

POLINIZAÇÃO E TÉCNICA DE INFESTAÇÃO ARTIFICIAL DO CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L. 1737) COM O PULGÃO *Aphis gossypii* (GLOVER, 1877), [HEMÍPTERA: APHIDIDAE]

Kazuiyuki Nakayama

CEPLAC/Centro de Pesquisas do Cacau. Rodovia Ilhéus/Itabuna, km 22, Ilhéus, BA. kazuoeplac@gmail.com;
kazuiyuki.nakayama@agro.gov.br

Este artigo aborda vários assuntos. Analisa a história da polinização com afídeos em cacau. A etologia dos pulgões na almofada floral, flores e fruto pequeno. A diversidade de afídeos relacionada à polinização do cacau. O mecanismo de aquisição e transferência de pólen resultantes da interação entre os pulgões e a estrutura da flor. A sintomatologia gerada pelos pulgões durante a colonização das almofadas florais, botões, flores, bilros e frutos. Os impactos dos surtos populacionais dos pulgões nas almofadas florais, florescências e polinizações férteis. A mensuração do impacto de colônias de pulgões infestadas artificialmente e protegidas contra seus inimigos naturais na frequência de polinização fértil em cacau autocompatível protegido. Os pulgões *Aphis gossypii* (Glover, 1877) e *Aphis (toxoptera) aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841), [Hemiptera: Aphididae] foram relacionados como principais afídeos polinizadores do cacau autocompatível. Foi comprovado que os pulgões ao colonizar a almofada floral e forragear em botões florais e flores, geram autopolinizações férteis e frutos, mas também, deixam marcas, vestígios e exúvias nos pedúnculos dos bilros-flor, bilros pequenos e ramos, as quais comprovam que as polinizações e frutificações resultaram das atividades de alimentação e ações dos pulgões. Em cacau engaiolado e protegido, foi comprovado que quanto maior a população de pulgão adicionada no início da florescência então maior é a frequência de polinização e frutificação. A infestação artificial de pulgões sobre a almofada floral e a simultânea proteção dos pulgões contra os inimigos naturais gerou 67,2 frutos contra 11,8 frutos/planta nos cacaueiros infestados naturalmente e desprotegidos dos inimigos naturais, representando um incremento de 570% a frutificação do cacau em relação à infestação natural nas plantas desprotegidas.

Palavras-chave: *Toxoptera aurantii*, *Theobroma cacao*, Forcipomyia, polinização.

Pollination and artificial infestation technique of cacao (*Theobroma cacao* L.) with the aphid *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemiptera: Aphididae]. This article addresses several subjects. Analyzes the history of pollination with aphids in cacao. The ethology of aphids on the flower cushions, flowers and small fruit. Aphid diversity related to cacao pollination. The mechanism of pollen acquisition and transfer resulting from the interaction between aphids and flower structure. The symptomatology generated by aphids during the colonization of flower pads, buds, flowers, bilros and fruits. Impacts of aphid population outbreaks on floral cushions, flowering and fertile pollination. Measuring the impact of artificially infested and protected aphid colonies against their natural enemies on the frequency of fertile pollination in protected self-compatible cacao. The aphids *Aphis gossypii* (Glover, 1877) and *Aphis (toxoptera) aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841), [Hemiptera: Aphididae] were listed as the main pollinating aphids of self-compatible cacao. It has been proven that aphids, when colonizing the floral cushion and foraging on flower buds and flowers, generate fertile self-pollination and fruits, but also leave marks, traces and exuviae on the peduncles of the flower bilros, small bilros and branches, which prove that the pollinations and fruiting resulted from the feeding activities and actions of the aphids. In caged and protected cacao trees, it was proven that the greater the aphid population added at the beginning of flowering, the greater the frequency of pollination and fruiting. The artificial infestation of aphids on the floral cushion and the simultaneous protection of aphids against natural enemies generated 67.2 fruits against 11.8 fruits/plant in cacao trees naturally infested and unprotected from natural enemies, representing a 570% increase in cocoa fruit set in relation to natural infestation in unprotected plants.

Key words: *Toxoptera aurantii*, *Theobroma cacao*, Forcipomyia, pollination.

Introdução

No início do século XX, algumas pesquisas demonstraram que a anemofilia e a hidrofilia eram ineficazes na polinização da flor do cacaueteiro. Estas informações estimularam que pesquisas de entomofilia no cacaueteiro fossem desenvolvidas. Os primeiros potenciais polinizadores estudados foram pulgões, formigas e tripes. No Ceilão, Sri Lanka, a observação de grãos de pólen aderidos aos corpos de tripes e de pulgão (*Ceylonica theacola* Buckt, sinônimo de *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe, 1841) fortaleceram a hipótese do envolvimento destes insetos na polinização do cacaueteiro (Wright, 1907). Na região Neotropical, em Trinidad, estudo com tripes, formigas e pulgões concluiu que o tripes era o principal polinizador (Caracciolo, 1910). Divergindo deste resultado, na ilha Dominica, estudo empregando gaiolas, confinando flores, pulgões e formigas, concluiu que a formiga era o principal polinizador (Jones, 1912).

Em Trinidad, o exame microscópico de centenas de flores, naturalmente, sitiadas por pulgões e formigas vermelhas, constatou que o pulgão carregava pólen aderido ao corpo enquanto nas formigas não eram observados pólen, incitando dúvidas sobre a capacidade polinizadora da formiga. Todavia, como as formigas eram vistas nas flores andando juntas com pulgões então, concluiu-se que pulgão e formiga eram capazes de polinizar 2% das flores do cacaueteiro (Harland, 1925).

O potencial polinizador da formiga foi aprofundado por pesquisa realizada no Suriname, América do Sul. O binômio pulgão x formiga foi investigado engaiolando os insetos em cacaueteiro. Nas gaiolas sem insetos, das 439 flores apenas uma formou um bilro. Para avaliar várias espécies de formigas, um conjunto de formigas de cada espécie era individualizado numa gaiola; de 624 flores expostas exclusivamente às formigas só cinco bilros foram assentados; por outro lado, nas gaiolas com formigas e pulgões, das 250 flores expostas foram gerados vinte bilros. Foi concluso que, na associação pulgão e formiga, o pulgão é o principal e mais efetivo polinizador enquanto a que a formiga poliniza pouco e ocasionalmente (Stahel, 1928). Nesta direção, em Trinidad, empregando cacaueteiro autocompatível protegido por gaiola, foi constatado que os botões florais depois de abertos só formavam bilros

nas plantas infestadas artificialmente com pulgões e formigas (Pound, 1933).

Na Costa do Marfim, África, cacaueteiros autocompatíveis confinados em gaiolas foram infestados, artificialmente, com a formiga *Crematogaster* spp. Apesar da gaiola protetora, acidentalmente, os cacaueteiros foram infestados por pulgões (*T. aurantii*), psilídeos (*Mesohomotoma tessmanni* Aulmann, 1912) e tripes (*Heliothrips rubrocinctus* Giard, 1912). Nas plantas engaioladas e invadidas por pulgões, as polinizações equivaleram às polinizações observadas nas plantas controles não engaioladas, polinizadas, livremente, por insetos visitantes. Na outra mão, os cacaueteiros engaiolados e infestados, exclusivamente, com populações puras das formigas *Pheidole* spp. e *Camponotus* spp., não foram polinizados, fortalecendo a tese da ineficácia polinizadora das formigas no cacaueteiro (Posnette, 1942).

Em Trinidad, nas amostras de flores de cacaueteiro autocompatível, o pulgão *T. aurantii* foi o mais frequente, o tripes (*Frankliniella parvula* Hood, 1925) foi o menos frequente e a formiga vermelha (*Wasmannia auropunctata* Roger, 1863) esteve ausente em algumas amostras de flores. Foi constatada correlação positiva entre a frutificação observada oito semanas após a data da coleta das amostras e as densidades de formigas e tripes nas amostras das flores (Cope, 1940).

A incompatibilidade gamética no cacaueteiro foi descrita por Pound (1932). Suas pesquisas subsequentes confirmaram as ocorrências de autoincompatibilidade na planta, da intercompatibilidade e da interincompatibilidade entre plantas e confirmaram a natureza genética da incompatibilidade (Pound, 1935). Estes conceitos enfatizam que, natural e evolutivamente, o cacaueteiro previne a endogamia e, através da polinização cruzada entre plantas, incrementa a sua diversidade genética.

Do ponto de vista da produtividade do cultivo, a formação e composição de um cacauete seminal com elevada frequência de plantas autoincompatíveis, faz a produtividade do cacauete muito mais dependente dos insetos que realizam a polinização cruzada, além de descartar os benefícios das autopolinizações realizadas pelos insetos autopolinizadores, tais como os pulgões. À época, a descoberta da incompatibilidade estimulou as pesquisas de entomofilia visando identificar os

potenciais insetos polinizadores, evolucionários com o cacaueteiro, capazes de realizarem a polinização cruzada nos cacauetes.

Nesta direção, em Trinidad, Billes (1942) demonstrou que a polinização do cacaueteiro era, exclusivamente, entomófila; em gaiolas de confinamento, avaliou a efetividade polinizadora de pulgões, tripses, formigas amarelas, cochonilhas e cigarrinhas na flor do cacaueteiro; comprovou que o pulgão *T. aurantii* realizava polinização fértil e frutífera em variedade autocompatível; observou fragmento de seta de tripses colada numa pequena massa de pólen aderida ao estigma da flor e tomou este fato como evidência da capacidade polinizadora do tripses.

Pela primeira vez na história da polinização do cacaueteiro, foi observada a mosca *Forcipomyia* spp. transportando pólen de flor em flor e de cacaueteiro em cacaueteiro, viabilizando a polinização cruzada entre plantas. Em tubo de vidro, Billes (1942) demonstrou a capacidade polinizadora da *Forcipomyia* spp. a qual, caracteristicamente, transfere uma massa de pólen grande, típica e com elevado número de grão de pólen, que varia entre 120 a 350 grãos. Billes (1942) concluiu que os insetos importantes envolvidos na autopolinização eram a mosca *Forcipomyia* spp., o tripses *F. parvula* e o pulgão *T. aurantii*. Ele finalizou que o único provável agente polinizador capaz de realizar a polinização cruzada no cacaueteiro era a mosquinha *Forcipomyia* spp.

A descoberta da mosca *Forcipomyia* spp. como agente da polinização cruzada e autopolinização no cacaueteiro despertou o interesse de muitos pesquisadores na região neotropical. No entanto, a ideia de que formigas, pulgões e tripses eram polinizadores importantes no cacaueteiro persistia uma vez que a mosca não era encontrada em várias regiões. No Equador, Muntzing (1947) comparou as frequências de grãos de pólen nos estilos de flores infestadas de pulgões e não afídeos. Concluiu que os pulgões, direta ou indiretamente, auxiliados pela ação das formigas presentes, geravam a polinização. Na Costa Rica, Dejean (1949) relatou muitas pequenas formigas pretas, pulgões e tripses pretos presentes nas flores de cacau e que foi observado apenas um espécime de mosquito desconhecido.

Na Colômbia, o exame de insetos coletados juntos com flores de cacau armazenadas em álcool 70° GL,

encontrou 25 espécies, sendo as mais frequentes o tripses das flores, *F. parvula*, seguido pela formiga vermelha (*W. auropunctata*) e o pulgão preto (*T. aurantii*). Concluiu-se que estes insetos desempenhavam importante papel na polinização do cacaueteiro naquele país (Lousada-Siniestra, 1953). Ainda na Colômbia, pesquisador examinando os insetos coletados em flores de cacau, encontrou *T. aurantii* como a espécie mais comum, seguida por *Crematogaster* spp., *F. parvula* e *Anthocoris* spp., em ordem decrescente de frequência. À exceção do *Anthocoris* spp., as demais espécies relatadas apresentaram diferentes quantidades de pólen aderido aos seus corpos (Cardona, 1953).

Na Costa Rica, América Central, Hernandez-B (1965), visualizando e amostrando insetos em flores encontrou sete espécies caminhando sobre o estigma ou em contato com anteras, mas, raramente, carregando grãos de pólen. As duas espécies mais abundantes foram o pulgão-preto (*T. aurantii*) e o tripses da flor (*F. parvula*). As espécies menos, frequentemente, encontradas foram o pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii* Glover, 1877), a pixixica (*W. auropunctata*), a formiga vermelha (*Solenopsis geminata* Fabricius, 1804) e a abelha sem ferrão (*Trigona jaty* Smith, 1863).

As potencialidades polinizadoras destas espécies foram avaliadas confinando espécimes em gaiolas sobre o cacaueteiro autocompatível UF 221. Sozinho, o pulgão (*T. aurantii*) gerou entre 12 a 25 % de polinização quando, respectivamente, infestado com cinco e vinte pulgões por gaiola. Sozinha, a formiga (*W. auropunctata*) causou média de 5 % de polinização. O pulgão (*T. aurantii*) engaiolado junto com a formiga (*S. geminata*), infestado com poucos indivíduos por gaiola, aumentou a percentagem de polinização e infestado com vinte pulgões por gaiola, diminuiu a percentagem de polinização. O tripses (*F. parvula*) causou apenas um por cento de polinização. Interpretando estes resultados, o pesquisador finalizou que “o papel e desempenho desses insetos em condições naturais pode ser bastante diferente, pois foi observado que os comportamentos naturais de alguns desses insetos nas gaiolas eram tão alterados e perturbados que a polinização que eles causaram poderia ser considerada meramente casual” (Hernandez-B, 1965).

Os resultados das pesquisas de Hernandez-B (1965), foram revisados e interpretados por Soria (1965) que, em relação aos pulgões, comentou “não ser possível atribuir elevadas eficiências polinizadoras aos pulgões porque eles exibem hábitos de movimentação lenta e frequências de visitas esporádicas às partes internas das flores, características não peculiares aos bons polinizadores. Prognosticou que os pulgões poderiam servir de atrativo para formigas, que, ao acaso, poderiam depositar grãos de pólen no pistilo das flores”.

Na Bahia, Brasil, nas décadas de 60 e 70, no cacaueteiro, a entomofilia focada na *Forcipomyia* sp. foi muito investigada, mas o mesmo não ocorreu com os pulgões. Também, foi comprovado que a formiga (*A. chartifex*) não participa diretamente da polinização. A pesquisa sugeriu que a formiga poderia exercer uma ação atrativa indireta sobre as moscas polinizadoras e/ou repelente para os seus inimigos (Vello, 1968). Também, foi demonstrado que a abelha nativa sem ferrão (*T. jaty*, Meliponinae) visita e coleta pólen na flor do cacaueteiro autocompatível, mas ela não gera polinização fértil (Soria, 1975).

Antes dos anos noventa, os cacauetes brasileiros eram formados por cacaueteiros híbridos resultantes de polinização aberta. Em função da incompatibilidade gamética (Pound, 1932), estes cacaueteiros híbridos seminais poderiam portar elevados graus de autoincompatibilidade ou de interincompatibilidade (Pound, 1935; Cope, 1962). Consequentemente, as polinizações férteis e as frutificações dos cacauetes com elevada frequência de plantas autoincompatíveis dependeriam muito mais das grandes quantidades de pólen contidas nas massas depositadas nos estigmas e das polinizações cruzadas realizadas, exclusivamente, pelas moscas *Forcipomyia* spp. (Billes, 1942; Hernandez-B, 1965). A necessidade de polinizações cruzadas destes cacauetes, possivelmente, justifique porque, na Bahia, as moscas do gênero *Forcipomyia* spp. tenham sido os polinizadores mais priorizados e pesquisados nas décadas de 60 e 70.

De fato, na região cacaueteira do estado da Bahia, foram estudados os locais de coleta e a distribuição de *Forcipomyia* relacionadas com a floração e frutificação do cacaueteiro (Soria, 1972). Foram descritas as principais características taxonômicas da mosquinha (*Forcipomyia spatullifera*, Soria e Wirth,

1974) e de uma nova espécie de mosquinha polinizadora (*Forcipomyia blantoni*, Soria e Bystrak, 1975). A mosquinha (*F. blantoni*) era a espécie mais abundante nos cacauetes baianos (Soria e Bystrak, 1975).

As pesquisas também descreveram tabelas etárias e dinâmicas populacionais das mosquinhas polinizadoras (Soria, 1976, 1977a, 1977b). Visando incrementar a produtividade do cultivo, mediante liberações massivas de mosquinhas polinizadoras, então foram iniciadas pesquisas com o objetivo de desenvolver tecnologia para multiplicação massiva das mosquinhas *Forcipomyia* spp. (Besemer e Soria, 1978; Soria, 1978).

Segundo Hernandez-B (1965), a potencialidade polinizadora dos pulgões em cacaueteiro está relacionada com a densidade de pulgões na flor. Então, é relevante determinar quais fatores no ambiente modificam as populações de pulgões. Nos habitats, em geral, as populações dos afídeos são modificadas por fatores bióticos e abióticos. Entre os fatores bióticos se destacam as interações ecológicas predação, parasitoidismo e mutualismo (associação com formigas).

Investigando o mutualismo de pulgão e formiga, em cacauetes, na Bahia, Silva & Perfecto (2013) constataram a predação sobre o pulgão preto dos citros *T. (Aphis) aurantii*. Os predadores encontrados foram larvas do díptero *Ocyptamus antiphates* Walker, 1849, dois neurópteros, uma espécie de Chrysopidae, uma espécie de Hemerobiidae não identificada e larvas de uma espécie não identificada de Coccinellidae.

Silva & Perfecto (2013) concluíram que a predação impede que, com frequência, as populações de pulgões alcancem os níveis de dano econômico. Nos levantamentos de formiga e pulgão constataram nove espécies de formigas sendo as mais frequentes *Crematogaster erecta* Mayr, 1866, *Crematogaster victima* Smith, F., 1858, *Ectatoma tuberculatum* Olivier, 1792, *Dolichoderus bidens* Linnaeus, 1758 e *Pseudomyrmex gracilis* Fabricius, 1804. A associação positiva entre formiga x pulgão não foi confirmada. As formigas menos frequentes foram *Cephalotes atratus* Linnaeus, 1758, *Camponotus fastigatus* Roger, 1863, *Camponotus* (*Myrmaphaenus*) sp. e *Ectatomma brunneum* Smith, F., 1858.

Elevadas riquezas de espécies de inimigos naturais do pulgão (*A. gossypii*) foram descritas em outras

culturas. No algodoeiro (*Gossypium hirsutum* Linnaeus, 1767), predando o pulgão (*A. gossypii*), foram encontradas cinco espécies de joaninhas predadoras *Cycloneda sanguinea* Linnaeus, 1763, *Scymnus* sp., *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, 1842, *Eriopis conexa* Germar, 1824 e *Olla v-nigrum* Mulsant, 1866, a tesourinha *Doru luteipes* Scudder, 1876, a mosca predadora *Condylostylus* sp. (Dolichopodidae) e várias espécies de aranhas predadoras. Também, foram observados, no algodão, adultos e larvas de sirfídeos, crisopídeos como *Chrysoperla externa* Hagen, 1861 e *Ceraeochrysa cubana* Hagen, 1861, além do percevejo *Orius* sp e outros predadores. Os parasitoides mais frequentes foram os microhemípteros das famílias Encyrtidae, Eulophidae, Chalcididae, Ichneumonidae e Braconidae (Sujii, Beserra e Ribeiro, 2005). Estes dois últimos relatos alertam que, nos experimentos de avaliação da capacidade polinizadora dos pulgões em cacauero, os impactos dos inimigos naturais precisam ser considerados.

A partir de 1997, para a região cacaueira baiana, foram recomendadas variedades tolerantes à Vassoura de Bruxa e, concomitantemente, portadoras de elevado grau de autocompatibilidade, tais como CCN51, PS13.19, CP2002, CP49, CP2004, SJ02, BN34, PH16, CCN10, IP1 e outros, (Lopes et al., 2003). Essas variedades autocompatíveis têm sido empregadas, em larga escala, em plantios monovarietais.

Visto que nos cacauais autocompatíveis, os afídeos podem incrementar a polinização fértil então esta pesquisa foi desenvolvida visando estudar vários aspectos da polinização resultante da interação pulgão e cacauero e também desenvolver uma tecnologia que permita, artificialmente, infestar pulgões em almofadas florais de cacaueros autocompatíveis.

Material e Métodos

Alguns aspectos da etologia, sintomatologia, ecologia, diversidade e prejuízos dos pulgões foram registrados mediante prospecções e observações realizadas em Linhares, ES, em 2021 e 2022, e nos anos 2019, 2020, 2021 e 2022, no extremo sul baiano, em cacauais monovarietais PS13.19 e, predominantemente, plantados sem sombreamento ou consorciados com coqueiro *Cocos nucifera* L.

Algumas constatações foram realizadas em situações específicas durante atividades de experimentações nestas duas regiões.

A avaliação do impacto da infestação artificial de colônias de pulgões sobre a polinização foi realizada em Belmonte, Bahia, na Fazenda Florianópolis, cujo acesso é localizável através das coordenadas: 16° 0'57.73"S 39°4'38.86"W. O experimento foi instalado num cacaual implantado com a variedade PS13.19, de quatro anos de idade, dotado de sistema de irrigação localizada composto, em cada linha de plantio, por mangueira simples grampeadas com nebulizadores do tipo microjet espaçados de 1,5 metros.

O solo do cacaual do experimento é caracterizado como Argissolo Amarelo distrófico (Moreau et al., 2006). Este solo apresenta baixa fertilidade natural, mas, por ter recebido e ser mantido com adições de adubações bimensais e correções de solo semestrais, o cacaual apresentava excelente estado nutricional, com quantidades de macro e micronutrientes suficientes para alcançar produtividade superior a 2.500 quilos de amêndoa seca/ha. Estes fatores potencializavam que o cacaual apresentasse intensa florescência.

O experimento foi instalado conforme o delineamento inteiramente casualizado, com dois sistemas de infestação de polinizadores (tratamentos) e onze réplicas. Cada réplica foi constituída por um cacauero em pleno florescimento. As onze réplicas foram instaladas no período entre outubro de 2020 a dezembro de 2021, em grupos de uma, duas ou três réplicas em cada data. O período que cada réplica permaneceu em experimentação variou entre 62 a 70 dias.

Nas datas da instalação das réplicas foram selecionadas entre uma a três duplas de cacaueros em pleno florescimento que estivessem totalmente livres de pulgões ou de outros insetos tais como formigas, joaninhas, crisopídeos, sirfídeos, cochonilhas e outros. Plantas com estes organismos eram descartadas. Uma toaleta floral foi realizada para eliminar flor com tripes. Para tanto, em todos os cacaueros, todas as flores abertas foram removidas inclusive, aquelas flores com bilros diminutos de menos de meio cm, em início de formação, com menos de cinco dias de idade, gerados por polinizações recentes. Adicionalmente, todos os frutos, de qualquer tamanho, inclusive os bilros com remanescentes de pétalas e

sépalas, nominados de bilro-flor, foram removidos mantendo-se nas duplas de cacauzeiros réplicas, somente os botões florais fechados, sem antese.

Foram definidos dois sistemas de infestação dos polinizadores: 1 - cacauzeiro exposto com livre acesso de polinizadores; 2 - cacauzeiro confinado com adição de folhas infestadas com pulgão e protegido de inimigos naturais.

O sistema livre consistiu em possibilitar a visitação espontânea de insetos, com o cacauzeiro exposto e desprotegido, permitindo que os insetos polinizadores, predadores e herbívoros tivessem acesso livre   planta. Os mais prováveis e potenciais polinizadores que podem ocorrer nos cacauais baianos são as moscas ceratopogonidae *Forcipomyia blantoni* e *Forcipomyia spatullifera* (Soria e Wirth, 1974; Soria e Bystrak, 1975) e os pulgões o *A. gossypii* e *T. aurantii* (Hernandez-B, 1965).

No sistema confinado manteve-se o cacauzeiro protegido de artrópodes por barreira e as plantas foram infestadas artificialmente com pulgões. Para tanto, o cacauzeiro foi protegido com uma tenda-cubo de organza de poliéster branca, de quatro metros nas dimensões largura x comprimento x altura, sustentada por quatro estroncas de eucalipto, previamente, fixadas ao solo nos cantos do quadrilátero. As saias da tenda foram presas na superfície do solo empregando fragmentos de troncos de eucalipto e solo. O interior da tenda era acessado através porta de organza localizada num dos cantos da tenda. A porta era vedada por fecho tipo "fita-velcro dupla face" de 3,0 cm de largura e 2,30 m de comprimento, costurado na organza da tenda.

Depois da tenda instalada, na vizinhança do mesmo cacaual, eram coletadas folhas juvenis infestadas com colônias de pulgões (entre 50 a 120 indivíduos/folha). Espécimes alados e ápteros foram armazenados em álcool 70 GL e, para confirmar a espécie, amostras foram enviadas para identifica o.

Nas folhas coletadas, fez-se uma toalette eliminando predadores, formigas, ovos de insetos e outros artrópodes. Nas adi es das folhas às plantas, para assegurar a transferência e deslocamento dos pulgões das folhas para as almofadas florais nos ramos, as faces das folhas carregando as colônias de pulgões foram justapostas ao longo do dorso (superior) dos ramos mais horizontais, menos verticalizados, que estivessem carregados de botões florais. Na sequência,

para não caírem, as folhas foram fixadas aos ramos com alfinete de cabeça.

Para estimar o potencial polinizador dos pulgões, foram realizadas uma inspe o e uma avalia o nas réplicas. Entre 20 a 30 dias após a instala o das réplicas foram realizadas inspe es para certificar que os pulgões haviam colonizado as almofadas florais. Alfinetes com cabeça coloridas foram empregados para marcar almofadas florais com distintas densidades de botões, de flores e de pulgões.

A contagem dos bilros foi realizada, entre 62 a 70 dias após a instala o. Nas avalia es dos bilros foram identificados os sintomas nos pedicelos e bilros, os indícios, os vestígios gerados e deixados pelos pulgões no período que eles colonizaram a almofada floral. Também foi contabilizada a quantidade de bilros formados nas almofadas forais, fotografados os sintomas e vestígios encontrados e as frutifica es foram categorizada em classes de tamanho para correlacionar com as idades de desenvolvimento dos mesmos.

O modelo analisado estatisticamente foi: bilro (y) = sistema de infest o do polinizador (livre ou confinado) x réplica (11). A análise de variância aplicada sobre os dados da variável resposta bilro foi realizada empregando o software estatístico SAS, com os dados da variável resposta (bilro) transformados pelo cálculo da raiz² ($\sqrt{X+1,0}$). Foi gerada uma análise de regressão e um gráfico em planilhas do Excel.

Resultados e Discussões

Etologia, sintomatologias, prej zos e benefícios gerados pelos pulgões ao cacauzeiro.

Nos cacauais do extremo sul baiano, o pulgão mais observado tem sido o *Aphis gossypii* (Glover, 1877), [Hemíptera: Aphididae] e o menos encontrado o *Aphis* (syn. *toxoptera*) *aurantii* (Boyer de Fonscolombe, 1841) [Hemíptera: Aphididae]. O *A. gossypii*   nominado de pulgão do algodoeiro e o *A. aurantii*   chamado de pulgão preto dos citros, visto que suas fêmeas aladas adquirem a cor preta.

A cor do *A. gossypii* varia entre o verde claro até o verde escuro e, às vezes, mosqueado (Figura 1). Na fêmea alada, a região costa-apical da asa anterior exibe uma faixa longitudinal, discretamente, lignificada e a nervura média se bifurca a partir de 3/4 da sua extensão (Figura 1).



Figura 1 - *Aphis gossypii* (Glover, 1877) - fêmea alada sobre a concha petaloide que protege a antera limitando o contato com o pulgão. Nervura média bifurcada a partir de 3/4 de sua extensão (seta laranja).

A outra espécie de pulgão que ocorre no cacaueteiro é o *A. aurantii*. A cor do *A. aurantii* varia entre o marrom claro até o marrom escuro. Nas fêmeas aladas, a região costa-apical da asa anterior exibe uma faixa longitudinal preta e a nervura média se bifurca, somente, na extensão distal, muito próxima à margem alar (Figura 2).

Os pulgões geralmente associam-se aos órgãos e estruturas das plantas que estejam com metabolismos ativos. Assim, no cacaueteiro, os pulgões colonizam as folhas jovens dos lançamentos foliares de ramos plagiotrópico ou ortotrópico (Figura 3). As fêmeas aladas ou fêmeas ápteras transportadas por formigas



Figura 2 - *Aphis aurantii* (Boyer, 1841) pousado sobre sépala de botão floral, asa com distinta faixa preta na região costa-apical e ninfas marrons.

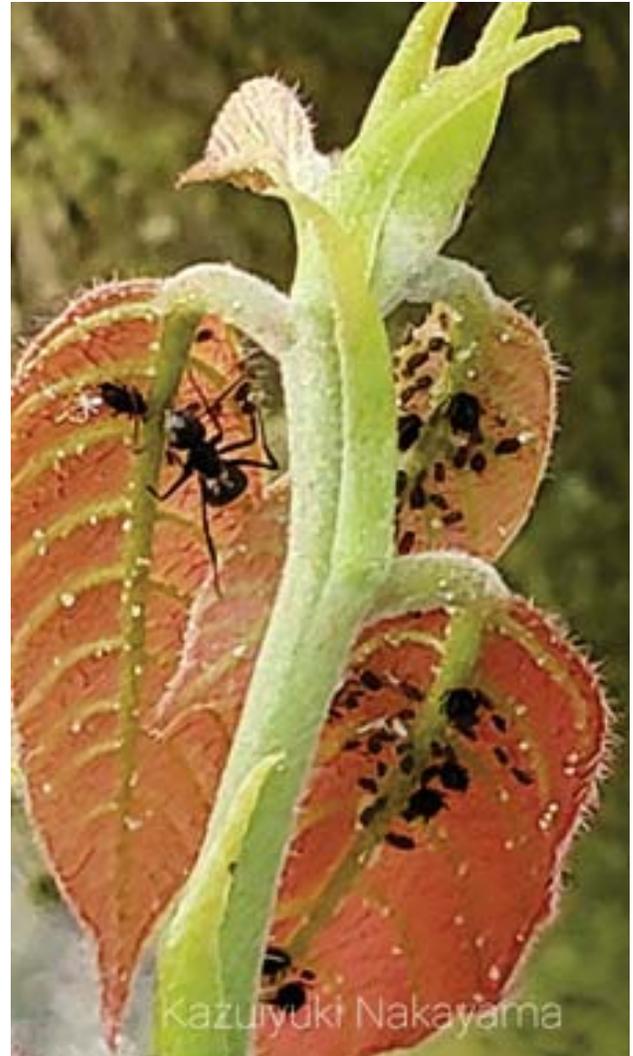


Figura 3 - Ápice de ramo ortotrópico colonizado por *A. aurantii*. Formiga mutualista.

colonizam a gema vegetativa desde o início do lançamento foliar, alimentando-se nas folhas juvenis, aproximadamente, por quinze a vinte dias. O *A. gossypii* coloniza, inteiramente, as folhas em desenvolvimento. Nas folhas jovens atacadas, o limbo foliar sofre ligeiras ondulações, suaves enrugamentos, mas não há redução no tamanho da folha, abortamento de folha ou qualquer outro tipo de dano mofo-anatômico (Figura 3).

Depois de vinte dias, as folhas amadurecem, se lignificam, tornando-se inadequadas para os pulgões, reduzindo a densidade populacional (Figura 4). Observações de campo mostraram que folhas de lançamentos foliares atacados, marcados com fita,

obtiveram longevidades iguais às longevidades das folhas sem ataque de pulgão. Potencialmente, na folha, a seiva sugada e extraída pelos pulgões representa o principal dano econômico a ser estimado.

As almofadas florais em florescência do cacauero também são colonizadas por fêmeas aladas ou fêmeas ápteras carregadas por formigas, cujas espécies variam de local para local (Figura 5). Ao alcançarem a almofada, no início, os pulgões migrantes e colonizadores se estabelecem no pedicelo do botão floral, no qual há maior fluxo de seiva elaborada.

Reproduzindo por viviparidade, a população de *A. gossypii* pode ser incrementada numa proporção entre



Figura 4 - Folha juvenil com *A. gossypii*.



Figura 5 - Em botões, colônia de *Aphis aurantii* composta de fêmeas ápteras transportadas e cuidadas por relação mutualística com a formiga - *Pheidole* spp.

dois e meio até cinco ninfas por dia (Vendramim, 1980; Guimarães, Moura e Oliveira, 2013). O aumento populacional dos pulgões no pedicelo força a dispersão das fêmeas. Assim, mesmo antes da antese, as novas fêmeas, ápteras e aladas, colonizam as sépalas, Figuras 6 e 7. Em períodos de baixa pluviometria, as exúvias geradas durante as ecdises ficam aderidas aos pedúnculos e sépalas (Figura 6).

Depois da antese, as fêmeas aladas e ápteras, invadem as estruturas da flor, estabelecendo principalmente, nas guias das sépalas e pétalas. Em geral, as fêmeas ápteras conseguem acessar o interior das conchas, mas as aladas não. Após a antese, por vezes, os estaminódios permanecem oclusos, dificultando que as fêmeas acessem a região do estigma (Figura 8).



Figura 6 - Em botões, colônia de *A. gossypii* com fêmeas aladas autóctones e dispersoras. Exúvias brancas sobre pedúnculos e sépalos (seta vermelha).

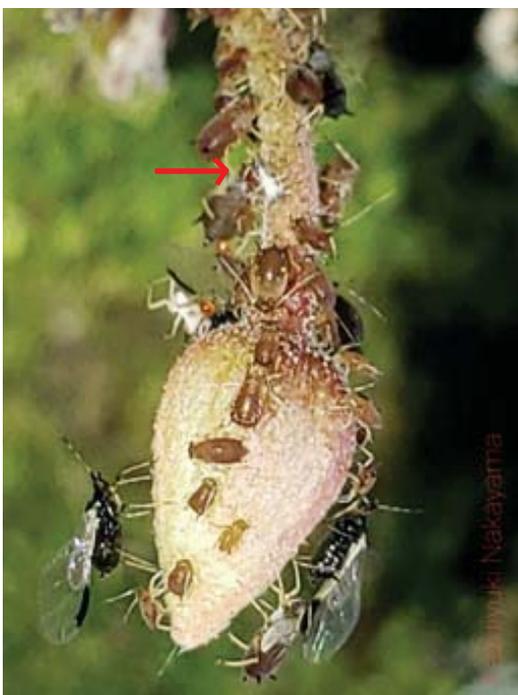


Figura 7 - Fêmeas aladas e ápteras de *Aphis aurantii* (Boyer, 1841) sobre o pedicelo e as sépalos do botão floral. Região costal-apical da asa anterior com faixa longitudinal preta. Exúvias brancas aderidas ao pedúnculo.

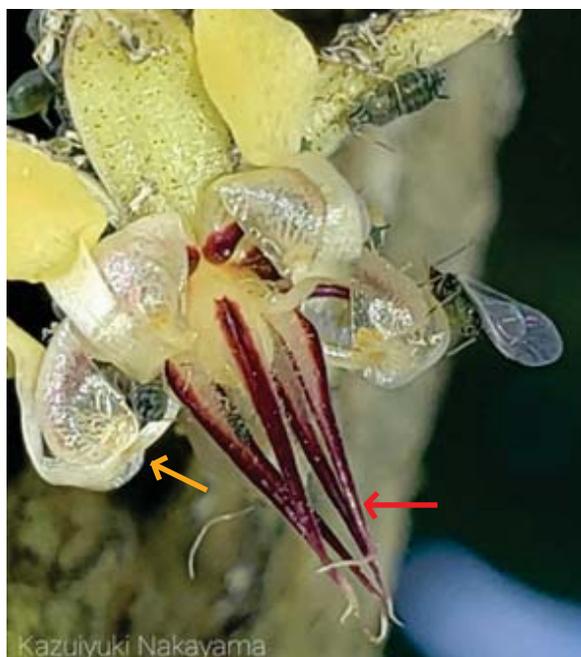


Figura 8 - *Aphis gossypii* (Glover, 1877), pulgão dentro da concha e sobre a antera (seta laranja). Estaminódios oclusos (seta vermelha) limitando acesso dos pulgões ao estigma.

O evento de polinização por afídeo

As observações e análises comportamentais dos pulgões nas flores sugerem que, após a antese, em função da competição populacional no pedúnculo floral, os insetos sítiam e colonizam as estruturas florais em busca de espaço para refúgio, repouso, ecdise ou muda de tegumento e sítio para obtenção de recurso alimentar (seiva elaborada). Dentre estes comportamentos, a busca ativa por seiva elaborada é a ação comportamental que mais potencializa o aumento de frequência do contato entre pulgão e antera, bem como, entre pulgão e estigma-estile. Entre as estruturas ou sítios alimentares da flor, o pedúnculo é a estrutura-sítio alimentar onde a seiva circula com maior intensidade e, também, é a mais concorrida e procurada pelos pulgões para alimentação (Figuras 5, 6, 7 e 8).

Apesar de não ter sido estudada, depois do pedúnculo, considerando a morfologia e anatomia da flor, é plausível considerar que a circulação da seiva seja uniforme nas demais estruturas da flor, porém, em função do tamanho da sépala e pétala, a seiva deve circular mais concentrada nas guias coloridas das pétalas e nas entumescidas guias das sépalos. Por isso, possivelmente, as fêmeas de pulgões sejam mais

observadas estacionadas ou se alimentando: (i) sobre a guia e centro das sépalas (Figuras 8, 10); (ii) por dentro e por fora da concha, mas sobre as guias coloridas das conchas petaloídes (Figura 9); (iii) muito menos frequentemente, sobre o ovário (Figura 10); (iv) sobre as faces internas dos estaminódios; (v) e, muito mais raramente, sobre o estigma.

Nestas estruturas florais, apropriadas pelos pulgões como sítio-de-alimentação, a busca de alimento sobre a guia colorida no interior da concha, onde se encontra a antera, é a ação potencial que mais pode favorecer a aquisição de carga de pólen. A depender do tamanho da fêmea, a massa ou grânulo de pólen pode ser adquirido se as fêmeas passarem comprimidas entre a concha e antera. Assim, as regiões pleural e dorsal, do tórax e abdômen, podem ser contaminadas com grânulos de pólen. Adicionalmente, no interior da concha, as fêmeas, casualmente, podem caminhar sobre a antera, contaminando pernas, tarsos e garras com pólen.

Por sua vez, dependendo do tamanho da fêmea, a transferência ou deposição da carga de pólen adquirida para o estigma-estilete pode, potencialmente, ocorrer quando a fêmea sair de dentro da concha petaloide, carregando carga de pólen no tórax ou abdômen ou



Figura 9 - Fêmea áptera sobre ovário (seta vermelha), aladas sugando a guia da sépala (seta laranja), fêmea áptera dentro da concha petaloíde (seta amarela). Pulgões nos pedúnculos da flor e botões florais.



Figura 10 - Flor com *A. gossypii*. Fêmea áptera sugando guia da sépala e sobre o ovário; estigma ressecado (danificado) por ter sido sugado por pulgão (seta vermelha). Micro grânulos de pólen sobre estaminoide (seta amarela).



Figura - 11 - Flor polinizada por fêmeas de *A. aurantii*, com estigma "queimado" pelo desenvolvimento dos tubos polínicos (seta vermelha), com micro grânulos e esfregaço de pólen (setas amarelas) nos estaminódios, concha petaloide recobrendo as anteras, botões florais vizinhos colonizados por fêmeas.

pernas e garras e, em seguida, as fêmeas buscarem se alimentar sobre o ovário, ou sobre as faces internas dos estaminódios ou sobre o próprio estigma (Figura 10). Neste último, a sucção da seiva ou picada de prova no estigma realizada pela fêmea pode inviabilizar o desenvolvimento do tubo polínico, como mostra a Figura 10.

Decorridos de 36 horas a três dias após a deposição do pólen, o ápice do estigma se mostra escurecido em função do crescimento dos tubos polínicos, as sépalas se mostram bastantes inchadas e pétalas dão fortes sinais de murcha (Figura 11). Nos estaminoides destas flores, por vezes, são vistos aglomerados punctiformes ou esfregaços de pólen, indicativo de que pólen aderidos nas pernas, tarsos ou abdômen foram transferidos quando as fêmeas caminharam sobre os estaminódios (Figuras 9, 10 e 11).

A transformação anatômica de ovário para bilro é rápida. Ela pode ser inicialmente visualizada três dias após a polinização (Figura 11), mas se acentua quatro a cinco dias depois, quando o bilro-flor mostra as pétalas bastante ressecadas, o estigma totalmente ressecado, escurecimento da casca, mas as sépalas ainda túrgidas (Figura 12).

As colônias de pulgões nas almofadas florais são compostas de fêmeas aladas (as maiores) e fêmeas



Figura 12 - Bilro-flor, quatro a cinco dias após polinização realizada pelo *A. gossypii*, com ninfas sugando a seiva sobre sépalas, bilro-flor. Estigma "queimado" (seta vermelha) e exúvias (seta laranja).

ápteras com tamanhos variando de pequeno a grande. Em função da abertura e diâmetro da concha, o espaço entre a antera e a concha, dificilmente, permitiria o ingresso da fêmea alada. Como a fêmea alada é a forma que potencializaria a polinização cruzada, dispersão de pólen entre plantas, então pode ser pressuposto que os pulgões realizam, somente, a autopolinização na flor do cacaueteiro.

Para que o pulgão adquira a carga de pólen, em função da viscosidade do pólen, é preciso que o pulgão transite espremido, entre a concha e antera. Então, em função do tamanho, só as fêmeas maiores podem adquirir e transferir grânulo ou massa de pólen contendo quantidade de grãos de pólen suficiente para gerar uma polinização fértil e frutífera.

Nas fêmeas constataram-se manchas e grânulos de pólen nas regiões pleural e dorsal, do tórax e abdômen e nas pernas, tarsos e garras. Nos estaminódios, foram encontrados esfregaço e grânulo de pólen de vários diâmetros, contudo, na flor, em nenhum levantamento foi encontrada uma massa ou uma mancha de pólen que carregasse uma quantidade elevada, com mais de 350 pólenes, tal como, tem sido observado e descrito com *Forcipomyia* spp. (Billes, 1942; Hernandez, 1965).

Observações e análises dos comportamentos de fuga, dispersão, ecdise e repouso dos pulgões na almofada floral permitem concluir que o comportamento alimentar é o principal fator promotor e envolvido na aquisição e transferência do pólen, respectivamente, da antera para o pulgão e do pulgão para o estigma.

Esta pesquisa não mensurou, mas constatou haver indícios de que a quantidade de pólen adquirida pelos pulgões varia em função do tamanho das fêmeas, da região e da parte do corpo do inseto que contata a antera, sugerindo que a carga de pólen adquirida pode variar de contato para contato ocorrido entre pulgão e antera, podendo, inclusive, ser adquirida e transferida quantidade de pólen insuficiente, para gerar uma polinização fértil e frutífera.

De fato, os levantamentos mostram ocorrências de polinizações que iniciam a formação dos bilros-flor, mas que, logo em seguida, cessam o desenvolvimento e abortam, conforme mostram as Figuras 13 e 14. As polinizações com quantidade insuficientes de pólen, possivelmente, estejam relacionadas e expliquem as ocorrências dos abortos de bilros-flores.



Figura 13 - Bilro-flor iniciado e abortivo, possivelmente, devido à polinização insuficiente.



Figura 14 - Bilro-flor iniciado e abortivo, possivelmente, devido à polinização insuficiente gerada por *A. aurantii*.

Após a polinização, nos primeiros sete dias iniciais, muitas vezes, os pulgões continuam sugando a seiva no pedúnculo ou no bilro em desenvolvimento, Figuras 15, 16 e 17. Sobre bilro e pedúnculo, as fêmeas mudam seus tegumentos e deixam suas exúvias depositadas sobre bilros, pedúnculos, almofadas florais e ramos. Em períodos de estiagens estas exúvias se acumulam e ficam muito visíveis, Figuras 16. Em períodos mais chuvosos a maioria das exúvias é removida pela água das chuvas (Figura 17). Estes restos corporais, vestígios e indícios caracterizam com precisão os bilros gerados por polinizações de afídeos.

A colonização do pedúnculo gera uma deposição de excrementos açucarados, "honey juice", excretados pelos pulgões que provoca o



Figura 15 - Colônia mista composta de *A. gossypii* e *A. aurantii* sugando no pedúnculo e bilro-flor. As fêmeas aladas geradas em situ.



Figura 16 - Colônia de *A. gossypii* sitiando e alimentando-se no pedúnculo. Bilro-flor com exúvias brancas (seta vermelha).

escurecimento da casca do pedúnculo e das sépalas (Figura 18). Nos pontos onde os pulgões introduziram seus estiletes e sugaram a seiva, em geral, desenvolvem necroses, as quais evoluem para os pontos escuros de várias gradações e diâmetros (Figuras 19 e 20).

As colônias de pulgões, mais persistentes e longevas, geram necroses maiores e mais escuras enquanto que as colônias menos longevas geram leves escurecimentos nas cascas dos pedúnculos. Nos bilros, somente, as necroses maiores podem gerar cicatrizes nos frutos adultos (Figura 21). Enfatize-se que apesar dos pulgões gerarem estas lesões, nos pedúnculos e bilros, as lesões não promovem o peco dos bilros. Pelo contrário, os bilros vingam e se desenvolvem normalmente (Figuras 15, 16 e 17, 18, 19, 20, 21).



Figura 17 - Colônia de *A. gossypii* sitiando e alimentado sobre o bilro-flor. Exúvias brancas (seta vermelha) geradas na mudança de tegumento.

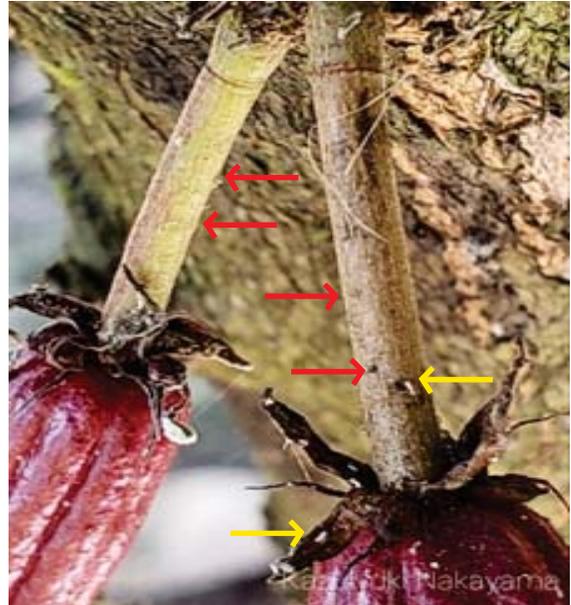


Figura 19 - Escurecimento da casca do pedúnculo e manchas necróticas nos pontos sugados pelos pulgões (seta vermelha) e exúvias (seta amarela).

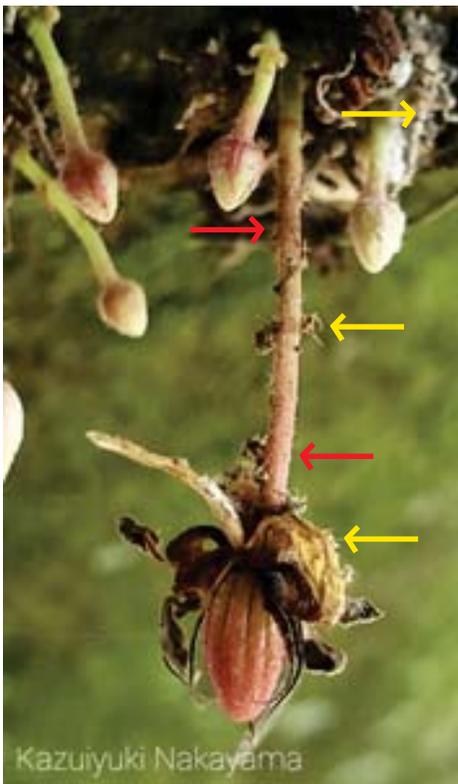


Figura 18 - Casca do pedúnculo com micros manchas necróticas (seta vermelha) e exúvias (seta amarela).



Figura 20 - manchas necróticas nos locais, intensamente, sugados pelos pulgões (setas vermelhas) e exúvias (seta amarela).

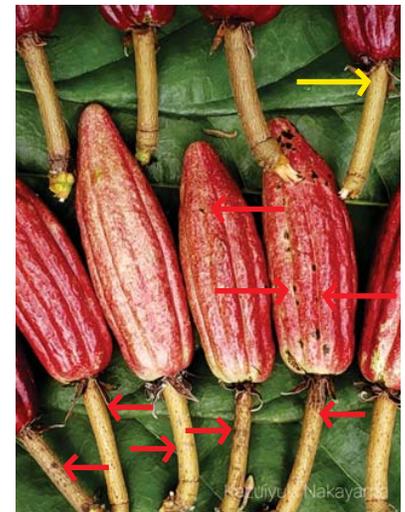


Figura 21 - Bilros de três a quatro semanas de idade com cascas dos pedúnculos mostrando manchas necróticas (setas vermelhas) de várias gradades e diâmetros. Pedúnculos colonizados por pequenas colônias geram fracas e delicadas necroses, quase imperceptíveis (seta amarela).

Relações entre tamanho da almofada floral, população e frequência de flores polinizadas por pulgões.

O tamanho da almofada floral do cacaueteiro varia, na planta, em função do diâmetro do caule, idade da planta e variedade. Quanto maior a idade da planta maior o diâmetro dos ramos e quanto maior o diâmetro do ramo maior a almofada floral.

No cacaueteiro, a almofada floral em florescência é o sítio de nidificação e fonte de alimento dos pulgões. Para um agente polinizador, ter o sítio de criação e alimentação no próprio hospedeiro, proporciona aos pulgões, em relação os mosquitos polinizadores *Forcipomyia* spp., a vantagem das disponibilidades do sítio e recurso alimentar para sobrevivência e multiplicação das suas populações. Por esta razão, o tamanho da almofada floral e a longevidade da florescência determinam a longevidade da colônia e a densidade da população suportada pela almofada floral.

Foi constatado que numa almofada floral pequena, carregando única flor, uma colônia composta com 35 a 60 pulgões gerou uma polinização fértil e frutífera (Figura 22). Embora com pouca frequência, foi observado numa almofada pequena carregando duas flores, cada qual com 70 a 90 pulgões/flor, foram geradas duas polinizações férteis e dois bilros de idênticos tamanhos e idades (Figura 23). Muito menos frequentemente, em pequenas almofadas em florescência, foi constatada expansão de uma sucessão de antese em três flores, nas quais os pulgões realizaram uma sucessão de polinizações que produziram três bilros de idades crescentes (Figura 24).

Conquanto as pequenas almofadas colonizadas por pulgões possam gerar, eventualmente, estas bilrações múltiplas, em geral, sobre as pequenas almofadas florais, os pulgões geram, habitualmente, frutos isolados nos ramos.

Por sua vez, nos ramos grossos, com almofadas florais grandes ou em variedades que carregam grandes e densas almofadas florais, a florescência é mais longa, duradoura e de maior densidade floral. Nestas almofadas, os pulgões migrantes colonizam os primeiros botões florais, depois, reproduzem e migram, ou são transportados por formigas, para outros botões e flores da mesma almofada ou para flores de almofadas vizinhas e próximas. Na proporção que a população aumenta, principalmente, nos troncos e ramos grossos,



várias flores da mesma almofada floral ou almofada vizinha são polinizadas, simultaneamente, produzindo aglomerado de bilros de idades e tamanhos iguais ou muito próximos (Figura 25). Estes conjuntos de frutos assemelham às "pencas" frutíferas (Figura 26).

Figura 22 - pequena almofada com bilro isolado.



Figura 23 - pequena almofada floral com duas polinizações, quase simultâneas, gerando bilros de mesma idade. Pulgões no pedúnculo e no bilro.



Figura 24 - Sucessão de antese e polinizações gerando bilros de idades distintas em pequena almofada floral. Exúvias nos pedúnculos e sépalas enegrecidas.



Figura 25 - Aglomerado ou "penca" de bilros-flor (seta vermelha) com tamanho e idade de dois dias após autopolinizações de *Aphis gossypii*.



Figura 26 - "Pencas" de bilros gerada por colônia de pulgão em almofada floral grande.

Relação entre longevidade da florescência, frequência de surto de pulgão, tamanho e idade de fruto e uniformidade de maturação dos frutos.

A intensidade da florescência no cacaueteiro varia ao longo das estações climáticas em função da radiação, da periodicidade das chuvas e estiagens, da temperatura e da carga frutífera (Alvim, 1956, 1984; Vogel, Machado e Alvim, 1982). Do final da primavera até o início do outono, o cacaueteiro pode realizar florescência com duração superior a quarenta e cinco dias. Em geral, estas longevas e intensas florescências ocorrem em cacaueteiro bem ensolarado, adubado e pouco carregado de frutos conforme observado na Fazenda Florianópolis, Belmonte, BA, abril/2021. (Figura 27).

Nestas situações físicas e fenológicas, tem-se constatado ocorrências de surtos de pulgões nas almofadas florais com subsequentes incrementos de polinização fértil e bilração. Em geral, quanto mais rapidamente, a planta é colonizada pelos pulgões mais intensa tem sido a polinização e mais rapidamente os bilros são gerados e as plantas carregadas de frutos. Nestas circunstâncias, a frutificação gerada se notabiliza pela elevada quantidade de bilros e alta uniformidade de idade e tamanho dos frutos. Não é incomum serem gerados mais de cem bilros por florescência/planta,

conforme foi observado na Fazenda Florianópolis, Belmonte, BA, em junho de 2021 (Figura 28).

Surtos de pulgões em almofadas florais com elevados potenciais polinizadores podem ser observados na região cacaueteira e no sul da Bahia e, também, no norte do Espírito Santo. Na fazenda Dedo de Deus, Linhares, ES, em agosto de 2022, foi encontrado cacaueteiro carregado com 287 frutos. A maioria dos pedúnculos apresentavam pontos escuros e necróticos e exúvias indicativos da ocorrência de surto de pulgão (Figura 29).

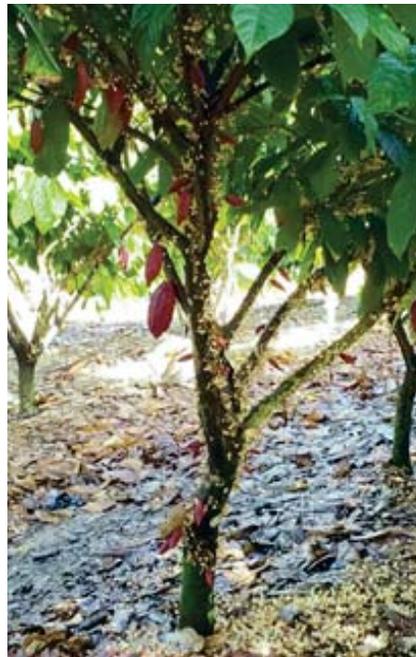


Figura 27 - Cacaueteiro a pleno sol em plena e longeva florescência. Belmonte. BA. Maio/2021.



Figura 28 - Frutificação com mais de cem frutos/cacaueiro a pleno Sol e irrigado. Belmonte. BA. Maio/2021.

Tomando-se, como referência, a relação entre tamanho versus idade dos frutos, foi possível concluir que a maioria das polinizações que originaram esta carga frutífera nesta planta ocorreu num intervalo de tempo menor do que quarenta e cinco dias. Na fazenda Alvorada, Eunápolis, BA, Setembro/2021, foi observado um cacaueiro com 217 frutos com seus pedúnculos exibindo vestígios de exúvias de pulgões. A correlação entre tamanho e idade dos frutos também indicou que a maioria das polinizações geradoras desta carga frutífera ocorreu num intervalo entre quarenta e cinquenta dias (Figura 30).

No centro do município de Linhares, ES, em julho de 2022, em frente ao escritório regional da Ceplac, num terreno, praticamente, todo pavimentado, impróprio para a multiplicação da mosca *Forcipomyia* spp., foi encontrado um cacaueiro de três e meio anos de idade com 162 frutos (Figura 31). A maioria dos pedúnculos dos frutos apresentavam pontos escuros, superficialmente necróticos e havia muitas exúvias de pulgões aderidas aos ramos e troncos. A relação entre



Figura 29 - Frutificação com poucas classe de tamanho de fruto, indicativo de frutificação gerada por polinização intensiva e forte surto de pulgão. Na fazenda Dedo de Deus, Linhares, ES. Agosto/2022.



Figura 30 - Frutificação com grande uniformidade no tamanho e idade dos frutos, gerada por intensivo e continuado surto de pulgões, causadores da intensiva polinização. Fazenda Alvorada, Eunápolis, BA. Setembro/2021.



Figura 31 - Intensa frutificação com elevada uniformidade no tamanho e idade dos frutos gerada por intensa e concentrada polinização realizada por pulgões em surto populacional. Linhares, ES. Escritório CEPLAC, julho/2022.

tamanho versus idade dos frutos indicava que a maioria das polinizações que originaram a carga frutífera carregada pela planta ocorreu num intervalo de tempo menor do que trinta dias.

Planta com carga frutífera de elevada uniformidade de idade e tamanho ocorrem quando o surto populacional de pulgões aumenta, contínuo e rapidamente, e as almofadas florais são colonizadas num curto espaço de tempo. Para que os surtos de pulgões possam ocorrer é necessário que, no mínimo, haja intensa florescência (sítio alimentar do pulgão), baixa pluviometria e reduzidas populações de inimigos naturais (IN) dos pulgões.

Estas condições são necessárias porque a alta pluviometria impacta fortemente os surtos de pulgões, reduzindo a população (Cividanes, 2002; Carvalho, Bueno e Martinez, 2002; Leite et al., 2002; 2008; Fabrício, 2003; Hubaide, 2010; Wies, 2019). Do mesmo modo, a elevação das populações dos inimigos naturais, principalmente, predadores e parasitoides, também, podem diminuir ou interromper os surtos de pulgões, reduzindo suas populações

num curto espaço de tempo (Cividanes, 2002; Sujii, Beserra e Ribeiro, 2005; Hubaide, 2010; Silva & Perfecto, 2013; Cunha, 2017).

As observações registradas por esta pesquisa mostram que, em princípio, tomando a relação estrutural entre estas variáveis, quando surge um surto de pulgão sobre uma florescência e, na sequência, inicia um período chuvoso ou um surto de inimigos naturais, a frequência de polinização pode ser diminuída ou interrompida. Na sequência, se o período chuvoso é interrompido ou o surto de inimigo natural é diminuído então pode haver um aumento da população de pulgão e a polinização é retomada.

Esta sucessão de florescência, surto de pulgão, incremento da polinização, período chuvoso ou surto de inimigo natural, repetida no tempo, pode se estender ao longo dos meses até que as polinizações realizadas pelos pulgões acumulem e carreguem, completamente, a planta com frutos. Ao final de um período de três a cinco meses, a planta que foi polinizada por estes intermitentes e sucessivos surtos de pulgões irá apresentar uma carga frutífera com várias classes de frutos que se diferenciam pelos distintos tamanhos e idades (Figura 32).



Figura 32- Carga frutífera composta por frutos, de distintas classes de tamanho e idade, gerados por polinizações realizadas por populações de pulgões, presentes em surtos ocorridos ao longo de quatro meses passados. Fazenda Florianópolis, Belmonte. BA. Setembro/2021

Em outras palavras, a presença, em cacauzeiros autocompatíveis, de carga frutífera composta de conjuntos ou classe de frutos de distintos tamanhos e idades é uma evidência de que estes frutos foram originados por polinizações produzidas por sucessão de pequenos surtos de pulgões que ocorreram ao longo do tempo passado recente. Estes conjuntos de frutos de mesma idade e tamanho só são possíveis porque os pulgões possuem elevada capacidade reprodutiva, que potencializa um aumento da densidade populacional num curto espaço de tempo, densidade esta que viabiliza a infestação simultânea de várias almofadas florais com múltiplas polinizações, que geram estes grupos de frutos de mesmo tamanho e idade.

De fato, a taxa de fecundidade do *A. gossypii*, em função da temperatura, varia de 2,69 ninfa/adulto/dia a 20°C para 2,85 ninfa/adulto/dia a 25°C. Adicionalmente, o período de ninfa ou o tempo para alcance da maturidade reprodutiva é reduzido de 13,5 dias a 15°C para cinco dias a 30°C (Ebert e Cartwright, 1997; Soglia, Bueno e Sampaio, 2002).

Estas taxas reprodutivas asseguram que as elevadas fecundidade e precocidade reprodutiva dos afídeos potencializam a aceleração do crescimento populacional, (Leite et al., 2008), em níveis suficientes para aumentar a frequência de autopolinização num curto espaço de tempo. Em geral, florescência duradoura e prolongada que sustenta a elevação de surto populacional de pulgões gera carga frutífera de elevada uniformidade de idade, tamanho e maturação, a qual permite, inclusive, a redução do número de colheitas na planta (Figura 33).



Figura 33 - Elevada uniformidade de maturação em frutos promovida pela intensificação e concentração da polinização gerada por surto populacional de pulgões, Fazenda Florianópolis, Belmonte, BA. Novembro/2022.

Prejuízo do pulgão sobre o botão floral e florescência.

As elevadas fecundidades e precocidades reprodutivas dos afídeos potencializam a aceleração do crescimento populacional, gerando o benefício do incremento da polinização fértil no cacauzeiro. Este elevado potencial reprodutivo não é prejudicial quando o pulgão ocorre na folha e, também, quando ocorre no bilro, visto que não provoca abortamento do bilro e perda do fruto e produção.

Por sua vez, a florescência no cacauzeiro é vigorosa. Em plantas mais velhas, bem nutridas e supridas de água, com ramos grossos, almofadas grandes, em geral, as florescências são duradouras e prolongadas. Quando boas condições para os pulgões coincidem com estiagens, os pulgões incrementam suas densidades populacionais para níveis que podem causar murchas de botões florais e redução na densidade de flores em antese (Figuras 34 e 35). Apesar deste prejuízo à florescência, a produtividade do cacauzeiro não é colocada em risco porque a florescência do cacauzeiro é abundante e quando esta perda floral ocorre, em geral, os pulgões já geraram inúmeras polinizações férteis e frutíferas conforme mostra as Figuras 25, 29 e 30. Portanto, as populações de pulgões nos cacauais devem ser estimuladas, promovidas e consideradas benéficas.



Figura 34 - Botões florais abortivos recobertos de fumagina desenvolvida sobre excreções açucaradas produzidas pelos pulgões.



Figura 35 - Botões florais e flores murchas, recobertos de fumagina e com exúvias (seta amarela) brancas gerada nas ecdises dos pulgões.

Nos cacauais com alta frequência de plantas autoincompatíveis a presença da *Forcipomyia* spp. é obrigatória, pois estes mosquitos são os únicos agentes conhecidos que realizam a polinização cruzada. Também, mesmo que as populações de pulgões estivessem presentes, seus benefícios polinizadores não seriam, totalmente, aproveitados. Portanto, o cacauai autoincompatível sempre terá sua produtividade limitada por descartar as autopolinizações geradas pelos pulgões e moscas *Forcipomyia* spp.

Por sua vez, o propágulo vegetativo é uma cópia idêntica da matriz. A planta originada do propágulo mantém todos os fenótipos da matriz. Sendo a matriz autocompatível, todo cacauai formado com muda de propagação vegetativa será autocompatível e beneficiado pelas polinizações realizadas pelos insetos que realizam a autopolinização e a polinização cruzada, isto é, pulgões e mosquitos *Forcipomyia* spp.

Às empresas e instituições produtoras de sementes híbridas destinadas à produção de mudas e formação de cacauais seminais, recomenda-se empregar plantel de matrizes e sistema de produção que produzam sementes que formem mudas-progênes e cacauais que contenham alta frequência de plantas autocompatíveis e muito baixa frequência de planta autoincompatíveis para o cacauai ser beneficiado pelas autopolinizações realizadas pelos pulgões e mosquitos *Forcipomyia* spp. e depender menos das polinizações cruzadas realizadas, exclusivamente, pelas *Forcipomyia* spp.

Vantagens proporcionadas pela autocompatibilidade.

Considerando a variável polinização, o cacauai varietal autocompatível apresenta as seguintes vantagens em relação ao cacauai seminal, composto com algum percentual de plantas autoincompatível:

- Incorpora à produção todas as polinizações férteis geradas pela *Forcipomyia* spp. e pelos pulgões autopolinizadores para aumentar a produção.

- Expande a fronteira agroecológica e territorial para o plantio de cacauai, potencializando a implantação de cacauai em regiões com baixa ocorrência de *Forcipomyia* spp., como o semiárido e região do cerrado, visto que, a reprodução da *Forcipomyia* sp. exige a presença da serapilheira com alta umidade e matéria orgânica em decomposição primária.

- Potencializa a implantação de cacauais em regiões com baixa pluviometria, em função da potencial ocorrência de pulgões autopolinizadores do cacauceiro;

- Viabiliza a polinização do cacauceiro mesmo em períodos de baixa pluviometria diminuindo a sazonalidade da frutificação.

Avaliação da Técnica de Infestação Artificial de Pulgões em Cacauceiro Autocompatível.

O experimento para avaliar a técnica de infestação artificial constou de dois sistemas de infestação de insetos polinizadores: a) acesso livre com infestação natural de pulgão, outros insetos polinizadores e inimigos naturais; b) confinado, com pulgão infestado artificialmente e acesso impedido para outros polinizadores e inimigos naturais. Na Figura 36 pode ser observada a maneira como (folhas com colônia) os pulgões foram adicionados às almofadas florais. A Figura 37 mostra a frutificação com frutos formando “penca frutífera” gerada pelos pulgões infestados artificialmente.

Os resultados da análise de variância dos dados de bilros gerados pelos dois sistemas de polinização natural constam da Tabela 1. A Anova confirma que a variável sistema de infestação de polinizadores é altamente significativo, com $FPr < 0,0001^{**}$, C. V. = 22,20 e $R^2 = 0,790$.

Os resultados comprovam que a densidade populacional de pulgões impacta, diretamente, a frequência de polinização e que ela depende da população inicial infestante. De fato, foi comprovado



Figura 36 - Cacaueiro protegido com tenda (seta laranja), folhas com pulgões fixadas aos ramos (seta vermelha), almofadas florais em florescência e mangueira de irrigação com dispersor trijet (seta amarela).



Figura 37 - Cacaueiro protegido por tenda com carga frutífera composta por distintas classes de tamanho e idade de frutos, gerados por polinizações realizadas por pulgões infestados no início da florescência durante 60 dias de confinamento. "Pencas" de frutos (seta amarela) gerados pelas por colônias de pulgões e seus descendentes.

Tabela 1 - Análise de variância dos dados de bilros formados em cacauaieiros polinizados por dois sistemas de polinização (a-desprotegidos e polinizadores livres e b-cacauaieiros protegidos e pulgões infestados e confinados)

Causa de variação	GL	SQ	QM	F value	Pr>F
Sistema de polinização	1	124,014	124,014	75,41	<0,0001
Resíduo	20	32,890	1,645		
Total	21	153,905			
R ² = 0,790 C. V. = 22,20 Root MSE= 1,282 Média de bilro = 5,78					

que quanto maior é a população adicionada no início do florescimento então maior é a quantidade de polinizações e frutos produzidos num determinado período. Estes resultados concordam com as observações realizadas por Hernandez-B (1965), que assegurava ser a efetividade polinizadora dos pulgões no cacauaieiro dependente da densidade populacional dos afídeos na almofada floral.

A sintomatologia da frutificação resultante das polinizações geradas pelas populações de pulgões infestadas artificialmente reproduziu as "pencas" e a carga frutífera composta por conjuntos ou classe de frutos de distintos tamanhos e idades. Estas características da frutificação asseguram que as classes de frutos por tamanho e idade foram promovidas por polinizações geradas por sucessão de pequenos surtos ou incrementos populacionais de pulgões ocorridos ao longo do tempo passado recente, tal como tem sido observado nos cacauais dos Estados do ES e da BA.

O impacto da população, infestante inicial, de pulgões sobre a polinização está representado na Figura 38, que reporta, na abscissa (x), a população inicial de pulgões por meio do número de folhas com colônias adicionadas no início do experimento e, na ordenada (y), reporta a quantidade de polinizações férteis e/ou bilros gerados pela população inicial adicionada ou seus descendentes, bilros que foram acumulados durante os sessenta dias de experimentação. O zero da abscissa representa a quantidade de folhas não adicionada às plantas desprotegidas, que foram infestadas, naturalmente, pelos insetos polinizadores livres. Os pontos sobre a ordenada são as quantidades de polinizações e bilros gerados pelas populações de polinizadores que infestaram, naturalmente, os cacauaieiros sem tenda e desprotegidos. Os resultados descritos na Figura 38 confirmam que quanto maior a

quantidade de colônias de pulgões é adicionada, no início da infestação, maior é quantidade de fruto produzido no período.

A Tabela 2 reporta que as infestações artificiais dos pulgões confinados e protegidos geraram, depois de sessenta dias, mais polinizações férteis e frutíferas, média de 67,2 bilros/planta, do que as infestações espontâneas de insetos polinizadores livres, média de 11,8 bilros/planta, correspondendo a um incremento de frutificação de 570%. Semelhante incremento de polinização gerado por pulgão também foi reportado por Hernandez-B (1965).

As polinizações e fertilização ocorridas nas plantas protegidas foram geradas, exclusivamente, pelas populações de pulgões visto que as formigas e outros polinizadores sempre estiveram ausentes nestas plantas. Portanto, os pulgões são efetivos e autossuficientes polinizadores da flor do cacaueteiro e independem da relação mutualística com as formigas.

Todavia, é possível que a potencialidade polinizadora dos pulgões no cacaueteiro seja amplificada na presença da interação mutualística com as formigas, visto que as formigas promovem a colonização das almofadas florais pelos pulgões, além de proporcionarem, em algum grau, a proteção às colônias dos afídeos.

A população inicial de pulgões nas plantas desprotegidas era nula, contudo, os exames dos bilros, os vestígios nos pedúnculos e exúvias confirmaram que a maioria das polinizações e bilros foi gerada por populações de pulgões adquiridas espontaneamente. Esta constatação assegura que as populações dos mosquitos *Forcipomyia* spp. no cacaueteiro eram baixas.

Em relação às plantas desprotegidas, nas plantas confinadas, o incremento de polinização foi gerado pela população adicionada e pelo incremento populacional gerado pelos seus descendentes. Nas plantas desprotegidas a infestação inicial era nula e a população incrementou a partir de infestações naturais.

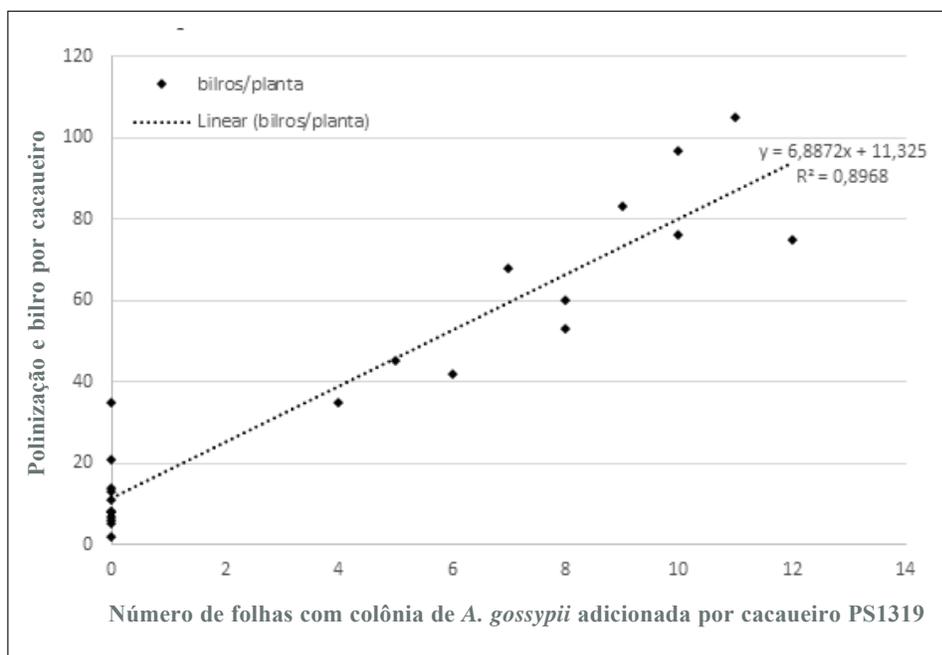


Figura 38 - Polinização e bilração gerada pela infestação artificial de colônias do pulgão *Aphis gossypii* sobre o cacaueteiro autocompatível.

Tabela 2 - O teste comparativo de média Tukey a 5%. Média de bilros/planta

Tukey grupo	Média	N	Sistema de polinização
A	67,2	11	Confinado e adição folha c/colônia de pulgão
B	11,8	11	Exposto e infestação natural e livre

Entretanto, o incremento populacional dos pulgões pode ter sido menor do que nas plantas protegidas porque os pulgões podem ter sido controlados pelos inimigos naturais. Assim, é correto considerar que infestações artificiais de pulgões em cacaueteiros expostos aos inimigos naturais possam gerar quantidade de bilros mais conservadora e menos notável do que as observadas no experimento.

Estes resultados experimentais asseguram que o pulgão *A. gossypii* possui elevada capacidade polinizadora em cacaueteiro autocompatível, conforme tem sido constatado em várias fazendas das regiões cacauicultoras da Bahia e do Espírito Santo. Também, nossos

resultados concordam com os resultados de Stahel (1928); Billes (1942); Posnette (1942); Muntzing (1947); Cardona (1953) e Hernandez-B (1965).

Ao longo dos quatro anos de pesquisas, conquanto não tenham sido quantificados, foi constatado que os afídeos mais frequentes nos cacauais foram *A. gossypii* e *A. aurantii*. Eles, primariamente, forrageiam, sugando a seiva em folha juvenil, botão floral, flor e bilro-flor, e, em decorrência da alimentação, podem causar o peco de botões florais e alguma perda devido à sucção da seiva das plantas. Secundariamente, estes pulgões elevam surtos populacionais que geram autopolinizações férteis e frutíferas no cacauero.

Como praga sugadora da folha do cacauero, a ocorrência de grandes colônias de pulgões é tolerável porque eles não reduzem a área foliar, nem a longevidade das folhas e até o presente não há evidências de que transmitam doenças.

Na almofada floral, em surtos longevos e prolongados, os pulgões geram abortos de botões e flores. Estas perdas de flores não asseguram prejuízo certo à produtividade por duas razões. Primeiro, a florescência do cacauero diminui e pode limitar a polinização, somente, nos dois meses finais do inverno, Alvin, 1984. Nos demais dez meses a florescência é abundante, na maioria das regiões produtoras. Segundo, durante estes dez meses, os cacaueros geram florescências que produzem botões florais e flores suficientes para: (i) compensar os abortos e perdas de botões florais, (ii) alimentar e sustentar os aumentos das populações de pulgões e (iii) garantir disponibilidades de flores suficientes para incrementar a frequência de autopolinizações férteis e frutíferas, que geram benefícios econômicos maiores e mais significativos do que os possíveis prejuízos causados pelos pulgões ao florescimento, lançamento foliar e área foliar da copa do cacauero. Por estas razões, visando uma produção de cacau sustentável, conclui-se que os pulgões polinizadores devem ser preservados, promovidos nos cacauais e combatidos somente em circunstâncias fito técnicas muito especiais.

Conclusões

O comportamento alimentar do pulgão é o principal fator promotor da aquisição e transferência do pólen,

respectivamente, da antera para o pulgão e do pulgão para o estigma.

Em períodos poucos chuvosos, a maioria das polinizações realizadas pelos pulgões pode ser identificada através das sintomatologias, caracterizadas por manchas necróticas no pedúnculo do bilro, no bilro e exúvias dos pulgões que permanecem visíveis, por vezes, até quarenta dias após a polinização.

Os danos mecânicos e necróticos gerados pela introdução dos estiletos do aparelho bucal dos pulgões para sucção da seiva elaborada, nos pedúnculos de flores e bilros juvenis, não causam perdas e abortos dos mesmos frutos gerados pela autopolinização.

Há evidências (peco de bilro jovem) de que a efetividade polinizadora dos pulgões seja menor do que a efetividades polinizadoras dos mosquitos *Forcipomyia* spp.

As polinizações realizadas por surtos populacionais de pulgões podem ser identificadas porque a frutificação ou carga frutífera da planta pode ser subdividida em distintas classes de tamanho e/ou idade/planta.

As infestações de pulgões são economicamente benéficas para a produção e os pulgões podem ser infestados artificialmente fixando folhas contendo pulgões, com a face dorsal voltada para o ramo e sobre as almofadas florais ativas.

Há indicativos experimentais de que a frequência de autopolinização fértil e frutífera possa estar sendo limitada por populações de inimigos naturais dos pulgões.

Visando aproveitar os benefícios da autopolinização realizadas pelos pulgões e as moscas *Forcipomyia* sp., as sementes para formação de mudas e cacauais seminais devem ser resultantes de cruzamentos entre genótipos paternos que gerem progênies com alta frequência de plantas autocompatíveis e baixa frequência de plantas auto-incompatíveis.

Agradecimentos

Agradecemos as Senhoras Odete Rocha e Suzan Cunha, professoras da Universidade Federal de São Carlos (COLEAFIS - UFSCar), do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva – DEBE, pela identificação dos pulgões e vespas parasitoides.

Literatura Citada

- ALVIM, P. T. 1956. Correlação entre chuva, temperatura e produção do cacauero. In: Reunião do Comitê Técnico Interamericano de Cacau, 6^a. Instituto de Cacau da Bahia, Salvador, Bahia. pp.133-136.
- ALVIM, P. T. 1984. Flowering of cocoa. *Cocoa Growers' Bulletin* 25:23-31.
- BESEMER, H. A.; SORIA, S. de J. 1978. Criação de mosquinhas *Forcipomyia* spp. (Díptera, Ceratopogonidae) em laboratório: 1- Alimentação de adultos e larvas e ensaios de cópula; uma revisão do método Saunders de criação (em inglês). *Revista Theobroma (Brasil)* 8:43-59.
- BILLES, D. J. 1942. Pollination of *Theobroma cacao* L. in Trinidad, B.W.I. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 18(8):151-156.
- CARACCILOLO, H. A. 1910. The pollination of the cacao flower. *Agricultural Society of Trinidad and Tobago Paper n°*. 439. 2p.
- CARDONA, E. 1953. Influencia de siete insecticidas en la polinizacion y la fructification del cacao, y breve estudio de los insectos polinizadores. *Cacao em Colombia* 2:41-61.
- CARVALHO, L. M. de; BUENO, V. H. P.; MARTINEZ, R. P. 2002. Levantamento de afídeos alados em plantas hortícolas em Lavras-MG. *Ciência e Agrotecnologia* 26(3):523-532.
- CIVIDANES, F. J. 2002. Impacto de inimigos naturais e de fatores meteorológicos sobre uma população de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemíptera: Aphididae) em Couve. *Neotropical Entomology* 31(2):249-255.
- COPE, F. W. 1940. Agents of pollination in cacao. In: *Annual Report on Cacao Research*, 9. 1939. I.C.T.A. Trinidad. pp.13-19.
- COPE, F. W. 1962. The mechanism of pollen incompatibility in *Theobroma cacao* L. *Heredity* 17:157-132.
- CUNHA, S. B. Z. 2017. Afídeos e suas interações biológicas em áreas de vegetação natural e agrícolas: exemplo de sucesso nas invasões biológicas. Tese de Doutorado. São Carlos, SP. UFSCar - C.C.B.S. 140p.
- DEJEAN, M. 1949. Some observations of the flowering habits of cacao. M. A. Thesis. Inter-American Institute of Agricultural Sciences. Turrialba, Costa Rica. 43p.
- EBERT, T. A.; CARTWRIGHT, B. 1997. Biology and Ecology of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Oklahoma State University. *Southwestern Entomologist* 22(1):116-153.
- FABRÍCIO, T. M. 2003. Diversidade, variação sazonal e importância econômica dos afídeos (Homoptera: Aphidoidea) na Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio-SP) e nas áreas agrícolas e de silvicultura de entorno. Dissertação Mestrado. São Carlos, SP. UFSCar, C.C.B.S. 106p.
- GUIMARÃES, J. A., MOURA, A. P., OLIVEIRA, V. R. 2013. Biologia e manejo do pulgão *Aphis gossypii* em meloeiro. Comunicado Técnico 93. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. 7p.
- HARLAND, S. C. 1925. Studies in cacao. I. The method of pollination. *Annals applied Biology* 12:403-409.
- HERNANDEZ-B, J. 1965. Insect pollination of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. Thesis of PhD at Entomology. Madison. USA. University of Wisconsin. 167p.
- HUBAIDE, J. E. A. E. 2010. Distribuição na planta, fatores climáticos e parasitismo na dinâmica populacional dos pulgões (Hemíptera: Aphididae) em couve. Dissertação Mestrado. Uberlândia. MG. UF de Uberlândia. 52p.
- JONES, G. A. 1912. The structure and pollination of cacao flower. *West Indian Bulletin* 2:347-350.
- LEITE, G. L. D. et al. 2002. Fatores que influenciam populações de artrópodes em abóbora. *Horticultura Brasileira (Suple. 2)* 20(2):1-5.
- LEITE, M. V. et al. 2008. Biologia de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemíptera: Aphididae) em abobrinha cultivar caserta (*Cucurbita pepo* L.) em diferentes temperaturas. *Ciência e Agro tecnologia* 32(5):1394-1401.
- LOPES, U. V. et al. 2003. On farm selection for witches' broom resistance in Bahia, Brazil – a historical retrospective. In: *International Cocoa Research Conference*, 14th. Proceedings. COPAL, Accra. pp.1001-1006.
- LOUSADA-SINIESTRA, B. 1953. Insectos polinizadores del cacao em el valle del Cauca. *Revista Nacional de Agricultura (Colombia)* 47:41-43.
- MOREAU, A. M. S.; SANTOS, J. C. K.; COSTA, L. M.; GOMES, F. H. 2006. Caracterização de solos de duas toposequências em Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30:1007-1019.
- MUNTZING, A. 1947. Some observations on pollination and fruit setting in ecuadorian cacao. *Hereditas* 33:397-404.
- POSNETTE, A. F. 1942. Natural pollination of cocoa, *Theobroma leiocarpa*, on the Gold Costa. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 19:12-16.

- POUND, F. J. 1932. Studies on Fruitfulness in Cacao, II. Evidence for partial sterility. In: Annual Report on Cacao Research, 1. 1931. I.C.T.A. Trinidad. pp. 26-28.
- POUND, F. J. 1933. Studies of fruitfulness in cacao. III. Factors affecting fruit setting. In: Annual Report on Cacao Research, 2. 1932. I.C.T.A. Trinidad. pp. 29-36.
- POUND, F. J. 1935. Studies of fruitfulness in cacao. V. Conditional self-compatibility and its implications. In: Annual Report on Cacao Research, 4. 1934. I.C.T.A. Trinidad. pp. 17-19.
- SILVA, E. N.; PERFECTO, I. 2013. Coexistence of Aphid Predators in Cacao Plants: Does Ant-aphid Mutualism Play a Role? *Sociobiology* 60(3):259-265.
- SOGLIA, M. C. M.; V. H. P. BUENO; M. V. SAMPAIO. 2002. Desenvolvimento e sobrevivência de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas e cultivares comerciais de crisântemo. *Neotropical Entomology* 31:211–216.
- SORIA, S. J. 1967. Bionomics and behavior of *Forcipomyia midges* (Ceratopogonidae) relative to the pollination of *Theobroma cacao* L. in Costa Rica. Master of Science-Entomology. University of Wisconsin. Madison. 45p.
- SORIA, S. de J. 1972. Locais de coleta e distribuição de *Forcipomyia* (Diptera, Ceratopogonidae) relacionadas com a floração e frutificação do cacauzeiro na Bahia, Brasil. *Revista Theobroma (Brasil)* 3(2):41-49.
- SORIA, S. de J. 1975. O papel das abelhas sem ferrão (Meliponinae) na polinização do cacauzeiro na América Tropical (Monografia). *Revista Theobroma (Brasil)* 5(1):12-20.
- SORIA, S. de J. 1976. Tabelas etárias dos polinizadores do cacauzeiro *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae) em condições de laboratório. *Revista Theobroma (Brasil)* 6:5-13.
- SORIA, S. de J. 1977a. Population dynamics of *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae) in Bahia, Brasil. 2 – Biotic variables related to natural cacao pollination (in Portuguese). *Revista Theobroma (Brasil)* 7:19-33.
- SORIA, S. de J. 1977b. Dinâmica populacional de *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae) na Bahia, Brasil. 3 – Variáveis climáticas relacionadas com a polinização do cacauzeiro. *Revista Theobroma (Brasil)* 7:69-84.
- SORIA, S. de J. 1978. Criação de mosquinhas *Forcipomyia* spp. (Diptera: Ceratopogonidae) em laboratório: 2. Determinação dos potenciais biótico e reprodutivo, ensaios preliminares. *Revista Theobroma (Brasil)* 8:61-71.
- SORIA, S. de J.; Bystrak, P. G. 1975. A new species of *Forcipomyia* (Dipteral, Ceratopogonidae) described in all stages, with an account of its role as a cacao pollinator. *Revista Theobroma (Brasil)* 5(2):3-11.
- SORIA, S. de J; Wirth, W. W. 1974. Identidade e caracterização taxonômica preliminar das mosquinhas *Forcipomyia* (Diptera, Ceratopogonidae), associadas com a polinização do cacauzeiro na Bahia. *Revista Theobroma (Brasil)* 4(1):3-12.
- STAHEL, G. 1928. Beitrage zur kenntnis der blutenbiologie von kakao, (*Theobroma cacao* L). *Verh. Akad. Wet. Amsterdam* 25:1-12.
- SUJII, E. R., BESERRA, V. A., RIBEIRO, P. H. 2005. Avaliação do controle biológico do pulgão, *Aphis gossypii* Glover (Homóptera: Aphididae) e do curuquerê, *Alabama argillacea* Hübner (Lepidóptera: Noctuidae) na cultura do algodoeiro no Distrito Federal. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento N. 113. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.* pp. 1676-1340.
- VELLO, F. 1968. Fatores relacionados com a polinização, fertilização e produção do cacauzeiro na Bahia. *Relatório Anual do Cepec. Ceplac, Ilheus, Bahia.* 21p.
- VENDRAMIM, J. D. 1980. Aspectos biológicos e avaliação de danos de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Homóptera – Aphididae) em algodoeiro. *Dissertação Mestrado. ESALQ-USP, Piracicaba, SP.* 121p.
- VOGEL, M.; MACHADO, R. C. R.; ALVIM, P. R. 1982. Remoção dos órgãos jovens como método de avaliação das interações fisiológicas no crescimento, floração e frutificação do cacauzeiro. In: *Conferência Internacional de Pesquisa em Cacau, 8. Cartagena, Colômbia. Actes. Lagos, Nigeria, Cocoa producer's Alliance.* pp. 215-222.
- WIEST, R. 2019. Crescimento populacional de *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphididae) em trigo: uma aproximação por simulação. 2019. *Tese Doutorado. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS.* 122p.
- WRIGHT, H. 1907. *Theobroma cacao* or Cocoa: its Botany, Cultivation, Chemistry and Diseases. Messrs A.M. and J. Ferguson, Colombo. 249p.