



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS



ADRIANA NEUTZLING BIERHALS

**DIVERSIDADE E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE CIGARRINHAS
(HEMIPTERA: AUCHENORRHYNCHA) POTENCIALMENTE VETORAS DO
AMARELECIMENTO LETAL DO COQUEIRO EM ALAGOAS, BRASIL**

Rio Largo – AL
2021

ADRIANA NEUTZLING BIERHALS

**DIVERSIDADE E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE CIGARRINHAS
(HEMIPTERA: AUCHENORRHYNCHA) POTENCIALMENTE VETORAS DO
AMARELECIMENTO LETAL DO COQUEIRO EM ALAGOAS, BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Proteção de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Elio Cesar Guzzo

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana

B588d Bierhals, Adriana Neutzling.

Diversidade e flutuação populacional de cigarrinhas (hemiptera: auchenorrhyncha) potencialmente vetoras do amarelecimento letal do coqueiro em Alagoas, Brasil. / Adriana Neutzling Bierhals. – 2021.

83 f.: il.

Orientador: Elio Cesar Guzzo.

Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio largo, 2021.

Inclui Bibliografia

1. *Cocos nucifera* L. 2. Praga quarentenária. 3. Insetos vetores. 4. Dinâmica populacional. 5. Condições climáticas

CDU:632:634.616

TERMO DE APROVAÇÃO

ADRIANA NEUTZLING BIERHALS

(MATRÍCULA 17140064)

**“DIVERSIDADE E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE CIGARRINHAS
(HEMIPTERA: AUCHENORRHYNCHA) POTENCIALMENTE VETORAS DO
AMARELECIMENTO LETAL DO COQUEIRO EM ALAGOAS, BRASIL”**

Tese apresentada e avaliada pela banca examinadora em primeiro de março de 2021, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Proteção de Plantas, área de concentração em Proteção de Plantas, do Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas.



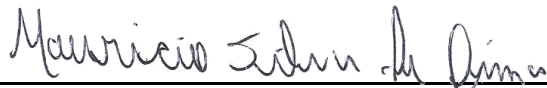
Dr. Elio Cesar Guzzo – Embrapa Tabuleiros Costeiros
Presidente



Dr. Adenir Vieira Teodoro – Embrapa Tabuleiros Costeiros
Membro



Dra. Flaviana Gonçalves da Silva – Universidade do Estado do Amapá
Membro



Dr. Mauricio Silva de Lima – Universidade Federal de Alagoas
Membro

RIO LARGO – AL
Março de 2021

“Consagra ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem sucedidos.”

Provérbios 16:3

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar forças para não desistir dos meus objetivos e pelas bênçãos recebidas durante toda a minha vida.

Aos meus pais Adair Luiz Bierhals e Elaine Terezinha Neutzling Bierhals por terem me proporcionado os ensinamentos e as condições para que eu pudesse desenvolver meus estudos, dando incentivo e apoio em todas as etapas da minha vida.

À minha irmã Raquel Neutzling Bierhals pela força, apoio e carinho.

Ao meu esposo Anderson Carlos Marafon, pelo amor, companheirismo e por sempre ter me apoiado e me incentivado para seguir em frente.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Proteção de Plantas por todos os ensinamentos compartilhados.

À coordenação e ao colegiado do Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas pela oportunidade proporcionada em dar continuidade à minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Elio Cesar Guzzo pela orientação e todos os ensinamentos transmitidos.

Aos colegas do curso de Pós-graduação em Proteção de Plantas pela amizade compartilhada.

Aos colegas do Laboratório de Entomologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros – UEP Rio Largo, Luciana Vanessa Anselmo Sampaio Santos, Valdemir Albuquerque da Silva Junior, Patrícia Silva, Natalia Tavares, Elisson Teixeira, Telliane Santos Salgueiro Silva, Diego Jorge da Silva, Tâmara Taís dos Santos pela amizade e todo o apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos laboratoristas da Embrapa Tabuleiros Costeiros, André Felipe Câmara Amaral, Italo Cliff Silva Brito e Weslany Roberto da Silva Vitorino, e ao técnico agrícola e amigo Antônio de Souza Viera, pelo apoio.

Ao produtor de coco de São Miguel dos Milagres, Sr. Ismael, da fazenda Alecrim e seu auxiliar de campo, o Sr. Rosenildo, pelo apoio e a parceria na realização das atividades de campo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a idealização deste trabalho.

RESUMO GERAL

O amarelecimento letal do coqueiro é uma doença ainda ausente no Brasil, constante na lista de pragas quarentenárias de alta prioridade para o país. A doença foi registrada em países da América e Caribe, com risco iminente de introdução no território nacional. O agente causal da doença é o fitoplasma '*Candidatus Phytoplasma palmae*', um organismo procariótico, parasita obrigatório, cujo único inseto comprovadamente vetor em coqueiros (*Cocos nucifera* L.) são adultos da cigarrinha *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Fulgoromorpha: Cixiidae). Entretanto, há suspeitas de que outras espécies de cigarrinhas também possam transmitir fitoplasmas que causam a doença. Dada a importância socioeconômica da cultura do coqueiro para o Brasil, sobretudo no Nordeste, principal região produtora, torna-se fundamental aprofundar o conhecimento sobre os insetos com potencial de vetorização desta doença. Neste contexto, a presente tese teve como objetivos: (i) identificar e caracterizar a dinâmica populacional das principais famílias de cigarrinhas potenciais vetoras do amarelecimento letal no estado de Alagoas (Capítulo 1) e (ii) identificar e caracterizar a dinâmica populacional dos principais gêneros de cigarrinhas da família Cicadellidae (subfamílias Cicadellinae, Gyponinae e Deltocephalinae) (Capítulo 2) em uma área de produção de coco no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas e correlacioná-las com variáveis climáticas da região (temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, temperatura do ponto de orvalho e precipitação pluviométrica). O levantamento das populações foi conduzido com base na instalação e coleta de armadilhas adesivas amarelas na área experimental e na identificação das cigarrinhas sob um microscópio estereoscópio em laboratório. No capítulo 1, foram identificadas cinco famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras do amarelecimento letal, cujas frequências relativas foram: Derbidae (53,7%), Cicadellidae (34,9%), Dictyopharidae (6,3%), Cixiidae (3,8%) e Delphacidae (1,3%). As populações de cigarrinhas da família Cixiidae foram afetadas positivamente pelo aumento da temperatura do ar e do ponto de orvalho. As populações de Cicadellidae diminuíram com aumentos na velocidade do vento e na radiação solar. As populações de Derbidae aumentaram em épocas com maiores índices de umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica e sofreram reduções com o aumento da velocidade do vento. No capítulo 2, foram identificados os gêneros *Gypona*, *Curtara*, *Scaphytopius*, *Erythrogonia*, *Diedrocephala*, *Tapajosa*, *Bucephalogonia*, *Macugonalia*, *Oncometopia* e *Hortensia*. As populações dos gêneros *Curtara* e *Gypona* aumentaram com a umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica e sofreram reduções em função de maiores índices de velocidade do vento e radiação solar. As variáveis climáticas influenciam as populações de indivíduos das famílias Derbidae, Cicadellidae, Dictyopharidae, Cixiidae e Delphacidae e das subfamílias Cicadellinae e Gyponinae, potenciais vetoras de fitoplasmas no cultivo de coqueiro em São Miguel dos Milagres, Alagoas.

Palavras-chave: *Cocos nucifera* L., praga quarentenária, insetos vetores, dinâmica populacional, condições climáticas.

DIVERSITY AND POPULACIONAL FLUCTUATION OF PLANTHOPPERS (HEMIPTERA: AUCHENORRHYNCHA) POTENCIALLY VECTORS OF THE COCONUT LETHAL YELLOWING IN ALAGOAS, BRAZIL

GENERAL ABSTRACT

The coconut lethal yellowing is a disease that is still absent in Brazil, included in the list of high priority quarantine pests for the country. The disease was registered in countries in America and the Caribbean, with an imminent risk of introduction into the national territory. The causative agent of the disease is the phytoplasma '*Candidatus Phytoplasma palmae*', a mandatory parasite, prokaryotic organism. The only insect proven to be a vector in coconut palms (*Cocos nucifera* L.) are adults of *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Fulgoromorpha: Cixiidae). However, there are suspicions that other planthopper species can also transmit the disease. Given the economic and social importance of coconut cultivation for Brazil, especially in the Northeast, the main producing region, it is necessary to deepen the knowledge about the insects potentially vectoring this disease. In this context, this thesis aimed to: (i) identify and characterize the population dynamics of the main families of leafhoppers potential vectors of lethal yellowing in Alagoas State (Chapter 1) and (ii) identify and characterize the population dynamics of the main types of leafhoppers of the family Cicadellidae (subfamilies Cicadellinae, Gyponinae and Deltocephalinae) (Chapter 2) in a coconut production area in the municipality of São Miguel dos Milagres, Alagoas, and correlate them with climatic variables in the region (temperature and relative humidity, solar radiation, wind speed, dew point temperature and rainfall). The population survey was conducted based on the installation and collection of adhesive yellow traps in the experimental area and in the identification of the planthoppers under a microscope in the laboratory. In the Chapter 1, five families of planthoppers potentially vector of lethal yellowing were identified, whose relative frequencies were: Derbidae (53.7%), Cicadellidae (34.9%), Dictyopharidae (6.3%), Cixiidae (3.8%) and Delphacidae (1.3%). Planthoppers belonging to the Cixiidae family were positively affected by the increase in air temperature and dew point. The populations of Cicadellidae decreased with increases in wind speed and solar radiation. Populations of Derbidae increased in times with higher relative humidity and rainfall and suffered reductions with the increase in wind speed. In Chapter 2, the genera *Gypona*, *Curtara*, *Scaphytopius*, *Erythrogonia*, *Diedrocephala*, *Tapajosa*, *Bucephalogonia*, *Macugonalia*, *Oncometopia* and *Hortensia* were identified. Populations of *Curtara* and *Gypona* increased with the relative humidity of the air and rainfall and suffered reductions due to higher rates of wind speed and solar radiation. Climatic variables influence the individual populations of Derbidae, Cicadellidae, Dictyopharidae, Cixiidae and Delphacidae families and of the Cicadellinae and Gyponinae subfamilies, potential vectors of phytoplasmas in the cultivation of coconut palms in São Miguel dos Milagres, Alagoas.

Keywords: *Cocos nucifera* L., quarantine pest, insect vectors, population dynamics, climatic conditions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Populações de cigarrinhas da família Cixiidae e médias mensais de temperatura do ar (°C) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019..... 52
- Figura 2.** Populações de cigarrinhas da família Cixiidae e médias mensais da temperatura do ponto de orvalho (°C) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019 54
- Figura 3.** Populações de cigarrinhas da família Cicadellidae e médias mensais de velocidade do vento (m s^{-1}) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019..... 55
- Figura 4.** Populações de cigarrinhas da família Cicadellidae e médias mensais de radiação solar (kJ m^{-2}) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019..... 56
- Figura 5.** Populações de cigarrinhas da família Derbidae e médias mensais de umidade relativa do ar (%) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019..... 57
- Figura 6.** Populações de cigarrinhas da família Derbidae e médias mensais de velocidade do vento (m s^{-1}) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019..... 58
- Figura 7.** Populações de cigarrinhas da família Derbidae e precipitação pluviométrica (mm) mensal acumulada registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019..... 59
- Figura 8.** Populações de cigarrinhas dos gêneros *Curtara* e *Gypona* (Cicadellidae: Gyponinae) em área de cultivo de coqueiros no município de São Miguel dos Milagres/AL e médias mensais de umidade relativa do ar (%) da região no período de abril/2018 a outubro/2019..... 77
- Figura 9.** Populações de cigarrinhas dos gêneros *Curtara* e *Gypona* (Cicadellidae: Gyponinae) em área de cultivo de coqueiros no município de São Miguel dos Milagres/AL e precipitação pluviométrica mensal acumulada (mm) na região no período de abril/2018 a outubro/2019..... 78
- Figura 10.** Populações de cigarrinhas dos gêneros *Curtara* e *Gypona* (Cicadellidae: Gyponinae) em área de cultivo de coqueiros no município de São Miguel dos Milagres/AL e média mensal da velocidade do vento (m s^{-1}) na região no período de abril/2018 a outubro/2019..... 79
- Figura 11.** Populações de cigarrinhas dos gêneros *Curtara* e *Gypona* (Cicadellidae: Gyponinae) em área de cultivo de coqueiros no município de São Miguel dos Milagres/AL e média mensal de radiação solar (kJ m^{-2}) na região no período de abril/2018 a outubro/2019. 80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Datas de coleta das armadilhas adesivas instaladas na área experimental.....	47
Tabela 2. Número de indivíduos e frequência relativa de famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras de fitoplasmas do amarelecimento letal do coqueiro, no período de abril/2018 a outubro/2019, no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas	49
Tabela 3. Índices faunísticos de famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras de fitoplasmas do amarelecimento letal do coqueiro, no período de abril/2018 a outubro/2019, no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas.....	50
Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o número de indivíduos das famílias Cixiidae, Cicadellidae, Delphacidae, Derbidae e Dictyopharidae e as variáveis climáticas ...	51
Tabela 5. Datas de coleta das armadilhas adesivas instaladas na área experimental.....	71
Tabela 6. Número total e frequência relativa de indivíduos de gêneros de Cicadellidae (subfamílias Cicadellinae, Gyponinae e Deltocephalinae), potencialmente vetores do amarelecimento letal do coqueiro, no período de abril/2018 a outubro/2019, no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas	74
Tabela 7. Índices faunísticos de gêneros de Cicadellidae potencialmente vetores de fitoplasmas do amarelecimento letal do coqueiro, no período de abril/2018 a outubro/2019, no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas.....	75
Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o número de indivíduos de gêneros da família Cicadellidae e as variáveis climáticas	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Origem, botânica e ecofisiologia do coqueiro.....	15
2.2 Importância socioeconômica do coqueiro	16
2.3 Doenças do coqueiro.....	17
2.4 Amarelecimento letal (AL) do coqueiro	18
2.4.1 Origem e sintomas da doença	18
2.4.2 Fitoplasmas causadores de doenças	20
2.4.3 Cigarrinhas potencialmente vetoras de fitoplasmas	22
2.4.3.1 <i>Haplaxius crudus</i>	23
2.4.3.2 Cigarrinhas suspeitas de transmitir o AL	26
2.4.4 Métodos de controle de <i>H. crudus</i>	27
2.4.5 Plano de Contingência para o AL no Brasil	28
2.4.5.1 Inspeção e detecção	28
2.4.5.2 Probabilidade de introdução e dispersão no Brasil.....	29
2.4.5.3 Potenciais consequências econômicas do AL para o Brasil.....	30
2.5 Fatores climáticos e a biologia dos insetos	31
REFERÊNCIAS	33
3 CAPÍTULO 1: DINÂMICA POPULACIONAL DE CIGARRINHAS POTENCIALMENTE VETORAS DO AMARELECIMENTO LETAL DO COQUEIRO NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL	42
RESUMO	42
ABSTRACT	43
3.1 Introdução	44
3.2 Material e Métodos.....	46
3.3 Resultados e Discussão	49
3.3.1 Análise Faunística	49
3.3.2 Correlações entre famílias e variáveis climáticas	50
3.3.2.1 Família Cixiidae	51
3.3.2.2 Família Cicadellidae	54
3.3.2.3 Família Derbidae	56
3.4 Conclusões	60
REFERÊNCIAS	61

4 CAPÍTULO 2: DINÂMICA POPULACIONAL DE GÊNEROS DE CICADELLINAE E GYPONINAE (HEMIPTERA: AUCHENORRHYNCHA: CICADELLIDAE), POTENCIAIS VETORES DE FITOPLASMAS, NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL	67
RESUMO	67
ABSTRACT	68
4.1 Introdução	69
4.2 Material e Métodos.....	71
4.3 Resultados e Discussão	74
4.3.1 Análise faunística	74
4.3.2 Correlações entre gêneros e variáveis climáticas.....	76
4.4 Conclusões	81
REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

Cultivos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Arecaceae) no Brasil são recorrentemente atacados por pragas que provocam reduções expressivas na produtividade (FERREIRA et al., 2018; TEODORO et al., 2019). Nesta cultura, podem incidir vários fitopatógenos que causam prejuízos significativos à sua exploração (WARWICK et al., 2018). O cultivo intensivo do coqueiro favorece a incidência e severidade das doenças emergentes com os seus agentes etiológicos, como é o caso da resinose (*Thielaviopsis paradoxa*), cujo principal sintoma é a exsudação da seiva através das rachaduras no estipe. Entre as doenças foliares, destacam-se a lixa grande (*Coccostromopsis palmicola*), a lixa pequena (*Camarotella torrendiella*) e a queima das folhas (*Botryosphaeria cocogena*), que causam a senescência precoce das folhas, com influência negativa na produtividade das plantas, pois, além da diminuição da área fotossintética, ainda promovem a queda do cacho pela falta das folhas de sustentação (WARWICK; TALAMINI, 2016). Além destas, outras doenças vêm sendo investigadas na cultura do coqueiro, como a atrofia letal da coroa (ALCC) e o amarelecimento letal (AL).

As síndromes do tipo amarelecimento letal (LYTSs – *Lethal Yellowing Type Syndromes*) estão entre as doenças mais sérias causadas por fitoplasmas e que afetam o coqueiro e outras espécies de palmeiras, resultando em grandes surtos com sintomas como amarelecimento, murcha e morte das plantas (EDEN-GREEN, 1997; DOLLET et al., 2009; EZIASHI; OMAMOR, 2010). Dentre as LYTSs, merece destaque o amarelecimento letal (AL) do coqueiro, que pode levar à perda de 100% da produção e à morte das plantas nas áreas infectadas. Essa doença já dizimou plantações inteiras em países da América Central e do Caribe e tem avançado em direção à América do Sul, sendo considerada uma das doenças mais devastadoras e a principal ameaça à produção de coco em todo o mundo, tendo em vista que as cultivares em uso são susceptíveis e que ainda não existe um controle eficaz para essa doença (DOLLET et al., 2009; WARWICK et al., 2018).

A doença é causada pelo fitoplasma ‘*Candidatus Phytoplasma palmae*’, um organismo procariótico, parasita obrigatório, pertencente ao domínio Bacteria e à classe Mollicutes (BERTACCINI; DUDUK, 2009). Esse fitopatógeno é transmitido pela cigarrinha *Haplaxius crudus* (= *Myndus crudus*) (Van Duzee, 1907) (Hemiptera: Cixiidae), cuja transmissão foi comprovada em coqueiros na Flórida (HOWARD et al., 1983; HOWARD, 1997) e na palmeira *Pritchardia pacifica* Seem. & H.Wendl. (Arecaceae) no México (DZIDO et al., 2012; DZIDO et al., 2020). Os adultos de *H. crudus* se alimentam das folhas das plantas e este é o único inseto reconhecidamente vetor do AL na América (HOWARD; GALLO, 2019).

A presença de *H. crudus* no Brasil foi recentemente confirmada em cultivos de coqueiro no estado do Pará, no município de Santa Izabel do Pará (BASTOS, 2019; SILVA et al., 2019).

Há suspeitas de que outros hemípteros também possam transmitir o AL, como por exemplo, cigarrinhas do gênero *Cedusa* (Hemiptera: Derbidae), nos quais a detecção de uma cepa de ‘*Candidatus Phytoplasma palmae*’ foi relatada na Jamaica, mas ainda não foi comprovado se este inseto pode transmitir o fitoplasma para os tecidos das plantas durante a alimentação (BROWN et al., 2006). Em outro estudo realizado em Cuba e na Jamaica, foram encontrados fitoplasmas do amarelecimento letal na cigarrinha *Nymphocixia caribbea* Fennah, 1971 (Hemiptera: Cixiidae), cuja espécie foi considerada como outro possível vetor para o amarelecimento letal, por não haver *H. crudus* no local (DOLLET et al., 2010). Neste contexto, também existe a suspeita de haver outros vetores do AL na Flórida (HALBERT et al., 2014). Em levantamento realizado no estado de Sergipe, Bahia e Alagoas, *H. crudus* não foi encontrada, no entanto a espécie de cigarrinha *Oecleus sergipensis* Bartlett, 2018 (Hemiptera: Cixiidae) foi descrita e considerada como potencial vetora do AL (BARTLETT et al., 2018; SILVA et al., 2018b; SILVA et al., 2019).

Embora seja uma doença ainda ausente no Brasil, o AL do coqueiro já foi registrado em países da América do Norte, Central e Caribe, com risco iminente de sua introdução no país (TEODORO et al., 2019), o que preocupa a comunidade de produtores rurais, pesquisadores e órgãos de Defesa Fitossanitária. Ressalta-se também que esta praga está classificada na lista de priorização de pragas quarentenárias do Brasil pelo Ministério da Agricultura, com objetivo de priorizar ações para o desenvolvimento de medidas preventivas no território nacional. Como o AL do coqueiro é uma doença que não tem tratamento e se propaga de forma rápida, apresentando consequências devastadoras, controlar os insetos vetores é uma estratégia muito importante (DOLLET; TALAMINI, 2018).

Outro aspecto importante a ser considerado diz respeito às mudanças climáticas, as quais exercem efeitos diretos na distribuição geográfica, na disseminação e no estabelecimento de insetos vetores e fitopatógenos. Doenças disseminadas por insetos vetores podem apresentar uma nova distribuição geográfica ou temporal, que será resultante da interação entre ambiente, planta, patógeno e vetor (SUTHERST et al., 1998).

Com este trabalho, objetivou-se contribuir com a disponibilização de informações sobre a presença de cigarrinhas potencialmente vetoras do AL do coqueiro no estado de Alagoas, considerando os fatores climáticos que influenciam sua abundância e diversidade. Tais informações visam subsidiar a formulação e execução de políticas públicas visando o controle dos vetores e a prevenção desta praga quarentenária ainda ausente no Brasil. A

ampliação e a difusão de conhecimentos sobre o AL e seus potenciais vetores permitem dar subsídios para uma reação rápida, por parte dos órgãos de defesa sanitária, minimizando impactos sociais, econômicos e ambientais negativos sobre a cocoicultura. Para atender seus objetivos, esta tese foi dividida em dois capítulos: (1) Flutuação populacional de cigarrinhas potencialmente vetoras do amarelecimento letal do coqueiro nas condições climáticas do estado de Alagoas e (2) Dinâmica populacional de gêneros de Cicadellinae e Gyponinae (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadellidae), potenciais vetores de fitoplasmas, nas condições climáticas do estado de Alagoas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem, botânica e ecofisiologia do coqueiro

Disseminado por toda região intertropical e presente em mais de 80 países, o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Arecaceae) é uma espécie de palmeira perene, que tem sua origem no sudeste asiático, e possui mais de 300 ecótipos e duas variedades principais: a variedade *Typica* (coqueiro-gigante) e a *Nana* (coqueiro-anão). A partir destas duas variedades, se obtém também o coqueiro híbrido, ou intermediário (PASSOS et al., 2007).

A hipótese mais aceita sugere que o coqueiro tenha origem no sudeste asiático, especificamente nas ilhas entre os oceanos Índico e Pacífico, em torno da Melanésia, Malásia, e em terras na fronteira com a Índia (RAMOS et al., 2018). Da Índia, os europeus introduziram o coqueiro na costa atlântica da África, América do Sul e Caribe, espalhando-se assim pelos trópicos. No Brasil, o coqueiro gigante, proveniente da Ilha de Cabo Verde, foi introduzido pela primeira vez pelos portugueses em 1553, na costa da Bahia. De acordo com Clement et al. (2013), estes foram os primeiros coqueiros da América continental.

O fruto do coqueiro, o coco, é botanicamente uma drupa fibrosa. A semente é envolvida pelo endocarpo, constituído por uma camada de cor marrom chamada tegumento, localizado entre o endocarpo e o albúmen. O albúmen sólido, a copra, é uma camada branca, carnosa e muito oleosa, formando uma grande cavidade onde fica o albúmen líquido, a água de coco, considerada um repositório hidroeletrolítico natural. Próximo a um dos orifícios do endocarpo e envolvido pelo albúmen sólido está o embrião (BITENCOURT, 2008).

As variedades de coqueiro mais utilizadas no Brasil, conforme suas aptidões, são a Gigante do Brasil da Praia do Forte (GBrPF), a Anão Verde do Brasil de Jiqui (AVeBrJ) e a variedade híbrida (AVeBrJ $\times$ GBrPF). Embora não haja oficialmente uma distinção de área e produção entre coco seco e coco verde, estima-se que 70% da área plantada sejam para coco seco, o que corresponde a aproximadamente 50% da produção total de coco do país (WANDERLEY; LOPES, 2009).

O coqueiro-anão apresenta precocidade, iniciando a produção em média com 2 a 3 anos após o plantio, apresentando uma produtividade em torno de 150 a 200 frutos/planta/ano, tendo vida útil de 30 a 40 anos. Seu porte é reduzido, podendo atingir de 10 a 12 m de altura. Os frutos desse grupo são menores e capazes de armazenar em média 300 mL de água (ARAGÃO, 2007).

As melhores condições de cultivo para o coqueiro são solos arenosos, intensa radiação solar, boa umidade e precipitação bem distribuída. Trata-se de uma espécie de fácil adaptação nas condições ambientais da região Nordeste, com produção contínua ao longo do ano (PASSOS et al., 2007).

2.2 Importância socioeconômica do coqueiro

O coqueiro é a quarta espécie frutífera perene mais plantada no mundo (DOLLET; TALAMINI, 2018). De acordo como a FAO (2021), em 2019, o coqueiro foi cultivado em 93 países com uma área colhida estimada em 11,84 milhões de hectares. Dentre os países maiores produtores mundiais, merecem destaque Filipinas (30,8 %), Indonésia (23,6 %), Índia (12,6 %), Tanzânia (4,5%), Sri Lanka (3,4%), Brasil (1,6%) e Tailândia (1%).

No Brasil, a produção de coco está localizada predominantemente na região Nordeste (Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Sergipe e Alagoas) (IBGE, 2019). A região Nordeste é a principal produtora, respondendo por 71,2% da produção nacional (1.114.359 toneladas), com destaque para os estados da Bahia e do Ceará (21,4 e 16,2% da produção nacional, respectivamente). O estado de Alagoas é o quinto maior produtor do Nordeste, registrando uma produção de 77.448 toneladas (4,95% da produção nacional) em uma área colhida de 21.343 ha (AGRIANUAL, 2020). O Brasil tem a sexta maior área mundial de plantação de coqueiro, apesar da grande perda (redução de 21,6%) ocorrida entre os anos de 2010 e 2017, em função das adversidades climáticas que, desde 2012, provocaram a morte de coqueirais no Nordeste (FAO, 2021).

O coqueiro é considerado uma das plantas mais importantes do mundo, pois todas as suas partes são utilizáveis na produção de diversos produtos e subprodutos (IBGE, 2019). De uso diversificado, a partir dessa espécie, podem ser aproveitadas várias de suas partes, como o fruto, principal uso, mas também folhas, inflorescência, estipe, palmito e a raiz, cujas partes podem gerar produtos economicamente importantes e diversos coprodutos (CUENCA, 2018).

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de coco seco e o maior produtor mundial de água de coco, o que acarreta no desenvolvimento do agronegócio da água de coco, que apresenta um crescimento sem precedentes no consumo e na demanda em nível mundial, sendo uma das mais importantes histórias de sucesso nas cadeias agroalimentares do país (DOLLET; TALAMINI, 2018). Dessa forma, o coqueiro é uma planta de elevada importância econômica e social nas regiões intertropicais do mundo, onde encontra condições favoráveis

de clima e solo para se desenvolver, principalmente para a região Nordeste do Brasil (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2014).

A cultura do coqueiro é a atividade tradicional dos terrenos arenosos da faixa costeira dos estados do Nordeste, mas, apesar de manter a maior participação na produção de coco, o rendimento da cultura em termos de produtividade é menor do que em outras regiões, o que decorre principalmente do baixo nível tecnológico empregado também de um predominante sistema de cultivo semi-extrativista, com variedades de coqueiro gigante destinadas à produção de coco seco, enquanto nas demais regiões, predomina o cultivo de coqueiros-anões e híbridos para a produção de coco verde, que são naturalmente mais produtivos (FONTES; WANDERLEY, 2006).

A produção de coco no Brasil está embasada em dois segmentos diferenciados: a produção de coqueiro destinada ao consumo de coco seco e a produção de coco fresco destinado à água de coco. Em geral, o coco seco usado para a produção de coco ralado provém da variedade Gigante, enquanto o coco verde, destinado para a produção de água de coco, é obtido da variedade Anão e/ou híbrido, este último podendo ser destinado às duas finalidades (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2014).

O cultivo do coqueiro vem se intensificando em diversos países, visando atender à demanda crescente por produtos oriundos do coco. O avanço da cultura no Brasil, não ocorre somente pela evolução em patamares produtivos, que condicionam ao país lugar de destaque entre os maiores produtores mundiais, mas também, pela consolidação do cultivo em regiões não tradicionais. Os cultivos brasileiros se destinam à produção de coco seco *in natura*, coco ralado, leite de coco, óleo de coco e água de coco. A crescente demanda por este último produto contribuiu com a expansão do coqueiro para outras regiões não tradicionais de cultivo, com aumento da produtividade e produção nas últimas décadas (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2014).

2.3 Doenças do coqueiro

Por se tratar de uma cultura perene, o coqueiro possui vida útil econômica variando de 30 a 70 anos, de acordo com a variedade cultivada, e tem produção distribuída durante todo o ano. A incidência de pragas nos coqueirais do Brasil é um problema que restringe sua exploração, respondendo, de maneira significativa, pelo empobrecimento de modo geral da cultura e também colaborando com a baixa produtividade (FERREIRA et al., 2018).

Na cultura do coqueiro incidem vários fitopatógenos que causam prejuízos significativos à sua exploração, pelas doenças que provocam (WARWICK et al., 2018).

A ocorrência da doença podridão seca, com a etiologia ainda indefinida, possivelmente associada a um grupo de fitoplasmas, é um problema limitante para o cultivo do coqueiro-anão irrigado nas regiões semiáridas do Nordeste e do Brasil Central (WARWICK, 1998). A enfermidade é transmitida por *Sogatella cubana* (Crawford, 1914) e *Sogatella kolophon* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Delphacidae), que vivem sobre diversas espécies de gramíneas. A doença foi registrada na Costa do Marfim, Filipinas, Indonésia, Malásia e Brasil (WARWICK et al., 2011).

Além disso, outras doenças vêm sendo investigadas, como a atrofia letal da coroa (ALCC) e o amarelecimento letal do coqueiro (AL). A ALCC é caracterizada por encurtamento extremo das folhas novas. No decurso de 2 a 3 anos, a palmeira fica com apenas um tufo de folhas muito pequenas, evoluindo para a morte da planta. A causa desta doença ainda não foi determinada, mas já foram detectadas partículas virais em plantas sintomáticas. Já o AL leva à perda de 100% da produção e à morte das plantas nas áreas infectadas. Embora a doença ainda não esteja presente no Brasil, vários países vêm enfrentando a severidade desta praga que ataca o coqueiro. Essa doença já dizimou plantações inteiras em países da América Central e do Caribe e avança em direção à América do Sul. É considerada como uma das principais ameaças à produção de coco em todo o mundo e a maioria das cultivares em uso é suscetível à doença. Ainda não existe controle eficaz para essa doença causada por fitoplasmas e a forma mais adequada de enfrentamento seria por meio da utilização de materiais genéticos resistentes (WARWICK et al., 2018).

2.4 Amarelecimento letal (AL) do coqueiro

2.4.1 Origem e sintomas da doença

O AL do coqueiro é uma doença que vem atingindo os coqueirais que circundam as praias da costa atlântica e algumas ilhas das Américas do Norte e Central (MARINHO et al., 2002). Existem registros de ocorrência do AL no século XIX nas ilhas Cayman, situadas no Caribe. Em 1980, a praga foi responsável pela morte de mais de 7 milhões de palmeiras na Jamaica. Epidemias similares à da Jamaica ocorreram também em Cuba, Haiti, República Dominicana, Bahamas e nos Estados Unidos (Flórida). Em 1997, a praga chegou ao México (Cozumel e Cancun), seguindo pela península de Yucatán até Honduras (DOYLE, 2001).

Relatos recentes afirmam que o AL já causou a destruição de milhões de coqueiros em países da África, Ásia, Oceania e da América, como os Estados Unidos (Flórida e Texas), México, Belize, Guatemala, Honduras, Cuba, Jamaica, Haiti, e República Dominicana (DOLLET et al., 2009; GURR et al., 2016; DOLLET; TALAMINI, 2018).

O AL é atualmente uma doença reemergente no Caribe e na América Central. Na Jamaica, dizimou um milhão de coqueiros num período de 13 anos. Em Honduras, em menos de 10 anos (entre os anos de 1990 a 2000), 90% dos coqueiros da costa atlântica morreram devido a epidemias do AL. Nos últimos dez anos, o AL se disseminou para o leste e para o sudeste do Caribe, chegando a São Cristóvão e Nevis e São Martinho, e o inseto vetor foi detectado em Guadalupe em 2013 (DOLLET; TALAMINI, 2018). Trata-se de uma doença altamente destrutiva e que afeta a cultura do coqueiro e mais 42 espécies de palmeiras, sendo causada por fitoplasmas que ficam distribuídos em diferentes partes de plantas infectadas, colonizando o floema da planta hospedeira, como também vários tecidos e órgãos dos insetos vetores (DOLLET et al., 2009; OROPEZA et al., 2011; DOLLET; TALAMINI, 2018).

As principais palmeiras atacadas pela doença do AL são o coqueiro, a tamareira (*Phoenix dactylifera* L.) e palmeiras ornamentais, tais como *Aiphanes lindeniana* (H.Wendl.) H.Wendl., *Allagoptera arenaria* (Gomes) Kuntze, *Arenga engleri* Baccari, *Borassus flabellifer* L., *Caryota mitis* Herb., *Chrysalidocarpus cabadae* H.E.Moore, *Corypha elata* Roxb., *Corypha taliera* Roxb., *Dictyosperma album* (Bory) Scheff., *Gaussia attenuata* (O.F.Cook) Becc., *Howea belmoreana* (C.Moore & F.Muell.) Becc., *Hyophorbe verschaffeltii* H.Wendl., *Latania* spp., *Livistona chinensis* Jacq.) R.Br., *Livistona rotundifolia* (Lam.) Mart., *Nannorrhops ritchiana* (Griff.) Aitch., *Neodypsis decaryi* Jum., *Phoenix canariensis* Nabonnand, *Phoenix reclinata* Jacq., *Phoenix sylvestris* L., *Pritchardia affinis* Becc., *Pritchardia pacifica* Seem. & H.Wendl., *Pritchardia remota* (Kuntze) Becc., *Ravenea hildebrandtii* H.Wendl. ex C.D.Bouché, *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H.Wendl. e *Veitchia montgomeryana* H.E.Moore (HOWARD; BARRANT, 1989).

Os sintomas iniciais visíveis da doença são a necrose das inflorescências e o chamado amarelecimento ou bronzeamento ascendente, das folhas mais velhas para as mais novas. Essas folhas passam por processos de desidratação, progredindo em direção à queda e, em seguida, é observado o abortamento dos frutos (BERTACCINI et al., 2014). Aproximadamente no quarto mês após o início dos primeiros sintomas, pode ocorrer a morte da planta (GURR et al., 2016).

O reconhecimento do AL do coqueiro no campo baseia-se no reconhecimento do quadro sintomatológico sequencial que a doença provoca: queda de todos os frutos e

amarelecimento das folhas mais baixas. A existência de folhas amareladas, unicamente, não é suficiente para indicar a ocorrência do AL (DINIZ et al., 2016). O amarelado/dourado das folhas pode ter múltiplas causas, como deficiências nutricionais (principalmente de magnésio, manganês e enxofre), um longo período de seca, falta de drenagem adequada do solo, características físicas de solo, ou até mesmo, danos causados pelo ácaro-vermelho-das-palmeiras (*Raoiella indica* Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) (NAVIA et al., 2015).

O primeiro sintoma do AL do coqueiro é a queda de todos os frutos, tanto os maduros quanto os imaturos. No caso do AL do coqueiro em Papua Nova Guiné, conhecido como BCS (*Bogia Coconut Syndrome*), é possível que alguns frutos ainda permaneçam na planta quando os sintomas de amarelecimento já apareceram (DOLLET; TALAMINI, 2018).

A presença de frutos de todos os tamanhos e de todas as idades caídos sob o coqueiro é o primeiro sinal de alerta. Após a queda dos frutos, as folhas da porção inferior da planta, ou seja, as mais velhas, mostram os primeiros sintomas de amarelecimento que se iniciam na ponta dos folíolos e na extremidade da folha, e progridem em direção ao estipe. Neste momento, pode ser visualizado o escurecimento e necrose das ráquulas da última inflorescência aberta. Ao se abrir a próxima inflorescência ainda fechada, ou seja, dentro da espata, é possível observar os mesmos tipos de manchas escuras e necrose nas ráquulas, e, com o passar do tempo, nas flores masculinas e femininas. As flores masculinas geralmente caem quando a espata é aberta manualmente. O amarelecimento da folha atinge progressivamente folhas mais jovens, e as folhas mais velhas, que foram as primeiras a ficarem amareladas, secam e ficam penduradas junto ao estipe até a queda. As folhas mais jovens ficam menores quando comparadas a um coqueiro sadio e, finalmente, permanece somente o estipe com cinco a seis folhas amarelas no topo, semelhante a um “tufo”. O apodrecimento da folha flecha ocorre nessa fase de desenvolvimento da doença, ou mesmo antes, de acordo com as condições climáticas, principalmente da umidade relativa do ar. Esse tipo de “tufo” cai, por causa do progresso da podridão ou do vento (MCCOY et al., 1983; DOLLET et al., 2009; DINIZ et al., 2016; HARRISON; ELLIOT, 2016; DOLLET; TALAMINI, 2018).

2.4.2 Fitoplasmas causadores de doenças

Os fitoplasmas têm uma biologia única, distinta de todas as bactérias fitopatógenas, pois precisam de diversos hospedeiros para a replicação, sobrevivência e dispersão. São dos poucos patógenos capazes de se multiplicar em organismos de diferentes reinos, no caso, em

plantas (reino Plantae) e insetos (reino Animalia) (BERTACCINI, 2007; HOGENHOUT et al., 2008).

Fitoplasmas são mollicutes (bactérias sem parede celular) associados com doenças de muitas espécies de plantas cultivadas e selvagens em todo o mundo (FOISSAC; WILSON, 2010). Eles são fitopatógenos restritos ao floema, sendo encontrados como corpos pleomórficos em elementos de tudo crivado de plantas infectadas (ZIMMERMANN et al., 2019), sendo transmitidos por cigarrinhas sugadoras de floema, além de psílídeos (WEINTRAUB; BEANLAND, 2006).

Os fitoplasmas são parasitas obrigatórios de plantas e insetos, e sua disseminação depende da presença de insetos vetores e/ou da propagação de material vegetativo infectado. No caso da transmissão por insetos vetores, após alimentarem-se de plantas infectadas, o fitoplasma passa por um período latente durante o qual se multiplica em órgãos do inseto (intestino médio, hemócitos e glândulas salivares) antes de se tornar infeccioso. Assim que o período latente é concluído, os fitoplasmas são transmitidos de forma persistente, pois o inseto vetor permanece infeccioso por toda a vida (MARZACHÌ et al., 2004).

Na planta, os fitoplasmas são transferidos para as células do floema por consequência da alimentação do inseto vetor nesses tecidos vegetais e, a partir daí, são dispersos sistemicamente para toda a planta, utilizando a continuidade do sistema vascular da planta, já que os fitoplasmas são muito pequenos e passam pelos poros dos tubos crivosos do vegetal (CHRISTENSEN et al., 2004). Nos insetos, os fitoplasmas podem ser encontrados intra ou extracelularmente nos tecidos, devendo atravessar células intestinais, se replicar em vários tecidos do inseto, e se mover para células glandulares salivares, a fim de alcançar a saliva do inseto, o que significa que eles têm a capacidade de se adaptar facilmente a diversos ambientes, além de poderem ser introduzidos em uma planta sadia (HOGENHOUT et al., 2008).

Os fitoplasmas podem desativar respostas de defesa contra insetos em plantas hospedeiras, como a via de sinalização do jasmonato, para aumentar suas chances de sobrevivência e dispersão (HOGENHOUT et al., 2008). Plantas infectadas por fitoplasmas, no geral, sofrem alterações profundas no equilíbrio normal de hormônios vegetais, levando à esterilidade das flores e ao amarelecimento das folhas (ALFARO-FERNÁNDEZ et al., 2011).

Os fitoplasmas possuem alto pleomorfismo e suscetibilidade à pressão osmótica, colonizando e sobrevivendo nos tubos crivados do floema das plantas infectadas. Devido ao seu tamanho reduzido, os fitoplasmas somente podem ser visualizados por meio de microscopia eletrônica nos tecidos das plantas infectadas. São microrganismos transmitidos

de planta a planta por meio do canal salivar de insetos que se alimentam dos tecidos do floema (COUSIN; BOUDON-PADIEU, 2002; BAI et al., 2006).

O agente causal do AL é o fitoplasma '*Candidatus Phytoplasma palmae*', um organismo procariótico, parasita obrigatório, pertencente ao domínio Bacteria e membro da classe Mollicutes (BERTACCINI; DUDUK, 2009). Após a inoculação, o fitoplasma invade progressivamente toda a planta durante o período de incubação, causando uma infecção sistêmica. Devido ao fato de a planta hospedeira do fitoplasma morrer, a persistência desse microrganismo no ambiente ocorre por meio de sua aquisição pelo inseto vetor, seguida de incubação no intestino desse inseto e da posterior inoculação em outro coqueiro. Assim, a doença dissemina-se planta a planta e, nos focos, é possível visualizar todos os estágios da doença. Na maioria dos casos, 100% ou quase a totalidade dos coqueiros infectados morrem (DOLLET; TALAMINI, 2018).

Diferentes isolados de fitoplasmas afetam o coqueiro e podem causar sintomas semelhantes nas plantas em diferentes partes do mundo (NEJAT et al., 2009). Os fitoplasmas possuem DNA extracromossômico, conhecido por desempenhar um papel evolutivo muito importante na patogenicidade e virulência, uma vez que tem a capacidade de recombinar entre diferentes fitoplasmas e criar diversidade genética, proporcionando o potencial de rápida adaptação a novas condições ambientais (NISHIGAWA et al., 2002).

2.4.3 Cigarrinhas potencialmente vetoras de fitoplasmas

Os fitoplasmas são transmitidos para as plantas por insetos que se alimentam da seiva do floema, como os das subordens Auchenorrhyncha e Sternorrhyncha, principalmente as cigarrinhas da subfamília Deltocephalinae (Cicadellidae) e de outras famílias da infraordem Fulgoromorpha como Cixiidae, Derbidae, Delphacidae e Flatidae. Alguns fitoplasmas também são transmitidos por psílídeos (Psyllidae) (WEINTRAUB; BEANLAND, 2006).

Foi demonstrado que apenas cerca de 1% das espécies de cigarrinhas conhecidas são capazes de transmitir fitopatógenos (DIETRICH, 2013). Desta forma, o número de potenciais vetores de fitoplasmas é, provavelmente, muito maior do que as cerca de 200 espécies de vetores atualmente documentadas (KWADJO et al., 2018). Neste aspecto, vale ressaltar que, onde várias espécies de vetores são passíveis de transmissão desses fitopatógenos há variação na capacidade de cada espécie em infectar com sucesso a planta (BOSCO et al., 2007).

Os vetores desempenham um papel crucial na distribuição e disseminação de fitoplasmas, sendo a maioria deles pertencentes às subordens Auchenorrhyncha e

Sternorrhyncha (HOWARD, 2001). As palmeiras são hospedeiras de muitos Auchenorrhyncha e, embora a maioria deles não cause lesões diretas, a capacidade de algumas espécies em adquirir e retransmitir fitoplasmas torna este grupo de insetos uma ameaça ao cultivo sustentável de coqueiros (BOSCO; TEDESCHI, 2013).

As cigarrinhas são insetos sugadores que apresentam boa capacidade de dispersão. Em geral, as espécies ficam restritas a seus domínios zoogeográficos, mas a migração a partir de seus prováveis locais de origem também pode ocorrer, colonizando, assim, outras regiões. As espécies pertencentes à subfamília Cicadellinae são numerosas e diversificadas, com comprimento variado e cores vistosas, porém com comportamento alimentar semelhante. A duração do ciclo biológico varia em função da temperatura. A 25 °C, a duração das fases de ovo e ninfa é de aproximadamente 10 e 15 dias, respectivamente, enquanto os adultos vivem por até 60 dias (REDAK et al., 2004).

Diversos trabalhos já registraram Cicadellidae como sendo a família mais abundante em áreas de cultivos agrícolas e floresta tropical, tanto em número de espécies como de indivíduos (WALLOF; SOLOMON, 1973; NOVOTNY, 1993; OTT; CARVALHO, 2001). As cigarrinhas da família Cicadellidae também estão relacionadas com a transmissão de outros microrganismos, como vírus e bactérias (O'MARA et al., 1993). Entretanto, ainda são poucas as informações sobre a distribuição geográfica, plantas hospedeiras e danos causados por este grande grupo de cigarrinhas.

2.4.3.1 *Haplaxius crudus*

Haplaxius crudus (= *Myndus crudus*) (Van Duzee, 1907) (Hemiptera: Cixiidae) é nativo dos trópicos e subtropicais americanos, sendo considerada como a principal espécie vetora do AL. Esta espécie foi descrita pela primeira vez na Jamaica, mas é conhecida do norte da América do Sul, América Central, certas ilhas do Caribe, e nos EUA (Flórida e sul do Texas). Os adultos de *H. crudus* se alimentam de palmeiras, principalmente de coqueiros, enquanto as ninfas se alimentam e completam seu ciclo nas gramíneas (Poaceae) e ciperáceas (Cyperaceae). Seu principal impacto econômico é como vetor do AL (CABI, 2021).

As fêmeas de *H. crudus* inserem seus ovos na bainha das folhas mais inferiores (e que começam a secar ou senescer) de gramíneas e ciperáceas, na porção rente ao solo, situada entre 1 e 2 cm do colo das raízes. Os ovos ficam isolados ou em fileiras de até cinco ovos. Após a eclosão, as ninfas dirigem-se imediatamente para a superfície do solo. A duração média da fase ninfal é de 80,8 dias a 24 °C e de 52,6 dias a 30 °C. Ao atingirem a fase adulta,

os insetos que se desenvolveram na zona radicular das gramíneas e ciperáceas voam para a folhagem das palmeiras, onde se alimentam e se acasalam (HOWARD, 2001). Os adultos de *H. crudus* se alimentam inserindo seus estiletes no tecido da folha e sugando os nutrientes da planta. Como geralmente ocorre com as Fulgoroidea, elas tendem a se alimentar da seiva do floema (HOWARD; GALLO, 2019). Embora se alimente na fase adulta da folhagem das palmeiras, *H. crudus* não completa seu ciclo de vida nesses hospedeiros (HOWARD, 2001), sendo que as fêmeas retornam às pastagens para a oviposição (HOWARD; GALLO, 2019).

A dispersão natural do AL pode ocorrer através da transmissão pelos insetos, que se deslocam de forma natural, movendo-se de planta para planta durante a sua alimentação, ou a longas distâncias quando levados por outras vias naturais de dispersão (ventos fortes, outros animais, materiais vegetais contaminados, correntes de água, entre outros) (HARRISON; ELLIOTT, 2009).

No caso do AL do Caribe, foi comprovado, na Flórida, que *H. crudus* é o vetor do fitoplasma (HOWARD et al., 1983). Coqueiros, quando inoculados em condições controladas, apresentam sintomas do AL após um longo período de incubação, estimado para plantas jovens (menos de cinco anos) entre 4 a 18 meses (HOWARD, 1995). No campo, o período de incubação varia entre 7,6 a 15 meses (DABEK, 1975). A disseminação do AL pode ocorrer durante todo o ano, mas é influenciada pelas condições ambientais da região (estações do ano, regime pluviométrico). Na Jamaica, o período mais intenso de disseminação do AL ocorre entre janeiro e agosto (DABEK, 1975).

Em Yucatán (México), demonstrou-se que *H. crudus* transmitiu fitoplasmas associados ao AL, para a palmeira *Pritchardia* sp. No entanto, no mesmo experimento foi impossível transmitir AL para o coqueiro (DZIDO et al., 2012). Em um trabalho mais recente desenvolvido por Dzido et al. (2020), foi confirmado que *H. crudus* foi capaz de transmitir fitoplasmas do grupo 16SrIV para a palmeira *P. pacifica*. De acordo com a análise comparativa de sequências de DNA, os fitoplasmas detectados nas plantas infectadas pertenciam aos subgrupos A e D.

A espécie *H. crudus* foi detectada até a latitude 29° N na Flórida, região onde a média das temperaturas mensais mínimas está entre 12 °C e 15 °C (HOWARD, 1980; HALBERT et al., 2014). Na fase ninfal, em raízes de gramíneas, este inseto pode sobreviver a temperaturas mais baixas. Com relação à resistência de *H. crudus* a temperaturas elevadas, verifica-se que esta cigarrinha sobrevive em palmeiras em uma região onde a média pode chegar aos 37 °C, como ocorre em Mérida e Yucatán (México). Na Flórida e em Yucatán, ocorreram epidemias severas de AL. Na América, ocorreram epidemias de AL entre as latitudes 29° e 15° N,

abrangendo climas tropicais e subtropicais. As ninfas de *H. crudus* preferem ambientes úmidos para sua sobrevivência (HOWARD, 2015).

A distribuição geográfica atual de *H. crudus* parece ser mais limitada do que a doença AL, devido o inseto ainda não ser registrado em algumas áreas onde a doença está. A maioria dos experimentos de transmissão foi realizada na Flórida, e nenhuma evidência foi encontrada para espécies adicionais de insetos vetores de AL lá ou em outro lugar. No entanto, como há mais espécies de Auchenorrhyncha nas palmeiras na América tropical do que na Flórida, e pouco se sabe sobre a biologia da maioria dessas espécies, é possível que outros vetores do AL ocorram (HOWARD, 2015).

Em relação às plantas daninhas, segundo Hernández et al. (2018), no México, diversas espécies podem exercer um papel como hospedeiras de cixídeos e de outras cigarrinhas que podem ser vetoras do fitoplasma do AL, dentre elas *Brachiaria mutica* (Forssk.) Stapf (Poaceae), considerada a mais importante planta hospedeira de *H. crudus* e de outras cigarrinhas, além de *Brachiaria decumbens* Stapf e *Digitaria abyssinica* (Hochst. ex A.Rich.) Stapf (Poaceae) e *Cyperus ligularis* Hort.Berol. (Cyperaceae). Além disso, a ampla gama de plantas hospedeiras pode aumentar a população de insetos vetores e, portanto, o potencial de transmissão (IMO et al., 2013). Na Costa do Marfim, as plantas espontâneas *Paspalum vaginatum* Sw. e *Pennisetum pedicellatum* Trin. (Poaceae) foram confirmadas como hospedeiras dos fitoplasmas do grupo 16SrXXII (AROCHA-ROSETE et al., 2016; KRA et al., 2017).

As plantas hospedeiras de ninfas de *H. crudus* registradas na Flórida são as espécies *Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze, *Panicum maximum* Jacq., *Cenchrus echinatus* Steud. ex Döll, *Digitaria* sp., *Panicum fasciculatum* Lam., *Paspalum paniculatum* L. e *Setaria geniculata* P.Beauv. (Poaceae) e *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae), que exercem papel importante no desenvolvimento do AL do coqueiro, pois as ninfas se desenvolvem nestas raízes onde encontram umidade, sombreamento e alimentação (HOWARD et al., 1983). Rairán et al. (2015) afirmam que, nas áreas onde se encontra a doença, recomenda-se a mudança das ciperáceas ou gramíneas de cobertura por espécies que não sejam hospedeiras de cigarrinhas vetoras do AL, para evitar o desenvolvimento deste inseto e a dispersão dos fitoplasmas nos coqueiros e/ou outras palmeiras.

2.4.3.2 Cigarrinhas suspeitas de transmitir o AL

O adulto de *H. crudus* ainda é o único inseto que foi comprovado cientificamente como vetor do AL na América (HOWARD; GALLO, 2019), no entanto suspeita-se de que outras cigarrinhas também possam transmitir fitoplasmas que causam o AL. Por exemplo, em insetos do gênero *Cedusa* (Hemiptera: Derbidae), na Jamaica, a detecção de uma cepa de ‘*Candidatus Phytoplasma palmae*’ é relatada, mas não foi determinado se este inseto pode transmitir o fitoplasma para os tecidos das plantas durante a alimentação (BROWN et al., 2006).

No Caribe e nas Américas do Norte e Central, ‘*Candidatus Phytoplasma palmae*’ (16SrIV) infecta principalmente palmeiras e a espécie *Carludovica palmata* Griseb. (Cyclanthaceae). Ainda não há confirmação se plantas dicotiledôneas são hospedeiras deste fitoplasma. Na África Ocidental e em Moçambique ‘*Candidatus Phytoplasma palmae*’ é conhecido apenas no coqueiro, porém como o AL é transmitido, provavelmente de forma persistente, os fitoplasmas relacionados devem se multiplicar em insetos da subordem Auchenorrhyncha (DOLLET; TALAMINI, 2018).

Alguns subgrupos de fitoplasmas afetam espécies de palmeiras que não são suscetíveis a ‘*Candidatus Phytoplasma palmae*’ (16SrIV-A ou “AL”), por isso, existe a suspeita de haver outros possíveis vetores na Flórida (HALBERT et al., 2014). Os ensaios de transmissão do AL com *H. crudus* realizados na Jamaica sempre falharam, não se descartando a hipótese de que outros insetos possam transmitir o AL no Caribe. Fitoplasmas associados ao AL foram detectados em outro Cixiidae, *N. caribbea*, coletado a partir de um foco de AL em Cuba, onde não havia *H. crudus*, e também na Jamaica (DOLLET et al., 2010). Em levantamento realizado no estado de Sergipe, a espécie de cigarrinha *Oecleus sergipensis* Bartlett, 2018 (Hemiptera: Cixiidae) foi descrita e considerada como potencial vetora do AL (BARTLETT et al., 2018, SILVA et al., 2019. SILVA et al., 2019).

No sul da Flórida e no Caribe, *H. crudus* está presente, com algum grau de flutuação populacional, durante todo o ano. É razoável imaginar que o mesmo ocorra para outros vetores potenciais do AL do coqueiro em todas as áreas tropicais predispostas à ocorrência desta doença. Não existem informações sobre vetores na África (Ocidental e Oriental) e/ou em Papua Nova Guiné, onde *H. crudus* nunca foi encontrado (DOLLET; TALAMINI, 2018; SILVA et al., 2019), o que também corrobora a provável existência de outras espécies vetoras. É importante destacar também as espécies da subfamília Deltocephalinae e das

famílias Flatidae e Delphacidae, uma vez que algumas se alimentam de seiva floemática e também pode transmitir outros fitoplasmas que causam outras doenças.

2.4.4 Métodos de controle de *H. crudus*

O tratamento das palmeiras em estádios iniciais da doença, pode ser feito com o uso do antibiótico cloridrato de oxitetraciclina, entretanto, a eficiência deste produto só dura por cerca de quatro meses (MCCOY, 1975; MCCOY et al., 1976). Apesar de ajudar, essa medida de controle não é economicamente viável, havendo a necessidade de repetir o tratamento periodicamente (GURR et al., 2016).

As populações de *H. crudus* em palmeiras adultas de *Veitchia merrillii* (Becc.) Moore (Arecaceae) foram controladas com eficiência com aldicarbe, carbofurano e dimetoato, sendo que os dois últimos controlaram a cigarrinha na gramínea *S. secundatum* (REINERT, 1977). O controle químico de *H. crudus* pode reduzir a transmissão da doença (MCCOY et al., 1983), por isso este método é mais recomendado profilaticamente para evitar a dispersão de cigarrinhas contaminadas para áreas ainda não afetadas (HOWARD, 2015; DOLLET; TALAMINI, 2018). É importante frisar que não existem produtos químicos registrados até o momento pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle de *H. crudus* no Brasil (AGROFIT, 2021).

Uma estratégia recomendada de controle do inseto vetor nos coqueirais é a substituição da vegetação de cobertura do solo, que geralmente é composta por gramíneas e ciperáceas, por plantas de famílias ou espécies conhecidamente não hospedeiras, pois isto dificulta a multiplicação do vetor na área, já que o inseto depende exclusivamente das gramíneas e ciperáceas para completar o seu ciclo biológico, e subsequente transmissão dos fitoplasmas do AL para as plantas sadias (TEODORO et al., 2019). No estado do Pará, a cigarrinha *H. crudus* foi encontrada em coqueiral com a presença de *Pueraria* sp. (Fabaceae) como planta de cobertura, a qual não é relatada como hospedeira do inseto vetor, *H. crudus* (SILVA et al., 2019).

Diversos inimigos naturais de *H. crudus* foram identificados e estudos vêm sendo conduzidos com o intuito de desenvolver estratégias de controle para esta cigarrinha. Como exemplos de agentes de controle biológico, McCoy et al. (1983) citam aranhas e formigas predadoras, bem como, infecções ocasionais causadas pelo fungo entomopatogênico *Hirsutella citriformis* Speare. No Brasil, exemplares adultos de *H. crudus* colonizados por fungos foram observados em copas de coqueiros Anão Verde de Jiqui em Santa Izabel do

Pará, Pará (TEODORO et al., 2019). O nematoide entomopatogênico *Heterorhabditis* sp. (CPHsp1301), obtido a partir do solo de plantações de dendê da Colômbia, foi capaz de infectar e controlar com eficiência as ninfas de *H. crudus* (GUERRERO; PARDEY, 2019). Adicionalmente, o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) foi eficaz na redução da população de adultos de *H. crudus* em cultivos de dendê na Colômbia (GUERRERO et al., 2016).

2.4.5 Plano de Contingência para o AL no Brasil

2.4.5.1 Inspeção e detecção

O AL foi classificado pelo MAPA, em 2014, como uma praga quarentenária ausente no Brasil, de alta prioridade (DOLLET; TALAMINI, 2018). A Instrução Normativa N° 47 de 24 de setembro de 2013 estabelece o “Plano de Contingência para o Amarelecimento Letal do Coqueiro”, porém o Manual de Procedimentos desta IN ainda precisa ser redigido pelo Ministério da Agricultura (MAPA) (DOLLET; TALAMINI, 2018). Neste sentido, estudos relativos à cigarrinha *H. crudus*, referentes ao reconhecimento dos potenciais insetos vetores e dos sintomas da doença, servem de base para subsidiar o desenvolvimento do referido manual (SILVA, 2018; TEODORO et al., 2019).

O diagnóstico do AL do coqueiro só pode ser feito após PCR no gene do RNA ribossomal, seguido de clonagem e sequenciamento. A análise é realizada a partir de amostras das inflorescências, da zona meristemática, ou do estipe das plantas submetidas à extração dos ácidos nucleicos com brometo de cetrimônio (DOYLE; DOYLE, 1990; DAIRE et al., 1997; HARRISON et al., 2002; DOLLET et al., 2009). É muito difícil detectar fitoplasmas causadores do AL do coqueiro a partir dos folíolos, e, também, devido à ocorrência de muitas fibras nas amostras do coqueiro e de outras palmeiras, não é aconselhável usar Kits com colunas que podem ser rapidamente obstruídas (DOLLET; TALAMINI, 2018). A detecção molecular do fitoplasma causador do amarelecimento letal do coqueiro por ensaios de PCR substituiu amplamente as técnicas microscópicas não específicas, recomendando-se o uso dos *primers* universais P1/P7 para o primeiro diagnóstico de um possível surto do AL, uma vez que o uso de *primers* mais específicos projetados para subgrupos individuais de fitoplasmas pode induzir falsos negativos (DENG; HIRUKI, 1991; SMART et al., 1996).

2.4.5.2 Probabilidade de introdução e dispersão no Brasil

O Brasil possui várias ligações diretas ou indiretas com regiões e países onde o AL do coqueiro ocorre. O principal perigo diz respeito à região do Caribe, da Flórida, do Texas, e da costa atlântica de Honduras, através das várias ilhas do Caribe. Existem voos regulares que conectam o Brasil à Flórida, uma região onde o vetor do AL é abundante. As agências de viagens oferecem aos cidadãos brasileiros vários destinos de férias no Caribe, para ilhas, como São Martinho, onde o AL está presente. Além disso, o Brasil tem fronteiras com Guiana, Suriname e Guiana Francesa, que são regularmente conectadas direta ou indiretamente por aviões e barcos a algumas ilhas gravemente afetadas pelo AL: Guiana com as ilhas de língua inglesa com ocorrência do AL, como Jamaica, São Cristóvão e Nevis, Antígua e Barbuda; Suriname com São Martinho; e Guiana com São Martinho e São Bartolomeu. As fronteiras do Brasil entre a Guiana e Roraima, entre Suriname e Pará, e entre Guiana Francesa e Amapá, são pontos de intenso trânsito diário (DOLLET; TALAMINI, 2018).

Deve-se ressaltar a importância da fronteira entre Roraima e Venezuela, uma vez que o país fica bastante próximo do Caribe, através de Trinidad e Tobago e das ilhas holandesas de Curaçao e Bonaire, que podem ser infectadas em breve por meio das suas ligações com São Martinho. Esta fronteira tem sido usada por milhares de venezuelanos desde 2017, que se mudaram temporária ou permanentemente para Roraima e, especialmente, para Boa Vista. É possível que o cenário do ácaro-vermelho-das-palmeiras, que passou de Martinica para a Venezuela em pouco tempo, e então, da Venezuela para Boa Vista (NAVIA et al., 2015), seja repetido com o AL. Por isso, os estados de Roraima e Amapá são considerados os mais estratégicos em termos de possibilidade para a introdução de pragas quarentenárias no Brasil (FANTINE et al., 2015; MALAVASI, 2015; MORAIS et al., 2015; NAVIA et al., 2015; SUGAYAMA et al., 2015). No entanto, a possibilidade de introdução do AL do coqueiro proveniente da África não deve ser subestimada. Neste aspecto vale ressaltar que, devido ao idioma em comum, o Brasil e Moçambique mantêm comércio regular usando voos passando pela África do Sul, com menos de 24 horas de duração (DOLLET; TALAMINI, 2018).

O principal risco reside na introdução de insetos vetores infectados, sendo que *H. crudus* sobrevive por até 25 dias e, às vezes, até 50 dias (TSAI; KIRSH, 1978). Este inseto pode, teoricamente, suportar a duração de um voo intercontinental. A introdução clandestina de plantas infectadas com fitoplasmas causadores do AL no Norte do Brasil representa um grande risco, uma vez que já foi confirmada a ocorrência de *H. crudus* no Pará (CELESTINO

FILHO et al., 1993; SILVA et al., 2019), ainda mais, considerando o porto de Belém, que apresenta intensa atividade de transporte por barcos. Por isso, dado o aumento contínuo do comércio mundial via terra, ar e mar, existe, portanto, um risco muito significativo da introdução do amarelecimento letal no Brasil (DOLLET; TALAMINI, 2018).

2.4.5.3 Potenciais consequências econômicas do AL para o Brasil

Várias palmeiras no Brasil são fonte de alimento para seres humanos e animais e podem ser usadas para produção de óleo, fibras, água de coco, dentre outros. As folhas, raízes e madeira podem ser usadas para a construção, combustível, artesanato e fins médicos. O coqueiro, por exemplo, é chamado de “árvore da vida” ou “árvore com cem usos” em vários países. Além disso, palmeiras, principalmente o coqueiro, têm uma forte importância ecológica para a composição de paisagens de áreas naturais e como ornamentação do litoral, principalmente do Nordeste, das cidades, avenidas, praças, e jardins, sendo, portanto, de forte importância para o turismo nacional (DOLLET; TALAMINI, 2018).

A Amazônia abriga aproximadamente 50% dos gêneros e 30% das espécies de palmeiras neotropicais. Muitas espécies de palmeiras são de elevada importância socioeconômica para as comunidades locais da Amazônia (KHAN; GRANVILLE, 1992; HENDERSON et al., 1995).

Por se tratar de uma doença letal que se propaga de forma rápida, o AL do coqueiro poderia levar ao desaparecimento da indústria do coco no Brasil e, para os pequenos agricultores, as consequências seriam devastadoras, causando deslocamentos brutais de populações rurais. Como não existe tratamento contra o AL do coqueiro, o controle dos insetos vetores é uma estratégia muito importante (DOLLET; TALAMINI, 2018).

O AL é considerado como uma ameaça de alto risco para os coqueiros e mais 42 espécies de palmeiras que são exploradas na Região Norte do Brasil e principalmente pelas comunidades indígenas na região amazônica. Muitas dessas palmeiras têm vários usos: as folhas para telhados, fabricação de farinha, óleo, sucos de frutas, aproveitamento do palmito e outras. Algumas dessas palmeiras são importantes em setores agroindustriais e comerciais, como o açaí (*Euterpe oleracea* Engel) que é uma palmeira muito importante, sendo fonte de subsistência para os indígenas e pequenos agricultores da região amazônica, além das propriedades medicinais contidas nesse fruto. Por causa de suas propriedades, nos últimos anos, o açaí se tornou uma espécie de “alimento funcional”, com demanda crescente. O buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.), o babaçu (*Attalea speciosa* Mart.), a pupunha (*Bactris gasipaes*

Kunth), entre outras palmeiras, também são fontes importantes de alimentos, e a demanda por seus produtos continua a crescer. Portanto, a introdução do AL seria desastrosa para as comunidades da região Amazônica (DOLLET; TALAMINI, 2018).

2.5 Fatores climáticos e a biologia dos insetos

Fatores abióticos desempenham um papel vital no desenvolvimento, sobrevivência e reprodução dos insetos. Por serem organismos ectotérmicos, os insetos têm uma capacidade muito fraca de regular sua temperatura corporal, de modo que a temperatura ambiente determina todas as atividades biológicas (BROWN et al., 2004). Isso resulta em mudanças significativas em seu desenvolvimento, sobrevivência, reprodução e comportamento (PARMESAN, 2006).

O Brasil tem um clima tropical, que apresenta características favoráveis para o surgimento de novas pragas e tais condições fazem com que se estabeleçam com facilidade. As mudanças climáticas podem resultar em um aumento na proliferação de muitas doenças causadas por fitoplasmas, principalmente, o AL do coqueiro (GURR et al., 2016).

Poucas informações estão disponíveis sobre como o AL pode ser afetado pelos fatores abióticos, mesmo sabendo que fatores como a umidade e a temperatura afetam a severidade do fitoplasma associado a esta doença (KRISHNAREDDY, 2013). Além disso, o estabelecimento e a disseminação dos vetores de fitoplasmas podem mudar devido às mudanças climáticas, sendo difícil prever as consequências destas com precisão devido à falta de informações mais detalhadas. Hemmati et al. (2020) relatam que a cobertura morta, a densidade de plantas hospedeiras e a distância entre as plantações de coqueiro podem afetar a biologia e a ecologia dos vetores de fitoplasmas.

Além disso, cabe ressaltar que as mudanças climáticas podem ocasionar significativas alterações nestes processos, visto que, segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), além dos aumentos previstos na temperatura para grande parte do mundo, alterações na ocorrência de eventos extremos também estão previstos, na sua frequência, intensidade e localização. Sobre os efeitos das mudanças climáticas na pressão de pragas em culturas alimentares, é esperado que estas alterações no clima, afetem a distribuição geográfica de espécies de insetos e fitopatógenos em uma dada região de cultivo (HAMADA; GHINI, 2015). Deve-se considerar o efeito das mudanças climáticas na ação dos insetos vetores em uma população de plantas, as quais poderão levar à ocorrência de fitopatógenos

pré-existentes ou poderão permitir e/ou favorecer a introdução de novos agentes patogênicos nas lavouras (ANDERSON et al., 2004).

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL - Anuário da Agricultura Brasileira. 25ª. ed. **Coco da Baía**. São Paulo: IEG FNP Agribusiness Intelligence, 2020, p. 239-244.

AGROFIT. **Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 05 jan. 2021.

ALFARO-FERNÁNDEZ, A.; DEL CARMEN CEBRIÁN, M.; VILLAESCUSA, F.J.; FONT-SAN-AMBROSIO, M.I. Detection and identification of aster yellows and stolbur phytoplasmas in various crops in Spain. **Bulletin of Insectology**, v. 64, n. 5, p. 63-64, 2011.

ANDERSON, P. K.; CUNNINGHAM, A. A.; PATEL, N. G.; MORALES, F. J.; EPSTEIN, P. R.; DASZAK, P. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agro technology drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19, n. 10, p. 535-544, 2004.

AROCHA-ROSETE, Y.; DIALLO, H. A.; KONAN KONAN, J. L.; ASSIRI, P.K.; SÉKA, K.; KRA, K. K.; DANIEL, M. N.; TOUALY, E. K.; KWADJO KOFFI, M. P.; DARAMCOUM, N. I.; BEUGRÉ, W. N.; OUATTARA, C. G.; KOUADJO K.; ALLOU, N. D.; FURSY-RODELEC, O. N.; DOUDJO-OUATTARA, N.; YANKEY, S.; DERY, A.; MAHARAJ, M.; SALEH, M.; SUMMERBELL, N.; CONTALDO, S.; PALTRINIERI, A.; BERTACCINI, A.; SCOTT, J. Detection and identification of the coconut lethal yellowing phytoplasma in weeds growing in coconut farms in Côte d'Ivoire. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 38, n. 2, p. 164-173, 2016.

BAI, X.; ZHANG, J.; EWING, A.; MILLER, S. A.; JANCOS-RADEK, A.; SHEVCHENKO, D. V.; TSUKERMAN, K.; WALUNAS, T.; LAPIDUS, A.; CAMPBELL, J. W.; HOGENHOUT, S. A. Living with genome instability: the adaptation of phytoplasmas to diverse environments of their insect and plant hosts. **Journal of Bacteriology**, v. 188, n. 10, p. 3682-3696, 2006.

BARTLETT, C. R.; PASSOS, E. M.; SILVA, F. G.; DINIZ, L. E. C.; DOLLET, M. A new species of *Oecleus* Stål (Hemiptera: Fulgoroidea: Cixiidae) from coconut in Brazil. **Zootaxa**, v. 4472, n. 2, p. 358-364, 2018.

BASTOS, L. F.; SANTOS, A. V. F.; PENNER, F. V.; SIQUEIRA, L. M. M.; SILVA, A. G.; MARTINS, I. C. F.; LINS, P. M. P.; BATISTA, T. F. V. Spatial analysis and population dynamics of *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Cixiidae) in coconut Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 14, p. 186-197, 2019.

BERTACCINI, A. Phytoplasmas: Diversity, taxonomy, and epidemiology. **Frontiers in Bioscience**, v. 12, p. 673-689, 2007.

BERTACCINI, A.; DUDUK, B. Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 48, n. 3, p. 355-378, 2009.

- BITENCOURT, D. V. Potencialidades e estratégias sustentáveis para o aproveitamento de rejeitos do coco (*Cocos nucifera* L.). São Cristóvão, Sergipe. 118 p. **Dissertação** (Mestrado) Universidade Federal de Sergipe. 2008.
- BOSCO, D.; GALETTO, L.; LEONCINI, P.; SARACCO, P.; RACCAH, B.; MARZACHÌ, C. Interrelationships between “*Candidatus Phytoplasma asteris*” and its leaf hopper vectors (Homoptera: Cicadellidae). **Journal of Economical Entomology**, v. 100, p. 1504–1511. 2007.
- BOSCO, D.; TEDESCHI, R. Insect vector transmission assays. In: **Methods in Molecular Biology**, Humana Press Inc., New Jersey, USA p. 73-85, 2013.
- BROWN, J. H.; GILLOOLY, J. F.; ALLEN, A. P.; SAVAGE, V. M.; WEST, G. B. Toward a metabolic theory of ecology. **Ecology**, v. 85, n. 7, p. 771-1789, 2004.
- BROWN, S. E.; BEEN, B. O.; McLAUGHLIN, W. A. Detection and variability of the: lethal yellowing group (16Sr IV) phytoplasmas in the *Cedusa* sp. (Hemiptera Auchenorrhyncha: Derbidae) in Jamaica. **Annals of Applied Biology**, v. 149, n. 1, p. 53-62, 2006.
- CABI. *Haploxys crudus* (American Palm cixiid). **Invasive Species Compendium**. Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/35465>>. Acesso em 26 de jan. 2021.
- CELESTINO FILHO, P.; LOUISE, C.; LUCCHINI, F. Estudos de transmissão do amarelecimento fatal do dendezeiro (*Elaeis guineensis*, Jacq.), com insetos suspeitos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, Piracicaba, SP. **Resumos...** Piracicaba: SEB. p. 194. 1993.
- CHRISTENSEN, N. M.; NICOLAISEN, M.; HANSEN, M.; SCHULZ, A. Distribution of phytoplasmas in infected plants as revealed by real-time PCR and bioimaging. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 7, n. 11, p. 1175-1184, 2004.
- CLEMENT, C. R.; ZIZUMBO-VILLARREAL, D.; BROWN, C. H.; WARD R. G.; ALVES-PEREIRA, A.; HARRIES, H. C. Coconuts in the Americas. **Botanical Review**, v. 79, n. 1, p. 342-370. 2013.
- COUSIN, M. T.; BOUDON-PADIEU, E. Phytoplasma and phytoplasma diseases: vectors, control, and research topics. **Cahiers Agricultures**, v. 11, p. 115-126, 2002.
- CUENCA, M. A. G. Mercado e cadeia produtiva. In: FERREIRA, M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa. p. 47-63, 2018.
- DABEK, A. J. The incubation period, rate of transmission and effect on growth of coconut lethal yellowing disease in Jamaica. **Phytopathologische Zeitschrift**, v. 84, n. 1, p. 1-9, 1975.
- DAIRE, X.; CLAIR, D.; REINERT, W.; BOUDON-PADIEU, E. Detection and differentiation of grapevine yellows phytoplasmas belonging to the elm yellows group and to the stolbur subgroup by PCR amplification of non-ribosomal DNA. **European Journal of Plant Pathology**, v. 103, p. 507-514, 1997.

DAVIS, R. I.; KOKOA, P.; JONES, L. M.; MACKIE, J.; CONSTABLE, F. E.; RODONI, B. C.; GUNUA, T. G.; ROSSEL, J. B. A new wilt disease of banana plants associated with phytoplasmas in Papua New Guinea (PNG). **Australasian Plant Disease Notes**, v. 7, p. 791-97, 2012.

DENG, S.; HIRUKI C. Amplification of 16S rRNA genes from culturable and unculturable Mollicutes. **Journal of Microbiological Methods**, v. 14, p. 53-61, 1991.

DIETRICH, H. C. Overview of the phylogeny, taxonomy and diversity of the leafhopper (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadomorpha: Membracoidea: Cicadellidae) vectors of plant pathogens. In: International Symposium of Insect Vectors and Insect-borne Diseases, **Proceedings...**, p. 47-70, 2013.

DINIZ, L. E. C.; TALAMINI, V.; DOLLET, M. Alerta! Amarelecimento letal. A doença do coqueiro que pode chegar ao Brasil em breve. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. **Folder**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042953/1/folderamarelecimentoletal.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2019.

DOLLET, M.; LLAUGER, R.; FABRE, S.; JULIA, J. F.; GONZALES, C.; CUETO, J. *Nymphocixia caribbea* (Fennah) (Homoptera: Cixiidae) potential candidate as coconut lethal yellowing vector in the Carribean. COST action FA0807 “Integrated Management of Phytoplasma Epidemics in Different Crop Systems”, 2010/02/01–02, Sitges, Spain

DOLLET, M.; QUAICOE, R.; PILET, F. Review of coconut “Lethal Yellowing” type diseases. Diversity, variability and diagnosis. **Oléagineux Corps Gras Lipides**, v. 16, n. 2, p. 97-101, 2009.

DOLLET, M.; TALAMINI, V. **Fitoplasmas associados às Síndromes do Tipo Amarelecimento Letal das Palmeiras**. In: FIDELIS, E. G.; LOHMANN, T. R.; SILVA, M. L.; PARIZZI, P.; LARANJEIRA, F. F. Priorização de pragas quarentenárias ausentes no Brasil. Embrapa. Brasília: DF. 2018. p. 315- 352.

DOYLE, J.; DOYLE J. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v. 12, p. 13-15, 1990.

DOYLE, M. M. R. Crisis research: managing lethal yellowing disease. **Biotechnology and Development Monitor**, v. 44/45, p. 12-15, 2001.

DZIDO, J. L.; SANCHEZ, R.; DOLLET, M.; JULIA, J. F.; NARVAEZ, M.; FABRE, S. OROPEZA, C. *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Cixiidae) transmits the lethal yellowing phytoplasmas, 16SrIV, to *Pritchardia pacifica* Seem. & H. Wendl (Arecaceae) in Yucatan, Mexico. **Neotropical Entomology**, v. 49, p. 795-805, 2020.

DZIDO, J. L.; SANCHEZ, R.; NARVAEZ, M.; JULIA, J. F.; OROPEZA, C.; DOLLET, M. Transmission of phytoplasmas associated with Texas *Phoenix* palm decline (16SrIV-D) to *Pritchardia pacifica* by the planthopper *Haplaxius crudus* (Cixiidae) in Yucatan, Mexico. **Phytopathology**, v. 102, n. 11, supl. 6.2, 2012.

EDEN-GREEN, S. J. Attempts to transmit lethal yellowing disease of coconuts in Jamaica by leafhoppers (Homoptera: Cicadelloidea). **Tropical Agriculture**, v. 56, n. 3, p.185-192, 1979.

EDEN-GREEN, S. J. History, world distribution and present status of lethal yellowing-like diseases of palms. In: EDEN-GREEN, O. (Ed.) International workshop on lethal yellowing-like diseases of coconut, Elmina, Ghana, November 1995. **Proceedings...** Natural Resources Institute, Chatham, UK, 1997, p. 9-25.

EZIASHI, E.; OMAMOR, I. Lethal yellowing disease of the coconut palms (*Cocos nucifera* L.): an overview of the crises. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 54, p. 9122-9127, 2010.

FANTINE, A. K.; SUGAYAMA, R. L.; VILELA, E. F. Ácaro-hindustânico-dos-citros, *Schizotetranychus hindustanicus* (Hirst). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. **Pragas Introduzidas no Brasil**. Insetos e Ácaros. Piracicaba: FEALQ, p. 472-480, 2015.
FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em: 05 jan. 2021.

FERREIRA, J. M. S.; LIMA, M. F.; QUEIROZ, D. L.; TEODORO, A. V.; MOURA, J. I. L.; SOUZA, L. A. Insetos praga. In: FERREIRA, M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa. p. 361-428, 2018.

FOISSAC, X.; WILSON, M. Current and possible future distributions of phytoplasma diseases and their vectors. In: WEINTRAUB, P. G.; JONES, P. (Eds). **Phytoplasmas**. Wallingford: CAB International, p. 309-324, 2010.

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. **Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 16, 2006.

GUERRERO, M. R.; FERREIRA, A. M. B.; PARDEY, A. E. B. Selección de hongos entomopatógenos para el control de adultos de *Haplaxius crudus*, vector de la marchitez letal de la palma de aceite. In: REUNIÓN TÉCNICA NACIONAL DE PALMA DE ACEITE, 13., 2016, Medellín. **Resumos...** Cenipalma, p. 1, 2016.

GUERRERO, M. R.; PARDEY, A. E. B. Selection of entomopathogenic nematodes to control nymphs of *Haplaxius crudus* (Van Duzee) (Hemiptera: Cixiidae). **American Journal of Entomology**, v. 3, p. 24-29, 2019.

GURR, G. M.; JOHNSON, A. C.; ASH, G. J.; WILSON, B. A. L.; ERO, M. M.; PILOTTI, M. S. DEWHURST, C. F.; YOU, M. S. Coconut lethallyellowing diseases: a phytoplasma threat to palms of global economic and social significance. **Frontier Plant Science**. v. 7, n. 1521, p. 1-21, 2016.

HALBERT, S. E.; WILSON, S. W.; BEXTINE, B.; YOUNGBLOOD, S. B. Potential Planthopper Vectors of Palm Phytoplasmas in Florida with a Description of a New Species of the Genus *Omoligna* (Hemiptera: Fulgoroidea). **Florida Entomologist**, v. 97, n. 1, p. 90-97, 2014.

- HAMADA, E.; GHINI, R. Mudanças climáticas e seus impactos sobre a distribuição de pragas agrícolas. In: **Defesa Vegetal – Fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas**. Belo Horizonte: SBDA, 2015, p. 433-447.
- HARRISON, N. A.; ELLIOTT, M. L. **Lethal yellowing (LY) of palm**. University of Florida. Plant Pathology Department, UF/IFAS Extension. Document PP 222, 2009. 8 p.
- HARRISON, N. A.; ELLIOT, M. L. **Texas Phoenix Palm Decline**. University of Florida. Plant Pathology Department, UF/IFAS Extension. Document PP 243, 2016. 6 p.
- HARRISON, N. A.; MYRIE, W.; JONES, P.; CARPIO, M. L.; CASTILLO, M.; DOYLE, M. M.; OROPEZA, C. 16S rRNA interoperon sequence heterogeneity distinguishes strain populations of palm lethal yellowing phytoplasma in the Caribbean region. **Annals of Applied Biology**, v. 141, p. 183-196, 2002.
- HEMMATI, C.; NIKOOEI, M.; AL-SADI, A. M. Four decades of research on phytoplasma diseases of palms: a review. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 24, p. 631-644, 2020.
- HERNANDÉZ, E. R.; ALEJANDRO, M. A. M.; GARCÍA, C. F. O.; SALÍN, C. O.; GORDILLO, J. M. L.; SOTO, S. S. The coconut pathosystem: weed hosts of nymphs of the American palm cixiid *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Fulgoroidea). **Journal of Natural History**, v. 52, n. 5-6, p. 255-268, 2018.
- HOGENHOUT, S. A.; OSHIMA, K.; AMMAR, E. D.; KAKIZAWA, K.; KINGDOM, H. N.; NAMBA, S. Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects. **Molecular Plant Pathology**, v. 9, n. 4, p. 403-423, 2008.
- HOWARD, F. W. **American palm cixiid, *Myndus crudus* Van Duzee (Insecta: Hemiptera: Auchenorrhyncha: Fulgoroidea: Cixiidae)**. University of Florida. Plant Pathology Department, UF/IFAS Extension. Document EENY-389, 2015. 8 p.
- HOWARD, F. W. *Myndus crudus*, a vector of lethal yellowing of palms. In: WILSON, M. R.; L. R. NAULT (Eds.), 2nd Internat. Workshop on Leafhoppers and Planthoppers of Economic Importance at Brigham Young University. **Proceedings...** Utah, USA. CAB International Institute of Entomology. p. 117-129. 1987.
- HOWARD, F. W. Population densities of *Myndus crudus* Van Duzee (Homoptera: Cixiidae) in relation to coconut lethal yellowing distribution in Florida. **Principes**, v. 24, n. 4, p. 174-178, 1980.
- HOWARD, F. W. Sap-feeders on Palms. In: HOWARD, F. W.; MOORE, D.; GIBLIN-DAVIS, R. M.; ABAD, R. G. **Insects on palms**. Wallingford: CABI Publishing, 2001, p. 109-232.
- HOWARD, F. W.; BARRANT, C. I. Questions and answers about lethal yellowing disease. **Principes**, v. 33, n. 4, p. 163-171, 1989.

HOWARD, F. W.; GALLO, S. **El cixíido americano de las palmas, *Myndus crudus* Van Duzee (Insecta: Hemiptera: Auchenorrhyncha: Fulgoroidea: Cixiidae)**. University of Florida. Plant Pathology Department, UF/IFAS Extension. Document EENY-396, 2019. 8 p.

HOWARD, F. W.; NORRIS, R. C.; THOMAS, D. C. Evidence of transmission of palm Lethal Yellowing agent by a planthopper, *Myndus crudus* (Homoptera: Cixiidae). **Tropical Agriculture (Trinidad)**, v. 60, p. 168-171, 1983.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática: Produção Agrícola Municipal 2019**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>.

IMO, M.; MAIXNER, M.; JOHANNESSEN, J. Sympatric diversification vs. immigration: deciphering host-plant specialization in a polyphagous insect, the stolbur phytoplasma vector *Hyalesthes obsoletus* (Cixiidae). **Molecular Ecology**, v. 22, p. 2188-2203, 2013.

KHAN, F.; DE GRANVILLE, J. J. Palms in forest ecosystems of Amazonia. Springer Verlag. Berlin, **Ecological Studies**, v. 95. 1992. 226 p.

KRA, K. D.; TOUALY, Y. M. N.; KOUAMÉ, A. C.; DIALLO, H. A.; AROCHA-ROSETE, Y. First report of a phytoplasma affecting cassava orchards in Cote d'Ivoire. **New Disease Reports**, v. 35, n. 21, 2017.

KRISHNAREDDY, M. Impact of climate change on insect vectors and vector-borne plant viruses and phytoplasma. In: SINGH, H. C. P.; RAO, N. K. S.; SHIVASHANKAR, K. S. **Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies**, New Delhi: Springer, 2013, p. 255-277.

KWADJO, K. E.; BEUGRÉ, N. I.; DIETRICH, C. H.; KODJO, A. T. T.; DIALLO, H. A.; YANKEY, N.; DERY, S.; WILSON, M.; KONAN, J. L. K.; CONTALDO, N.; PALTRINIERI, S.; BERTACCINI, A.; AROCHA ROSETE, Y. Identification of *Nedotepa curta* Dmitriev as a potential vector of the Côte d'Ivoire lethal yellowing phytoplasma in coconut palms sole or in mixed infection with a '*Candidatus Phytoplasma asteris*'-related strain. **Crop Protection**, v. 110, p. 48-56, 2018.

MALAVASI, A. Mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock. In: VILLELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Pragas Introduzidas no Brasil**. Insetos e Ácaros. Piracicaba: FEALQ, p. 173-184, 2015.

MARINHO, V. L. A.; BATISTA, M. F.; MILLER, R. **Praga quarentenaria A 1 amarelecimento letal do coqueiro Coconut lethal yellowing**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Comunicado Técnico, 73), 4 p., 2002.

MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. (Documentos, 184), 51 p., 2014.

McCOY, R. E. Effect of oxytetracycline dose and stage of development on remission of lethal yellowing in coconut palm. **Plant Disease Reporter**, v. 59, n. 9, p. 717-720, 1975.

McCOY, R. E.; CARROLL, V.; POUCHER, C.; GWIN, G. Field control of lethal yellowing with oxytetracycline hydrochloride. **Phytopathology**, v. 66, n. 9, p. 1148-1150, 1976.

McCOY, R. E.; HOWARD, F.; TSAI, J.; DONSELMAN, H.; THOMAS, D.; BASHAM, H.; ATILANO, R.; ESKAFI, F.; BRITT, L.; COLLINS, M. **Lethal yellowing of palms**. Agricultural experiment stations, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville. Bulletin 834, 22 p., 1983.

MORAIS, E. F. G.; PERONTI, A. L. B. G.; MARSARO JUNIOR, A. L.; AMARO, G. C. Cochonilha-rosada, *Maconellicoccus hirsutus*. In: VILLELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Pragas Introduzidas no Brasil**. Insetos e Ácaros. Piracicaba: FEALQ, p. 328-344, 2015.

NAVIA, D.; MORAIS, E. G. F.; MENDOÇA, R. S.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C. Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Pragas Introduzidas no Brasil**. Insetos e Ácaros. Piracicaba: FEALQ, p. 418-452, 2015.

NEJAT, N.; SIJAM, K.; ABDULLAH, S. N. A.; VADAMALAI, G.; DICKINSON, M. Phytoplasmas associated with disease of coconut in Malaysia: phylogenetic groups and host plant species. **Plant Pathology**, v. 58, p. 1152-1160, 2009.

NISHIGAWA, H.; OSHIMA, K.; KAKIZAWA, S.; JUNG, H. Y.; KUBOYAMA, T.; MIYATA, S. I.; UGAKI, M.; NAMBA, S. Evidence of intermolecular recombination between extrachromosomal DNAs in phytoplasma: a trigger for the biological diversity of phytoplasma? **Microbiology**, v. 148, p. 1389-1396, 2002.

NOVOTNY, V. Spatial and temporal components of species diversity in Auchenorrhyncha (Insecta: Hemiptera) communities of Indochinese montane rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 93-100, 1993.

O'MARA, J.; BAUERNFEIND, R.; STEVENS, A.; GAST, K. L. B.; STEVENS, S. **Commercial Specialty Cut Flower Production: Aster Yellows**. Cooperative Extension Service - Kansas State University, p. 1-6, 1993.

OROPEZA, C.; CORDOVA, I.; CHUMBA, A.; NARVÁEZ, M.; SÁENZ, L.; ASHBURNER, R.; HARRISON, N. Phytoplasma distribution in coconut palms affected by lethal yellowing disease. **Annals of Applied Biology**, v. 159, n. 1, p. 109-117, 2011.

OTT, A. P.; CARVALHO, G. S. Comunidade de cigarrinhas (Hemiptera: Auchenorrhyncha) de uma área de campo do município de Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 2, p. 233-243, 2001.

PARMESAN, C. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. **Evolution and Systematics**, v. 37, n. 1, p. 637-669, 2006.

PASSOS, C. D.; ARAGÃO, W. M.; PASSOS, E. E. M. Herdabilidade de Caracteres Reprodutivos de Cultivares de Coqueiro Anão. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 336-338, 2007.

RAIRÁN, N.; BELTRÁN, J.; ARANGO, M. Tecnologías para el manejo de la Marchitez letal de la palma de aceite validadas en la Zona Oriental de Colombia. **Palmas**, v. 36, n. 1, p. 55-62, 2015.

RAMOS, S. R. R.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A.; BOURDEIX, R.; AZEVEDO, A. O. N.; LOIOLA, C. M.; SOBRAL, K. M. B. Recursos genéticos. In: FERREIRA, M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa. p. 117-147, 2018.

REDAK, R. A.; PURCELL, A. H.; LOPES, J. R. S.; BLUA, M. J.; MIZELL III, R. F.; ANDERSEN, P. C. The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology. **Annual Review of Entomology**, 49, p. 243-270, 2004.

REINERT, J. A. Field biology and control of *Haplaxius crudus* on St. Augustinegrass and Christmas palm. **Journal of Economic Entomology**, v. 70, p. 54-56, 1977.

SILVA, F. G. Composição e diversidade de cigarrinhas (Hemiptera: Auchenorrhyncha) potencialmente vetoras de fitoplasma em coqueirais no Brasil. **Tese** (Doutorado em agricultura e Biodiversidade), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018. 78 f.

SILVA, F. G.; PASSOS, E. M.; DINIZ, L. E. C.; TEODORO, A. V.; TALAMINI, V.; FERNANDES, M. F.; DOLLET, M. Occurrence in Brazil of *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Cixiidae), vector of coconut lethal yellowing. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 1, p. 171-174, 2019.

SMART, C.; SCHNEIDER, B.; BLOMQUIST, C.; GUERRA, L.; HARRISON, N.; AHRENS, U.; LORENZ, H.; SEEMÜLLER, E.; KIRKPATRICK, C. Phytoplasma specific PCR primers based on sequences of the 16S-23S rRNA spacer region. **Applied Environmental Microbiology**, v. 62, p. 2988-2993, 1996.

SUGAYAMA, R. L.; STANCIOLI, A. R.; VILELA, E. F. Ameaças fitosanitárias para o Brasil: entender o passado para prever o futuro. In: VILLELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Pragas Introduzidas no Brasil**. Insetos e Ácaros. Piracicaba: FEALQ, p. 67-108, 2015.

SUTHERST, R. W.; INGRAM, J. S. I.; SCHERM, H. Global change and vector-borne diseases. **Parasitology Today**, v. 14, p. 297-299, 1998.

TEODORO, A. V.; PASSOS, E. M.; SILVA, F. G.; DINIZ, L. E. C.; TALAMINI, V.; PEREIRA, C. A. B.; GUZZO, E. C.; DOLLET, M. **Alerta sobre a cigarrinha *Haplaxius Crudus* (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cixiidae): vetora do amarelecimento letal do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros (Documentos, 232). p. 23, 2019.

TSAL, J. H.; KIRSCH, O. H. Bionomics of *Haplaxius crudus*. **Environmental Entomology**, v. 7, n. 2, p. 305-308, 1978.

WANDERLEY, M.; LOPES, G. M. B. Importância sócio-econômica da produção de coco seco no Brasil. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; FERREIRA, J. M. S. **Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no Nordeste do Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 232, 2009.

WARWICK, D. R. N. Ocorrência e medidas de combate da doença podridão-seca do coqueiro no Platô de Neópolis, Sergipe. **Agrotrópica**, v. 10, n. 1, p. 43-46, 1998.

WARWICK, D. R. N.; TALAMINI, V. Doenças do coqueiro. **Informe Agropecuário**, v. 37, n. 290, p. 49-61, 2016.

WARWICK, D. R. N.; TALAMINI, V.; COSTA, E.; CARVALHO, R. R.; SILVA, A. M. F. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do coqueiro no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Mudanças climáticas e doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 199-210, 2011.

WARWICK, D. R. N.; TALAMINI, V.; LEAL, E. C.; RAM C. Principais doenças. In: FERREIRA, M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L.A. (Eds.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 3. Ed., Rev. e Ampl. - Brasília, DF: Embrapa. p. 447-478, 2018.

WEINTRAUB, P. G.; BEANLAND, L. Insect vectors of phytoplasmas. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 91-111, 2006.

ZIMMERMANN, M. R.; KNAUER, T.; FURCH, A. C. U. Collection of phloem sap in phytoplasma-infected plants. In: **Methods in Molecular Biology**, p. 291-299. New Jersey: Humana Press, 2019

3 CAPÍTULO 1: DINÂMICA POPULACIONAL DE CIGARRINHAS POTENCIALMENTE VETORAS DO AMARELECIMENTO LETAL DO COQUEIRO NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL

RESUMO

Objetivou-se identificar a ocorrência e analisar a flutuação populacional de cigarrinhas potencialmente vetoras do amarelecimento letal (AL) do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Arecaceae) em uma área de cultivo situada no município de São Miguel dos Milagres no estado de Alagoas, correlacionando-a com as variáveis climáticas da região. Para a realização deste estudo, armadilhas adesivas amarelas foram fixadas nas folhas das plantas híbridas, sendo distribuídas aleatoriamente na área experimental. As coletas das armadilhas foram realizadas com periodicidade quinzenal, durante 18 meses, entre os meses de abril de 2018 e outubro de 2019, perfazendo 42 coletas. Os índices populacionais obtidos para cada família e data de coleta foram correlacionados, mediante análises de correlação de Pearson, com as seguintes variáveis climáticas: temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, ponto de orvalho, radiação solar e precipitação pluviométrica. Foram identificados 1409 indivíduos pertencentes a cinco famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras do AL, cujas maiores frequências relativas de indivíduos foram Derbidae (756), Cicadellidae (492), Dictyopharidae (89), Cixiidae (54) e Delphacidae (18). As populações de cigarrinhas potencialmente vetoras do AL das famílias Cixiidae, Derbidae e Cicadellidae foram influenciadas significativamente pelas variáveis climáticas da região de estudo. A família Cixiidae, à qual pertence o único vetor comprovado do AL, foi afetada positivamente pelo aumento da temperatura do ar (média 24,9 °C) e do ponto de orvalho (média 21,8 °C). A comunidade da família Cicadellidae diminuiu com o aumento na velocidade do vento (média 1,75 m s⁻¹) e na radiação solar (média 789,75 kJ m⁻²). O número de indivíduos da família Derbidae aumentou em períodos com maior umidade relativa do ar (média 84,6%) e precipitação pluviométrica (média 131,4 mm) e sofreu redução com o aumento da velocidade do vento (média 1,75 m s⁻¹). As variáveis climáticas influenciam a presença das famílias de cigarrinhas Derbidae, Cicadellidae, Dictyopharidae, Cixiidae e Delphacidae, potenciais vetoras de fitoplasmas no cultivo de coqueiro em São Miguel dos Milagres, Alagoas.

Palavras-chave: *Cocos nucifera*, população de insetos, Hemiptera, clima.

3 CHAPTER 1: POPULATIONAL DYNAMICS OF LEAFHOPPERS POTENTIALLY VECTORS OF THE COCONUT LETHAL YELLOWING IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE ALAGOAS STATE, BRAZIL

ABSTRACT

This work aimed to identify the occurrence and characterize the population fluctuation of families of leafhoppers potentially vectors of the coconut (*Cocos nucifera* L.) (Arecaceae) lethal yellowing (LY) in a cultivation area located in the municipality of São Miguel dos Milagres in the state of Alagoas, correlating it with the climatic variables of this region. To carry out this study, adhesive traps were fixed on the leaves of the plants, being randomly distributed in the experimental area. Trap collections were carried out biweekly during 18 months, between April 2018 and October 2019, making 42 collections. The population indexes obtained for each family and date of collection were correlated, through Pearson's correlation analyzes, with the following climatic variables: temperature and relative humidity, wind speed, dew point, solar radiation and rainfall. It were identified 1409 individuals belonging to five families of leafhoppers potentially vectors of LY, whose highest rates of relative frequency of individuals were Derbidae (756), Cicadellidae (492), Dictyopharidae (89), Cixiidae (54) e Delphacidae (18). The populations of leafhoppers potentially vectors of the LY of the families Cixiidae, Derbidae and Cicadellidae were significantly influenced by the climatic variables of the study region. The family Cixiidae, to which the only known vector of the LY belongs, was positively affected by the increase in air temperatures (mean 24.9 °C) and the dew point (mean 21.8 °C). The populations of the Cicadellidae family decreased with increases in wind speed (mean 1.75 m s⁻¹) and solar radiation (mean 789.75 kJ m⁻²). The individual populations of Derbidae family increased in periods with higher relative humidity (mean 84.6%) and rainfall (mean 131.4 mm) and decreased with the increase in wind speed (mean 1.75 m s⁻¹). Climatic variables influence the presence of leafhoppers of the families Derbidae, Cicadellidae, Dictyopharidae, Cixiidae and Delphacidae, potentially vectors of phytoplasmas in the cultivation of coconut palms in São Miguel dos Milagres, Alagoas.

Keywords: *Cocos nucifera*, insect population, Hemiptera, climate.

3.1 Introdução

Dentre as várias doenças que atingem o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Arecaceae), o amarelecimento letal (AL) é a mais devastadora, sendo responsável pela perda de milhões de hectares de plantas, devido à sua associação com um grupo de fitoplasmas (EZIASHI; OMAMOR, 2010), cuja translocação dentro da planta ocorre através dos vasos do floema (ABEYSINGHE et al., 2016). O AL em coqueiro foi relatado pela primeira vez nas Ilhas Cayman, no Caribe, no século XIX (MARTYN, 1945). Posteriormente, essa doença foi relatada na Flórida (EUA) na década de 1960 (MARTINEZ; ROBERT, 1965) e detectada no início dos anos 1980 na Península de Yucatan, no México (McCOY et al., 1982; 1983). Mais tarde, o AL se disseminou para outras partes do México e outros países da América Central (OROPEZA; ZIZUMBO, 1997; MYRIE et al., 2006; 2011).

O AL é uma doença causada por fitoplasmas pertencentes ao grupo 16SrIV e a sua transmissão para as plantas ocorre pela atividade alimentar da cigarrinha *Haplaxius crudus* (Van Duzee, 1907) (= *Myndus crudus*) (Hemiptera: Cixiidae) (ABEYSINGHE et al., 2016), sendo considerado o principal inseto vetor, porém não excluindo a possibilidade de transmissão por outros insetos sugadores de seiva floemática (NARVÁEZ et al., 2018).

Doenças associadas a fitoplasmas ocorrem em muitas espécies de plantas, refletindo sua grande importância econômica na agricultura (WEINTRAUB, 2007; BERTACCINI et al., 2014). A produtividade mundial do coqueiro pode ser severamente afetada pela rápida propagação do AL, pois os principais entraves para o controle desta doença são o seu acelerado progresso e a sua alta letalidade (RAMOS-HERNÁNDEZ et al., 2018). O AL, sendo intensamente destrutivo, ocasiona a morte de coqueiros e outras palmeiras em países das Américas do Norte e Central, Caribe, África, Ásia e Oceania, sendo que ainda não existe controle economicamente eficiente para esta doença (DOLLET et al., 2009; AROCHA-ROSETE et al., 2014; GURR et al., 2016). No coqueiro, provoca a queda repentina dos frutos, independentemente da fase de desenvolvimento dos mesmos, além da necrose da inflorescência e do amarelecimento progressivo das folhas mais velhas até as mais novas, as quais entram em senescência e se desprendem da planta. No estágio final da doença, após cerca de seis meses do aparecimento dos primeiros sintomas, ocorre o apodrecimento e morte da planta, permanecendo somente o estipe (McCOY et al., 1983).

Os vetores de fitoplasmas causadores de doenças em plantas pertencem à ordem Hemiptera e estão classificados em duas subordens: Auchenorrhyncha e Sternorrhyncha (GURR et al., 2016). Na subordem Auchenorrhyncha, as famílias Cixiidae, Derbidae,

Delphacidae, Flatidae e a subfamília Deltocephalinae, da família Cicadellidae, são consideradas as principais vetoras de fitoplasmas (BROWN et al., 2007), ocasionando severos danos às plantas acometidas (GURR et al., 2016). Os fitoplasmas habitam exclusivamente os vasos do floema, sendo assim uma característica primordial para estudar a potencialidade destas famílias vetoras destes fitopatógenos, as quais possuem o hábito de se alimentar da seiva destes vasos (WEINTRAUB; BEANLAND, 2006).

No Brasil, no final dos anos 1980, um inseto encontrado em dendezeiro no Pará foi identificado como *M. crudus* (CELESTINO FILHO et al., 1998), hoje considerado sinônimo da espécie *H. crudus*. Recentemente, espécimes foram coletados novamente no Pará e, por meio de técnicas modernas de identificação morfológica e molecular, foi confirmado que se trata mesmo da espécie *H. crudus*. Este foi o primeiro relato de ocorrência da espécie *H. crudus* em coqueiros no Brasil (SILVA et al., 2018a).

Embora a cigarrinha *H. crudus* seja o único vetor confirmado do fitoplasma do AL do coqueiro (HOWARD et al., 1983), outras espécies de cigarrinhas, principalmente cixídeos, têm sido identificadas como potenciais transmissoras da doença (DOLLET et al., 2010). Ressalta-se, ainda, que o estudo de outras cigarrinhas potenciais vetoras é imprescindível, tendo em vista a ocorrência da doença do AL em áreas onde a espécie *H. crudus* não foi detectada (PILOTTI et al., 2014). Estudos realizados em cultivos de coqueiros no estado de Sergipe, na região Nordeste do Brasil, detectaram a presença dos cixídeos *Oecleus sergipensis* Bartlett & Passos e *Melanoliarus* sp. e, no Pará, no Norte do país, confirmaram a presença da espécie *H. crudus*, vetor do AL (SILVA, 2018b).

Os fatores climáticos exercem uma grande influência na disseminação do AL, influenciando, principalmente, a comunidade e a distribuição dos insetos vetores no ambiente, podendo interferir diretamente na duração do ciclo de vida e o potencial reprodutivo das fêmeas (ARELLANO; OROPEZA, 1995; MORA-AGUILLERA, 2002; BAPTISTUSSI et al., 2011). A abundância dos insetos está diretamente relacionada com a sazonalidade, uma vez que sua riqueza e predominância são diretamente influenciadas pela temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação pluviométrica em diferentes agroecossistemas (WOLDA, 1988; CALORE et al., 2013).

A compreensão das interações entre as variáveis climáticas e a incidência de insetos vetores de fitoplasmas é primordial na predição de parâmetros relacionados com a sua favorabilidade ou severidade de ocorrência. Informações sobre abundância, diversidade e flutuação populacional são importantes para se estimar e avaliar as populações no tempo e no

espaço, permitindo compreender a distribuição e a dinâmica destes insetos e, com isso, auxiliar a implementação de medidas de controle (HAMADA; GHINI, 2015).

O risco iminente de introdução do AL no Brasil destaca a necessidade urgente do levantamento de cigarrinhas (*Auchenorrhyncha*) potencialmente vetoras desta doença em cultivos de coqueiro. Considerando as informações relacionadas aos vetores e potenciais vetores disponíveis na literatura (BARTLETT et al., 2018; SILVA, 2018; SILVA et al., 2018; 2019a; 2019b; BASTOS et al., 2019; TEODORO et al., 2019; DOLLET, 2020), ainda é necessário obter mais conhecimentos sobre os fatores abióticos associados às comunidades de cigarrinhas, observando a dinâmica populacional desses insetos, o que é de suma importância para auxiliar no processo de tomada de decisão visando reduzir a disseminação e a gravidade da doença. Com o intuito de contribuir para a geração de informações que possam subsidiar ações de prevenção da disseminação do AL nas regiões produtoras de coco de Alagoas e do Brasil, objetivou-se com o presente trabalho identificar a ocorrência e analisar as flutuações populacionais de famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras do AL, correlacionando-as com variáveis climáticas locais.

3.2 Material e Métodos

O levantamento foi conduzido em uma área de produção de coco no município de São Miguel dos Milagres (09°14'57" S e 35°23'22" O, altitude de 100 m), Alagoas. O experimento foi realizado em uma área com aproximadamente 1 hectare, cultivada com coqueiros híbridos de 4 anos de idade, sob espaçamento de 8,5 × 8,5 m entre plantas. Os dados climáticos da região foram obtidos da Estação Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalada no município de São Luiz do Quitunde/AL, situada a 20 km do local do experimento.

As variáveis climáticas: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar (kJ m^{-2}), velocidade do vento (m s^{-1}), temperatura do ponto de orvalho (°C) e precipitação pluviométrica (mm) foram monitoradas diariamente. Para a captura dos insetos, foram instaladas armadilhas adesivas amarelas de dupla face (Isca®) (30 × 10 cm), as quais foram fixadas às folhas de 10 plantas distribuídas de maneira aleatória dentro do coqueiral. As armadilhas instaladas foram coletadas e substituídas quinzenalmente, sendo realizadas 42 coletas entre os meses de abril de 2018 e outubro de 2019 (Tabela 1).

Tabela 1. Datas de coleta das armadilhas adesivas instaladas na área experimental.

Coleta	Data	Coleta	Data	Coleta	Data
1	05/04/2018	15	18/10/2018	29	02/05/2019
2	19/04/2018	16	31/10/2018	30	16/05/2019
3	03/05/2018	17	14/11/2018	31	30/05/2019
4	17/05/2018	18	29/11/2018	32	13/06/2019
5	30/05/2018	19	13/12/2018	33	27/06/2019
6	13/06/2018	20	26/12/2018	34	11/07/2019
7	27/06/2018	21	11/01/2019	35	25/07/2019
8	12/07/2018	22	24/01/2019	36	08/08/2019
9	27/07/2018	23	07/02/2019	37	22/08/2019
10	09/08/2018	24	21/02/2019	38	05/09/2019
11	23/08/2018	25	07/03/2019	39	19/09/2019
12	05/09/2018	26	21/03/2019	40	03/10/2019
13	20/09/2018	27	04/04/2019	41	17/10/2019
14	04/10/2018	28	17/04/2019	42	30/10/2019

Fonte: Autora (2021).

As armadilhas coletadas foram conduzidas ao Laboratório de Entomologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros, na Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo/AL, onde foi realizada a retirada das cigarrinhas das armadilhas adesivas sob um microscópio estereoscópio, com auxílio de um pincel e de solvente à base de óleo cítrico. Todos os exemplares recuperados foram conservados em álcool a 70% e, posteriormente, identificados e agrupados por famílias com base em características morfológicas e chaves dicotômicas (GRAZIA et al., 2012).

As populações de cigarrinhas foram separadas por famílias, sendo realizada a análise faunística para determinação dos índices de dominância, abundância, frequência e constância através do software ANAFAU (MORAES et al., 2003), que calcula os valores de acordo com a metodologia de Silveira Neto et al. (1976).

As espécies quanto à dominância são classificadas em: Super-dominante (SD); Dominante (D), frequência maior que o limite da dominância; e Não- dominante (ND), frequência menor que o limite da dominância.

A abundância foi classificada como: Rara (R), número de indivíduos menor que o limite inferior ao intervalo de confiança (IC) da média; Dispersa (D), número de indivíduos

entre os limites inferior e superior do IC da média; Comum (C), número de indivíduos entre os limites inferior e superior do IC da média; Abundante (A), número de indivíduos entre os limites superiores do IC; Muito Abundante (MA), número de indivíduos maior que o limite superior do IC da média; e Super Abundante (SA).

As classes de frequência foram: Pouco Frequente (PF), frequência menor que o limite inferior do IC da média; Frequente (F), frequência entre os limites inferior e superior do IC da média; Muito Frequente (MF), frequência maior que o limite superior do IC da média; e Super Frequente (SF).

Na classificação ANAFAU, a classe extrema (Super) é referente a valores discrepantes no número de insetos, discriminados através da análise de resíduos.

Em relação à constância, as populações foram classificadas conforme a seguir: constante (W) – maior que o limite do IC; acessória (Y) – número situado dentro do IC; e acidentais (Z) – menor que o limite inferior de IC.

Além disso, o cálculo de diversidade alfa (α) foi obtido através dos índices de Shannon (H') (diversidade); de Margalef (DMg) (riqueza de táxons); e de equitabilidade de Pielou (J'), os quais estimam a uniformidade em termos de abundância de indivíduos entre as espécies amostradas. Esses índices foram calculados conforme as equações abaixo, utilizando o software “ANAFAU” (MORAES et al., 2003).

(I) Índice de Shannon (H'):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_b p_i$$

Onde, S: número de táxons; p_i : proporção do táxon i na comunidade.

(II) Índice de Margalef ($D_{Mg} = \alpha$)

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

Onde, S: número de táxons; N: número de indivíduos.

(III) Índice de equitabilidade de Pielou ($J' = E$)

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Onde, H' : índice de Shannon; S: número de táxons.

Os índices de Shannon (H') foram comparados estatisticamente através dos limites superiores e inferiores.

As populações das famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras de fitoplasmas do AL também foram submetidas à análise de correlação de Pearson (CALLEGARI-JACQUES, 2009) com as variáveis climáticas da região. A correlação foi realizada entre o número de indivíduos de cada família de cigarrinha com os valores médios mensais de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, ponto de orvalho e com precipitação pluviométrica acumulada, decorridos ao longo do mês que antecedeu cada uma das coletas.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Análise faunística

Foram identificados 1409 indivíduos pertencentes a cinco famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras do AL (Derbidae, Cicadellidae, Dictyopharidae, Cixiidae e Delphacidae), durante o período experimental compreendido entre os meses de abril de 2018 e outubro de 2019. Houve predominância de indivíduos da família Derbidae (4 morfoespécies), seguida pelas famílias Cicadellidae (10 morfoespécies), Dictyopharidae (4 morfoespécies), Cixiidae (8 morfoespécies) e Delphacidae (7 morfoespécies) (Tabela 2).

Tabela 2. Número de indivíduos e frequência relativa de famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras de fitoplasmas do amarelecimento letal do coqueiro, no período de abril/2018 a outubro/2019, no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas.

	Derbidae	Cicadellidae	Dictyopharidae	Cixiidae	Delphacidae
N. de indivíduos	756	492	89	54	18
Frequência relativa (%)	53,7	34,9	6,3	3,8	1,3

Fonte: Autora (2021).

Além das cinco famílias de cigarrinhas mencionadas, também foram identificadas outras duas famílias: Flatidae (4 indivíduos) e Nogodinidae (1 indivíduo). Tais famílias não foram incluídas nas análises de correlação devido ao baixo número de indivíduos encontrados. Em um estudo realizado por Silva et al. (2018b) no estado de Sergipe, também foi constatado o predomínio de indivíduos das famílias Cicadellidae (56,3 %), Derbidae (22,3 %) e Cixiidae (17,3%). Estes autores também constataram rara ocorrência de insetos das famílias Flatidae e

Nogodinidae, cujo resultado foi de apenas um indivíduo de cada uma destas duas famílias, registrados durante todo o período de avaliação de um ano. Em termos comparativos, nota-se que, enquanto no estado de Alagoas houve predominância de insetos da família Derbidae, no estado de Sergipe houve predomínio de indivíduos da família Cicadellidae.

Os índices faunísticos abundância, frequência e constância apresentaram diferenças entre as famílias sendo que, quanto à abundância, a família Derbidae foi classificada como muito abundante, a família Cicadellidae como abundante, a família Dictyopharidae como comum e as famílias Cixiidae e Delphacidae como dispersas. Quanto à frequência, as famílias Derbidae e Cicadellidae foram classificadas como muito frequentes, a família Dictyopharidae como frequente e as famílias Cixiidae e Delphacidae como pouco frequentes. Em relação à constância, as famílias Derbidae e Cicadellidae foram classificadas como constantes e as demais famílias como acessórias (Tabela 3).

Tabela 3. Índices faunísticos de famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras de fitoplasmas do amarelecimento letal do coqueiro, no período de abril/2018 a outubro/2019, no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas.

Família	Nº. de indivíduos	Nº. de coletas	Dominância	Abundância	Frequência	Constância
Derbidae	756	39	D	MA	MF	W
Cicadellidae	492	41	D	A	MF	W
Dictyopharidae	89	26	D	C	F	Y
Cixiidae	54	29	D	D	PF	Y
Delphacidae	18	28	D	D	PF	Y

Dominância: Dominante (D). Abundância: muito abundante (MA), abundante (A), comum (C) e dispersa (D). Frequência: muito frequente (MF), frequente (F) e pouco frequente (PF). Constância: constante (W) e acessória (Y).

Fonte: Autora (2021).

A família Derbidae foi classificada como predominante (indicadora). As características da comunidade foram: índice de diversidade de Shannon-Weaner (H) de 1,5251, índice de riqueza (Margalef) ALFA de 0,916 e índice de uniformidade ou equitabilidade (E) de 0,7334.

3.3.2 Correlações entre famílias e variáveis climáticas

Foram constatadas correlações significativas com pelo menos uma das variáveis climáticas analisadas para três famílias (Cixiidae, Cicadellidae e Derbidae). Estas correlações foram descritas e discutidas separadamente por família.

Conforme as análises de correlação de Pearson, as populações de indivíduos da família Cixiidae apresentaram correlações positivas com a temperatura do ar (0,47) e a temperatura

do ponto de orvalho (0,44), as populações de indivíduos da família Cicadellidae apresentaram correlações negativas com a velocidade do vento (-0,45) e com a radiação solar (-0,48), e as populações de indivíduos da família Derbidae apresentaram correlação negativa com a velocidade do vento (-0,70) e correlações positivas com a umidade relativa do ar (0,58) e a precipitação pluviométrica (0,44) (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o número de indivíduos das famílias Cixiidae, Cicadellidae, Delphacidae, Derbidae e Dictyopharidae e as variáveis climáticas.

Famílias	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Ponto de orvalho (°C)	Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Radiação (kJ m ⁻²)	Precipitação (mm)
Cixiidae	0,47*	-0,11	0,44*	-0,02	-0,28	0,03
Cicadellidae	0,09	0,30	0,27	-0,45*	-0,48*	0,23
Delphacidae	-0,22	0,29	-0,05	-0,16	0,09	0,24
Derbidae	-0,29	0,58*	0,03	-0,70**	-0,32	0,44*
Dictyopharidae	-0,28	0,23	-0,29	-0,24	-0,06	0,29

*, ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

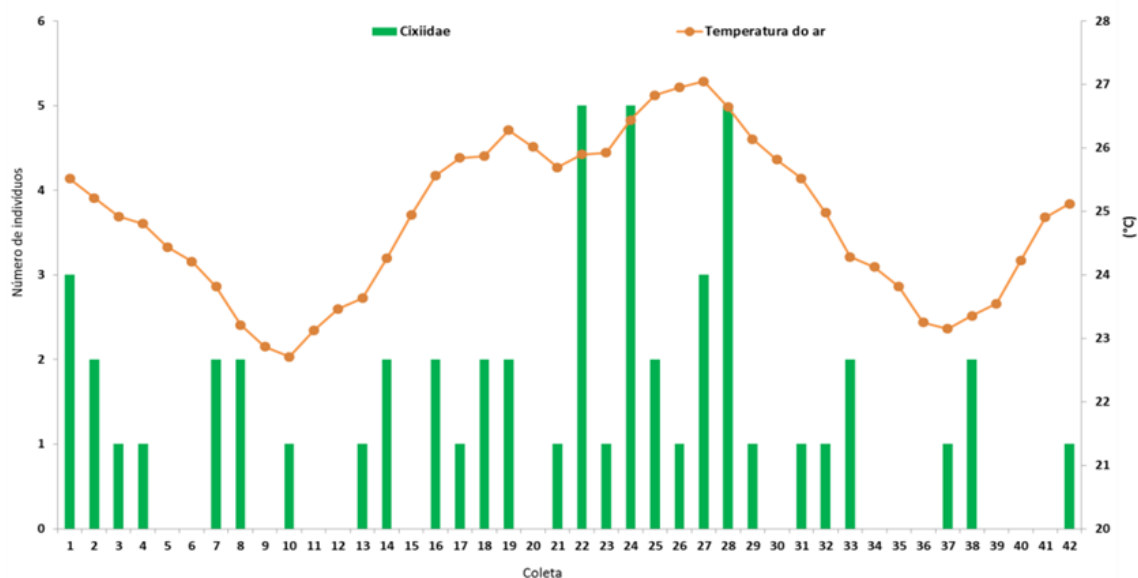
Fonte: Autora (2021).

3.3.2.1 Família Cixiidae

As populações de indivíduos da família Cixiidae apresentaram coeficiente de correlação positivo (0,47) com a temperatura do ar, ou seja, os aumentos nos valores desta variável climática provocaram aumento no número de indivíduos (Figura 1).

Nota-se que as maiores populações de indivíduos da família Cixiidae foram verificadas entre as 22^a e 28^a coletas, período compreendido entre os meses de janeiro a abril, caracterizado pela transição entre a estação seca e a estação chuvosa na região onde o estudo foi conduzido. Estes resultados corroboram com os encontrados por Silva et al. (2018a), que verificaram que a abundância de indivíduos da subordem Auchenorrhyncha foi maior em abril de 2016 na região da Zona da Mata do estado de Sergipe (214 indivíduos), cuja precipitação mensal acumulada foi de 56 mm e a temperatura média do ar de 29 °C, e foi menor em dezembro (19 indivíduos), quando a precipitação mensal acumulada foi nula e a temperatura média do ar foi de 32,3 °C). Estes autores também encontraram picos populacionais de cigarrinhas da família Cixiidae neste mesmo período de transição, com predomínio da espécie *O. sergipensis* (BARTLETT et al., 2018), não sendo constatada a presença de indivíduos da espécie *H. crudus* naquela região.

Figura 1. Populações de cigarrinhas da família Cixiidae e médias mensais de temperatura do ar (°C) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019.



Fonte: Autora (2021).

A temperatura é o parâmetro climático chave na ocorrência e densidade de insetos vetores (BALE et al., 2002). As cigarrinhas possuem hábito diurno, com pico de atividade nos horários mais quentes (MARUCCI et al., 2004). A população de *O. serripensis* (Cixiidae), espécie mais abundante encontrada por Silva et al. (2018b) no estado de Sergipe, foi mais abundante nos meses de março e abril em diferentes materiais genéticos de coqueiro, ocorrendo uma redução significativa dos indivíduos da família Cixiidae durante o período chuvoso naquela localidade.

O aumento da temperatura pode resultar no encurtamento do ciclo de vida da praga, o que significa maior número de gerações anuais do inseto (SILVA et al., 2012). Além disso, fatores abióticos como altas temperaturas e/ou escassez hídrica, podem resultar em condições de estresse das plantas cultivadas, aumentando a suscetibilidade e alterando a predisposição destas ao ataque de pragas (HAMADA; GHINI, 2015).

A taxa de disseminação da doença AL costuma ser irregular, com picos ocorrendo em alguns meses, mas não de forma consistente em todas as áreas (GURR et al., 2016). As mudanças climáticas causam um impacto significativo na disseminação e estabelecimento de vetores de doenças associadas a fitoplasmas (FOISSAC; WILSON, 2010). Fatores climáticos, como temperatura e precipitação, afetam a dinâmica populacional de muitas espécies de insetos, influenciando no seu desenvolvimento e interferindo intrinsecamente nos processos de

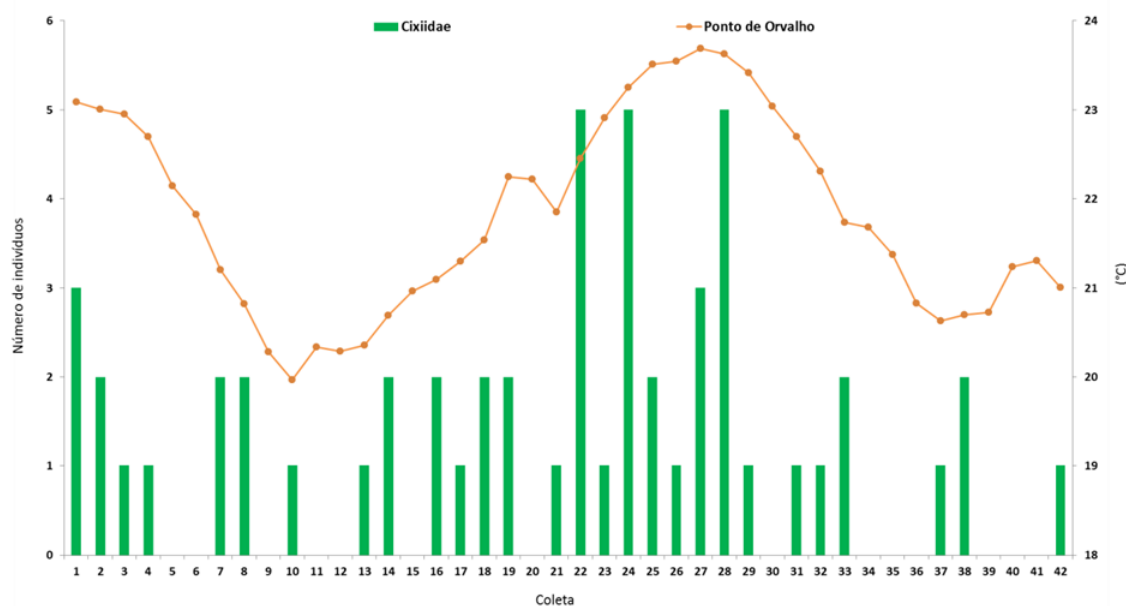
oviposição, alimentação, crescimento e reprodução (RAHMATHULLA et al., 2015). Sabe-se que a gravidade das síndromes associadas aos fitoplasmas resulta das interações entre o hospedeiro e as condições de temperatura e umidade (KRISHNAREDDY, 2013).

A temperatura afeta de forma direta no desenvolvimento e comportamento dos insetos e indiretamente na alimentação (GALLO et al., 2002). Entretanto, as temperaturas elevadas aumentam a disseminação de fitoplasmas através de uma multiplicação mais rápida no hospedeiro e/ou da frequência de alimentação dos insetos vetores, resultando em transmissão aumentada (MAGGI et al., 2014). Aumentos da temperatura atmosférica promovem a movimentação e disseminação de insetos para novas áreas (PARMESAN; YOHE, 2003). Thuiller (2007) afirmou que um aumento de 1 °C na temperatura pode ampliar as zonas ecológicas por até 160 km.

As comunidades de indivíduos da família Cixiidae tiveram coeficiente de correlação positivo (0,44) com a temperatura do ponto de orvalho (Figura 2), sendo que as maiores abundâncias de cigarrinhas foram encontradas nas épocas em que esta variável apresentou valores superiores (23 a 24 °C), cujas coletas foram realizadas entre os meses de janeiro a abril de 2019, correspondendo ao período de transição entre a estação seca e a estação chuvosa da região onde este estudo foi conduzido.

Vários fatores ambientais estão correlacionados com as populações de cigarrinhas, incluindo a temperatura do ponto de orvalho, porque serve como uma medida indireta da umidade do ar, sendo que, quanto mais alta for a temperatura do ponto de orvalho, maior a quantidade de vapor d'água na atmosfera (MURPHY et al., 2012). O orvalho consiste em água condensada sobre uma superfície, que se forma a partir do ponto de saturação do ar atmosférico. A deposição do orvalho acontece, geralmente, durante a noite, em condições favoráveis para sua ocorrência como o arrefecimento, a alta umidade e a baixa velocidade do vento. Enquanto a umidade é, por definição, a quantidade de água presente no ar em forma de vapor, o ponto de orvalho designa a temperatura na qual o vapor d'água presente no ar passa do estado gasoso ao líquido, geralmente como neblina ou precipitado, formando gotículas que se depositam sobre as folhas ou outras superfícies. Assim, a temperatura de ponto de orvalho define um limiar no qual a folha (ou outra superfície) passa a estar molhada, embora não defina a quantidade e a duração do orvalho formado (ABREU, 2018).

Figura 2. Populações de cigarrinhas da família Cixiidae e médias mensais da temperatura do ponto de orvalho (°C) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019.



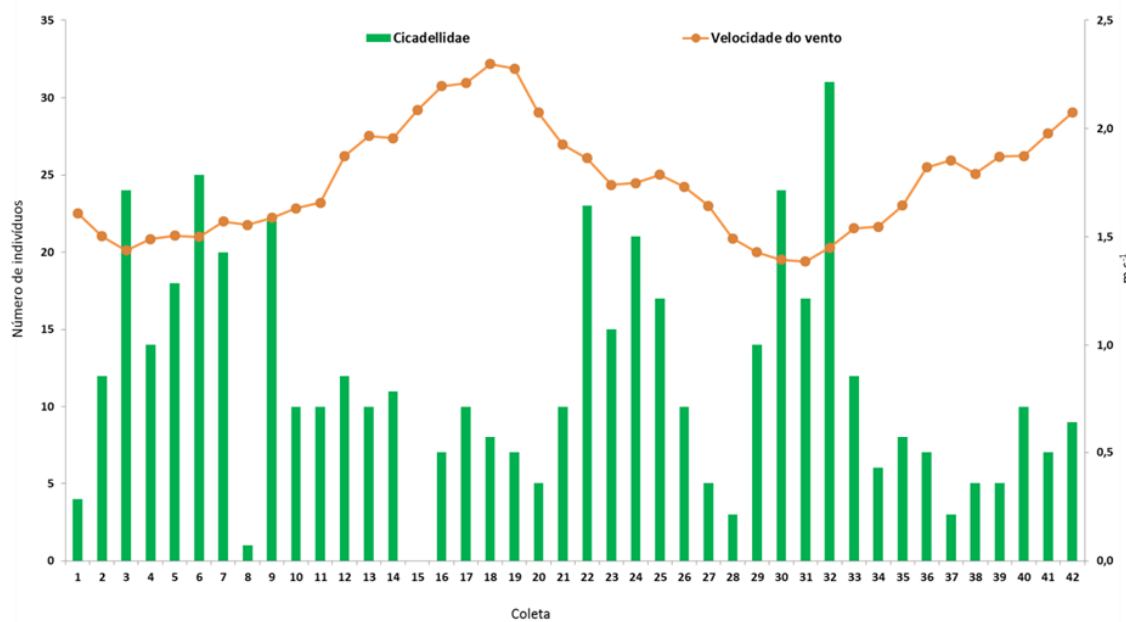
Fonte: Autora (2021).

Sobre a influência da umidade, sabe-se que a tendência dos insetos é procurar ambientes favoráveis ao seu desenvolvimento, evitando locais com excesso ou carência de umidade, visto que, num ambiente seco ocorre a dessecação dos tecidos e num ambiente muito úmido, podem ocorrer afogamentos e doenças (GALLO et al., 2002). De acordo com Howard (2015), ninfas de *H. crudus* preferem ambientes úmidos para sua sobrevivência. Estudos recentes realizados no estado do Pará por Silva et al. (2019), na região Norte do Brasil, apresentaram os primeiros registros de populações do vetor *H. crudus* em coqueirais do país. Já no estado de Sergipe, foi constatado predomínio de indivíduos de *O. sergipensis*, sem ocorrência de *H. crudus* nos coqueirais (Silva, 2018; Silva et al., 2018b). Com base na comparação dos indivíduos da família Cixiidae identificados no presente estudo com exemplares de *O. sergipensis* disponibilizados pela Embrapa Tabuleiros Costeiros, acredita-se que estes sejam pertencentes à mesma espécie.

3.3.2.2 Família Cicadellidae

As populações de indivíduos da família Cicadellidae apresentaram coeficiente de correlação negativo (-0,45) com a velocidade do vento (Figura 3), ou seja, o aumento nos valores desta variável provoca a redução nos níveis populacionais de indivíduos desta família.

Figura 3. Populações de cigarrinhas da família Cicadellidae e médias mensais de velocidade do vento (m s^{-1}) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019.



Fonte: Autora (2021).

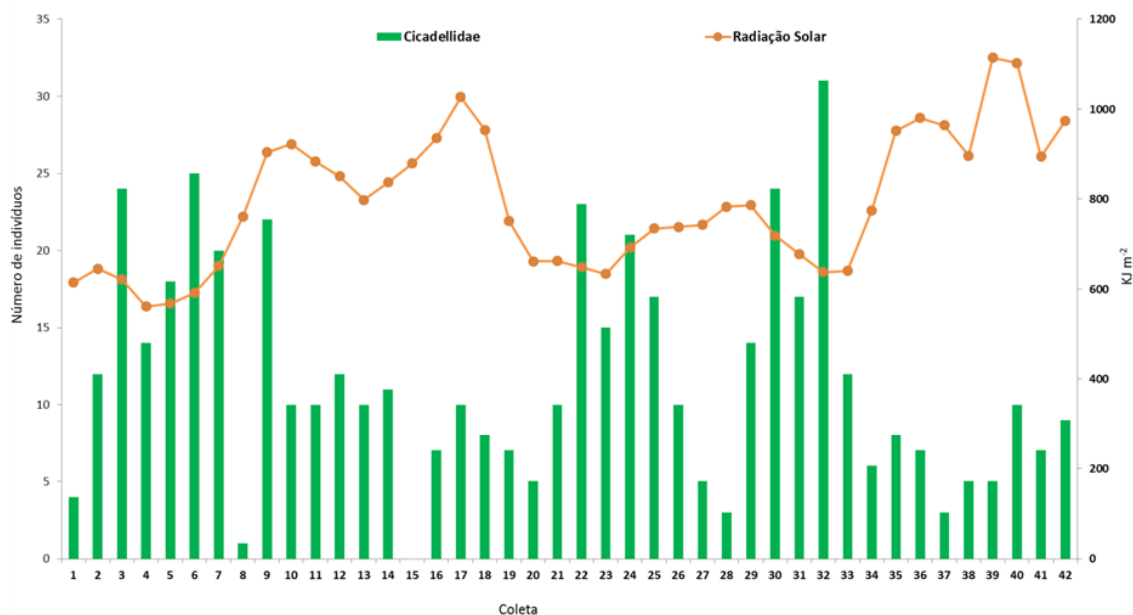
A correlação negativa entre a velocidade do vento e os níveis populacionais desta família sugere que as maiores velocidades prejudicam a dispersão, alimentação, acasalamento, oviposição e sobrevivência dos indivíduos (MPUNAMI et al., 2000). A velocidade do vento tem efeito na dispersão de adultos de muitas espécies, podendo transportar insetos adultos alados ou não (cochonilhas). A velocidade do vento aumenta com a altura, de tal forma que os insetos que voam a maiores altitudes podem ser arrastados para mais longe. O vento exerce marcada influência na disseminação de insetos, arrastando-os a grandes distâncias, sendo que seu deslocamento é bastante variável de acordo com a velocidade (GALLO et al., 2002).

Com as populações de indivíduos da família Cicadellidae, também foi gerado um coeficiente de correlação negativo (-0,48) com a radiação solar (Figura 4).

A correlação negativa entre a radiação solar e a população de indivíduos da família Cicadellidae indica que maiores índices de radiação solar incidente (maiores quantidades de radiação que atingem a superfície), tendem a afetar de forma negativa o aumento no número de indivíduos desta família. Esta constatação indica a predominância e desenvolvimento dos cicadélídeos em dias com uma radiação solar (média $789,75 \text{ kJ m}^{-2}$), os quais predominam no

período de transição entre outono e inverno na região. A luz, fonte universal de energia para toda forma de vida, além de ser um fator limitante (seu excesso ou sua falta são ambos mortais) é um regulador de atividades metabólicas (GALLO et al., 2002).

Figura 4. Populações de cigarrinhas da família Cicadellidae e médias mensais de radiação solar (kJ m^{-2}) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019.



Fonte: Autora (2021).

3.3.2.3 Família Derbidae

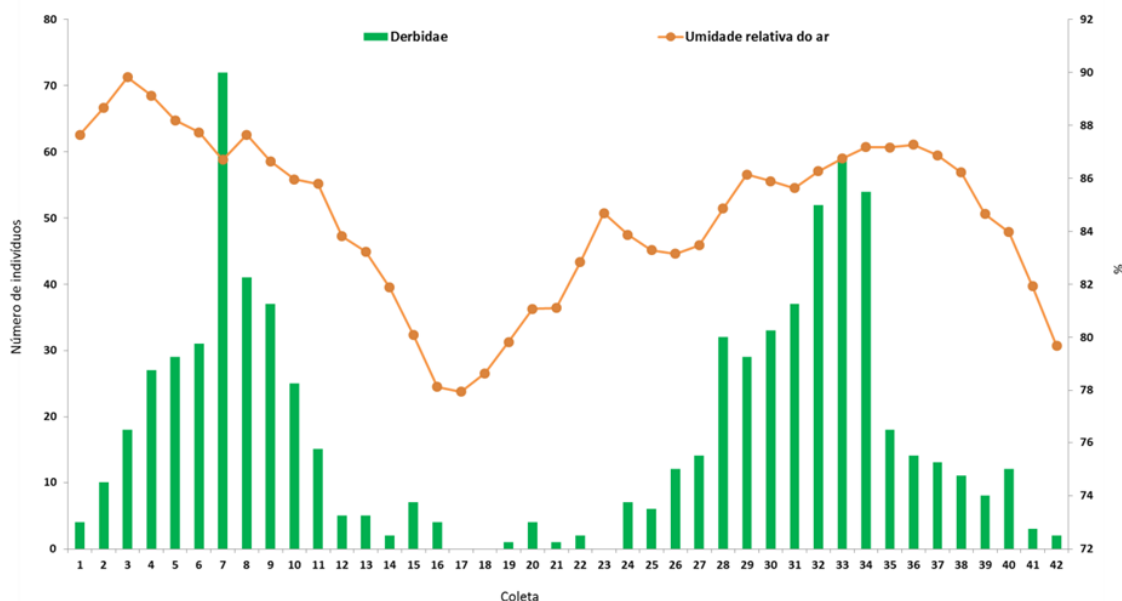
As populações de indivíduos da família Derbidae apresentaram coeficiente de correlação positivo (0,58) com a umidade relativa do ar (Figura 5). Esta constatação demonstra que, em épocas com menores valores de umidade relativa do ar, há menor abundância de indivíduos de Derbidae.

Conforme análise de correlação, a população de indivíduos da família Derbidae apresentou correlação positiva com a umidade relativa do ar, o que demonstra que o aumento desta provoca também o aumento no número de indivíduos desta família.

As ninfas da família Derbidae estão associadas à umidade de detritos orgânicos (WILSON et al., 1994; HOWARD et al., 2001) e presume-se que se alimentem de hifas fúngicas (WILSON et al., 1994; BARTLETT et al., 2014) e que os adultos se movam para as plantas para se alimentar e acasalar. É possível que a associação entre palmeiras e algumas espécies de derbídeos tenha menos a ver com nutrição e mais a ver com as relações entre as

palmeiras e o habitat larval, ou estrutura da planta ou aleloquímica no que se refere à localização de parceiros ou comunicação nascida no substrato (WILSON, 1987).

Figura 5. Populações de cigarrinhas da família Derbidae e médias mensais de umidade relativa do ar (%) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019.



Fonte: Autora (2021).

A distribuição temporal de insetos-praga e patógenos, principalmente daqueles que infectam folhas, apresentam flutuações populacionais durante o ano, as quais são favorecidas pelo aumento da umidade atmosférica durante a estação de crescimento das plantas, devido ao favorecimento da multiplicação destes indivíduos, entretanto, as condições favoráveis ou ideais são específicas para cada patossistema (HAMADA; GHINI, 2015).

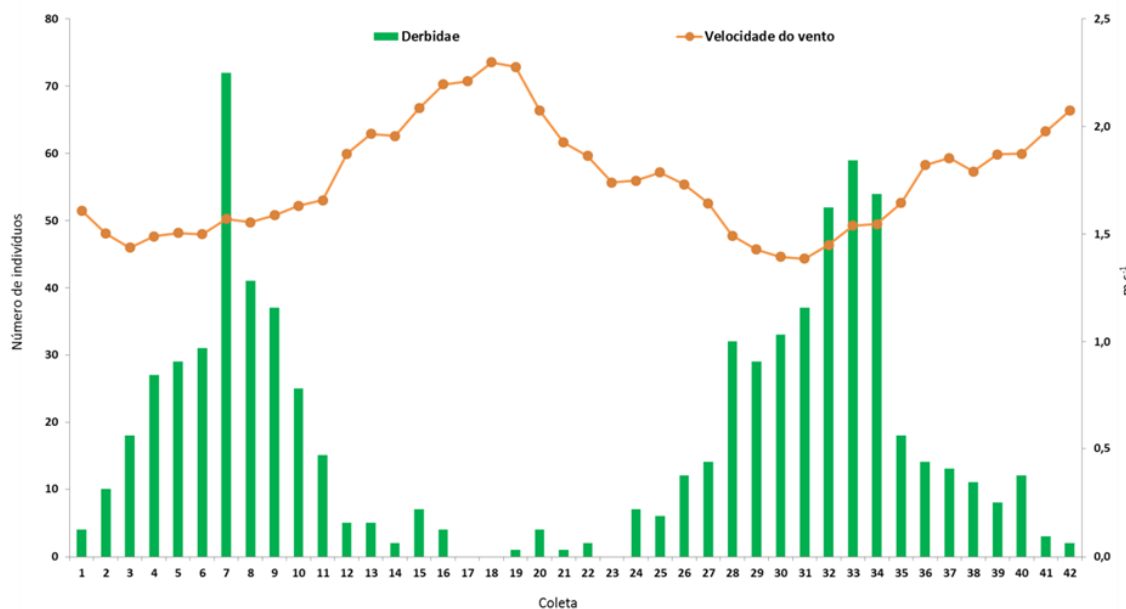
As populações de indivíduos da família Derbidae apresentaram coeficiente de correlação negativo (-0,70) com a velocidade do vento (Figura 6). Esta constatação permite demonstrar que, em épocas com maiores valores de velocidade do vento, há menor abundância de indivíduos de Derbidae.

A velocidade do vento modifica outras variáveis climáticas, como a temperatura e a precipitação, influenciando o transporte de calor e umidade, sendo responsável por mudanças que se processam na atmosfera, como, por exemplo, as chuvas (GALLO et al., 2002).

As populações de indivíduos da família Derbidae apresentaram coeficiente de correlação positivo (0,44) com precipitação pluviométrica. A família Derbidae apresentou

dois picos populacionais com populações de 72 e 59 indivíduos, na 7ª e 33ª coletas, respectivamente. Estas duas coletas foram realizadas na mesma época, porém, em anos distintos, coincidindo com períodos com elevado acúmulo de chuvas na região (Figura 7).

Figura 6. Populações de cigarrinhas da família Derbidae e médias mensais de velocidade do vento (m s^{-1}) registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019.



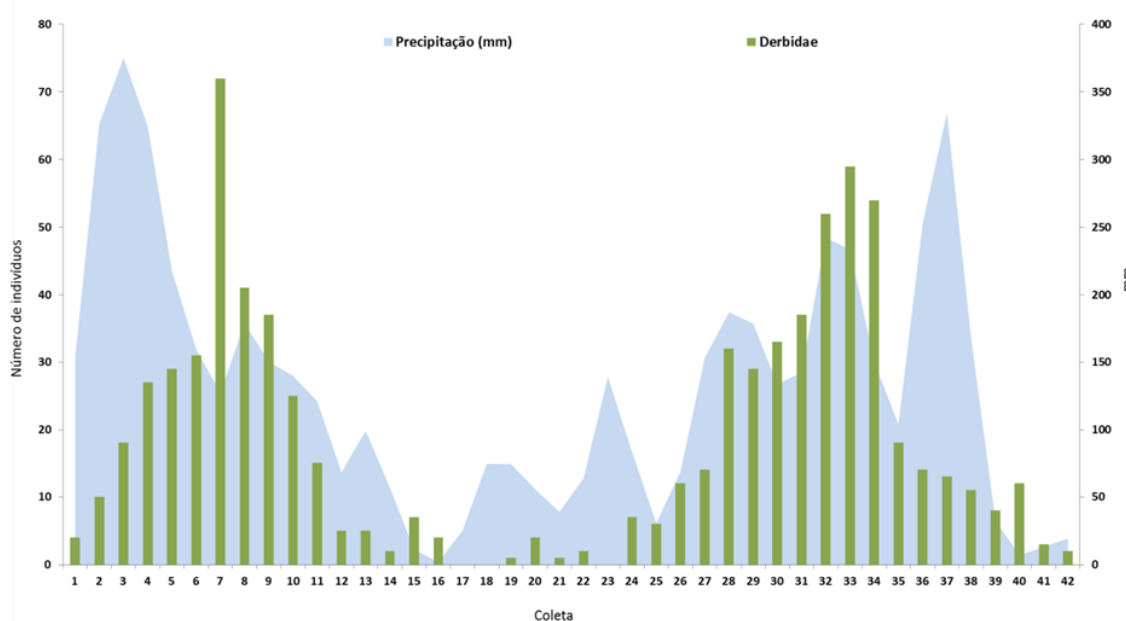
Fonte: Autora (2021).

Os indivíduos da família Derbidae encontrados nos cultivos de coqueiros possuem uma expressiva abundância no período de maior precipitação pluviométrica (média 131,4 mm). Silva et al. (2018a) também constataram que o número de indivíduos da tribo Cenchreini e *Omolicna nigripennis* Caldwell (Hemiptera: Derbidae) aumentaram no período chuvoso no estado de Sergipe, Brasil.

Espécies do gênero *Cedusa* (Hemiptera: Derbidae) foram confirmadas como potenciais vetores putativos do fitoplasma causador do AL em coqueiros (Brown et al., 2006). Dollet et al. (2020) identificaram oito espécies de cigarrinhas da família Derbidae associadas aos cultivos de coqueiro e/ou dendê no Brasil. Estes autores relatam que é provável que a associação entre as palmáceas e algumas espécies de derbídeos tenha uma estreita relação com o habitat das ninfas destes insetos. De acordo com Howard et al. (2001), os estágios ninfais dos derbídeos estão associados à umidade dos detritos orgânicos, onde presume-se que

estas ninfas se alimentam de hifas fúngicas (BARTLETT et al., 2014) antes de se tornarem adultos e migrarem para as plantas hospedeiras para se alimentar e acasalar.

Figura 7. Populações de cigarrinhas da família Derbidae e precipitação pluviométrica (mm) mensal acumulada registradas em área de cultivo de coqueiros na região de São Miguel dos Milagres/AL durante o período de abril de 2018 a outubro de 2019.



Fonte: Autora (2021).

Além de afetar a sobrevivência dos insetos, as variáveis climáticas, principalmente a crescente frequência de períodos de déficit hídrico, induzem as plantas ao estresse e, com isso, alteram a dinâmica populacional de indivíduos (DALE et al., 2000). Estudo realizado no México demonstrou que o clima seco resultou em surtos menos expressivos do AL (MORA-AGUILLERA, 2002).

De acordo com Silva (2018), a variação sazonal e as condições climáticas influenciam a composição e abundância da comunidade de Auchenorrhyncha, indicando *Cenchreini* (Derbidae) e *Bolbonota* sp. (Membracidae) como típicos de períodos chuvosos e *Oecleus* sp. como típico da transição do período seco para o chuvoso. A ocorrência de chuvas sequenciais, características do período de outono/inverno na região da zona da mata do Nordeste, explicaram a composição e a abundância de indivíduos da subordem Auchenorrhyncha em cultivos de coqueiros, a qual compreende todas as famílias descritas no presente estudo.

Como as cigarrinhas vivem pelo menos em uma de suas fases em contato com o solo, suas populações são influenciadas pela disponibilidade de água deste solo, a qual é regulada

pelo balanço hídrico, ou seja, pela diferença entre precipitação e evapotranspiração. Adultos da família Derbidae, por exemplo, alimentam-se principalmente de monocotiledôneas e preferem habitats úmidos, sendo mais restritos a áreas tropicais (HOWARD et al., 2001; GRAZIA et al., 2012; WILSON et al., 2015).

De acordo com Silva (2018), o aumento do número de indivíduos da família Derbidae na estação chuvosa dos estados de Alagoas, Bahia e Sergipe está ligado, possivelmente, aos registros de chuvas elevadas da região neste período. A população de indivíduos da tribo Cenchreini (Derbidae) atingiu picos populacionais entre os meses de julho (44) e agosto (38). A variabilidade na comunidade de Auchenorrhyncha pode estar associada à adaptação de diferentes espécies a diferentes condições ambientais. Respostas contrastantes à precipitação foram observadas entre Cenchreini (Derbidae) típico da estação chuvosa, da subfamília Deltocephalinae (Cicadellidae) e de *Cedusa* sp. (Derbidae) e *Bolbonota* sp. (Membracidae), típicos do período seco (SILVA et al., 2018a).

O estudo das comunidades de insetos fitófagos potencialmente vetores de fitopatógenos permite ampliar a compreensão da dinâmica de sobrevivência, multiplicação e dispersão destes indivíduos, com o objetivo de prevenir e/ou minimizar possíveis surtos indesejáveis. Neste sentido, os fatores climáticos exercem forte influência sobre o desenvolvimento natural dos insetos, interferindo intrinsecamente nos processos de oviposição, alimentação, crescimento e reprodução (RAHMATHULLA et al., 2015).

3.4 Conclusões

Na região de São Miguel dos Milagres/AL há predomínio de indivíduos da família Derbidae, seguida pelas famílias Cicadellidae, Dictyopharidae, Cixiidae e Delphacidae.

A dinâmica populacional das famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras do AL é influenciada por alterações nas variáveis climáticas regionais de forma que:

- (a) Aumentos na temperatura média do ar e ponto de orvalho influenciam positivamente no incremento de indivíduos da família Cixiidae.
- (b) Aumentos na velocidade do vento e radiação solar causam a redução do número de indivíduos da família Cicadellidae.
- (c) Aumentos na umidade relativa do ar e na precipitação pluviométrica provocam o incremento de indivíduos da família Derbidae.

REFERÊNCIAS

- ABEYSINGHE, S.; ABEYSINGHE, P. D.; SILVA, C. K.; UDAGAMA P.; WARAWICHANEE K.; ALJAFAR N.; DICKINSON, M. Refinement of the taxonomic structure of 16srxi and 16srxiv phytoplasmas of gramineous plants using multilocus sequence typing. **Plant Disease**, v. 100, n. 10, p. 2001-2010, 2016.
- ABREU, J. P. M. **Agrometeorologia - Aplicação da Meteorologia para maximizar a produção agrícola**. Porto: Agrobook, 2018. 360 p.
- AROCHA-ROSETE, Y.; KONAN, J. L.; ATTA DIALLO, H.; ALLOU, K.; SCOTT, J. A. Identification and molecular characterization of the phytoplasma associated with a lethal yellowing-type disease of coconut in Côte d'Ivoire. **Canadian Journal Plant Pathology**, v. 36, n. 2, p. 141-150, 2014.
- BALE, J. S.; MASTERS, G. J.; HODKINSON, I. D.; AWMACK, C.; BEZEMER, T. M.; BROWN, V. K.; BUTTERFIELD, J.; BUSE, A.; COULSON, J. C.; FARRAR, J.; GOOD, J. E. G.; HARRINGTON, R.; HARTLEY, S.; JONES, T. H.; LINDROTH, R. L.; PRESS, M. C.; SYMRNIODIS, I.; WATT, A. D.; WHITTAKER, J. B. Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperatures on insect herbivores. **Global Change Biology**, v. 8, p. 1-16, 2002.
- BAPTISTUSSI, R. C.; MARGARIDO, L. A. C.; CASTILHO, H. J. Ação de efeitos ambientais na mortalidade natural da cigarrinha *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) comparada a inseticidas alternativos em cultivo orgânico de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, p. 151-158, 2011.
- BARTLETT, C. R.; O'BRIEN, L. B.; WILSON, S. W. A review of the planthoppers (Hemiptera: Fulgoroidea) of the United States. **Memoirs of the American Entomological Society**, v. 50, p. 1-287, 2014.
- BARTLETT, C. R.; PASSOS, E. M.; SILVA, F. G.; DINIZ, L. E. C.; DOLLET, M. A new species of *Oecleus* Stål (Hemiptera: Fulgoroidea: Cixiidae) from coconut in Brazil. **Zootaxa**, v. 4472, n. 2, p. 358-364, 2018.
- BASTOS, L. F. Famílias de insetos aéreos e dinâmica espaço-temporal de *Haplaxius crudus* (Van Duzee), 1907 (Hemiptera: cixiidae) associados a plantios comerciais de coqueiro no município de Santa Isabel do Pará- PA. 2019. 65 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.
- BERTACCINI, A.; DUDUK, B.; PALTRINIERI, S.; CONTALDO, N. Phytoplasmas and phytoplasma diseases: A severe threat to agriculture. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, n. 12, p. 1763-1788, 2014.
- BROWN, S. E.; BEEN, B. O.; MCLAUGHLIN, W. A. Detection and variability of the: lethal yellowing group (16Sr IV) phytoplasmas in the *Cedusa* sp. (Hemiptera Auchenorrhyncha: Derbidae) in Jamaica. **Annals of Applied Biology**, v. 149, n. 1, p. 53-62, 2006.
- BROWN, S. E.; BEEN, B. O.; MCLAUGHLIN, W. A. The Lethal Yellowing (16SrIV) Group of Phytoplasmas. **Pest Technology**, v. 1, n. 1, p. 61-69, 2007.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Tradução. [s.l.] Artmed Editora, 2009.

CALORE, R. A.; GALLI, J. C.; PAZINI, W. C.; DUARTE, R. T.; J. A. GALLI. 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. 1. p. 67-74, 2013.

DALE, V. H.; JOYCE, L. A.; MCNULTY, S.; NEILSON, R. P. The interplay between climate change, forests, and disturbances. **Science Total Environment**, v. 262, p. 201-204, 2000.

DOLLET, M.; FIDELIS, E. G.; DOS PASSOS, E.; SILVA, F.; ABERLENC, H. P.; SCHURT, B. A.; BAHDER, B.; DINIZ, L. C.; BARTLETT, C. R. Derbid planthoppers (Hemiptera: Fulgoroidea: Derbidae) associated with coconut and oil palm in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 49, p. 722-738, 2020.

DOLLET, M.; LLAUGER, R.; FABRE, S.; JULIA, J. F.; GONZALES, C.; CUETO, J. *Nymphocixia caribbea* (Fennah) (Homoptera: Cixiidae) potential candidate as coconut lethal yellowing vector in the Carribean. COST action FA0807 “Integrated Management of Phytoplasma Epidemics in Different Crop Systems”, 2010/02/01–02, Sitges, Spain

DOLLET, M.; QUAICOE, R.; PILET, F. Review of coconut “Lethal Yellowing” type diseases. Diversity, variability and diagnosis. **Oléagineux Corps Gras Lipides**, v. 16, n. 2, p. 97-101, 2009.

EDEN-GREEN, S. J. History, world distribution and present status of lethal yellowing-like diseases of palms. In: EDEN-GREEN, O. (Ed.) International workshop on lethal yellowing-like diseases of coconut, Elmina, Ghana, November 1995. **Proceedings...** Natural Resources Institute, Chatham, UK, 1997, p. 9-25.

EZIASHI, E.; OMAMOR, I. Lethal yellowing disease of the coconut palms (*Cocos nucifera* L.): an overview of the crises. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 54, p. 9122-9127, 2010.

FOISSAC, X.; WILSON, M. “Current and possible future distributions of phytoplasma diseases and their vectors. In: WEINTRAUBAND, P.; JONES, P. (Ed.) **Phytoplasmas: genomes, plant hosts and vectors**. Wallingford, CT: CAB International, p. 233-249, 2010.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; 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, 920 p.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011, 356 p.

GRAZIA, J.; CAVICHIOLI, R. R.; WOLFF, V. R. S.; FERNADES, J. A. M.; TAKIYA, D. M. Hemiptera. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO C. J. B.; CASARI S. A.; CONSTANTINO R. (eds.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia** (1ª ed). São Paulo: Holos Editora, v. 1, 2012, cap. 28, p. 347-405.

GURR, G. M.; JOHNSON, A. C.; ASH, G. J.; WILSON, B. A. L.; ERO, M. M.; PILOTTI, M. S. DEWHURST, C. F.; YOU, M. S. Coconut Lethal Yellowing Diseases: A Phytoplasma Threat to Palms of Global Economic and Social Significance. **Frontier Plant Science**. v. 7, n. 1521, p. 1-21, 2016.

HAMADA, E.; GHINI, R. Mudanças climáticas e seus impactos sobre a distribuição de pragas agrícolas. In: **Defesa Vegetal – Fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas**. Belo Horizonte: SBDA, 2015, p. 433-447.

HOWARD, F. W. **American palm cixiid, *Myndus crudus* Van Duzee (Insecta: Hemiptera: Auchenorrhyncha: Fulgoroidea: Cixiidae)**. University of Florida. Plant Pathology Department, UF/IFAS Extension. Document EENY-389, 2015. 8 p.

HOWARD, F. W. Sap-feeders on palms. In: HOWARD, F.W.; MOORE, D.; GIBLIN-DAVIS, R. M.; ABAD, R. G. (Ed.) **Insects on palms**. Wallingford: CABI Publishing, p. 109-232, 2001.

HOWARD, F. W.; NORRIS, R. C.; THOMAS, D. C. Evidence of transmission of palm Lethal Yellowing agent by a planthopper, *Myndus crudus* (Homoptera: Cixiidae). **Tropical Agriculture (Trinidad)**, v. 60, p. 168-171, 1983.

HOWARD, F. W.; WEISSLING, T. J.; O'BRIEN, L. B. The larval habitat of *Cedusa inflata* (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Derbidae) and its relationship with adult distribution on palms **Florida Entomologist**, v. 84, n 1, p. 119-122, 2001.

KRISHNAREDDY, M. Impact of climate change on insect vectors and vector-borne plant viruses and phytoplasma. In: SINGH, H. C. P.; RAO, N. K. S.; SHIVASHANKAR, K. S. (Ed.) **Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies**, New Delhi: Springer, 2013, p. 255-277.

MAGGI, F.; GALETTO, L.; MARZACHÌ, C.; BOSCO, D. Temperature-dependent transmission of *Candidatus phytoplasma asteris* by the vector leafhopper *Macrostelus quadripunctulatus* Kirschbaum. **Entomologia**, v. 2, p. 87-94, 2014.

MARTINEZ, A. P.; ROBERT, D. A. Lethal yellowing of coconuts in Florida. **Florida Agriculture Experiment Stations Journal Series**, n. 2819, p. 432-436, 1965.

MARTYN, E. B. Coconut diseases of Jamaica (I). Bronze leaf wilt and other diseases affecting the bud of coconut (II). Diseases affecting the leaves, crown and stem of coconuts. **Tropical Agriculture**, v. 22, p. 55-76, 1945.

MARUCCI, R. C.; LOPES, J. R. S.; VENDRAMIM, J. D.; CORRENTE, J. E. Feeding site preference of *Dilobopterus costalimai* Young and *Oncometopia facialis* (Signoret) (Hemiptera: Cicadellidae) on citrus plants. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 6, p. 759-768, 2004.

MCCOY, R. E.; HOWARD, F. W.; TSAI, J. H.; DONSELMAN, H. M.; THOMAS, D. L.; BASHAM, H. G.; ATILANO, R. A.; ESKAFI, F. M.; BRITT, L. L.; COLLINS, M. E. **Lethal yellowing of palms**. Gainesville: University of Florida (Bulletin, 834). 1983. 100 p.

MORA-AGUILLERA, G. Dispersal potential of lethal yellowing of the coconut palm. In: **Proceedings of the Expert Consultation on Sustainable Coconut Production through Control of Lethal Yellowing Disease**, CFC Technical Paper n.18. Kingston: Common Fund for Commodities, 2002, p. 128-130.

MORAES, R. C. B.; HADDAD, M. L.; SILVEIRA NETO, S.; REYES, A. E. L. Software para análise faunística – ANAFAU. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 8, 2003. **Anais...** São Pedro: SICOBIO, v. 1, p. 195, 2003.

MPUNAMI, A., TYMON, A., JONES, P., DICKINSON, M. J. Identification of potential vectors of the coconut lethal disease phytoplasma. **Plant Pathology**, v. 49, p. 355-361, 2000.

MURPHY, A. F.; RONDON, S. I.; JENSEN, A. S. Population dynamics of the beet leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) in the Columbia basin as influenced by abiotic variables. **Environmental Entomology**, v. 41, n. 4, p. 768-775, 2012.

MYRIE, W.; OROPEZA, C.; SAENZ, L.; HARRISON, N. A.; MERCEDES ROCA, M.; CORDOVA, I. Reliable improved molecular detection of coconut lethal yellowing phytoplasma and reduction of associated disease through field management strategies. **Bulletin of Insectology**, v. 64, p. S203-S204, 2011.

MYRIE, W.; PAULRAJ, L.; DOLLET, M.; WRAY, D.; BEEN, B.; McLAUGHLIN, W. First report of lethal yellowing disease of coconut palms caused by phytoplasma on Nevis Island. **Plant Disease**, v. 90, p. 834-834, 2006.

NARVÁEZ, M.; VÁZQUEZ-EUÁN, R.; HARRISON, N. A.; NIC-MATOS, G.; JULIA, J. F.; DZIDO, F. L.; FABRE, S.; DOLLET, M.; OROPEZA, C. Presence of 16SrIV phytoplasmas of subgroups A, D and E in planthopper *Haplaxius crudus* Van Duzee insects in Yucatán, Mexico. **3 Biotech**, v. 8, n. 1, p. 61, 2018.

OROPEZA, C.; ZIZUMBO, D. The history of lethal yellowing in México. In: EDEN-GREEN O (Ed.) International workshop on lethal yellowing-like diseases of coconut. **Proceedings...**, Elmina, Ghana, November 1995. Natural Resources Institute, Chatham, UK, 1997 p. 69-76.

PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent finger print of climate change impacts across natural systems. **Nature**, v. 421, p. 37-42, 2003.

PILOTTI, C. A.; DEWHURST, C. F.; LIEFTING, L. W.; KUNIATA, L.; KAKUL, T. Putative vectors of a phytoplasma associated with coconut (*Cocos nucifera*) in Madang Province, Papua New Guinea. **International Journal of Agriculture and Forestry**, v. 4, n. 5, p. 365-372, 2014.

RAHMATHULLA, V. K.; SATHYANARAYANA, K.; ANGADI, B. S. Influence of abiotic factors on population dynamics of major insect pests of mulberry. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 18, p. 215-223, 2015.

- SILVA, D. M.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F.; OLIVEIRA, M. C. N.; MOSCARDI, F. Biological characteristics of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae) for three consecutive generations under different temperatures: understanding the possible impact of global warming on a soybean pest. **Bulletin of Entomological Research**, v. 102, p. 285-292, 2012.
- SILVA, F. G. Composição e diversidade de cigarrinhas (Hemiptera: Auchenorrhyncha) potencialmente vetoras de fitoplasma em coqueirais no Brasil. **Tese**, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2018. 78 p.
- SILVA, F. G.; PASSOS, E. M.; DINIZ, L. E. C.; FARIAS, A. P.; TEODORO, A. V.; FERNANDES, M. F.; DOLLET, M. Rainfall and coconut accession explain the composition and abundance of the community of potential Auchenorrhyncha phytoplasma vectors in Brazil. **Environmental Entomology**, v. 47, n. 2, p. 318-324, 2018a.
- SILVA, F. G.; PASSOS, E. M.; DINIZ, L. E. C.; FERNANDES, M. F.; BARTLETT, C. R.; DOLLET, M.; TEODORO, A. V. Relative contribution of rainfall and coconut hybrids to the abundance and composition of the Auchenorrhyncha community as potential vectors of phytoplasmas in the state of Sergipe, Brazil. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 21, n. 2, p. 190-198, 2018b.
- SILVA, F. G.; PASSOS, E. M.; DINIZ, L. E. C.; TEODORO, A. V.; TALAMINI, V.; FERNANDES, M. F.; DOLLET, M. Occurrence in Brazil of *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Cixiidae), vector of coconut lethal yellowing. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 1, p. 171-174, 2019.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agronomica Ceres, p. 419, 1976.
- TEODORO, A. V.; PASSOS, E. M.; SILVA, F. G.; DINIZ, L. E. C.; TALAMINI, V.; PEREIRA, C. A. B.; GUZZO, E. C.; DOLLET, M. **Alerta sobre a cigarrinha *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cixiidae): vetora do amarelecimento letal do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros (Documentos, 232). p. 23, 2019.
- THUILLER, W. Biodiversity: climate change and the ecologist. **Nature**, v. 448, p. 550-552, 2007.
- WEINTRAUB, P. G. Insect vectors of phytoplasmas and their control – an update. **Bulletin of Insectology**, v. 60, p. 169-173, 2007.
- WEINTRAUB, P. G.; BEANLAND, L. Insect vectors of phytoplasmas. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 91-111, 2006.
- WILSON, M. R. African Derbidae (Homoptera, Fulgoroidea): taxonomic notes with descriptions of new species collected mainly from coconut. **Journal of Natural History**, v. 21, n. 3, p. 567-595, 1987.
- WILSON, S. W.; MITTER, C.; DENNO, R. F.; WILSON, M. R. Evolutionary patterns of host plant use by delphacid planthoppers and their relatives. In: DENNO, R.F.; PERFECT, T.

J. (Ed.) **Planthoppers: their ecology and management**. New York: Chapman and Hall. p. 7-45, 1994.

WOLDA, H. Insect seasonality: why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 19, p. 1-18, 1988.

4 CAPÍTULO 2: DINÂMICA POPULACIONAL DE GÊNEROS DE CICADELLINAE E GYPONINAE (HEMIPTERA: AUCHENORRHYNCHA: CICADELLIDAE), POTENCIAIS VETORES DE FITOPLASMAS, NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO ESTADO DE ALAGOAS, BRASIL

RESUMO

Cigarrinhas pertencentes à família Cicadellidae (Hemiptera: Auchenorrhyncha) representam um importante grupo vetor de fitopatógenos, com grande importância econômica pelos graves prejuízos causados aos diferentes cultivos agrícolas. Em coqueiro (*Cocos nucifera* L.), espécie desta família, especialmente da subfamília Cicadellinae, têm sido apontadas como potenciais vetoras do amarelecimento letal em países como Costa do Marfim e Gana. Considerando-se que ainda são poucas as informações sobre a distribuição geográfica, plantas hospedeiras e danos causados por este grande grupo de cigarrinhas, este trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar a dinâmica populacional de gêneros das subfamílias de Cicadellinae, Gyponinae e Deltocephalinae em uma área de cultivo situada no município de São Miguel dos Milagres, no estado de Alagoas, correlacionando-as com as variáveis climáticas da região (temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, ponto de orvalho, radiação solar e precipitação pluviométrica). Foram instaladas armadilhas adesivas, sendo realizadas 42 coletas entre abril de 2018 e outubro de 2019. Foram capturados 492 indivíduos de Auchenorrhyncha, dos quais foram identificados 149 pertencentes a dez gêneros: *Gypona*, *Curtara*, *Scaphytopius*, *Erythrogonia*, *Diedrocephala*, *Tapajosa*, *Bucephalogonia*, *Macugonalia*, *Oncometopia* e *Hortensia*. As populações de indivíduos de *Curtara* e *Gypona* aumentaram com a umidade relativa do ar (média 84,6%) e a precipitação pluviométrica (média 131,4 mm), e sofreram reduções em função de maiores índices de velocidade do vento (média 1,75 m s⁻¹) e radiação solar (média 789,75 kJ m⁻²). As variáveis climáticas influenciam a presença das cigarrinhas das subfamílias Cicadellinae e Gyponinae, potenciais vetoras de fitoplasmas no cultivo de coqueiro em São Miguel dos Milagres, Alagoas.

Palavras-chave: *Cocos nucifera* L., cigarrinhas, vetorização de fitoplasmas, diversidade.

CHAPTER 2: POPULATION DYNAMICS OF CICADELLINAE AND GYPONINAE (HEMIPTERA: AUCHENORRHYNCHA: CICADELLIDAE) GENERA, POTENTIALLY VECTORS OF COCONUT LETHAL YELLOWING, IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF ALAGOAS STATE, BRAZIL

ABSTRACT

Planthoppers belonging to the Cicadellidae family (Hemiptera: Auchenorrhyncha) represent an important vector group of phytopathogens, with great economic importance due to the serious damage caused to different agricultural crops. In coconut palms (*Cocos nucifera* L.), species of this family, especially the subfamily Cicadellinae, have being pointed as potential vectors of lethal yellowing in countries like Ivory Coast and Ghana. Considering that there is still little information about the geographic distribution, host plants and damage caused by this large group of leafhoppers, this study aimed to identify and characterize the population dynamics of Cicadellinae and Gyponinae genera in a cultivation area located in the municipality of São Miguel dos Milagres, in the state of Alagoas, correlating them with the climatic variables of the region (temperature and relative humidity, wind speed, dew point, solar radiation and rainfall). Adhesive traps were installed and 42 collections were carried out between April 2018 and October 2019. It were captured 492 Auchenorrhyncha individuals, of which 149 were identified as belonging to ten genera: *Gypona*, *Curtara*, *Scaphytopius*, *Erythrogonia*, *Diedrocephala*, *Tapajosa*, *Bucephalogonia*, *Macugonalia*, *Oncometopia* and *Hortensia*. Populations of *Curtara* and *Gypona* increased with the air relative humidity (mean 84.6%) and rainfall (mean 131.4 mm), and suffered reductions due to higher rates of wind speed (mean 1.75 m s⁻¹) and solar radiation (mean 789.75 kJ m⁻²). Climatic variables influence the presence of leafhoppers of the subfamilies Cicadellinae and Gyponinae, potentially vectors of phytoplasmas in the cultivation of coconut palms in São Miguel dos Milagres, Alagoas.

Keywords: *Cocos nucifera* L., leafhoppers, phytoplasma vectoring, diversity.

4.1 Introdução

As doenças do tipo amarelecimento letal são definidas como uma síndrome com sintomas semelhantes e específicos, dentre as quais merece destaque o amarelecimento letal (AL) do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (GURR et al., 2016). Estas doenças são causadas por diversos grupos e subgrupos de fitoplasmas, cuja incidência e o aparecimento dos sintomas variam muito em função da espécie hospedeira, da variedade e da localização geográfica (HARRISON et al., 2014). Os sintomas gerais observados são a queda de frutos imaturos e maduros (MAZIVELE et al., 2018). Além disso, as pontas das folhas ficam de cor amarela, especialmente nas folhas mais antigas, seguido pela queda das folhas (PILET et al., 2019; SOLOMON et al., 2019).

O AL é uma doença que vêm atingindo os coqueirais que circundam as praias da costa atlântica como Flórida, Texas, México, países do Caribe e America Central, além de algumas ilhas das Américas do Norte e Central (MARINHO et al., 2002). O agente causal do AL é o fitoplasma ‘*Candidatus Phytoplasma palmae*’, um organismo procariótico, parasita obrigatório, pertencente ao domínio Bacteria e à classe Mollicutes (BERTACCINI; DUDUK, 2009).

Considerando que os fitoplasmas são limitados ao floema e que a sua disseminação depende da presença de insetos vetores, apenas insetos que se alimentam da seiva floemática podem, potencialmente, adquirir e transmitir o fitopatógeno. Dentro dos grupos de insetos que se alimentam do floema, a superfamília que contém o maior número de espécies de vetores é Membracoidea, dentro da qual todos os vetores conhecidos neste grupo até o momento, estão confinados à família Cicadellidae (Hemiptera: Auchenorrhyncha) especialmente na subfamília Deltocephalinae, uma das maiores subfamílias de cigarrinhas, além de Cicadellinae e Gyponinae (WEINTRAUB; BEANLAND, 2006).

Cigarrinhas da família Cicadellidae representam um importante grupo vetor de fitopatógenos, com ocorrência em várias culturas e grande importância econômica pelos graves prejuízos causados aos diferentes cultivos agrícolas, como citros, videira, cafeeiro e ameixeira (AZEVEDO FILHO; CARVALHO, 2004; AZEVEDO FILHO et al., 2011; 2016). Em cultivos de coqueiros, alguns estudos apontam espécies da família Cicadellidae como potenciais vetoras do AL. Tsai & Anwar (1977) realizaram um estudo sobre a longevidade de ninfas de *Oncometopia nigricans* (F. Walker, 1851) (Cicadellidae: Cicadellinae; Proconiini) e apontaram este inseto como um suspeito vetor do AL do coqueiro no Sul da Flórida. Em 2018, na Costa do Marfim, Kwadjo et al. (2018) relataram que a espécie *Nedotepa curta*

Dmitriev, 2016 (Cicadellidae: Typhlocybinae; Erythroneurini) foi o hemíptero mais abundante em áreas de cultivo de coqueiro afetadas pelo AL e apontaram tal espécie como potencial vetora da doença, visto que 73% dos espécimes capturados estavam infectados pelo fitoplasma causador do AL. Em outro estudo recente, Kodjo et al. (2020) também associam a ocorrência de *N. curta* com a incidência da doença do AL em coqueiros. Os autores destes trabalhos ressaltam que, embora os resultados obtidos forneçam fortes evidências, a capacidade de vetorização desta espécie ainda precisa ser comprovada por meio de testes de transmissão.

Vários estudos sobre transmissão de fitoplasmas em coqueiros e palmeiras foram realizados com insetos potenciais vetores. Embora existam muitos insetos suspeitos de transmitirem fitoplasmas em palmeiras (HEMMATI et al., 2020), apenas para três espécies de cigarrinhas houve sucesso na confirmação da transmissão: *Haplaxius crudus* (Van Duzze, 1097) (Hemiptera: Cixiidae), transmissor do AL em coqueiros nos Estados Unidos (HOWARD et al., 1983) e em *Pritchardia pacifica* Seem. & H.Wendl. no México (DZIDO et al., 2020); *Proutista moesta* (Westwood, 1851) (Hemiptera: Derbidae), transmissor de fitoplasma causador da murcha da raiz em coqueiros na Índia (RAJAN, 2013); e *Recilia mica* Kramer, 1962 (Hemiptera: Cicadellidae; Deltocephalinae), transmissor de fitoplasma causador da *Blast disease* em dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.), na Costa do Marfim (DESMIER DE CHENON, 1979; JULIA, 1979).

Por apresentar um clima predominantemente tropical, o Brasil possui características favoráveis para o surgimento de novas pragas. Considerando-se que os fatores abióticos desempenham um papel vital no desenvolvimento, sobrevivência, comportamento e reprodução dos insetos (PARMESAN, 2006) e que as mudanças climáticas podem resultar em um aumento na proliferação de doenças causadas por fitoplasmas, como o AL do coqueiro (GURR et al., 2016), informações sobre a dinâmica populacional de potenciais vetores da doença e suas correlações com as variáveis climáticas da região de cultivo tornam-se muito importantes para facilitar a adoção de medidas de controle, em caso da disseminação desta doença quarentenária no Brasil. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar a dinâmica populacional de gêneros de cigarrinhas da família Cicadellidae (subfamílias Cicadellinae, Gyponinae e Deltocephalinae) em área de cultivo de coqueiros no município de São Miguel dos Milagres, no estado de Alagoas, e estudar as correlações destas populações com as variáveis climatológicas da região de cultivo.

4.2 Material e Métodos

O levantamento foi conduzido em uma área de produção de coco no município de São Miguel dos Milagres (09°14'57" S e 35°23'22" O, altitude de 100 m), localizado no litoral Norte de Alagoas. O experimento foi realizado em uma área com aproximadamente 1 hectare, cultivada com coqueiros híbridos de 4 anos de idade, sob espaçamento de 8,5 × 8,5 m entre plantas. Os dados climáticos da região foram obtidos da Estação Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalada no município de São Luiz do Quitunde/AL, situada a 20 km do local do experimento. As variáveis climáticas: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar (kJ m⁻²), velocidade do vento (m s⁻¹), temperatura do ponto de orvalho (°C) e precipitação pluviométrica (mm) foram registradas diariamente. Armadilhas adesivas amarelas de dupla face (Isca®) (30 × 10 cm) foram fixadas às folhas de 10 plantas distribuídas de maneira aleatória dentro do coqueiral para a captura das cigarrinhas. As armadilhas foram fixadas na face abaxial das folhas da porção mediana da folha e basal da copa. As armadilhas foram coletadas e substituídas por outras novas quinzenalmente, perfazendo 42 coletas entre os meses de abril de 2018 e outubro de 2019 (Tabela 4).

Tabela 5. Datas de coleta das armadilhas adesivas instaladas na área experimental.

Coleta	Data	Coleta	Data	Coleta	Data
1	05/04/2018	15	18/10/2018	29	02/05/2019
2	19/04/2018	16	31/10/2018	30	16/05/2019
3	03/05/2018	17	14/11/2018	31	30/05/2019
4	17/05/2018	18	29/11/2018	32	13/06/2019
5	30/05/2018	19	13/12/2018	33	27/06/2019
6	13/06/2018	20	26/12/2018	34	11/07/2019
7	27/06/2018	21	11/01/2019	35	25/07/2019
8	12/07/2018	22	24/01/2019	36	08/08/2019
9	27/07/2018	23	07/02/2019	37	22/08/2019
10	09/08/2018	24	21/02/2019	38	05/09/2019
11	23/08/2018	25	07/03/2019	39	19/09/2019
12	05/09/2018	26	21/03/2019	40	03/10/2019
13	20/09/2018	27	04/04/2019	41	17/10/2019
14	04/10/2018	28	17/04/2019	42	30/10/2019

Fonte: Autora (2021).

As armadilhas coletadas foram levadas ao Laboratório de Entomologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros, na Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo/AL, para a retirada das cigarrinhas sob um microscópio estereoscópio, com auxílio de um pincel e de solvente à base de óleo cítrico. Os exemplares recuperados foram conservados em álcool a 70% e, posteriormente, identificados e agrupados por famílias com base em características morfológicas e chaves dicotômicas (GRAZIA et al., 2012).

A identificação dos gêneros de cigarrinhas da família Cicadellidae considerou apenas as subfamílias: Cicadellinae e Gyponinae. Para a subfamília Cicadellinae, foram consideradas as tribos Cicadellini e Proconiini, para a subfamília Gyponinae, a tribo Gyponini, e, para a subfamília Deltocephalinae, a tribo Scaphytopiini. A identificação das cigarrinhas foi realizada com auxílio de chaves dicotômicas, informações sobre as espécies contidas na literatura (AZEVEDO FILHO; CARVALHO, 2004; CAVICHIOLI, 2008; AZEVEDO FILHO et al., 2011; 2016). Para a identificação em nível de gênero, os cicadélídeos foram identificados baseando-se em caracteres morfológicos da cabeça, tórax, asas, estruturas genitais do macho e sétimo esternito abdominal das fêmeas. Também houve a colaboração do Prof. Dr. Wilson Sampaio Azevedo Filho na comparação com espécimes testemunhas depositados na coleção pertencente à Universidade de Caxias do Sul (UCS), Campus Universitário da Região dos Vinhedos (CARVI), Bento Gonçalves, RS - Brasil.

As populações de cigarrinhas foram classificadas por famílias, sendo realizada a análise faunística para determinação dos índices de dominância, abundância, frequência e constância através do software ANAFAU (MORAES et al., 2003), que calcula os valores de acordo com a metodologia de Silveira Neto et al. (1976).

As espécies, quanto à dominância, são classificadas em: Super-dominante (SD); Dominante (D), frequência maior que o limite da dominância; e Não-dominante (ND), frequência menor que o limite da dominância.

A abundância foi classificada como: Rara (R), número de indivíduos menor que o limite inferior ao intervalo de confiança (IC) da média; Dispersa (D), número de indivíduos entre os limites inferior e superior do IC da média; Comum (C), número de indivíduos entre os limites inferior e superior do IC da média; Abundante (A), número de indivíduos entre os limites superiores do IC; Muito Abundante (MA), número de indivíduos maior que o limite superior do IC da média; e Super Abundante (SA).

As classes de frequência foram: Pouco Frequente (PF), frequência menor que o limite inferior do IC da média; Frequente (F), frequência entre os limites inferior e superior do IC da

média; Muito Frequente (MF), frequência maior que o limite superior do IC da média; e Super Frequente (SF).

Na classificação ANAFAU, a classe extrema (Super) é referente a valores discrepantes no número de insetos, discriminados através da análise de resíduos.

Em relação à constância as populações foram classificadas conforme a seguir: constante (W) – maior que o limite do IC; acessória (Y) – número situado dentro do IC; e acidentais (Z) – menor que o limite inferior de IC.

Além disso, o cálculo de diversidade alfa (α) foi obtido através dos índices de Shannon (H') (diversidade); de Margalef (DMg) (riqueza de táxons); e de equitabilidade de Pielou (J'), os quais estimam a uniformidade em termos de abundância de indivíduos entre as espécies amostradas. Esses índices foram calculados conforme as equações abaixo, utilizando o software “ANAFAU” (MORAES et al., 2003).

(IV) Índice de Shannon (H'):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_b p_i$$

Onde, S: número de táxons; p_i : proporção do táxon i na comunidade.

(V) Índice de Margalef ($D_{Mg} = \alpha$)

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln(N)}$$

Onde, S: número de táxons; N: número de indivíduos.

(VI) Índice de equitabilidade de Pielou ($J' = E$)

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Onde, H' : índice de Shannon; S: número de táxons.

Os índices de Shannon (H') foram comparados estatisticamente através dos limites superiores e inferiores.

As populações das famílias de cigarrinhas potencialmente vetoras de fitoplasmas do AL também foram submetidas à análise de correlação de Pearson (CALLEGARI-JACQUES, 2009) com as variáveis climáticas da região. A correlação foi realizada entre o número de indivíduos de cada família e os valores médios mensais de temperatura do ar, umidade

relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, ponto de orvalho e com precipitação pluviométrica acumulada, decorridos ao longo do mês que antecedeu cada uma das coletas.

As populações das famílias de cigarrinhas potencialmente vetoradas de fitoplasmas do AL foram submetidas à análise de correlação de Pearson (CALLEGARI-JACQUES, 2009) com as variáveis climáticas da região. A correlação foi realizada entre o número de indivíduos de cada família de cigarrinha com os valores médios mensais de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, ponto de orvalho e com precipitação pluviométrica acumulada, decorridos ao longo do mês que antecedeu cada uma das coletas.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Análise faunística

Foram capturados 492 indivíduos pertencentes à família Cicadellidae, dentre os quais foram identificados 149 indivíduos pertencentes a dez gêneros. Os gêneros mais abundantes, em ordem decrescente, foram *Gypona*, *Curtara*, *Scaphytopius*, *Erythrogonia*, *Diedrocephala*, *Tapajosa*, *Bucephalogonia*, *Macugonalia*, *Oncometopia* e *Hortensia*, cujos número de indivíduos e frequências populacionais são apresentadas abaixo (Tabela 6).

Tabela 6. Número total e frequência relativa de indivíduos de gêneros de Cicadellidae (subfamílias Cicadellinae, Gyponinae e Deltocephalinae), potencialmente vetores do amarelecimento letal do coqueiro, no período de abril/2018 a outubro/2019, no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas.

Subfamília/Gêneros	N. de indivíduos	Frequência relativa (%)
Gyponinae/ <i>Gypona</i>	37	24,83
Gyponinae/ <i>Curtara</i>	31	20,81
Deltocephalinae/ <i>Scaphytopius</i>	30	20,13
Cicadellinae/ <i>Erythrogonia</i>	15	10,07
Cicadellinae/ <i>Diedrocephala</i>	13	8,72
Cicadellinae/ <i>Tapajosa</i>	7	4,7
Cicadellinae/ <i>Bucephalogonia</i>	7	4,7
Cicadellinae/ <i>Macugonalia</i>	5	3,36
Cicadellinae/ <i>Oncometopia</i>	3	2,01
Cicadellinae/ <i>Hortensia</i>	1	0,67

Fonte: Autora (2021).

Dentre os dez gêneros identificados, três deles representaram mais de 65% do total de indivíduos: *Gypona* (24,83%), *Curtara* (20,81%) e *Scaphytopius* (20,13%). Marques (2011), em estudo de caracterização de fitoplasmas em citros (grupo 16SrIX), constatou que a cigarrinha potencialmente vetora de fitoplasmas *Scaphytopius marginelineatus* Stål, 1859 (Cicadellidae: Deltocephalinae) foi a espécie observada com maior frequência. A frequência do gênero *Scaphytopius* foi a terceira maior dentre os dez gêneros identificados neste trabalho. Neste sentido, vale salientar que a subfamília Deltocephalinae (Cicadellidae) é a mais investigada quanto à vetorização de fitoplasmas (WEINTRAUB; BEANLAND, 2006).

Os índices faunísticos abundância, frequência e constância apresentaram diferenças entre os sendo que, quanto à abundância, o gênero *Gypona* foi classificado como muito abundante e os demais como abundantes. Quanto à frequência, o gênero *Gypona* foi classificado como muito frequente e os demais como frequentes. Em relação à constância, *Gypona* foi classificado como constante, os gêneros *Curtara*, *Diedrocephala* e *Erythrogonia* como acessória, e a constância do gênero *Scaphytopius* como acidental (Tabela 7).

Tabela 7. Índices faunísticos de gêneros de Cicadellidae potencialmente vetores de fitoplasmas do amarelecimento letal do coqueiro, no período de abril de 2018 a outubro de 2019 no município de São Miguel dos Milagres, no estado de Alagoas.

Gêneros	Nº. de indivíduos	Nº. de coletas	Dominância	Abundância	Frequência	Constância
<i>Gypona</i>	37	17	D	MA	MF	W
<i>Curtara</i>	31	16	D	C	F	Y
<i>Diedrocephala</i>	13	12	D	C	F	Y
<i>Erythrogonia</i>	15	12	D	C	F	Y
<i>Scaphytopius</i>	12	6	D	C	F	Z

Dominância: Dominante (D). Abundância: muito abundante (MA) e comum (C). Frequência: muito frequente (MF) e frequente (F). Constância: constante (W), acessória (Y) e acidental (Z).

Fonte: Autora (2021).

O gênero *Gypona* foi classificado como predominante (indicador). As características da comunidade foram índice de diversidade de Shannon-Weaner ($H = 1,4984$; índice de riqueza (Margalef) $ALFA = 0,8543$ e índice de uniformidade ou equitabilidade ($E = 0,9310$).

4.3.2 Correlações entre gêneros e variáveis climáticas

As populações de *Curtara* e *Gypona* foram positivamente correlacionadas com umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica e negativamente correlacionadas com as variáveis: velocidade do vento e radiação solar (Tabela 8).

Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o número de indivíduos de gêneros da família Cicadellidae e as variáveis climáticas.

Gêneros	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Ponto de orvalho (°C)	Vento (m s ⁻¹)	Radiação (kJ m ⁻²)	Precipitação (mm)
<i>Diedrocephala</i>	0,05	-0,14	-0,09	0,09	0,06	-0,13
<i>Curtara</i>	-0,17	0,56*	0,14	-0,46*	-0,46*	0,53*
<i>Erythrogonia</i>	0,13	0,11	0,21	-0,24	-0,20	0,11
<i>Gypona</i>	0,09	0,41*	0,28	-0,37*	-0,44*	0,39*
<i>Scaphytopius</i>	0,05	0,20	0,13	-0,27	-0,27	0,21

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

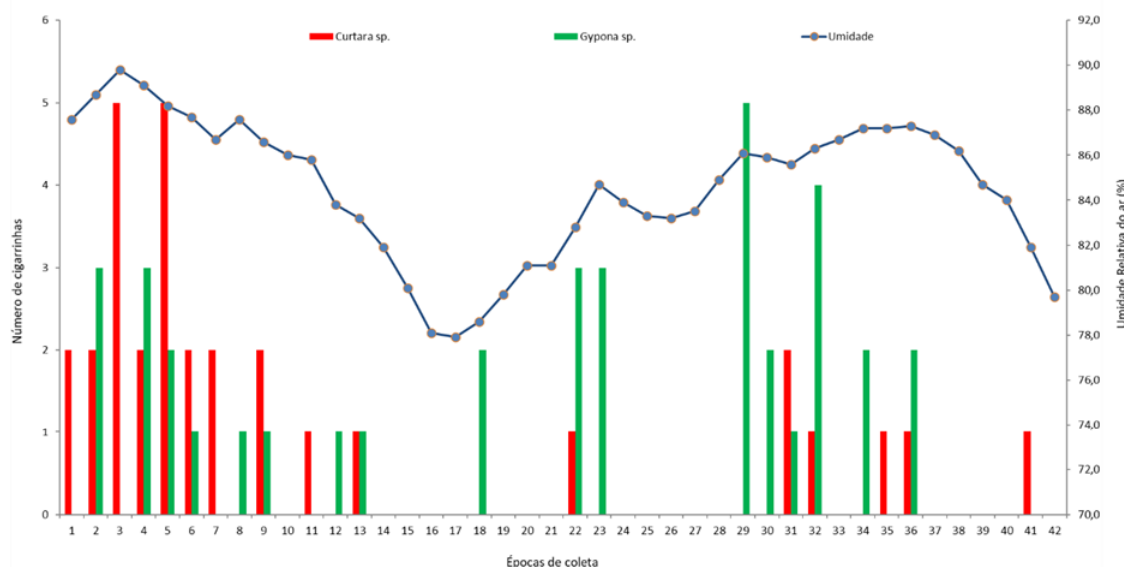
Fonte: Autora (2021).

A umidade relativa do ar apresentou coeficientes de correlação positivos com as populações de indivíduos dos gêneros *Curtara* (0,56) e *Gypona* (0,41), indicando que épocas com maiores valores desta variável proporcionam aumentos nas populações destes dois gêneros de cigarrinhas (Figura 8).

Foi possível constatar que o aumento na umidade relativa do ar exerceu influência positiva sobre as populações de indivíduos dos gêneros da subfamília Gyponinae (*Curtara* e *Gypona*) e que, ao contrário, nas épocas de menor umidade, foram observadas menores populações desses insetos. Similarmente, os gêneros *Balclutha* (Hemiptera: Cicadellidae) e *Cedusa* (Hemiptera: Derbidae) foram predominantes no período de transição entre as estações seca e chuvosa no estado de Sergipe (SILVA et al., 2018a).

De acordo com Thierry et al. (2020), a temperatura e a umidade relativa aparecem como fatores determinantes, cujas variações levam a mudanças importantes nos parâmetros de desenvolvimento de *N. curta*. O estudo destes autores revelou que a fecundidade, o desenvolvimento embrionário, a taxa de eclosão dos ovos e o desenvolvimento pós-embrionário desta espécie foram afetados pelas mudanças de temperatura e umidade em diferentes estações do ano.

Figura 8. Populações de cigarrinhas dos gêneros *Curtara* e *Gypona* (Cicadellidae: Gyponinae) em área de cultivo de coqueiros no município de São Miguel dos Milagres/AL e médias mensais de umidade relativa do ar (%) da região no período de abril/2018 a outubro/2019.



Fonte: Autora (2021).

As durações das fases embrionária e ninfal, bem como do ciclo como um todo, tendem a ser reduzidas em condições de baixa umidade. Além disso, baixos valores de umidade podem favorecer o processo de mudança de ínstar, permitindo que o tegumento do inseto seja liberado mais facilmente sob pressão corporal (OBAME, 2009).

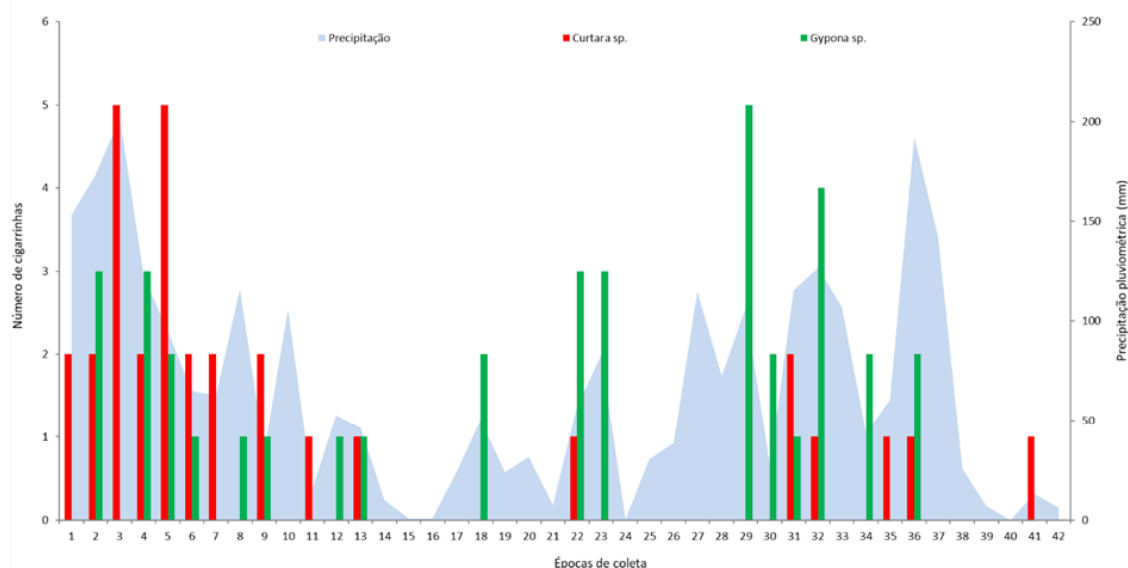
De acordo com Silva et al. (2018b), a ocorrência de chuvas sequenciais, características do período de outono/inverno na região da zona da mata do Nordeste, pode explicar a composição e a abundância de indivíduos da subordem Auchenorrhyncha, cuja variabilidade na comunidade estaria associada à adaptação das espécies às diferentes condições ambientais.

A precipitação pluviométrica apresentou coeficientes de correlação positivos com as populações de indivíduos dos gêneros *Curtara* (0,53) e *Gypona* (0,39), indicando que aumentos nos valores desta variável provocam aumentos nestas populações (Figura 9).

As épocas com maiores registros de precipitação pluviométrica (média 131,4 mm) promoveram incrementos nas populações de indivíduos dos gêneros *Curtara* e *Gypona*. Por outro lado, as épocas com menor ocorrência de chuvas tendem a ocasionar significativas reduções nestas populações. Os menores índices pluviométricos poderiam exercer efeito

direto sobre a biologia destes insetos e/ou prejudicar a germinação e o desenvolvimento de plantas hospedeiras.

Figura 9. Populações de cigarrinhas dos gêneros *Curtara* e *Gypona* (Cicadellidae: Gyponinae) em área de cultivo de coqueiros no município de São Miguel dos Milagres/AL e precipitação pluviométrica mensal acumulada (mm) na região no período de abril/2018 a outubro/2019.



Fonte: Autora (2021).

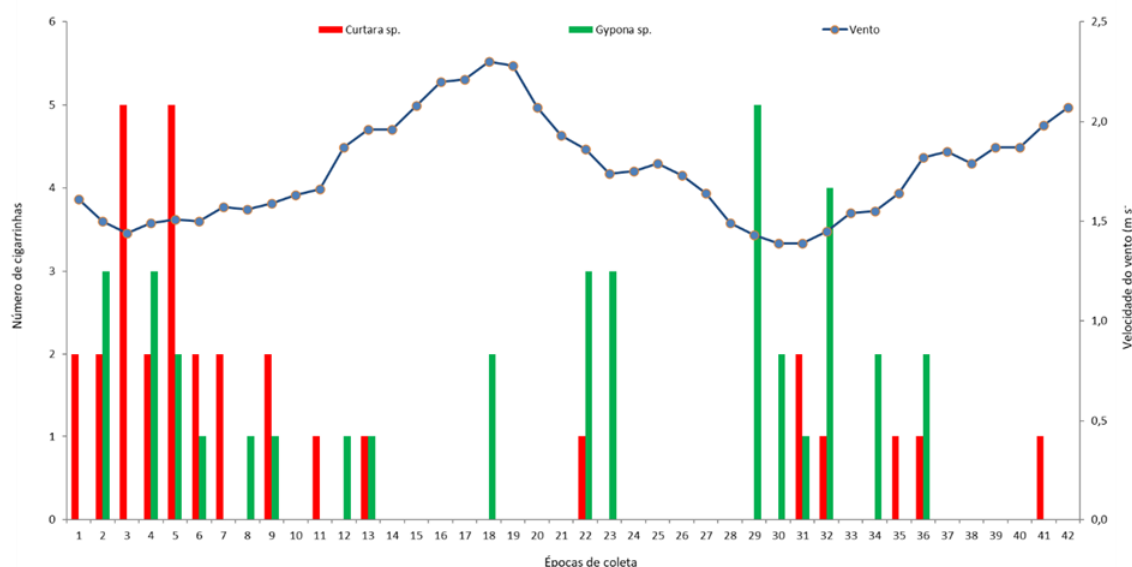
Nas As estações secas, com altas temperaturas, resultam na diminuição no tempo de desenvolvimento larval e, portanto, no ciclo de vida completo de *N. curta*, reduzindo a duração do desenvolvimento embrionário e ninfal, aumentando a fecundidade e a taxa de eclosão (THIERRY et al., 2020). Desta forma, a temperatura e a umidade exerceriam funções inversas sobre a biologia dos insetos, podendo influenciar a dessecação dos ovos, por exemplo. Kodjo et al. (2020) associaram o AL com a ocorrência de *N. curta* (Cicadellidae) e constataram que as estações secas reduziram o desenvolvimento larval desta cigarrinha.

Em estudos realizados por Murphy et al. (2012), com as populações da cigarrinha *Circulifer tenellus* (Baker, 1896) (Hemiptera: Cicadellidae) em beterraba, durante três anos consecutivos, observou-se que as variáveis ambientais abióticas poderiam influenciar a dinâmica populacional desta espécie. Os autores constataram que o ano precedido por menores temperaturas do ar durante as estações da primavera e verão e por maiores registros pluviométricos nas estações do outono e inverno foi o que apresentou maior nível populacional destas cigarrinhas.

Sobre a influência da umidade, sabe-se que a tendência dos insetos é procurar ambientes favoráveis ao seu desenvolvimento, evitando locais com excesso ou carência de umidade, visto que num ambiente seco ocorre a dessecação dos tecidos e num ambiente muito úmido podem ocorrer afogamentos e doenças (GALLO et al., 2002).

A velocidade do vento apresentou coeficientes de correlação negativos com as populações de indivíduos dos gêneros *Curtara* (-0,46) e *Gypona* (-0,37), indicando que aumentos nos valores desta variável provocam diminuições nestas populações (Figura 10).

Figura 10. Populações de cigarrinhas dos gêneros *Curtara* e *Gypona* (Cicadellidae: Gyponinae) em área de cultivo de coqueiros no município de São Miguel dos Milagres/AL e média mensal da velocidade do vento (m s^{-1}) na região no período de abril/2018 a outubro/2019.



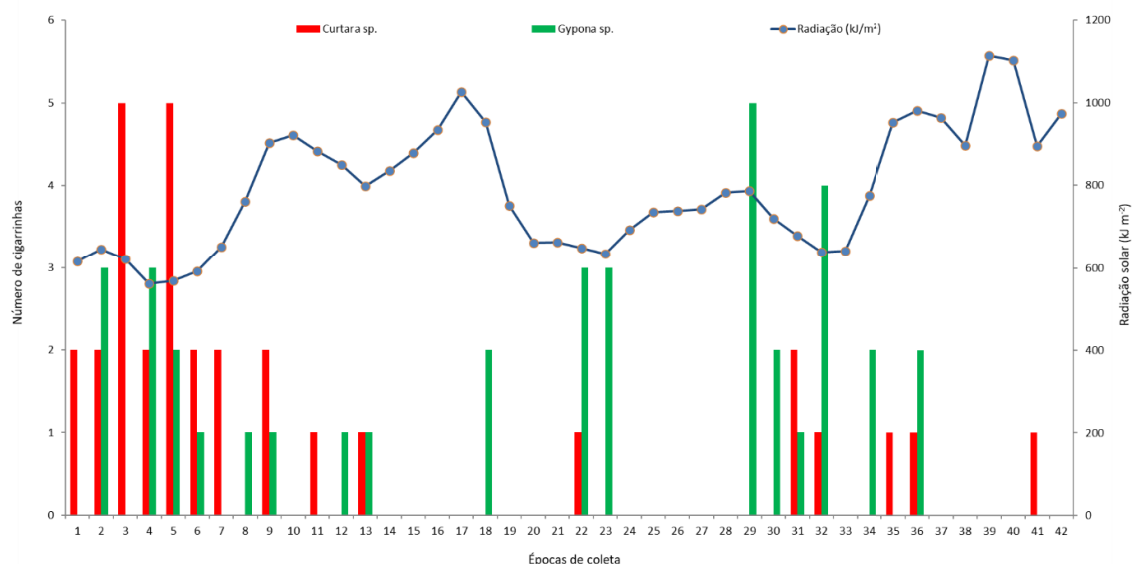
Fonte: Autora (2021).

As correlações negativas entre a velocidade do vento e os níveis populacionais destes dois gêneros apontam que os maiores valores desta variável prejudicam a dispersão, alimentação, acasalamento, oviposição e sobrevivência dos indivíduos. A velocidade do vento tem efeito na dispersão de muitas espécies, podendo transportar insetos adultos. O vento exerce marcada influência na disseminação de insetos, arrastando-os a grandes distâncias. O efeito da velocidade dos ventos na dispersão dos insetos aumenta em função da altura que os indivíduos se encontram na planta, de tal forma que os insetos que voam a maiores altitudes podem ser arrastados para mais longe em comparação com outros que voam em menores altitudes (GALLO et al., 2002). Além disso, ventos predominantes e relevos montanhosos

afetam a direção e a intensidade de disseminação dos vetores do AL (MPUNAMI et al., 2000).

A radiação solar apresentou coeficientes de correlação negativos com as populações de indivíduos dos gêneros *Curtara* (-0,46) e *Gypona* (-0,44), indicando que aumentos nos valores desta variável provocam diminuições nestas populações (Figura 11).

Figura 11. Populações de cigarrinhas dos gêneros *Curtara* e *Gypona* (Cicadellidae: Gyponinae) em área de cultivo de coqueiros no município de São Miguel dos Milagres/AL e média mensal de radiação solar (kJ m^{-2}) na região no período de abril/2018 a outubro/2019.



Fonte: Autora (2021).

A correlação negativa entre a radiação solar e a população de indivíduos dos gêneros *Curtara* e *Gypona* indica que, quanto maiores índices de radiação solar incidente, menor o número de indivíduos encontrados. Esta constatação sugere que os indivíduos destes gêneros têm preferência por dias nublados, predominantes nos períodos de outono e inverno na região.

A luz, fonte universal de energia para toda forma de vida, além de ser um fator limitante (seu excesso ou sua falta são ambos mortais) é um regulador de atividades metabólicas (GALLO et al., 2002). Altas temperaturas, associadas com altos índices de radiação solar, aumentam a taxa de disseminação de fitoplasmas através da sua multiplicação mais rápida no hospedeiro e/ou de uma maior frequência de alimentação dos insetos vetores, resultando em transmissão aumentada (MAGGI et al., 2014).

Uma vez que as doenças associadas ao fitoplasma podem causar graves danos à diversos cultivos, como videira, coqueiro, pomáceas, hortícolas e ornamentais, entender a

resposta de epidemias de fitoplasma a fatores ambientais, como temperatura e mudanças climáticas, pode representar uma ferramenta útil para compreender as formas como as epidemias aproximam-se de um equilíbrio, como as condições sob as quais elas persistem ou desaparecem, e como os recursos podem ser usados para melhorar a eficácia das operações de controle (VAN MAANEN; XU, 2003).

4.4 Conclusões

Os gêneros das subfamílias Cicadellinae, Gyponinae e Deltocephalinae que ocorrem com maior frequência, em área de cultivo de coqueiro na região de São Miguel dos Milagres/AL são *Gypona*, *Curtara*, *Scaphytopius*, *Erythrogonia*, *Diedrocephala*, *Tapajosa*, *Bucephalogonia*, *Macugonalia*, *Oncometopia* e *Hortensia*.

As populações de indivíduos dos gêneros *Curtara* e *Gypona* aumentam com a umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica, e sofrem reduções em função de maiores índices de velocidade do vento e de radiação solar.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO FILHO, W. S.; CARVALHO, G. S. **Guia para coleta e identificação de cigarrinhas em pomares de citros no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EDIPUCRS. 2004. 87 p.
- AZEVEDO FILHO, W. S.; PALADINI, A.; BOTTON, M.; CARVALHO, G. S.; RINGENBERG, R.; LOPES, J. R. S. **Manual de Identificação de Cigarrinhas em Videira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 95, 2011.
- AZEVEDO FILHO, W. S.; TOLOTTI, A.; CARVALHO, G. S.; MÜLLER, C.; BOTTON, M.; LOPES, J. R. S. **Guia ilustrado: cigarrinhas na cultura da ameixeira**. Pelotas: USEB. p. 135, 2016.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Tradução. [s.l.] Artmed Editora, 2009.
- DESMIER DE CHENON, R. Mise en évidence du rôle de *Recilia mica* Kramer (Homoptera, Cicadellidae, Deltocephalinae) dans la maladie du Blast des pépinières de palmiers à huile en Côte d'Ivoire. **Oléagineux**, v. 3, p. 107-114, 1979.
- DOLLET, M.; LLAUGER, R.; FABRE, S.; JULIA, J. F.; GONZALES, C.; CUETO, J. *Nymphocixia caribbea* (Fennah) (Homoptera: Cixiidae) potential candidate as coconut lethal yellowing vector in the Caribbean. COST action FA0807 “Integrated Management of Phytoplasma Epidemics in Different Crop Systems”, 2010/02/01–02, Sitges, Spain
- DZIDO, J. L.; SANCHEZ, R.; DOLLET, M.; JULIA, J. F.; NARVAEZ, M.; FABRE, S.; OROPEZA, C. *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Cixiidae) transmits the lethal yellowing phytoplasmas, 16SrIV, to *Pritchardia pacifica* Seem. & H. Wendl (Arecaceae) in Yucatan, Mexico. **Neotropical Entomology**, v. 49, p. 795-805, 2020.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; 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, 920 p.
- GRAZIA, J.; CAVICHIOLI, R. R.; WOLFF, V. R. S.; FERNANDES, J. A. M.; TAKIYA, D. M. Hemiptera. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO C. J. B.; CASARI S. A.; CONSTANTINO R. (Eds.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia** (1ª ed). Holos Editora, São Paulo, v. 1, 2012, cap. 28, p. 347-405
- GURR, G. M.; JOHNSON, A. C.; ASH, G. J.; WILSON, B. A. L.; ERO, M. M.; PILOTTI, M. S. DEWHURST, C. F.; YOU, M. S. Coconut lethal yellowing diseases: a phytoplasma threat to palms of global economic and social significance. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 1521, p. 1-21, 2016.
- HARRISON, N. A.; DAVIS, R. E.; OROPEZA, C.; HELMICK, E. E.; NARVÁEZ, M.; EDEN-GREEN, S.; DOLLET, M.; DICKINSON, M. '*Candidatus* Phytoplasma palmicola', associated with a lethal yellowing-type disease of coconut (*Cocos nucifera* L.) in

Mozambique. **International Journal of Systematic and Evolutive Microbiology**, v. 64, p. 1890-1899, 2014.

HOWARD, F. W.; NORRIS, R. C.; THOMAS, D. C. Evidence of transmission of palm Lethal Yellowing agent by a planthopper, *Myndus crudus* (Homoptera: Cixiidae). **Tropical Agriculture (Trinidad)**, v. 60, p. 168-171, 1983.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em 12 nov. 2019.

JULIA J. F. Isolation and identification of insects carrying juvenile diseases of the coconut and the oil palm in the Ivory Coast. **Oléagineux**, v. 34, p. 385-393, 1979.

KODJO, A. T. T.; KWADJO, K. E.; DOUMBIA, M.; DAGOBERT, K. R. Life history in *Nedotepa curta* (Homoptera: Cicadellidae) carrying the phytoplasma responsible for coconut lethal yellowing disease in Côte d'Ivoire. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 3, p. 1180-1186, 2020.

KWADJO, K. E.; BEUGRÉ, N. I.; DIETRICH, C. H.; KODJO, A. T. T.; DIALLO, H. A.; YANKEY, N.; DERY, S.; WILSON, M.; KONAN, J. L. K.; CONTALDO, N.; PALTRINIERI, S.; BERTACCINI, A.; AROCHA ROSETE, Y. Identification of *Nedotepa curta* Dmitriev as a potential vector of the Côte d'Ivoire lethal yellowing phytoplasma in coconut palms sole or in mixed infection with a '*Candidatus Phytoplasma asteris*'-related strain. **Crop Protection**, v. 110, p. 48-56, 2018.

MAGGI, F.; GALETTO, L.; MARZACHÌ, C.; BOSCO, D. Temperature-dependent transmission of *Candidatus phytoplasma asteris* by the vector leafhopper *Macrostelus quadripunctulatus* Kirschbaum. **Entomologia**, v. 2, p. 87-94, 2014.

MARINHO, V. L. A.; BATISTA, M. F.; MILLER, R. **Praga quarentenaria A 1 amarelecimento letal do coqueiro "Coconut lethal yellowing"**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Comunicado Técnico, 73), 4 p., 2002.

MARQUES, R. N. Cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) potenciais vetoras de um fitoplasma (grupo 16SrIX) associado a sintomas de Huanglongbing dos citros, suas plantas hospedeiras e quantificação do patógeno. Piracicaba, 2011. 86 p. **Tese** (Doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

MAZIVELE, M. O. M.; NUAILA, V.; DURANTE, M.; COLOMBO, M. M.; TAVIANI, E. Promising primers for detection of phytoplasma causing coconut lethal yellowing disease in Mozambique. **Phytoparasitica**, v. 46, p. 301-308, 2018.

MPUNAMI, A.; TYMON, A.; JONES, P.; DICKINSON, M. J. Identification of potential vectors of the coconut lethal disease phytoplasma. **Plant Pathology**, v. 49, p. 355-361, 2000.

MURPHY, A. F.; RONDON, S. I.; JENSEN, A. S. Population dynamics of the beet leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) in the Columbia basin as influenced by abiotic variables. **Environmental Entomology**, v. 41, n. 4, p. 768-775, 2012.

OBAME, M. D. Influence des facteurs écologiques (température et hygrométrie) sur le développement de la cochenille farineuse du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, Homoptera: Pseudococcidae). **Tropicultura**, v. 27, n. 1, p. 21-25, 2009.

PARMESAN, C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. **Evolution and Systematics**, v. 37, n. 1, p. 637-669, 2006.

PILET, F.; QUAICOE, R. N.; OSAGIE, I.J.; FREIRE, M., FOISSAC, X. Multilocus sequence analysis reveals three distinct populations of "*Candidatus* Phytoplasma palmicola" with a specific geographical distribution on the African continent. **Applied Environmental Microbiology**, v. 85, p. 1-16, 2019.

RAJAN, P. Transmission of coconut root (wilt) disease through plant hopper, *Proutista moesta* Westwood (Homoptera: Derbidae). **Pest Management in Horticultural Ecosystems**, v. 17, p. 1-5, 2013.

SILVA, F. G.; PASSOS, E. M.; DINIZ, L. E. C.; FERNANDES, M. F.; BARTLETT, C. R.; DOLLET, M.; TEODORO, A. V. Relative contribution of rainfall and coconut hybrids to the abundance and composition of the Auchenorrhyncha community as potential vectors of phytoplasmas in the state of Sergipe, Brazil. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 21, n. 2, p. 190-198, 2018.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agronomica Ceres, p. 419, 1976.

SOLOMON, J. J.; HEGDE, V.; BABU, M.; GEETHA, L. Phytoplasmal diseases. In: **The coconut palm (*Cocos nucifera* L.) - Research and development perspectives**, p. 519-556. Springer, Singapore, 2019.

THIERRY, K. A. T.; ERIC, K. K.; MAMADOU, D.; DAGOBERT, K. K. Life history in *Nedotepa curta* (Homoptera: Cicadellidae) carrying the phytoplasma responsible for coconut lethal yellowing disease in Côte d'Ivoire. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 3, p. 1180-1186, 2020.

TSAI, J. H.; ANWAR, M. Molting and longevity of *Oncometopia nigricans* (Homoptera: Cicadellidae), a suspected vector of lethal yellowing of coconut palms, on various host plants. **The Florida Entomologist**, v. 60, n. 2, p. 105-108, 1977.

VAN MAANEN, A.; XU, X. M. - Modelling plant disease epidemics. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p. 669-682, 2003.

WEINTRAUB, P. G.; BEANLAND, L. Insect vectors of phytoplasmas. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 91-111, 2006.