



**MINISTERIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA  
DOUTORADO EM AGRONOMIA**

**RAPHAEL COELHO PINHO**

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL E AVALIAÇÃO DA AUTOCORRELAÇÃO  
ESPACIAL PELO ÍNDICE DE MORAN DA BROCA-DA-COROA-FOLIAR  
*Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) (LEPIDOPTERA: CASTINIIDAE) EM  
PLANTIO DE COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.) NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

**BELÉM  
2023**

**RAPHAEL COELHO PINHO**

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL E AVALIAÇÃO DA AUTOCORRELAÇÃO  
ESPACIAL PELO ÍNDICE DE MORAN DA BROCA-DA-COROA-FOLIAR  
*Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) (LEPIDOPTERA: CASTINIIDAE) EM  
PLANTIO DE COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.) NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Tese apresentada para obtenção do grau de  
Doutor em Agronomia pelo Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia da Universidade  
Federal Rural da Amazônia.  
Orientador: Prof. Titular Dr. Paulo Roberto  
Silva Farias

BELÉM  
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P654d Pinho, Raphael Coelho  
DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL E AVALIAÇÃO DA AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PELO  
ÍNDICE DE MORAN DA BROCA-DA-COROA-FOLIAR *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775)  
(LEPIDOPTERA: CASTINIIDAE) EM PLANTIO DE COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.) NA AMAZÔNIA  
BRASILEIRA / Raphael Coelho Pinho. - 2023.  
74 f. : il. color.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de  
Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.  
Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias

1. variabilidade espacial. 2. Índice de Moran. 3. *Cocos nucifera*. 4. krigagem. 5. *Eupalamides  
cyrapissias*. I. Farias, Paulo Roberto Silva. *orient.* II. Título

---

CDD 632.6



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO JULGADORA DE EXAME DE TESE**

Aos, 24 de fevereiro de 2023 às 15:00 todos os participantes por videoconferência na sala do *Google Meet*, reuniu-se a Comissão Julgadora do Exame de Tese do(a) discente:

**RAPHAEL COELHO PINHO**

, assim constituída:

*Presidente/Orientador (a):* Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias - UFRA

*1º Examinador (a):* Prof. Dr. Javier Dias Pita - IFPA

*2º Examinador (a):* Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos - UFPA

*3º Examinador (a):* Dr. Ricardo Salles Tinôco - AGROTECH

*4º Examinador (a):* Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Telma Fatima Vieira Batista - UFRA

Iniciados os trabalhos, o(a) candidato(a) submeteu-se ao exame de seu projeto intitulado:

**"DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO- TEMPORAL E AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO ESPACIAL PELO ÍNDICE DE MORAN DA BROCA-DA-COROA-FOLIAR *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) (LEPIDOPTERA: CASTINIIDAE) EM PLANTIO DE COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.)"**

Terminada a defesa que constou da explanação do trabalho de Tese feito pelo (a) discente e da arguição pela Banca Examinadora, o (a) discente foi considerada , desde que sejam feitas as correções sugeridas pela banca examinadora e entregue na secretaria do Programa, juntamente com a comprovação de que pelo menos 1 (um) artigo extraído da tese foi aceito para publicação e de que pelo menos 1 (um) artigo extraído da tese esteja em avaliação em periódicos científicos inscritos no Qualis (RGPG Art. 85), no prazo de 30 dias após esta data, quando fará jus, portanto, ao título de "DOUTOR (A) EM AGRONOMIA" que para constar, lavrou-se a presente ATA, assinada pelos senhores membros da Comissão Examinadora.

Belém (PA), 24 de fevereiro de 2023.

Belém (PA) 24 de fevereiro de 2023.

Documento assinado digitalmente  
 PAULO ROBERTO SILVA FARIAS  
Data: 24/02/2023 17:06:19-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Presidente/Orientador (a): Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias

Nota: **Javier Dias**  
**Pita:8823692725**  
**3**

Assinado de forma digital por  
Javier Dias Pita:88236927253  
Dados: 2023.02.27 18:30:52  
-03'00'

1º Examinador (a): Prof. Dr. Javier Dias Pita

Nota: **ARTUR VINICIUS**  
**FERREIRA DOS**  
**SANTOS:01393789285**

Assinado de forma digital por  
ARTUR VINICIUS FERREIRA DOS  
SANTOS:01393789285  
Dados: 2023.02.27 15:44:07 -03'00'

2º Examinador (a): Prof. Dr. Artur Vinícius Ferreira dos Santos

Documento assinado digitalmente  
 RICARDO SALLES TINOCO  
Data: 28/02/2023 13:23:27-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Nota:

3º Examinador (a): Dr. Ricardo Salles Tinôco

Documento assinado digitalmente  
 TELMA FATIMA VIEIRA BATISTA  
Data: 28/02/2023 12:52:50-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Nota:

4º Examinador (a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Telma Fatima Vieira Batista

*Média:*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus Agradeço por todos os dias de vida e todas as experiências;

À minha família, fonte da minha motivação;

Aos meus pais, Raimundo Nonato da C. Pinho e Maria Nazaré R. Coelho, por tudo;

Ao meu orientador Prof.º Paulo Roberto Silva Farias por extrair o máximo do nosso potencial.

A todos os amigos que ajudaram na construção deste trabalho

À Universidade Federal Rural da Amazônia pela oportunidade de realizar este curso;

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de produzir conhecimento na nossa região

À Empresa SOCOCO S/A pelo apoio e fornecimento de material necessário para pesquisa;

E a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) é um importante praga para as culturas do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e outras palmeiras (Areaceae) de importância econômica, atacando a base de folhas, inflorescências e infrutescências chegando a aumentar o abortamento de frutos. O estudo do método geoestatístico utilizado para conhecer a distribuição espacial de inseto praga é uma ferramenta importante para a adoção de medidas de controle eficazes e para o desenvolvimento de planos de amostragem que auxiliam na tomada de decisão. O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição espacial e temporal, como também a autocorrelação espacial de *E. cyparissias* em plantio de coqueiro na Amazônia brasileira, Pará, Brasil. A área de estudo é uma quadra de plantio de coqueiro de 12,5 hectares vizinha a outras quadras e a mata. A outra área é são as 157 quadras de coqueiro de plantio comercial de anão verde (*C. nucifera* L.). A presença ou ausência da broca foi amostrada mensalmente no período de julho de 2018 a outubro de 2020. Padrões de dispersão de *E. cyparissias* foram estudados usando semivariogramas buscando determinar o modelo de distribuição espacial mais adequado das espécies, e mapas de krigagem foram desenhados. O Índice de Moran Global e Local foi utilizado para verificar a existência de autocorrelação espacial da variável sintomatologia do ataque de *E. cyparissias* das 157 quadras com as quadras vizinhas, complementarmente foi calculado a correlação entre sintomatologia, idade e floresta. Existe autocorrelação espacial da sintomatologia do ataque nas quadras de coqueiro, com também há correlação significativa entre o ataque pela broca e proximidade a áreas de mata, no entanto não há correlação significativa com a idade do coqueiro. Modelos de semivariograma exponencial e esférico melhor se ajustaram aos padrões de dispersão espacial da broca, evidenciando um padrão agregado no ataque ao plantio de coco ocorre. Os resultados demonstram que ferramentas de estudo da distribuição espacial, geoestatística e o índice de Moran, são importantes para definir planos de amostragem confiáveis para o manejo integrado de pragas e útil para avaliar a distribuição espacial e temporal de *E. cyparissias*.

**Palavras Chaves:** geoestatística, Moran, broca-da-coroa foliar, *Cocos nucifera*, palmeira.

## ABSTRACT

The leaf-crown borer *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) is an important pest of coconut (*Cocos nucifera* L.) and other palms (Areacaceae) of economic importance, because it attacks the base of leaves, inflorescences and infructescences, increasing the fruit abortion. The study of the geostatistical method used to know the spatial distribution of insect pests is an important tool for the adoption of effective control measures and for the development of sampling plans that help in decision making. The study aim was to evaluate the spatial and temporal distribution, and spatial autocorrelation of *E. cyparissias* in coconut plantations in the Brazilian Amazon, Pará, Brazil. The study area is a coconut plantation block plot measuring 12.5 hectare, and 157 squares of commercial planting of green dwarf coconut (*C. nucifera* L.). The Global and Local Moran Index will be used to evaluate the existence of spatial autocorrelation of the variable *E. cyparissias* infestation rate, and in addition, the correlation between symptomatology, age and forest was calculated. Dispersal patterns of *E. cyparissias* were studied using semivariograms to determine the most appropriate spatial distribution model for the species, and kriging maps were drawn. There is a spatial autocorrelation of the symptomatology of the attack in the coconut tree blocks, as well as a significant correlation between the attack by the borer and proximity to forest areas, however there is no significant correlation with the age of the coconut tree. Semivariogram, exponential and spherical models best fit to the spatial dispersion patterns of borer, showing that the infestation on the coconut is aggregate. The climatic data of temperature, precipitation and wind were not correlated with the infestation rate, with values of -0.005, -0.08 and -0.10, respectively. The results show that tools for studying the spatial distribution, geostatistic and Moran's index, are important to create sample plan reliable for integrated pest management and useful for evaluate spatial and temporal distribution of *E. cyparissias*.

**Keywords:** geostatistic, Moran, crown-leaf borer, *Cocos nucifera*, palm.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa da área experimental, contendo plantio de coco, floresta e estradas internas e espaçamento, em área comercial de coqueiro, no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ....	19
Figura 2 - Planta de coqueiro com sintoma de ataque pela broca, <i>Eupalamides cyparissias</i> (Cramer, 1775), identificado pela folha basal arriada, em direção ao chão, em área comercial de coqueiro <i>Cocos nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.....	20
Figura 3 - Região da base da coroa foliar onde são analisados os sintomas de presença da broca <i>Eupalamides cyparissias</i> (Cramer, 1775), em área comercial de coqueiro <i>Cocos nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.....	21
Figura 4 - Mapas de krigagem de infestação e distribuição de <i>E. cyparissias</i> na quadra de coqueiro J-124, nos meses de (A) julho de 2018 a (E) dezembro de 2018, em área comercial de coqueiro <i>C. nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ....	28
Figura 5 - Mapas de krigagem de infestação e distribuição da broca <i>E. cyparissias</i> na quadra de coqueiro J-124, nos meses de (F) janeiro de 2019 a (P) dezembro de 2019, em área comercial de coqueiro <i>C. nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ....	29
Figura 6 - Mapas de krigagem de infestação e distribuição da broca <i>E. cyparissias</i> na quadra de coqueiro J-124, nos meses de (Q) janeiro de 2020 a (Z) outubro de 2020, em área comercial de coqueiro <i>C. nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ....	30
Figura 7 - Semivariogramas de incidência dos sintomas do ataque de <i>E. cyparissias</i> na quadra de coqueiro J-124, de julho de 2018 (A) a agosto de 2019 (L), da broca em área comercial de coqueiro <i>C. nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ...	31
Figura 8 - Semivariogramas de incidência dos sintomas do ataque de <i>E. cyparissias</i> na quadra de coqueiro J-124, de setembro de 2019 (M) a outubro de 2020 (Z), em área comercial de coqueiro <i>C. nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ...	32
Figura 9 - Mapa das quadras de plantio de área comercial de coqueiro <i>Cocos nucifera</i> L. pertencente Fazenda Reunidas SOCOCO, no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ....	41
Figura 10 - Matriz de vizinhança para os municípios de Roraima, municípios com valor 1 são identificados vizinhos pelo critério de possuírem as mesmas fronteiras. ....	43
Figura 11 - Estruturas de vizinhança; Matriz de Contiguidade utilizadas no cálculo do índice de Moran.....	43
Figura 12 - Diagrama de dispersão do índice de Moran. Cada ponto indica uma auto correlação entre pares de áreas (vizinhos). ....	46
Figura 13 - Croqui demonstrando a medição do perímetro que cada quadra de coqueiro faz divisa com áreas de mata, utilizado para a correlação entre taxa sintomatológica do ataque com floresta. ....	47
Figura 14 - Número absoluto de plantas com sintomas de ataque por <i>E. cyparissias</i> na área experimental por mês. Período de março de 2018 a novembro de 2020, em plantio comercial	

de coqueiro <i>Cocos nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.....	49
Figura 15 - Índice de Moran Global da taxa mensal de plantas com sintomas de ataque por <i>E. cyparissias</i> , na área experimental (Anexos I, II e III).....	52
Figura 16 - Mapa de LISA cluster para correlação espacial de casos de <i>E. cyparissias</i> em quadras de coqueiro ( <i>C. icifera</i> ), do mês de março de 2018 (Mar./2018) a dezembro de 2018 (Dec./2018). Quadras vermelhas possuem alta ocorrência de plantas com sintomas de <i>E. cyparissias</i> , já quadras em azul possuem baixa ocorrência da broca. A intensidade da cor indica a relação com as quadras vizinhas, cores fortes indicam correlação positiva e cores fracas indicam autocorrelação negativa.....	57
Figura 17 - Mapa de LISA cluster para correlação espacial de casos de <i>E. cyparissias</i> em quadras de coqueiro ( <i>C. icifera</i> ), do mês de janeiro de 2019 (Jan./2019) a dezembro de 2019 (Sep./2019). Quadras vermelhas possuem alta ocorrência de plantas com sintomas de <i>E. cyparissias</i> , já quadras em azul possuem baixa ocorrência da broca. A intensidade da cor indica a relação com as quadras vizinhas, cores fortes indicam correlação positiva e cores fracas indicam autocorrelação negativa.....	58
Figura 18 - Mapa de LISA cluster para correlação espacial de casos de <i>E. cyparissias</i> em quadras de coqueiro ( <i>C. nicifera</i> ), do mês de janeiro de 2020 (Jan./2020) a novembro de 2020 (Nov./2020). Quadras vermelhas possuem alta ocorrência de plantas com sintomas de <i>E. cyparissias</i> , já quadras em azul possuem baixa ocorrência da broca. A intensidade da cor indica a relação com as quadras vizinhas, cores fortes indicam correlação positiva e cores fracas indicam autocorrelação negativa.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros ajustados dos modelos dos semivariogramas no período de julho de 2018 a outubro de 2020 em parcela de coqueiro no Estado do Pará, Brasil. ....	24
Tabela 2 – Ciclo de vida das fases do inseto <i>E. cyparissias</i> (Ferreira <i>et al.</i> , 1997; Korytkowski e Ruiz, 1979; Rai, 1973; Vasquez <i>et al.</i> , 2008). ....	26
Tabela 3 - Levantamento de plantas hospedeiras da família Aceraceae de <i>E. cyparissias</i> em três transectos na área experimental. Transecto 1, do lado leste da mata que corta a parcela J-124; Transecto 2, localizado no lado oeste da mata que corta a parcela J-124; e Transecto 3, mata que circunda a oeste a parcela.....	27
Tabela 4 – Idade, e medida do perímetro de cada quadra que faz vizinhança com áreas de mata, na área experimental (Fazenda Reunidas SOCOCO, município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil). O ano de referência para o cálculo da idade das plantas é 2022. ....	47
Tabela 5 - Estatística descritiva da porcentagem de plantas de coqueiro com sintomas de ataque por <i>E. cyparissias</i> , de março de 2018 a novembro de 2020, em plantio comercial de coqueiro <i>Cocos nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ....	49
Tabela 6 - Total de plantas com sintoma recente de ataque, frequência acumulada de plantas atacadas, taxa de crescimento do ataque. ....	50
Tabela 7 - Parâmetros da Análise do índice Global de Moran para a variável taxa mensal de plantas com sintomas de ataque por <i>E. cyparissias</i> em coqueiro, por quadra, mensalmente, em plantio comercial de coqueiro <i>Cocos nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ....	53
Tabela 8 - Teste de correlação de Spearman entre a taxa de plantas com sintomas do ataque da broca com a idade das plantas de cada quadra e o perímetro de cada quadra que é circundado por mata em plantio comercial de coqueiro <i>Cocos nucifera</i> L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil. ....	55

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	8
Referências .....	11
<b>2. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA BROCA-DA-COROA-FOLIAR <i>Eupalamides cyparissias</i> (Cramer, 1775) (LEPIDOPTERA: CASTINIIDAE) EM PLANTIO DE COQUEIRO (<i>Cocos nucifera</i> L.) NA AMAZÔNIA BRASILEIRA</b> .....	14
<b>RESUMO</b> .....	14
<b>ABSTRACT</b> .....	15
<b>2.1 Introdução</b> .....	16
<b>2.2 Material e métodos</b> .....	18
2.2.1 Área experimental .....	18
2.2.2 Material vegetal.....	19
2.2.3 Banco de dados.....	19
2.2.4 Dados climáticos e Análise estatística .....	20
2.2.5 Transsectos .....	21
2.2.6 Geoestatística .....	22
<b>2.3 Resultados e Discussão</b> .....	23
2.2.1 Distribuição espacial e temporal .....	23
2.2.2 Associação com fatores climáticos e Análise estatística.....	25
2.2.3 Foco de infestação .....	26
<b>2.4 Conclusão</b> .....	32
Referências .....	33
<b>3. ESTUDO DA AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PELO ÍNDICE DE MORAN DA BROCA-DA-COROA-FOLIAR <i>Eupalamides cyparissias</i> (Cramer, 1775) (LEPIDOPTERA: CASTINIIDAE) EM PLANTIO DE COQUEIRO (<i>Cocos nucifera</i> L.)</b> 37	
<b>RESUMO</b> .....	37
<b>ABSTRACT</b> .....	38

<b>3.1 Introdução .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 Material e métodos.....</b>	<b>40</b>
3.2.1 Área do Experimento .....	40
3.2.1 Estatística Descritiva .....	41
3.2.2 Banco de dados.....	42
3.2.3 Autocorrelação Espacial.....	42
3.2.4 Índice de Moran .....	44
3.2.4 Correlação com idade e paisagem vizinhas.....	46
<b>3.3 Resultados e Discussão .....</b>	<b>48</b>
3.3.2 Estatística descritiva.....	48
3.3.3 Análise da autocorrelação espacial .....	51
3.3.4 Correlação com floresta e idade das plantas .....	55
<b>3.4 Conclusão.....</b>	<b>59</b>
<b>Referências .....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICE I – Diagrama de espalhamento do Índice de Moran Global (I) dos meses de 2018. 63</b>	
<b>APÊNDICE II - Diagrama de espalhamento do Índice de Moran Global (I) dos meses de 2019. 64</b>	
<b>APÊNDICE III - Diagrama de espalhamento do Índice de Moran Global (I) dos meses de 2020. 65</b>	
<b>APÊNDICE IV – Teste de permutação aleatória por mensal de 2018. ....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE V – Teste de permutação aleatória por mensal de 2019.....</b>	<b>67</b>

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Provavelmente o coqueiro surgiu nas ilhas do Sudeste da Ásia entre o oceano Índico e Pacífico. Posteriormente foi levado para a Índia e para o Leste da África, em seguida para o Oeste da África chegando na América e toda a região tropical do globo. A introdução no Brasil ocorreu primeiramente com a variedade Gigante em 1553 pelos portugueses, já no século XX o anão-verde foi introduzido em 1924, a variedade de Java foi introduzida em 1939, o anão-amarelo em 1938, e o anão-vermelho em 1939 (EMBRAPA, 2006).

Em 2021 o Brasil era 5º maior produtor mundial de coco com 2,46 milhões de toneladas em 2020, com Indonésia, Índia e Filipinas os maiores produtores (FAO, 2023). Com área colhida total de 186.392 hectares, possui valor total da produção de R\$ 1,30 bilhão, o nordeste brasileiro é o maior produtor de frutos com 75 % da produção, seguido pela região sudeste com 13% e a região norte 11 % da produção. Ceará, Bahia, Alagoas, Sergipe, Pará e Rio Grande do Norte possuem os maiores plantios, com o estado do Pará o único fora da região Nordeste (IBGE, 2023). Tradicionalmente no Brasil se utiliza a variedade Gigante para a produção de coco ralado, e a partir de 1985 o uso da variedade Anão aumentou, principalmente para produção de água-de-coco. A variedade de coqueiro híbrido, resultante do cruzamento entre a Gigante e Anão, apresenta dupla aptidão, mas não tem área significativa, devido as dificuldades e custos para produção de sementes híbridas (EMBRAPA, 2006).

Do coqueiro são produzidos mais de 100 produtos diversos, tanto para consumo *in natura*, como, por exemplo, alimentos industrializados, têxteis, estofamento veicular, alimentação animal e outros. Fornece empregos para trabalhadores rurais, diretos e indiretos, nas fazenda, na agroindústria e na comercialização dos produtos, favorecendo a permanência dos trabalhadores em regiões agrícolas (FRÓES JÚNIOR *et al.*, 2019). O coco-seco é utilizado para consumo *in natura*, produção industrial de coco ralado e leite de coco, bebidas, margarinas, ração animal, óleos, álcool graxo, ácido graxo, glicerina, solventes. É utilizado na fabricação de fibras marrons longas e curtas de uso diverso. O óleo-de-coco é utilizado na indústria de sabão e detergentes, na indústria de química fina, cosméticos, saneamento domésticos, emulsificantes e estabilizantes naturais (CUENCA, 2016).

Durante o desenvolvimento do coqueiro surgem várias doenças e pragas que causam danos consideráveis, dentre elas, destaca-se a broqueadora *Eupalamides daedalus*, conhecida como broca da coroa foliar, nome popular da mariposa que é importante na cocoicultura pelo

dano causado inicialmente na base do pedúnculo das folhas e frutos, ao estipe próximo a coroa, podendo em alguns casos atingir o meristema das palmeiras causando morte desta.

As larvas iniciam o ataque se alimentando dos tecidos tenros das axilas das folhas, pedúnculos dos frutos, e do estipe criando galerias que aumentam de diâmetro com o desenvolvimento das larvas. Algumas larvas podem se alimentar do tecido das flechas e do meristema chegando a matar a planta. A praga reduz o número e tamanho de inflorescências, frutos e folhas, que caem prematuramente, aumentando o abortamento de flores. Seu ataque pode ser um atrativo para outras pragas broqueadoras como *Ryhynchophorus palmarum*, o coleoptera é atraído pelos exsudatos dos tecidos atacados (FERREIRA *et al.*, 1997; HOWARD *et al.*, 2001). Risco (1997) considera uma população alta, um plantio de coqueiro com 30,24 larvas por hectare com nível crítico de 5% das plantas atacadas pela broca. Rai (1973) relatou abortamento de 85% das flores em palmeiras atacadas.

A broca ataca além do coqueiro, a palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) as palmeiras do gênero *Maximiliana*, *Euterpe*, *Oenocarpus*, *Pritchardia*, *Livistona*, *Mauritia*, e *Roystonea*, *Mauritia carana* Wallace, *Mauritiella peruviana* Becc. Burret, *Astrocaryum murumuru* Mart., *Astrocaryum javarense* Trail ex Drude, bananeira (*Musa* spp.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e abacaxi (*Ananas comosus* L.) (HOWARD *et al.*, 2001). Além das plantas atacadas, são hospedeiras alternativas as espécies de palmeiras, *Syagrus romallzoffiana* (Cham.) Glassman, *S. schizophylla* (Mart.) Glassman, *Hyphaene thebaica* (L.) Mart., *Livistona* sp., *L. chinensis* (Jacq.) R. Brown, *Nephrosperma* sp., *Phoenix dactylifera* L., *P. rupicola* T. Anderson, *Pritchardia pacifica* Seemann and H. Wendl., *Sabal* sp., *S. blackburniana* Glazebrook ex. Schultes, *S. mexicana* Mart., *Washingtonia filifera* (Linden) H. Wendl (DELGADO; COUTURIER, 2003). A presença de plantas hospedeiras é um fator importante na distribuição de insetos pragas, pois fornecem abrigo e alimento (ZOU *et al.*, 2020).

Insetos da família Castniidae são um grupo com distribuição Pantropical, que vai desde a Península Malaia, até a Austrália, América do Sul e América Central (GONZÁLEZ; STÜNNING, 2007; MORAES; DUARTE, 2009). A broca-da-coroa-foliar *E. cyparissias* (Cramer, 1775) (Lepdoptera: Castniidae) também denominada *Cyparissius daedalus*, *Castnia daedalus*, *Eupalamides daedalus* e *Lapaeumides daedalus*. É uma praga considerada polífaga e nativa da América do Sul, e é encontrada no norte da América do Sul e na Bacia Amazônica, incluindo Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana e norte do Panamá

(ALDANA; CALVACHE; HIGUERA, 2004; EMBRAPA, 2022; HOWARD *et al.*, 2001; El barreno de los racimos de la palma aceitera, *Castnia daedalus* (Cramer), Lepidopt.: Castniidae, en la plantación de Tocache, Perú KORYTKOWSKI; RUIZ, 1979; Estado atual de las plagas da palma aceitera (*Elaeis guianensis*) en tanata (Huallaga Central, San Martin, Peru) 1979; RAI, 1973).

O adulto apresenta comportamento crepuscular, matutino e vespertino, bem característico da mariposa, voando de 10 a 15 min entre 6h e 6h 15 e entre 18h e 18h 15, a uma altura entre 1 e 4 m (FERREIRA *et al.*, 1997). Já Vasquez *et al.*, (2008) encontrou um habito de voo mais prolongado, entre 5h 30 e 6h 30 pela manhã e entre 17h 30 e 19h pela tarde. Outras mariposas da família Castniidae possuem preferência de voo em horários específicos, como por exemplo, *Paysandisia archon* (Lepidoptera: Castniidae) que voa no intervalo do meio-dia. O comportamento de voo é fundamentalmente sexual e para a dispersão da espécie, em geral 3 machos voam junto a uma fêmea, o acasalamento ocorre no final do voo quando a fêmea pousa na ponta de um folíolo e dura de 1 a 3 horas. Dependendo do local e do clima a proporção macho:fêmea pode ser de 3:1, e uma mesma fêmea pode acasalar com vários machos (KORYTKOWSKI E RUIZ, 1979a; Liégeois, Tixier e Beaudoin-Ollivier, 2016).

O coqueiro se torna suscetível ao ataque após a formação do estipe, entre 4 e 5 anos, e permanece assim até alcançar 7 metros, já a palma de óleo se torna susceptível após 5 anos. O controle químico com aplicação de inseticidas nas galerias é ineficiente devido ao grande estrago já causado pela lagarta. Medidas preventivas como o monitoramento da praga, alteração do ciclo de colheita, poda e destruição de partes infestadas, caules e frutas, são necessárias pois evitam danos maiores posteriormente. O controle no início da infestação possui mais chances de sucesso, pois minimiza os danos, evita a expansão do ataque, reduz o uso de defensivos (ALDANA; CALVACHE; HIGUERA, 2004; HOWARD *et al.*, 2001).

Para tornar o controle mais eficiente e preciso é necessário conhecer o padrão espacial de distribuição da infestação do inseto no campo, para tanto utiliza-se técnicas para melhor compreender a dependência espacial entre amostras por meio da sua localização geográfica e atributo, como por exemplo a geoestatística e o índice de Moran. A geoestatística se destaca pois tem sido aplicada com sucesso para o estudo da distribuição espacial de várias espécies de insetos (DINARDO-MIRANDA *et al.*, 2007). O método assume que há correlação das amostras em função da distância entre elas no espaço, e é utilizada para entender a

dependência espacial, distribuição espaço temporal e os padrões de colonização e expansão dos organismos e é muito utilizada para estabelecer planos de amostragem de pragas visando o entendimento de suas interrelações com as plantas. (ELLSBURY *et al.*, 1998; FARIAS *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2021; ZAKERI; MARIETHOZ, 2021). O índice de Moran ( $I$ ) é outro método que também é utilizado para compreender a distribuição espacial entre áreas vizinhas no espaço, mensurando o grau de autocorrelação espacial entre variáveis, e mapeando mudanças espaciais e temporais de um fenômeno, indicando como resultado uma correlação perfeita com forte agrupamento do fenômeno, uma perfeita dispersão, ou aleatoriedade do fenômeno (ANHÊ *et al.*, 2021; LU *et al.*, 2010).

Estudos que avaliam a distribuição espacial e temporal, como também a autocorrelação espacial da dispersão de insetos pragas são necessários para melhor entender seus padrões espaciais e como se desenvolve o ataque em plantios comerciais. Diante do exposto o estudo possui dois objetivos, (i) avaliar a distribuição espacial e temporal de *E. cyparissias* em uma quadra de plantio de coqueiro na Amazônia brasileira, nos anos de 2018 a 2020 e (ii) estudar a autocorrelação espacial pelo índice de Moran da taxa de plantas com sintomas de ataque de *E. cyparissias* das quadras de plantio de coqueiro no município de Santa Isabel, Pará, Brasil, Amazônia brasileira.

### Referências

- ALDANA, R.; CALVACHE, H.; HIGUERA, Ó. Manejo integrado de *Cyparissius daedalus* Cramer en los Llanos Orientales Integrated Management of *Cyparissius daedalus* in the Llanos Orientales. **Palmas (Colombia)**, v. 25, p. 249–258, 2004.
- ANHÊ, B. B. *et al.* Spatial autocorrelation study of fatal yellowing in organic oil palm in the Eastern Amazon. **Canadian Journal of Plant Pathology**, p. 1–12, 2021. doi/full/10.1080/07060661.2021.1946717.
- CUENCA, M. A. G. Importância econômica da cocoicultura no Brasil. In: FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S. (org.). **A cultura do coqueiro**. 2 ed. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.
- DELGADO, C.; COUTURIER, G. Relationship between *Mauritia flexuosa* and *Eupalamides cyparissias* in the Peruvian Amazon. **Palms**, v. 47, n. 2, p. 104–106, 2003.
- DINARDO-MIRANDA, L. L. *et al.* Uso da geoestatística na avaliação da distribuição de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 66, p. 449–455, 2007.
- ELLSBURY, M. M. *et al.* Geostatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence. **Environmental Entomology**, v. 27, n. 4, p. 910–917, 1998.
- EMBRAPA. **Coco**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao->

tecnologica/cultivos/coco/pre-producao/caracteristicas-da-especie/caracteristicas-botanicas/raiz. Acesso em: 12 dez. 2022.

EMBRAPA. **Coleção plantas**: coco. Brasília, DF: 2006.

FAO. **FAOSTAT**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 12 dez. 2023.

FARIAS, P. R. S. et al. Mapping *Azteca barbifex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) dispersal in georeferenced orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) orchard in the Eastern Amazon, Brazil. **Insectes Sociaux**, v. 65, p. 345–350, 2018.

FERREIRA, J. M. S. et al. **Pragas do coqueiro**. 1997. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/901200/pragas-do-coqueiro>. Acesso em: 23 set. 2021.

FRÓES JÚNIOR, P. S. M. et al. Sources of Growth and Spatial Concentration of Coconut Crop in the State of Pará, Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 2, p. 159, 2019.

GONZÁLEZ, J. M.; STÜNNING, D. The Castniinae at the Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig, Bonn (Lepidoptera: Castniidae). **Entomologische zeitschrift**, v. 117, n. 2, p. 89–93, 2007.

HOWARD, F. W. et al. **Insect on palms**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2001.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2020. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 jan. 2022.

KORYTKOWSKI, C. A.; RUIZ, E. R. El barreno de los racimos de la palma aceitera, *Castnia daedalus* (Cramer), Lepidopt.: Castniidae, en la plantación de Tocache, Perú. **Revista Peruana de Entomología**, v. 22, n. 1, p. 49–62, 1979. Disponível em: <https://revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/download/685/666>. Acesso em: 27 set. 2021.

KORYTKOWSKI, C. A.; RUIZ, E. R. Estado atual de las plagas da palma aceitera (*Elaeis guianensis*) en tanata (Huallaga Central, San Martin, Peru). **Revista Peruana de Entomología**, v. 22, n. 1, p. 17–20, 1979. Disponível em: <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/686/659>. Acesso em: 23 set. 2021.

LIÉGEOIS, M.; TIXIER, P.; BEAUDOIN-OLLIVIER, L. Use of Radio Telemetry for Studying Flight Movements of *Paysandisia archon* (Lepidoptera: Castniidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 29, n. 2, p. 199–213, 2016.

LU, X. et al. Prevalence, incidence, and spatial dependence of soybean mosaic virus in iowa. **Phytopathology**, v. 100, n. 9, p. 931–940, 2010.

MORAES, S. S.; DUARTE, M. Morfologia externa comparada das três espécies do complexo. **Revista Brasileira de Entomologia**, [s. l.], v. 53, n. 2, p. 245–265, 2009.

RAI, B. K. *Brassolis sophorae* and *Castnia daedalus*: chemical control of these major pests of coconut in Guyana. **Journal of Economic Entomology**, v. 66, p. 177–180, 1973.

RIBEIRO, A. V et al. Spatial distribution and colonization pattern of *Bemisia tabaci* in

tropical tomato crops. **Pest Management Science**, v. 77, n. 4, p. 2087–2096, 2021. Disponível em: <http://www.tomatonews.com/en/brazil-goias-is->. Acesso em: 12 jan. 2022.

RISCO, S. H. *Castinia daedalus* (Cramer, 1775): nova e perigosa praga nos coqueiros do projeto SOCOCO (Moju-PA). In: FERREIRA, J. M. S. et al (org.). **Pragas do coqueiro**. Moju: Embrapa Tabuleiros Costeiros-Capítulo em livro científico (ALICE), 1997. p. 4.

VASQUEZ, J. et al. Pest insects of the palm tree *Mauritia flexuosa* L. f., dwarf form, in Peruvian Amazonia. **Fruits**, v. 63, n. 4, p. 227–238, 2008.

ZAKERI, F.; MARIETHOZ, G. A review of geostatistical simulation models applied to satellite remote sensing: Methods and applications. **Remote Sensing of Environment**, v. 259, n. March, p. 112381, 2021.

ZOU, Y. et al. Impacts of climate change and host plant availability on the global distribution of *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Pest Management Science**, v. 76, n. 1, p. 244–256, 2020.

## 2. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA BROCA-DA-COROA-FOLIAR *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) (LEPIDOPTERA: CASTINIIDAE) EM PLANTIO DE COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.) NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

### RESUMO

A broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) é um importante praga para as culturas do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e outras palmeiras (Areacaceae) de importância econômica, atacando a base de folhas, inflorescências e infrutescências chegando a aumentar o abortamento de frutos. O estudo do método geostatístico utilizado para conhecer a distribuição espacial de inseto praga é uma ferramenta importante para a adoção de medidas de controle eficazes e para o desenvolvimento de planos de amostragem que auxiliam na tomada de decisão. O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição espacial e temporal de *E. cyparissias* em plantio de coqueiro na Amazônia brasileira, de 2018 a 2020, no município de Santa Isabel, Pará, Brasil. A área de estudo é uma quadra de plantio de coqueiro de 12,5 hectares vizinha a outras quadras e a mata, e atravessada por mata ciliar. A presença ou ausência da broca foi amostrada mensalmente no período de julho de 2018 a outubro de 2020. Padrões de dispersão de *E. cyparissias* foram estudados usando semivariogramas buscando determinar o modelo de distribuição espacial mais adequado das espécies, e mapas de krigagem foram desenhados. Modelos de semivariograma exponencial e esférico melhor se ajustaram aos padrões de dispersão espacial da broca, com alcance variando entre 20 e 160 m, evidenciando um padrão agregado no ataque ao plantio de coco. Os resultados demonstram que a geostatística é uma ferramenta importante para definir planos de amostragem confiáveis para o manejo integrado de pragas e útil para avaliar a distribuição espacial e temporal de *E. cyparissias*.

**Palavras Chaves:** geostatística, krigagem, broca-da-coroa foliar, *Cocos nucifera*, distribuição espacial, palmeira.

## ABSTRACT

The leaf-crown borer *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) is an important pest of coconut (*Cocos nucifera* L.) and other palms (Areacaceae) of economic importance, because it attacks the base of leaves, inflorescences and infructescences, increasing the fruit abortion. The study of the geostatistical method used to know the spatial distribution of insect pests is an important tool for the adoption of effective control measures and for the development of sampling plans that help in decision making. The study aim was to evaluate the spatial and temporal distribution of *E. cyparissias* in coconut plantations in the Brazilian Amazon, from 2018 to 2020, in the city of Santa Isabel, Pará, Brazil. The study area is a coconut plantation block plot measuring 12.5 hectare, adjacent to other blocks and the forest, and crossed by riparian forest. The presence or absence of the borer was sampled monthly from July 2018 to October 2020. Dispersal patterns of *E. cyparissias* were studied using semivariograms to determine the most appropriate spatial distribution model for the species, and kriging maps were drawn. Semivariogram, exponential and spherical models best fit to the spatial dispersion patterns of borer, showing that the infestation on the coconut is aggregate, forming foci with range between 20 and 160 m. The climatic data of temperature, precipitation and wind were not correlated with the infestation rate, with values of -0.005, -0.08 and -0.10, respectively. The results show that geostatistic is an important tool for create sample plan reliable for integrated pest management and useful for evaluate spatial and temporal distribution of *E. cyparissias*.

**Keywords:** geostatistic, kriging, crown-leaf borer, *Cocos nucifera*, spatial distribution, palm.

## 2.1 Introdução

A cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma importante atividade econômica no Brasil, sua cadeia produtiva gera mais de 100 produtos diversos, tanto para consumo *in natura*, como para alimentos industrializados, têxteis, estofamento veicular, alimentação animal e outros. Fornece empregos para trabalhadores rurais, diretos e indiretos, nas fazenda, na agroindústria e na comercialização dos produtos, favorecendo a permanência dos trabalhadores em regiões agrícolas (FRÓES JÚNIOR *et al.*, 2019).

Em 2021 o Brasil era 5º maior produtor mundial de coco com 2,46 milhões de toneladas em 2020, com Indonésia, Índia e Filipinas os maiores produtores (FAO, 2023). Com área colhida total de 186.392 hectares, possui valor total da produção de R\$ 1,30 bilhão, o nordeste brasileiro é o maior produtor de frutos com 75 % da produção, seguido pela região sudeste com 13% e a região norte 11 % da produção (IBGE, 2023).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é a espécie única do gênero *cocos*, da família Arecaceae (Monocotiledônea). Não possui raiz principal, mas sim um sistema fasciculado, e a base do estipe produz continuamente as raízes mais grossas (raízes primárias), com 8 a 10 mm de diâmetro, variando de 2 mil a 10 mil raízes, sua principal função é de fixar o coqueiro ao solo e apresentam baixa capacidade de absorção, é uma região clara situada logo atrás da coifa. As raízes secundárias e terciárias são responsáveis pela absorção, encontram-se nas camadas mais superficiais do solo mas podem se aprofundar dependendo da humidade do lençol freático (EMBRAPA, 2006, 2022).

O caule do coqueiro é do tipo estipe, sem ramificações, com uma gema apical na parte final do caule que quando destruído causa a morte do coqueiro. A parte final do caule é tenra e comestível (palmito), região onde se formam as folhas. A folha é penada, constituída por pecíolos ligados a raquis, pode chegar a 6 metros de comprimento com 200 a 300 folíolos de 90 a 130 cm. Sob condições ideais o coqueiro Gigante emite entre 12 e 14 folhas por ano, e o Anão emite 18 folhas. A copa apresenta de 25 a 30 folhas que permanecem vivas por 3 anos (EMBRAPA, 2022).

As inflorescências são axilares e protegidas por brácteas denominadas de espadas que ao completar seu desenvolvimento entre 3 a 4 meses se abre liberando a inflorescência que é formada pelo pedúnculo, espigas e flores. Cada espiga é composta por uma pequena quantidade de flores femininas e muitas masculinas nos dois terços terminais, podendo variar segundo as condições do estado nutricional e hídrico da planta. No coqueiro Gigante, ocorre a

fecundação cruzada, as flores masculinas abrem primeiro que as plantas femininas numa mesma planta, enquanto que no Anão ocorre muitas vezes a autofecundação (EMBRAPA, 2022).

O fruto é uma drupa, formado por epiderme lisa ou epicarpo, que envolve o mesocarpo espesso e fibroso, que por sua vez envolve uma camada muito dura. Essa camada dura, a semente, é constituída por uma camada muito fina de cor marrom, o tegumento. O albúmen sólido é uma camada interna carnosa, branca, muito oleosa, formando uma cavidade onde se fica o albúmen líquido. O embrião se localiza próximo a um dos orifícios do endocarpo e envolvido pelo albúmen sólido (EMBRAPA, 2022).

A broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) (Lepidoptera: Castniidae) é uma praga considerada polífaga e nativa da América do Sul, encontrada do norte da América do Sul a Bacia Amazônica, incluindo Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana e norte do Panamá (Howard et al., 2001). É uma broqueadora das palmeiras, importante pelo dano causado inicialmente na base e pedúnculo das folhas e frutos, ao estipe próximo a coroa, podendo em alguns casos atingir o meristema das palmeiras causando sua morte. O coqueiro se torna suscetível ao ataque após a formação do estipe, entre 4 e 5 anos, e permanece assim até alcançar 7 metros, já a palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) se torna susceptível após 5 anos (HOWARD et al., 2001).

As larvas iniciam o ataque se alimentado dos tecidos tenros das axilas das folhas, pedúnculos dos frutos, e do estipe criando galerias que aumentam de diâmetro com o desenvolvimento das larvas. Algumas larvas podem se alimentar do tecido das flechas e do meristema chegando a matar a planta. A praga reduz o número e tamanho de inflorescências, frutos e folhas, que caem prematuramente, e aumentam o abortamento de flores. Seu ataque pode ser um atrativo para outras pragas broqueadoras como *Ryhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), o coleóptero é atraída pelos exsudatos dos tecidos atacados (FERREIRA et al., 1997; HOWARD et al., 2001). Medidas preventivas como o monitoramento da praga, poda e destruição de partes infestadas, caules e frutas, são necessárias pois evitam posteriormente maiores danos (HOWARD et al., 2001).

A broca ataca além do coqueiro, a palma de óleo (*E. guineensis* Jacq.) as palmeiras do gênero *Maximiliana*, *Oenocarpus*, *Pritchardia*, *Livistona*, *Mauritia*, e *Roystonea*, *Mauritia carana* Wallace, *Mauritiella peruviana* Becc. Burret, *Astrocaryum murumuru* Mart., *Astrocaryum havarense* Trail ex Drude, as bananeira (*Musa* spp.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e abacaxi (*Ananas comosus* L.) (HOWARD et al., 2001).

Além das plantas atacadas, são hospedeiras alternativas as espécies de palmeiras, *Syagrus romallzoffiana* (Cham.) Glassman, *S. schizophylla* (Mart.) Glassman, *Hyphaene thebaica* (L.) Mart., *Livistona* sp., *Livistona chinensis* (Jacq.) R. Brown, *Nephrosperma* sp., *Phoellix dactylifera* L., *Phoellix rupicola* T. Anderson, *Pritchardia pacifica* Seemann and H. Wendl., *Sabal* sp., *Sabal blackburniana* Glazebrook ex. Schultes, *Sabal mexicana* Mart., *Washingtonia filifera* (Linden) H. Wendl (DELGADO; COUTURIER, 2003). A presença de plantas hospedeiras é um fator importante na distribuição de insetos pragas, pois fornecem abrigo e alimentos (ZOU *et al.*, 2020).

A geoestatística associado ao conhecimento sobre a distribuição espacial dos insetos é fundamental para entender a dinâmica populacional e, conseqüentemente desenvolver planos de amostragem eficazes, que auxiliam na tomada de decisão e adoção de medidas de controle mais eficientes (RIBEIRO *et al.*, 2021). Esta ferramenta tem sido aplicada com sucesso para o estudo da distribuição espacial de várias espécies de insetos (DINARDO-MIRANDA *et al.*, 2007).

A estatística clássica assume que os valores das amostras são independentes espacialmente (JOURNEL; HUIJBREGTS, 1978). A geoestatística assume a correlação das amostras em função da distância entre elas no espaço, e é utilizada para entender a dependência espacial, distribuição espaço temporal e os padrões de colonização dos organismos. A dependência é estimada pelo método de interpolação denominado krigagem, tais estimações são determinadas pelas medias dos pesos das amostras vizinhas, estes pesos são determinados com base no comportamento espacial das amostras através de um modelo de variograma, criando uma função matemática que explica a variação no espaço (FARIAS *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2021; ZAKERI; MARIETHOZ, 2021).

Depickere *et al.* (2008) afirmam que a formação de agregados é um aspecto comum dos insetos, e esse mesmo padrão pode estar ocorrendo na distribuição de *E. cyparissias*. Este estudo objetivou avaliar a distribuição espacial e temporal de *E. cyparissias* em plantio de coqueiro na Amazônia brasileira, nos anos de 2018 a 2020, no município de Santa Isabel, Pará, Brasil.

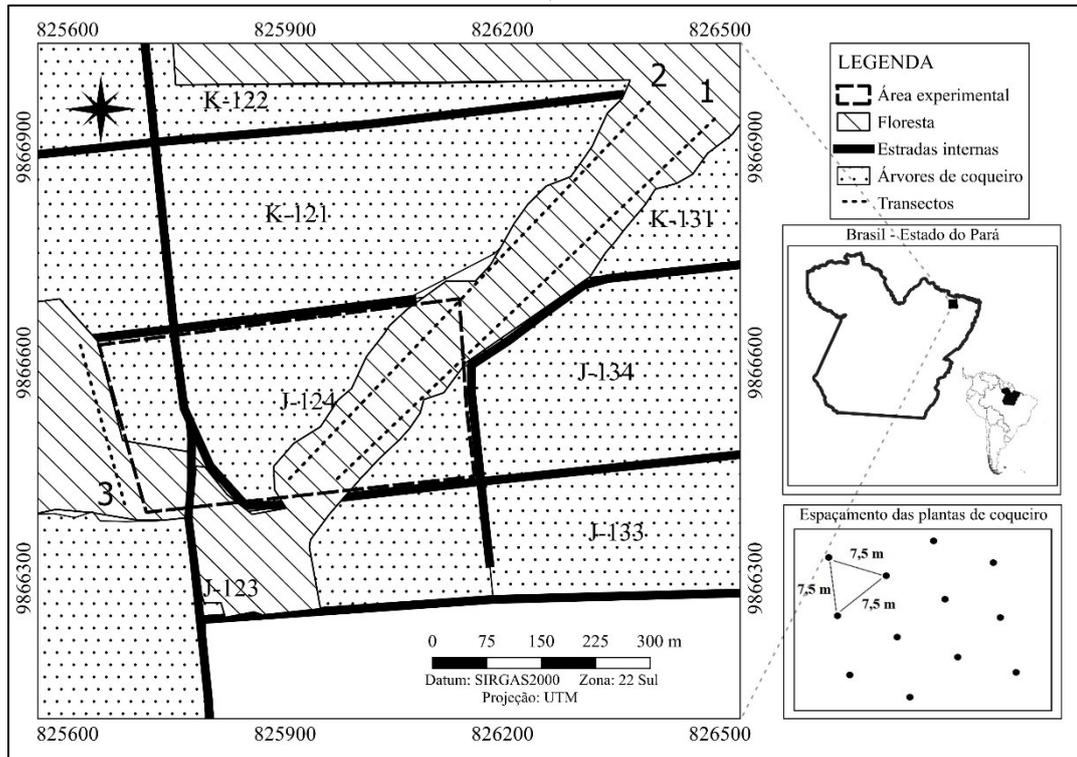
## **2.2 Material e métodos**

### **2.2.1 Área experimental**

A área de estudo está localizada no município de Santa Isabel do Pará-PA, Brasil, Amazônia Oriental, região tropical, em um plantio comercial de coqueiro (*C. nucifera* L.) destinada a extração de água na Fazenda Reunidas Sococo. Fica situado nas coordenadas,

latitude: 01°12'21,89"S e longitude: 48°04'18,57"W, e é composta por três ambiente distintos: plantio de coqueiro, estradas de fluxo de veículos, e uma mata ciliar que margeia um igarapé. A quadra estudada é denominada J-124 (Figura 1).

Figura 1 – Mapa da área experimental, contendo plantio de coco, floresta e estradas internas e espaçamento, em área comercial de coqueiro, no município de Santa Isabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.



Fonte: Autor, 2022.

O clima é classificado como Af<sub>i</sub>, de acordo com Köppen, caracterizado pelo clima tropical chuvoso, sempre úmido, sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais quente superior a 18°C, ultrapassa o total de 1.500 mm anuais, na região pode chegar a 3.000 mm anuais e umidade relativa de 80%, período de maior precipitação ocorre de janeiro a maio, e de menor vai de junho a dezembro (ALVARES *et al.*, 2014; ANDRADE *et al.*, 2017; DUBREUIL *et al.*, 2017).

### 2.2.2 Material vegetal

A área experimental é formada por coqueiros da variedade anão verde (*C. nucifera* L.), com 10 anos de idade. O plantio possui espaçamento equilátero (7,5 x 7,5 x 7,5 m), implantados em 2012, com 1.450 plantas em 12,5 hectares (Figura 1).

### 2.2.3 Banco de dados

Os dados utilizados foram obtidos pelo monitoramento mensal dos sintomas de presença da broca na planta, entre o período de julho de 2018 a outubro de 2020, da parcela

J-124, contabilizando 26 avaliações, disponibilizados pela empresa Sococo S/A. As plantas foram inspecionadas mensalmente por funcionários altamente capacitados da própria empresa, que avaliaram a presença ou ausência dos sintomas das plantas afetadas pelo ataque do inseto praga. Para a organização do banco de dados foram utilizados o sistema numérico binário, para presença ou ausência de sintomas, quando detectado a presença era inserido valor “1”, e quando ausência inserido o valor “0”. O método de identificação de presença da broqueadora utilizado na Fazenda é composto da avaliação de dois sintomas principais, folhas verdes mediana quebradas e penduradas no estipe fora da posição comum (Figura 2 e Figura 3), e presença de galerias longitudinais superficiais ou perfurações no estipe nos 20 cm abaixo coroa foliar com; não é necessário a presença dos dois sintomas para atestar a presença da broca, e o método é uma adaptação baseada em Risco (1997) e Korytkowski, Cheslavo, Ruiz, (1979).

Figura 2 - Planta de coqueiro com sintoma de ataque pela broca, *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775), identificado pela folha basal arriada, em direção ao chão, em área comercial de coqueiro *Cocos nucifera* L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.



Fonte: Autor (2021).

#### 2.2.4 Dados climáticos e Análise estatística

O banco de dados bruto da estação meteorológica em Castanhal-PA de código A202 e latitude: -1,300875 e longitude -47,947967, é agrupado em vinte quatro intervalos de horas de todos os dias, com a direção do vento no sentido horário partindo do norte (0°). Os dados de direção do vento de julho de 2018 a outubro de 2020 nos quatro intervalos de hora, de 5h às 6h, 6h às 7h, 17h às 18h e 18h às 19h (0500 UTC, 0600 UTC, 1700 UTC e 1800 UTC) foram comparados e correlacionados aos mapas de krigagem, com objetivo de analisar a influência da direção do vento na taxa de plantas com sintomas de ataque pela broca. Calculou-se a

média mensal da direção do vento e cada média de direção foi classificada como pertencente a uma das 16 classes que variavam de 0° a 360° com intervalos de 22,5° (INMET, 2021).

As taxas mensais de plantas com sintomas foram correlacionadas com os dados climáticos mensais de precipitação média (mm), velocidade média do vento (m/s), temperatura média (°C) e direção do vento (°), utilizando o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) e Spearman ( $\rho$ ). O teste de Shapiro Wilk a 5% foi usado para testar a hipótese nula de normalidade das variáveis, caso as duas variáveis fossem normalizadas aplicava a correlação de Pearson, e se pelo menos um não fosse normalizada aplicava o teste de Spearman. Os cálculos estatísticos foram feitos no software Rstudio. As fontes dos dados meteorológicos foram o site do INMET (2022), dos anos de 2018, 2019 e 2020, a estação meteorológica de Castanhal, PA (código: A202) (BEST; ROBERTS, 1975; R CORE TEAM, 2022; TOUTENBURG; HOLLANDER; WOLFE, 1973).

Figura 3 - Região da base da coroa foliar onde são analisados os sintomas de presença da broca *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775), em área comercial de coqueiro *Cocos nucifera* L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.



Fonte: Autor (2021).

### 2.2.5 Transectos

Foram feitos três transectos na área experimental para amostragem e identificação de plantas hospedeiras nas florestas circundantes a área experimental. Dois na floresta ciliar que corta a quadra, de um lado e do outro do rio, com 820 metros cada, e outro na floresta que fica na lateral oeste da quadra J-124 com 450 metros (Figura 1). Foram identificados e quantificados as populações de Arecaceae, principais grupos de plantas hospedeiras da broca (HOWARD et al., 2001; DELGADO; COUTURIER, 2003).

### 2.2.6 Geoestatística

A análise da geoestatística seguiu a metodologia de Farias et al. (2002), que usa o posicionamento geográfico e os valores das amostras de cada ponto. Em seguida, foi calculado a semivariância dos pares de amostras, função de variância em relação a distância analisada. O semivariograma é um gráfico que representa a semivariância em função da distância, e é estimado pela função:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i - h)]^2 \quad (1)$$

Onde:  $\gamma^*(h)$  é semivariância estimada para uma distância  $h$ ;  $N(h)$  é número de pares de plantas amostradas presença ou ausência de *E. cyparissias*,  $[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$ , é a diferença entre os valores das amostras separados por uma distância  $h$  específica. Neste estudo, cada planta amostrada é um ponto no espaço com a informação de localização (latitude e longitude), e presença ou ausência da praga no coqueiro (Eq. 1).

O semivariograma permite a inferência de valores não amostrados, quando ocorre dependência espacial entre as amostras o aumento na semivariância ocorre em consequência do aumento da distância de pares de amostras, chegando a estabilizar no patamar (C), que teoricamente representa a variação amostral. O alcance (a) é a distância a partir da qual a semivariância se estabiliza, e dentro deste intervalo os pares de amostras possuem relação contínua, pares de amostras com distância acima do valor do alcance possuem interação aleatória, adicionalmente representa o raio de um círculo onde as amostras internas estão correlacionadas. O efeito pepita ( $C_0$ ) são variações aleatórias devido ao erro amostral ou a descontinuidade de um semivariograma próximo a origem, quando as distâncias entre as unidades amostrais são menores que a menor distância amostral (FARIAS *et al.*, 2018; MATHERON, 1963; VIEIRA *et al.*, 1983).

Para a elaboração de mapas detalhados e precisos, e para avaliação do estudo, é necessário interpolar entre os pontos amostrados, estimando a dependência espacial entre as amostras vizinhas, para tanto utiliza-se a fórmula:

$$Z^*(X_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

Onde:  $z^*$  é estimativa,  $x_0$  é combinação linear dos valores das medidas vizinhas,  $N$  é número dos valores medidos envolvidos na estimativa e  $Z(x_i)$ ,  $\lambda_i$  é peso associada a cada valor medido (Eq. 2).

Cada avaliação mensal passou por testes de ajuste aos modelos linear, esférico, exponencial e gaussiano, utilizando o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) como critério para de seleção do modelo que melhor se ajustou, segundo Depickere et al. (2008), que utiliza como

critério de aceite de ajuste  $R^2$  maior que 80%. Posteriormente, foi calculado o grau de dependência espacial (SDI), segundo método de Cambardella et al. (1994), onde  $SDI < 0,025$  indica forte dependência espacial, IDE entre 0,25 e 0,75 indica moderada e  $IDE > 0,75$  indica fraca dependência espacial. Todos os ajustes dos semivariogramas aos modelos matemáticos, e a confecção de mapas interpolados pelo método de krigagem foram feitos utilizando o programa computacional Surfer (Golden Software) (BRANDÃO *et al.*, 2017; DOWNING, 1986; LI *et al.*, 2021; MARTINS *et al.*, 2018).

## 2.3 Resultados e Discussão

### 2.2.1 Distribuição espacial e temporal

A broca possui padrão agregado de distribuição espacial e temporal quando ataca o plantio de coqueiro, Depickere et al. (2008) confirma esse padrão, afirmando que é improvável que insetos tenham uma distribuição uniforme, e a formação de agregado é uma característica comum. Dentre vários fatores estão o comportamento e o hábito de voo, mais especificamente a hábito de voo crepuscular da broca, com o objetivo de acasalar e ovopositar em coqueiros (FERREIRA *et al.*, 1997; Estado atual de las plagas da palma aceitera (*Elaeis guianensis*) en tanata (Huallaga Central, San Martin, Peru) KORYTKOWSKI; RUIZ, 1979).

O modelo exponencial obteve o melhor ajuste na maioria dos meses avaliados, sendo ajustado em um total de 18 meses, o modelo esférico obteve ajuste em um total de 8 meses, havendo então predominância para o ajuste ao modelo exponencial. De acordo com Brandão et al. (2017) que avaliou a distribuição espacial de *Opsiphanes invirae* (Lepidoptera: Nymphalidae) na cultura da palma de óleo, esses padrões esférico e exponencial são os que melhor se ajustam para *O. invirae*, entretanto com predominância para o modelo esférico no seu estudo. *O. invirae* obteve alcances que variaram de 990 a 3700 m em palma, diante dos 20 a 160 m da *E. cyparissias* em coqueiro. O alcance variou de 15 m a 160 m, o menor valor ocorreu em fevereiro de 2020, mês o qual o coeficiente de determinação foi abaixo de 80%, segundo o critério de Depickere et al. (2008). Contabilizando somente com os modelos  $R^2$  acima de 80%, o alcance variou de 20 a 160 m.

A área de agregação no plantio de coqueiro variou de 1256 a 80.384 m<sup>2</sup>. Os dados sugerem que aproximadamente sejam conferidos de 8 plantas/hectare a 1 planta a cada 8 hectares para se obter uma estimação confiável da população da broca no plantio nos meses menor e maior alcance, de julho de 2018 e julho de 2019, respectivamente, de acordo com as

áreas de agregação, o espaçamento dos coqueiros e o alcance dos modelos de semivariograma e mapas de grigagem (Figura 7 e Figura 8).

Apesar de ser uma mariposa grande, *E. cyparissias* tem um valor de alcance baixo em comparação com outras mariposas e brocas que atacam palmeiras. Esse baixo valor de alcance pode ser explicado pelas poucas horas de voo diário de *E. cyparissias*, e como a fêmea voa mais que o macho, além de ser grande e pesada, carrega grande quantidade de ovos, o que contribui pra que não voe muito e fique próximo a margem de florestas, o que leva a um menor parâmetro de dispersão e alcance do semivariograma em relação a outras pragas de palmeiras, *Rhynchophorus palmarum* (L.) (100 a 710 metros), *Metamazius hemipterus* (L.) (78 a 199 metros), *O. invirae* (990 a 3700 m). Se comparado com outras insetos que atacam outras culturas mantem seu baixo alcance, por exemplo *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) (82 a 317,321 metros), *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) (180 a 550 metros), *Diabrotica barberi* (Coleoptera: Chrysomelidae) (172 a 281 metros) (BRANDÃO *et al.*, 2017; DIONISIO *et al.*, 2015, 2020; ELLSBURY *et al.*, 1998; HOWARD *et al.*, 2001; Estado atual de las plagas da palma aceitera (*Elaeis guianensis*) en tanata (Huallaga Central, San Martin, Peru) KORYTKOWSKI; RUIZ, 1979; El barreno de los racimos de la palma aceitera, *Castnia daedalus* (Cramer), Lepidopt.: Castniidae, en la plantación de Tocache, Perú 1979; LI *et al.*, 2021; LIÉGEOIS; TIXIER; BEAUDOIN-OLLIVIER, 2016; PINHO *et al.*, 2016).

O índice de dependência espacial é calculado pela razão entre o efeito pepita ( $C_0$ ) o efeito total ( $C_0+C_1$ ), no estudo a broca mostrou dependência espacial moderada durante a maioria do período avaliado, os valores variaram entre valores com dependência forte de 0,19 em set./2020 a dependência moderada de 0,69 em jan. de 2019 (CAMBARDELLA *et al.*, 1994). Nenhuma amostra obteve grau de dependência fraco, somente nos meses finais de maio, junho, setembro e outubro de 2020, apresentou dependência forte (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros ajustados dos modelos dos semivariogramas no período de julho de 2018 a outubro de 2020 em parcela de coqueiro no Estado do Pará, Brasil.

Mês	Infestação (%) <sup>(a)</sup>	Parâmetros			Modelo	$R^2$ <sup>(b)</sup>	k <sup>(c)</sup>	Dependência Espacial
		$C_0$	$C_1$	a (m)				
Jul/18	3,6%	0,014	0,0065	20	Exponencial	92,5%	0,32	Moderado
Set/18	5,0%	0,018	0,013	28	Exponencial	97,4%	0,42	Moderado
Out/18	13,1%	0,034	0,045	45	Exponencial	99,0%	0,57	Moderado
Nov/18	8,7%	0,037	0,015	130	Esférico	98,7%	0,29	Moderado
Dez/18	6,3%	0,015	0,026	45	Exponencial	99,2%	0,63	Moderado
Jan/19	12,7%	0,026	0,059	53	Exponencial	99,8%	0,69	Moderado

Fev/19	17,4%	0,036	0,069	107	Esférico	99,5%	0,66	Moderado
Mar/19	13,5%	0,039	0,044	110	Esférico	98,7%	0,53	Moderado
Mai/19	16,3%	0,044	0,053	110	Esférico	99,4%	0,55	Moderado
Jun/19	19,6%	0,058	0,054	110	Esférico	99,0%	0,48	Moderado
Jul/19	18,1%	0,066	0,042	160	Esférico	99,4%	0,39	Moderado
Ago/19	16,4%	0,047	0,051	130	Esférico	99,3%	0,52	Moderado
Set/19	10,5%	0,064	0,028	70	Exponencial	87,6%	0,30	Moderado
Out/19	24,1%	0,045	0,096	50	Exponencial	99,7%	0,68	Moderado
Nov/19	30,8%	0,06	0,123	70	Exponencial	99,5%	0,67	Moderado
Dez/19	8,3%	0,03	0,023	35	Exponencial	96,3%	0,46	Moderado
Jan/20	19,8%	0,0325	0,011	90	Exponencial	97,1%	0,25	Moderado
Feb/20	7,2%	0,02	0,0185	15	Exponencial	78,6%	0,48	Moderado
Mar/20	19,7%	0,054	0,056	38	Exponencial	99,3%	0,51	Moderado
Abr/20	28,3%	0,088	0,09	130	Exponencial	98,7%	0,51	Moderado
Mai/20	7,4%	0,03	0,0097	30	Exponencial	99,5%	0,24	Forte
Jun/20	3,0%	0,0136	0,0034	20	Exponencial	90,6%	0,20	Forte
Jul/20	33,7%	0,107	0,074	80	Exponencial	99,3%	0,41	Moderado
Ago/20	21,0%	0,06	0,052	43	Exponencial	99,8%	0,46	Moderado
Set/20	5,9%	0,029	0,0067	55	Exponencial	99,2%	0,19	Forte
Out/20	5,2%	0,0215	0,0067	34	Esférico	99,1%	0,24	Forte

<sup>(a)</sup> Taxa de plantas com sintomas recente de ataque por *E. cyparissias*;

<sup>(b)</sup> Coeficiente de determinação utilizado para validar os modelos que melhor se ajustaram,  $\geq 80\%$ . Modelos com  $R^2 < 80\%$  não tiveram um bom ajustamento ao modelo;

<sup>(c)</sup> Índice de dependência espacial;

## 2.2.2 Associação com fatores climáticos e Análise estatística

Os dados climáticos, temperatura média, velocidade média do vento, precipitação média e direção do vento não tiveram correlação significativa com a sintomatologia do ataque, com valores do índice de Pearson de 0,00004, e Spearman -0,13, -0,2183 0,08, respectivamente, indicando neste estudo que a infestação de *E. cyparissias* sofre pouca ou nenhuma influência destes fatores climáticos no seu desenvolvimento. Este comportamento se deve em parte ao hábito crepuscular dos adultos e do local onde se encontram as pupas e larvas, dentro do estípe das palmeiras, protegidos de intempéries, o que difere de outros insetos que sofrem forte influência de fatores climáticos (DEPICKERE; FRESNEAU; DENEUBOURG, 2008; FARIAS *et al.*, 2018), como por exemplo a praga do coqueiro *R. palmarum*, cuja a população sofre influência da chuva, e não tem duração e horário de voo curta e restrito comparado a *E. cyparissias* (CYSNE *et al.*, 2013; JESÚS *et al.*, 2022; PINHO *et al.*, 2016).

Liégeois e Tixier *et al.* (2016) ao estudar a distância percorrida pela mariposa *Paysandisia archon* na Europa encontrou correlação significativa entre distância e umidade relativa do ar, entre 20% e 32% UR, preferência de voo em dias não nublados e em baixas velocidade do vento, no entanto não encontrou correlação entre distância e temperatura do ar,

resultados similares para *E. cyparissias*, sendo que as duas mariposas são da mesma família castniidae, e possuem comportamentos similares. Em nosso estudo não foi estudado separadamente a dispersão de cada sexo, mas Liégeois e Tixier et al. (2016) conclui que há uma diferença entre os sexos, pois a fêmea de *P. archon* percorreram distâncias maiores, enquanto machos demonstram comportamento bastante territorial, comum em alguns castnídeos. Outro ponto importante que explica a falta de correlação com fatores climáticos é o pouco tempo de vida da fase adulta, somente 4 % do tempo de vida total (Tabela 2), em tese esta fase sofre mais com os fatores climáticos, precipitação e velocidade do vento, comparado com a fase larval, pois seu tempo de voo é curto, menos de 1 h por dia, e quando está estacionado no estipe do coqueiro fica protegido de gotículas de chuva, do vento e da radiação solar.

Tabela 2 – Ciclo de vida das fases do inseto *E. cyparissias* (Ferreira *et al.*, 1997; Korytkowski e Ruiz, 1979; Rai, 1973; Vasquez *et al.*, 2008).

<b>Ovo</b>	10	a	21	dias	4%
<b>Lagarta</b>	144	a	403	dias	84%
<b>Pupa</b>	30	a	35	dias	7%
<b>Adulto</b>	12	a	18	dias	4%
<b>Total</b>	6,53	a	16	meses	

### 2.2.3 Foco de infestação

Os mapas da Figura 4 mostram uma tendência de agregação e distribuição que inicia e expande pela margem da área de floresta que corta a quadra de coqueiro J-124. A mata ciliar que corta a quadra de coqueiro J-124 (Figura 1) possui um foco da praga que inicia na margem da floresta e expande para o interior do plantio, tanto na direção noroeste quanto sudeste (Figura 4). Um fator importante na distribuição de insetos pragas é a presença de plantas hospedeiras, pois fornecem abrigo e alimentos e tem grande influência na distribuição do inseto hospede, e pode estar ligado ao surgimento deste foco de agregação (ZOU *et al.*, 2020), no transecto feito nas áreas de floresta as espécies de areacaceae mais encontradas foram *Astrocarium mumbaca*, a mais encontradas nos três transectos, seguido por *Euterpe oleraceae*, *Socratea exorrhiza*, *Oenocarpus bacaba* e *Geonoma deversa* (Tabela 3).

Segundo Moraes e Duarte (2009) muitas das espécies da subfamília Castniinae se alimentam quase que exclusivamente de monocotilédones, e muitas das lagartas da família Castniidae são brocas de plantas da família Aceráceas (COSTA, 2015). *A. mumbaca* na literatura não é identificada como hospede da broca mas sim *Astrocaryum murumuru* (Mart.)

e *Astrocaryum javarense* (Trail ex Drud), já os gêneros *Euterpe* e *Oenocarpus* são plantas hospedeiras, indicando a presença delas nas área experimental (DELGADO; COUTURIER, 2003; HOWARD *et al.*, 2001). Pinho *et al.* (2016) verificou a relação da floresta vizinha ao plantio com o surgimento focos de infestação com *R. palmarum* em palma de óleo, inseto esse que apresenta similaridade ao *E. cyparissias* causando broqueamento nas palmeiras. A broca dos citros *Ecdytolopha aurantiana* (Lepidoptera, Tortricidae) apresenta o mesmo padrão de ataque em citros, em geral começa próximo a áreas arborizadas, que provavelmente encontra uma variedade de hospedeiros silvestres, assim como pode estar ocorrendo com *E. cyparissias* (PARRA *et al.*, 2004).

O movimento de espécies entre habitat é fenômeno comum de muitas espécies, e o movimento de organismos de habitats naturais para agroecossistemas é um fenômeno muito estudado. Muitas vezes organismos estão à procura de outras fontes (alimentos, acasalamento, abrigo, microclima e etc.) que estão separados no espaço, este fenômeno denominado “complementação de paisagens” ocorre quando paisagens contêm dois ou mais recursos não substituíveis e separados espacialmente, e é importante para vertebrados como mariposas, para parasitoides na relação entre hospedeiro e seus recursos alimentares, abelhas a procura de locais de nidificação que possuam quantidade significativa de néctar e pólen, e etc. Mariposas podem migrar entre plantas hospedeiras em vista do suprimento de néctar por flores, e as mariposas de *E. cyparissias* podem estar a procura de outras fontes além das plantas hospedeiras, saindo de habitat naturais, como florestas para o plantio de coqueiro, fonte abundante de alimento, fator que explica o aumento populacional (TSCHARNTKE *et al.*, 2012).

Tabela 3 - Levantamento de plantas hospedeiras da família Aceraceae de *E. cyparissias* em três transectos na área experimental. Transecto 1, do lado leste da mata que corta a parcela J-124; Transecto 2, localizado no lado oeste da mata que corta a parcela J-124; e Transecto 3, mata que circunda a oeste a parcela.

Nome popular	Nome científico	Ocorrências	Total de Indivíduos	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
Mumbaca	<i>Astrocarium mumbaca</i> (Mart.)	60	134	57	42	35
Açaízeiro	<i>Euterpe oleracea</i> (Mart.)	27	95	62	20	13
Paxiubeira	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.)	15	31	1	5	25
Bacabeira	<i>Oenocarpus bacaba</i> (Mart.)	9	15	1	12	0
Ubim	<i>Geonoma deversa</i> (Poiteau) Kunth	3	5	1	4	0

Figura 4 - Mapas de krigagem de infestação e distribuição de *E. cyparissias* na quadra de coqueiro J-124, nos meses de (A) julho de 2018 a (E) dezembro de 2018, em área comercial de coqueiro *C. nucifera* L., no município de Santa Isabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.

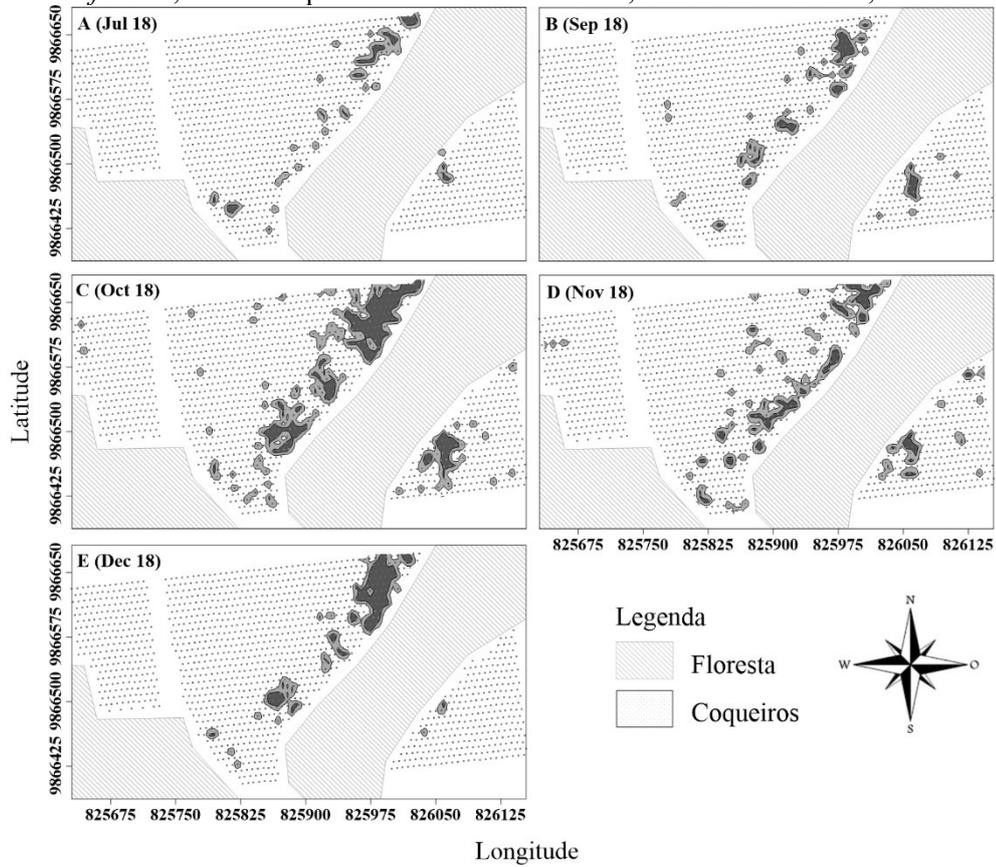
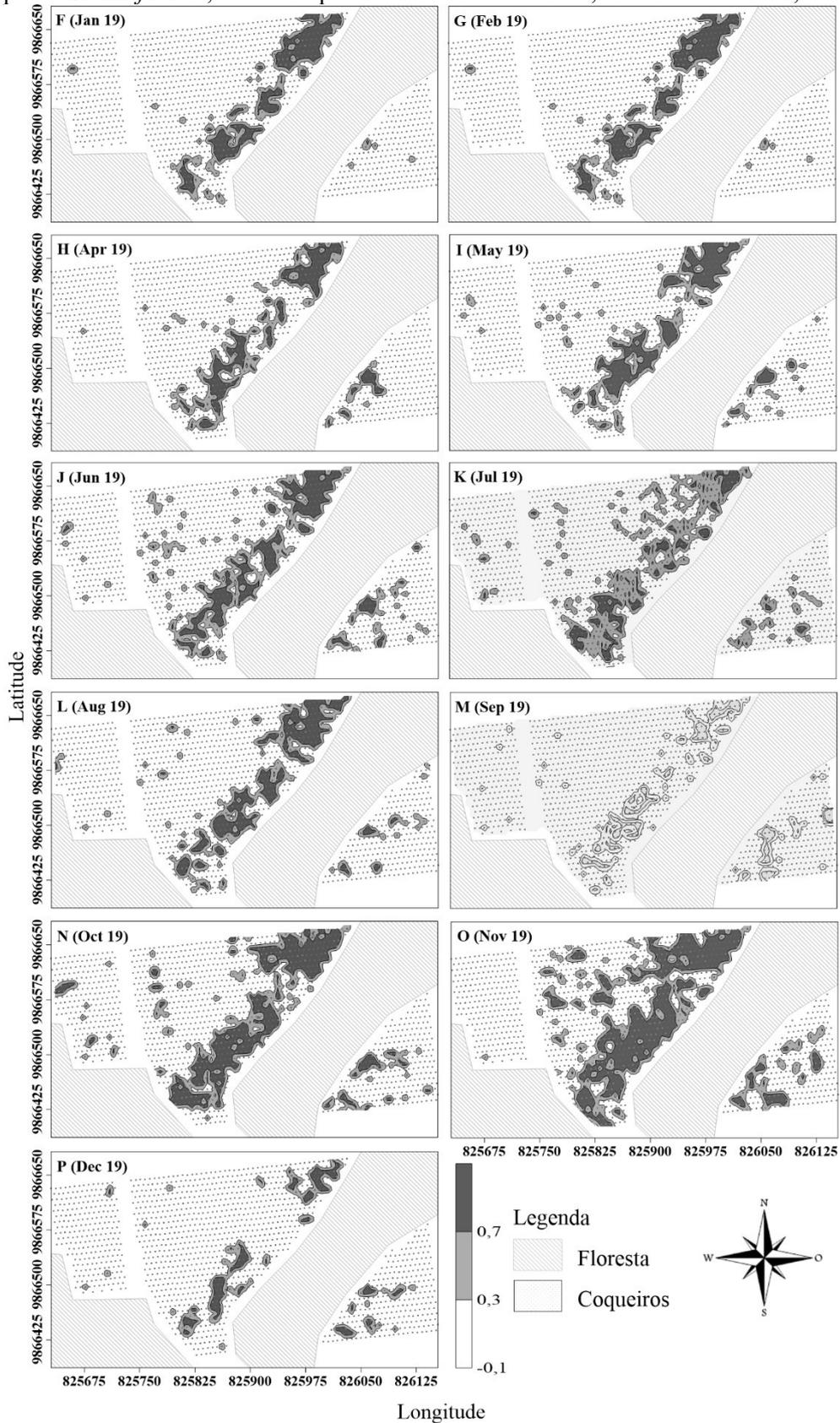
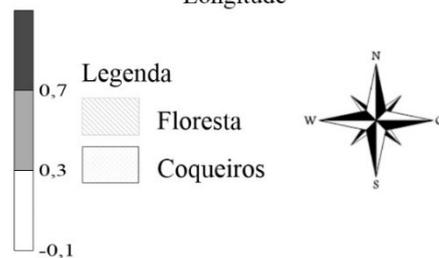
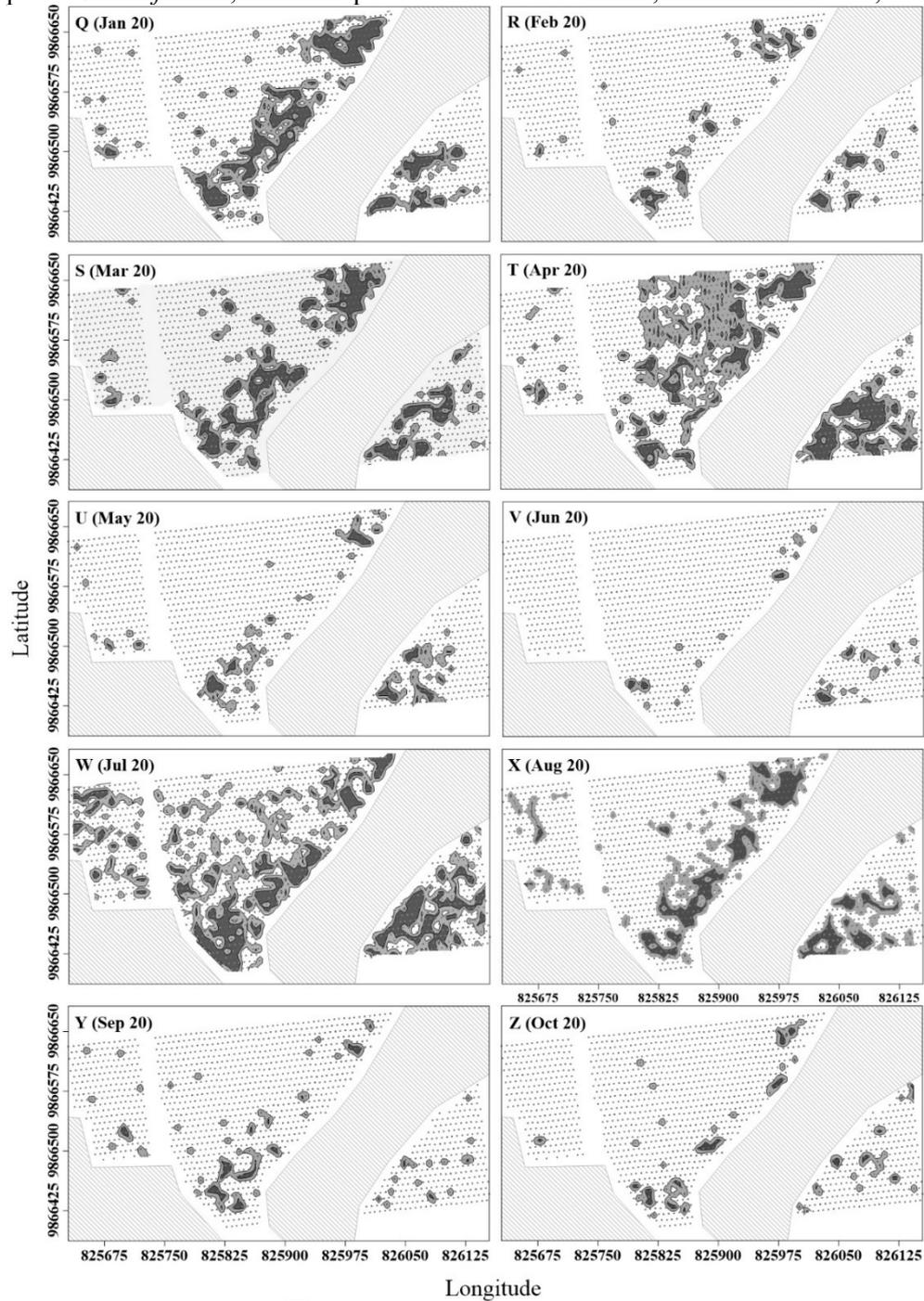


Figura 5 - Mapas de krigagem de infestação e distribuição da broca *E. cyparissias* na quadra de coqueiro J-124, nos meses de (F) janeiro de 2019 a (P) dezembro de 2019, em área comercial de coqueiro *C. nucifera* L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.



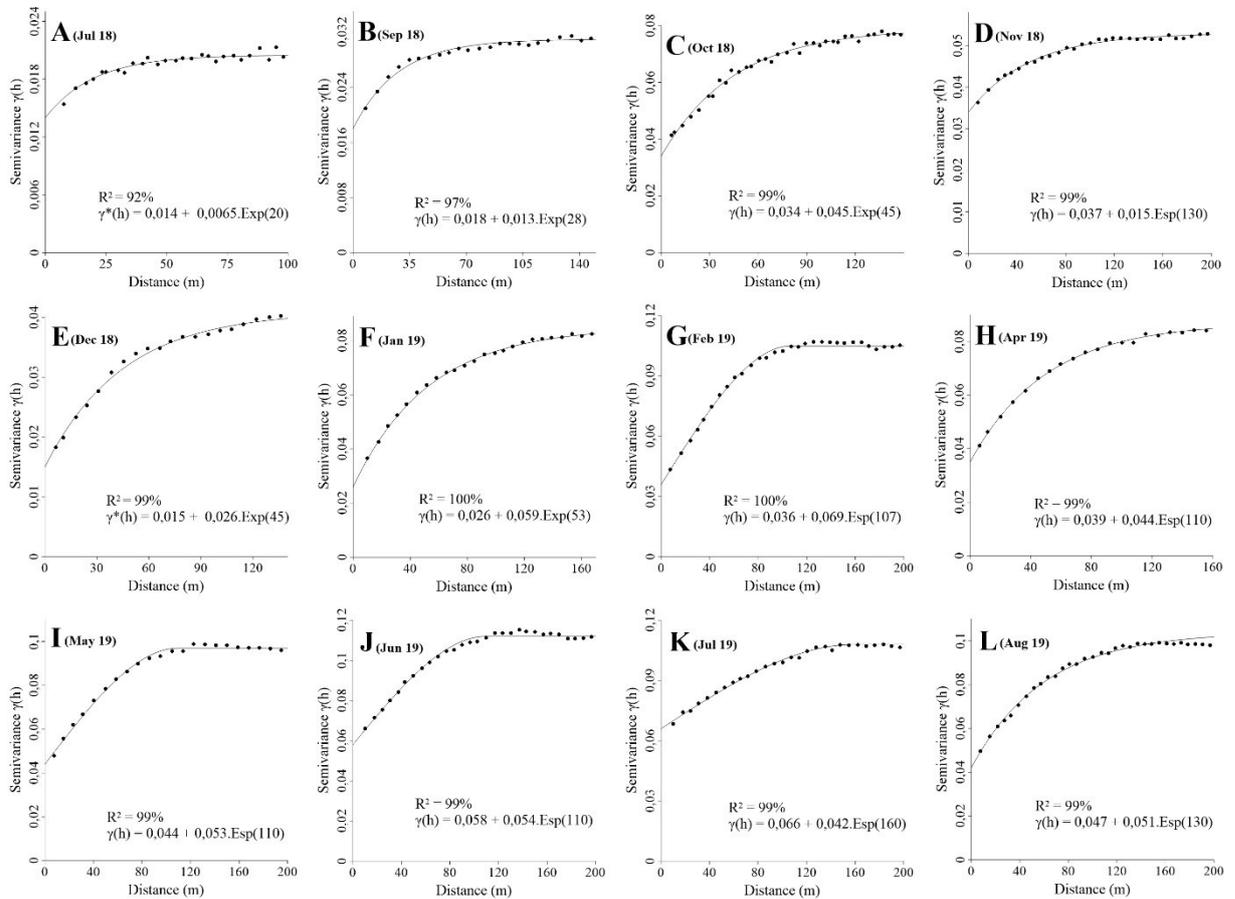
Fonte: Autor (2023)

Figura 6 - Mapas de krigagem de infestação e distribuição da broca *E. cyparissias* na quadra de coqueiro J-124, nos meses de (Q) janeiro de 2020 a (Z) outubro de 2020, em área comercial de coqueiro *C. nucifera* L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.



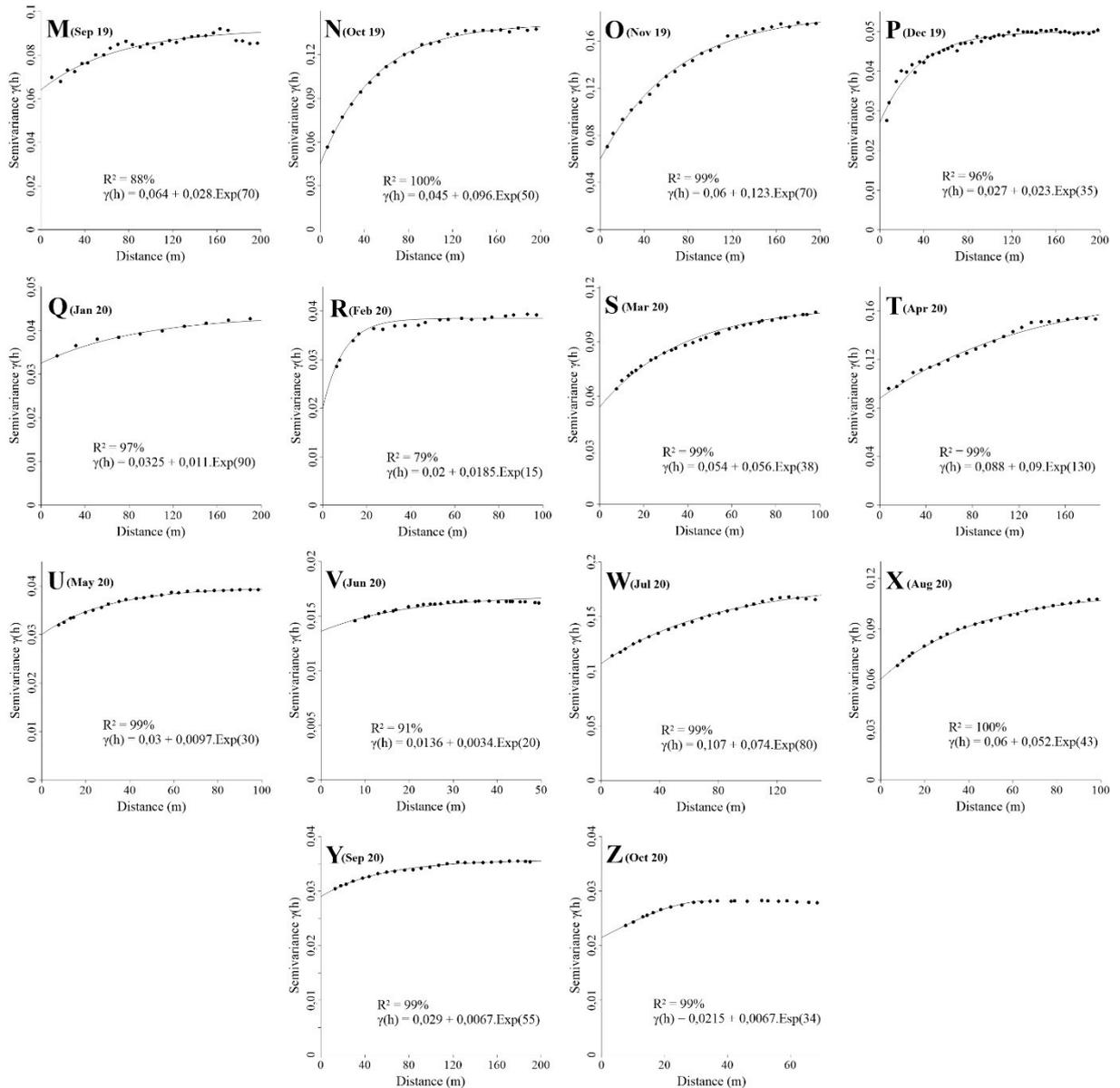
Fonte: Autor (2023)

Figura 7 - Semivariogramas de incidência dos sintomas do ataque de *E. cyparissias* na quadra de coqueiro J-124, de julho de 2018 (A) a agosto de 2019 (L), da broca em área comercial de coqueiro *C. nucifera* L., no município de Santa Isabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.



Fonte: Autor (2022)

Figura 8 - Semivariogramas de incidência dos sintomas do ataque de *E. cyparissias* na quadra de coqueiro J-124, de setembro de 2019 (M) a outubro de 2020 (Z), em área comercial de coqueiro *C. nucifera* L., no município de Santa Isabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.



Fonte: Autor (2022)

Portanto, seria eficaz aos produtores da cultura do coqueiro, intensificar a verificação de presença de plantas de coqueiros afetadas pela *E. cyparissias* nas margens das matas e matas ciliares, pois essas apresentam maior possibilidade de serem atacadas por esse inseto praga, em decorrência destes terem grande possibilidade de surgirem desse tipo de habitat. Outra medida importante seria verificar a presença de plantas hospedeiras nas áreas vizinhas ao plantio.

## 2.4 Conclusão

*E. cyparissias* apresenta distribuição agregada em plantio de coqueiro, descritas pelos modelos de semivariograma experimental, exponencial e esférico, que melhor se ajustaram aos padrões de distribuição espacial da broca.

O nível de infestação da broca não foi afetado por temperatura, precipitação e velocidade do vento, e sim por influência de diferentes habitats com infestação da cultura ocorrendo predominantemente na margem de florestas e mata ciliares, formando agregados com alcance que varia de 20 a 160 metros. É necessário a intensificação da amostragem e controle nestas áreas.

### Referências

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- ANDRADE, V. M. S. DE *et al.* Considerações sobre clima e aspectos edafoclimáticos da mesorregião Nordeste paraense. *In*: CORDEIRO, I M C C; RANGEL-VASCONCELOS, L G T; SCHUARTZ, G.; OLIVEIRA, F. DE A. (ORG). (Ed.). . **Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias**. Belém: EDUFRA, 2017. p. 59–96.
- BEST, D. J.; ROBERTS, D. E. Algorithm AS 89: the upper tail probabilities of Spearman's rho. **Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)**, v. 24, n. 3, p. 377–379, 1975.
- BRANDÃO, A. DE S. *et al.* Spatial and temporal distribution of *Opsiphanes invirae* (Lepidoptera: Nymphalidae) in oil palm, Pará State, Brazil. **Rev. Bras. Cienc. Agrar**, v. 12, n. 4, p. 464–469, 2017.
- CAMBARDELLA, C. A. *et al.* Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501–1511, 1994.
- COSTA, D. DE L. **Estudo químico e morfológico da broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) de areáceas**. [s.l.: s.n.].
- CYSNE, A. Q. *et al.* Population dynamic *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on oil palm trees in the Amazonas State. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 197–202, 2013.
- DELGADO, C.; COUTURIER, G. Relationship between *Mauritia flexuosa* and *Eupalamides cyparissias* in the Peruvian Amazon. **Palms**, v. 47, n. 2, p. 104–106, 2003.
- DEPICKERE, S.; FRESNEAU, D.; DENEUBOURG, J.-L. Effect of social and environmental factors on ant aggregation: A general response? **Journal of insect physiology**, v. 54, n. 9, p. 1349–1355, 2008.
- DINARDO-MIRANDA, L. L. *et al.* Uso da geoestatística na avaliação da distribuição de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 66, p. 449–455, 2007.
- DIONISIO, L. F. S. *et al.* Distribuição espacial de *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) em plantio de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq) em Roraima. **Revista**

**Agro@Mambiente on-Line**, v. 9, n. 3, p. 327, 2015.

\_\_\_\_\_. Spatial distribution of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in oil palm, Roraima State, Brazil. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, 2020.

DOWNING, J. A. Spatial heterogeneity: evolved behaviour or mathematical artefact? **Nature**, v. 323, n. 6085, p. 255–257, 1986.

DUBREUIL, V. *et al.* Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo**, n. 41, 2017.

ELLSBURY, M. M. *et al.* Geostatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence. **Environmental Entomology**, v. 27, n. 4, p. 910–917, 1998.

EMBRAPA. **Coleção plantas: coco**. Brasília, DF: [s.n.].

\_\_\_\_\_. **Coco**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/coco/pre-producao/caracteristicas-da-especie/caracteristicas-botanicas/raiz>>. Acesso em: 12 dez. 2022.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<https://www.fao.org>>.

FARIAS, P. R. S. *et al.* Using geostatistical analysis to evaluate the presence of *Rotylenchulus reniformis* in cotton crops in Brazil: Economic implications. **Journal of Nematology**, v. 34, n. 3, p. 232, 2002.

\_\_\_\_\_. Mapping *Azteca barbifex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) dispersal in georeferenced orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) orchard in the Eastern Amazon, Brazil. **Insectes Sociaux**, v. 65, p. 345–350, 2018.

FERREIRA, J. M. S. *et al.* **Pragas do coqueiro**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/901200/pragas-do-coqueiro>>. Acesso em: 23 set. 2021.

FRÓES JÚNIOR, P. S. M. *et al.* Sources of Growth and Spatial Concentration of Coconut Crop in the State of Pará, Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 2, p. 159, 2019.

HOWARD, F. W. *et al.* **Insect on palms**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2001.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

INMET. **Mapa das estações**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 20 set. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

JESÚS, G. *et al.* Cost-benefit of trapping and population fluctuation of *Rhynchophorus palmarum* L. in coconut (*Cocos nucifera* L.) genotypes Costo-beneficio del trampeo y fluctuación poblacional de *Rhynchophorus palmarum* L. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v. 28, n. 3, 2022.

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London: Academic Press,

1978.

KORYTKOWSKI, C. A.; RUIZ, E. R. El barrenamiento de los racimos de la palma aceitera, *Castnia daedalus* (Cramer), Lepidopt.: Castniidae, en la plantación de Tocache, Perú. **Revista Peruana de Entomología**, v. 22, n. 1, p. 49–62, 1979a.

\_\_\_\_\_. Estado actual de las plagas da palma aceitera (*Elaeis guianensis*) en tanata (Huallaga Central, San Martín, Perú). **Revista Peruana de Entomología**, v. 22, n. 1, p. 17–20, 1979b.

LI, J.-Y. *et al.* Spatio-temporal distribution patterns of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in a fine-scale agricultural landscape based on geostatistical analysis. **Scientific Reports**, v. 11, p. 13622, 2021.

LIÉGEOIS, M.; TIXIER, P.; BEAUDOIN-OLLIVIER, L. Use of Radio Telemetry for Studying Flight Movements of *Paysandisia archon* (Lepidoptera: Castniidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 29, n. 2, p. 199–213, 2016.

MARTINS, J. C. *et al.* Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. **Pest management science**, v. 74, n. 1, p. 30–36, 2018.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, v. 58, n. 8, p. 1246–1266, 1963.

MORAES, S. S.; DUARTE, M. Morfologia externa comparada das três espécies do complexo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 2, p. 245–265, 2009.

PARRA, J. R. P. *et al.* Development of a control alternative for the citrus fruit borer, *Ecdyolopha aurantiana* (Lepidoptera, Tortricidae): from basic research to the grower. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n. 4, p. 561–567, 2004.

PINHO, R. C. *et al.* Spatial distribution of *Rhynchophorus palmarum* in oil palm on the Pará State, Amazon. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 1, p. 22–31, 2016.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing** Vienna, Austria, 2022. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

RAI, B. K. *Brassolis sophorae* and *Castnia daedalus* - chemical control of these major pests of coconut in Guyana. **Journal of Economic Entomology**, v. 66, p. 177–180, 1973.

RIBEIRO, A. V. *et al.* Spatial distribution and colonization pattern of *Bemisia tabaci* in tropical tomato crops. **Pest Management Science**, v. 77, n. 4, p. 2087–2096, 2021.

RISCO, S. H. *Castnia daedalus* (Cramer, 1775): nova e perigosa praga nos coqueiros do projeto SOCOCO (Moju-PA). In: FERREIRA, J. M. S. ET AL (Ed.). **Pragas do coqueiro**. Moju: Embrapa Tabuleiros Costeiros-Capítulo em livro científico (ALICE), 1997. p. 4.

TOUTENBURG, H. (1975); HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A. **Nonparametric statistical methods**. New York: John Wiley & Sons, 1973.

TSCHARNTKE, T. *et al.* Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. **Biological reviews**, v. 87, n. 3, p. 661–685, 2012.

VASQUEZ, J. *et al.* Pest insects of the palm tree *Mauritia flexuosa* L. f., dwarf form, in Peruvian Amazonia. **Fruits**, v. 63, n. 4, p. 227–238, 2008.

VIEIRA, S. R. *et al.* Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51, n. 3, p. 1–75, 1983.

ZAKERI, F.; MARIETHOZ, G. A review of geostatistical simulation models applied to satellite remote sensing: Methods and applications. **Remote Sensing of Environment**, v. 259, n. March, p. 112381, 2021.

ZOU, Y. *et al.* Impacts of climate change and host plant availability on the global distribution of *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Pest Management Science**, v. 76, n. 1, p. 244–256, 2020.

### **3. ESTUDO DA AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL PELO ÍNDICE DE MORAN DA BROCA-DA-COROA-FOLIAR *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) (LEPIDOPTERA: CASTINIIDAE) EM PLANTIO DE COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.)**

#### **RESUMO**

A broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) é um importante praga para as culturas do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e outras palmeiras (Areacaceae) de importância econômica, atacando a base de folhas, inflorescências e infrutescências acarretando o aumento do abortamento de frutos. O objetivo deste estudo é avaliar a correlação espacial da taxa de plantas com sintomas de ataque por *E. cyparissias* das quadras de plantio de coqueiro na Amazônia brasileira, de 2018 a 2022, no município de Santa Isabel, Pará, Brasil. A área de estudo é uma fazenda subdividida em 157 quadras de plantio comercial de coqueiro anão verde (*C. nucifera* L.) O Índice de Moran Global e Local foi utilizado para verificar a existência de autocorrelação espacial da variável sintomatologia do ataque de *E. cyparissias* das 157 quadras com as quadras vizinhas. Complementarmente foi calculado a correlação entre sintomatologia, idade e floresta. A sintomatologia é calculada pela razão entre número de plantas com sintomas recentes de ataque pela broca e o total de plantas de uma quadra. Existe autocorrelação espacial da sintomatologia do ataque nas quadras de coqueiro, com também há correlação significativa entre o ataque pela broca e proximidade a áreas de mata, no entanto não há correlação significativa com a idade do coqueiro.

**Palavras Chaves:** Moran, autocorrelação espacial, broca-da-coroa foliar, *Cocos nucifera*, distribuição espacial.

## ABSTRACT

The leaf-crown borer *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) is an important pest of coconut (*Cocos nucifera* L.) and other palms (Areacaceae) of economic importance, attacking the base of leaves, inflorescences and infructescences causing increase in fruit abortion. The objective of this study is to evaluate the spatial correlation of the infestation rate of *E. cyparissias* in coconut plantation blocks in the Brazilian Amazon, from 2018 to 2020, in the city of Santa Isabel, Pará, Brazil. The study area is a farm subdivided into 157 squares of commercial planting of green dwarf coconut (*C. nucifera* L.). The Global and Local Moran Index will be used to evaluate the existence of spatial autocorrelation of the variable *E. cyparissias* infestation rate in the 157 blocks with neighboring. In addition, the correlation between symptomatology, age and forest was calculated. The infestation rate is calculated by the ratio between the number of plants attacked by the borer and the total number of plants in a block. There is a spatial autocorrelation of the symptomatology of the attack in the coconut tree blocks, as well as a significant correlation between the attack by the borer and proximity to forest areas, however there is no significant correlation with the age of the coconut tree.

**Keywords:** Moran, spatial autocorrelation, crown-leaf borer, *Cocos nucifera*, spatial distribution, palm.

### 3.1 Introdução

No Brasil, a cultura do coqueiro mantém ou/e gera em média três empregos diretos a cada hectare plantado e quatro empregos indiretos a cada emprego direto. A partir dessa relação e a área plantada no Brasil em 2020, foram gerados ou/e mantidos 566.403 empregos diretos e 2.265.612 empregos indiretos, totalizando 2.832.015 empregos mantidos ou/e gerado em 2020 no Brasil (CUENCA, 2016).

A broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Cramer, 1775) (Lepidoptera: Castniidae), nomenclatura atual dada por Lamas (1995), possui os sinônimos *Cyparissius daedalus* (Cramer), *Castnia daedalus* (Cramer), *Eupalamides daedalus* (Cramer) e *Lapaeumides daedalus* (Cramer). É uma praga considerada polífaga e nativa da América do Sul, encontrada do norte da América do Sul a Bacia Amazônica, incluindo Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana e norte do Panamá (Howard et al., 2001).

A broca possui comportamento crepuscular bem característico, voando de 10 a 15 minutos entre 6h e 6h 15 e entre 18h e 18h 15, a uma altura entre 1 e 4 m. Este hábito de voo pode ser mais longo, entre 5h 30 e 6h 30 pela manhã e entre 17h 30 e 19h pela tarde Vasquez et al., (2008). O comportamento de voo é fundamentalmente sexual e para a dispersão da espécie, em geral, 3 machos voam junto a uma fêmea, e o acasalamento ocorre no final do voo quando a fêmea pousa na ponta de um folíolo, durando de 1 a 3 horas. A proporção de macho:fêmea é de 4:1, e uma mesma fêmea pode acasalar com vários machos (FERREIRA et al., 1997; El barrenó de los racimos de la palma aceitera, *Castnia daedalus* (Cramer), Lepidopt.: Castniidae, en la plantación de Tocache, Perú KORYTKOWSKI; RUIZ, 1979).

Um indivíduo da espécie *E. cyparissias* pode viver, em média, de 6,5 a 15,5 meses de vida, do ovo ao adulto. O período de incubação do ovo dura de 10 a 15 dias, podendo chegar a 17 dias. A lagarta possui ciclo de vida que varia de 144 a 403 dias (4,7 a 13,2 meses), com média de 233 dias (7,6 meses), com 14 instares. Já a pupa possui período pupal de 30 a 35 dias. O macho tem longevidade de 12 a 13 dias e as fêmeas de 15 a 18 dias. (Ferreira et al., 1997; Korytkowski e Ruiz, 1979; Rai, 1973; Vasquez et al., 2008).

A broca ataca além do coqueiro, a palma de óleo (*E. guineensis* Jacq.) as palmeiras do gênero *Maximiliana*, *Oenocarpus*, *Pritchardia*, *Livistona*, *Mauritia*, e *Roystonea*, *Mauritia carana* Wallace, *Mauritiella peruviana* Becc. Burret, *Astrocaryum murumuru* Mart., *Astrocaryum havarensense* Trail ex Drude, bananeira (*Musa* spp.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e abacaxi (*Ananas comosus* L.) (Howard et al., 2001).

Além das plantas atacadas, são hospedeiras alternativas as espécies de palmeiras, *Syagrus romallzoffiana* (Cham.) Glassman, *S. schizophylla* (Mart.) Glassman, *Hyphaene thebaica* (L.) Mart., *Livistona* sp., *L. chinensis* (Jacq.) R. Brown, *Nephrosperma* sp., *Phoellix dactylifera* L., *P. rupicola* T. Anderson, *Pritchardia pacifica* Seemann and H. Wendl., *Sabal* sp., *S. blackburniana* Glazebrook ex. Schultes, *S. mexicana* Mart., *Washingtonia filifera* (Linden) H. Wendl (DELGADO; COUTURIER, 2003). A presença de plantas hospedeiras é um fator importante na distribuição de insetos pragas, pois fornecem abrigo e alimentos (Zou et al., 2020).

O índice de Moran (*I*) é utilizado para mensurar o grau de autocorrelação espacial entre variáveis, ou áreas vizinhas no espaço, como também mapear mudanças espaciais e temporais de um fenômeno. É a ferramenta de análise espacial mais difundida para caracterizar a autocorrelação entre unidades de área e a mais comumente usada para analisar dados geográficos. Seus parâmetros são uma medida padronizada da correlação entre áreas vizinhas. Os valores do índice variam entre -1 a 1, valores próximos a 1 indicam similaridade entre as variáveis ou áreas vizinhas, já valores próximos a -1 indicam dissimilaridade. Valores próximo a 0 indicam falta de autocorrelação e independência espacial do fenômeno estudado. Valores de *I* igual a 1 indicam uma correlação perfeita, com forte agrupamento do fenômeno, já quando iguais a -1 indicam uma perfeita dispersão, e quando iguais a 0 indicam aleatoriedade do fenômeno (ANHÊ *et al.*, 2021; COCU *et al.*, 2005; LU *et al.*, 2010).

O objetivo deste estudo é avaliar a autocorrelação espacial da sintomatologia do ataque por *E. cyparissias* nas quadras de plantio de coqueiro na Amazônia brasileira, de 2018 a 2020, no município de Santa Isabel, Pará, Brasil.

### 3.2 Material e métodos

#### 3.2.1 Área do Experimento

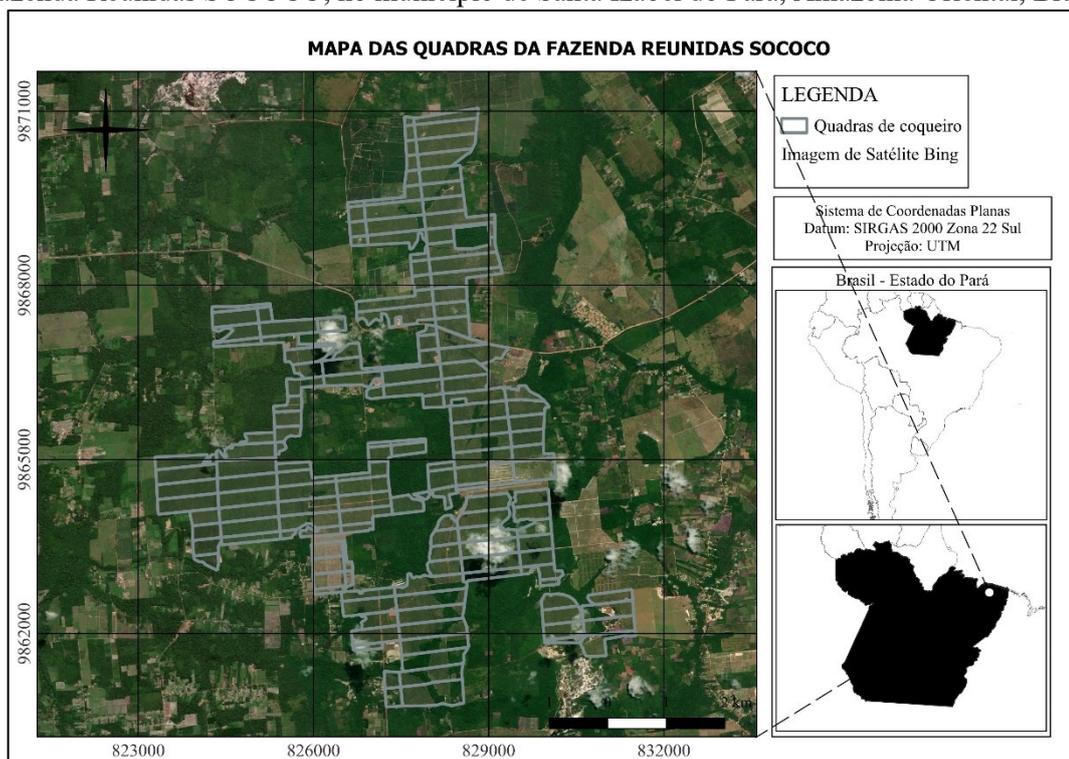
A área de estudo está localizada no município de Santa Isabel do Pará-PA, Brasil, Amazônia Oriental, denominada Fazenda Reunidas SOCOCO com área total de 3.567 hectares subdividida em 157 quadra de plantio comercial de coqueiro anão verde (*C. nucifera* L.) destinada a extração de água. Fica situado nas coordenadas, latitude: 01°12'21,89"S e longitude: 48°04'18,57"W, possui espaçamento equilátero (7,5 x 7,5 x 7,5 m) (

Figura 9).

O clima é classificado como Afi, de acordo com Köppen, caracterizado pelo clima tropical chuvoso sempre úmido, sem estação seca definida, com temperatura média do mês

mais quente superior a 18°C, ultrapassa o total de 1.500 mm anuais, podendo chegar, chegar a 3.000 mm anuais na região do experimento, umidade relativa de 80%, período de maior precipitação ocorre de janeiro a maio, e de menor vai de junho a dezembro (Andrade et al., 2017; Dubreuil et al., 2017).

Figura 9 - Mapa das quadras de plantio de área comercial de coqueiro *Cocos nucifera* L. pertencente Fazenda Reunidas SOCOCO, no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.



Fonte: Autor (2022).

### 3.2.1 Estatística Descritiva

Os dados utilizados foram obtidos pelo monitoramento mensal dos sintomas de presença da broca no coqueiro disponibilizados pela empresa Sococo S/A, com período de janeiro de 2018 a novembro de 2020, em 157 quadras de plantio de coqueiro. As plantas foram inspecionadas mensalmente por funcionários capacitados da empresa que avaliaram a presença ou ausência dos sintomas das plantas afetadas pelo ataque do inseto praga. O método de identificação de presença da broqueadora utilizado na Fazenda é composto da avaliação de dois sintomas principais, folhas medianas verdes quebradas e penduradas no estipe fora da posição comum, e presença de galerias longitudinais superficiais ou perfurações no estipe nos 20 cm abaixo coroa foliar; não é necessário a presença dos dois sintomas para atestar a presença da broca, e o método é uma adaptação baseada em Risco (1996), e Korytkowski, Cheslavo e Ruiz (1979). A porcentagem de infestação de cada

quadra foi dada pela razão entre n.º de plantas com presença de sintomas recentes de ataque por *E. cyparissias* na quadra e n.º total de plantas da quadra. Foram calculados e analisados o coeficiente de variação, assimetria, curtose.

As taxas mensais de presença de sintomas de ataque passaram pelo teste de Tukey (0,05) para identificar diferença significativa entre os meses. Para tanto os dados foram transformados, passando de 157 repetições (quadras) para 13 médias, a fim de que fosse possível o cálculo no RStudio. Cada mês tinha 13 repetições (médias das 157 quadras do plantio).

### 3.2.2 Banco de dados

Os dados utilizados foram obtidos pelo monitoramento mensal dos sintomas de presença da broca na planta de janeiro de 2018 a novembro de 2020, em 157 quadras de plantio de coqueiro, disponibilizados pela empresa Sococo S/A. As plantas foram inspecionadas mensalmente por funcionários capacitados da empresa que avaliaram a presença ou ausência dos sintomas das plantas afetadas pelo ataque do inseto praga. O método de identificação de presença da broqueadora utilizado na Fazenda é composto da avaliação de dois sintomas principais, folhas medianas verdes quebradas e penduradas no estipe fora da posição comum, e presença de galerias longitudinais superficiais ou perfurações no estipe nos 20 cm abaixo coroa foliar; não é necessário a presença dos dois sintomas para atestar a presença da broca, e o método é uma adaptação baseada em Risco (1996), e Korytkowski, Cheslavo e Ruiz (1979). A porcentagem de infestação de cada quadra foi dada pela razão entre n.º de plantas com presença de sintomas recentes de ataque por *E. cyparissias* na quadra e n.º total de plantas da quadra.

### 3.2.3 Autocorrelação Espacial

A estatística espacial possui várias aplicações e pode ser usada para o mapeamento de doenças, monitoramento de problemas ambientais, em estudos ecológicos e identificação de aglomerados espaciais (*cluster*). O “*Cluster*” espacial é um agregado de um evento, que pode ser uma doença, concentração de minerais, crimes e ataques de insetos em uma determinada área, este evento é foco de pesquisas na área da estatística espacial. Os tipos de dados utilizados na pesquisa basicamente são pontos referenciados (x, y, z) ou áreas vizinhas ou próximas.

A autocorrelação espacial é uma medida geral da associação espacial de dados provenientes de um mesmo conjunto que indicam a existência ou não de dependência

espacial. Seus valores variam de -1 a 1, com valores próximos a zero indicando a ausência de autocorrelação espacial significativa entre os vizinhos. Valores positivos indicam autocorrelação positiva, ou seja, os vizinhos tendem a ser semelhantes, já valores negativos indicam autocorrelação negativa com vizinhos que apresentam valores de um certo atributo diferentes (BRASIL, 2007; EMBRAPA, 2004).

A forma como serão analisadas as relações entre vizinhos se dá pela construção da matriz de vizinhança, ou matriz de pesos espaciais, ferramenta utilizada para indicar a relação espacial de cada área do estudo com as demais. A matriz pode conter a lista de vizinhos de cada área, ou a distância máxima para uma área ser considerada vizinho, não somente pelo encontro entre seus limites (Figura 10). Já a matriz de pesos quantifica a estrutura de dependência espacial, onde cada uma dos elementos  $w_{ij}$  é uma medida de proximidade entre  $A_i$  e  $A_j$ . Para o experimento foi utilizado a lista de vizinhos de primeira ordem para indicar os pesos da contiguidade dos pares de vizinhos, ou seja, os vizinhos identificados pelo critério de encontro de fronteiras, não entrando na lista os vizinhos dos vizinhos ou uma distância máxima e mínima (ARAÚJO; URIBE-OPAZO; JOHANN, 2014; BRASIL, 2007; COCU *et al.*, 2005).

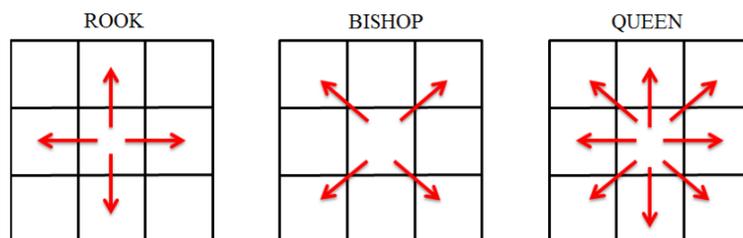
Figura 10 - Matriz de vizinhança para os municípios de Roraima, municípios com valor 1 são identificados vizinhos pelo critério de possuírem as mesmas fronteiras.

	Amajari	Alto Alegre	Boa Vista	Bonfim	Cantá	Caracarái	Caroebe	Iracema	Mucajái	Normandia	Pacaraima	Rorainópolis	São João da Baliza	São Luiz	Uiramutã
Amajari		1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Alto Alegre	1		1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Boa Vista	1	1		1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Bonfim	0	0	1		1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cantá	0	0	1	1		1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Caracarái	0	0	0	1	1		1	1	0	0	0	1	1	1	0
Caroebe	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	1	0	0
Iracema	0	1	0	0	1	1	0		1	0	0	0	0	0	0
Mucajái	0	1	1	0	1	0	0	1		0	0	0	0	0	0
Normandia	0	0	1	1	0	0	0	0	0		1	0	0	0	1
Pacaraima	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0	1
Rorainópolis	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		1	1	0
São João da Baliza	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1		1	0
São Luiz	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1		0
Uiramutã	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	

Fonte: Brasil (2007).

As medidas de contiguidade podem ser de 3 tipos:

Figura 11 - Estruturas de vizinhança; Matriz de Contiguidade utilizadas no cálculo do índice de Moran.



Fonte: Domingues (2017)

Rook ou torre: considera como vizinhos as unidades que possuem fronteiras comuns, em que a unidade vizinha é definida da forma  $w_{ij} = 1$ , caso contrário  $w_{ij} = 0$ . As relações de vizinhança são calculadas entre vizinhos fronteiros localizados nas direções ortogonais (norte, sul, leste e oeste);

Bishop ou bispo: considera como vizinhas as unidades que possuem vértices comuns, em que a unidade vizinha é definida da forma  $w_{ij} = 1$ , caso contrário  $w_{ij} = 0$ . As relações de vizinhança são calculadas entre vizinhos fronteiros localizados nas direções diagonais (nordeste, noroeste, sudeste e sudoeste);

Queen ou rainha: considera como vizinhas as unidades que possuem fronteiras ou vértices comuns, em que a unidade vizinha é definida da forma  $w_{ij} = 1$ , caso contrário  $w_{ij} = 0$ . As relações de vizinhança são calculadas entre vizinhos fronteiros localizados em todas as direções diagonais (norte, sul, leste, oeste, nordeste, noroeste, sudeste e sudoeste).

Distância: no tipo de matriz distância, é traçado um raio de distância ou número de vizinhos mais próximos, e é classificado como vizinhos as áreas dentro ou parcialmente dentro do círculo formado pelo raio (DOMINGUES, 2017).

### 3.2.4 Índice de Moran

A análise de agrupamentos é utilizado para descobrir padrões de associação espacial, e por consequência identificar zonas de similaridade (*hot spot*) e de dissimilaridade (*cold spot*) (COCU *et al.*, 2005). O Indicador Local de Associação Espacial (*Local Indicator of Spatial Association-LISA*) segundo Anselin (1995), é qualquer estatística que satisfaça dois requisitos: primeiramente, deve dar uma indicação dos agrupamentos espaciais (*cluster*) significativos de valores similares dentro do conjunto de dados analisados (polígonos), e a somatório dos indicadores locais (LISA) para todas as observações é proporcional ao índice de Moran Global. O índice de Moran Local foi usado como base para um teste de hipótese

nula de não associação espacial, os agrupamentos locais são identificados como locais ou conjunto de locais contíguos no espaço para qual o valor LISA é significativo. Para tanto foi utilizado o teste de pseudosignificância, que são permutações que produzem os pseudo níveis de significância, no qual o valor da área  $z_i$  (área observada) é mantido fixo, não permutável, e os valores dos vizinhos são permutados aleatoriamente, para cada conjunto de dados calculado é gerado um valor de índice. Para cada local apenas os valores dos vizinhos são reamostrados gerando o valor da pseudosignificância. A análise da autocorrelação espacial, Índice de Moran Global e Local, foi calculada usando o software GeoDA 1.20.

O Índice de Moran Local é utilizado para avaliar a existência de autocorrelação espacial de uma variável em uma determinada região com as áreas vizinhas, além de gerar valores específicos para cada área através de clusters espaciais (CELEBIOGLU; DALL'ERBA, 2010). O índice de Moran Global é calculado pela eq.1:

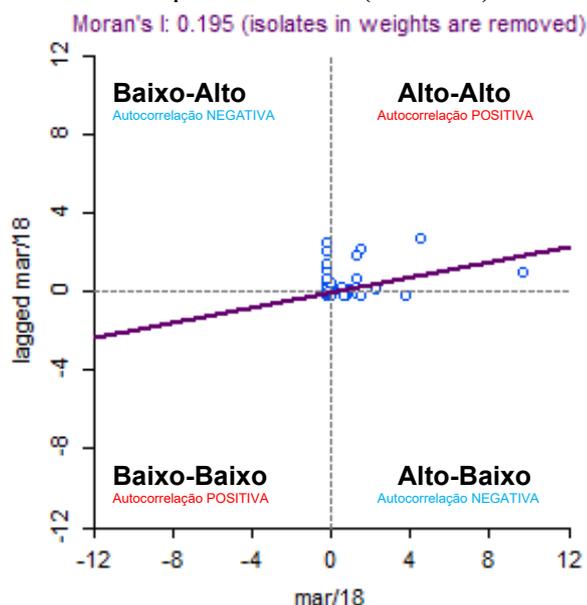
$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n z_i z_j w_{ij}}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (1)$$

Em que,  $n$  é o número de populações ou áreas,  $z_i$  é desvio padrão da parcela analisada e  $z_j$  é desvio padrão da parcela vizinha, para  $i \neq j = 1, \dots, n$  e  $n$  valores observados das populações  $i$  e  $j$  centradas na média da variável  $x$  em estudo;  $w_{ij}$  é o elemento da matriz de pesos  $W$ ,  $n \times n$ , a qual expressa a relação espacial entre as  $n$  populações, e  $S_0$  é definida pela eq.(2):

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (2)$$

Neste estudo utilizou-se a matriz de peso espacial baseada na proximidade da convenção de contiguidade do tipo Rainha (queen), pois relaciona todas as amostras que fazem fronteira (EMBRAPA, 2004; SEFFRIN; ARAÚJO; BAZZI, 2018). O cálculo do diagrama de dispersão de Moran é realizado para a visualização da autocorrelação espacial e a medida global de associação linear espacial entre os seus vizinhos divididos em quatro quadrantes: alto-alto (AA), alto-baixo (AB) e baixo-alto (BA) e baixo-baixo (BB) (ALMEIDA, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2015). O I de Moran esperado é dado por  $E(I) = [-1/(n-1)]$ , valores positivos indicam correlação positiva, valores negativos indicam correlação negativa, e valores nulos indicam ausência de correlação espacial.

Figura 12 - Diagrama de dispersão do índice de Moran. Cada ponto indica uma auto correlação entre pares de áreas (vizinhos).

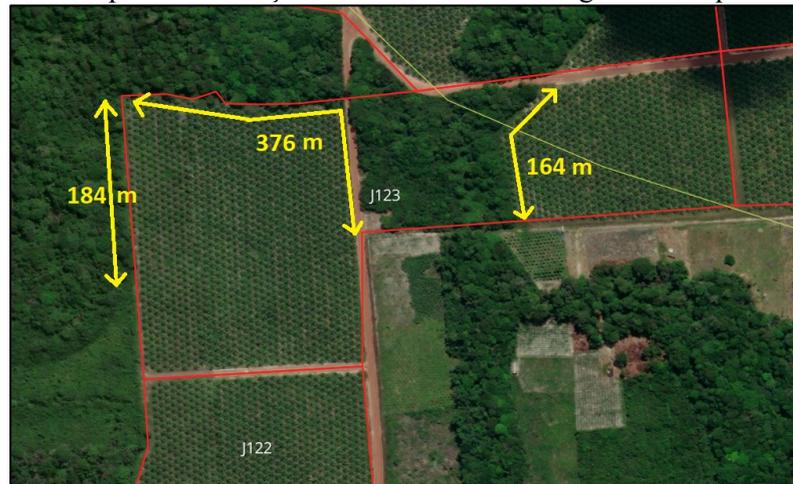


Fonte: Autor (2022).

#### 3.2.4 Correlação com idade e paisagem vizinhas

Foram correlacionados a sintomatologia do ataque pela broca de cada parcela com o perímetro em metros que cada quadra faz de vizinhança **com áreas de floresta**, para tanto mediu no QGIS quantos metros cada parcela faz vizinhança com área de floresta. Foram correlacionadas a sintomatologia do ataque dos meses de janeiro de 2018 a novembro de 2020, procurando identificar se há associação entre proximidade com áreas de floresta e o aumento da infestação. Adicionalmente, a sintomatologia foi correlacionada a idade de cada parcela afim de identificar associação entre as duas variáveis (Tabela 4). Os dados passaram pelo teste de normalidade de Shapiro-wilk, para a escolha de teste a ser utilizado, que pode ser a correlação de Pearson ou Spearman, buscando encontrar associação entre idade e mata ao aumento do ataque (BEST; ROBERTS, 1975; BISHARA; HITTNER, 2012; TOUTENBURG; HOLLANDER; WOLFE, 1973).

Figura 13 - Croqui demonstrando a medição do perímetro que cada quadra de coqueiro faz divisa com áreas de mata, utilizado para a correlação entre taxa sintomatológica do ataque com floresta.



Fonte: Google Earth (2023).

Os valores do teste de Spearman são representados pela letra  $\rho$  (rho) e varia de -1 a 1, onde -1 indica uma relação oposto, ou seja, enquanto uma variável cresce a outra variável associada diminui, já valor +1 indica uma relação positiva, onde o aumento de uma variável está associado ao aumento da outra variável relacionada. Segundo Rumsey (2016) os valores  $\rho$  entre 0,30 e 0,50 indicam uma relação linear ascendente fraca (positiva),  $\rho$  entre 0,50 e 0,70, indicam uma relação ascendente moderada (positiva) e  $\rho$  entre 0,70 e 1,00 indica uma forte relação linear ascendente (positiva). Quando os valores  $\rho$  são negativos usa-se a mesma escala.

Tabela 4 – Idade, e medida do perímetro de cada quadra que faz vizinhança com áreas de mata, na área experimental (Fazenda Reunidas SOCOCO, município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil). O ano de referência para o cálculo da idade das plantas é 2022.

Quadra	idade	mata vizinha									
E-132	10	268 m	G-162	10	261 m	I-131	10	986 m	K-142	10	286 m
E-133	10	260 m	G-163	10	257 m	I-132	2	377 m	K-143	10	1711 m
E-142	10	912 m	G-164	10	646 m	I-133	2	392 m	K-144	10	182 m
E-143	10	839 m	H-101	8	0 m	I-141	10	573 m	K-151	10	604 m
E-144	10	298 m	H-102	8	197 m	I-142	10	763 m	K-152	10	87 m
E-164	10	602 m	H-103	8	104 m	I-143	10	636 m	K-153	10	258 m
E-174	10	79 m	H-104	11	284 m	I-151	10	507 m	K-154	10	254 m
F-131	10	301 m	H-111	11	200 m	I-152	10	1301 m	L-111	10	876 m
F-132	10	440 m	H-112	11	0 m	I-153	10	1192 m	L-121	10	277 m
F-133	10	380 m	H-113	11	0 m	I-154	10	1105 m	L-134	10	149 m
F-134	10	839 m	H-114	11	0 m	I-161	10	0 m	L-141	10	0 m
F-141	10	800 m	H-121	11	548 m	I-162	10	169 m	L-142	10	0 m
F-142	10	1013 m	H-122	11	737 m	I-163	10	0 m	L-143	2	432 m
F-143	10	719 m	H-123	11	169 m	I-164	10	126 m	L-144	10	1400 m
F-144	10	881 m	H-124	11	539 m	J-121	10	517 m	L-151	10	285 m
F-161	10	0 m	H-131	10	524 m	J-122	10	513 m	L-152	10	0 m
F-162	10	402 m	H-132	10	445 m	J-123	10	729 m	L-153	10	963 m
F-163	10	743 m	H-133	10	110 m	J-124	10	959 m	L-154	10	504 m
F-164	10	518 m	H-134	10	263 m	J-132	10	485 m	M-131	10	253 m

F-171	10	438 m	H-141	10	403 m	J-133	10	0 m	M-132	10	266 m
F-172	10	691 m	H-143	10	1292 m	J-134	10	520 m	M-133	10	0 m
F-173	10	273 m	H-144	10	332 m	J-141	2	555 m	M-141	10	483 m
G-104	8	745 m	H-151	10	351 m	J-142	10	696 m	M-142	10	1000 m
G-121	4	0 m	H-152	10	281 m	J-143	10	0 m	M-143	10	0 m
G-122	4	0 m	H-153	2	0 m	J-144	10	862 m	M-144	10	0 m
G-123	4	0 m	H-154	10	0 m	J-151	10	653 m	M-151	10	1233 m
G-124	4	217 m	H-161	10	567 m	J-152	10	0 m	M-152	10	593 m
G-131	10	124 m	H-162	10	570 m	J-153	10	0 m	M-153	10	414 m
G-132	4	105 m	H-164	4	164 m	J-154	10	0 m	M-154	10	299 m
G-133	4	0 m	I-101	11	0 m	J-161	10	561 m	N-141	10	0 m
G-134	4	0 m	I-102	11	0 m	K-112	10	66 m	N-142	10	0 m
G-141	10	1407 m	I-103	11	607 m	K-113	10	792 m	N-143	10	0 m
G-142	10	296 m	I-111	11	0 m	K-114	10	260 m	N-144	10	198 m
G-143	10	259 m	I-112	11	0 m	K-121	10	434 m	N-151	10	478 m
G-144	10	291 m	I-113	10	460 m	K-122	10	141 m	N-152	10	203 m
G-151	10	1041 m	I-114	10	797 m	K-123	10	1105 m	N-153	10	0 m
G-152	10	0 m	I-121	11	555 m	K-124	10	261 m	N-154	10	0 m
G-153	10	0 m	I-122	11	585 m	K-131	10	583 m			
G-154	10	367 m	I-123	10	364 m	K-133	10	711 m			
G-161	10	440 m	I-124	10	590 m	K-141	10	257 m			

Fonte: Autor (20220).

### 3.3 Resultados e Discussão

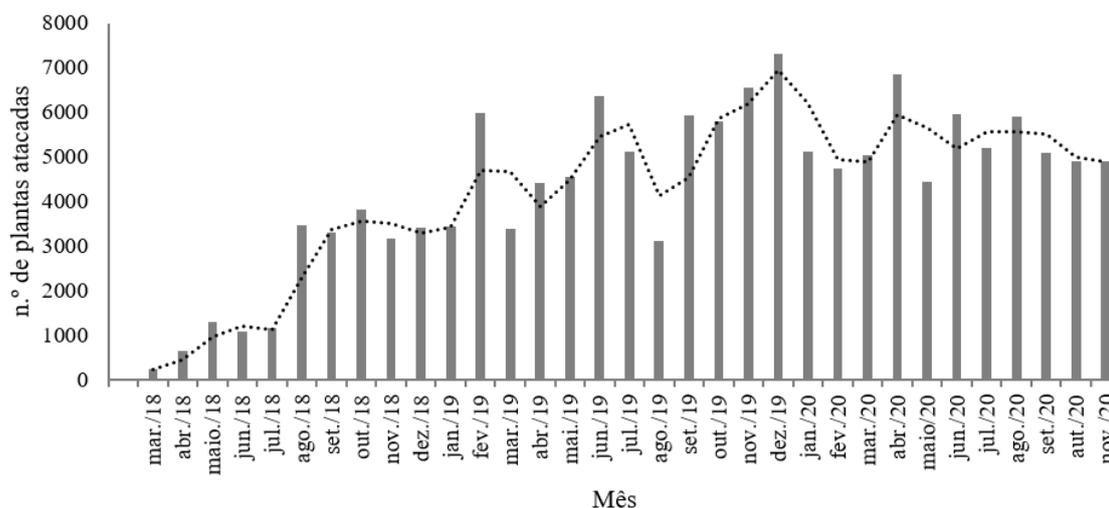
#### 3.3.2 Estatística descritiva

Ao avaliar o número de plantas com sintomas de ataque pela broca, observa-se que há um aumento que inicia em março de 2018 e estabiliza no 2º semestre de 2019, daí em diante começa uma queda a partir do início do ano de 2020. Durante todo período analisado o número de plantas com ataque flutuou com aumento e diminuição que variavam de 4 a 5 meses, como demonstrado na Figura 14. A maioria das parcelas não tiveram casos de plantas atacadas, com 0% de taxa de plantas com sintomas, no primeiro mês 135 parcelas não tiveram ataque, maior número de parcela não atacadas durante todo o período, chegando ao mínimo de 46 parcelas sem ataques nos dois últimos meses, setembro e novembro de 2020.

Os números de plantas com sintomas do ataque variaram muito em todos os meses estudados, com coeficientes de variação partindo de 210% em dezembro de 2018 chegando a 542% em novembro de 2018, evidenciando a alta heterogeneidade do conjunto de dados. Anhê et al. (2021) também encontrou altos coeficientes de variação em estudo de campo sobre a dispersão da doença amarelecimento fatal em palma de óleo, com CV variando de 142,79 a 436,7%. A curva apresentou achatamento em todos os meses estudados demonstrado pelos valores de curtose maiores que 1. A assimetria de todos os meses avaliados foi maior que 1, com dados deslocados a esquerda, com a moda menor que a média, neste caso a moda para todos os meses é 0 pois na maioria das parcelas não foi encontrado ataque da broca. Alta heterogeneidade dos dados, assimetria positiva com moda

0 (Tabela 5) e concentração dos ataques em algumas parcelas pode ser um indicativo de que o desenvolvimento do ataque da broca no coqueiro é agregado e o inseto se dispersa lentamente pelo campo.

Figura 14 - Número absoluto de plantas com sintomas de ataque por *E. cyparissias* na área experimental por mês. Período de março de 2018 a novembro de 2020, em plantio comercial de coqueiro *Cocos nucifera* L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.



Fonte: Autor (2022).

A incidência da sintomatologia do ataque da broca foi calculada pela porcentagem entre as quantidades de coqueiros com sintomas recentes de ataque na parcela e o total de coqueiros da parcela. O teste de Tukey foi aplicado no número de plantas atacadas por mês, mas não obteve retorno pois os dados não atenderam os pressupostos de homogeneidade e homocedasticidade (Figura 14) (ANHÊ *et al.*, 2021; RIBEIRO JR, 2011).

Tabela 5 - Estatística descritiva da porcentagem de plantas de coqueiro com sintomas de ataque por *E. cyparissias*, de março de 2018 a novembro de 2020, em plantio comercial de coqueiro *Cocos nucifera* L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.

mês	Total de plantas atacadas	Porcentagem de quadras atacadas			CV	Dispersão	
		Média	Mínimo	Máximo		Assimetria	Curtose
<b>mar./18</b>	247	0,1%	0%	4%	438%	7,3	63,1
<b>abr./18</b>	649	0,5%	0%	16%	350%	6,1	43,0
<b>maio/18</b>	1303	0,3%	0%	14%	508%	9,6	103,5
<b>jun./18</b>	1092	0,4%	0%	9%	302%	5,1	32,2
<b>jul./18</b>	1155	0,4%	0%	7%	297%	4,3	20,3
<b>ago./18</b>	3460	1,1%	0%	24%	249%	4,9	31,1
<b>set./18</b>	3308	1,0%	0%	21%	246%	4,6	28,4
<b>out./18</b>	3817	1,1%	0%	23%	254%	5,0	30,6

<b>nov./18</b>	3180	1,8%	0%	15%	542%	11,5	140,0
<b>dez./18</b>	3423	1,0%	0%	11%	210%	2,7	7,0
<b>jan./19</b>	3433	1,1%	0%	20%	280%	4,2	19,4
<b>fev./19</b>	5986	1,6%	0%	34%	283%	4,6	24,8
<b>mar./19</b>	3380	1,2%	0%	21%	252%	3,8	16,3
<b>abr./19</b>	4410	1,6%	0%	40%	282%	5,2	34,0
<b>mai./19</b>	4555	1,4%	0%	16%	231%	3,1	9,3
<b>jun./19</b>	6356	1,9%	0%	26%	214%	3,2	12,0
<b>jul./19</b>	5107	1,7%	0%	26%	267%	3,7	13,8
<b>ago./19</b>	3127	1,0%	0%	17%	265%	4,1	18,4
<b>set./19</b>	5919	2,0%	0%	37%	262%	4,4	22,9
<b>out./19</b>	5792	1,8%	0%	25%	242%	3,7	15,1
<b>nov./19</b>	6558	2,3%	0%	37%	236%	3,8	16,8
<b>dez./19</b>	7319	2,3%	0%	33%	245%	3,7	15,0
<b>jan./20</b>	5120	1,9%	0%	50%	303%	5,8	39,7
<b>fev./20</b>	4751	1,5%	0%	23%	225%	3,8	17,1
<b>mar./20</b>	5044	1,5%	0%	20%	216%	3,5	14,2
<b>abr./20</b>	6851	2,6%	0%	62%	301%	5,2	30,5
<b>maio/20</b>	4435	1,3%	0%	21%	236%	4,0	18,1
<b>jun./20</b>	5943	2,0%	0%	30%	255%	3,7	14,8
<b>jul./20</b>	5192	1,8%	0%	34%	272%	3,9	16,8
<b>ago./20</b>	5913	2,1%	0%	37%	253%	4,3	21,6
<b>set./20</b>	5096	1,9%	0%	38%	279%	4,8	26,3
<b>aut./20</b>	4888	1,9%	0%	38%	261%	4,5	24,4
<b>nov./20</b>	4888	1,9%	0%	38%	261%	4,5	4,4

Fonte: Autor (2022).

Tabela 6 - Total de plantas com sintoma recente de ataque, frequência acumulada de plantas atacadas, taxa de crescimento do ataque.

Mês	Total de plantas atacadas	Frequência acumulada	Taxa de crescimento mensal	Total plantas	Área (ha)
<b>mar./18</b>	247	247	100%	434.903	2.506
<b>abr./18</b>	649	896	163%	434.903	2.506
<b>maio/18</b>	1.303	2.199	101%	434.903	2.506
<b>jun./18</b>	1.092	3.291	-16%	434.903	2.506
<b>jul./18</b>	1.155	4.446	6%	434.903	2.506
<b>ago./18</b>	3.460	7.906	200%	434.903	2.506
<b>set./18</b>	3.308	11.214	-4%	434.903	2.506
<b>out./18</b>	3.817	15.031	15%	434.903	2.506
<b>nov./18</b>	3.180	18.211	-17%	434.903	2.506
<b>dez./18</b>	3.423	21.633	8%	434.903	2.506
<b>jan./19</b>	3.433	25.066	0%	442.937	2.548
<b>fev./19</b>	5.986	31.052	74%	442.937	2.548
<b>mar./19</b>	3.380	34.432	-44%	442.937	2.548

<b>abr./19</b>	4.410	38.842	30%	442.937	2.548
<b>mai./19</b>	4.555	43.397	3%	442.937	2.548
<b>jun./19</b>	6.356	49.753	40%	442.937	2.548
<b>jul./19</b>	5.107	54.860	-20%	442.937	2.548
<b>ago./19</b>	3.127	57.988	-39%	442.937	2.548
<b>set./19</b>	5.919	63.906	89%	442.937	2.548
<b>out./19</b>	5.792	69.698	-2%	442.937	2.548
<b>nov./19</b>	6.558	76.256	13%	442.937	2.548
<b>dez./19</b>	7.319	83.575	12%	442.937	2.548
<b>jan./20</b>	5.120	88.695	-30%	442.937	2.548
<b>fev./20</b>	4.751	93.447	-7%	442.937	2.548
<b>mar./20</b>	5.044	98.491	6%	442.937	2.548
<b>abr./20</b>	6.851	105.341	36%	442.937	2.548
<b>maio/20</b>	4.435	109.776	-35%	442.937	2.548
<b>jun./20</b>	5.943	115.719	34%	442.937	2.548
<b>jul./20</b>	5.192	120.911	-13%	442.937	2.548
<b>ago./20</b>	5.913	126.824	14%	442.937	2.548
<b>set./20</b>	5.096	131.920	-14%	442.937	2.548
<b>aut./20</b>	4.888	136.807	-4%	442.937	2.548
<b>nov./20</b>	4.888	141.695	0%	442.937	2.548

Fonte: Autor (2022).

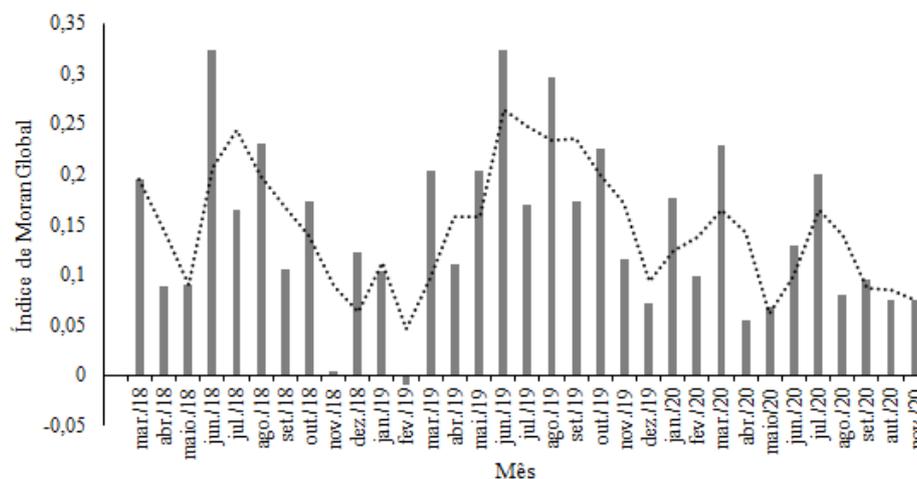
### 3.3.3 Análise da autocorrelação espacial

O índice de Moran Global foi calculado para analisar a autocorrelação espacial da distribuição da broca no plantio de coqueiro. O menor valor positivo do índice foi de 0,003 em novembro de 2018, e o único valor negativo foi de fevereiro de 2019, -0,01 próximo a zero (Tabela 7). Nos anos de 2018 e 2019 o número de plantas atacadas aumentaram, mas os valores do índice flutuaram durante todo o período analisado. Os valores do índice apresentaram aumentos no primeiro semestre de 2018 e 2019 e queda a partir do segundo semestre de 2019, a partir de 2020 o índice diminuiu (Figura 15).

Em 2018, o índice de Moran dos meses de abril e novembro não foram significativos indicando aleatoriedade do ataque da broca. Em 2019, fevereiro e dezembro apresentaram valor de índice não significativo, o ataque da broca nesses meses é considerado aleatório. Já em 2020 a quantidade de meses com valores aleatórios do índice de Moran foi de 6 meses, iniciando uma queda do índice desde o segundo semestre de 2019 (Tabela 7). Neste período o número de plantas com sintomas de ataque da broca se estabiliza e começa a diminuir, a diminuição pode estar associada a intensificação do controle da broca na fazenda, quebrando o desenvolvimento do ataque, resultando na grande quantidade de índices de Moran não significativos em 2020, ou seja, a distribuição espacial aleatória dos sintomas do ataque da broca (Figura 14). A maioria dos índices foram positivos em 2018 e

2019, ou seja, em geral nesses dois anos o ataque da broca foi aglomerado. O nível de significância estatística no experimento foi de 1% para os meses com valor-p menor que 0,01, e foi de 5% para meses com p entre 0,01 e 0,05. O critério utilizado para determinação dos vizinhos foi a vizinhança do tipo rainha. O diagrama de espalhamento e o teste de permutação aleatório para 999 permutações estão no Anexo I e II.

Figura 15 - Índice de Moran Global da taxa mensal de plantas com sintomas de ataque por *E. cyparissias*, na área experimental (Anexos I, II e III).



Fonte: Autor (2022).

Anhê et al. (2021) avaliou a autocorrelação espacial do amarelecimento fatal em plantio comercial de palma de óleo na Amazônia Oriental, onde foi identificada autocorrelação positiva da incidência da “doença”, com o uso do Índice de Moran Local identificou-se as regiões de alta incidência, onde se torna possível o manejo e controle mais eficiente da “doença”. Assim como a *E. cyparissias* o amarelecimento fatal se dissemina com um padrão espacial agregado através das quadras vizinhas. No estudo levantou-se a possibilidade da relação da doença com o material genético da palma de óleo localizada na região nordeste da área experimental, como também a possível influência de cursos d’água no desenvolvimento da doença. A broca demonstra o hábito de surgir em focos próximo a áreas de floresta, onde provavelmente são encontrados plantas hospedeiras, muitas das plantas hospedeiras são da família das arecaceae, plantas que por hábito crescem próximos cursos ou reservatórios d’água (HOWARD *et al.*, 2001; ZOU *et al.*, 2020).

Utilizando o Índice de Moran Local foi possível analisar a presença de cluster na área experimental (Figura 16 e Figura 17). Quadras em vermelho escuro foram classificadas como Alto-Alto (1° quadrante), ou seja, quadras com alta incidência de ataque da broca circundadas por outras quadras com alta incidência do ataque de *E. cyparissias*. Quadras

em coloração azul escuro foram classificadas como Baixo-Baixo (2° quadrante), quadras com baixa incidência do ataque, vizinhas de outras quadras com também baixa incidência de ataque. Tanto Alto-Alto como Baixo-Baixo indicam autocorrelação positiva. Já quadras em coloração vermelho claro ou azul claro, foram classificadas como Alto-Baixo (3° quadrante) e Baixo-Alto (4° quadrante), com alta incidência e vizinhos de outras quadras com baixa incidência de ataque, e o inverso, com baixa incidência circundadas por quadras com alta incidência, respectivamente. Regiões classificadas com Alto-Baixo ou Baixo-Alto possuem autocorrelação negativa e são um indicativo da presença de *outliers*.

Na área foram identificados dois cluster do tipo Alto-Alto, com alta incidência da broca, com vizinhos também com alta incidência, um na região noroeste e outra na região oeste, que se mantem pelos anos de 2018 e 2019, em 2020 não foram constantes. Também foram identificados vários cluster Baixo-Baixo devido a grande quantidade quadras sem nenhum sintoma de ataque (Figura 16, Figura 17 e Figura 18).

Tabela 7 - Parâmetros da Análise do índice Global de Moran para a variável taxa mensal de plantas com sintomas de ataque por *E. cyparissias* em coqueiro, por quadra, mensalmente, em plantio comercial de coqueiro *Cocos nucifera* L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.

Mês	Índice de Moran Global	Valor P	Modelo	Nível de significância (%)
<b>mar./18</b>	0,195	0,007	Agregado	1,0
<b>abr./18</b>	0,089	0,053	Aleatório	*
<b>maio/18</b>	0,09	0,028	Agregado	5,0
<b>jun./18</b>	0,168	0,010	Agregado	1,0
<b>jul./18</b>	0,165	0,011	Agregado	5,0
<b>ago./18</b>	0,231	0,003	Agregado	1,0
<b>set./18</b>	0,105	0,040	Agregado	5,0
<b>out./18</b>	0,173	0,006	Agregado	1,0
<b>nov./18</b>	0,003	0,221	Aleatório	*
<b>dez./18</b>	0,122	0,025	Agregado	5,0
<b>jan./19</b>	0,103	0,043	Agregado	5,0
<b>fev./19</b>	-0,01	0,441	Aleatório	*
<b>mar./19</b>	0,204	0,003	Agregado	1,0
<b>abr./19</b>	0,111	0,041	Agregado	5,0
<b>mai./19</b>	0,188	0,005	Agregado	1,0
<b>jun./19</b>	0,323	0,001	Agregado	1,0
<b>jul./19</b>	0,17	0,01	Agregado	1,0
<b>ago./19</b>	0,297	0,001	Agregado	1,0
<b>set./19</b>	0,173	0,008	Agregado	1,0
<b>out./19</b>	0,226	0,002	Agregado	1,0
<b>nov./19</b>	0,115	0,042	Agregado	5,0

<b>dez./19</b>	0,071	0,101	Aleatório	*
<b>jan./20</b>	0,177	0,015	Agregado	5,0
<b>fev./20</b>	0,098	0,051	Aleatório	*
<b>mar./20</b>	0,229	0,002	Agregado	1,0
<b>abr./20</b>	0,055	0,113	Aleatório	*
<b>maio/20</b>	0,068	0,075	Aleatório	*
<b>jun./20</b>	0,129	0,021	Agregado	5,0
<b>jul./20</b>	0,199	0,006	Agregado	1,0
<b>ago./20</b>	0,079	0,066	Aleatório	*
<b>set./20</b>	0,095	0,050	Agregado	5,0
<b>aut./20</b>	0,074	0,073	Aleatório	*
<b>nov./20</b>	0,074	0,073	Aleatório	*

\* Não significativo; 5,0 Significante a 5%; 1,0 Significante a 1% (Fonte: Autor, 2022)

Os insetos, como outros seres vivos moveis, dependem de recursos que muitas vezes se estão localizados fora do ambiente onde se encontram, o que causa migrações para outras áreas em busca de melhores condições de obter tais recursos, podendo migrar para áreas cultivadas. Enquanto permanecem em ambientes naturais, fora de áreas cultivadas, em tese estão protegidos da aplicação de agrotóxicos, tais técnicas de controle não controlam grupos de insetos localizados em matas ou outras áreas, que se tornam refúgio, portanto áreas cultivadas próximas a ela se tornam focos de infestação. Tschardt et al. (2012) explica que muitas vezes organismos estão à procura de outras fontes (alimentos, acasalamento, abrigo, microclima etc.) que estão separados no espaço, este fenômeno é denominado “complementação de paisagens” e ocorre quando paisagens contêm dois ou mais recursos não substituíveis e separados espacialmente. Mariposas, como *E. cyparissias*, podem estar à procura de outras fontes além das plantas hospedeiras, saindo de habitat naturais, como florestas para o plantio de coqueiro, e regiões na área experimental classificadas como Alto-Alto podem estar sofrendo com esse fluxo de insetos, que saem de áreas com poucos recursos, como florestas e outras áreas, para o plantio de coqueiro.

A migração de áreas foi observada por Dionisio et al. (2020) e Pinho et al. (2016) ao verificarem que as maiores aglomerações de *R. palmarum* em plantio de palma de óleo (*E. guineensis*) começam nas bordas do plantio próximos a mata e crescem em direção ao centro, adicionalmente *R. palmarum* e *E. cyparissias* são duas broqueadoras com ampla gama de plantas hospedeiras (SÁNCHEZ et al., 1993). Lopes et al. (2024) também observou a influência de paisagens vizinhas na incidência do pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae), onde as maiores incidências localizavam na margem do plantio de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), decorrente possivelmente pelo transporte do pulgão por grandes distâncias. Diferente de *S. graminum*, *E. cyparissias* sofreu pouco influência dos

fatores climáticos, dentre eles o vento (Ver 2.2.2)., mas a incidência também foi maior na borda do plantio, o que pode explicar esse fenômeno em certas áreas da Fazenda é a existência de plantas hospedeiras nas áreas circundam as regiões com aglomerados de alta incidência (Alto-Alto) (Figura 16 e Figura 17), pois fornecem abrigo e alimentos e tem grande influência na distribuição da broca (ZOU *et al.*, 2020). Cocu *et al.* (2005) ao aplicar o índice de Moran para estudar distribuição espacial de *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) na Europa identificou que dentro das áreas com alta abundância de captura de insetos se localizam os hospedeiros secundário e primário.

### 3.3.4 Correlação com floresta e idade das plantas

O teste de correlação de Spearman foi utilizado pois as variáveis, taxas de sintomas de ataque de todos os meses, idade das plantas de cada quadra e metragem do perímetro de cada quadra que divisa com áreas de mata/floresta, são variáveis não normais pelo teste de Shapiro-wilk a 0,05 (BISHARA; HITTNER, 2012)..

Analisando a associação entre taxa de ataque e idade das plantas pelo teste de Spearman, a maioria dos meses não obteve correlação significativamente diferente de zero ( $P > 0,05$ ), e dos 5 meses com correlação significativa ( $P < 0,05$ ) o maior valor do teste foi de 0,21 no mês de março de 2019 indicando pouca associação entre idade das quadras do plantio e as taxas de sintomas de ataque (Tabela 8). A idade da planta é um fator de preferência de ataque pelo inseto, Boica Junior *et al.* (2013) identificou que *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) tem preferência de oviposição em algodoeiros com 60 dias de idade, no entanto *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) não apresentou preferência significativa de oviposição relacionada a idade de plantas de arroz (BOIÇA JÚNIOR *et al.*, 2022), o mesmo ocorreu com *E. cyparissias* onde não houve correlação forte entre a idade do coqueiro adulto e sintomatologia do ataque, indicando que provavelmente a idade não é causa do surgimento de aglomerados de Alta-Alta, ou seja, quadras com alta incidência de sintomas de ataque circundadas por outras quadras com alta incidência (Figura 16, Figura 17 Figura 18).

Tabela 8 - Teste de correlação de Spearman entre a taxa de plantas com sintomas do ataque da broca com a idade das plantas de cada quadra e o perímetro de cada quadra que é circundado por mata em plantio comercial de coqueiro *Cocos nucifera* L., no município de Santa Izabel do Pará, Amazônia Oriental, Brasil.

mês	Teste de Spearman ( $\rho$ ) (taxa x idade)	Teste de Spearman ( $\rho$ ) (taxa x mata)	mês	Teste de Spearman ( $\rho$ ) (taxa x idade)	Teste de Spearman ( $\rho$ ) (taxa x mata)
mar./18	0,00*	0,05*	ago./19	0,09*	0,54

<b>abr./18</b>	-0,02*	0,32	<b>set./19</b>	0,14*	0,40
<b>mai./18</b>	0,09*	0,20	<b>out./19</b>	0,14*	0,48
<b>jun./18</b>	0,07*	0,39	<b>nov./19</b>	0,20*	0,41
<b>jul./18</b>	0,14*	0,33	<b>dez./19</b>	0,07	0,42
<b>ago./18</b>	0,11*	0,29	<b>jan./20</b>	0,13*	0,40
<b>set./18</b>	0,20*	0,29	<b>fev./20</b>	0,11*	0,41
<b>out./18</b>	0,07*	0,27	<b>mar./20</b>	0,09*	0,48
<b>nov./18</b>	0,02*	0,31	<b>abr./20</b>	0,04*	0,35
<b>dez./18</b>	0,16*	0,26	<b>mai./20</b>	0,15*	0,50
<b>jan./19</b>	0,18	0,34	<b>jun./20</b>	0,08*	0,44
<b>fev./19</b>	0,21	0,28	<b>jul./20</b>	0,09*	0,48
<b>mar./19</b>	0,13	0,31	<b>ago./20</b>	0,02*	0,47
<b>abr./19</b>	0,11*	0,39	<b>set./20</b>	0,08*	0,43
<b>mai./19</b>	0,19*	0,33	<b>out./20</b>	0,08*	0,40
<b>jun./19</b>	0,11	0,36	<b>nov./20</b>	0,08*	0,40
<b>jul./19</b>	0,14*	0,36			

\*Valores de p maiores de 0,05, correlação não difere significativamente de 0. Existe boas evidências de que a correlação não é significativa.

Para a correlação entre floresta e a taxa de plantas com sintomas de ataque, somente o primeiro mês não teve diferença significativa do valor zero ( $P > 0,05$ ), ou seja, não teve nenhuma correlação entre as variáveis, já todos os outros meses diferiram de zero ( $P < 0,05$ ) chegando a 0,54 em agosto de 2018, considerada uma relação positiva moderada (Tabela 8). No ano de 2018 os valores da correlação de Spearman variaram de 0,05 a 0,33 nos meses de março e julho, respectivamente, considerada uma relação positiva fraca. Em 2019 a correlação variou de 0,28 a 0,54 nos meses de fevereiro e agosto, respectivamente, no mês de agosto chegou a uma relação positiva moderada. Em 2020 variou entre 0,35 e 0,50 nos meses de abril e maio, respectivamente. O ano de 2018 apresentou os maiores valores de correlação devido ser o ano com as maiores taxas de sintomas, enquanto 2020 as taxas decresceram. Portanto, há fortes indícios de uma associação entre a taxa de ataque e a proximidade de áreas florestais (DIONISIO *et al.*, 2020; PINHO *et al.*, 2016; TSCHARNTKE *et al.*, 2012; ZOU *et al.*, 2020).

Figura 16 - Mapa de LISA cluster para correlação espacial de casos de *E. cyparissias* em quadras de coqueiro (*C. icifera*), do mês de março de 2018 (Mar./2018) a dezembro de 2018 (Dec./2018). Quadras vermelhas possuem alta ocorrência de plantas com sintomas de *E. cyparissias*, já quadras em azul possuem baixa ocorrência da broca. A intensidade da cor indica a relação com as quadras vizinhas, cores fortes indicam correlação positiva e cores fracas indicam autocorrelação negativa.

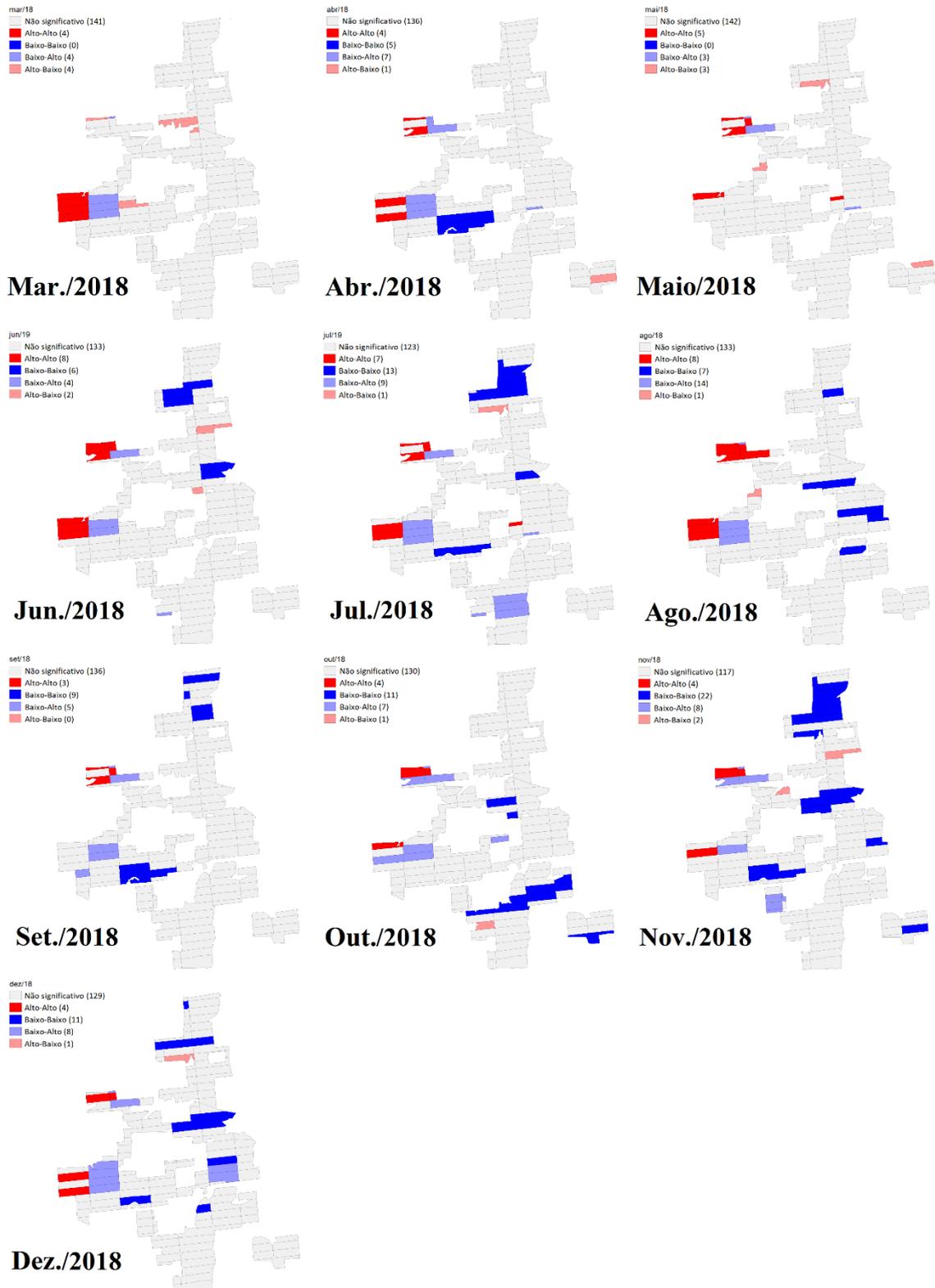


Figura 17 - Mapa de LISA cluster para correlação espacial de casos de *E. cyparissias* em quadras de coqueiro (*C. icifera*), do mês de janeiro de 2019 (Jan./2019) a dezembro de 2019 (Sep./2019). Quadras vermelhas possuem alta ocorrência de plantas com sintomas de *E. cyparissias*, já quadras em azul possuem baixa ocorrência da broca. A intensidade da cor indica a relação com as quadras vizinhas, cores fortes indicam correlação positiva e cores fracas indicam autocorrelação negativa.

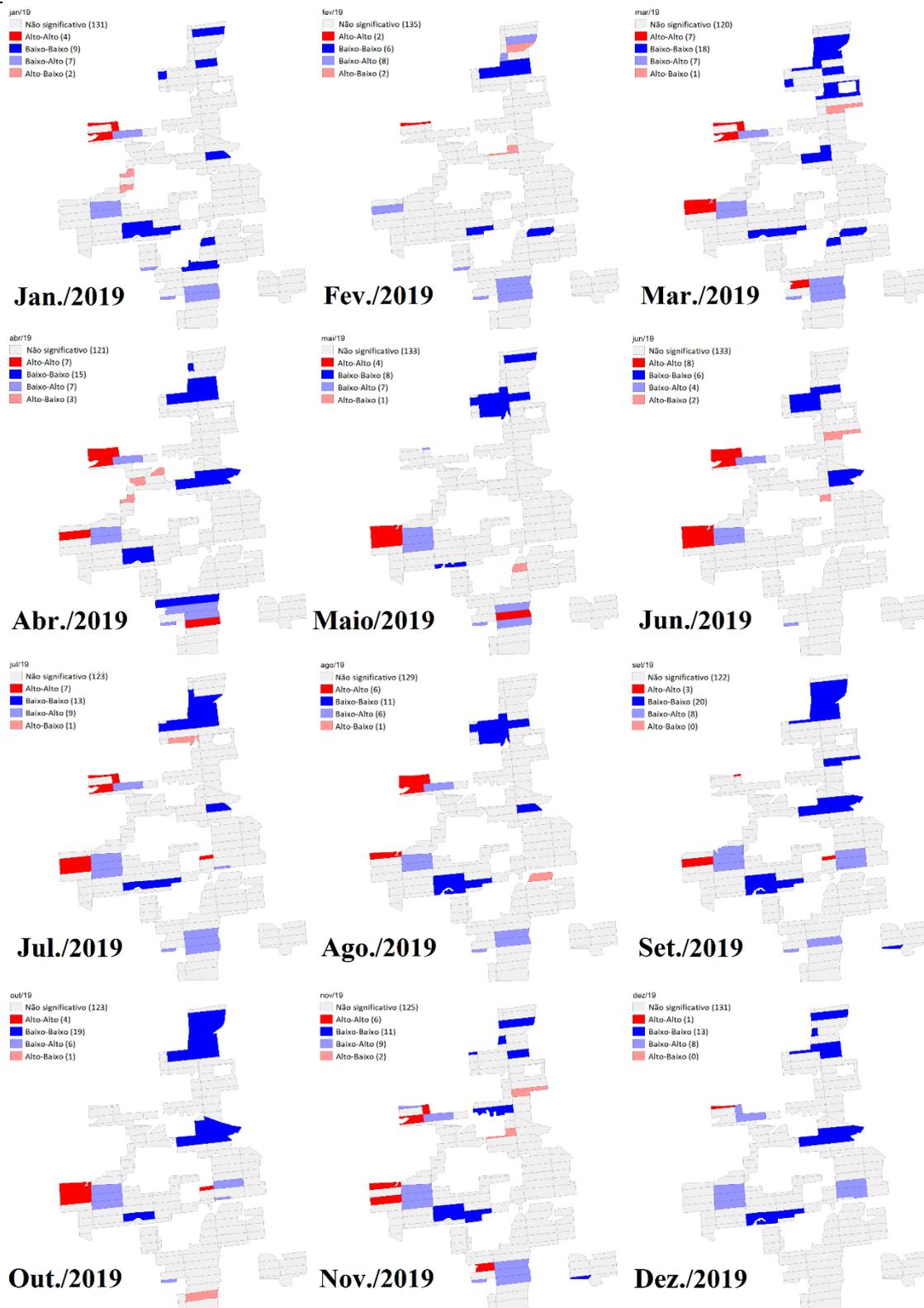
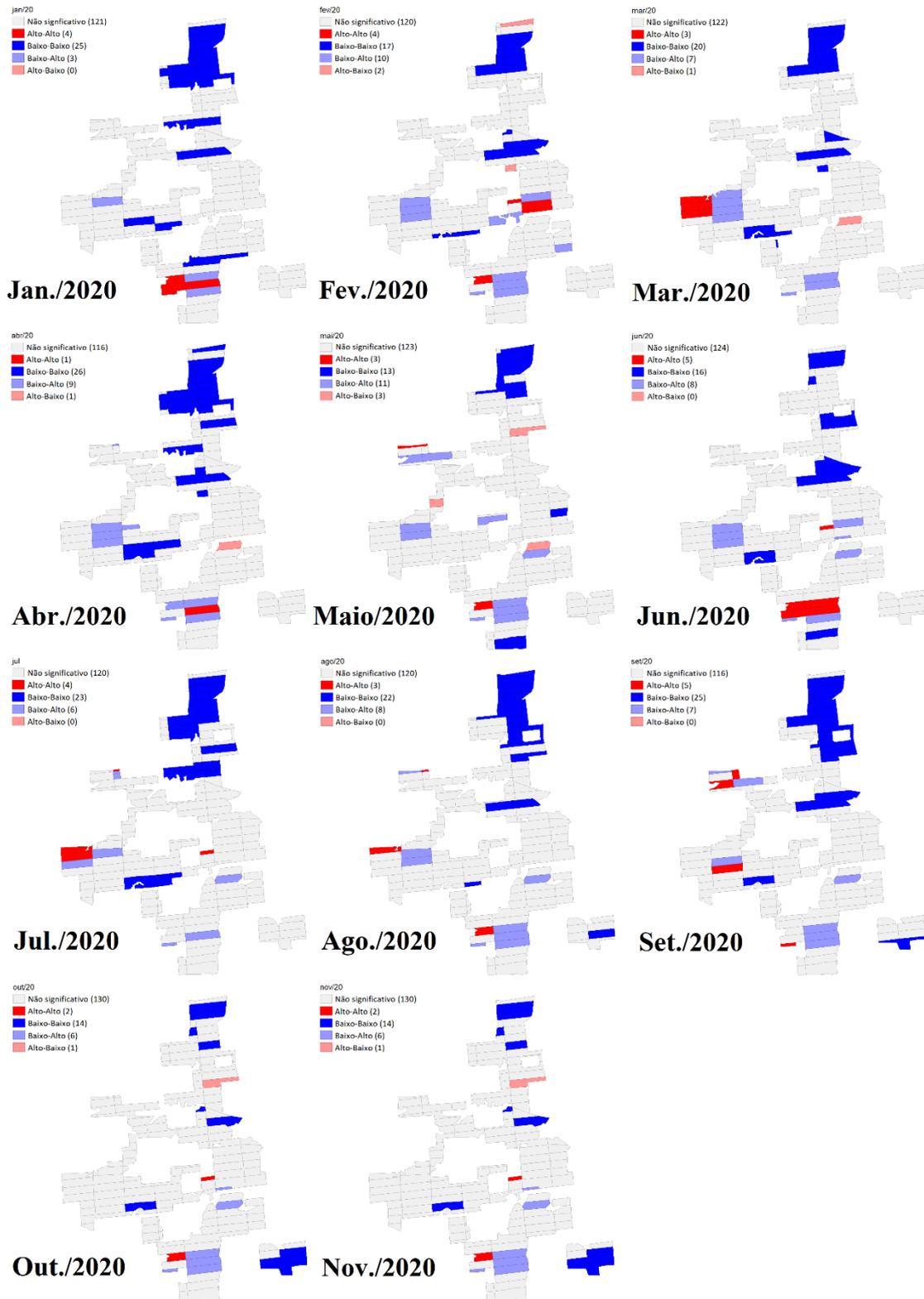


Figura 18 - Mapa de LISA cluster para correlação espacial de casos de *E. cyparissias* em quadras de coqueiro (*C. nicifera*), do mês de janeiro de 2020 (Jan./2020) a novembro de 2020 (Nov./2020). Quadras vermelhas possuem alta ocorrência de plantas com sintomas de *E. cyparissias*, já quadras em azul possuem baixa ocorrência da broca. A intensidade da cor indica a relação com as quadras vizinhas, cores fortes indicam correlação positiva e cores fracas indicam autocorrelação negativa.



### 3.4 Conclusão

Existe autocorrelação espacial entre as taxas de sintomas de ataque por *E. cyparissias* nas quadras da área experimental. Observado pela formação de aglomerados de quadras com Alta incidência circundadas por outras quadras com Alta incidência;

Não há correlação significativa entre o ataque, causado pela broca *E. cyparissias* e a idade do coqueiro adulto, esse resultado, confirma que a praga pode atacar em qualquer idade da planta na fase adulta, após lignificação do estipe.

Há correlação significativa entre o ataque da broca e proximidade com áreas de floresta, indicando que as amostragens e manejos devem ser intensificados nessas áreas, uma vez que as maiores infestações da praga estão localizadas nessas áreas de confluência.

É necessário concentrar as amostragens em quadras próximas a floresta, o que em hipótese gera respostas mais rápidas e precisas ao desenvolvimento do ataque da broca no plantio de coqueiro, por meio de métodos de controles focados nas quadras próximas a floresta, e reduzindo o uso em outras;

São necessários mais estudos focados em teste de campo de aplicação de métodos de controle em áreas específicas, com o objetivo de verificar os resultados;

### Referências

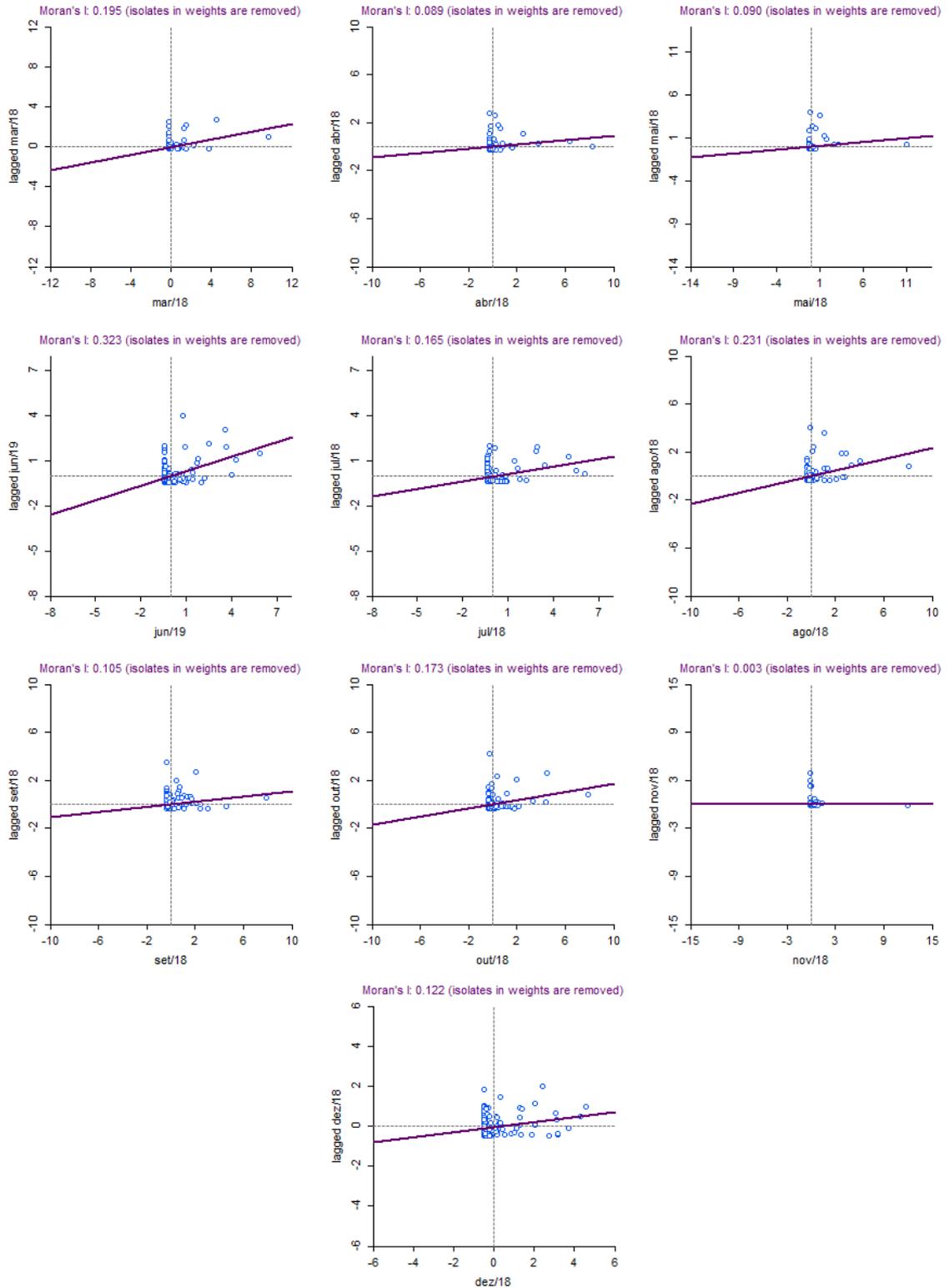
- ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas SP: Alínea, 2012.
- ANHÊ, B. B. *et al.* Spatial autocorrelation study of fatal yellowing in organic oil palm in the Eastern Amazon. **Canadian Journal of Plant Pathology**, p. 1–12, 2021.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association—LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.
- ARAÚJO, E. C. DE; URIBE-OPAZO, M. A.; JOHANN, J. A. Modelo de regressão espacial para estimativa da produtividade da soja associada a variáveis agrometeorológicas na região oeste do estado do Paraná. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 2, p. 286–299, 2014.
- BEST, D. J.; ROBERTS, D. E. Algorithm AS 89: the upper tail probabilities of Spearman's rho. **Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)**, v. 24, n. 3, p. 377–379, 1975.
- BISHARA, A. J.; HITTNER, J. B. Testing the significance of a correlation with nonnormal data: Comparison of Pearson, Spearman, transformation, and resampling approaches. **Psychological Methods**, v. 17, n. 3, p. 399–417, 2012.
- BOIÇA JUNIOR, A. L. *et al.* Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton: vertical distribution of egg masses, effects of adult density and plant age on oviposition behavior. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, n. 4, p. 424–429, 2013.
- BOIÇA JÚNIOR, A. L. *et al.* Evaluation of maize genotypes on oviposition preference of

- Diabrotica speciosa (Germar). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 16, n. 6, p. 691–698, 2022.
- BRASIL. **Introdução à estatística espacial para a e saúde pública**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2007. v. 3
- CELEBIOGLU, F.; DALL'ERBA, S. Spatial disparities across the regions of Turkey: an exploratory spatial data analysis. **The Annals of Regional Science**, v. 45, n. 2, p. 379–400, 2010.
- COCU, N. *et al.* Spatial autocorrelation as a tool for identifying the geographical patterns of aphid annual abundance. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 7, n. 1, p. 31–43, 2005.
- CUENCA, M. A. G. Importância econômica da cocoicultura no Brasil. *In*: FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S. (Eds.). **A cultura do coqueiro**. 2 ed. ed. [s.l.] Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. .
- DELGADO, C.; COUTURIER, G. Relationship between *Mauritia flexuosa* and Eupalamides cyparissias in the Peruvian Amazon. **Palms**, v. 47, n. 2, p. 104–106, 2003.
- DIONISIO, L. F. S. *et al.* Spatial distribution of *Rhynchophorus palmarum* L.(Coleoptera: Curculionidae) in oil palm, Roraima State, Brazil. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, 2020.
- DOMINGUES, J. **Técnicas de processos espaciais e espaço-temporais com aplicações em dados de dengue**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2017.
- EMBRAPA. **Análise espacial de dados geográficos**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2004.
- FERREIRA, J. M. S. *et al.* **Pragas do coqueiro**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/901200/pragas-do-coqueiro>>. Acesso em: 23 set. 2021.
- HOWARD, F. W. *et al.* **Insect on palms**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2001.
- KORYTKOWSKI, C. A.; RUIZ, E. R. El barreno de los racimos de la palma aceitera, *Castnia daedalus* (Cramer), Lepidopt.: Castniidae, en la plantación de Tocache, Perú. **Revista Peruana de Entomología**, v. 22, n. 1, p. 49–62, 1979.
- LAMAS, G. A critical review of J. Y. Miller's Checklist of the Neotropical Castniidae (Lepidoptera). **Revista Peruana de Entomología**, v. 37, n. 1, p. 73–87, 1995.
- LOPES, P. C. *et al.* Spatiotemporal distribution of *Schizaphis graminum* (Rondani) and its natural enemy *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) in graniferous sorghum crops. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. 1–8, 2024.
- LU, X. *et al.* Prevalence, incidence, and spatial dependence of soybean mosaic virus in iowa. **Phytopathology**, v. 100, n. 9, p. 931–940, 2010.
- PINHO, R. C. *et al.* Spatial distribution of *Rhynchophorus palmarum* in oil palm on the Pará State, Amazon. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 1, p. 22–31, 2016.
- RAI, B. K. *Brassolis sophorae* and *Castnia daedalus* - chemical control of these major pests of coconut in Guyana. **Journal of Economic Entomology**, v. 66, p. 177–180, 1973.
- RIBEIRO JR, J. I. Análises estatísticas no Excel: guia prático. **Viçosa: UFV**, 2011.

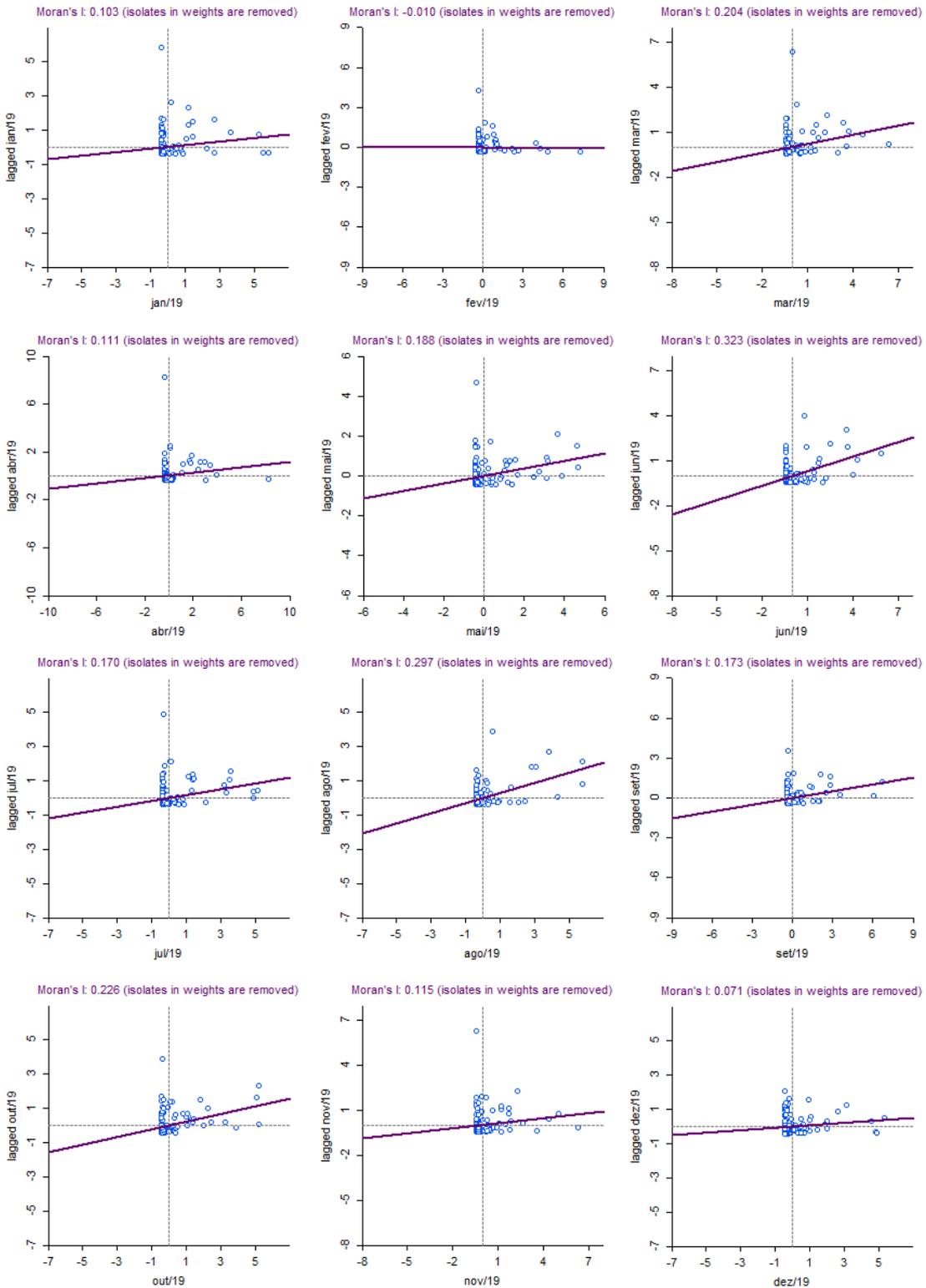
- RODRIGUES, K. C. T. T. *et al.* Uma análise espacial da imigração no Brasil. **Economia e Desenvolvimento**, v. 27, n. 1, 2015.
- RUMSEY, D. J. How to interpret a correlation coefficient  $r$ . *In: Statistics For Dummies*. Hoboken: John Wiley & Sons., 2016. .
- SÁNCHEZ, P. *et al.* **Biología Y Comportamiento Del PicudoBol. Entomol. Venez**, 1993. Disponível em: <<http://atta.labb.usb.ve/Klaus/art77.pdf>>
- SEFFRIN, R.; ARAÚJO, E. C.; BAZZI, C. L. Análise espacial de área aplicada a produtividade de soja na região oeste do Paraná utilizando o software R. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 6, n. 1, p. 23–43, 2018.
- TOUTENBURG, H. (1975); HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A. **Nonparametric statistical methods**. New York: John Wiley & Sons, 1973.
- TSCHARNTKE, T. *et al.* Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. **Biological reviews**, v. 87, n. 3, p. 661–685, 2012.
- VASQUEZ, J. *et al.* Pest insects of the palm tree *Mauritia flexuosa* L. f., dwarf form, in Peruvian Amazonia. **Fruits**, v. 63, n. 4, p. 227–238, 2008.
- ZOU, Y. *et al.* Impacts of climate change and host plant availability on the global distribution of *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Pest Management Science**, v. 76, n. 1, p. 244–256, 2020.

## APÊNDICE

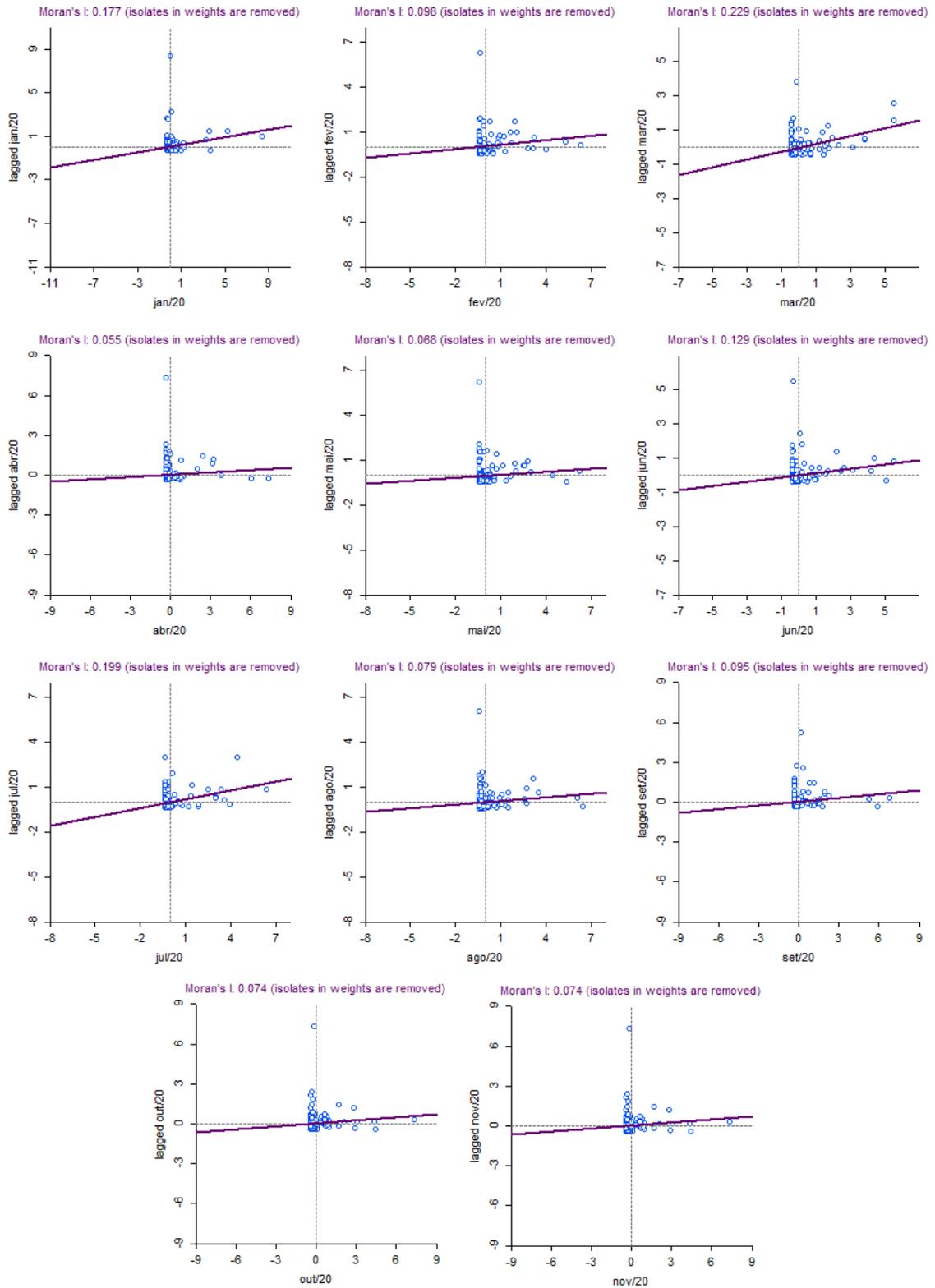
### APÊNDICE I – Diagrama de espalhamento do Índice de Moran Global (I) dos meses de 2018.



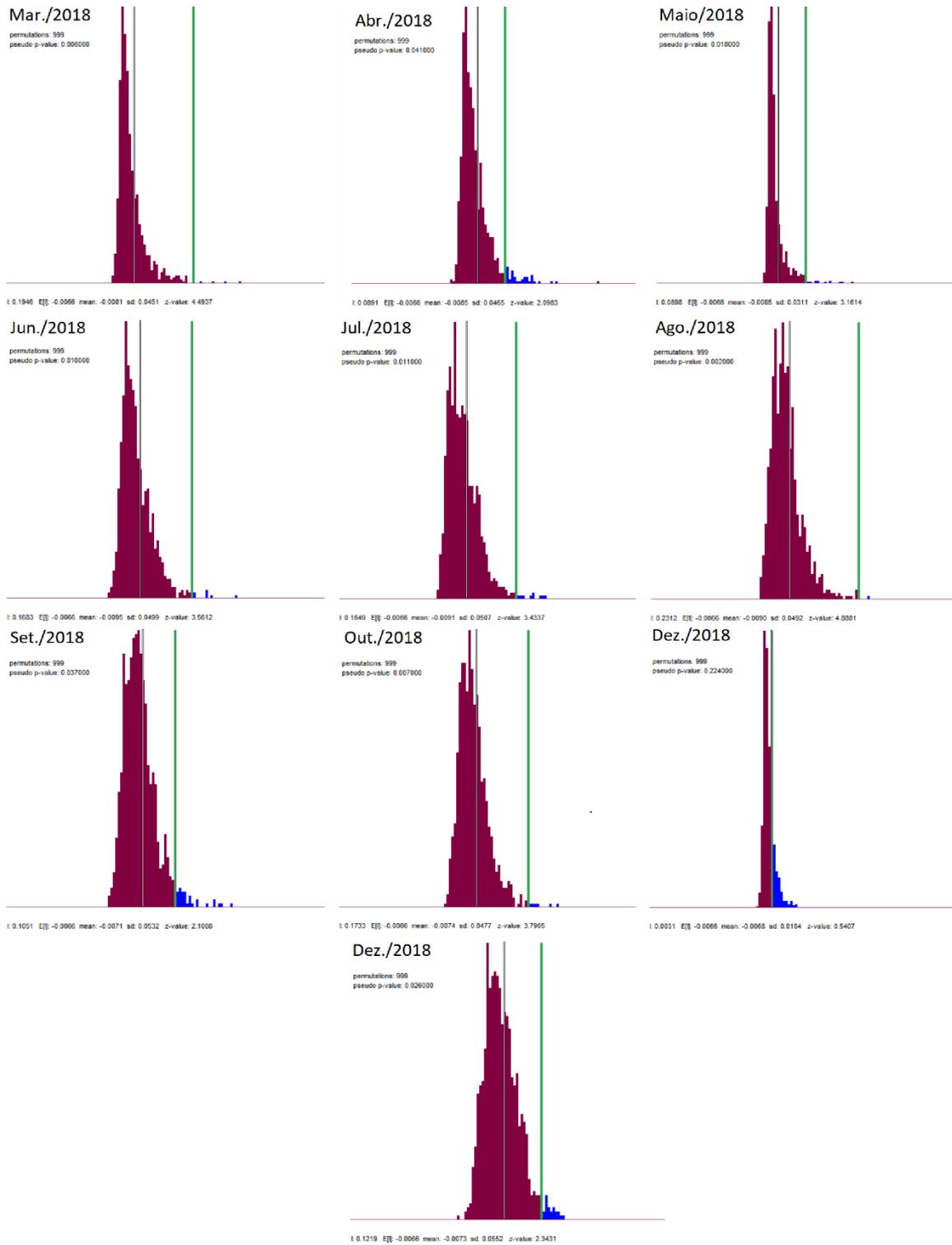
## APÊNDICE II - Diagrama de espalhamento do Índice de Moran Global (I) dos meses de 2019.



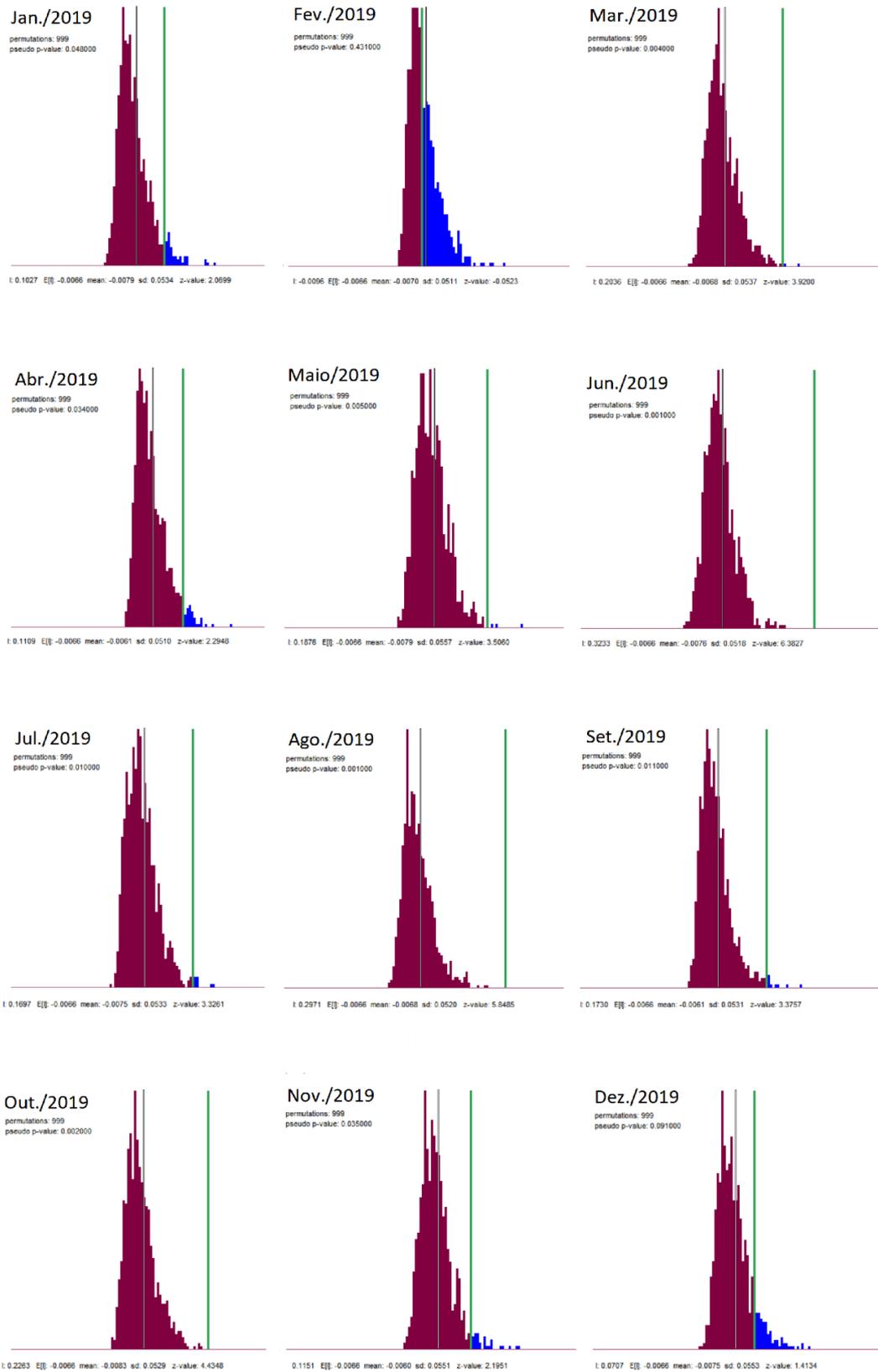
### APÊNDICE III - Diagrama de espalhamento do Índice de Moran Global (I) dos meses de 2020.



## APÊNDICE IV – Teste de permutação aleatória por mensal de 2018.



## APÊNDICE V – Teste de permutação aleatória por mensal de 2019.



### ANEXO VI – Teste de permutação aleatória por mensal de 2020.

