| 9,5  | 20             | 0              | 20,0           | 89,0           | 4,45           | 0,00              | 5,88           | 0,57           | 0,03                          | 31,92                           |
| 10,5 | 20             | 3              | 18,5           | 69,0           | 3,45           | 15,00             | 3,84           | 0,57           | 0,02                          | 23,04                           |
| 11,5 | 17             | 1              | 16,5           | 50,5           | 2,97           | 5,88              | 0,00           | 0,49           | 0,00                          | 0,00                            |
| 12,5 | 16             | 4              | 14,0           | 34,0           | 2,13           | 25,00             | 3,04           | 0,46           | 0,01                          | 17,37                           |
| 13,5 | 12             | 6              | 9,0            | 20,0           | 1,67           | 50,00             | 1,56           | 0,34           | 0,01                          | 7,22                            |
| 14,5 | 6              | 0              | 6,0            | 11,0           | 1,83           | 0,00              | 0,96           | 0,17           | 0,00                          | 2,39                            |
| 15,5 | 6              | 5              | 3,5            | 5,0            | 0,83           | 83,33             | 0,20           | 0,17           | 0,00                          | 0,53                            |
| 16,5 | 1              | 0              | 1,0            | 1,5            | 1,50           | 0,00              | 0,04           | 0,03           | 0,00                          | 0,02                            |
| 17,5 | 1              | 1              | 0,5            | 0,5            | 0,50           | 100,00            | 0,16           | 0,03           | 0,00                          | 0,08                            |

x: intervalo de idade; L<sub>x</sub>: número de sobreviventes; d<sub>x</sub>: número de indivíduos mortos; E<sub>x</sub>: estrutura etária; T<sub>x</sub>: número total de indivíduos por intervalo de idade; e<sub>x</sub>: expectativa de vida; 100q<sub>x</sub>: probabilidade de morte; l<sub>x</sub>: expectativa de vida até a idade x; m<sub>x</sub>: fertilidade específica; l<sub>x</sub>m<sub>x</sub>: total de fêmeas nascidas na idade x

**Apêndice 5:** Tabela de esperança de vida e fertilidade de *Aphis craccivora* em feijão-caupi a 31° C.

| x    | L <sub>x</sub> | d <sub>x</sub> | E <sub>x</sub> | T <sub>x</sub> | e <sub>x</sub> | 100q <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> | l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> | m <sub>x</sub> l <sub>x</sub> x |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 0,5  | 30             | 1              | 29,5           | 255,0          | 8,50           | 3,33              | 0,00           | 1,00           | 0,00                          | 0,00                            |
| 1,5  | 29             | 0              | 29,0           | 225,5          | 7,78           | 0,00              | 0,00           | 0,97           | 0,00                          | 0,00                            |
| 2,5  | 29             | 2              | 28,0           | 196,5          | 6,78           | 6,90              | 0,00           | 0,97           | 0,00                          | 0,00                            |
| 3,5  | 27             | 4              | 25,0           | 168,5          | 6,24           | 14,81             | 0,00           | 0,90           | 0,00                          | 0,00                            |
| 4,5  | 23             | 2              | 22,0           | 143,5          | 6,24           | 8,70              | 0,44           | 0,77           | 0,00                          | 1,53                            |
| 5,5  | 21             | 2              | 20,0           | 121,5          | 5,79           | 9,52              | 3,28           | 0,70           | 0,02                          | 12,62                           |
| 6,5  | 19             | 3              | 17,5           | 101,5          | 5,34           | 15,79             | 3,67           | 0,63           | 0,02                          | 15,09                           |
| 7,5  | 16             | 1              | 15,5           | 84,0           | 5,25           | 6,25              | 2,56           | 0,53           | 0,01                          | 10,22                           |
| 8,5  | 15             | 0              | 15,0           | 68,5           | 4,57           | 0,00              | 1,61           | 0,50           | 0,01                          | 6,85                            |
| 9,5  | 15             | 3              | 13,5           | 53,5           | 3,57           | 20,00             | 0,44           | 0,50           | 0,00                          | 2,11                            |
| 10,5 | 12             | 2              | 11,0           | 40,0           | 3,33           | 16,67             | 0,39           | 0,40           | 0,00                          | 1,63                            |
| 11,5 | 10             | 1              | 9,5            | 29,0           | 2,90           | 10,00             | 0,22           | 0,33           | 0,00                          | 0,85                            |
| 12,5 | 9              | 2              | 8,0            | 19,5           | 2,17           | 22,22             | 0,00           | 0,30           | 0,00                          | 0,00                            |
| 13,5 | 7              | 1              | 6,5            | 11,5           | 1,64           | 14,29             | 0,06           | 0,23           | 0,00                          | 0,18                            |
| 14,5 | 6              | 5              | 3,5            | 5,0            | 0,83           | 83,33             | 0,00           | 0,20           | 0,00                          | 0,00                            |
| 15,5 | 1              | 0              | 1,0            | 1,5            | 1,50           | 0,00              | 0,00           | 0,03           | 0,00                          | 0,00                            |
| 16,5 | 1              | 1              | 0,5            | 0,5            | 0,50           | 100,00            | 0,00           | 0,03           | 0,00                          | 0,00                            |

x: intervalo de idade; L<sub>x</sub>: número de sobreviventes; d<sub>x</sub>: número de indivíduos mortos; E<sub>x</sub>: estrutura etária; T<sub>x</sub>: número total de indivíduos por intervalo de idade; e<sub>x</sub>: expectativa de vida; 100q<sub>x</sub>: probabilidade de morte; l<sub>x</sub>: expectativa de vida até a idade x; m<sub>x</sub>: fertilidade específica; l<sub>x</sub>m<sub>x</sub>: total de fêmeas nascidas na idade x

## CAPÍTULO 2

### EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E TABELAS DE VIDA DE FERTILIDADE DO PULGÃO PRETO EM FEIJÃO-CAUPI SOB CONDIÇÕES NATURAIS

#### RESUMO

As condições ambientais influenciam os parâmetros de desenvolvimento e de reprodução dos insetos, principalmente a temperatura, a qual afeta a biologia dos insetos direta e indiretamente. Modelos matemáticos baseados na constante térmica de desenvolvimento têm sido utilizados para prevê a ocorrência de adultos nos campos de cultivo, auxiliando no manejo integrado de pragas, sobretudo quando são conhecidas as tabelas de vida e de fertilidade de uma população. Objetivou-se elaborar as tabelas de esperança de vida e de fertilidade de *Aphis craccivora* em diferentes épocas do ano e, como base em suas exigências térmicas, prevê a ocorrência de adultos em condições de campo. Para isso, pulgões de idade conhecida foram mantidos em gaiolas sobre feijão-caupi em diferentes épocas do ano, novembro de 2016, março, abril e junho de 2017 no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí. Os parâmetros de desenvolvimento, fertilidade e mortalidade foram observados diariamente, permitindo a elaboração das tabelas de esperança de vida de fertilidade, bem como a obtenção dos Graus-dia acumulados para a previsão de adultos. A época do ano afetou significativamente o primeiro e o segundo estágio de desenvolvimento do pulgão preto do caupi, bem como o período ninfal, período reprodutivo, a longevidade, ciclo biológico, o número de ninfas produzidas por fêmea e a produção diária de ninfas por fêmea, bem como a esperança de vida ( $e_x$ ) e sobrevivência ( $L_x$ ). No entanto, para as tabelas de vida de fertilidade, só houve diferenças estatísticas para a taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ). O modelo Graus-dia proposto obteve uma acurácia de um dia para mais ou para menos, com erro máximo de 12,9%. Concluiu-se que o modelo proposto é adequado para prevê a ocorrência de adultos no campo e que os parâmetros populacionais de *A. craccivora* em feijão-caupi são afetados negativamente durante o mês de novembro e positivamente em junho.

**Palavras-chave:** *Aphis craccivora*, *Vigna unguiculata*, ecologia de insetos, temperatura, constante térmica

## THERMAL REQUIREMENTS AND AGE-SPECIFIC LIFE TABLES OF COWPEA APHID IN CAUPI BEANS UNDER “FIELD” CONDITIONS

### ABSTRACT

Environmental conditions influence the development and reproduction parameters of insects, especially temperature, which affects the biology of insects directly and indirectly. Mathematical models based on the thermal constant of development have been used to predict the occurrence of adults in the fields of cultivation, aiding in integrated pest management, especially when the age-specific life tables of a population are known. The objective of this study was to elaborate the age-specific life tables of *Aphis craccivora* at different times of the year and, as a basis for their thermal requirements, to predict the occurrence of adults in field conditions. To this end, aphids of known age were kept in cages over cowpea plants at different times of the year, november 2016, march, april and june 2017 at the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Piauí. The parameters of development, fertility and mortality were observed daily, allowing the elaboration of the age-specific life tables, as well as the achievement of accumulated Degrees-day for the prediction of adults. The time of year affected the first and second stages of development of the cowpea aphid, as well as the nymphal period, reproductive period, the longevity, biological cycle, the number of nymphs produced per female and daily production of nymphs per female, as well as life expectancy ( $e_x$ ) and survival ( $L_x$ ). However, for the fertility life tables, there were only statistical differences for the net reproduction rate ( $R_0$ ). The Degrees-day proposed day got an accuracy of one day, for more and for less, with an maximum error of 12.9%. It was concluded that the proposed model is adequate to predict the occurrence of adults in the field and that the population parameters of *A. craccivora* in cowpea are negatively affected during the month of november and positively in june.

**Key words:** *Aphis craccivora*, *Vigna unguiculata*, insect ecology, temperature, thermal constant

## LISTA DE IMAGENS

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Imagem 1</b> Ambiente usado para os bioensaios em condições naturais. Teresina, 2017. ....                               | 64 |
| <b>Imagem 2</b> Gaiola utilizada para confinamento do pulgão preto do caupi em folhas de feijão-caupi. Teresina, 2017. .... | 65 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 4</b> Sobrevivência ( $L_x$ ) e expectativa de vida ( $e_x$ ) de <i>Aphis craccivora</i> em feijão-caupi sob condições “naturais”. Teresina, 2017 .....                  | 77 |
| <b>Figura 5</b> Número médio de ninfas/fêmea ( $m_x$ ) e taxa de sobrevivência ( $l_x$ ) de <i>Aphis craccivora</i> em feijão-caupi sob condições “naturais”. Teresina, 2017 ..... | 78 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 5</b> Períodos médios de desenvolvimento e parâmetros reprodutivos de <i>Aphis craccivora</i> em feijão-caupi sob condições “naturais”. Teresina, 2017 .....                                                                                                                                     | 68 |
| <b>Tabela 6</b> Dados médios mensais de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação registrados, em estação meteorológica automática, no município de Teresina-PI.....                                                                                                                              | 69 |
| <b>Tabela 7</b> Parâmetros demográficos de <i>Aphis craccivora</i> em feijão-caupi sob condições “naturais” em quatro épocas do ano. Teresina, 2017 .....                                                                                                                                                  | 73 |
| <b>Tabela 8</b> Valores calculados por meio do teste de prova “G” para comparação das curvas de sobrevivência.....                                                                                                                                                                                         | 75 |
| <b>Tabela 9</b> Período de desenvolvimento (PD) do pulgão preto do feijão-caupi, do nascimento ao adulto, com base nas suas exigências térmicas, considerando a temperatura base inferior de desenvolvimento (Tb) de 9,13 °C e a constante térmica (K) 99 GD, obtidas em laboratório. Teresina, 2017 ..... | 79 |

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma cultura tradicionalmente plantada no Nordeste brasileiro, por agricultores familiares, os quais o cultivam em pequenas áreas e, muitas vezes em consórcio. O feijão-caupi vem se expandindo para outras regiões do Brasil, principalmente para o Centro-Oeste, em razão da sua ampla adaptabilidade às condições tropicais e ao baixo custo de produção, bem como ao desenvolvimento de variedades com arquitetura moderna, aptas à colheita mecânica. Estas características permitiram que a cultura pudesse ser usada em plantios em grandes áreas, incorporada aos arranjos produtivos de soja, arroz e milho, especialmente na safrinha, o que vem acarretando rápida expansão de seu cultivo (NASCIMENTO, 2011).

A mudança na forma de cultivo de uma cultura pode trazer consequências indesejáveis, como o surgimento de novas pragas ou doenças, ou mesmo surtos populacionais de um determinado organismo, levando-o ao status de praga, causando prejuízos econômicos.

A disponibilidade de alimento é um dos principais fatores que regulam a distribuição e abundância de uma população e a implementação da monocultura em grandes áreas têm proporcionado um aumento na população de insetos fitófagos (GALLO et al, 2002), sobretudo de afídeos (DIXON; KINDLMANN, 1990), que possuem um elevado potencial biótico e são importantes transmissores de vírus às plantas (ILHARCO, 1992).

*Aphis craccivora* (Koch.), também conhecido como pulgão preto do caupi ou cowpea aphid, é um inseto de cor preta, pequeno, com fêmeas adultas medindo cerca de 1,22 a 2,4 mm (SOBKOWIAK et al., 2017). Provavelmente teve origem na região paleoártica (BLACKMAN; EASTOP, 2000), mas se tornou cosmopolita, tendo sido registrado em todas as regiões do mundo, exceto na Antártica, causando danos em diversas culturas (KAMPHUIS et al., 2012).

O pulgão preto do caupi é considerado a principal praga associado ao feijão-caupi na África, Ásia e América Latina (SINGH; JACKAI, 1985; PETTERSSON et al., 1998). De acordo com Obopile (2006) as injúrias ao feijão-caupi provocados por *A. craccivora* são causadas pela alimentação de adultos e ninfas, seja diretamente pela sucção da seiva elaborada nas folhas, vagens e outros tecidos aéreos da planta, ou

indiretamente através da transmissão de doenças virais. Durante o estágio de plântula, os pulgões se alimentam de caules, brotos terminais e pecíolos e, à medida que as plantas amadurecem, eles se movem para as vagens e as flores. Segundo Obopile (2006) a alimentação excessiva provoca o encolhimento das plantas e o atraso no início da floração e as perdas de rendimento podem ser maiores que 50% quando infestações elevadas não são controladas.

*A. caraccivora* se torna mais importante por ser transmissor de vírus, de forma não persistente, que infectam o feijão-caupi por infecção simples ou mista, com CMV (*Cucumber mosaic virus*) e CABMV (*Cucumber Aphid-Born Mosaic Virus*) (OLIVEIRA et al., 2011). Neste caso, as reduções de produção podem chegar a 87%, dependendo da suscetibilidade da cultivar, estirpe do vírus e das condições ambientais (BASHIR et al., 2002)

Segundo Silveira Neto (1976) além da disponibilidade de alimentos, a temperatura é um fator que influencia a biologia dos insetos; diretamente ela afeta a velocidade de desenvolvimento e indiretamente o comportamento e alimentação. De acordo com este autor a faixa ótima de temperatura está entre a temperatura limiar máxima ou superior ( $T_s$ ), em torno de 38 °C, e o limite mínimo ou inferior ( $T_b$ ), de aproximadamente 15 °C. Entre 38 e 48 °C os insetos entram em estivação temporária, podendo reassumir a atividade normal se a temperatura baixar. Acima de 48 °C entram em estivação permanente.

Tendo em vista que a velocidade de desenvolvimento dos insetos tem uma relação direta com a temperatura, dentro da faixa ótima, é possível acompanhar o desenvolvimento de uma espécie por meio de modelos matemáticos, que utilizam a temperatura para estimar seu estágio de desenvolvimento, auxiliando as estratégias empregadas no manejo integrado de pragas (CIVIDANES, 2003).

Segundo Haddad et al. (1999) as necessidades térmicas dos insetos são avaliadas através da constante térmica  $K$ , expressa em graus-dia (GD). Essa constante, parte da hipótese de que o produto da duração do desenvolvimento pela temperatura é uma constante, sendo que o somatório do produto da temperatura pelo desenvolvimento só é computado acima de uma temperatura mínima inferior, chamada de temperatura base (*Threshold*), na qual abaixo dela não há desenvolvimento.

Cividanes e Carvalho (2000) propuseram um modelo de graus-dia para a previsão de picos populacionais de *Piezodorus guildinii* (West.) em campos de soja.

Eles utilizaram dados sobre as exigências térmicas do percevejo, obtidas em laboratório, para computar a soma térmica deste inseto no campo, baseando-se na presença de adultos ou posturas do percevejo como sendo o início da contagem dos graus-dia. Segundo Cividanes e Carvalho (2000) o modelo de graus-dia proposto foi adequado para a previsão de ocorrência de adultos, obtendo-se uma precisão de 91,9% entre a data prevista pelo modelo e a data observada de adultos no campo. Estes autores também observaram que o momento para dar início à contagem dos graus-dia é primordial para uma boa precisão do modelo e afirmaram que quando o início da contagem dos graus-dia foi realizada com base em adultos coletados em armadilhas, o modelo apresentou erro acima de 70%, sendo, portanto, inadequado.

Cividanes (2003) estudou as exigências térmicas de *Brevicoryne brassicae* L., em plantas de couve, sob temperaturas constantes, em laboratório, e sob temperaturas não controladas e observou que a “Tb” e “K” obtidos em laboratório possibilitam prever com maior precisão a ocorrência de adultos de *B. brassicae* do que os resultados de Tb e K determinados a partir de experimentos em campo. O modelo de graus-dia proposto por este autor apresentou acurácia de um dia para mais ou para menos, sendo o erro médio, em relação às datas previstas e observadas de pulgões adultos no campo, de 8,7% com os dados de laboratório e de 13,1% utilizando os dados de campo.

Cividanes e Souza (2003) determinaram as exigências térmicas do pulgão *Myzus persicae* (Sulzer), mantidos sob folhas de couve, e propuseram um modelo a fim de prever a ocorrência de adultos no campo, por meio do limite térmico inferior de desenvolvimento (Tb em °C) e a constante térmica (K em GD) obtidas em laboratório. De acordo com Cividanes e Souza (2003) o modelo graus-dia foi adequado e eficaz, obtendo precisão de 0 a 1 dia antes da data na qual foram registrados pulgões adultos no campo, sendo o erro médio de 15%, considerado aceitável para este tipo de modelo para serem utilizados em programas de manejo integrado de pragas.

O feijão-caupi, por ser uma cultura ainda em expansão, não tem um manejo integrado de pragas consolidado. O manejo fitossanitário da cultura geralmente é feito, por pequenos agricultores, com bases em calendários e experiências adquiridas durante a vida do agricultor. Outro problema é que até 2017 só existiam 4 produtos registrados para esta cultura. Em 31 de agosto de 2017 o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) juntamente com o Ibama e a

Anvisa aprovaram uma Nota técnica (GF CFSI nº3/2017) que modifica o anexo da Instrução Normativa Conjunta nº1, de 16 junho de 2014, que trata da utilização de defensivos na produção de feijão-caupi (BRASIL, 2017). Esta modificação coloca o feijão-caupi no mesmo grupo do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e amendoim (*Arachis hypogaea*), possibilitando a utilização dos produtos recomendados para estas culturas no feijão-caupi. Isso pode favorecer as exportações, tendo em vista que agora há uma regulamentação.

Por outro lado, o uso indiscriminado de defensivos químicos podem trazer diversos problemas, dentre eles os problemas ecológicos, como surgimento de uma nova praga ou mesmo a extinção de espécies benéficas (GALLO et al., 2002).

Segundo Gallo et al. (2002) as bases para a implementação de um manejo integrado de pragas são: Reconhecimento das pragas chave e de seus inimigos naturais, conhecimento de como os fatores climáticos interferem nessas densidades populacionais, determinação do nível de dano econômico e de controle, avaliações populacionais e avaliação das técnicas de controle. Townsend et al. (2006) afirmam que só é possível controlar uma população muito elevada (praga) quando se reconhece que ela está sob taxas de natalidade máxima e isso só pode ser realizado monitorando-se acuradamente os nascimentos ou o total de indivíduos.

Segundo Silveira Neto et al. (1976) e Townsend et al. (2006) as tabelas de vida são essenciais para se conhecer os padrões demográficos de uma população, pois resumem índices de natalidade, mortalidade, fertilidade e estrutura etária de uma população de forma simples.

Tendo em vista que os parâmetros biológico dos insetos são altamente influenciados pela temperatura, qualidade do alimento e genética da população, é interessante realizar estudos envolvendo tabelas de vida e exigências térmicas a fim de entender como os fatores ambientais afetam os fatores biológicos. De acordo com Nowierski et al. (1983) os estudos de tabelas de vida e fertilidade, juntamente com o conhecimento do limite térmico inferior de desenvolvimento dos insetos, permitem a contagem do tempo de desenvolvimento em graus-dia, que enfatiza a influência da temperatura e permite a comparação mais precisa dos parâmetros das tabelas de vida obtidos em diferentes temperaturas ou épocas do ano.

As tabelas de esperança de vida e de fertilidade de *A. craccivora* em feijão-caupi têm sido bastante utilizadas para seleção de variedades resistentes no exterior, no entanto, no Brasil, os trabalhos com *A. craccivora* não dispõem de tais

informações. Não obstante, as informações sobre as exigências térmicas deste pulgão também não foram encontradas em pesquisas realizadas no Brasil.

Na Austrália, Berg (1984) estudou a interferência da temperatura e de plantas hospedeiras no desenvolvimento de *A. craccivora* utilizando tabelas de vida e fertilidade e as exigências térmicas para determinação da temperatura base. Segundo Berg (1984) a taxa intrínseca de aumento populacional aumentou de zero, quando os insetos foram submetidos à temperatura de 5 °C até um pico máximo, quando submetidos a 30 °C, diminuindo abruptamente para zero a 35 °C, independentemente da planta utilizada como hospedeira. Berg (1984) também observou que aumento da temperatura resultou num início mais precoce da mortalidade e, antecipou e diminuiu o período reprodutivo, independentemente das espécies de plantas hospedeiras. O limiar de temperatura base estimado por este autor para *A. craccivora* foi de 8,1 °C.

Em Oklahoma, Berberet et al. (2009) trabalharam com *A. craccivora* em alfafa, *Medicago sativa* L. sob condições de temperaturas constantes com o objetivo de fornecer informações sobre as taxas de desenvolvimento, taxas reprodutivas e padrões de infestação deste pulgão na alfafa. Segundo Berberet et al. (2009) o limiar térmico inferior ( $T_b$ ) de *A. craccivora* em alfafa é de aproximadamente 7,1 °C com uma constante térmica de desenvolvimento “K” do nascimento ao adulto é de 100 graus-dia. Ainda segundo estes autores, o aumento da temperatura diminuiu a longevidade dos adultos e aumentou a produção de ninfas por fêmeas por dia.

Hafiz (2006) avaliou a resistência de sete cultivares de feijão-caupi em relação ao pulgão preto por meio de tabelas de vida. Os resultados obtidos demonstram que a antibiose é uma forma de resistência que influencia diretamente na curva de sobrevivência de *A. craccivora*, sendo que a cultivar “Six weeks” apresentou uma alta mortalidade até o 15<sup>a</sup> dia, reduzindo a população em cerca de 60%. Os resultados dos índices biológicos observados por Hafiz (2006) variaram de 15,23 a 24,75 para taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ), de 10,52 a 16,62 dias para o tempo de geração, 2,6 a 3,6 dias o tempo de duplicação da população, 0,19 a 0,27 a taxa intrínseca de crescimento ( $r_m$ ) e razão finita de aumento de 1,21 a 1,31.

Zhaozhi et al., 2016, no norte da china, avaliaram a tolerância de *A. craccivora* suportar altas temperaturas com base no hospedeiro; soja, hospedeiro preferido, e algodão, hospedeiro secundário. Segundo estes autores a tolerância a altas temperaturas é dependente do hospedeiro, sendo mais tolerante no hospedeiro

preferido, a soja. Zhaozhi et al. (2016) observaram um possível limiar térmico superior de *A. craccivora*, quando mantiveram os insetos em temperaturas oscilantes de 34 e 24 °C, na qual os parâmetros demográficos de tempo de geração e longevidade apresentaram um “*trade-off*”, característica de proximidade do limite térmico superior, em ambos os hospedeiros, mas mais pronunciado em algodão. Este “*trade-off*” é observado quando a velocidade de desenvolvimento do inseto tende a diminuir com o aumento da temperatura em razão de possíveis distúrbios fisiológicos que ocorrem em temperaturas letais e subletais.

Levando em consideração que no Piauí ocorrem temperaturas máximas acima de 39 °C, em determinada época do ano, e que a biologia de um inseto é dependente de seu hospedeiro e condições ambientais, é importante conhecer a interação inseto planta em diversas condições ambientais, com objetivo de auxiliar as práticas sanitárias de uma cultura. Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa elaborar as tabelas de esperança de vida e de fertilidade de *A. craccivora* em diferentes épocas do ano e, com base em suas exigências térmicas, prevê a ocorrência de adultos em condições de “naturais”.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Aquisição e criação de *Aphis craccivora* Koch.

Pulgões na sua forma áptera foram coletados em plantas de feijão-caupi cultivadas em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí. Estes insetos foram acondicionados em placas de Petri e logo em seguida transferidos para plantas de feijão-caupi, cultivar BR 17 Gurguéia, semeadas em vasos de 2,8 L e mantidas em sala climatizada, 25 °C, sob bancada luminosa constituída por oito lâmpadas fluorescentes, de T10 40W luz do dia e oito incandescentes de 40W, com o objetivo de manter a população insetos sem predadores.

Quinzenalmente novas plantas com 20 dias após a semeadura foram infestadas e mantidas nas mesmas condições para manutenção da população dos insetos.

## 2.2 Montagem dos bioensaios, condições de cultivo e tratos culturais

Plantas de feijão-caupi, cultivar BRS Tumucumaque foram semeadas em vasos de 2,8 litros, contendo solo arenoso, terra vegetal e esterco caprino na proporção de 4:1:0,5, adubadas com 5g de NPK (5:30:15) no ato da semeadura e irrigadas manualmente com auxílio de um regador. As regas foram realizadas diretamente no solo, sem molhar a folhagem das plantas.

Estas plantas foram mantidas em uma bancada de metal (Imag.1), com aproximadamente 60 cm de altura do solo, em ambiente aberto, coberto com telhas de metal e isopor, do tipo sanduíche (telhas térmicas).



**Imagem 1** Ambiente usado para os bioensaios em condições naturais. Teresina, 2017.

Após 25 a 30 dias da semeadura, cerca de 80 ninfas neonatas com 0 a 13 horas de vida foram individualizadas e mantidas em gaiolas de 2,5 cm de diâmetro por 1,0 cm de altura, confeccionadas com plástico transparente, com um dos lados vedado com tecido “voil”, fixadas na parte abaxial de um folíolo. Para a fixação das gaiolas, utilizou-se um disco plástico de 4 cm de diâmetro, contendo uma esponja de 0,5 cm de espessura, com o objetivo de não ferir a folha e se adequar às imperfeições, evitando a fuga dos pulgões. Estas gaiolas foram presas por um prendedor de plástico e fixadas com fio de nylon em um tutor, para não danificar o pecíolo da folha (Imag.2).



**Imagem 2** Gaiola utilizada para confinamento do pulgão preto do caupi em folhas de feijão-caupi. Teresina, 2017.

Para obtenção das ninfas neonatas, 50 pulgões adultos, ápteros, foram distribuídos em 25 gaiolas, conforme descrito anteriormente, por um período de 13 horas. Após este tempo, os adultos foram retirados e as ninfas neonatas produzidas, individualizadas e enumeradas de 1 a 80.

As ninfas individualizadas foram observadas diariamente e os parâmetros de desenvolvimento, fertilidade e mortalidade anotados. Nesta ocasião quantificaram-se os insetos vivos e mortos, observou-se o estágio de desenvolvimento, bem como o início e a duração do período reprodutivo, o número de ninfas por fêmea e a longevidade de adultos. Quando no estágio reprodutivo, as ninfas produzidas eram quantificadas e retiradas das gaiolas.

Na fase ninfal determinou-se as durações dos estádios e da fase ninfal. Esses estádios foram diferenciados por meio das exúvias liberadas após a muda.

O início da fase adulta foi considerado como sendo o dia da quarta ecdise, o período pré-reprodutivo como sendo o tempo entre a quarta ecdise e a produção da primeira ninfa, o período reprodutivo como sendo o tempo no qual houve produção de ninfas e o pós-reprodutivo como sendo o período entre a última parição e a morte. A longevidade compreendeu todo o tempo de vida dos adultos.

Este ensaio foi repetido quatro vezes; novembro de 2016, março, abril e junho de 2017.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, tendo como tratamentos os meses de novembro de 2016, março, abril e junho de 2017, com 80 repetições. Os dados brutos referentes aos parâmetros observados foram transformados em  $\sqrt{x+1}$  e analisados estatisticamente pelo teste “F”, e quando necessário, posteriormente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Utilizaram-se os softwares Excel 2010 e Assistat 7.7 para as análises estatísticas.

Os dados climatológicos referentes às temperaturas máximas, mínimas e médias diárias, umidade relativa do ar média mensal e precipitação pluviométrica mensal, foram coletados na estação meteorológica automática da Universidade Federal do Piauí, localizada cerca de 500 m do local onde os experimentos foram realizados.

### 2.3 Exigências térmicas

Os cálculos para determinação das exigências térmicas basearam-se na metodologia proposta por Cividanes (2000), na qual utilizou o modelo Graus-dia para determinação da temperatura base inferior de desenvolvimento “ $T_b$ ” e a constante térmica “ $K$ ” por meio da linearização da curva de desenvolvimento obtida em diferentes temperaturas, conhecida como a recíproca do desenvolvimento.

A estimativa diária dos graus-dia (GD) foi calculada por meio da fórmula  $GD = (T_{mín} - T_b) + \frac{(T_{máx} - T_{mín})}{2}$ , onde: “ $T_{mín}$ ” e “ $T_{máx}$ ” são as temperaturas mínimas e máximas diária, respectivamente. Os Graus-dia acumulados (GDA) foram determinados pela soma dos GD diários até a constante térmica “ $K$ ” determinada em laboratório.

A porcentagem do erro entre a ocorrência de adultos prevista pelo modelo e a observada no campo foi estimada segundo Cividanes (2003) por meio da fórmula:

$GDA = 100 * \frac{(GDA - K)}{K}$  onde GDA: Graus-dia acumulados e K: constante térmica de *A. craccivora*.

### 2.4 Tabelas de esperança de vida de fertilidade

Para elaboração da tabela de esperança de vida e fertilidade adotou-se a metodologia de Silveira Neto et al. (1976), onde determinou-se valores de: número ou taxa de sobreviventes no início da idade  $x$  ( $L_x$ ); número de indivíduos mortos durante o intervalo etário  $x$  ( $d_x$ ); estrutura etária ( $E_x$ ), que corresponde ao número de indivíduos vivos entre um dia e outro; taxa de sobrevivência ( $T_x$ ), que representa o número de insetos vivos além de determinada idade; esperança de vida para indivíduos de idade  $x$  ( $e_x$ ); e probabilidade de morte na idade  $x$  ( $100q_x$ ), que indica a probabilidade de ocorrer a morte dos indivíduos antes do tempo estabelecido em  $e_x$ , sendo:  $E_x = [L_x + (l_x + 1)]/2$ ,  $e_x = T_x/L_x$  e  $100q_x = (d_x/L_x) \cdot 100$ .

Por meio dos valores obtidos nas tabelas de vida e fertilidade, calcularam-se os valores da taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ), intervalo de tempo entre cada geração ( $T$ ), capacidade inata de aumentar em número ( $r_m$ ), razão finita de aumento ( $\lambda$ ), definida como o número de vezes que a população multiplica-se em uma unidade de tempo e o tempo necessário para a população duplicar em número de indivíduos (TD), sendo:  $R_0 = \sum (m_x \cdot l_x)$ ,  $T = (\sum m_x \cdot l_x \cdot x) / (\sum m_x \cdot l_x)$ ,  $r_m = \log R_0 / T \cdot 0,4343$ ,  $\lambda = \text{anti log } (r_m \cdot 0,4343)$ ,  $TD = \ln(2)/r_m$

onde:  $m_x$  = número de fêmeas produzidas por fêmea na idade  $x$ ,  $l_x$  = taxa de sobrevivência na idade  $x$ ,  $m_x \cdot l_x$  = número total de fêmeas produzidas por fêmea durante o intervalo de tempo.

As curvas de sobrevivência obtidas por meio da tabela de esperança de vida foram comparadas entre si pelo teste de prova "G", levando-se em consideração os valores do qui-quadrado a 0,1% de probabilidade.

As taxas  $R_0$ ,  $T$ ,  $r_m$ ,  $\lambda$  e TD foram analisadas estatisticamente por meio do método Jackknife (MAIA et al., 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Aspectos biológico de *Aphis craccivora* Koch. em feijão-caupi sob condições naturais

A época do ano afetou significativamente o primeiro e o segundo estágio de desenvolvimento do pulgão preto do caupi, bem como o período ninfal, período reprodutivo, a longevidade, ciclo biológico, o número de ninfas produzidas por fêmea e a produção diária de ninfas por fêmea (Tab.5).

**Tabela 5** Períodos médios de desenvolvimento (dias) e parâmetros reprodutivos de *Aphis craccivora* em feijão-caupi sob condições “naturais”. Teresina, 2017

| Parâmetros biológicos   | Meses           |               |                |               | CV % |
|-------------------------|-----------------|---------------|----------------|---------------|------|
|                         | Novembro (2016) | Março (2017)  | Abril (2017)   | Junho (2017)  |      |
| 1ª ínstar               | 1,6 ± 0,08 a    | 1,5 ± 0,06 a  | 1,5 ± 0,06 a   | 1,2 ± 0,05 b  | 9,5  |
| 2ª ínstar               | 1,3 ± 0,07 a    | 1,1 ± 0,04 b  | 1,1 ± 0,04 ab  | 1,2 ± 0,06 ab | 7,7  |
| 3ª ínstar               | 1,2 ± 0,07 a    | 1,2 ± 0,05 a  | 1,1 ± 0,04 a   | 1,1 ± 0,03 a  | 7,6  |
| 4ª ínstar               | 1,5 ± 0,08 a    | 1,4 ± 0,07 a  | 1,3 ± 0,06 a   | 1,3 ± 0,06 a  | 9,5  |
| Período ninfal          | 5,7 ± 0,14 a    | 5,2 ± 0,07 b  | 5,0 ± 0,06 bc  | 4,8 ± 0,06 c  | 4,5  |
| Período pré reprodutivo | 0,1 ± 0,07 a    | 0,04 ± 0,03 a | 0,03 ± 0,02 a  | 0,04 ± 0,03 a | 9,2  |
| Período reprodutivo     | 3,1 ± 0,25 c    | 6,10 ± 0,49 b | 6,0 ± 0,46 b   | 10,5 ± 0,52 a | 24,8 |
| Período pós reprodutivo | 0,2 ± 0,08 a    | 0,15 ± 0,06 a | 0,12 ± 0,05 a  | 0,3 ± 0,07 a  | 16,5 |
| Longevidade             | 3,4 ± 0,24 c    | 6,2 ± 0,5 b   | 6,2 ± 0,47 b   | 10,8 ± 0,56 a | 25,0 |
| Ninfas por fêmeas       | 16,7 ± 1,6 c    | 43,7 ± 4,3 b  | 43,7 ± 4,04 b  | 99,0 ± 21,9 a | 42,9 |
| Ninfas/fêmea/dia        | 4,9 ± 0,38 b    | 6,4 ± 0,36 ab | 6,4 ± 0,34 ab  | 9,7 ± 2,18 a  | 28,2 |
| Ciclo biológico         | 9,1 ± 0,26 c    | 11,4 ± 0,49 b | 11,0 ± 0,46 bc | 15,6 ± 0,55 a | 14,2 |

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente ao teste de Tukey (p<0,05).

Observou-se um decréscimo no tempo de desenvolvimento do primeiro e segundo estágio ninfal de novembro a junho, bem como um período ninfal mais curto com o passar dos meses. Em contrapartida observou-se um aumento significativo na longevidade e produção de ninfas por fêmea. Isto pode ter ocorrido devido às altas temperaturas registradas no mês de novembro, período do ano mais quente e seco, e temperaturas mais amenas de março a Junho, período chuvoso. (Tab. 5 e 6).

**Tabela 6** Dados médios mensais de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação registrados, em estação meteorológica automática, no município de Teresina-PI.

| Ano  | Meses    | Temperatura do ar (°C) |       |        | Umidade relativa do ar (%) | Precipitação (mm) |
|------|----------|------------------------|-------|--------|----------------------------|-------------------|
|      |          | Máxima                 | Média | Mínima |                            |                   |
| 2016 | Novembro | 38,7                   | 30,5  | 23,9   | 51                         | 8                 |
| 2017 | Março    | 32,8                   | 26,1  | 22,4   | 84                         | 415,8             |
|      | Abril    | 33                     | 26,5  | 22,7   | 83                         | 260,2             |
|      | Junho    | 33                     | 26,5  | 21,5   | 74                         | 6,8               |

De acordo com Lazzari e Carvalho (2013) os dois fatores extrínsecos que influenciam o tempo de desenvolvimento dos afídeos, do nascimento ao adulto, são temperatura e qualidade do alimento e, os dois intrínsecos são peso ao nascer e a forma, se alada ou áptera, sendo que a qualidade do alimento afeta o peso ao nascer e a forma. Assim sendo, insetos que se alimentam de uma dieta pobre nascem menores e demoram mais tempo no estágio ninfal.

As plantas C3, como é o caso do feijão-caupi, são afetadas pelo aumento da temperatura. Temperaturas muito altas, como é o caso no mês de novembro, podem aumentar a fotorrespiração e causar diminuição da taxa fotossintética, devido à competição entre  $O_2$  e  $CO_2$  pelo sítio de ligação na enzima Rubisco (TAIZ; ZAIGER, 2013) podendo ocasionar alimento de menor qualidade para os pulgões. Isso pode explicar, em parte, o período ninfal mais longo no mês de novembro.

Observações semelhantes foram relatadas por Cividanes e Cividanes (2010), os quais observaram correlação positiva entre abundância de alados de *Brevicorne brassicae* em couve nos períodos de altas temperaturas e estresse hídrico, sugerindo que este aumento populacional de alados foi devido à má nutrição dos indivíduos e que a produção de alados foi uma estratégia de sobrevivência do pulgão, em busca de um hospedeiro mais adequado nutricionalmente.

Uma segunda hipótese pode ser levantada para explicar o fato dos pulgões terem apresentado um estágio ninfal mais longo no mês de novembro. Esta hipótese baseia-se na temperatura base superior ( $T_s$ ).

De maneira geral a velocidade de desenvolvimento dos insetos é proporcional ao aumento da temperatura, no entanto há um limite. Este limite, segundo Wilson e Barnett (1983), é a temperatura base superior, considerada como sendo a temperatura na qual a velocidade de desenvolvimento de um inseto começa a

diminuir, podendo causar um ligeiro aumento no período ninfal (CIVIDANES, 2003). Isto sugere que as temperaturas registradas durante o mês de novembro ultrapassam ou estão próximas ao limiar térmico superior de *A. craccivora*.

Chen et al. (2013) estudaram *A. craccivora* em temperaturas oscilantes e constantes em laboratório e observaram que somente 16% do pulgões mantidos em temperatura constante de 35 °C atingiram a idade adulta, mas não se reproduziram, o que levaria a população à extinção. Quando mantidos em temperatura oscilante entre 35 e 28,6 somente 65% atingiram a idade adulta e conseguiram produzir algumas ninfas.

Cividanes (2003) observou um aumento no período ninfal de *Brevicoryne brassicae*, sob condições de laboratório, quando os insetos foram mantidos em 30 °C em relação aos mantidos em temperaturas inferiores. Segundo Cividanes (2003) isto foi em decorrência do limite térmico superior deste pulgão, que estaria entre 27 e 30 °C.

Zhaozhi et al. (2016) observaram uma diminuição linear no período de desenvolvimento de *A. craccivora* em temperaturas alternantes de 24 e 30 °C, mas observaram que variações acima de 30°C, aumentaram o período ninfal, tanto em algodão quanto em soja.

Estes resultados embasam a teoria de que os pulgões, no mês de novembro, estão constantemente submetidos a temperaturas letais e sub letais, as quais podem ter causado distúrbios fisiológicos nos insetos, aumentando o período ninfal e diminuindo a longevidade e fertilidade dos adultos. De acordo com Chen et al. (2013) os pulgões submetidos às temperaturas letais e subletais, em climas tropicais, podem se recuperar dos efeitos das mesmas, caso os pulgões tenham tempo suficiente na faixa de temperatura ótima, no entanto há custos. Essa situação pode ter ocorrido durante o período experimental nesta pesquisa, tendo em vista que foram registradas temperaturas máximas de 39,4 °C e mínima de 22,3 °C durante o período ninfal (Tab.9). No entanto, os efeitos das altas temperaturas são evidenciados nos outros parâmetros biológicos, como longevidade e fertilidade (Tab.5 e 6).

Não houve interferência da época do ano no período pré-reprodutivo e pós reprodutivo de *A. craccivora*, sendo que em todas as épocas testadas os insetos iniciaram a reprodução no mesmo dia em que se tornaram adultos e reproduziram-se até o último dia de vida (Tab.5).

Em condições de laboratório, Barbosa et al. (2011) observaram aumento no período pré reprodutivo de *Myzus persicae* nas temperaturas de 15 e 30 °C em relação a 20 e 25 °C.

A longevidade de adultos foi reduzida 7,4 dias (68,5) e 2,8 dias (45%), respectivamente, quando comparamos junho, março e abril (2017) em relação a novembro (2016). Este mesmo padrão foi observado para a produção diária de ninfas por fêmeas, produção total de ninfas e ciclo biológico (Tab. 5).

Zhaozhi et al. (2016) ao estudarem o efeito do tipo de hospedeiro e a temperatura sobre *A. craccivora*, observaram que a longevidade dos adultos foi significativamente diminuída com o aumento da temperatura quando criados em algodão, mas não foi alterada quando mantidos em soja. Isto sugere que o tipo de hospedeiro também influencia na resposta do pulgão quando submetidos ao estresse térmico. Da mesma forma, Chen et al. (2013) observaram redução da longevidade de *A. craccivora*, mantidos em *V. unguiculata sesquipedalis*, quando os insetos foram submetidos a temperaturas elevadas, corroborando com os apresentados nesta pesquisa.

Em relação ao total de ninfas produzidas por fêmeas, a amplitude de variação foi bem maior quando comparada à fecundidade diária, sendo a redução de 82,3 ninfas (83,1%) entre junho e novembro e de 27 ninfas (61,7%) entre março, abril e novembro (Tab. 5). A redução na fecundidade de *A. craccivora* com aumento da temperatura também foi relatado por Zhaozhi et al. (2016) em dois hospedeiros, soja e algodão, sendo que, quando os pulgões foram mantidos em algodão a redução foi drástica; 50 ninfas/fêmea em temperaturas alternantes de 24 e 30 °C para 23 ninfas/fêmea a 24-36 °C.

A produção diária de ninfas por fêmea no mês de novembro foi estatisticamente diferente em relação a Junho, mas estatisticamente igual a março e abril. Em relação a junho a redução foi de 4,8 ninfas por dia por fêmea (49,4%). Em relação a março e abril a redução foi de 23,9% (1,5 ninfas/fêmea/dia) (Tab.5). Possivelmente o instinto de sobrevivência em condições adversas direcione a energia de vida para a reprodução, já que *A. craccivora* apresenta um período de vida curto, e teoricamente, não haverá melhoras nas condições adversas na qual o adulto está submetido. Neste caso é mais interessante diminuir a quantidade total da progênie e manter uma produção diária de ninfas na pouca longevidade que tem neste período crítico.

Segundo Ward e Dixon (1982) algumas espécies apresentam flexibilidade em sua capacidade reprodutiva, de modo que, em condições de estresse nutricional, fazem reabsorção de embriões. Em razão de sua vida curta, um afídeo pode sacrificar sua fecundidade potencial total para manter sua taxa reprodutiva imediata e sua sobrevivência em curto prazo.

De acordo com Chen et al. (2013) os insetos de baixas latitudes serão mais propensos a sofrer diminuições no crescimento, reprodução e *fitness* quando eles são expostos às mais altas temperaturas, potencialmente letal, e aos períodos mais longos de altas temperaturas sub letais.

O ciclo biológico do inseto também foi influenciado pela época do ano. Entre novembro e junho houve uma redução de 6,5 dias (41,6%), entre novembro e março; 2,3 dias (20,1%) e entre novembro e abril de 1,9 dias (17,2%) (Tab. 5). A diminuição do ciclo total, tempo entre o nascimento e a morte, pode ser explicada pela grande redução da longevidade dos adultos, quando submetidos às altas temperaturas no mês de novembro, mesmo que estas temperaturas tenham aumentado ligeiramente o período ninfal.

A umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica também podem ter influenciado os dados biológicos do pulgão preto do feijão-caupi, visto que as temperaturas médias permanecem praticamente constantes entre março abril e junho (Tab. 6). Durante os meses de março e abril, quando houve uma alta umidade relativa e alta precipitação, nota-se que os dados biológicos melhoram em relação a novembro, mas permanecem praticamente constantes entre esses dois meses. No entanto, quando a umidade relativa do ar baixa, as chuvas praticamente cessam, mas as temperaturas médias permanecem constantes em relação a junho, observa-se que os dados biológicos do pulgão melhoram ainda mais, havendo uma redução no período ninfal, aumento na longevidade e fertilidade específica, e total, da população.

### **3.2 Parâmetros demográficos da tabela de vida de fertilidade**

A taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ) foi significativamente aumentada de novembro (2016) à junho (2017), sendo que no mês de novembro os insetos conviveram com situações de extremo estresse, tendo em vista as altas

temperaturas, baixa umidade relativa do ar e pouca precipitação pluviométrica (Tab. 6). A taxa líquida reprodutiva é o somatório do produto entre a taxa de sobreviventes na idade “x” e a fertilidade específica na idade “x”. Dessa forma observou-se que a baixa velocidade de crescimento populacional em novembro foi proporcionada pelos poucos indivíduos que entraram na idade reprodutiva (n=35) bem como a diminuição da quantidade de ninfas totais produzidas por fêmeas em decorrência da redução da longevidade dos adultos sobreviventes, tendo em vista que a quantidade de ninfas produzidas por fêmeas por dia foi estatisticamente igual entre novembro e março e entre novembro e abril (Tab. 7).

**Tabela 7** Parâmetros demográficos de *Aphis craccivora* em feijão-caupi sob condições “naturais” em quatro épocas do ano. Teresina, 2017

| Parâmetros biológicos | Meses*                   |                      |                      |                      |
|-----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                       | Novembro 2016<br>(n= 35) | Março 2017<br>(n=53) | Abril 2017<br>(n=60) | Junho 2017<br>(n=56) |
| $R_0$                 | $13,2 \pm 0,38c$         | $26,8 \pm 0,72a$     | $28,9 \pm 0,68a$     | $90,44 \pm 2,3b$     |
| T                     | $7,19 \pm 0,20a$         | $7,97 \pm 0,21a$     | $7,53 \pm 0,17a$     | $8,10 \pm 0,2a$      |
| $r_m$                 | $0,36 \pm 0,01a$         | $0,41 \pm 0,01a$     | $0,44 \pm 0,01a$     | $0,55 \pm 0,01a$     |
| $\lambda$             | $1,43 \pm 0,04a$         | $1,51 \pm 0,04a$     | $1,56 \pm 0,03a$     | $1,74 \pm 0,04a$     |
| TD                    | $1,93 \pm 0,05a$         | $1,67 \pm 0,04a$     | $1,55 \pm 0,03a$     | $1,24 \pm 0,03a$     |

$R_0$  - Taxa líquida de reprodução; T - Tempo médio de uma gerações;  $r_m$  - Inata capacidade de aumentar em número;  $\lambda$  - Razão finita de aumento e TD - Tempo para a população duplicar

\*Temperatura média °C: novembro 30,5; março 26,1; abril e junho 26,5.

Médias com mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste “t” de Student ( $p < 0,05$ ).

Chen et al. (2013) também observaram uma redução linear em  $R_0$  quando estudaram *A. craccivora* em temperaturas constantes de 28,6, 30 e 32,5 °C e em regimes de temperaturas alternadas de 28,6-30,0, 28,6-32,5 e 28,6-35,5 °C, sobre *V. unguiculata sesquipedalis*. Esta redução foi aproximadamente de 80 para 10 em ambos os regimes térmicos. Valores bem próximos aos apresentados neste estudo.

Zhaozhi et al. (2016) observaram redução significativas de  $R_0$ , quando submeteram *A. craccivora* a vários regimes térmicos, com temperaturas alternantes, em dois hospedeiros distintos; soja e algodão. Na soja,  $R_0$  variou de 61,7 a 78,8 nos regimes térmicos de 24-36 °C e 24-32 °C respectivamente. Em algodão esta variação foi de 45,3 (a 24-30 °C) e 9,3 (a 24-36 °C).

Embora não tenham sido constatadas diferenças estatísticas para os demais parâmetros da tabela de vida de fertilidade, pode-se observar uma tendência linear nos dados, exceto para o tempo médio de uma gerações (T), (tempo entre o

nascimento dos pais e o dos filhos) que flutuou entre as épocas estudadas, sendo maior no mês de junho (temperaturas amenas) e menor no mês de novembro (temperaturas mais altas). O tempo de geração é calculado por meio da fórmula  $T = \frac{\sum mx.lx.x}{\sum mx.lx}$ , assim sendo quanto maior for a longevidade (quantidade de idades x) dos indivíduos reproduzindo, maior será o tempo entre as gerações. Como o aumento da temperatura reduziu a longevidade das fêmeas, consequentemente “T” também reduziu. Neste caso, a longevidade foi aproximadamente três vezes maior no mês de junho em relação a novembro.

Este resultado não está de acordo com Chen et al. (2013), os quais observaram um ligeiro aumento linear de “T” com o aumento da temperatura, independentemente do regime térmico avaliado; constante ou oscilante.

Zhaozhi et al. (2016) observaram um declínio acentuado e linear de “T” quando o regime térmico mudou de 24 °C constantes para 24 e 30 °C alternados em soja e em algodão. Acima de 30 °C, o tempo de geração aumentou até o regime de 24-34°C em algodão, mas no regime térmico 24-36 °C houve um declínio acentuado em “T”. Quando os pulgões foram mantidos em soja “T” continuou aumentando mesmo nos regimes térmicos mais altos; 24-32 °C, 24-34 °C e 24-36 °C.

A resistência a altas temperaturas pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo o padrão de flutuações de temperatura, linhagem genética, estágio de história de vida, aclimação e bactérias simbiotes (BOWLER; TERBLANCHE, 2008; PUCHERELLI et al., 2012). Tendo em vista que Chen et al. (2013) trabalharam com pulgões coletados em Taichung, Taiwan e Zhaozi et al. (2016) com pulgões coletados em Xinjiang, China, é possível que exista diferenças entre as populações de *A. craccivora* testadas por estes autores com a população observada nesta pesquisa, principalmente em relação a linhagem genética, aclimação e simbiotes bacterianos.

Uma relação linear positiva foi observada para  $r_m$  e  $\lambda$  em relação às épocas estudadas, e uma relação negativa entre (TD) e as épocas estudadas.

Durante o mês de junho, observou-se um menor tempo para a duplicação da população (TD) e a maior velocidade de aumento populacional ( $r_m$ ), demonstrando que nesta época do ano *A. craccivora* tem um maior potencial para atingir grandes picos populacionais em um menor intervalo de tempo, sendo, portanto, necessária uma observação mais cuidadosa em relação à sua presença na área de cultivo.

Segundo Jahn et al. (2005)  $r_m$  pode ser usado para indicar como uma população se comporta em relação à velocidade de crescimento em determinadas condições ambientais, sendo que segundo Andrewartha e Birch (1954), quanto maior o valor de  $r_m$  mais bem sucedida será a espécie em um determinado ambiente.

Os resultados observados por Chen et al. (2013) e Zahozi et al. (2016) corroboram com os apresentados nesta pesquisa, sendo que,  $r_m$  foi linearmente reduzido em mais de duas vezes com o aumento da temperatura.

O maior valor da razão finita de aumento ( $\lambda$ ) também foi observado no mês de junho, onde cada fêmea da população adicionou 1,74 fêmeas à população original por dia, seguindo o mesmo padrão de  $r_m$ .

### 3.3 Curvas de sobrevivência e esperança de vida

Observou-se que em todas as épocas testadas a curva de sobrevivência de *A. craccivora* em feijão-caupi foi do tipo I, a qual demonstra que a taxa de mortalidade é maior nos indivíduos adultos (Fig. 4). Estatisticamente, todas as curvas de sobrevivência foram diferentes entre si, quando comparadas em pares, pelo teste de prova “G” ao nível de 0,1% de significância observado na tabela do qui-quadrado ( $X^2$ ). Este resultado demonstra que o ambiente interferiu significativamente na sobrevivência dos indivíduos nas épocas estudadas (Tab.8)

**Tabela 8** Valores calculados por meio do teste de prova “G” para comparação das curvas de sobrevivência

| Combinações de épocas | Valor "G" | Valor $X^2$ | Significância % |
|-----------------------|-----------|-------------|-----------------|
| Novembro - Março      | 81,4      | 10,83       | 0,1             |
| Novembro - Abril      | 83,3      | 10,83       |                 |
| Novembro - Junho      | 243,3     | 10,83       |                 |
| Março - Abril         | 16,6      | 10,83       |                 |
| Março - Junho         | 125,5     | 10,83       |                 |
| Abril - Junho         | 96,5      | 10,83       |                 |

A esperança de vida ( $e_x$ ) ao nascer dos pulgões aumentou de novembro a junho, sendo de 8,9 dias em novembro, 9,94 dias em março, 10,44 em abril e 15, 88 dias em junho (Fig.4). Demonstrando que as condições climáticas em junho são melhores para as populações de *A. craccivora*.

Observou-se que o período de tempo para que 50% da população morresse aumentou com a melhora das condições ambientais. Em novembro, 50% da população morreu entre o 9º e o 10º dia, sendo a probabilidade de morte ( $100q_x$ ) de 53% no 10º dia, com uma esperança de vida ( $e_x$ ) de 1,03 dia. Em março, 50% de mortalidade ocorreu entre as idades de 10,5 e 11,5 dias, sendo  $100q_x$  de 18% e  $e_x$  de 3,28 dias para indivíduos de 11,5 dias. Em abril, a mortalidade de 50% foi observada no intervalo etário de 10,5 e 11,5, sendo  $100q_x$  de 17,8%, com  $e_x$  de 4 dias para indivíduos com 11,5 dias de idade. Em junho, foram necessários 17,5 dias para ocorrer 50% de mortalidade da população, sendo a esperança de vida desses indivíduos de 2,8 dias com probabilidade de morte de 34,7% (Fig.4).

A produção de ninfas em todas as épocas estudadas começou na mesma faixa etária, entre 4,5 e 5,5 dias, no entanto com intensidade diferente. No mês de novembro, a produção de ninfas iniciou com 2,2 ninfas por fêmea e alcançou o pico de produção no segundo dia de reprodução (6,5º dia) com uma média de 5,2 ninfas por fêmea. Em março e abril, o pico de produção de ninfas se deu no primeiro dia de reprodução (5,5º dia), com uma média de 7,3 e 8,7 ninfas por fêmeas respectivamente. Em junho, a reprodução iniciou com 4,5 dias com uma produção de 2,7 ninfas por fêmea. Neste mês o pico de produção de ninfas ocorreu no terceiro dia de reprodução, atingindo 31,4 ninfas por fêmea (Fig. 5).

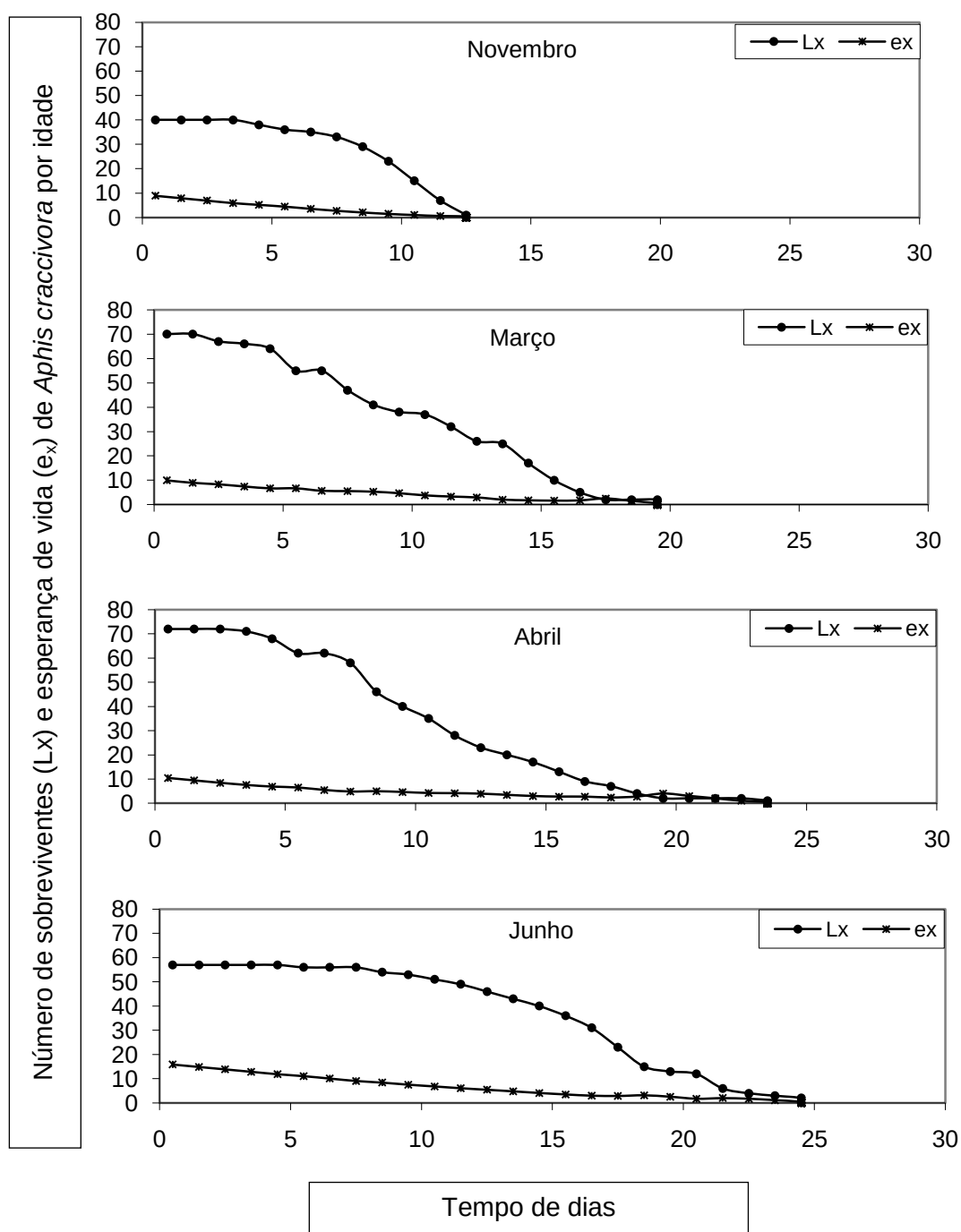


**Figura 4** Sobrevivência ( $L_x$ ) e expectativa de vida ( $e_x$ ) de *Aphis craccivora* em feijão-caupi sob condições “naturais”. Teresina-PI, 2017

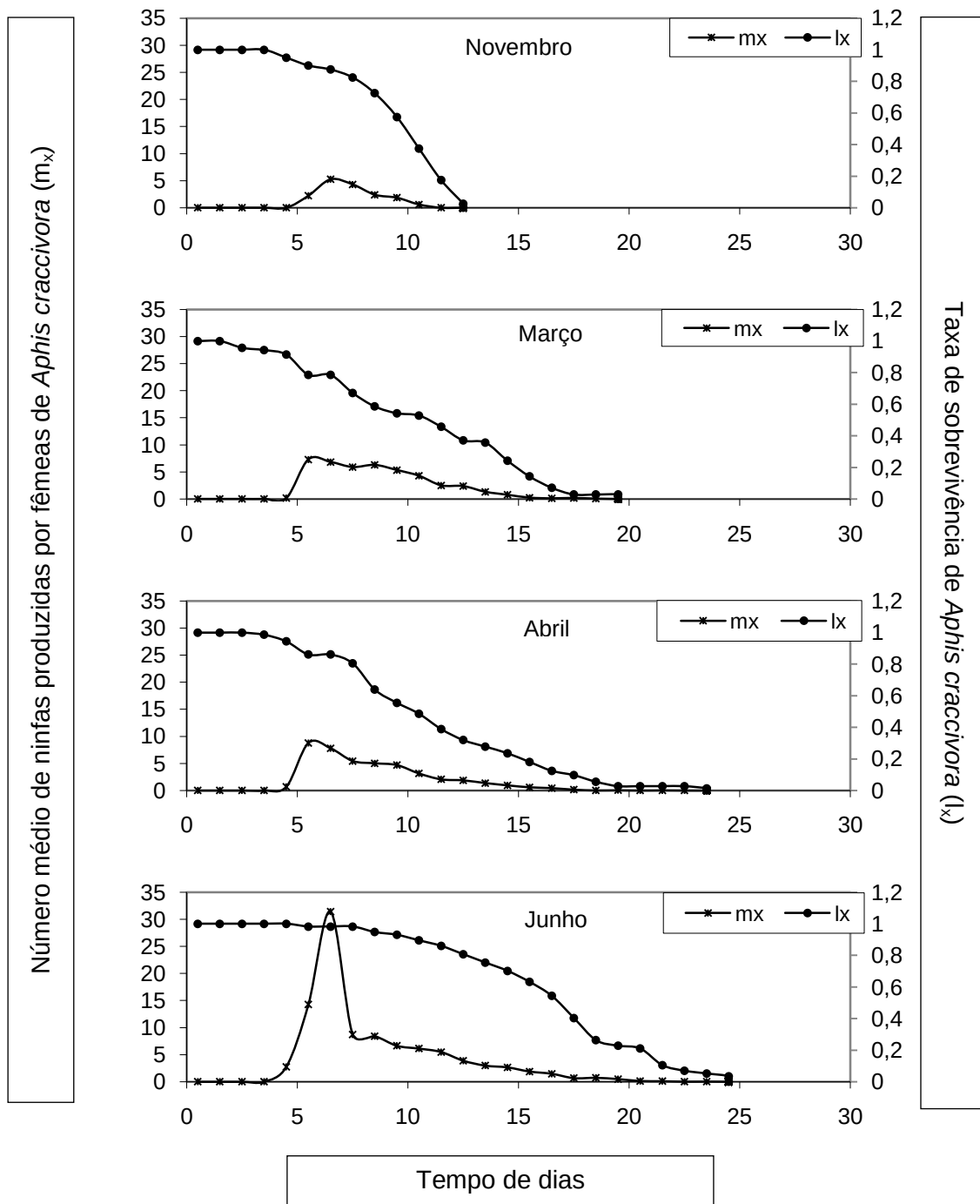


**Figura 5** Número médio de ninfas/fêmea ( $m_x$ ) e taxa de sobrevivência ( $l_x$ ) de *Aphis craccivora* em feijão-caupi sob condições “naturais”. Teresina-PI, 2017

### 3.4 Exigências térmicas e previsão de adultos

O modelo utilizado para prevê a ocorrência de pulgões adultos obteve precisão de um dia para mais ou para menos, sendo o erro máximo de 12,9% (Tab.9).

**Tabela 9** Período de desenvolvimento (PD) do pulgão preto do feijão-caupi, do nascimento ao adulto, com base nas suas exigências térmicas, considerando a temperatura base inferior de desenvolvimento (Tb) de 9,13 °C e a constante térmica (K) 99 GD, obtidas em laboratório. Teresina, 2017

| Novembro |              |        |        |       |              |                     |                   |        |
|----------|--------------|--------|--------|-------|--------------|---------------------|-------------------|--------|
| Dias/mês | Média do dia | Mínima | Máxima | G.D   | GD acumulado | PD calculado dias** | PD observado dias | Erro % |
| 1°       | 30,0         | 22,3   | 39,0   | 21,52 | 21,52        | 4,7                 | 5,7               | 12,1   |
| 2°       | 30,2         | 25,2   | 39,4   | 23,17 | 44,69        |                     |                   |        |
| 3°       | 29,5         | 24,0   | 37,6   | 21,67 | 66,36        |                     |                   |        |
| 4°       | 30,7         | 24,2   | 38,4   | 22,17 | 88,53        |                     |                   |        |
| 5°       | 30,0         | 24,3   | 38,8   | 22,42 | 110,95       |                     |                   |        |
| Média    | 30,1         | 24,0   | 38,6   |       |              |                     |                   |        |
| Março    |              |        |        |       |              |                     |                   |        |
| 1°       | 25,8         | 22,8   | 31,1   | 17,82 | 17,82        | 5,6                 | 5,2               | 12,9   |
| 2°       | 25,8         | 22,8   | 32,4   | 18,47 | 36,29        |                     |                   |        |
| 3°       | 26,7         | 22,2   | 33,5   | 18,72 | 55,01        |                     |                   |        |
| 4°       | 27,4         | 22,0   | 34,3   | 19,02 | 74,03        |                     |                   |        |
| 5°       | 27,2         | 21,8   | 34,2   | 18,87 | 92,9         |                     |                   |        |
| 6°       | 27,3         | 22,3   | 33,8   | 18,92 | 111,82       |                     |                   |        |
| Média    | 26,7         | 22,3   | 33,2   |       |              |                     |                   |        |
| Abril    |              |        |        |       |              |                     |                   |        |
| 1°       | 26,2         | 22,0   | 31,1   | 17,42 | 17,42        | 5,6                 | 5,0               | 12,4   |
| 2°       | 26,8         | 22,9   | 32,8   | 18,72 | 36,14        |                     |                   |        |
| 3°       | 27,4         | 23,4   | 33,1   | 19,12 | 55,26        |                     |                   |        |
| 4°       | 27,5         | 22,0   | 33,1   | 18,42 | 73,68        |                     |                   |        |
| 5°       | 27,0         | 23,2   | 33,3   | 19,12 | 92,8         |                     |                   |        |
| 6°       | 25,7         | 23,1   | 32,1   | 18,47 | 111,27       |                     |                   |        |
| Média    | 26,8         | 22,8   | 32,6   |       |              |                     |                   |        |
| Junho    |              |        |        |       |              |                     |                   |        |
| 1°       | 26,6         | 22,6   | 32,1   | 18,22 | 18,22        | 5,7                 | 4,8               | 7,3    |
| 2°       | 26,2         | 20,3   | 32,6   | 17,32 | 35,54        |                     |                   |        |
| 3°       | 26,0         | 19,7   | 32,4   | 16,92 | 52,46        |                     |                   |        |
| 4°       | 26,3         | 20,6   | 32,6   | 17,47 | 69,93        |                     |                   |        |
| 5°       | 26,9         | 20,1   | 33,9   | 17,87 | 87,8         |                     |                   |        |
| 6°       | 26,9         | 21,7   | 33,4   | 18,42 | 106,22       |                     |                   |        |
| Média    | 26,5         | 20,8   | 32,8   |       |              |                     |                   |        |

\* Utilizou-se a equação da velocidade de desenvolvimento obtida nos ensaios de laboratório sob 18, 22, 25, 28 e 31 °C.

\*\* PD = K/(T-Tb); PD: período de desenvolvimento; K: constante térmica; T: temperatura média ambiental; Tb: temperatura base inferior

Não foi possível calcular as exigências térmicas de *A. craccivora* por meio do modelo graus-dia, em condição “naturais”, por dois motivos: a) as temperaturas médias foram praticamente constantes entre março, abril e junho (Tab.9); b) houve

um decréscimo no período de desenvolvimento com a diminuição da temperatura, o que não atende as premissas do modelo, o qual presume que a velocidade de desenvolvimento aumenta com o aumento da temperatura.

Segundo Chen et al. (2013) a forma como os insetos respondem a crescente temperatura ambiental depende se as temperaturas estão dentro ou além da faixa de temperaturas adequadas para a espécie em questão. De acordo com Dillon et al. (2010) dentro do intervalo de temperaturas adequadas abaixo do ótimo, à medida que a temperatura aumenta, as taxas metabólicas também ocorrem o que leva a taxas de desenvolvimento mais rápidas. Assim sendo, observou-se que durante o mês de novembro as temperaturas máximas ultrapassaram a faixa ótima de desenvolvimento, provavelmente atingindo temperaturas letais ou subletais, as quais interferiram no desenvolvimento do pulgão, agindo de forma inversa ao esperado. Portanto, utilizou-se o modelo gerado em laboratório, sob temperaturas constantes, para prever a ocorrência dos adultos.

Higley et al. (1986) sugeriram que um modelo de graus-dia que proporcione estimativas de previsão com 10% a 15% de precisão pode ser adequado para programas de manejo de pragas, sendo necessário que ele apresente precisão um pouco maior para poder vir a ser utilizado em estudos de dinâmica populacional. Portanto, o modelo proposto é adequado para ambas as situações.

Cividanes (2003) também verificou comportamento similar com *Brevicoryne brassicae* em couve, quando a partir de 25 °C a velocidade de desenvolvimento tendeu a se estabilizar e de 27 a 30°C houve um aumento no período ninfal, o que foi atribuído à proximidade ao limite térmico superior. Cividanes (2003) elaborou dois modelos de graus-dia para prever a ocorrência de adultos, um em laboratório e um em campo e observou que o modelo de laboratório foi mais preciso, o qual obteve um erro máximo de 14,5% com uma precisão semelhante ao modelo apresentado nesta pesquisa, um dia para mais ou para menos.

Da mesma forma, Cividanes e Souza (2003) utilizaram um modelo Graus-dia, para previsão de adultos de *Myzus persicae* em campos de couve, elaborado em laboratório e observaram acurácia igual ao apresentado nesta pesquisa; um dia para mais ou para menos, com um erro médio de 15%.

De certa forma, o modelo graus-dia foi mais realista na contagem do tempo de desenvolvimento de *A. craccivora* do que a contagem média dos dias, visto que o modelo adequou o período de desenvolvimento dos insetos nas condições

ambientais adversas, tornando crescente o tempo de desenvolvimento de novembro a junho. Vários fatores podem ter influenciado o desenvolvimento dos insetos no campo, sobretudo as temperaturas mínimas, a umidade relativa do ar e ventos. Observou-se que durante os meses de março, abril e junho as temperaturas médias diárias e as máximas são praticamente iguais, tendo uma queda de dois graus na temperatura média mínima em junho, em relação a março e abril (Tab.9). Em relação à umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e ventos, novembro é um mês seco e quente, com pouquíssimos ventos; março e abril são meses chuvosos e abafados, com alta umidade relativa e poucos ventos. Já o mês de junho, é considerado o mês onde a umidade relativa do ar é boa, ocorrem ventos regulares e temperaturas mais amenas, tornando a sensação térmica melhor em relação aos demais citados (Tab.6).

#### 4 CONCLUSÕES

O mês de novembro, em Teresina-PI, apresenta condições climatológicas desfavoráveis ao desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de *A. craccivora*

O mês de junho fornece as melhores condições ambientais para o desenvolvimento de *A. craccivora* em feijão-caupi, aumentando a taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ).

A esperança de vida ( $e_x$ ) e a fecundidade específica ( $m_x$ ) de *A. craccivora* são aumentadas de novembro a junho.

O modelo Graus-dia proposto é adequado para prever a ocorrência de adultos de *A. craccivora* em feijão-caupi e pode ser usado em programas de manejo integrado do pulgão preto do caupi.

A umidade relativa do ar, bem como a presença de ventos, influenciam os parâmetros ecológicos de *A. craccivora*, mas requerem estudos posteriores.

## REFERÊNCIAS

- ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. 1954. The innate capacity for increase in numbers, p. 31 - 54. In: H. G. ANDREWARTHA; L. C. BIRCH (eds.). **The distribution and abundance of animals**. Chicago, University of Chicago Press, 793 p.
- BARBOSA, L. R.; CARVALHO, C. F.; AUAD, A. M.; SOUZA, B. de; BATISTA E. S. P. de. Tabelas de esperança de vida e fertilidade de *Myzus persicae* sobre pimentão em laboratório e casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.375-382, 2011.
- BASHIR, M.; AHMAD, Z.; GHAFUOH, A. Cowpea aphid-borne potyvirus: a review. **International Journal of Pest Management**, v. 48, p. 155-168, 2002.
- BERBERET, R. C.; GILES, K. L.; ZARRABI, A. A.; PAYTON, M. E. Development, reproduction, and within-plant infestation patterns of *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae) on alfalfa. **Environmental Entomology**, v.38, n.6, p. 1765-1771, 2009.
- BERG, G. N. The effect of temperature and host species on the population growth potential of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). **Australian Journal of Zoology**. v.32, n.1, p.345-52, 1984.  
<https://doi.org/10.1071/ZO9840345>
- BLACKMAN, R.; EASTOP, V. (2000). **Aphids on the world's crops – an identification and information guide**. John Wiley and Sons, U.K.
- BOWLER, K.; TERBLANCHE, J. S. Insect thermal tolerance: what is the role of ontogeny, ageing and senescence? **Biological reviews of the Cambridge philosophical society**, v. 83, p. 339 - 355, 2008.
- BRASIL, 2017. Remanejamento da cultura do feijão-caupi no anexo da Instrução Normativa Conjunta nº1, de 16 de junho de 2014. **Nota técnica GT CSFI nº 03/2017**.
- CIVIDANES, F. J. **Uso de graus-dia em entomologia, com particular referência ao percevejo da soja**. Funep, Jaboticabal-SP, 2000. 31p.
- CIVIDANES, F. J. Exigências térmicas de *Brevicoryne brassicae* e previsão de picos populacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 561 – 566, 2003.
- CIVIDANES, F. J.; CARVALHO, D. R. Uso de Graus-dia para a Previsão de Ocorrência de Ninfas e Adultos de *Piezodorus guildinii* (West.) (Heteroptera: Pentatomidae) em soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29 n.2, p. 269-275, 2000.
- CIVIDANES, F. J.; SOUZA, V. P. Exigências Térmicas e Tabelas de Vida de Fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) em Laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 32 n. 3, p. 413 - 419, 2003.
- CIVIDANES, F. J.; CIVIDANES, T. M. D. Ocorrência de formas aladas de pulgões e sua relação com fatores meteorológicos e plantas hospedeiras. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 7 - 15, 2010.
- CHEN, C. Y.; CHIU, M. C.; KUO, M. H. Effect of warming with temperature oscillations on a low-latitude aphid, *Aphis craccivora*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 1, n. 103, p. 406 - 413, 2013.

- DILLON, M. E.; WANG, G.; HUEY, R. B. Global metabolic impacts of recent climate warming. **Nature**, v. 467, p. 704 - 706, 2010.
- DIXON, A. F. G.; KINDLMANN, P. Role of plant abundance in determining the abundance of herbivorous insects. **Oecologia**, v. 83, p. 281 - 283, 1990
- GALLO, D., O. NAKANO, S. S. NETO, R. P. L. CARVALHO, G. C. BATISTA, E. B. FILHO, J. R. P. PARRA, R. A. ZUCCHI, S. B. ALVES, J. D. VENDRAMIM, L. C. MARCHINI, J. R. S. LOPES & C. OMOTO. 2002. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 920p.
- HADDAD, M. L.; PARRA, J. R. P.; MORAES, R. C. B. **Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos**. Piracicaba, FEALQ, 1999. 29p.
- HAFIZ, N. A. Use of life tables to asses host plant resistance in cowpea to *Aphis craccivora* koch (Homoptera: Aphididae). **Assiut University bulletin for environmental researches**, v. 9, n. 1, p. 1 - 6, 2006.
- HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P.; OSTLIE, K. R. Degday: a program for calculating degree-days, and assumption behind the degree-day approach. **Environmental Entomology**, v. 15, n. 5, p. 999 - 1016, 1986.
- ILHARCO, F. A. 1992. **Equilíbrio biológico de afídeos**. Braga, Fundação Calouste Gulbenkian, 303p
- KAMPHUIS, L. G.; GAO, L.; SINGH, K. B. Identification and characterization of resistance to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in *Medicago truncatula*. **BMC Plant Biology**, n. 12, v. 101, 2012. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-101>
- JANH, G. C.; ALMAZAN, L. P.; PACIA, J. Effect of nitrogen fertilizer on the intrinsic rate of increase of the rusty plum aphid, *Hysteroneura setariae* (Thomas) (Homoptera: Aphididae) on rice (*Oryza sativa* L.) **Environmental Entomology**, v. 34, n. 4, p. 938 - 943, 2005.
- LAZZARI, S. M. N.; CARVALHO, R. C. Z.de. Sugadores de seiva (Aphidoidae). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos**. Bases para o manejo integrado de pragas. Brasília-DF, Embrapa, p. 1735-1902, 2013.
- MAIA, A. H. N. de.; LUIZ, A. J. B.; CAMPANHOLA, C. Statistical Inference on Associated Fertility Life Parameters Using Jackknife Technique: Computational Aspects. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 2, p. 511-518, 2000. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.511>
- NASCIMENTO, H. T. S. Apresentação. In: FREIRE FILHO et al., (2011). **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.
- NOWIERSKI, R. M., A. P. GUTIERREZ & J. S. YANINEK. Estimation of thermal thresholds and age-specific life table parameters for the walnut aphid (Homoptera: Aphididae) under field conditions. **Environmental Entomology**, v. 12, p. 680-686, 1983.
- OBOPILE, M. Economic threshold and injury levels for control of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Linnaeus (Homoptera: Aphididae) on cowpea. **African plant protection**, v. 12, 2006.

- OLIVEIRA, C. R. R. Reação de genótipos de feijão-caupi às coinfeções pelo *Cucumber mosaic virus*, *Cowpea aphid-borne mosaic virus* e *Cowpea severe mosaic virus*. 89p. **Dissertação**, Mestrado em genética e melhoramento. UFPI, Teresina, 2011.
- PETTERSSON, J.; KARUNARATNE, S.; AHMED, E.; KUMAR, V. The cowpea aphid, *Aphis craccivora*, host plant odours and pheromones. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 88, p. 177 - 184, 1998.
- PUCHERELLI, S. F.; PEAIRS, F. B.; MERRILL, S. C.; RANDOLPH, T. L. Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) reproduction and development on five noncultivated grass hosts. **Arthropod Plant Interact**, v. 6, p. 67 - 73, 2012.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BALDIN, D.; VILLANOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. Agronômica Ceres. São Paulo, 1976. 419p.
- SINGH, S. R.; JACKAI, L. E. N. Insect pests of cowpea in Africa: their life cycle, economic importance, and potential for control, pp. 217-231. In S. R. Singh and R. O. Rachie (eds.), **Cowpea research, production, and utilization**. Wiley, Chichester, United Kingdom, 1985.
- SOBKOWIAK, B.; DURAK, R.; WILKANIEC, B. Morphology, biology and behavioral aspects of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) on *Robinia pseudoacacia*. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 16, n. 1, p. 39 - 49, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed., Artmed, 2013. 918 p.
- TOWNSEND, C. R.; M. BEGON, J. L. HARPER. **Fundamentos em Ecologia**. 2ª ed. Artmed, 2006.
- WILSON, L. T.; BARNETT, W. W. Degree-days: an aid in crop and pest management. **California agriculture**, v. 37, p. 4 - 7, 1983.
- WARD, S. A.; DIXON, A. F. G. Selective resorption of aphid embryos and habitat changes relatives to life-span. **The journal of ecology**, Oxford, v. 51, p. 854 - 864, 1982.
- ZHAOZHI, L.; LIKAI, F.; GUIZHEN, G.; LING-LING, G.; HAN, P.; SHARMA, S.; ZALUCKI, M. P. Differences in the high-temperature tolerance of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) on cotton and soybean: implications for ecological niche switching among hosts. **The Japanese Society of Applied Entomology and Zoology**, v. 52, n. 1, p. 9 - 18, 2016. Doi:10.1007/s13355-016-0446-z

## APÊNDICES

**Apêndice 1** Tabela de esperança de vida e de fertilidade de *A. craccivora* em feijão-caupi em condições naturais no mês de novembro de 2016. Teresina, PI.

| x    | $L_x$ | $d_x$ | $E_x$ | $T_x$ | $e_x$ | $100q_x$ | $m_x$ | $l_x$ | $m_x.l_x$ | $m_x.l_x.x$ |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-----------|-------------|
| 0,5  | 40    | 0     | 40,0  | 357,0 | 8,93  | 0,00     | 0,00  | 1,00  | 0,00      | 0,00        |
| 1,5  | 40    | 0     | 40,0  | 317,0 | 7,93  | 0,00     | 0,00  | 1,00  | 0,00      | 0,00        |
| 2,5  | 40    | 0     | 40,0  | 277,0 | 6,93  | 0,00     | 0,00  | 1,00  | 0,00      | 0,00        |
| 3,5  | 40    | 2     | 39,0  | 237,0 | 5,93  | 5,00     | 0,00  | 1,00  | 0,00      | 0,00        |
| 4,5  | 38    | 2     | 37,0  | 198,0 | 5,21  | 5,26     | 0,00  | 0,95  | 0,00      | 0,00        |
| 5,5  | 36    | 1     | 35,5  | 161,0 | 4,47  | 2,78     | 2,23  | 0,90  | 0,02      | 11,03       |
| 6,5  | 35    | 2     | 34,0  | 125,5 | 3,59  | 5,71     | 5,26  | 0,88  | 0,05      | 29,90       |
| 7,5  | 33    | 4     | 31,0  | 91,5  | 2,77  | 12,12    | 4,31  | 0,83  | 0,04      | 26,69       |
| 8,5  | 29    | 6     | 26,0  | 60,5  | 2,09  | 20,69    | 2,40  | 0,73  | 0,02      | 14,79       |
| 9,5  | 23    | 8     | 19,0  | 34,5  | 1,50  | 34,78    | 1,86  | 0,58  | 0,01      | 10,14       |
| 10,5 | 15    | 8     | 11,0  | 15,5  | 1,03  | 53,33    | 0,60  | 0,38  | 0,00      | 2,36        |
| 11,5 | 7     | 6     | 4,0   | 4,5   | 0,64  | 85,71    | 0,00  | 0,18  | 0,00      | 0,00        |
| 12,5 | 1     | 1     | 0,5   | 0,5   | 0,50  | 100,00   | 0,00  | 0,03  | 0,00      | 0,00        |

x: intervalo de idade;  $L_x$ : número de sobreviventes;  $d_x$ : número de indivíduos mortos;  $E_x$ : estrutura etária;  $T_x$ : número total de indivíduos por intervalo de idade;  $e_x$ : expectativa de vida;  $100q_x$ : probabilidade de morte;  $l_x$ : expectativa de vida até a idade x;  $m_x$ : fertilidade específica;  $l_x m_x$ : total de fêmeas nascidas na idade x

**Apêndice 2** Tabela de esperança de vida e de fertilidade de *A. craccivora* em feijão-caupi em condições naturais no mês de março de 2017. Teresina, PI.

| x    | $L_x$ | $d_x$ | $E_x$ | $T_x$ | $e_x$ | $100q_x$ | $m_x$ | $l_x$ | $m_x \cdot l_x$ | $m_x \cdot l_x \cdot x$ |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-----------------|-------------------------|
| 0,5  | 70,0  | 0,0   | 70,0  | 696,0 | 9,9   | 0,0      | 0,0   | 1,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 1,5  | 70,0  | 3,0   | 68,5  | 626,0 | 8,9   | 4,3      | 0,0   | 1,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 2,5  | 67,0  | 1,0   | 66,5  | 557,5 | 8,3   | 1,5      | 0,0   | 1,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 3,5  | 66,0  | 2,0   | 65,0  | 491,0 | 7,4   | 3,0      | 0,0   | 0,9   | 0,0             | 0,0                     |
| 4,5  | 64,0  | 9,0   | 59,5  | 426,0 | 6,7   | 14,1     | 0,2   | 0,9   | 0,0             | 0,7                     |
| 5,5  | 55,0  | 0,0   | 55,0  | 366,5 | 6,7   | 0,0      | 7,4   | 0,8   | 0,1             | 32,0                    |
| 6,5  | 55,0  | 8,0   | 51,0  | 311,5 | 5,7   | 14,5     | 7,0   | 0,8   | 0,1             | 35,6                    |
| 7,5  | 47,0  | 6,0   | 44,0  | 260,5 | 5,5   | 12,8     | 6,0   | 0,7   | 0,0             | 30,2                    |
| 8,5  | 41,0  | 3,0   | 39,5  | 216,5 | 5,3   | 7,3      | 6,4   | 0,6   | 0,0             | 31,9                    |
| 9,5  | 38,0  | 1,0   | 37,5  | 177,0 | 4,7   | 2,6      | 5,4   | 0,5   | 0,0             | 28,1                    |
| 10,5 | 37,0  | 5,0   | 34,5  | 139,5 | 3,8   | 13,5     | 4,4   | 0,5   | 0,0             | 24,2                    |
| 11,5 | 32,0  | 6,0   | 29,0  | 105,0 | 3,3   | 18,8     | 2,6   | 0,5   | 0,0             | 13,4                    |
| 12,5 | 26,0  | 1,0   | 25,5  | 76,0  | 2,9   | 3,8      | 2,4   | 0,4   | 0,0             | 11,3                    |
| 13,5 | 25,0  | 8,0   | 21,0  | 50,5  | 2,0   | 32,0     | 1,3   | 0,4   | 0,0             | 6,5                     |
| 14,5 | 17,0  | 7,0   | 13,5  | 29,5  | 1,7   | 41,2     | 0,8   | 0,2   | 0,0             | 2,8                     |
| 15,5 | 10,0  | 5,0   | 7,5   | 16,0  | 1,6   | 50,0     | 0,3   | 0,1   | 0,0             | 0,6                     |
| 16,5 | 5,0   | 3,0   | 3,5   | 8,5   | 1,7   | 60,0     | 0,1   | 0,1   | 0,0             | 0,1                     |
| 17,5 | 2,0   | 0,0   | 2,0   | 5,0   | 2,5   | 0,0      | 0,2   | 0,0   | 0,0             | 0,1                     |
| 18,5 | 2,0   | 0,0   | 2,0   | 3,0   | 1,5   | 0,0      | 0,1   | 0,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 19,5 | 2,0   | 2,0   | 1,0   | 1,0   | 0,5   | 100,0    | 0,0   | 0,0   | 0,0             | 0,0                     |

x: intervalo de idade;  $L_x$ : número de sobreviventes;  $d_x$ : número de indivíduos mortos;  $E_x$ : estrutura etária;  $T_x$ : número total de indivíduos por intervalo de idade;  $e_x$ : expectativa de vida;  $100q_x$ : probabilidade de morte;  $l_x$ : expectativa de vida até a idade x;  $m_x$ : fertilidade específica;  $l_x m_x$ : total de fêmeas nascidas na idade x

**Apêndice 3** Tabela de esperança de vida e de fertilidade de *A. craccivora* em feijão-caupi em condições naturais no mês de abril de 2017. Teresina, PI.

| x    | $L_x$ | $d_x$ | $E_x$ | $T_x$ | $e_x$ | $100q_x$ | $m_x$ | $l_x$ | $m_x \cdot l_x$ | $m_x \cdot l_x \cdot x$ |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-----------------|-------------------------|
| 0,5  | 72,0  | 0,0   | 72,0  | 752,0 | 10,4  | 0,0      | 0,0   | 1,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 1,5  | 72,0  | 0,0   | 72,0  | 680,0 | 9,4   | 0,0      | 0,0   | 1,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 2,5  | 72,0  | 1,0   | 71,5  | 608,0 | 8,4   | 1,4      | 0,0   | 1,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 3,5  | 71,0  | 3,0   | 69,5  | 536,5 | 7,6   | 4,2      | 0,0   | 1,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 4,5  | 68,0  | 6,0   | 65,0  | 467,0 | 6,9   | 8,8      | 0,7   | 0,9   | 0,0             | 3,0                     |
| 5,5  | 62,0  | 0,0   | 62,0  | 402,0 | 6,5   | 0,0      | 8,8   | 0,9   | 0,1             | 41,6                    |
| 6,5  | 62,0  | 4,0   | 60,0  | 340,0 | 5,5   | 6,5      | 7,8   | 0,9   | 0,1             | 43,7                    |
| 7,5  | 58,0  | 12,0  | 52,0  | 280,0 | 4,8   | 20,7     | 5,5   | 0,8   | 0,0             | 32,9                    |
| 8,5  | 46,0  | 6,0   | 43,0  | 228,0 | 5,0   | 13,0     | 5,0   | 0,6   | 0,0             | 27,3                    |
| 9,5  | 40,0  | 5,0   | 37,5  | 185,0 | 4,6   | 12,5     | 4,7   | 0,6   | 0,0             | 24,8                    |
| 10,5 | 35,0  | 7,0   | 31,5  | 147,5 | 4,2   | 20,0     | 3,2   | 0,5   | 0,0             | 16,1                    |
| 11,5 | 28,0  | 5,0   | 25,5  | 116,0 | 4,1   | 17,9     | 2,1   | 0,4   | 0,0             | 9,2                     |
| 12,5 | 23,0  | 3,0   | 21,5  | 90,5  | 3,9   | 13,0     | 1,9   | 0,3   | 0,0             | 7,5                     |
| 13,5 | 20,0  | 3,0   | 18,5  | 69,0  | 3,5   | 15,0     | 1,4   | 0,3   | 0,0             | 5,2                     |
| 14,5 | 17,0  | 4,0   | 15,0  | 50,5  | 3,0   | 23,5     | 1,0   | 0,2   | 0,0             | 3,3                     |
| 15,5 | 13,0  | 4,0   | 11,0  | 35,5  | 2,7   | 30,8     | 0,6   | 0,2   | 0,0             | 1,7                     |
| 16,5 | 9,0   | 2,0   | 8,0   | 24,5  | 2,7   | 22,2     | 0,5   | 0,1   | 0,0             | 0,9                     |
| 17,5 | 7,0   | 3,0   | 5,5   | 16,5  | 2,4   | 42,9     | 0,2   | 0,1   | 0,0             | 0,3                     |
| 18,5 | 4,0   | 2,0   | 3,0   | 11,0  | 2,8   | 50,0     | 0,0   | 0,1   | 0,0             | 0,0                     |
| 19,5 | 2,0   | 0,0   | 2,0   | 8,0   | 4,0   | 0,0      | 0,1   | 0,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 20,5 | 2,0   | 0,0   | 2,0   | 6,0   | 3,0   | 0,0      | 0,0   | 0,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 21,5 | 2,0   | 0,0   | 2,0   | 4,0   | 2,0   | 0,0      | 0,0   | 0,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 22,5 | 2,0   | 1,0   | 1,5   | 2,0   | 1,0   | 50,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0             | 0,0                     |
| 23,5 | 1,0   | 1,0   | 0,5   | 0,5   | 0,5   | 100,0    | 0,0   | 0,0   | 0,0             | 0,0                     |

x: intervalo de idade;  $L_x$ : número de sobreviventes;  $d_x$ : número de indivíduos mortos;  $E_x$ : estrutura etária;  $T_x$ : número total de indivíduos por intervalo de idade;  $e_x$ : expectativa de vida;  $100q_x$ : probabilidade de morte;  $l_x$ : expectativa de vida até a idade x;  $m_x$ : fertilidade específica;  $l_x m_x$ : total de fêmeas nascidas na idade x

**Apêndice 4** Tabela de esperança de vida e de fertilidade de *A. craccivora* em feijão-caupi em condições naturais no mês de junho de 2017. Teresina, PI.

| x    | $L_x$ | $d_x$ | $E_x$ | $T_x$ | $e_x$ | $100q_x$ | $m_x$ | $l_x$ | $m_x.l_x$ | $m_x.l_x.x$ |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-----------|-------------|
| 0,5  | 57    | 0     | 57,0  | 905,5 | 15,89 | 0,00     | 0,00  | 1,00  | 0,00      | 0,00        |
| 1,5  | 57    | 0     | 57,0  | 848,5 | 14,89 | 0,00     | 0,00  | 1,00  | 0,00      | 0,00        |
| 2,5  | 57    | 0     | 57,0  | 791,5 | 13,89 | 0,00     | 0,00  | 1,00  | 0,00      | 0,00        |
| 3,5  | 57    | 0     | 57,0  | 734,5 | 12,89 | 0,00     | 0,00  | 1,00  | 0,00      | 0,00        |
| 4,5  | 57    | 1     | 56,5  | 677,5 | 11,89 | 1,75     | 2,75  | 1,00  | 0,03      | 12,38       |
| 5,5  | 56    | 0     | 56,0  | 621,0 | 11,09 | 0,00     | 14,27 | 0,98  | 0,14      | 77,10       |
| 6,5  | 56    | 0     | 56,0  | 565,0 | 10,09 | 0,00     | 31,43 | 0,98  | 0,31      | 200,70      |
| 7,5  | 56    | 2     | 55,0  | 509,0 | 9,09  | 3,57     | 8,71  | 0,98  | 0,09      | 64,21       |
| 8,5  | 54    | 1     | 53,5  | 454,0 | 8,41  | 1,85     | 8,41  | 0,95  | 0,08      | 67,73       |
| 9,5  | 53    | 2     | 52,0  | 400,5 | 7,56  | 3,77     | 6,64  | 0,93  | 0,06      | 58,68       |
| 10,5 | 51    | 2     | 50,0  | 348,5 | 6,83  | 3,92     | 6,13  | 0,89  | 0,05      | 57,54       |
| 11,5 | 49    | 3     | 47,5  | 298,5 | 6,09  | 6,12     | 5,50  | 0,86  | 0,05      | 54,37       |
| 12,5 | 46    | 3     | 44,5  | 251,0 | 5,46  | 6,52     | 3,89  | 0,81  | 0,03      | 39,27       |
| 13,5 | 43    | 3     | 41,5  | 206,5 | 4,80  | 6,98     | 2,98  | 0,75  | 0,02      | 30,37       |
| 14,5 | 40    | 4     | 38,0  | 165,0 | 4,13  | 10,00    | 2,66  | 0,70  | 0,02      | 27,07       |
| 15,5 | 36    | 5     | 33,5  | 127,0 | 3,53  | 13,89    | 1,89  | 0,63  | 0,01      | 18,53       |
| 16,5 | 31    | 8     | 27,0  | 93,5  | 3,02  | 25,81    | 1,48  | 0,54  | 0,01      | 13,30       |
| 17,5 | 23    | 8     | 19,0  | 66,5  | 2,89  | 34,78    | 0,68  | 0,40  | 0,00      | 4,79        |
| 18,5 | 15    | 2     | 14,0  | 47,5  | 3,17  | 13,33    | 0,73  | 0,26  | 0,00      | 3,56        |
| 19,5 | 13    | 1     | 12,5  | 33,5  | 2,58  | 7,69     | 0,50  | 0,23  | 0,00      | 2,22        |
| 20,5 | 12    | 6     | 9,0   | 21,0  | 1,75  | 50,00    | 0,14  | 0,21  | 0,00      | 0,62        |
| 21,5 | 6     | 2     | 5,0   | 12,0  | 2,00  | 33,33    | 0,11  | 0,11  | 0,00      | 0,24        |
| 22,5 | 4     | 1     | 3,5   | 7,0   | 1,75  | 25,00    | 0,02  | 0,07  | 0,00      | 0,03        |
| 23,5 | 3     | 1     | 2,5   | 3,5   | 1,17  | 33,33    | 0,04  | 0,05  | 0,00      | 0,04        |
| 24,5 | 2     | 2     | 1,0   | 1,0   | 0,50  | 100,00   | 0,00  | 0,04  | 0,00      | 0,00        |

x: intervalo de idade;  $L_x$ : número de sobreviventes;  $d_x$ : número de indivíduos mortos;  $E_x$ : estrutura etária;  $T_x$ : número total de indivíduos por intervalo de idade;  $e_x$ : expectativa de vida;  $100q_x$ : probabilidade de morte;  $l_x$ : expectativa de vida até a idade x;  $m_x$ : fertilidade específica;  $l_x.m_x$ : total de fêmeas nascidas na idade x