



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ARTUR VINÍCIUS FERREIRA DOS SANTOS**

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE PRAGAS EM PALMEIRAS DE  
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA NA AMAZÔNIA**

**BELÉM  
2020**

**ARTUR VINÍCIUS FERREIRA DOS SANTOS**

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE PRAGAS EM PALMEIRAS DE  
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA NA AMAZÔNIA**

Tese apresentada para obtenção do grau de  
Doutor em Agronomia. Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia da Universidade  
Federal Rural da Amazônia.

Orientador: Prof. Titular Dr. Paulo Roberto  
Farias

Coorientadora: Profa. Dra. Telma Fátima  
Vieira Batista

**BELÉM  
2020**

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

---

- S237d Santos, Artur Vinícius Ferreira dos  
Distribuição Espaço-temporal de Pragas em Palmeiras de Importância Econômica na Amazônia / Artur Vinícius Ferreira dos Santos. - 2020.  
52 f. : il. color.
- Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2020.  
Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias  
Coorientador: Profa. Dra. Telma Fátima Vieira Batista.
1. variabilidade espacial. 2. Elaeis guineenses. 3. Cocos nucifera. 4. krigagem. 5. índice de Moran. I. Farias, Paulo Roberto Silva, *orient.* II. Título
- 

CDD 584.509811

**ARTUR VINÍCIUS FERREIRA DOS SANTOS**

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DE PRAGAS EM PALMEIRAS DE  
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA NA AMAZÔNIA**

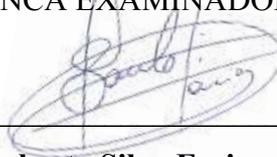
Tese apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia: Área de Concentração Agronomia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias  
Coorientadora: Profa. Dra. Telma Fátima Vieira Batista

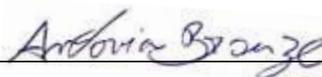
27/11/2020

Data da Aprovação

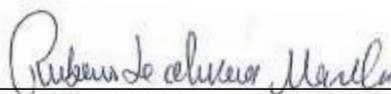
BANCA EXAMINADORA



**Dr. Paulo Roberto Silva Farias - Presidente**  
**Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA**



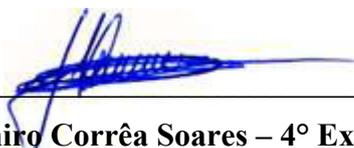
**Dra. Antonia Benedita da Silva Bronze – 1º Examinador**  
**Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA**



**Dr. Rubens de Oliveira Meireles – 2º Examinador**  
**Instituto Federal do Pará – IFPA**



**Dr. Ricardo Salles Tinoco – 3º Examinador**  
**Acrotech Sementes e Reflorestamento Ltda.**



**Dr. João Almiro Corrêa Soares – 4º Examinador**  
**Universidade Federal Rural da Amazônia**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, por proporcionar força de vontade de vencer, pela minha eterna fonte de inspiração e sabedoria, pela vida e pela oportunidade de poder concluir mais um objetivo em minha vida e por me fortalecer para enfrentar todo obstáculo e adversidade que surgem em no caminho.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais Benedito Braga dos Santos e Maria Luciete dos Santos, que me educaram e sempre me incentivaram em minhas ambições e decisões, dedicando sua vida para me proporcionar melhores condições, realizando o que estavam ao seu alcance. E aos meus irmãos Brenda Evelyn Ferreira dos Santos e Adam Sávio Ferreira dos Santos, que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado em momentos de dificuldades.

A minha noiva, Brenda Karina Rodrigues da Silva, que buscou sempre inspirar o melhor de mim, com grande paciência e companheirismo, e que me mostrou o valor e as recompensas que podem ser obtidas através da dedicação e trabalho árduo, durante todo esse período.

Agradeço ao meu orientador Professor Paulo Roberto Silva Farias que me acompanhou durante boa parte de minha trajetória como Engenheiro Agrônomo, me indicou os caminhos a amadurecer como pessoa e como profissional, que sempre me orientou e aconselhou durante todos esses anos de aprendizagem, e também pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

A minha coorientadora Professora Telma Fátima Vieira Batista, por todos os conselhos, pela ajuda, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAGRO), da Universidade Federal Rural da Amazônia, pela oportunidade e pelo privilégio que me foi concedido em compartilhar tamanha experiência durante todo o período de meus cursos de Pós-graduação. Principalmente pela oportunidade em realizar este curso que tanto almejei e a todo seu corpo docente que auxiliaram muito para o meu crescimento e aprendizado.

Aos meus companheiros docentes e discentes da UFRA/Belém, que de alguma forma contribuíram tanto na minha vida acadêmica, quanto no pessoal, em especial Itabirici Júnior, Thiago Silva, Wendy Medeiros, João Almiro, Drielson Gouveia, Waljucy Cardoso, Fábio Júnior de Oliveira, e todos os outros que passaram, e que caminharam comigo sempre dividindo conhecimento.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa de Localização do plantio comercial de coqueiro, localizado no município de Moju (PA), Brasil. .... 21
- Figura 2:** Flutuação temporal do total de coqueiros com murcha-de-*Phytomonas* por ano, no período de 2004 a 2016, Moju (PA), Brasil. .... 23
- Figura 3:** Semivariogramas ajustados das plantas de coco infectadas com murcha-de-*Phytomonas* em plantio de coco, Moju (PA), Brasil. .... 24
- Figura 4:** Grau de dependência espacial (GDE) dos modelos dos semivariogramas ajustados, dado pela relação  $C_0/(C_0+C_1)$ , a partir da incidência da murcha-de-*Phytomonas* em plantio comercial de coqueiros, no período de 2004 a 2015, Moju, PA - Brasil. .... 26
- Figura 5:** Mapa de distribuição espacial de plantas infectadas com murcha-de-*Phytomonas* em plantio de coco em 2005 (A), 2006 (B), 2007 (C), 2008 (D), 2009 (E), 2012 (F), 2013 (G), 2014 (H), 2015 (I), no município de Moju (PA), Brasil. .... 27
- Figura 6:** Croqui da área experimental: disposição, numeração das filas de M1 a F18, numeração das armadilhas A1 a A7 e espaçamento entre as armadilhas, na quadra de plantio comercial de palma de óleo, com subdivisão em três parcelas, localizada no município do Moju, Pará. .... 36
- Figura 7:** Interação entre os fatores meses x parcelas para média da flutuação populacional de machos (A) e fêmeas (B) de *R. palmarum* capturados em armadilhas distribuídas em três parcelas (P1; P2; P3) em uma área comercial de palma de óleo, localizado na fazenda AGROPALMA/SA, no município do Moju, PA - Brasil. Médias seguidas da mesma letra minúscula comparando entre os meses de coleta e maiúscula comparando entre as parcelas não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). .... 38
- Figura 8:** Diagrama de dispersão do índice de Moran local na matriz de pesos espaciais do tipo Rainha (queen), para a variável incidência total de adultos de *R. palmarum* coletados em 147 armadilhas, nos meses de junho (A), julho (B), agosto (C), setembro (D), outubro (E), novembro (F) e dezembro (G) de 2013, janeiro (H), fevereiro (I), março (J), abril (K), maio (L) de 2014, em plantio comercial de palma-de-óleo, no município do Moju, Pará, Brasil. .... 41
- Figura 9:** Mapa LISA Cluster para a variável incidência total de adultos de *R. palmarum* coletados em 147 armadilhas, nos meses de junho (A), julho (B), agosto (C), setembro (D), outubro (E), novembro (F) e dezembro (G) de 2013, janeiro (H), fevereiro (I), março (J), abril (K), maio (L) de 2014, em plantio comercial de palma-de-óleo, no município do Moju, Pará, Brasil. Cores em vermelho representam parcelas de alta ocorrência da doença, enquanto as azuis baixa. A intensidade da cor informa a relação com as parcelas vizinhas, cor escura representa autocorrelação positiva, cor clara, autocorrelação negativa. .... 43
- Figura 10:** Grau de dependência espacial (GDE) dos modelos dos semivariogramas ajustados, dado pela relação  $C_0/(C_0+C_1)$ , a partir da incidência de insetos adultos (machos e fêmeas) de *R. palmarum* em plantio comercial de palma de óleo, no período de junho de 2013 a maio de 2014, Moju, PA - Brasil. .... 44

**Figura 11:** Mapa de distribuição espacial de machos adultos de *R. palmarum* resultantes da krigagem nos meses de junho (A), julho (B), agosto (C), setembro (D), outubro (E), novembro (F) e dezembro (G) de 2013, janeiro (H), fevereiro (I), março (J), abril (K), maio (L) de 2014 em plantio comercial de palma de óleo, Moju, PA - Brasil..... 47

**Figura 12:** Mapa de distribuição espacial de fêmeas adultas de *R. palmarum* resultantes da krigagem nos meses de junho (M), julho (N), agosto (O), setembro (P), outubro (Q), novembro (R) e dezembro (S) de 2013, janeiro (T), fevereiro (U), março (V), abril (W), maio (X) de 2014 em plantio comercial de palma de óleo, Moju, PA - Brasil..... 48

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Análise da distribuição espacial de plantas infectadas pela murcha-de-*Phytophthora*, parâmetros dos semivariogramas ajustados ao modelo teórico, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), parâmetro k e Grau de Dependência Espacial (GDE) para análise da distribuição espacial nas parcelas de plantio de coco, no período de 2004 a 2016, no município de Moju (PA), Brasil. .... 25

**Tabela 2:** Coeficientes de correlação de Pearson (r) e valores de *p-valor*, para os adultos machos e fêmeas de *R. palmarum* e as variáveis climáticas, precipitação (PP), temperatura média (T), temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín), Insolação (Ins) e umidade relativa (UR) no período de junho de 2013 a maio de 2014, Moju, PA - Brasil. .... 39

**Tabela 3:** Parâmetros dos semivariogramas ajustados ao modelo teórico do número de adultos de machos e fêmeas de *R. palmarum* em plantio comercial de palma de óleo, no período de junho de 2013 a maio de 2014 Moju (PA), Brasil. .... 45

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	9
GENERAL ABSTRACT.....	10
1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
REFERÊNCIAS.....	14
2. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA DOENÇA MURCHA-DE-PHYTOMONAS EM PLANTIO DE COQUEIRO ( <i>Cocos nucifera</i> L.) NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	17
RESUMO.....	17
ABSTRACT .....	18
2.1 Introdução .....	19
2.2 Material e Métodos.....	20
2.3 Resultados e Discussão .....	22
2.4 Conclusões .....	28
Referências .....	28
3. MONITORAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL DE <i>Rhynchophorus palmarum</i> EM PLANTIO CONVENCIONAL DE PALMA DE ÓLEO UTILIZANO MODELOS GEOESPACIAIS.....	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT .....	33
3.1 Introdução .....	34
3.2 Material e Métodos.....	35
3.3 Resultados e Discussão .....	37
3.4 Conclusão .....	48
Referências .....	49

## RESUMO

A Amazônia brasileira apresenta uma grande quantidade de espécies de palmeiras cultivadas da família Areacaceae, sendo estas de grande importância ecológica e econômica para a população local. Dentre estas palmeiras cultivadas merece destaque a cultura do coqueiro, da palma de óleo e do açaí, que tem grande visibilidade no mercado nacional e internacional. Entretanto, essas palmeiras sofrem com diversos ataques de pragas e doenças, com destaque a cultura do coqueiro e da palma de óleo, que tem perdas significativas quando não há método efetivo de controle destas, tornando-se um fator limitante para sua produção. Diante disso o presente trabalho tem por objetivo (i) avaliar a distribuição espacial e temporal da murcha-de-*Phytomonas* em pomares comerciais de coqueiro, no município de Moju/PA, no período de 2004 a 2016; e (ii) avaliar a distribuição espacial e temporal da incidência de *Rhynchophorus Palmarum* em uma parcela de plantio comercial de palma de óleo no município do Moju/PA. O monitoramento da murcha-de-*Phytomonas* na cultura do coqueiro é realizado pelos funcionários que vistoriam todas as plantas cultivadas mensalmente, e as que são encontradas com sintomas são imediatamente retiradas da área e anotadas, a partir desses dados foram confeccionados banco de dados, contabilizando as ocorrências de plantas com sintomas da doença da murcha-de-*Phytomonas* nos anos de 2004 até 2016. Para a amostragem do inseto *R. palmarum* foram realizadas coletas mensais de adultos, no período de junho de 2013 a maio de 2014, a partir de armadilhas tipo balde com feromônio de agregação e atrativo alimentar. Após as amostragens foram criados banco de dados geoespaciais, com coordenadas locais (latitude e longitude) de cada planta e armadilha avaliada. A distribuição espacial tanto da doença da murcha-de-*Phytomonas* quanto do *R. palmarum* foram consideradas agregadas. Os mapas de distribuição espacial de krigagem e de LISA cluster indicam que as áreas de borda da quadra de plantio próximos a vegetação nativa são áreas de maior incidência da praga e surgimento de casos de doença, portanto devem ser levadas em consideração ao criar táticas de manejo de pragas e doenças.

**Palavras Chave:** variabilidade espacial, *Elaeis guineenses*, *Cocos nucifera*, krigagem e índice de Moran.

## ABSTRACT

Brazilian Amazon has a large number of species of cultivated palm trees family Areacaceae, which are of great ecological and economic importance, some of which are very useful for its local population. Among these cultivated palms, the culture of coconut, oil palm and açaí deserves to be highlighted, which has great visibility in the national and international market. However, these palms suffer from several attacks of pests and diseases, with emphasis on the cultivation of coconut and oil palm, which has significant losses when there is no effective method of controlling these, becoming a limiting factor for their production. In view of this, the present study aims to (i) evaluate the spatial and temporal distribution of *Phytomonas*-wilt in commercial coconut orchards, in the municipality of Moju (PA), Brazil, from 2004 to 2016; and (ii) to evaluate the spatial and temporal distribution of the incidence of *Rhynchophorus Palmarum* in a commercial oil palm plantation plot in the municipality of Moju (PA). The monitoring of *Phytomonas* wilt in the coconut culture is carried out by the employees who inspect all plants cultivated monthly, and those found with symptoms are immediately removed from the area and noted, from these data a database was created, accounting occurrences of plants with symptoms of *Phytomonas* wilt disease in the years 2004 to 2016. For the sampling of the insect *R.s palmarum*, monthly collections were carried out from adults, from June 2013 to May 2014, using bucket-type traps. aggregation pheromone and food attraction. After sampling, a geospatial database was created, with local coordinates (latitude and longitude) for each plant and trap evaluated. The spatial distribution of both *Phytomonas*-wilt disease and *R. palmarum* were considered aggregated. The maps of spatial distribution of kriging and LISA cluster indicate that the areas of the edge of the planting block close to native vegetation are areas of greater incidence of the pest and the emergence of cases of disease, therefore they must be taken into account when creating management tactics. pests and diseases.

**Keywords:** spatial variability, *Elaeis guineenses*, *Cocos nucifera*, kriging, index Moran.

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Amazônia brasileira apresenta uma grande quantidade de espécies de palmeiras cultivadas pertencentes a família Areacaceae, sendo estas de grande importância ecológica e econômica, pois suas plantas são úteis para a regeneração de áreas degradadas e de grande utilidade pela sua população local (SALM et al., 2005; SOUZA; JARDIM, 2015; SANTOS et al., 2017). Dentre estas palmeiras cultivadas merece destaque a cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), a palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) e do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), tendo em vista que cada uma delas tem grande visibilidade no mercado nacional e internacional, com destaque ao estado do Pará que apresenta diversas áreas de plantio comercial (REBELLO et al., 2003; MAPA, 2018; IBGE, 2020).

A cultura do açaizeiro apresenta a maior área plantada dentre as três palmeiras em destaque, com plantio de 188.015 ha no território paraense, o que representa mais de 95 % do plantio do território nacional (IBGE, 2020). Isto está diretamente relacionado ao fato do açaizeiro ser uma palmeira típica da região Amazônica Oriental brasileira, considerada como centro de origem da espécie. O maior consumo desta cultura é na forma de suco, fazendo parte da dieta alimentar de grande parcela da população da região norte do Brasil (OLIVEIRA et al., 2000). As qualidades nutritivas do fruto, abriram ótimas alternativas para sua comercialização em todo o país, como consequência do aumento na demanda pelo fruto, de 2003 a 2020, somente no Estado do Pará, (maior fornecedor de fruto do país cerca de 94% da produção nacional), houve um incremento na área colhida, que se deve a ampliação de plantios comerciais desta cultura no Estado (IBGE, 2020).

A cultura da palma de óleo, está entre as três palmeiras que merecem destaque na região, ocupa o segundo lugar em área plantada no estado do Pará com aproximadamente 164.410 ha de palma de óleo cultivada, sendo o maior estado brasileiro produtor de palma de óleo com cerca de 92% da produção nacional (IBGE, 2020). Considerada uma palmeira originária do continente africano, mais especificamente do Golfo da Guiné (CHIA et al., 2009). É uma cultura agrícola que teve seu cultivo difundido por diversas regiões face ao seu potencial de produtividade de óleo vegetal, pois esta palmeira apresenta u alto rendimento de óleo por hectare. Além de gera emprego e renda nas regiões de plantios comerciais, está tem ganhado bastante espaço no mercado devido ser considerada como fonte potencial de óleo para produção do biodiesel ALVES et al., 2013; BERGMANN et al., 2013).

Na atual conjuntura da produção da cultura do coqueiro, a maior produção de coco se localiza na região Nordeste, com destaque para o estado da Bahia como o maior produtor do nacional, entretanto o estado do Pará com seu potencial se encontra em terceiro maior produtor com participação de 12,26% da produção nacional, com uma área plantada de 17.291 ha (IBGE, 2020). O estado do Pará apresenta alto potencial produtivo para a cultura do coqueiro, pois apresenta condições edafoclimáticas propícias para sua produção (FRÓES JÚNIOR et al., 2019). Além desse setor ser responsável por uma cadeia produtiva de mais de 100 produtos que consistem na produção de alimentos, produções têxteis, estofados, ração animal e outros subprodutos (REBELLO et al., 2003). Vale ressaltar que o país está em quarto lugar entre os maiores produtores mundiais da cultura do coqueiro (FRÓES JÚNIOR et al., 2019).

O cultivo dessas palmeiras tem grande participação no agronegócio da região Amazônica (IBGE, 2020). Embora visto um grande potencial dessas culturas no estado do Pará, também há diversos fatores limitantes para a sua elevada produção, com destaque para os problemas fitossanitários, como o ataque pragas e presença de patógenos, com destaque a cultura do coqueiro e da palma de óleo, que tem perdas significativas quando não há método efetivo de controle destas (DUARTE et al., 2008). Dentre as principais pragas de palmeiras na América Tropical, o *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) pode causar danos diretos e indiretos, nas culturas do coqueiro e palma de óleo que levam a morte vegetativa dessas palmeiras (MOURA, 2017; GIBLIN-DAVIS 2001; CYSNE et al., 2013; MARTÍNEZ et al., 2019). Com relação ao ataque de patógenos, uma doença fatal à cultura do coqueiro e da palma de óleo é a murcha-de-*Phytophthora*, seu agente causal *Phytophthora staheli* (McGhee; McGhee, 1979) é transmitido por percevejos vetores da família Pentatomidae, doença que geralmente causa a morte das plantas após os dois meses de aparecimento dos primeiros sintomas, não havendo tratamento curativo (ARAÚJO et al., 2003; MITCHELL, 2004; DI LUCCA et al., 2013; ROELL et al., 2017).

Para enfrentar o ataque de pragas e doenças o Manejo Integrado de Pragas indica estratégias através de medidas de controle que devem ser adotadas sempre que uma praga estiver presente numa densidade populacional capaz de ocasionar dano econômico ao cultivo, sendo assim sua densidade populacional deve ser constantemente monitorada por amostragem sistemática (MOURA et al., 2003). Cada um desses insetos pragas apresentam nos agroecossistemas padrões de distribuição espacial e esses podem ser classificados como: agregado, aleatório e uniforme (KREBS, 1989). No padrão tipo agregado aqueles indivíduos se relacionam mutuamente uns com os outros, entretanto nos padrões uniformes ou aleatórios

esses indivíduos apresentam uma relação de forma independente. Sendo assim o padrão de distribuição espacial dos insetos vai estar diretamente influenciada pela sua interação com o ambiente (KLEIJNA; ANGEVELDE, 2006; SUZANA et al., 2018).

Quando o inseto se encontra em habitats nos quais existe escassez de alimento e abrigo, condições microclimáticas desfavoráveis, até mesmo dificuldade de encontro de parceiros sexuais, estes ocasionalmente iram se dispersar ou migrar para áreas os quais apresentaram habitats favoráveis (KLEIJNA; ANGEVELDE, 2006; JONES et al., 2019). Até mesmo o número e tipo de espécies podem alterar a dinâmica dos insetos pragas e patógenos por conta do tipo de habitat (DASSOU et al., 2017).

A dispersão de insetos patógenos e plantas doentes podem ser estudadas utilizando ferramentas que levem em consideração a localização geográfica das amostras e a dependência espacial entre elas (BARRIGOSSI et al., 2001; DOWNES et al., 2017; MARTINS et al., 2018), são essas, a geoestatística (NELSON et al., 1999; CALVO et al., 2018; FARIAS et al., 2018) e o Índice de Moran (MORAN, 1950; BYAMUKAMA et al., 2017). A geoestatística envolve a utilização de métodos de covariância, funções de semivariância e métodos de correlação para descrever os padrões espaciais dos indivíduos, além de modelar a dependência espacial em estudos entomológicos (LIEBHOLD et al., 1993; ELLSBURY et al., 1998; BARRIGOSSI et al., 2001; LEAL et al., 2010; SILVA et al., 2015). E o Índice de Moran é uma ferramenta de análise que identifica uma medida de autocorrelação espacial global para um agrupamento de indivíduos, indicando padrões espaciais dispersos (bem distribuídos); correlacionados (agregados) ou padrões espaciais aleatórios (MORAN, 1950; OLANYA et al., 2015; BYAMUKAMA et al., 2017).

Dentro deste contexto, estudos que visam a distribuição espacial e temporal sobre insetos pragas e plantas doentes das palmeiras de importância econômica da Amazônia, se faz necessário para melhor entender suas incidências e padrões espaciais. Baseado em ponto de vista científico o estudo tem dois objetivos, (i) analisar a distribuição espacial e temporal da *murcha-de-Phytomonas* em pomares comerciais de coqueiro, no município de Moju/PA, no período de 2004 a 2016; (ii) analisar a distribuição espacial e temporal da incidência de *R. Palmarum* em parcelas de plantio comercial de palma de óleo no município do Moju/PA.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, S. A. O., AMARAL, W. A. N. HORBACH, M. A., ANTIQUEIRA, L. M. O. R., BRAGA, L. P. P., DIAS, I. F. S. A., 2013. Dendeicultura no Estado do Pará: cenário atual, entraves e perspectivas. **Bioenergia em revista: diálogos**, ano 3, n. 2, p. 18-28.
- ARAÚJO, J.C.A.; PEREIRA, J.C.R.; GASPAROTTO, L., 2003. **Murcha-de-Phytomonas do coqueiro no Amazonas**. Circular Técnica, n. 17. Embrapa Amazônia Ocidental (1 Ed.). [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/10250/1/circ\\_tec17.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/10250/1/circ_tec17.pdf)
- BARRIGOSI, J.A.F., YOUNG, I. J., CRAWFORD, C.A.G., HEIN, G.L., HIGLEY, L.G., 2001. Spatial and probability distribution of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) egg mass populations in dry bean. **Environmental Entomology**, v. 30(2), p. 244-253. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.2.244>
- BERGMANN, J.C., TUPINAMBÁ, D.D., COSTA, O.Y.A., ALMEIDA, J.R.M., BARRETO, C.C., QUIRINO, B.F., 2013. Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 411-420. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.058>
- BYAMUKAMA E., EGGENBERGER S. K., COELHO-NETO R. A., ROBERTSON A. E., NUTTER JR. F. W., 2014. Geospatial and temporal analyses of bean pod mottle virus epidemics in soybean at three spatial scales. **Phytopathology**, v. 104, p. 365-78. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-12-12-0323-R>
- CALVO, M.V., DUARTE, F., BORGES, A., SCATONI, I., 2018. Analysis of the spatial distribution of *Cydia pomonella* (L.) in Southern Uruguay using geostatistical tools. **Agrociencia Uruguay**, v.22(2), p.68-78. <http://dx.doi.org/10.31285/agro.22.2.10>
- CHIA, G. S., LOPES, R., CUNHA, R. N. V., ROCHA, R. N. C., LOPES, M. T. G. 2009. Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 249-253. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200001>
- CYSNE, A.Q., CRUZ, B.A., CUNHA, R.N.V, ROCHA, R.N.C., 2013. Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em palmeiras oleíferas no Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 43(2), p. 197-202. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000200010>
- DI LUCCA, A.G.T., CHIPANA, E.F.T., ALBÚJAR, M.J.T., PERALTA, W.D., PIEDRA, Y.C.M., ZELADA, J.L.A., 2013. Slow wilt: another form of marchitez in oil palm associated with trypanosomatids in Peru. **Tropical Plant Pathology**, v. 38(6), p. 522-533. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762013000600008>
- DOWNES, S., KRITICOS, D., PARRY, H., PAULL, C., SCHELLHORN, N., ZALUCKI, M.P., 2017. A perspective on management of *Helicoverpa armigera*: transgenic Bt cotton, IPM, and landscapes. **Pest Management Science**, v. 73, p. 485-492. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.4461>
- DUARTE, A.G., LIMA, I.S., ARAÚJO JÚNIOR, J.V., DUARTE, A.G., ALBUQUERQUE, A.L.S., CRUZ, M.M., 2008. Disposição do nematóide *Bursaphelenchus coccophilus* (Cobb) Baujard, em coqueiros portadores da doença anel vermelho. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30(3), p. 622-627. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000300010>
- ELLSBURY, M.M., WOODSON, W.D., CLAY, S.A., MALO, D. SCHUMACHER, J., CLAY, D.E., CARLSON, C.G., 1998. Geostatistical characterization of the spatial

distribution of adult corn rootworm emergence. **Environmental Entomology**, v. 27, p. 910-917. <http://dx.doi.org/10.1093/ee/27.4.910>

FARIAS, P.R.S., HARADA, A.Y., FILGUEIRAS, C.C., LIMA, B.G., SALES, T.M., SILVA, A.G., SOUZA, B.H.S., 2018. Mapping *Azteca barbifex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) dispersal in georeferenced orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) orchard in the Eastern Amazon, Brazil. **Insectes Sociaux**, v.65(2), p. 345-350. <https://doi.org/10.1007/s00040-018-0610-2>

FRÓES JÚNIOR, P.S.M.; AVIZ, W.L.C.; REBELLO, F. K.; SANTOS, M.A.S., 2019. Sources of growth and spatial concentration of coconut crop in the State of Pará. **Journal of Agricultural Science**; v.11(2), p. 159-168. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n2p159>

GIBLIN-DAVIS, R.M., 2001. Borers of palms. In: HOWARD, F.W.; MOORE, D.; GIBLIN-DAVIS, R.M.; Abad, R.G. **Insects on palms**. Ed. CABI Publishing, p. 267-304.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2020). **Produção Agrícola Municipal**. <http://www.ibge.gov.br>

JONES, C.M., PARRY, H., TAY, W.T., REYNOLDS, D.R., CHAPMAN, J.W., 2019. Movement ecology of pest *Helicoverpa*: implications for ongoing spread. **Annual Review of Entomology**, v. 64, p. 1-19. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-111959>

KLEIJNA, D., LANGEVELDE, F.V., 2006. Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. **Basic and Applied Ecology**, v.7(3), p. 201-214. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.07.011>

KREBS, C.J., 1989. **Ecological methodology**. New York: Harper and Hall, 654p.

LEAL, R.M., BARBOSA, J.C., COSTA, M.G., BELASQUE JÚNIOR, J., YAMAMOTO, P.T. DRAGONE, J., 2010. Distribuição espacial de *Huanglongbing* (Greening) em citros utilizando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32(3), p. 808-818. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000077>.

LIEBHOLD, A.M., ROSSI, R.E., KEMP, W.P., 1993. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 303-327. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.001511>

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento)., 2018. Diagnóstico da Produção Sustentável da Palma de Óleo, Brasília (1 Ed.).

MARTÍNEZ, L.C., PLATA-RUEDA, A., RODRÍGUEZ-DIMATÉ, F.A., CAMPOS, J.M., SANTOS JÚNIOR, V.C., ROLIM, G.S., FERNANDES, F.L. SILVA, W.M. WILCKEN, C.F., ZANUNCIO, J.C., SERRÃO, J.E., 2019. Exposure to insecticides reduces populations of *Rhynchophorus palmarum* in oil palm plantations with bud rot disease. **Insects**, v. 10(4), p. 1-12. <https://doi.org/10.3390/insects10040111>

MARTINS, J.C., PICANÇO, M.C., GONRING, A.H., GALDINO, T.V., GUEDES, R.N., 2018. Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. **Pest Management Science**, v. 74(1), p. 30-36. <https://doi.org/10.1002/ps.4664>

MITCHELL, P.L., 2004. Heteroptera as vectors of plant pathogens. **Neotropical Entomology**, v. 33(5), p. 519-545. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2004000500001>

MORAN, P.A.P., 1950. Notes on continuous stochastic phenomena. **Biometrika**, v.37, p.17-23. <http://dx.doi.org/10.2307/2332142>

- MOURA, M.F., PICANÇO, M.C., SILVA, E.M., GUEDES, R.N.C., PEREIRA, J.L., 2003. Plano de amostragem do biótipo B de *Bemisia tabaci* na cultura do pepino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38(12), p. 1357-1363. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003001200001>
- MOURA, J.I.L. 2017. **Manejo Integrado das Pragas das Palmeiras**. Ilheus, BA: Centro de Pesquisa do Cacau, 186p.
- NELSON, M.R., ORUM, T.V., JAIME-GARCIA, R., NADEEM, A., 1999. Applications of geographic information systems and geostatistics in plant disease epidemiology and management. **Plant Disease**, v. 83(4), p. 308-319. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.4.308>
- OLIVEIRA, M. S. P.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Funep, 2000.
- REBELLO, F.K., REALE FILHO, H.B., FIGUEIREDO, R.N., 2003. Diagnóstico e perspectiva econômica da cadeia produtiva do coco-da-baía no Estado do Pará. In H. Graça (Eds.), **O meio Amazônico em Desenvolvimento: Exemplos de alternativas econômicas**. Banco da Amazônia S/A. p.133-198.
- ROELL, T., WINTER, I.C., ASIPUELA, R., CAMPOS, L.A., 2017. New records and update on the geographic distribution of fifteen species of *Lincus* Stål, 1867 (Hemiptera: Pentatomidae) associated with palms and coconut trees in the Neotropics. **Check List**, v. 13(2), p. 1-9. <http://dx.doi.org/10.15560/13.2.2086>
- SANTOS, M.F.G., ALVES, R.E., BRITO, E.S., SILVA, S.M., SILVEIRA, M.R.S., 2017. Quality characteristics of fruits and oils of palms native to the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p. 1-6. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017305>
- SALM, R., JALLES-FILHO, E., SCHUCK-PAIM, C., 2005. A model for the importance of large arborescent palms in the dynamics of seasonally-dry Amazonian forests. **Biota Neotropical**, v. 3(1), p. 151-156. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032005000300011>
- SILVA, A.G., FARIAS, P.R.S., BOIÇA JUNIOR, A.L., LIMA, B.G., PONTE, N.H.T., PINHO, R.C., BARBOSA, R.S., 2015. Análise espacial da mosca-negra em sistema agroflorestal de citros. **Comunicata Scientiae**, v. 6(3), p. 350-358. <https://doi.org/10.14295/CS.v6i3.408>
- SOUZA, A.P.S., JARDIM, M.A.G., 2015. Diversidade florística e padrões ecológicos de palmeiras da área de proteção ambiental, Ilha do Combu, Belém, Pará, Brasil, **Biota Amazônica**, v. 5(3), p. 8-13. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n3p8-13>
- SUZANA, C.S., ROSA, C.F., ALVES, F. da L., SALVADORI, J.R., 2018. Consumption and use of soybean by the caterpillar *Helicoverpa armigera*. **Ciência Rural**, v. 48(12), p. 1-6. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180188>

## 2. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA DOENÇA MURCHA-DE-*PHYTOMONAS* EM PLANTIO DE COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.) NA AMAZÔNIA ORIENTAL

### RESUMO

O trabalho tem por objetivo avaliar a distribuição espacial e temporal da doença murcha-de-*Phytomonas* em plantio de coqueiro na Amazônia Oriental. Os dados da incidência da doença foram coletados em processos de eliminação de plantas infestadas entre os anos de 2004 e 2016 em uma subárea localizada na porção sul de uma fazenda comercial de plantio de coqueiros. O método de monitoramento da doença da murcha-de-*Phytomonas* foi realizado a partir da eliminação de plantas doentes as vistoriam das plantas ocorreu mensalmente, a partir desses dados foram confeccionados banco de dados, contabilizando as ocorrências de plantas com sintomas da doença da murcha-de-*Phytomonas* nos anos de 2004 até 2016. A técnica de análise espacial utilizada foi a geoestatística com interpolação por meio da krigagem a partir da modelagem em semivariograma para cada ano avaliado. Os modelos que se ajustaram foram o efeito pepita puro, esférico e gaussiano, com valores de alcance variando de 670 a 1580 metros. Os valores do parâmetro k indicaram que a dependência espacial da doença pode ser moderada ou forte. A ocorrência de plantas com a murcha-de-*Phytomonas* foi mais intensa nas bordaduras do plantio, próximo as áreas de vegetação nativa, isso indica que os produtores da cultura do coqueiro devem ter maior atenção ao monitoramento nessas áreas.

**Palavras Chave:** monitoramento, doença de plantas, krigagem.

## SPACE-TEMPORAL DISTRIBUTION OF MURCHA-DE-PHYTOMONAS DISEASE IN COCONUT PLANT (*Cocos nucifera* L.) IN THE EASTERN AMAZON

### ABSTRACT

The work aims to evaluate the spatial and temporal distribution of *Phytomonas*-wilt disease in coconut plantations in the Eastern Amazon. Data on the incidence of the disease were collected in processes of elimination of infested plants between the years 2004 and 2016 in a subarea located in the southern portion of a commercial coconut plantation farm. The method of monitoring *Phytomonas* wilt disease was performed based on the elimination of diseased plants. The surveys of the plants occurred monthly, from these data, a database was created, accounting for the occurrences of plants with symptoms of wilt disease of *Phytomonas* in the years 2004 to 2016. The spatial analysis technique used was geostatistics with interpolation through kriging based on semivariogram modeling for each year evaluated. The adjusted models were the nugget, spherical and Gaussian effect, with range values ranging from 670 to 1580 meters. The values of parameter k indicated that the spatial dependence of the disease can be moderate or strong. The occurrence of plants with *Phytomonas*-wilt was more intense in the borders of the plantation, close to the areas of native vegetation, this indicates that the producers of the coconut culture should pay more attention to monitoring in these areas.

**Keywords:** Amazon, kriging, spatial analysis.

## 2.1 Introdução

A cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), é geradora de emprego e renda nos países tropicais. Sua distribuição geográfica compreende às regiões entre as latitudes 20° N e 20° S (FREMOND et al., 1975). Originário do sudeste da Ásia, o coqueiro foi levado para a Índia e, posteriormente, para o leste africano. No Brasil, a variedade gigante foi introduzida em 1553, oriunda da Ilha de Cabo Verde e os anões, em 1925, 1938 e 1939 provenientes de Java e Norte da Malásia (FOALE; HARRIES, 2009). A Indonésia com 33%, Filipinas com 25% e Índia com 17%, detêm 75% da produção mundial, enquanto o Brasil representa apenas 4% da produção mundial (FAOSTAT, 2016).

A produção brasileira de coco é importante para a economia da Região Nordeste, onde se encontra a maior produção de coco do País, e vem alcançando destaque em outras regiões devido à expansão da cultura do coco verde. Em 2019, com uma produção de 1.135.700 toneladas de frutos, o Nordeste respondeu por 73,08% da produção nacional de coco. O estado da Bahia é o principal produtor, com uma área colhida de 37.450 ha e produção de 333.734 toneladas de frutos, seguido por Cear. O estado do Pará no ano de 2018 ultrapassou Sergipe e se tornou terceiro maior produtor de coco do país com 175.215 toneladas com área colhida de 17.291 ha. O principal empreendimento da cultura no estado foi implantado no início dos anos 80 no município de Moju, Nordeste do Estado (IBGE, 2020). Porém apesar do grande potencial para a produção desta cultura no estado, há também fatores que limitam sua produção, como a ocorrência de pragas e patógenos.

A murcha-de-*Phytomonas*, doença fatal à cultura do coco, foi detectada no Brasil pela primeira vez no ano de 1982, em plantas de coqueiro no estado da Bahia. (BEZERRA; FIGUEIREDO, 1982). As plantas geralmente morrem dois meses após o aparecimento dos primeiros sintomas que se caracterizam pelo amarelecimento das folhas no sentido ascendente, secagem seguida de apodrecimento das inflorescências e do meristema central, além de uma queda gradativa dos frutos, é uma doença letal para o coqueiro e sem qualquer tratamento curativo (ARAÚJO et al., 2003). Seu agente causal é um protozoário da família dos Trypanosomatidae, o *Phytomonas staheli* (McGhee; McGhee, 1979). A disseminação da doença é feita por percevejos da família Pentatomidae, como o *Macropygium spinola*, o *Ochlerus spinola*, e diversas espécies do gênero *Lincus* (MITCHELL 2004; DI LUCCA et al. 2013, Roell et.al., 2017). Há relatos também de percevejos vetores do gênero *Ochlerus* no estado do Pará. (WARWICK et al., 1998).

Para entender como a doença pode se propagar na área de plantio é importante tentarmos avaliar suas ocorrências espacialmente. A ferramenta da geoestatística tem sido amplamente utilizada dentro da agricultura de precisão como importante ferramenta de análise espacial e temporal, pois considera a posição no espaço da variável em estudo, permitindo quantificar a dependência espacial entre amostras coletadas em campo e utilizar a mesma para construção de mapas (LIEBHOLD et al., 1993). Com essa ferramenta, é possível determinar a dependência espacial de pragas e doenças em plantas, através da elaboração de semivariogramas que são ajustados a um modelo que fornece o raio de agregação da variável em estudo (BYAMUKAMA et al. 2014; RIJAL et al., 2016).

O semivariograma servirá como base para se fazer a elaboração dos mapas que mostram como ocorre a expansão de doenças nas plantas (Leal et al., 2010). Sendo assim a utilização dos procedimentos geoestatísticos baseados em técnicas de modelagem espacial através dos semivariogramas e estimação pela krigagem são ferramentas importantes, que podem ser utilizadas para determinar, dentre outros parâmetros a distribuição espacial e também a elaboração de medidas de tomada de decisão (SILVA et al., 2015). A geoestatística atualmente é uma das mais confiáveis técnicas para inferência espaço-temporal e tem sido cada vez mais aplicada para modelar o padrão de distribuição de doenças de plantas (CHAREST et al., 2002; FARIAS et al., 2002, Leal et al, 2010; BYAMUKAMA et al. 2014). O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial e temporal de murcha-de-*Phytophthora* em pomares de coqueiro, no período de 2004 a 2016, no município de Moju, Pará, Brasil.

## 2.2 Material e Métodos

A área de estudo se localiza em uma propriedade de plantio comercial de coqueiro, localizada nas margens da rodovia PA 252, km 38, município de Moju (PA), Brasil de coordenadas: 02°12'00" S e 48°36'30" W (Figura 1). Na área de estudo existe um total de 94 parcelas de cultivo de coqueiro, sendo todas enumeradas por uma simbologia alfanumérica (Figura 1), apresentando 4 híbridos, o PB-121 (Anão amarelo da Malásia x Gigante do Oeste Africano), o PB-123 (Anão amarelo da Malásia x Gigante de Renel), PB-141 (Anão verde do Brasil x Gigante do Oeste Africano) e o PB-132 (Anão vermelho da Malásia x Gigante da Polinésia), em uma área total de 1.462 ha e um total de 233.938 plantas. As mudas de coco foram plantadas em formato de triângulo equilátero, distantes uma das outras em 8,5 metros. A região apresenta altitude é 30 metros, com pluviosidade média anual de 2.600,00 mm e temperatura média de 27 °C, umidade relativa do ar de 82% e constante iluminação solar. O

solo é Latossolo amarelo (Oxisol) distrófico, textura argilo-arenosa e baixa saturação de bases (EMBRAPA, 2013).



**Figura 1:** Mapa de Localização do plantio comercial de coqueiro, localizado no município de Moju (PA), Brasil.

Para melhor interpretação visual da área de estudo todas as 94 parcelas de coqueiro avaliadas, foram vetorizadas em polígonos espaciais, a partir da imagem SPOT com resolução espacial de 5 metros do ano de 2010. O mapa de localização da Figura 1 indica as parcelas com plantio de coqueiro e as áreas de mata nativa, para identificação dos elementos geográficos que compõe a área estudo. Para confecção do mapa de localização da área experimental foi utilizado o software ArcGIS 10.1.

Para identificação de plantas com a doença da murcha-de-*Phytophthora* é realizado o monitoramento pelos funcionários da empresa, que vistoriam todas as plantas cultivadas mensalmente, a partir desses dados foram confeccionados banco de dados geoespaciais, contabilizando as ocorrências de plantas com sintomas da doença da murcha-de-*Phytophthora* nos anos de 2004 até 2016.

Para o controle da doença da murcha-de-*Phytophthora* é realizado pela empresa o monitoramento mensal de todas as plantas cultivadas, quando uma planta apresenta os sintomas da doença esta é marcada, depois é realizada a erradicação e queima da planta afetada. Para o manejo da doença são realizados tratamentos preventivos com base algumas literaturas existentes, que visam impedir o ataque do percevejo vetor da doença. Como por exemplo, a área de coroamento da planta é mantida limpa, principalmente em região úmida, para impedir que plantas daninhas sirvam de abrigo para inseto vetor; corte das extremidades das folhas, para

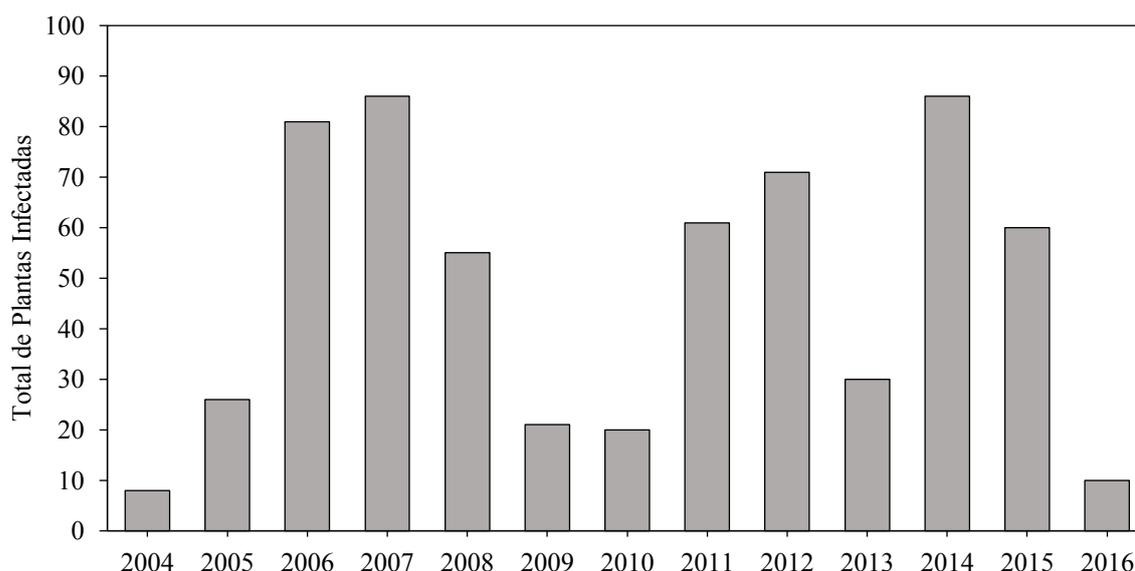
impedir acesso do percevejo do solo para as plantas; maior fiscalização em regiões úmidas, pois áreas próximas de mata apresentam maiores focos (ARAÚJO et al., 2003).

No presente trabalho, a análise geoestatística foi modelada por semivariogramas para cada ano amostrado com ocorrência da doença na área de estudo. Os modelos testados foram o linear, esférico, exponencial e gaussiano (Vieira et al., 1983; Isaaks; Srivastava, 1989; Liebhold et al., 1993). Em seguida foi calculado o grau de dependência espacial (GDE) proposto por Cambardella et al. (1994) e posteriormente realizada a interpolação para a confecção os mapas de distribuição espacial utilizando-se o método de interpolação por Krigagem (Vieira et al., 1983). Para escolha do modelo que melhor representasse a distribuição espacial, foi selecionado o semivariograma que apresentou valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) próximos de um (1), pois apresentam bons ajustes ao modelo de acordo com o critério de Downing (1986). Para elaboração e ajustes dos semivariogramas aos modelos matemáticos, e a construção dos mapas a partir dos valores estimados por krigagem, foi utilizado o software computacional Surfer 14.0 (Golden Software).

### **2.3 Resultados e Discussão**

No período de 2004 a 2016 a área de estudo apresentou um total de 615 plantas com *murcha-de-Phytomonas*, sendo que as mesmas quando detectadas foram eliminadas e incineradas como medida fitossanitária para controle da dispersão da doença na área.

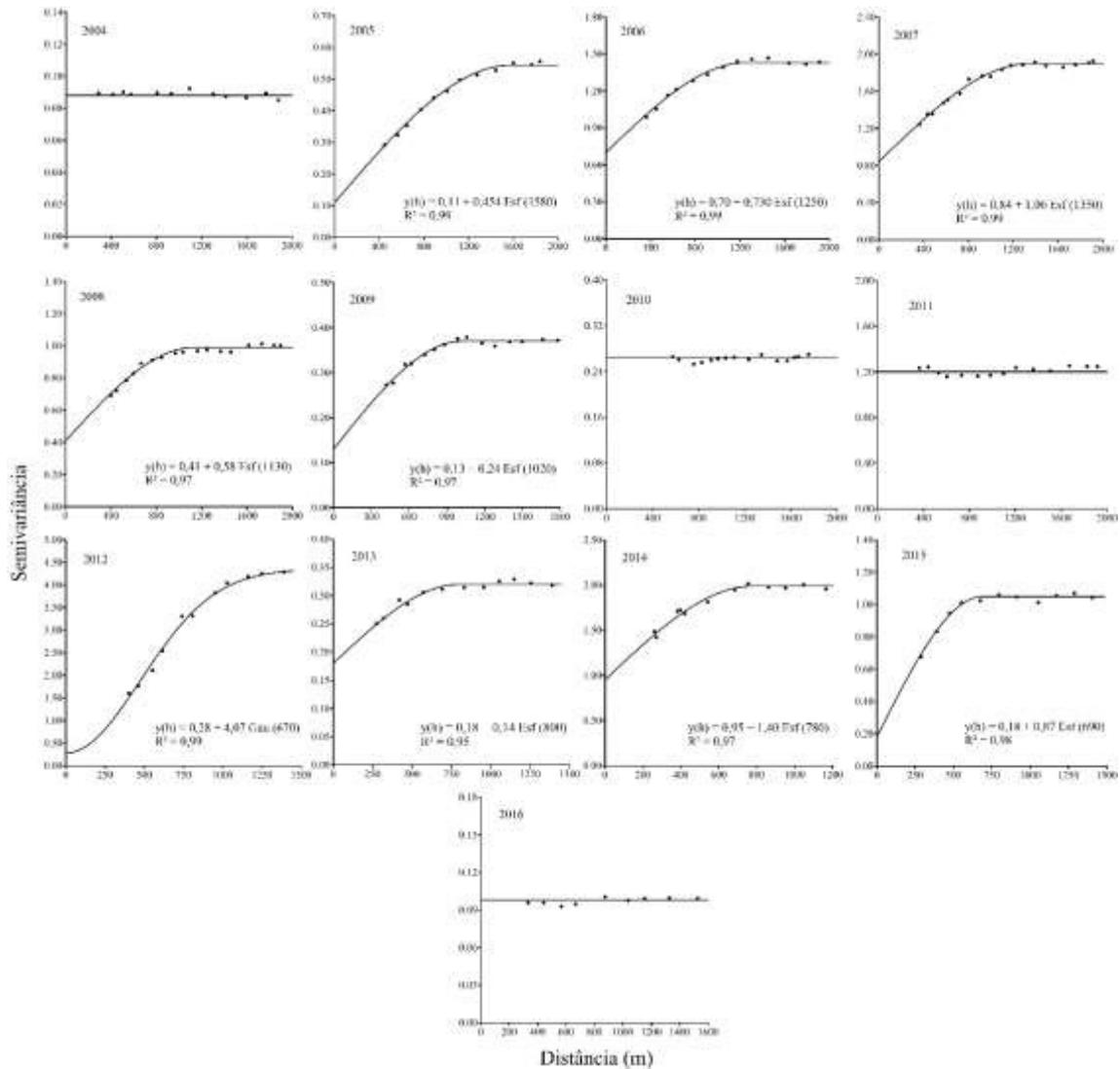
Ao analisar a flutuação temporal da incidência da doença na área de estudo, observa-se que houve variação na sua ocorrência ao longo dos anos (Figura 2). Os anos de 2006, 2007, 2012 e 2014 apresentaram maior quantidade de plantas com *murcha-de-Phytomonas*, sendo os períodos que mais demandaram custos com a eliminação de plantas doentes. Os anos de 2004 e 2016 foram os que apresentaram menor número de plantas doentes, cerca de 8 e 10 plantas, respectivamente. Esta baixa incidência pode estar relacionada com a menor presença do inseto vetor na área de plantio de coco, resultante da eficácia do manejo realizado para o controle do vetor da doença.



**Figura 2:** Flutuação temporal do total de coqueiros com murcha-de-*Phytophthora* por ano, no período de 2004 a 2016, Moju (PA), Brasil.

As quantidades de coqueiros doentes ao longo do período de estudo, revelam que em 2004 e 2005 houve uma pequena dispersão da doença pela área. Entretanto, entre os anos 2005 a 2007 as quantidades aumentaram consideravelmente com relação aos anos anteriores (Figura 2). Já nos anos de 2009 e 2010 verificou-se novamente pequenas quantidades de plantas doentes, e nos anos seguintes novamente houve um crescimento de plantas com murcha-de-*Phytophthora* se comparado com 2009 e 2010. A partir de 2013 percebe-se novamente o aumento na quantidade de plantas infectadas..

Durante o período avaliado, houveram meses em que a incidência de plantas com murcha-de-*Phytophthora* foi maior, pois a doença apresentou intervalos em que se dissipa em maior quantidade e outros períodos que reduzem consideravelmente (Figura 2). A partir das análises geoestatística e das quantidades de plantas infectadas nas parcelas estudadas por meio dos modelos ajustados pelos semivariogramas experimentais, as avaliações obtiveram melhores ajustes aos modelos esférico, gaussiano e efeito pepita puro (Figura 3).



**Figura 3:** Semivariogramas ajustados das plantas de coco infectadas com murcha-de-*Phytophthora* em plantio de coco, Moju (PA), Brasil.

Dentre o período estudado, em 4 anos (2004, 2010, 2011 e 2016) o modelo ajustado foi o do efeito pepita puro. Esse modelo indica que ocorreu uma incidência de forma aleatória na área e em parcelas distantes umas das outras, com os dados não apresentando dependência espacial, indicando não ser possível se estimar através da krigagem o comportamento da doença nesses anos (Tabela 1). Outro trabalho que obteve efeito pepita puro foi de Silva et al. (2015) que avaliando *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae) além de obter melhores ajustes ao modelo esférico para o inseto também obteve ajustes ao modelo pepita puro sendo naquele mês desse modelo não sendo possível determinar o comportamento espacial daquele inseto.

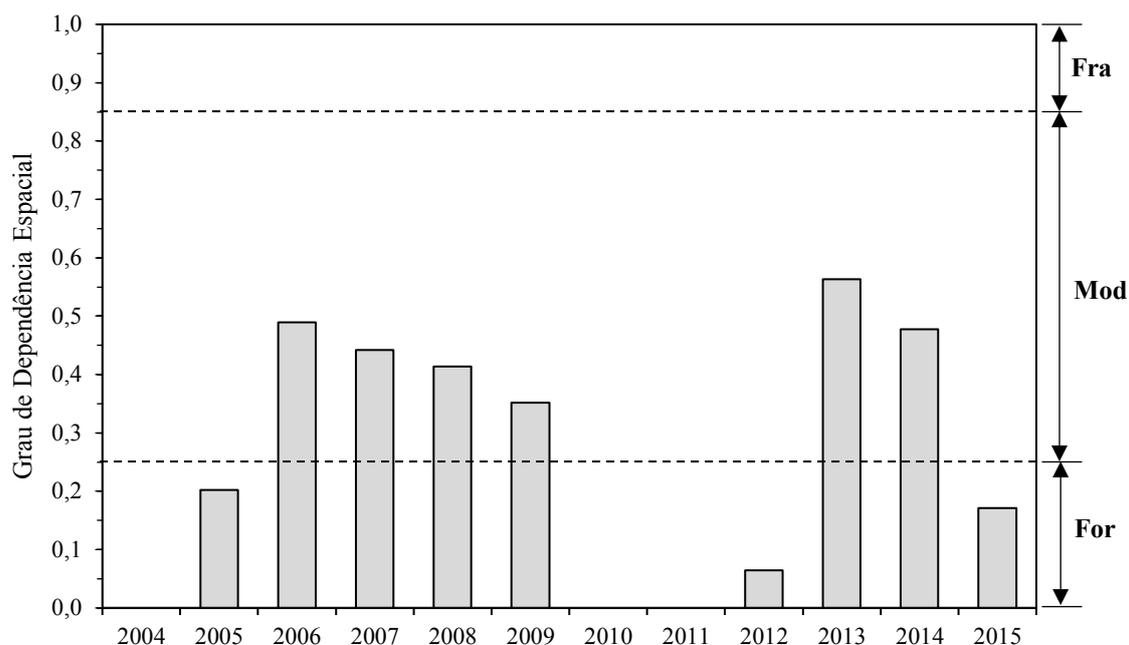
**Tabela 1:** Análise da distribuição espacial de plantas infectadas pela murcha-de-*Phytomonas*, parâmetros dos semivariogramas ajustados ao modelo teórico, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), parâmetro  $k$  e Grau de Dependência Espacial (GDE) para análise da distribuição espacial nas parcelas de plantio de coco, no período de 2004 a 2016, no município de Moju (PA), Brasil.

Época	Parâmetros			Modelo <sup>d</sup>	$R^{2e}$
	$C_0^a$	$C_1^b$	$a$ (m) <sup>c</sup>		
2004	-	-	-	Pepita Puro	-
2005	0,110	0,434	1.580	Esférico	0,99
2006	0,700	0,730	1.250	Esférico	0,99
2007	0,840	1,060	1.350	Esférico	0,99
2008	0,410	0,580	1.130	Esférico	0,97
2009	0,130	0,240	1.020	Esférico	0,97
2010	-	-	-	Pepita Puro	-
2011	-	-	-	Pepita Puro	-
2012	0,280	4,070	670	Gaussiano	0,99
2013	0,180	0,140	800	Esférico	0,95
2014	0,950	1,040	780	Esférico	0,97
2015	0,180	0,870	690	Esférico	0,98
2016	-	-	-	Pepita Puro	-

<sup>a</sup>Efeito pepita; <sup>b</sup>Variância espacial; <sup>c</sup>Alcance (metros); <sup>d</sup>Modelo do semivariograma ajustado; <sup>e</sup>Valores próximos de 1 indicam bom ajuste ao modelo.

Para as outras avaliações, em um ano o ajuste para a distribuição da doença se deu ao modelo gaussiano e os outros oito anos com ajuste ao modelo esférico (Tabela 1). Estes dois modelos apresentaram valores significativos para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), sendo este parâmetro indicam forte ajuste ao modelo. Foi observado para o presente trabalho, que esse coeficiente apresentou uma amplitude de 0,95 a 0,99, indicando que os modelos esféricos estão bem ajustados para a distribuição da doença da murcha-de-*Phytomonas*, pois apresentou valores próximos de 1. Farias et al. (2018), avaliando a dispersão da formiga *Azteca barbifex* Forel, 1906 (Hymenoptera: Formicidae) em plantio georreferenciado de laranja (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) obteve bons ajustes variando de 0,82 a 0,94.

O índice de dependência espacial  $k$ , estimado com as informações da variância espacial e o efeito pepita, tiveram valores obtidos variando de 0,064 a 0,563, apresentando grau de dependência espacial (GDE) de moderada a forte, predominando a moderada de acordo com Cambardella et al. (1994) (Figura 4). No trabalho de Brandão et al, (2017), avaliando a distribuição temporal de larvas de *Opsiphanes invirae* Hübner, 1808 (Lepidoptera: Nymphalidae) obteve valores também variando de GDE de moderado a forte. O conhecimento da agregação espacial é importante devido a sua associação com a dinâmica populacional das espécies, podendo influenciar no monitoramento e nas medidas de controle (Blackshaw e Vernon, 2006; Corley et al., 2007).



**Figura 4:** Grau de dependência espacial (GDE) dos modelos dos semivariogramas ajustados, dado pela relação  $C_0/(C_0+C_1)$ , a partir da incidência da murcha-de-*Phytopomonas* em plantio comercial de coqueiros, no período de 2004 a 2015, Moju, PA - Brasil.

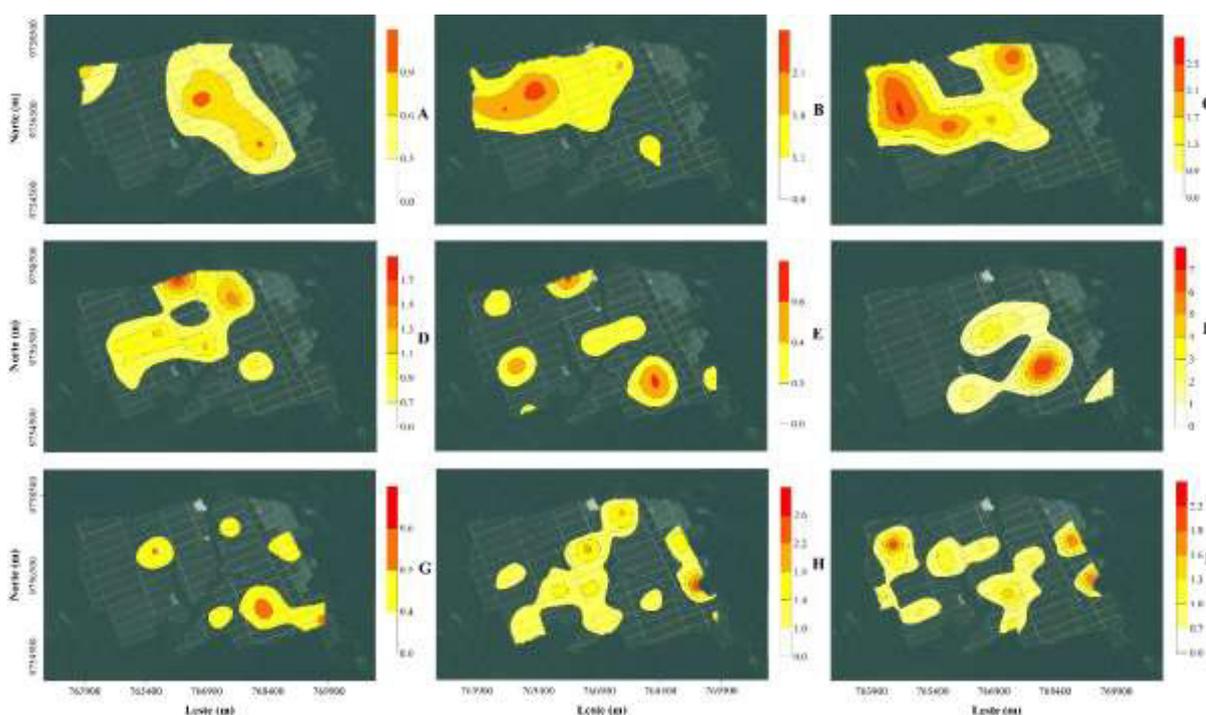
Para o raio de agregação encontrado variou de 670 m a 1580 m (Tabela 1). Nota-se que no ano de 2005 a 2009 variou de 1020 m a 1580 m, indicando que essa doença poderia ocorrer em talhões mais distantes dos de maior quantidade de plantas doentes. Em 2012 a 2015 houve uma redução nesse intervalo de 670 m a 800 m, demonstrando que essa área de dependência espacial diminuiu, sendo que agora os talhões bem mais próximos aos outros que podem ser infectados com a doença. Em um estudo realizado por Leal et al (2010), com plantas com a doença do greening (Huanglongbing/HLB) sendo esta também transmitida por um inseto sugador, *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae), obteve dependência espacial para plantas com greening raio de agregação de 300 a 560 m, indicando distribuição agregada da doença.

Esse parâmetro é um indicador da distância máxima até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si, permitindo detectar o limite da dependência espacial da infestação da doença em um plano de amostragem (VALERIANO E PRADO, 2001), portanto o monitoramento deverá ser conduzido com espaçamentos inferiores ao alcance encontrado.

Os mapas de krigagem (Figuras 4) obtidos através dos ajustes dos modelos no intervalo de anos de 2005 a 2009, observa-se que houve um comportamento agregado da doença, gerado a partir do modelo esférico, demonstrando que a doença pode se alastrar pelas parcelas

próximas. Essa dispersão foi maior se comparado com o período de 2012 a 2015 (Figura 4), que como observado nos mapas a dispersão continuou a crescer e se espalhar nos meses próximos, entretanto com um alcance menor.

No ano de 2012, nota-se que ainda houve um padrão de agregação da doença entre as parcelas, entretanto com ajuste ao modelo gaussiano a disseminação na área ocorreu de forma diferente ao modelo esférico, sendo que neste ano os mapas mostram que a infecção da doença apresentava uma tendência mais direcionada para parcelas próximas no sentido leste-oeste.



**Figura 5:** Mapa de distribuição espacial de plantas infectadas com murcha-de-*Phytomonas* em plantio de coco em 2005 (A), 2006 (B), 2007 (C), 2008 (D), 2009 (E), 2012 (F), 2013 (G), 2014 (H), 2015 (I), no município de Moju (PA), Brasil.

Os mapas ilustram que a maioria dos anos as parcelas nos quais se encontrava a incidência da doença eram próximas as áreas de bordadura, próximas a vegetação nativa, principalmente nas parcelas que apresentaram as maiores quantidades de plantas infectadas pela murcha-de-*Phytomonas*. Essa ocorrência está relacionada com a migração dos insetos vetores fitófagos, das áreas de mata para dentro do plantio de coco atraído pela produção de seus frutos. Como no trabalho realizado por Dionísio et al. (2020) que estudando a distribuição espacial do curculionídeo *R. palmarum*, observou que as maiores aglomerações ocorreram nas bordas, e se distribuindo para o centro da área de palma de óleo.

Os insetos podem depender de recursos que estão espacialmente separados e então se deslocam entre área natural e cultivada. Um efeito que tem sido documentado para parasitóides,

conhecido como “transbordamento entre habitats” (TSCHARNTKE et al., 2012). O grau no qual este efeito pode ocorrer depende da quantidade, qualidade e proximidade da área natural (BIANCHI et al., 2006). Informação bastante útil aos produtores da cultura que devem atentar ao início da produção dos frutos dos coqueiros irão começar a incidência desses insetos na área e conseqüentemente a incidência da doença na área, principalmente nos meses que são mais produtivos.

## 2.4 Conclusões

A distribuição espacial da ocorrência das plantas doentes por murcha-de-*Phytomonas* foi considerada agregada, descritas principalmente pelo modelo esférico. A geoestatística determinou para a doença um alcance de 670 a 1.580 metros. As áreas de bordaduras com floresta nativa apresentam maior risco de surgimento das plantas doentes. Faz se necessário haver mais estudos para avaliar o comportamento dos insetos vetores da doença para melhor determinação de um manejo integrado de pragas para esse problema fitossanitário.

## Referências

- ARAÚJO, J. C. A., PEREIRA, J. C. R., GASPAROTTO, L., 2013. **Murcha-de-*Phytomonas* do coqueiro no Amazonas**. Circular Técnica n. 17. Embrapa Amazônia Ocidental. (1Ed.). [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/10250/1/circ\\_tec17.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/10250/1/circ_tec17.pdf)
- BEZERRA, J., FIGUEIREDO, L., 1982. Ocorrência de *Phytomonas staheli* McGhee, McGhee em coqueiro (*Coco nucifera* L.) no estado da Bahia, Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 7, p. 39-143.
- BIANCHI, F.J.J.A., BOOIJ, C.J.H., TSCHARNTKE, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 273, p. 1715-1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>
- BLACKSHAW, R.P., VERNON, R.S., 2006. Spatiotemporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. *Journal of Applied Ecology*. v. 43, p. 680-689. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01167.x>
- BRANDÃO, A.D.S., FARIAS, P.R.S., DIONISIO, L.F.S., TINÔCO, R.S., SILVA, A.G., SILVA, T.A.F., 2017. Spatial and temporal distribution of *Opsiphanes invirae* (Lepidoptera: Nymphalidae) in oil palm, Pará State, Brazil **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12(4), p. 464-469. Doi: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v12i4a5479>
- BYAMUKAMA E., EGGENBERGER S.K., COELHO-NETO R.A., ROBERTSON A.E., NUTTER, J.R.F.W., 2014. Geospatial and temporal analyses of bean pod mottle virus epidemics in soybean at three spatial scales. **Phytopathology**, v. 104, p. 365-78. Doi: <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-12-12-0323-R>

- CAMBARDELLA, C.A., MOORMAN, T.B., NOVAK, J.M., PARKIN, T.B., KARLEN, D.L., TURCO, R.F., KONOPKA, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511. Doi: <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- CHAREST, J., DEWDNEY, M., PAULITZ, T., PHILION, V., CARISSE, O., 2002. Spatial distribution of *Venturia inaequalis* airborne ascospores in orchards. **Phytopathology**, v. 92, p. 769-779. Doi: <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.7.769>
- CORLEY, J.C., VILLACIDE, J.M., BRUZZONE, O.A., 2007. Spatial dynamics of a *Sirex noctilio* woodwasp population within a pine plantation in Patagonia, Argentina. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 125, p. 231-236. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00623.x>.
- DI LUCCA, A.G.T., CHIPANA, E.F.T., ALBÚJAR, M.J.T., PERALTA, W.D., PIEDRA, Y.C.M., ZELADA, J.L.A., 2013. Slow wilt: another form of marchitez in oil palm associated with trypanosomatids in Peru. **Tropical Plant Pathology**, v. 38(6), p. 522-533. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762013000600008>
- DIONISIO, L.F.S., LIMA, A.C.S., MORAIS, E.G.F. de, FARIAS, P.R.S., CORREIA, R.G., MARTINS, W.B.R., SANTOS, A.V.F. dos, 2020. Spatial distribution of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in oil palm, Roraima State, Brazil. **Brazilian Journal of Agricultural Science**, v. 15(1), p. 1-9. <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i1a5683>
- DOWNING, J.A., 1986. Spatial heterogeneity: evolved behavior or mathematical artifact?. **Nature**, v. 323, 255-257.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA-Solos, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. (3 Ed. Rev. ampl.), Brasília, DF: Embrapa. 2013. 353p.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization., 2016. **Crops**. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FARIAS, P. R. S., NOCITI, L. A. S., BARBOSA, J. C., PERECIN, D., 2003. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares de cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 25(2), p. 235-241. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452003000200013>
- FARIAS, P.R.S., HARADA, A.Y., FILGUEIRAS, C.C., LIMA, B.G., SALES, T.M., SILVA, A.G., SOUZA, B.H.S., 2018. Mapping *Azteca barbifex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) dispersal in georeferenced orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) orchard in the Eastern Amazon, Brazil. **Insectes Sociaux**, v. 65(2), p. 345-350. <https://doi.org/10.1007/s00040-018-0610-2>
- FARIAS, P.R.S., SÁNCHEZ-VILA, X., BARBOSA, J.C., VIEIRA, S.R., FERAZ, L.C.C. B., SOLÍS-DELFIN, J., 2002. Using geostatistical analysis to evaluate the presence of *Rotylenchulus reniformis* in cotton crops in Brazil: Economic implications. **Journal of Nematology**, v. 34(3), p. 232-238. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2620561/>
- FOALE, M., HARRIES, H., 2009. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Coconut (*Cocos nucifera* L.). In: ELEVITCH, C.R. (Ed). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**. Permanent Agriculture Resource (PAR), Holualoa, Hawai, p 1-14. <http://agroforestry.net/scps>.
- FREMOND, Y., ZILLER, R., NUCÉ DE LAMOTHE, M., 1975. **El cocotero. Técnicas agrícolas y producciones tropicales**. Barcelona, Blume, 236p.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2020). **Produção Agrícola Municipal**. <http://www.ibge.gov.br>

ISAACS, E.H., SRIVASTAVA, R.M., 1989. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 561p.

LANDIM, P.M.B., 1998. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: UNESP, 226p.

LEAL, R.M., BARBOSA, J.C., COSTA, M.G., BELASQUE JÚNIOR, J., YAMAMOTO, P.T. DRAGONE, J., 2010. Distribuição espacial de *Huanglongbing* (Greening) em citros utilizando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32(3), p. 808-818. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000077>.

LIEBHOLD, A.M., ROSSI, R.E., KEMP, W.P., 1993. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 303-327. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.001511>

MITCHELL, P.L., 2004. Heteroptera as vectors of plant pathogens. **Neotropical Entomology**, v. 33(5), p. 519-545. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2004000500001>

OLANYA, O.M., LARKIN, R.P., HONEYCUTT, C.W., 2015. Incidence of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary on potato and tomato in Maine, 2006-2010. **Journal of Plant Protection Research**, v. 55(1), p. 58-68. <https://doi.org/10.1515/jppr-2015-0009>

RIJAL, J.P., WILSON, R., GODFREY, L.D., 2016. Characterization of spatial distribution of *Tetranychus urticae* in peppermint in California and implication for improving sampling plan. **Experimental Applied Acarology**, v. 68(2), p. 155-171. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-0006-1>

ROELL, T., WINTER, I.C., ASIPUELA, R., CAMPOS, L.A., 2017. New records and update on the geographic distribution of fifteen species of *Lincus* Stål, 1867 (Hemiptera: Pentatomidae) associated with palms and coconut trees in the Neotropics. **Check List**, v. 13(2), p. 1-9. <http://dx.doi.org/10.15560/13.2.2086>

SILVA, A.G., FARIAS, P.R.S., BOIÇA JUNIOR, A.L., LIMA, B.G., PONTE, N.H.T., PINHO, R.C., BARBOSA, R.S., 2015. Análise espacial da mosca-negra em sistema agroflorestal de citros. **Comunicata Scientiae**, v. 6(3), p. 350-358. <https://doi.org/10.14295/CS.v6i3.408>

TRANGMAR, B.B., YOST, R.S., UEHARA, G., 1985. Application of geoestatísticas to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v. 38, p. 45-94. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60673-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60673-2)

TSCHARNTKE, T., TYLIANAKIS, J.M., RAND, T.A., DISHAM, R.K., FAHRING, L., BATÁRY, P., BENGTSSON, J., CLOUGH, Y., CRIST, T.O., DORMANN, C.F., EWERS R.M., FRÜND, J., HOLT, R.D., HOLZSCHUH, A., KLEIN, A.M., KLEIJN, D., KREMEN, C. LANDIS, D.A., LAURANCE, W., LINDENMAYER, D., SCHERBER, C., SODHI, N., STEFFAN-DEWENTER, I., THIES, C., PUTTEN, W.H.VAN DER, WESTPHAL, C., 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. **Biological Reviews**, v. 87, p. 661-685. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>

VIEIRA, S.R., HATFIELD, J.L., NIELSEN, D.R., BIGGAR, J.W., 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51(3), p. 1-75. <https://doi.org/10.3733/hilg.v51n03p075>

WARWICK, D.R.N., LEAL, E.C., RAM, C., 1998. Doenças do coqueiro. In: FERREIRA, J. M.S., WARMICK, D.R.N., SIQUEIRA, L.A. (2 Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI, Aracaju: Embrapa-CPATC, p. 269-292.

Valeriano, M. M., Prado, H., 2001. Técnicas de geoprocessamento e de amostragem para o mapeamento de atributos anisotrópicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 25, p. 997-1005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000400022>

### 3. MONITORAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL DE *Rhynchophorus palmarum* EM PLANTIO CONVENCIONAL DE PALMA DE ÓLEO UTILIZANDO MODELOS GEOESPACIAIS

#### RESUMO

*Rhynchophorus palmarum* (L) (Coleoptera: Curculionidae) é praga-chave da palma de óleo, devido os seus danos diretos e indiretos resultarem na morte de diversas palmeiras. O levantamento populacional destes insetos é de extrema importância, visto a necessidade de se reduzir a população desses insetos utilizando manejo integrado de pragas eficiente. O objetivo deste trabalho foi estudar a distribuição espacial e temporal da incidência de *R. Palmarum* em parcelas de plantio comercial de palma de óleo no município do Moju, Pará, Brasil. Com esse propósito, foi monitorado um talhão comercial de óleo de palma, no período de junho de 2013 a maio de 2014, através de armadilhas do tipo balde com feromônio de agregação e atrativo alimentar, sendo todas georreferenciadas. Os dados climáticos e de captura de insetos foram submetidos à análise estatística, correlação Pearson e análises espaciais através da geoestatística e do Índice de Moran Local para definir a distância ótima de amostragem e distribuição da praga no plantio de palma de óleo, para assim aumentar a eficácia do manejo integrado de pragas no plantio. Observou-se que a distribuição de *R. palmarum* é agregada com dependência espacial descrito pelo modelo esférico. O alcance mínimo de distância entre as armadilhas para amostragem e controle deve ser de 240 m. Os mapas de distribuição espacial de krigagem e de LISA cluster indicam que as áreas de borda do plantio próximos a vegetação nativa são áreas de maior incidência da praga.

**Palavras Chave:** *Elaeis guineenses*, população, inseto-praga, manejo.

## MONITORING AND SPATIAL ANALYSIS OF *Rhynchophorus palmarum* IN CONVENTIONAL OIL PALM PLANTING USED IN GEOSPATIAL MODELS

### ABSTRACT

*Rhynchophorus palmarum* (L) (Coleoptera: Curculionidae) is a key oil palm pest, because its direct and indirect damage results in the death of several palm trees. The population survey of these insects is extremely important, given the need to reduce the population of these insects using efficient integrated pest management. The objective of this study is to evaluate the spatial and temporal distribution of the incidence of *R. Palmarum* in commercial oil palm plots in the municipality of Moju, Pará, Brazil. For this purpose, a commercial oil palm plot was monitored from June 2013 to May 2014, using bucket-type traps with aggregation pheromone and food attractiveness, all of which are georeferenced. The climatic and insect capture data were subjected to statistical analysis, Pearson correlation and spatial analyzes through geostatistics and the Local Moran Index to define the optimal sampling and distribution distance of the pest when planting oil palm, so as to increase the effectiveness of integrated pest management in planting. It was observed that the distribution of *R. palmarum* is aggregated with spatial dependence described by the spherical model. The minimum distance between the sampling and control traps must be 240 m. The maps of spatial distribution of kriging and LISA cluster indicate that the edge areas of the plantation close to native vegetation are areas of higher incidence of the pest.

**Keywords:** *Elaeis guineenses*, population, insect pest, management

### 3.1 Introdução

O *Rhynchophorus palmarum* (L) (Coleoptera: Curculionidae), também conhecido como o bicudo Sul-americano das palmeiras, é considerado como uma das pragas mais devastadoras dos plantios de palmeiras comerciais na América tropical (JAFFÉ, 1993; OEHLSCHLAGER, 2016). E seu status de praga se intensifica porque ele é considerado vetor do nematóide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb), que causa a doença do anel vermelho, principalmente nas culturas da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) e do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (HAGLEY, 1963; CYSNE; RIOS, 2017).

A palma de óleo é uma cultura que se apresenta amplamente difundida na região dos trópicos, por produzir dois óleos de grande importância econômica, conhecidos como óleo de palma e óleo de palmiste, obtidos do mesocarpo e do endosperma, respectivamente (SINGH et al., 2013). A *E. guineensis* Jacq é uma espécie de monocotiledônea com um único meristema apical que não apresenta perfilhamento, não apresentando crescimento secundário (SCHERWINSKI-PEREIRA et al., 2010). Além de seu dano indireto a planta, vetor de doenças, este também causas diretos através do ataque de adultos e das larvas desses insetos que causam lesões aos tecidos meristemáticos, que podem reduzir a produção e matar a palmeira, pois este tecido não é recuperável em monocotiledôneas como o *E. guineenses* (GIBLIN-DAVIS et al., 1989; PLATA-RUEDA et al., 2016).

O principal método de controle desse inseto em plantações de palma de óleo é por controle comportamental por meio do uso de armadilhas iscadas com atrativos alimentares e feromônio de agregação (ROCHAT et al., 1991, OEHLSCHLAGER, 2016). Então para se adotar um programa de manejo integrado de pragas eficiente devem ser levadas em consideração a dinâmica espacial do inseto. Através da ferramenta da geoestatística é possível determinar a dependência espacial de pragas e doenças em plantas, através da elaboração de semivariogramas que são ajustados a um modelo que fornece o raio de agregação da variável em estudo (BYAMUKAMA et al. 2014; RIJAL et al., 2016, BRANDÃO et al., 2017, FARIAS et al., 2018). A incorporação do Sistema Global de Posicionamento (GPS) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) através da ferramenta do Índice de Moran, tornam possível o mapeamento da incidência do *R. palmarum*, que irão indicar áreas com maiores e menores infestação do inseto praga em campo (NELSON et al., 1999; BYAMUKAMA et al. 2014).

No Pará, as populações de *R. palmarum* e o número de plantas de *E. guineensis* com a doença do anel vermelho aumentaram com a expansão das plantações de palma de óleo, pois

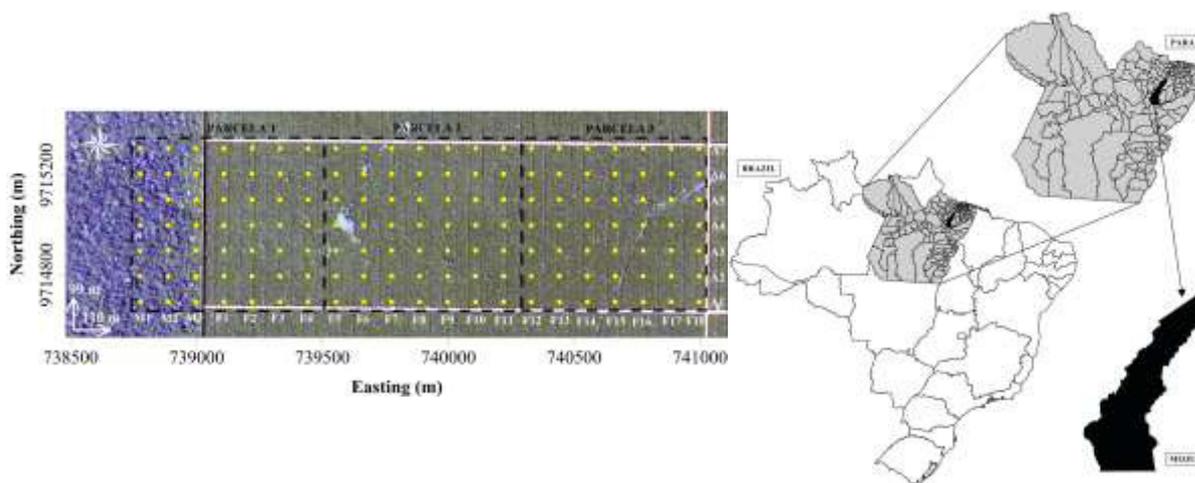
atualmente, o estado do Pará é o maior produtor do fruto de palma de óleo do Brasil, responsável por aproximadamente 97% da quantidade produzida, com mais de 205 mil hectares de área plantada, com estimativa para aumentar mais de 100 mil hectares de área plantada, nos próximos anos. (IBGE, 2020).

As pragas e doenças da cultura da palma de óleo podem apresentar distribuição temporal e espacial semelhante, o que aumenta os danos a esta cultura (HURTADO et al., 2009). Visando a adoção de um programa de manejo de *R. Palmarum* em condições de campos, é importante conhecer a praga dentro desse sistema ecológico, levando em consideração as particularidades de clima e ambiente, para o estabelecimento de estratégias de controle com vistas à implantação de práticas fitossanitárias que mantenham a população em níveis mínimos, tornando viável a produção e manutenção das palmeiras. Portanto, o objetivo deste estudo é estudar a distribuição espacial e temporal da incidência de *Rhynchophorus Palmarum* em parcelas de plantio comercial de palma de óleo no município do Moju (PA), Brasil.

### 3.2 Material e Métodos

A área de estudo está localizada no município do Moju, Pará, em um plantio comercial de palma de óleo, situada nas coordenadas de latitude: 2° 16' 26,16"S e longitude: 48° 39' 7,41"O. O clima é classificado como Ami, de acordo com Köppen, com estação chuvosa, de dezembro a junho e estação seca, de julho a novembro. A média de precipitação anual é de 2.400 mm. A temperatura média anual é 26,5°C e a umidade relativa do ar é de 80%. Solo altamente intemperizados com predomínio de Latossolo (EMBRAPA, 2006).

A metodologia de amostragem de *R. palmarum*, consistia na coleta e contagem de insetos adultos, utilizando armadilhas do tipo balde (20 L) com presença de atrativo alimentar (toletes de cana-de-açúcar) e atrativo com utilização de feromônio de agregação (Rincoforol), afim de atrair e manter o inseto no interior da armadilha (ESPARZA-DÍAZ et al., 2013; RODRÍGUEZ et al., 2016, CYSNE et al., 2017). Foram distribuídas na área avaliada, 147 armadilhas dispostas em 21 linhas, sendo 18 no interior da quadra de palma de óleo e 3 na floresta, com 7 armadilhas por linha, espaçadas com 99 metros entre armadilhas e 110 metros entre linhas (Figura 6).



**Figura 6:** Croqui da área experimental: disposição, numeração das filas de M1 a F18, numeração das armadilhas A1 a A7 e espaçamento entre as armadilhas, na quadra de plantio comercial de palma de óleo, com subdivisão em três parcelas, localizada no município do Moju, Pará.

As inspeções realizadas em cada mês nas parcelas em estudo para comparar a flutuação populacional foram dispostas em um delineamento estatístico inteiramente casualizado, em um esquema fatorial  $3 \times 12$  (parcelas x meses) com 49 repetições (Figura 6). Cada repetição foi representada por uma armadilha distribuída na parcela. Os dados obtidos foram transformados em  $\sqrt{x + 1}$  para atender a pressuposição de normalidade do desvio pelo teste de Shapiro-Wilk, e as médias foram comparadas pelo teste de Skott-Knott ( $p \leq 0,05$ ) com auxílio do programa Sisvar 5.3 (Ferreira, 2008). Os dados de captura mensal de insetos, juntamente com as variáveis climáticas foram correlacionados, utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson.

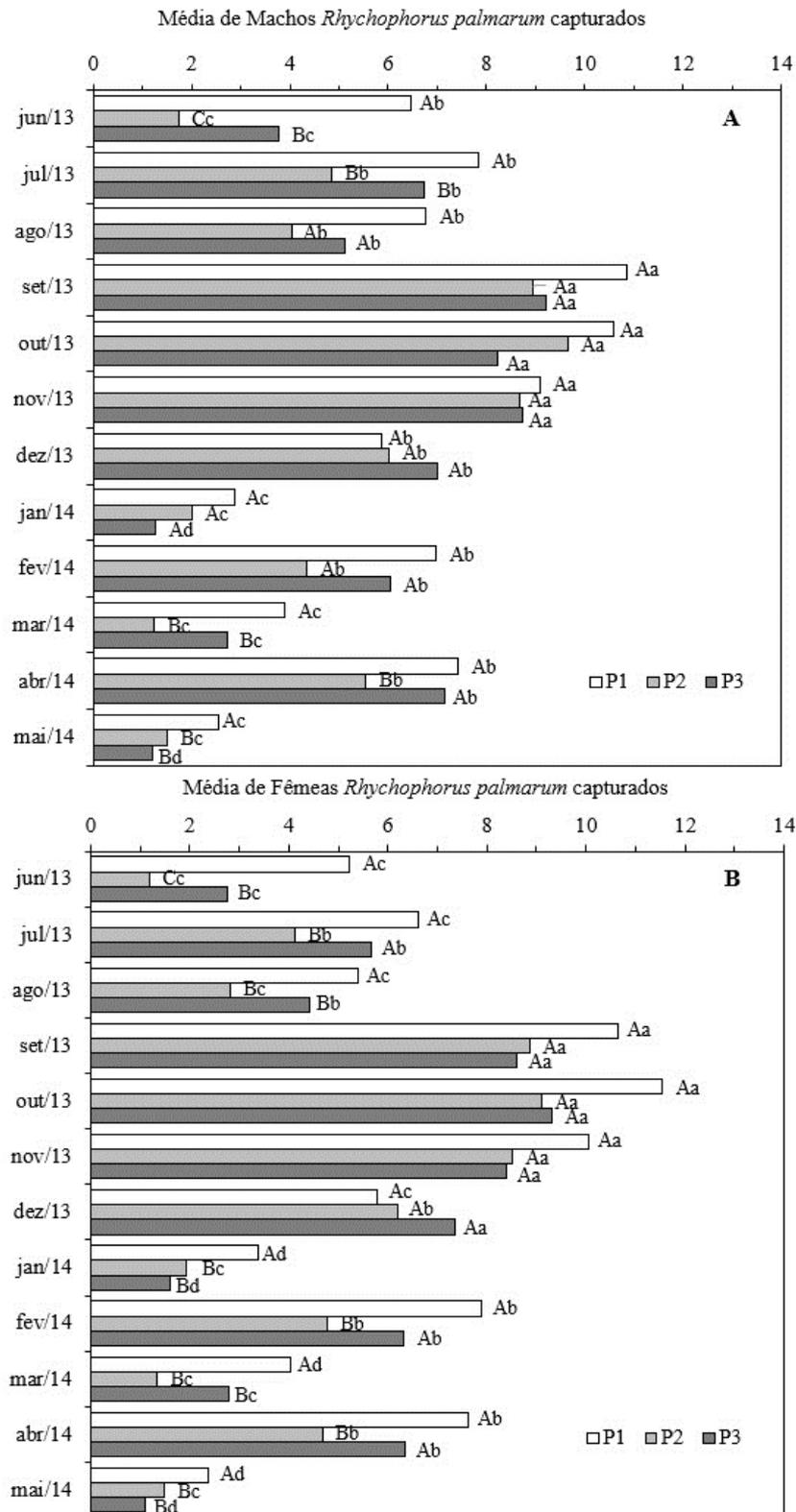
A análise geoestatística foi modelada por modelos de semivariogramas para cada mês amostrado com ocorrência da incidência de cada sexo de adulto de *Rhynchophorus palmarum*, foram utilizadas todas as armadilhas da área avaliada (147 pontos amostrais). Cada armadilha foi georreferenciada para a construção do banco de dados espacial e obtenção da variável regionalizada, com as coordenadas de latitude e longitude (eixos X e Y) e a quantidade de insetos coletados em cada mês (eixo Z). Os modelos testados foram o linear, esférico, exponencial e gaussiano (VIEIRA et al., 1983; ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989; LIEBHOLD et al., 1993). Em seguida foi calculado o grau de dependência espacial (GDE) proposto por CAMBARDELLA et al. (1994) e confeccionados os mapas de distribuição espacial utilizando-se o método de interpolação por Krigagem (VIEIRA et al., 1983). Para escolha do modelo que melhor representa a distribuição espacial, foi selecionado o semivariograma que apresentasse valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) próximos de um (1), pois esses apresentam bons ajustes ao modelo de acordo com o critério de DOWNING (1986).

A estatística representada pelo Índice de Moran Local é utilizada para avaliar a existência de autocorrelação espacial de uma variável em uma determinada região, além de gerar valores específicos para cada área através de clusters espaciais (CELEBIOGLU; DALL'ERBA, 2009; ALMEIDA, 2012). Será utilizada para matriz de peso espacial baseada na proximidade a convenção de contiguidade do tipo Rainha (queen), pois essa faz relação entre todas as amostras que fazem fronteira (DRUCK et al., 2004; SEFFRIN, et al., 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.

### 3.3 Resultados e Discussão

De acordo com os resultados obtidos ao longo das amostragens de adultos de *R. palmarum*, foram coletados cerca de 19.955 besouros, sendo destes 10.142 machos e 9.813 fêmeas. De modo geral, a proporção de fêmeas na população foi similar à de machos (razão sexual variando de 0,47 a 0,57) em todos os meses (Figura 7). Houve diferença estatística significativa na flutuação populacional da praga no período avaliado (Figura 7). A maior quantidade de insetos coletados tanto de macho quanto de fêmea adulto de *R. palmarum* ocorreu entre os meses de setembro/13 à novembro/13 em todas as parcelas de plantio de palma de óleo, sendo que de janeiro de 2014 a maio de 2014 o comportamento populacional foi irregular para ambos os sexos.

Analisando as populações do inseto entre as parcelas, pode-se ver que as médias de adultos de macho de *R. palmarum* foi maior na parcela 1 nos meses de junho/13, julho/13 e de março a maio/14, sendo as médias semelhantes de adulto nas três parcelas nos outros meses. Para população de fêmeas de *R. palmarum* houve maiores picos na parcela 1 nos meses de junho a agosto/13 e de janeiro a maio/14. Sendo que no mês de julho/13, fevereiro/14 e abril/14 a população de fêmea adulta da parcela 3 foi estatisticamente igual a média da população de fêmea da parcela 1, sendo a parcela 2 com a menor quantidade de insetos capturados por armadilhas (Figura 7).



**Figura 7:** Interação entre os fatores meses x parcelas para média da flutuação populacional de machos (A) e fêmeas (B) de *R. palmarum* capturados em armadilhas distribuídas em três parcelas (P1; P2; P3) em uma área comercial de palma de óleo, localizado na fazenda AGROPALMA/SA, no município do Moju, PA - Brasil. Médias seguidas da mesma letra minúscula comparando entre os meses de coleta e maiúscula comparando entre as parcelas não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Os meses de setembro, outubro e novembro de 2013, foram os meses que apresentaram maiores incidências de insetos adultos tanto machos como fêmeas, podendo estar relacionado diretamente aos fatores climáticos, pois esses meses na região apresentam os menores valores de pluviosidade. Diversos autores associam a flutuação populacional dessa praga a variáveis climáticas, como é o caso de MORALES; CHINCHILLA (1991), ARAÚJO et al. (1998), FERREIRA et al. (2003). Na pesquisa desses autores, observaram que o aumento da população de *R. palmarum* concentrava-se em algum período da estação chuvosa, aumento da pluviosidade e umidade, atribuindo o fato de que, nessa época, as fibras vegetais que formam o casulo são facilmente abertas pelos insetos no momento de sua emergência. Portanto com estes resultados pode-se inferir que na época seca há maior quantidade de adultos e na época chuvosa estes devem estar em larvas dentro das plantas.

Tal relação não coincide totalmente com os resultados encontrados neste estudo. Pois, os resultados indicam que os meses de menor precipitação apresentaram maiores incidências do inseto praga, entretanto os valores de correlação não foram significativos entre captura de inseto (macho e fêmea) com a pluviosidade, temperatura máxima, mínima e média. Mas, foram significativas para umidade relativa, fator climático esse que é influenciado pela precipitação.

**Tabela 2:** Coeficientes de correlação de Pearson (r) e valores de *p*-valor, para os adultos machos e fêmeas de *R. palmarum* e as variáveis climáticas, precipitação (PP), temperatura média (T), temperatura máxima (T máx), temperatura mínima (T mín), Insolação (Ins) e umidade relativa (UR) no período de junho de 2013 a maio de 2014, Moju, PA - Brasil.

	Macho	Fêmea	PP (mm)	T (°C)	T máx (°C)	T mín (°C)	Ins (W/m <sup>2</sup> )	UR (%)
Macho		<,0001	ns	0,048	ns	ns	0,032	0,012
Fêmea	0,979		ns	ns	ns	ns	ns	0,014
PP (mm)	-0,418	-0,319		0,012	ns	ns	0,015	0,005
T (°C)	0,580	0,563	-0,698		0,006	ns	0,003	<,0001
T máx (°C)	0,572	0,541	-0,501	0,737		ns	ns	0,009
T mín (°C)	-0,497	-0,462	0,354	-0,215	-0,094		0,02	ns
Ins (W/m <sup>2</sup> )	0,620	0,559	-0,679	0,781	0,449	-0,659		0,001
UR (%)	-0,698	-0,685	0,752	-0,920	-0,717	0,487	-0,831	

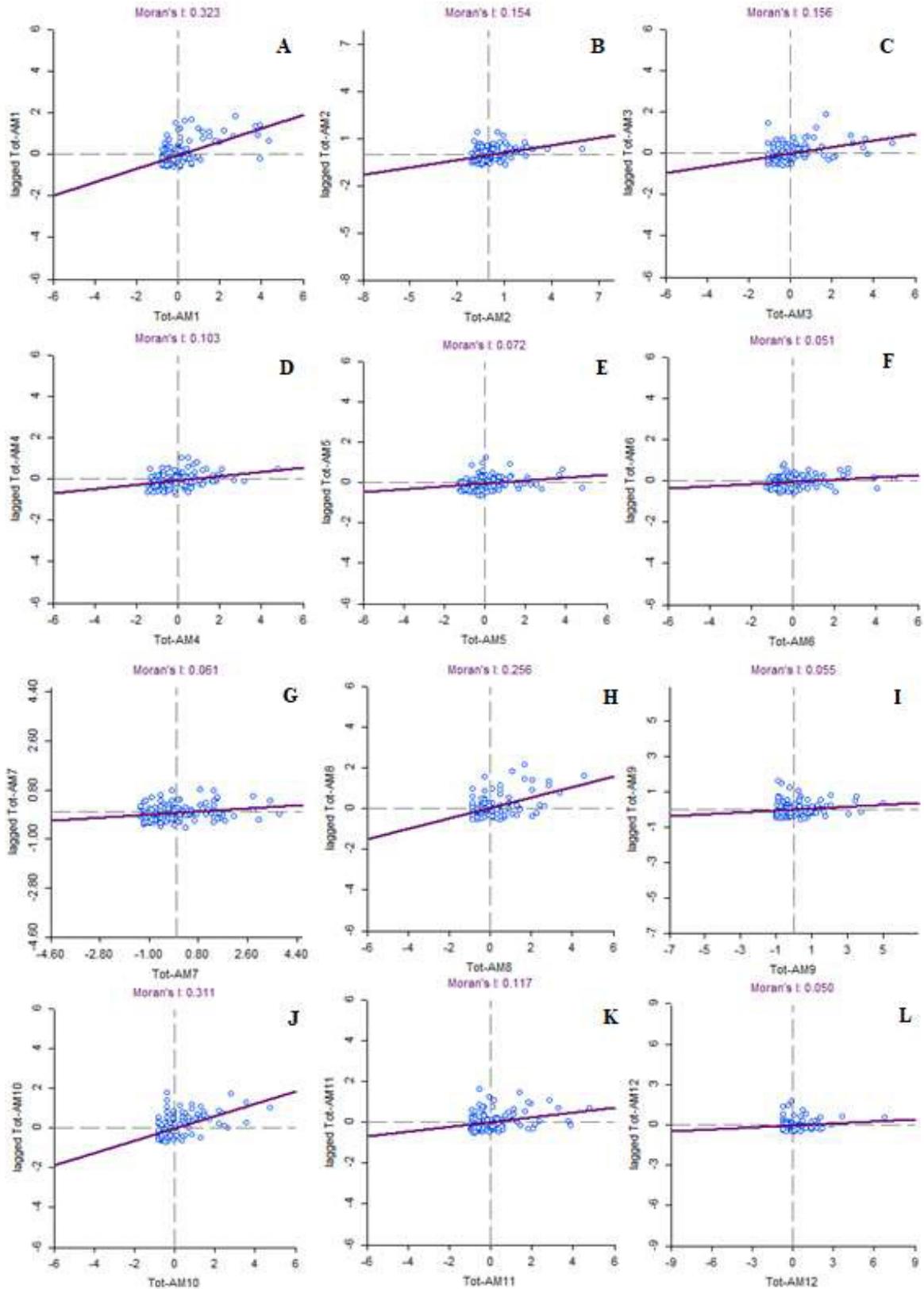
Valor do coeficiente de correlação de Pearson abaixo da diagonal, e o valor de *p*-valor acima da diagonal.  
ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ )

Para Cysne et al. (2013) a flutuação populacional de *R. palmarum* em palma de óleo no estado do Amazonas não tem relação com os fatores climáticos, podendo ser explicado pela pouca variação de temperatura e umidade caracterizado pela regularidade pluviométrica na região amazônica. ARAÚJO et al. (1998) verificaram que a população de *R. palmarum* não

apresentou correlação significativa entre a captura de inseto e a pluviosidade. Deste modo, há indícios de que a flutuação populacional de *R. palmarum* possa estar ligada às atividades realizadas no manejo do que somente a condições climáticas.

Houve correlação significativa negativa para umidade relativa tanto para os insetos machos e fêmea e foi significativo (Tabela 2), ou seja, a umidade relativa afeta negativamente a abundância de *R. palmarum* no ambiente. Segundo PARRA (2000) a umidade relativa afeta mais a sobrevivência do que a duração das fases imaturas dos insetos. Isso pode ser explicado que a exposição à umidade elevada pode interferir na planta e seus processos fisiológicos, como consequência, afetar o desenvolvimento do inseto (KERBAUY, 2004).

A partir dos valores obtidos pela análise do I de Moran Local indicará se para os meses avaliados houveram autocorrelação espacial. Os valores obtidos variaram de 0,050 a 0,323, isso indica que em todos os meses a autocorrelação espacial do *R. palmarum* foram positivas, no entanto os valores variaram bastante entre os meses de maior ou menor incidência do inseto (Figura 8). Também foram observados valores no diagrama de dispersão próximos a linha de tendência, próximo do valor zero, indicando áreas não significativas para correlação espacial que também são chamados de pontos discrepantes (SEFFRIN et al., 2018).



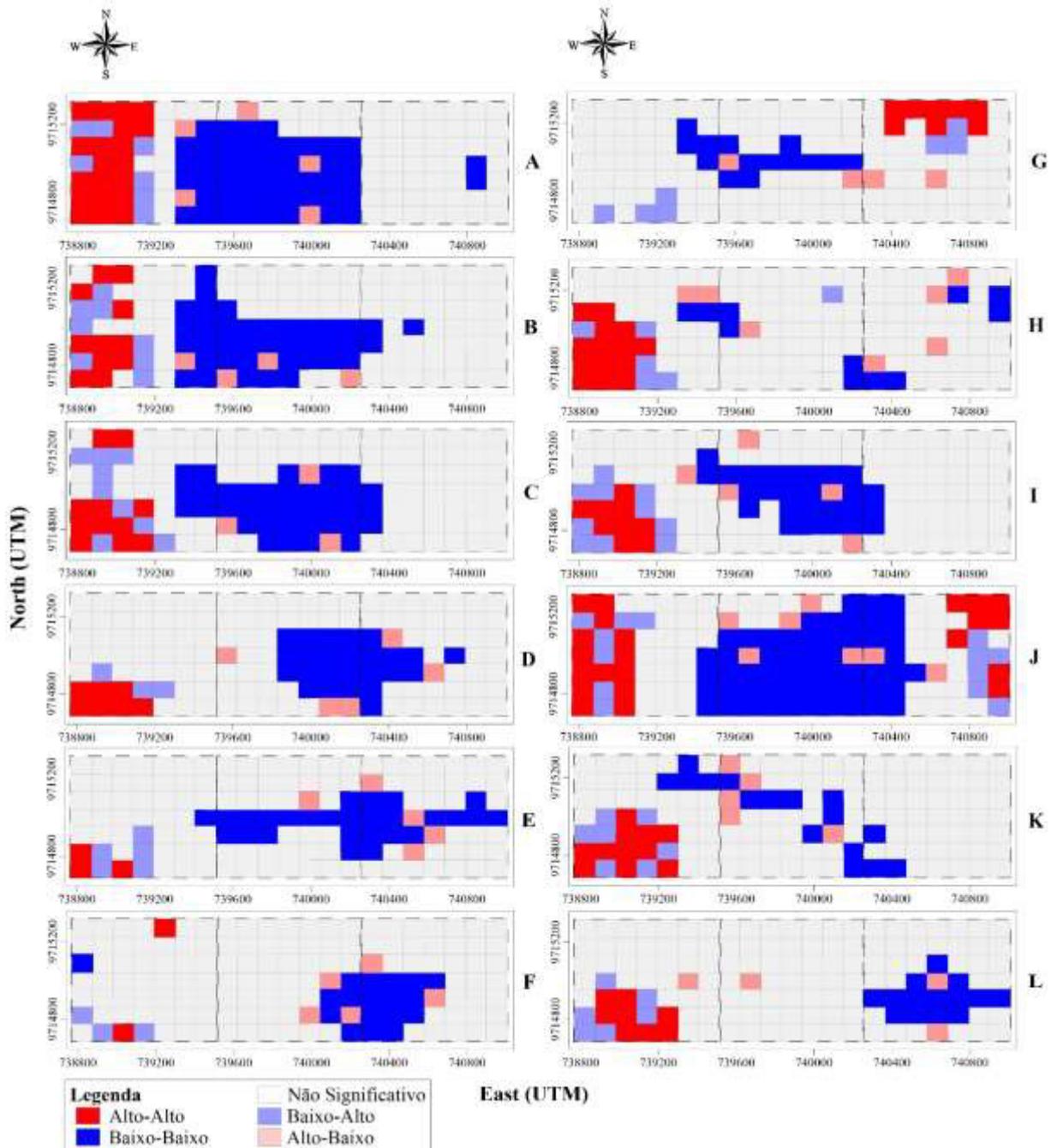
**Figura 8:** Diagrama de dispersão do índice de Moran local na matriz de pesos espaciais do tipo Rainha (queen), para a variável incidência total de adultos de *R. palmarum* coletados em 147 armadilhas, no nos meses de junho (A), julho (B), agosto (C), setembro (D), outubro (E), novembro (F) e dezembro (G) de 2013, janeiro (H), fevereiro (I), março (J), abril (K), maio (L) de 2014, em plantio comercial de palma-de-óleo, no município do Moju, Pará, Brasil.

Os meses de setembro a dezembro de 2013 apresentaram altos valores de incidência do *R. palmarum*, e foram os meses com baixos valores de I de Moran, já no mês de junho de 2013 e janeiro e março de 2014 apresentaram valores mais altos, quando a população do inseto era menor. Sendo assim, a autocorrelação espacial pode estar relacionada a populações do inseto, pois quando a população está menor o *R. palmarum* fica mais agregado em determinada área e quando a população destes está alta, eles tendem a ficar mais dispersos na área por conta da alta quantidade de alimento ofertado. Os diagramas de dispersão do índice de Moran local, mostra a representação das quantidades de amostras dispersas nos 4 Quadrantes (Figura 8).

Os mapas LISA (Índice Local de Associação Espacial) Cluster de armadilhas (Figura 9) indicam a formação dos mapas de agrupamentos que foram classificados segundo a posição da autocorrelação espacial das armadilhas nos meses avaliados, sendo classificados em Alto-Alto, Baixo-Baixo, Alto-Baixo, Baixo-Alto e Não significativos (Figura 9).

Os mapas evidenciam uma tendência de maior concentração de relação espacial Alto-Alto, na área da Parcela 1, que fica localizada nas proximidades da borda da área de estudo com influencia direta da vegetação nativa, sendo assim as armadilhas próximas as regiões de mata apresentam uma forte autocorrelação espacial com o local e com as armadilhas vizinhas (Figura 9). Como no trabalho realizado por DIONISIO et al. (2020) estudando a distribuição espacial do *R. palmarum*, observou aglomerações nas áreas de borda para dentro das parcelas de palma de óleo. Correia et al. (2015), em pesquisa com a referida praga observou que em ambiente de floresta houve maior captura de *R. palmarum*.

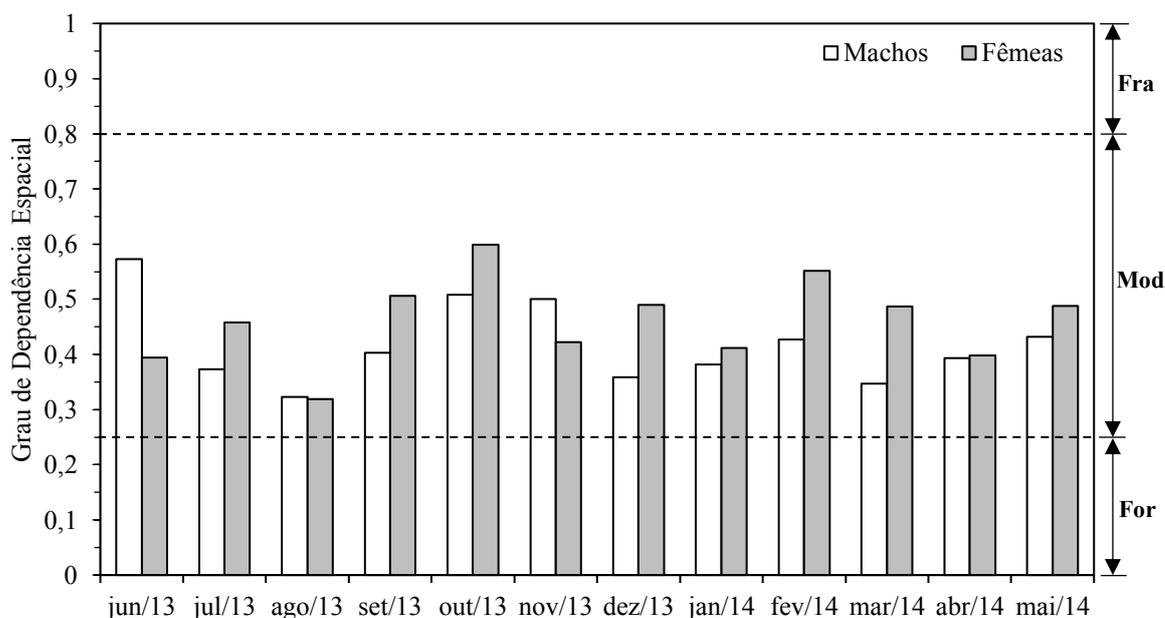
Outra relação bem evidenciada nos mapas LISA Cluster é o agrupamento de armadilhas com incidência de *R. palmarum* do tipo Baixo-Baixo, sendo assim, são regiões os quais apresentam uma baixa população do inseto, presente na Parcela 2, representando o meio da área estudada, ou meio da quadra de plantio da palma de óleo (Figura 9). Então é possível inferir que a disposição das armadilhas em locais próximos as regiões de borda com a vegetação nativa seriam mais eficientes no controle do *R. palmarum* em plantio de palma de óleo.



**Figura 9:** Mapa LISA Cluster para a variável incidência total de adultos de *R. palmarum* coletados em 147 armadilhas, nos meses de junho (A), julho (B), agosto (C), setembro (D), outubro (E), novembro (F) e dezembro (G) de 2013, janeiro (H), fevereiro (I), março (J), abril (K), maio (L) de 2014, em plantio comercial de palma-de-óleo, no município do Moju, Pará, Brasil. Cores em vermelho representam parcelas de alta ocorrência da doença, enquanto as azuis baixa. A intensidade da cor informa a relação com as parcelas vizinhas, cor escura representa autocorrelação positiva, cor clara, autocorrelação negativa.

Houve dependência espacial entre os dados analisados e a distribuição de *R. palmarum*, apresentando grau de dependência espacial (GDE) moderado ( $25\% < GDE < 75\%$ ) de acordo

com a classificação de CAMBARDELLA et al. (1994) para macho e fêmea em todos os meses de avaliação (Figura 10) ocorrendo de forma agregada em todas as avaliações.



**Figura 10:** Grau de dependência espacial (GDE) dos modelos dos semivariogramas ajustados, dado pela relação  $C_0/(C_0+C_1)$ , a partir da incidência de insetos adultos (machos e fêmeas) de *R. palmarum* em plantio comercial de palma de óleo, no período de junho de 2013 a maio de 2014, Moju, PA - Brasil.

De acordo com LIEBHOLD et al. (1993), quando existe dependência espacial entre os pontos amostrados, a distribuição espacial dos insetos é caracterizada como agregada. O conhecimento da agregação espacial é importante devido a sua associação com a dinâmica populacional das espécies, podendo influenciar no monitoramento e nas medidas de controle (BLACKSHAW; VERNON, 2006; CORLEY et al., 2007). A distribuição agregada, estabelecida pelo modelo esférico, tem sido o mais comum em estudos de insetos em dendezeiros na região amazônica (PINHO et al., 2016; BRANDÃO et al., 2017; DIONISIO et al., 2020), caracterizando a formação de pontos de aglomeração chamados “reboleiras” no campo, onde os insetos se agrupam. E, nesse caso, a geoestatística é a ferramenta mais adequada para estudar o comportamento populacional dos insetos.

A distribuição espacial de macho e fêmea de *R. palmarum* no cultivo de palma de óleo, foi ajustado em 100% pelo modelo esférico (Tabela 3). Em análise ao raio de alcance (a) da dependência espacial variou de 240 m a 550 m para população de machos adultos de *R. palmarum*. E para a população de fêmea adulta desta praga os pontos de aglomeração que variaram de 300 m a 550 m de raio (Tabela 3). Portanto a grade amostral utilizada neste estudo (100 m x 100 m) mostrou-se adequada. Esse parâmetro é um indicador da distância máxima até

onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si, permitindo detectar o limite da dependência espacial da infestação de *R. palmarum*, logo em um plano de amostragem, o monitoramento deverá ser conduzido com espaçamentos inferiores ao alcance encontrado (BRANDÃO et al., 2017). Portanto, é recomendado para os próximos estudos empregar uma grade amostral de pelo menos 240 m x 240 m, reduzindo o número de armadilhas por unidade de área, reduzindo custos para o monitoramento/controlar desta praga sem prejudicar a qualidade do monitoramento. Além de indicar o raio de agregação de *R. palmarum*, permite recomendar o raio de erradicação desses insetos.

**Tabela 3:** Parâmetros dos semivariogramas ajustados ao modelo teórico do número de adultos de machos e fêmeas de *R. palmarum* em plantio comercial de palma de óleo, no período de junho de 2013 a maio de 2014 Moju (PA), Brasil.

Mês	Machos					Fêmeas				
	<sup>1</sup> Md	Parâmetros			R <sup>2</sup>	<sup>1</sup> Md	Parâmetros			R <sup>2</sup>
		<sup>2</sup> C <sub>0</sub>	<sup>3</sup> C <sub>1</sub>	<sup>4</sup> a (m)			<sup>2</sup> C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	a (m)	
jun/13	Esf	8,80	11,82	407	0,96	Esf	9,70	6,30	520	0,97
jul/13	Esf	22,20	13,20	400	0,93	Esf	13,00	11,00	350	0,96
ago/13	Esf	15,50	7,40	525	0,96	Esf	16,00	7,50	450	0,95
set/13	Esf	24,55	16,59	550	0,98	Esf	19,50	20,00	385	0,98
out/13	Esf	30,00	31,00	500	0,99	Esf	32,50	48,60	550	0,99
nov/13	Esf	25,00	25,00	500	0,99	Esf	33,50	24,50	540	0,99
dez/13	Esf	18,60	10,40	360	0,98	Esf	15,00	14,40	460	0,99
jan/14	Esf	4,70	2,90	500	0,97	Esf	4,40	3,08	355	0,98
fev/14	Esf	16,50	12,30	250	0,93	Esf	21,40	26,40	545	0,99
mar/14	Esf	5,00	2,66	336	0,99	Esf	5,10	4,85	520	0,99
abr/14	Esf	24,30	15,70	240	0,97	Esf	26,50	17,50	300	0,99
mai/14	Esf	3,44	2,62	480	0,99	Esf	3,15	3,00	530	0,98

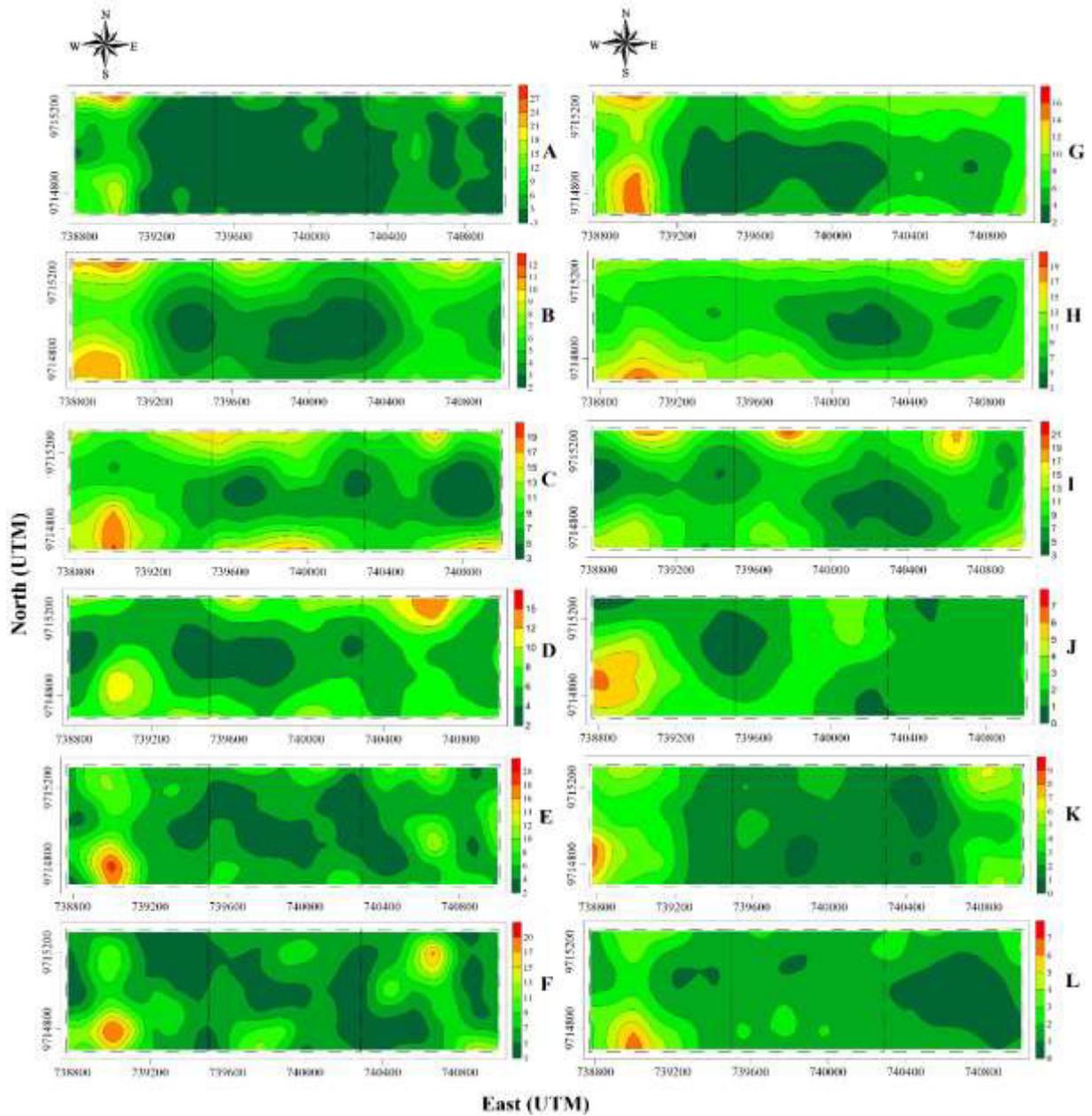
<sup>1</sup>Modelo do semivariograma ajustado (esférico); <sup>2</sup>Efeito pepita; <sup>3</sup>Variância espacial; <sup>4</sup>Alcance (metros).

O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) verificado neste estudo variou de 0,93 a 0,99 para a população de macho de *R. palmarum* e de 0,95 a 0,99 para fêmea deste inseto (Tabela 3). Este parâmetro indica a qualidade do ajuste ao modelo do semivariograma. Valores próximos a um indica um bom ajuste do modelo (SILVA et al., 2011).

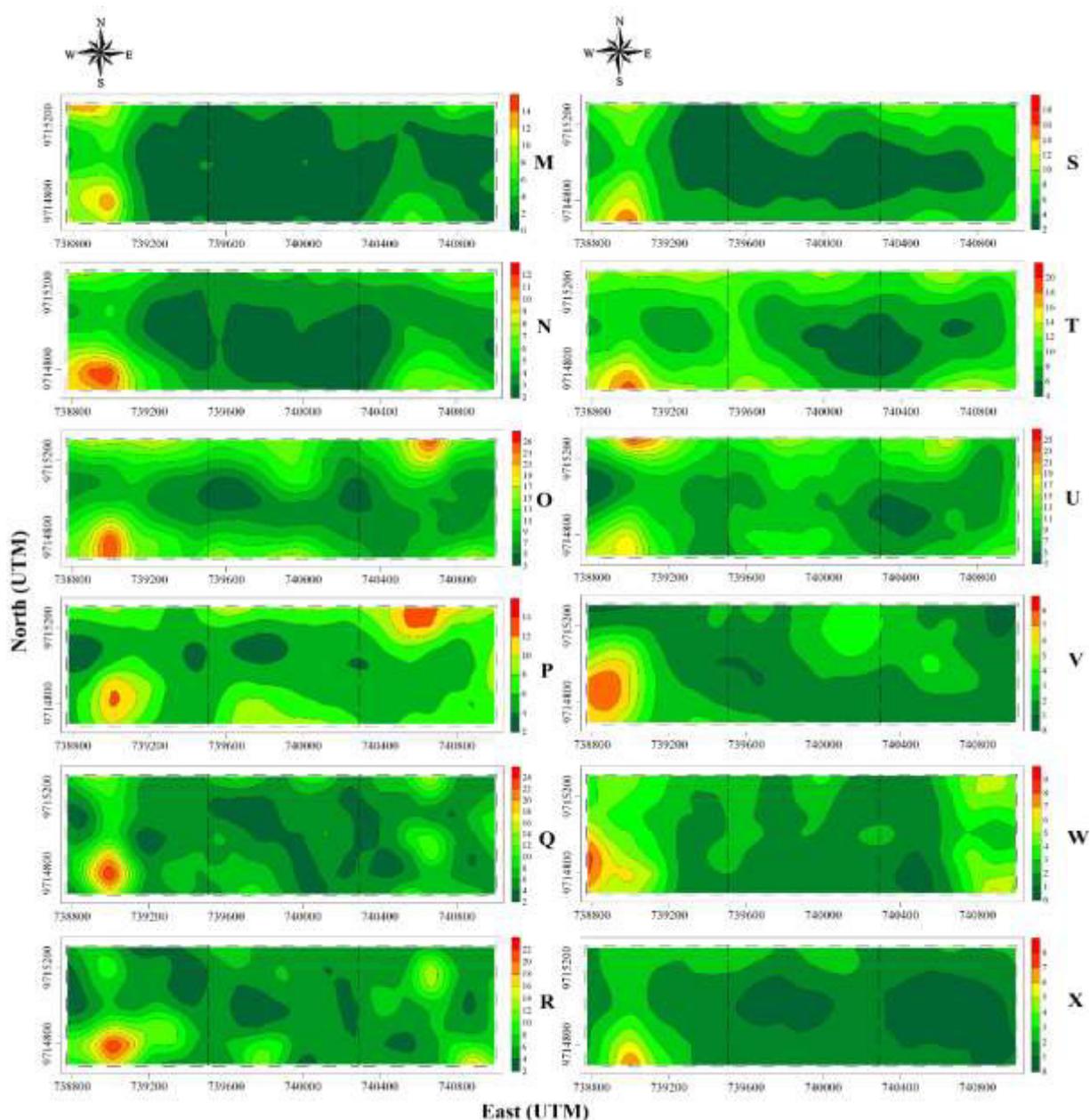
Para uma melhor visualização da distribuição espacial de macho e fêmea de *R. palmarum*, mapas de Krigagem ordinária foram elaborados, onde é possível a melhor visualização da dinâmica de infestação da praga na área (Figura 9 para macho e 10 para fêmea). Na população de macho inicialmente havia áreas de maior agregação na parcela 1 da área, com expansão em alguns meses em direção as bordas de plantio, com formação de “reboleiras”.

Enquanto que na Figura 10, as fêmeas de *R. palmarum* concentrou-se mais na parcela 1, e em algumas avaliações, a preferência de “reboleiras foi verificada tanto na parcela 1 quanto na 3, indicando um comportamento de agregação populacional de macho e fêmea de *R. palmarum* em plantio comercial de palma de óleo (Figura 9).

Tal observação concorda com o exposto por DIONISIO et al. (2020) que mencionam formação de aglomerados de *R. palmarum* nas bordas do plantio de palma de óleo. Diversos fatores ecológicos como qualidade do habitat, condições de campo, oviposição, inimigos naturais e vegetação, têm influências fortes na distribuição e abundância dos insetos (HEISSWOLF et al., 2005).



**Figura 11:** Mapa de distribuição espacial de machos adultos de *R. palmarum* resultantes da krigagem nos meses de junho (A), julho (B), agosto (C), setembro (D), outubro (E), novembro (F) e dezembro (G) de 2013, janeiro (H), fevereiro (I), março (J), abril (K), maio (L) de 2014 em plantio comercial de palma de óleo, Moju, PA - Brasil.



**Figura 12:** Mapa de distribuição espacial de fêmeas adultas de *R. palmarum* resultantes da krigagem nos meses de junho (M), julho (N), agosto (O), setembro (P), outubro (Q), novembro (R) e dezembro (S) de 2013, janeiro (T), fevereiro (U), março (V), abril (W), maio (X) de 2014 em plantio comercial de palma de óleo, Moju, PA - Brasil.

### 3.4 Conclusão

A distribuição espacial tanto do macho quanto da fêmea do *R. palmarum* foram consideradas agregadas. Os meses de baixos valores de precipitação pluviométrica (setembro, outubro e novembro de 2013) apresentaram significativamente as maiores incidências de pragas na área e período estudado

O alcance mínimo da distância entre as armadilhas para amostragem e controle é de 240 m. Os mapas de distribuição espacial de krigagem e de LISA cluster indicam que as áreas de

borda da quadra de plantio próximos a vegetação nativa são áreas de maior incidência da praga, portanto devem ser levadas em consideração ao criar táticas de manejo de pragas, principalmente de armadilhas.

## Referências

- ABRAPALMA. **Associação Brasileira de Produtores de Óleo de Palma**. A palma no Brasil e no mundo. <http://www.abrapalma.org/pt/a-palma-no-brasile-nomundo>.
- ALMEIDA, E. S. **Curso de econometria espacial aplicada**. Piracicaba: ESALQ, 2004.
- ARAÚJO, J.C.A.; ARAÚJO, A.E.; SANTOS, A.F., 1998. Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* e a associação com o *Bursaphelenchus cocophilus* em dendezeiro no estado do Amazonas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 23- 26.
- BELTRÃO, N.E., OLIVEIRA, M.I., 2008. **Oleaginosas e seus óleos: vantagens e desvantagens para Produção de Biodiesel**. Campina Grande: EMBRAPA, 28p.
- BLACKSHAW, R.P., VERNON, R.S., 2006. Spatiotemporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, p. 680-689. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01167.x3>
- BRANDÃO, A.D.S., FARIAS, P.R.S., DIONISIO, L.F.S., TINÔCO, R.S., SILVA, A. G., SILVA, T.A.F., 2017. Spatial and temporal distribution of *Opsiphanes invirae* (Lepidoptera: Nymphalidae) in oil palm, Pará State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12(4), p. 464-469. <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i4a5479>
- BYAMUKAMA E., EGGENBERGER S. K., COELHO-NETO R. A., ROBERTSON A. E., NUTTER JR. F. W., 2014. Geospatial and temporal analyses of bean pod mottle virus epidemics in soybean at three spatial scales. **Phytopathology**, v. 104, p. 365-78. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-12-12-0323-R>
- CAMBARDELLA, C.A., MOORMAN, T.B., NOVAK, J.M., PARKIN, T.B., KARLEN, D.L., TURCO, R.F., KONOPKA, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- CELEBIOGLU, F.; DALL'ERBA, S. Spatial Disparities across the regions of Turkey: an exploratory spatial data analysis, **The Annals of Regional Sciences**, v.45, n.2, p.379-400, 2009.
- CORLEY, J.C., VILLACIDE, J.M., BRUZZONE, O.A., 2007. Spatial dynamics of a *Sirex noctilio* woodwasp population within a pine plantation in Patagonia, Argentina. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 125, p. 231-236. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00623.x>.
- CORLEY, R.H.V., 2009. How much palm oil do we need?. **Environmental Science and Policy**, v.12, p.134-139. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.10.011>
- CORREIA, R.G., LIMA, A.C.S., CORDEIRO, A.C.C., MACIEL, F.C. da S., MARTINS, W.B.R., DIONÍSIO, L.F.S., 2015. Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) em plantios de palma de óleo em Roraima. **EntomoBrasilis**, v. 8(2), p. 130-134. <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v8i2.4903>

CYSNE, A.Q., CRUZ, B.A., CUNHA, R.N.V., ROCHA, R.N.C., 2013. Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em palmeiras oleíferas no Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 43(2), p. 197-202. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000200010>

CYSNE, A.Q., RIOS, S. DE A., 2017. Variáveis associadas à flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) em área de influência de dendê e caiaué na Amazônia Central. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16(1), p. 50-54. <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n1p50-54>

DE FRANQUEVILLE, H., 2003. Oil palm bud rot in Latin America. **Experimental Agriculture**, v. 39, p. 225–240. <https://doi.org/10.1017/S0014479703001315>

DIONISIO, L.F.S., LIMA, A.C.S., MORAIS, E.G.F. de, FARIAS, P.R.S., CORREIA, R.G., MARTINS, W.B.R., SANTOS, A.V.F. dos, 2020. Spatial distribution of *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in oil palm, Roraima State, Brazil. **Brazilian Journal of Agricultural Science**, v. 15(1), p. 1-9. <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i1a5683>

DOWNING, J.A., 1986. Spatial heterogeneity: evolved behavior or mathematical artifact?. **Nature**, v. 323, 255-257.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília, DF. EMBRAPA. 2004.

ESPARZA-DÍAZ, GABRIELA, OLGUIN, ALMA, CARTA, LYNN K., SKANTAR, ANDREA M., AND VILLANUEVA, RAUL T. Detection of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) and Identification of Associated Nematodes in South Texas. **Florida Entomologist**, v.96, n.4, p.1513-1521, 2013.

FARIAS, P.R.S., HARADA, A.Y., FILGUEIRAS, C.C., LIMA, B.G., SALES, T.M., SILVA, A.G., SOUZA, B.H.S., 2018. Mapping *Azteca barbifex* Forel (Hymenoptera: Formicidae) dispersal in georeferenced orange (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) orchard in the Eastern Amazon, Brazil. **Insectes Sociaux**, v. 65(2), p. 345-350. <https://doi.org/10.1007/s00040-018-0610-2>

FERREIRA, D.F., 2008. SISVAR: um programa para análises estatísticas e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41.

FERREIRA, J.M.S., LEAL, M.L.S., SARRO, F.B., ARAÚJO, R.P.C., MOURA, J.I.L., 2003. Avaliação de diferentes fontes atrativas e suas prováveis interações na captura de *Rhynchophorus palmarum*. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, v. 67, p. 23-29.

JAFFÉ, K.; SÁNCHEZ, P.; CERDA, H.; HERNÁNDEZ, J.V.; JAFFÉ, R.; URDANETA, N.; GUERRA, G.; MARTÍNEZ, R.; MIRAS, B. 1993. Chemical ecology of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae): Attraction to host plants and to a male-produced aggregation pheromone. **Journal of Chemical Ecology**. v. 19, p. 1703–1720.

GIBLIN-DAVIS, R.M., GERBER, K., GRIFFITH, R., 1989. Laboratory rearing of *Rhynchophorus cruentatus* and *R. palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). **Florida Entomologist**, v. 72, p. 480-488. <https://doi.org/10.2307/3495186>

HAGLEY, E. 1963. The role of the palm weevil as a vector of red ring disease of coconuts. **Journal of Economic Entomology**. v. 56, p. 375-380.

HEISSWOLF, A., OBERMAIER, E., POETHKE, H.J., 2005. Selection of large host plants for oviposition by a monophagous leaf beetle: nutritional quality or enemy-free space. **Ecological Entomology**, v. 30, p. 299-306. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00706.x>

HOMMA, A.K.O., FURLAN JUNIOR, J. 2001. “Desenvolvimento da dendeicultura na Amazônia: cronologia”. In: Müller, A.A., Furlan Junior, J. **Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.193-207.

HOWARD, F.W., 2001. Insect pests of palms and their control. **Pesticide Outlook**, v. 12, p. 240-243. <https://doi.org/10.1039/B110547G>

HOWARD, F.W., MOORE, D., GIBLIN-DAVIS, R. M., ABAD, R. G., 2001. Insects on palms. **CABI Publication International**, United Kingdom, 400p.

HURTADO, R., RINCON, V., MARTÍNEZ, L.C., 2009. Analisis exploratorio de las capturas de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) en lotes afectados por pudricion del cogollo en la zona Occidental Palmera Colombiana. **Palmas**, v. 30(3), p. 36–50.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). (2020). **Produção Agrícola Municipal**. <http://www.ibge.gov.br>

ISAAKS, E.H., SRIVASTAVA, R.M., 1989. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 561p.

KERBAUY, G.B., 2004. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 452p.

LIEBHOLD, A.M., ROSSI, R.E., KEMP, W.P., 1993. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 303-327. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.001511>

LIEBHOLD, A.M., ROSSI, R.E., KEMP, W.P., 1993. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 303-327. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.001511>

MARTÍNEZ, L.C., PLATA-RUEDA, A., 2013. Lepidoptera vectors of *Pestalotiopsis fungal* disease: First records in oil palm plantations from Colombia. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 34(4), p. 239-246. <https://doi.org/10.1017/S1742758413000283>

MITCHELL, P.L., 2004. Heteroptera as vectors of plant pathogens. **Neotropical Entomology**, v. 33(5), p. 519-545. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000500001>

MORALES, J.J., CHINCHILLA, C.M.L., 1991. Estudios poblacionales en *Rhynchophorus palmarum* L. y su relación com la enfermedad del Anillo rojo/Hoja pequeña em palma acitera en Costa Rica. **Turrialba**, v. 40(4), p. 475-478.

NELSON, M. R., ORUM, T. V., JAIME-GARCIA, R., NADEEM, A. 1999. Applications of geographic information systems and geostatistics in plant disease epidemiology and management. **Plant Disease**. v. 83, p. 308-319. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.4.308>

OEHLISCHLAGER, A.C., 2016. Palm weevil pheromones: discovery and use. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42(7), 617-630. <https://doi.org/10.1007/s10886-016-0720-0>

PARRA, J.R.P., 2000. A biologia de insetos e o manejo de pragas: da criação em laboratório à aplicação em campo. In: GUEDES, J.C., COSTA, I.D., CASTIGLIONI, E. (Eds.). **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM/CCR/DFS, p. 1-29.

PINHO, R.C., FARIAS, P.R.S., RODRIGUES, K.C.V., TINÔCO, R.S., SANTOS, A.V.F. dos, MARSSENA, R.T.P., 2016. Distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* em palma de

óleo no Estado do Pará, Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59(1), p. 22-31. <https://doi.org/10.4322/rca.2116>

PLATA-RUEDA, A., MARTÍNEZ, L.C., FERNANDES, F.L., RAMALHO, F.S., ZANUNCIO, J.C., SERRÃO, J.E., 2016. Interaction between the Bud Rot disease of oil palm and *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 109, p. 962-965. <https://doi.org/10.1093/jee/tov343>

ROCHAT, D.; MALOSSE, C.; LETTERE, M.; DUCROT, P.H.; ZAGATTI, P.; RENO, M.; DESCOINS, C. 1991. Male-produced aggregation pheromone of the American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera, Curculionidae): Collection, identification, electrophysiological activity, and laboratory bioassay. **Journal of Chemical Ecology**. 17, 2127–2141.

RODRIGUES, K. C. T. T.; BRAMBILLA, M. A.; CAMARA, M. R. G.; VENSON, A. H. Uma análise espacial da imigração no Brasil. **Econ. e Desenv.**, Santa Maria, v. 27, n.1, p.164-182, 2015.

RODRÍGUEZ C, OEHLSCHLAGER A. C., CHINCHILLA C. M. Examination of critical components of *Rhynchophorus palmarum* pheromone traps. ASD. **Oil Palm Pap** v.46, p.15-19. 2016.

SCHERWINSKI-PEREIRA, J.E.; DA GUEDES, R.S.; FERMINO, P.C.P.; SILVA, T.L.; COSTA, F.H.S. 2010. Somatic embryogenesis and plant regeneration in oil palm using the thin cell layer technique. **In Vitro Cell Dev Biol Plant**. v.46, n. 4, p. 378-385. <https://doi.org/10.1007/s11627-010-9279-6>

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**, Curitiba, v.6, n.1, p.23-43, 2018.

SINGH, R.; ONG-ABDULLAH, M.; LOW, E.-T.L.; MANAF, M. A. A.; ROSLI, R.; NOOKIAH, R.; et al. 2013. Oil palm genome sequence reveals divergence of interfertile species in Old and New worlds. **Nature**, v. 500, 335-339 <https://doi.org/10.1038/nature12309>

SILVA, A.G., FARIAS, P.R.S., BOIÇA JUNHOR, A.L., CORREIA, R.G., SILVA, J.B., RODRIGUES, N.E.L., 2011. Análise espacial da mosca-negra-doscitros em um pomar de citros utilizando a geoestatística. **Revista Agricultura**, v. 86(2), p. 102-114. [http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/2860/pdf\\_2430](http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/2860/pdf_2430)

TINÔCO, R.S., 2008. Inimigos naturais e lepidópteros desfolhadores associados a *Elaeis guianensis* Jacq., na Agropalma, Amazônia Brasileira. 51 f. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).

TORRES, G.A., SARRIA, G.A., VARON, F., COFFEY, M.D., ELLIOTT, M. L., MARTÍNEZ, G., 2010. First report of bud rot caused by *Phytophthora palmivora* on African oil palm in Colombia. **Plant Disease**, v. 94(9), p. 1163. <https://doi.org/10.1094 / PDIS-94-9-1163A>

VIEIRA, S.R., HATFIELD, J.L., NIELSEN, D.R., BIGGAR, J.W., 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v. 51(3), p. 1-75. <https://doi.org/10.3733/hilg.v51n03p075>