



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-POSAGRO

LUIZ FERNANDES SILVA DIONISIO

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) E *Metamasius hemipterus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) EM PALMA DE ÓLEO NO SUL DO ESTADO DE RORAIMA

Boa Vista-RR

2015

LUIZ FERNANDES SILVA DIONISIO

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) E *Metamasius hemipterus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) EM PALMA DE ÓLEO NO SUL DO ESTADO DE RORAIMA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Roraima em parceria com a EMBRAPA Roraima para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cesar Silva Lima.

Co-orientadora: Pesq. Dra. Elisangela Gomes Fidelis de Moraes

Boa Vista-RR

2015

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

D592d Dionisio, Luiz Fernandes Silva.
Distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) e *Metamasius hemipterus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em palma de óleo no sul do Estado de Roraima / Luiz Fernandes Silva Dionisio. – Boa Vista, 2015.
81f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Cesar Silva Lima.
Co-orientadora: Pesq. Dra. Elisangela Gomes Fidelis de Moraes.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

1 – Pragas das plantas. 2 – Bicudo-do-olho-do-coqueiro. 3 – Broca-rajada. 4 – Dendê. 5 – Palma de óleo. 6 – Roraima. I – Título. II – Lima, Antonio Cesar Silva (orientador). III – Moraes, Elisangela Gomes Fidelis de (co-orientadora).

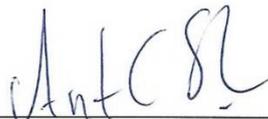
CDU – 632.9

LUIZ FERNANDES SILVA DIONÍSIO

Distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) (L.) e *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) (L.) em palma de óleo no sul do Estado de Roraima

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Roraima, em parceria com a Embrapa Roraima, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

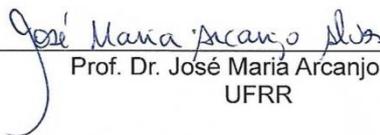
Aprovado: 22 de abril de 2015.



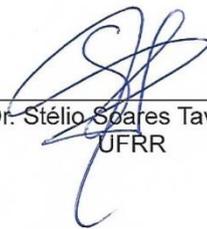
Prof. Dr. Antonio Cesar Silva Lima
Orientador – UFRR



Prof. Dr. Paulo Roberto Ribeiro Rocha
UFRR



Prof. Dr. José Maria Arcanjo Alves
UFRR



Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior
UFRR

*Primeiramente a Deus, minha fortaleza e meu refúgio.
Aos meus amados pais Francisco Hipólito Dionisio e Hortalina Alves Silva e irmãos,
pelo amor, dedicação e apoio incondicional.*

Dedico.

Agradecimentos

Agradeço à Deus, pela essência de viver as alegrias e superar os obstáculos desta vida.

Agradeço à Universidade Federal de Roraima, pela realização do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes pela concessão da bolsa de estudo.

À Embrapa Roraima e a todos os colaboradores pela logística e apoio na realização dos trabalhos de campo.

Ao Prof. Dr. Antonio Cesar Silva Lima pela amizade e pelos ensinamentos durante a realização deste trabalho.

A Pesq. Dra. Elisangela Gomes Fidelis de Moraes pela co-orientação e por me incentivar na busca de novos conhecimentos.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias pelos valorosos ensinamentos no período em que estive na UFRA.

Ao discente Artur Vinícius Ferreira dos Santos pela contribuição estatística e pelo ensinamento a mim concedidos.

Ao MSc. Ruy Guilherme Correia pela amizade, apoio, paciência e incentivo na realização deste e de outros trabalhos.

A Empresa Brasil BioFuels por disponibilizar a área de estudo.

Aos meus familiares pelo apoio, amizade e carinho que sempre me são dedicados.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

“O Homem está em constante guerra com a natureza e ao vencê-la será derrotado”

(Luiz Fernandes Silva Dionisio)

DIONISIO, Luiz Fernandes Silva. **Distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) e *Metamasius hemipterus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em palma de óleo no sul do Estado de Roraima.** 2015. 81 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2015.

RESUMO

A Palma de Óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), é uma palmeira de origem africana típica de regiões tropicais, e, no Brasil, as maiores áreas cultivadas encontram-se na região amazônica. Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o padrão de distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* e *Metamasius hemipterus* em plantio de palma de óleo, no sul do estado de Roraima. A área experimental está localizada no município de São João da Baliza, RR, onde foram realizadas 24 amostragens no período de setembro de 2013 a agosto de 2014. O perímetro da área foi demarcado com GPs, e os grids de amostragem tiveram dimensão de 45x45m. A distribuição espacial foi determinada colocando-se uma armadilha do tipo balde com atrativo alimentar (cana-de-açúcar), em cada ponto amostral. As análises da variabilidade espacial e da dependência espacial foram feitas através de incorporação de procedimentos geoestatístico baseados em técnicas de modelagem espacial por semivariogramas. Os mapas de krigagem foram gerados a partir dos dados de contagem de adultos de *R. palmarum* e *M. hemipterus*. Os grids de amostragem mostraram-se apropriados para caracterizar a distribuição espacial do *R. palmarum* e *M. hemipterus* em campo. Observou-se que a infestação do *R. palmarum* se dá tanto no centro quanto nas bordas do plantio. A infestação do *M. hemipterus* dar-se inicialmente pelas bordas do plantio, onde é encontrado em maior densidade e frequência. A distribuição espacial do *R. palmarum* e *M. hemipterus* na área de estudo ocorreu de forma agregada, com dependência espacial descrita pelo modelo esférico, formando “reboleiras” de 100 a 210 m e de 78 a 199 m de raio, respectivamente. O índice de dependência espacial moderado prevaleceu, ocorrendo em 23 avaliações, e apenas uma a dependência é forte para o *R. palmarum*. Para *M. hemipterus* ocorreu dependência espacial moderada em 20 avaliações e apenas duas a dependência é forte. Para o *R. palmarum* o alcance máximo encontrado foi 210 metros com área de influência de 13,9 ha e o mínimo de 100 com área de influência de 3,1 ha. Para *M. hemipterus* alcance máximo encontrado foi 199 metros com área de influência de 12,4 ha e o mínimo de 78 com área de influência de 1,9 ha.

Palavras-chave: Amostragem; Bicudo-do-olho-do-coqueiro; Dendê; Geoestatística; Pragas.

ABSTRACT

The Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is a palm tree of African origin, typical of tropical regions, and, in Brazil, the largest areas of palm cultivation are found in Amazonia. The objective of the present work is was to evaluate the pattern of spatial distribution of the *Rhynchophorus palmarum* and *Metamasius hemipterus* on palm plantations in the South of the State of Roraima. The experimental area is located in the municipality of São João da Baliza, RR, where 24 samples were done in the period from September 2013 to August 2014. The perimeter of the area was demarcated with GPS, and the sample grids were 45x45m in dimension. The spatial distribution was determined by putting a bucket type trap with alimentary attraction (sugarcane), in each sample point. The analysis of spatial variability and of spatial dependence were done by incorporating geostatistical procedures based on spatial modeling techniques by semivariograms. The kriging maps were generated from adult *R. palmarum* and *M. hemipterus* counted. The sample grids appeared appropriate for the characterization of spatial distribution of the *R. palmarum* and *M. hemipterus* in the field. It was observed that the infestation of *M. hemipterus* was noted in the centre, as well as the fringes of the plantation where it is encountered in greater density and frequency. The spatial distribution of the *R. palmarum* and *M. hemipterus* in the area of study occurred in an aggregated form, with spatial dependency described by the spherical model, forming cluster of 100 to 210 m and 78 to 199m of rays, respectively. The index of moderated spatial dependency prevailed, occurring in 23 evaluations, and only on the dependency is strong for the *R. palmarum*. For the *M. hemipterus* spatial dependency occurred in 20 evaluations, and only two the dependency is strong. For the *palmarum* the maximum reach encountered was 210 metres with an area of influence of 13.9 ha and a minimum of 100 with an area of influence of 3.1 ha. For *M. hemipterus* the maximum reach encountered was of 199 metres with area of influence of 12.4 ha and a minimum of 78 with an area of influence of 1.9 ha.

Keywords: Sampling; Palm weevil; Oil palm; Geostatistics; Pests.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

- FIGURA 1. *Rhynchophorus palmarum* coletados com armadilhas em plantio de palma de óleo no sul do estado de Roraima. (A) fêmea e (B) macho..... 18
- FIGURA 2. *Metamasius hemipterus* coletados com armadilhas tipo balde em plantio palma de óleo no sul do estado de Roraima..... 20
- FIGURA 3. Semivariograma ajustado ao modelo esférico com os parâmetros da semivariância mínima, efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C_1) e alcance (a)..... 22

CAPÍTULO 1

- FIGURA 1. Área experimental, no município de São João da Baliza, RR, novembro de 2014..... 36
- FIGURA 2. Localização das 100 armadilhas distribuídas em um plantio comercial de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq) de 5 anos de idade (São João da Baliza – RR) 37
- FIGURA 3. Armadilhas do tipo “balde” (A) – preparo da cana-de-açúcar; (B) – montagem da armadilha; (C) – armadilha pronta para captura de insetos; (D) – vista do orifício na parte superior da tampa..... 38
- FIGURA 4. Semivariogramas da distribuição espacial do *R. palmarum* na área experimental. São João da Baliza, RR, no período de set/2013 a fev/2014..... 43
- FIGURA 5. Semivariogramas da distribuição espacial do *R. palmarum* na área experimental. São João da Baliza, RR no período de mar/2014 a ago/2014..... 44
- FIGURA 6. Mapas de distribuição espacial de *R. palmarum*, capturados nas armadilhas, no período de ago/2013 a nov/2013 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR..... 46
- FIGURA 7. Mapas de distribuição espacial de *R. palmarum*, capturados nas armadilhas, no período de dez/2013 a fev/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR..... 47

FIGURA 8.	Mapas de distribuição espacial de <i>R. palmarum</i> , capturados nas armadilhas, no período de mar/2014 a maio/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.....	48
FIGURA 9.	Mapas de distribuição espacial de <i>R. palmarum</i> , capturados nas armadilhas, no período de maio/2014 a ago/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.....	49

CAPÍTULO 2

FIGURA 1.	Semivariogramas da distribuição espacial do <i>M. hemipterus</i> na área experimental. São João da Baliza, RR, no período de set/2013 a fev/2014.....	65
FIGURA 2.	Semivariogramas da distribuição espacial do <i>M. hemipterus</i> na área experimental. São João da Baliza, RR, no período de mar/2014 a ago/2014.....	66
FIGURA 3.	Mapas de distribuição espacial de <i>M. hemipterus</i> , capturados nas armadilhas, no período de ago/2013 a nov/2013 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.....	68
FIGURA 4.	Mapas de distribuição espacial de <i>M. hemipterus</i> , capturados nas armadilhas, no período de dez/2013 a fev/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.....	69
FIGURA 5.	Mapas de distribuição espacial de <i>M. hemipterus</i> , capturados nas armadilhas, no período de mar/2014 a maio/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.....	70
FIGURA 6.	Mapas de distribuição espacial de <i>M. hemipterus</i> , capturados nas armadilhas, no período de jun/2014 a ago/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.....	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo geral.....	16
2.2	Objetivos específicos.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1	Palma de Óleo: Aspecto Gerais.....	17
3.2	Importância econômica da Palma de Óleo.....	17
3.3	Principais Insetos-Praga em plantios de Palma de Óleo.....	18
3.4	<i>Rhynchophorus palmarum</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae)	18
3.5	<i>Metamasius hemipterus</i> (L.) (Coleoptera: Curculionidae)	20
3.6	Distribuição espacial de insetos.....	21
3.7	Uso da geoestatística no estudo de dependência espacial de insetos....	23
3.8	Geoestatística na avaliação dos dados.....	23
3.8.1	Semivariograma.....	24
3.8.2	Krigagem.....	27
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
5	CAPÍTULO 1: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE <i>Rhynchophorus palmarum</i> L., EM PLANTIO DE PALMA DE ÓLEO (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq) NO SUL DO ESTADO DE RORAIMA	36
5.1	RESUMO.....	36
5.2	ABSTRACT.....	37
5.3	INTRODUÇÃO	38
5.4	MATERIAL E MÉTODOS	39
5.4.1	Caracterização da região do experimento.....	39
5.4.2	Instalação das armadilhas.....	41
5.4.3	Análise de dados.....	42
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.6	CONCLUSÕES	53
5.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

6	CAPÍTULO 2: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE <i>Metamasius hemipterus</i> L., EM PLANTIO DE PALMA DE ÓLEO (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq) NO SUL DO ESTADO DE RORAIMA.....	59
6.1	RESUMO.....	59
6.2	ABSTRACT.....	60
6.3	INTRODUÇÃO.....	61
6.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	62
6.4.1	Caracterização da região do experimento.....	62
6.4.2	Instalação das armadilhas.....	63
6.4.3	Análise de dados.....	63
6.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
6.6	CONCLUSÕES.....	74
6.7	CONCLUSÕES GERAIS.....	74
6.8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a sustentabilidade, está fomentando o desenvolvimento de alternativas energéticas renováveis. Uma dessas alternativas, é o uso de bicomcombustíveis que vem ao longo dos anos vem sendo inclusa na geopolítica energética do Brasil, o que justifica sua incorporação no processo de produção agrícola em diversos estados brasileiros, dentre eles o estado de Roraima, que está desenvolvendo o cultivo da palma de óleo para a produção do biodiesel.

Assim como em outras regiões da Amazônia, o cultivo da palma de óleo apresenta potencial para ser explorado em Roraima, principalmente na região sul do estado que possui condições edafoclimáticas adequadas à sua adaptação (MORAIS et al., 2012). Em Roraima, considerando apenas as áreas preferenciais, existem 406.121 ha aptos para utilização, sendo que a maior concentração dessas áreas está situada na região sul do estado (BASTOS et al., 2008; RAMALHO FILHO et al., 2010).

Atualmente existem duas empresas instalados na região sul do estado de Roraima, trabalhando com o cultivo de palma de óleo. A Empresa Brasil BioFuels LTDA com aproximadamente (1800 ha) de área plantada, está sediada no município de São João da Baliza, com plantios nos municípios São Luiz, São João da Baliza e Caroebe. Sediada na vila do Equador no município de Rorainópolis, a PalmaPlam LTDA, está com aproximadamente (3000 ha) de palma de óleo plantados (informação pessoal).

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) ou dendezeiro como é conhecido no Brasil, é uma palmeira de origem africana típica de regiões tropicais, e no Brasil, as maiores áreas cultivadas encontram-se na região amazônica. A exploração dessa cultura a longo prazo na região pode propiciar impactos ambientais positivos, como na fixação de carbono em sistemas agrícolas, recuperação de áreas degradadas, além de gerar desenvolvimento, emprego e renda (SANTOS, 2008; CHIA et al., 2009; CORDEIRO et al., 2009; TAN et al., 2009).

Dentre os diversos tipos de dendezeiros, o único que adquiriu importância econômica foi o gênero *Elaeis*, sendo a espécie *E. guineensis* a mais utilizada em plantios comerciais para exploração agrícola, cujo principal produto é o óleo extraído da polpa do fruto, conhecido como óleo de palma. Vale destacar ainda que, a referida palmeira apresenta elevada produção de óleo por unidade de área (VIANNA, 2006; BRAZILIO et al., 2012), quando comparadas com outras oleaginosas.

A produção de óleo do dendê é aproximadamente 10 vezes maior a do óleo de soja (*Glycine max* L.), o dobro da produção do óleo de coco (*Coco nucifera* L.), e cerca de quatro vezes maior que a do óleo de amendoim (*Arachis hipogaea* L.) (CAVALIERO, 2003).

Segundo Costa (2007) o dendezeiro possui vida útil de 20 a 30 anos, sendo que a cultura apresenta produção a partir dos três anos e meio após o plantio. Os primeiros plantios planejados desta espécie ocorreram no Estado do Pará, a partir da década de 1960, permitindo a expansão da cultura através de investimentos privados e públicos, dentro de programas de desenvolvimento regional (FAVARO, 2011). Esta experiência foi transferida posteriormente para os Estados do Amazonas, Amapá e Roraima, bem como a Bahia (SANTOS, 2008).

A palma de óleo é uma cultura muito susceptível a infestação de pragas e doenças. Dentre as pragas que infestam essa oleaginosa estão os roedores e insetos, e entre as doenças, o anel vermelho (AV), fusariose ou escamento letal (SL), amarelecimento fatal (AF), marchitez Sorprevisa (MS), doença da coroa e podridão seca do coração (BRAZILIO et al., 2012).

Na palmicultura os problemas fitossanitários relacionados ao ataque de insetos-pragas apresentam relevante expressão econômica (DUARTE et al., 2008), implicando em perdas significativas de produtividade quando se trata de um campo de produção de sementes, com considerável valor econômico ou genético (CYSNE et al., 2013).

Entre os insetos-pragas encontrados na cultura, destacam-se o *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) e *Metamasius hemipterus* L. (Coleoptera: Curculionidae). Esses besouros fazem galerias no meristema apical das palmeiras ocasionando a redução do perfilhamento e a abertura dos orifícios podem servir como porta de entrada de fitopatógenos (DUARTE et al., 2003; MOURA et al., 2006). O exemplo do nematóide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb.) agente causador do anel vermelho, doença que pode dizimar até 15% de um plantio (CHINCHILLA, 1992) e que tem como principais vetores os referidos insetos.

Considerando que os plantios de dendê vêm expandindo-se na Amazônia e em especial em Roraima (RAMALHO FILHO et al., 2010), estudos da distribuição espacial de *R. palmarum* e *M. hemipterus* em áreas de plantio de dendê, certamente poderão contribuir com as boas práticas agrícolas para uso no manejo integrado destas pragas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Determinar o padrão de distribuição espacial e raio de agregação de *R. palmarum* e *M. hemipterus* em plantio de palma de óleo no sul do estado de Roraima definidos por geoestatística.

2.2 Objetivos específicos:

- 2.2.1 Determinar o modelo que melhor explica a distribuição espacial dos insetos *R. palmarum* e *M. hemipterus*.
- 2.2.2 Determinar o raio de agregação do *R. palmarum* e *M. hemipterus* em plantios da Palma de Óleo em Roraima.
- 2.2.3 Determinar o número de armadilhas/ha necessárias para uma amostragem confiável do *R. palmarum* e *M. hemipterus*.
- 2.2.4 Determinar os locais de infestação inicial do *R. palmarum* e *M. hemipterus* em plantio da Palma de Óleo em Roraima.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Palma de Óleo: aspecto gerais

A Palma de Óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), apresenta tronco simples e marcado por cicatrizes. Suas folhas são pinadas, grandes e de folíolos longos, inseridas em ângulos diferentes, dando a elas aspecto de crespas e os pecíolos são de tecido fibroso na base e com espinhos nas margens. As Inflorescências masculinas e femininas estão separadas na mesma planta e localizadas na axila das folhas, sendo que as masculinas apresentam ramificações semelhantes a dedos pilosos. Os frutos estão dispostos em cachos, e são densos, ovoides, pretos e vermelhos na base (MUSEU NACIONAL, 2014).

3.2 Importância econômica da Palma de Óleo

A palma de óleo é uma palmeira nativa da África ocidental e foi introduzida no continente americano no início do tráfico negreiro no século XV (TRINDADE et al., 2005). A cultura do dendê destaca-se entre as oleaginosas por sua alta capacidade de produção de óleo por unidade de área. Segundo Murphy (2007) e Tinôco (2008), é a oleaginosa com maior produtividade de óleo vegetal do mundo, podendo chegar até 6 toneladas/ha, com rendimentos superando 25 t/ha/ano de cachos (CHIA et al., 2009).

Os maiores produtores de óleo de palma são Indonésia, Malásia, Tailândia e Colômbia com 53,73%, 32,64%, 3,61% e 1,64% respectivamente (USDA, 2013). A área cultivada no Brasil é de 170 mil hectares aproximadamente, sendo o Estado do Pará o maior produtor nacional de palma de óleo com mais de 90% de área plantada (SAGRI, 2013).

No Brasil, o dendezeiro foi introduzido inicialmente no Estado da Bahia, no final do século XVI e depois na região amazônica onde, atualmente, estão as maiores áreas cultivadas (BRAZILIO et al., 2012). A expansão dessa cultura traz muitos benefícios socioeconômicos, gerando desenvolvimento, emprego e renda para a região amazônica ao longo do ano, pois a produção e colheita são contínuos, fortalecendo a fixação do homem no campo e evitando o êxodo rural (SANTOS 2008; CHIA et al., 2009; CORDEIRO et al., 2009). Tais benefícios são possíveis devido as características climáticas da região amazônica que possui condições próximas da exigida para o cultivo da palma de óleo (SALES, 2011).

3.3 Principais Insetos-Praga em plantios de Palma de Óleo

Ao se domesticar uma planta tornando-a uma monocultura, ocorre a formação de um novo ecossistema diferente do original, porém, tais condições favorecem o surgimento de inúmeros insetos-praga.

De acordo com Tinôco (2008) e Brazilio et al. (2012) destacam-se por atacar o dendezeiro os seguintes insetos-pragas: broca-da-coroa-foliar, *Eupalamides cyparissias* Fabricius, 1776 (Lepidoptera: Castniidae), lagarta-das-folhas, *Brassoles sophorae* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Opsiphanes invirae* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Nymphalidae), bicudo-das-palmáceas, *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), broca-rajada, *Metamasius hemipterus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Curculionidae), broca-das-raízes, *Sagalassa valida* Walker, 1856 (Lepidoptera: Glyphipterigidae), os quais são causadores de danos significativos a ponto de comprometer a viabilidade econômica da cultura.

Dentre esses insetos-praga citados o *R. palmarum* e o *M. hemipterus* vêm se destacando nos últimos anos devido os prejuízos que causam em palmeiras e por comprometerem a produtividade do dendezeiro, principalmente na região Amazônica.

3.4 *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)

O *R. palmarum* também conhecido como bicudo-do-coqueiro, é uma praga polífaga e nativa da América do Sul (ESPARZA-DIAZ et al., 2013) que nas últimas décadas tem se espalhado pelo oriente médio (FALEIRO, 2006), sendo considerado uma importante praga agrícola em culturas de palmeiras como: coco e palma de óleo, além da cana-de-açúcar, entre outras.

Esta praga está amplamente distribuída nos países da América Latina: Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua e Panamá (América central), na Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Paraguai, Peru, Suriname, Martinica, Trinidad Tobago, Uruguai e Venezuela (América do Sul) e na Índia (EMPPO, 2007).

Na América do Norte o único registro de *R. palmarum* era no México (ESPARZADIAZ et al., 2013), no entanto relatos de United States Department of Agriculture (2011) confirmou a presença do bicudo das palmeiras em San Diego nos Estados Unidos.

No Brasil este inseto tem sido relatado em vários estados, principalmente nos locais que cultivam palmeiras como coco (*Cocos nucifera*) e palma de óleo (*Elaeis*

guineensis Jacq.). Assim, as principais regiões onde pode ser encontrado esta praga são Norte e Nordeste.

O *R. palmarum* pertence a classe Insecta; subclasse Pterygota, ordem Coleoptera e família Curculionidae. É caracterizado por possuir rostró com o aparelho bucal na extremidade. Segundo Triplehorn e Jonnson (2011) todos os indivíduos desta família são fitófagos, se alimentado tanto de plantas viva quanto de morta, atacando quase todas as partes de uma planta. O gênero *Rhynchophorus* atualmente contém nove espécies, das quais seis são conhecidas por atacar palmeiras.

O inseto adulto (Figura 1) é um besouro de cor negra, cabeça pequena e alongada para a frente em forma de rostró, tamanho variado podendo medir de 40 a 60 cm de comprimento de hábito diurno e crepuscular. *R. palmarum* é um inseto que apresenta metamorfose completa, ou seja, o ovo origina a larva que passa para a fase de pupa e posteriormente atinge a fase adulta. O adulto pode viver até 60 dias e, durante esse período a fêmea pode colocar até 700 ovos. O macho, quando na planta hospedeira, libera o feromônio de agregação que atrai tanto machos quanto fêmeas, geralmente para a fonte de alimento. Uma vez que ambos os sexos encontram-se no mesmo ambiente, ocorre também a cópula. As fêmeas fazem posturas em ferimentos recém abertos na planta, reiniciando todo o ciclo de vida (LACERDA, 2001, SÁNCHEZ-SOTO; NAKANO, 2002, NAVARRO et al., 2002; RAMOS, 2012).

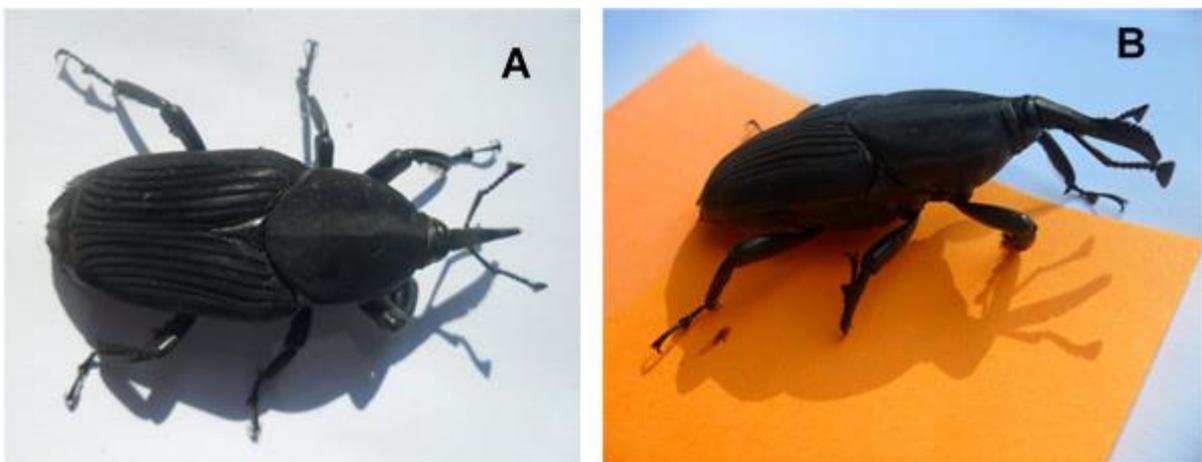


Figura 1. *Rhynchophorus palmarum* coletados com armadilhas em plantio de palma de óleo no sul do estado de Roraima. (A) fêmea e (B) macho. Foto: Luiz Fernandes Silva Dionisio

Além de causar danos diretos, o *R. palmarum* é o principal vetor do nematóide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb) Baujard (GERBER; GIBLIN, 1990), organismo este, causador do anel vermelho do coqueiro. Esta doença é letal para o coqueiro e

outras palmeiras (SÁNCHEZ-SOTO; NAKANO, 2002; NAVARRO et al., 2002; COSTA-CARVALHO et al., 2011).

O *R. palmarum* tem sido relatado em 35 espécies de plantas de 12 famílias diferentes, apesar de ser predominantemente encontrado em Arecaceae. Nesse caso, os principais hospedeiros, além do dendezeiro, são: *Cocos nucifera* (coqueiro), *Euterpe edulis* (palmito-juçara), *Metroxylon sagu* (saguzeiro), *Phoenix canariensis* (palmeira-das-canárias), *Phoenix dactylifera* (tamareira), *Saccharum officinarum* (cana-de-açúcar). Outros hospedeiros de menor significância são: *Ananas comosus* (abacaxizeiro), *Annona reticulata* (fruta do conde verdadeira ou condessa), *Artocarpus altilis* (fruta-pão), *Carica papaya* (mamoeiro), *Citrus* sp. (frutas cítricas), *Mangifera indica* (mangueira), *Musa* sp. (bananeira), *Persea americana* (abacateiro), *Psidium guajava* (goiabeira), *Theobroma cacao* (cacaueiro) (EMPPO, 2005)

3.5 *Metamasius hemipterus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)

As espécies do gênero *Metamasius* são encontradas em todos os continentes, principalmente na região tropical das Américas. São descritas aproximadamente 110 espécies no mundo, associadas a várias plantas hospedeiras como arecaceas, bromeliáceas, musáceas, cana-de-açúcar, entre outras (ZORZENON et al., 2000; ROCHA, 2012).

Várias espécies de *Metamasius* são relatadas como pragas de importância econômica no estado da Flórida, Estados Unidos, causando perdas em cultivos de abacaxi, banana e cana-de-açúcar, bem como atacando espécies de bromélias nativas, orquídeas e palmeiras ornamentais (O'BRIEN; THOMAS, 1990; ZORZENON et al., 2000; SOLIMAN et al., 2009).

No Brasil, o *Metamasius* está associado a vários hospedeiros: açazeiro (*Euterpe oleracea* Martius), coqueiro (*Cocus nucifera* L.), dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.), palmito-juçara (*Euterpe edulis* Martius), pupunheira (*Bactris gasipaes*), tamareira (*Phoenix dactylifera*), palmeira-real-da-austrália (*Archontophoenix* spp.) todos pertencente à família Arecaceae (Arecales), além da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* Linnaeus) e bananeira (*Musa* spp. – Musaceae) (ZORZENON et al., 2000; YASUDA, 2005; GOMES, 2008).

A espécie *M. hemipterus*, comumente denominada de 'broca-rajada', é considerada praga importante das palmeiras, juntamente com *R. palmarum*, pois suas larvas broqueiam o caule da planta ocasionando perdas devido a redução do

perfilamento e a abertura de orifícios podem servir como porta de entrada à fitopatógenos (SOLIMAN et al., 2009).

M. hemipterus depositam ovos de coloração branco-leitosa, com forma elíptica, e cerca de 2 mm de comprimento. As larvas são ápodes, de coloração branco-leitosa, com a cápsula cefálica de coloração amarela a marrom, podendo alcançar mais de 8 a 10 mm de comprimento nos últimos instares. As pupas ficam protegidas dentro de um casulo confeccionado, pela própria larva, com fibras da planta hospedeira (LEÓN-BRITO et al., 2005; ZORZENON et al., 2000).

Na fase adulta *M. hemipterus* apresenta 10 a 20 cm de comprimento, e geralmente são de coloração vermelha e preta ou laranja e preta (Figura 2). Tem hábitos diurnos e grande habilidade no vôo, e seu ciclo varia de 2 a 3 meses sendo que os adultos aparecem nas épocas mais quentes do ano. As fêmeas raspam o tecido do caule com o rostro e colocam os ovos, deixando protegidos. As injúrias são causadas pelas larvas, que ao se alimentarem do tecido vegetativo da planta, formam galerias ao longo do caule (GALLO, 2002).



Figura 2. *Metamasius hemipterus* coletados com armadilhas tipo balde em plantio de palma de óleo no sul do estado de Roraima. Foto: Luiz Fernandes Silva Dionisio

3.6 Distribuição espacial de insetos

Estudos sobre a distribuição espacial de populações de pragas em culturas comerciais são de grande importância em programas de manejo integrado de pragas por auxiliar no momento do controle, no desenvolvimento de planos de amostragem e no planejamento de experimentos no campo (RUIZ et al., 2003), exigindo métodos diferenciados de acordo com as particularidades de cada espécie (COSTA, 2009). Quando se conhece o do padrão de distribuição espacial de um inseto, basta aperfeiçoar os processos de amostragens (BARBOSA, 1992; YOUNG e YOUNG,

1998; FERNANDES et al., 2003; STECCA, 2011), implementando-se o manejo integrado deste e concentrando esforço amostral nos locais onde ele se encontra (HASSEL, 1987; BARRIGOSSI et al., 2001; COSTA, 2009).

O modo de dispersão no habitat pode se dar de formas diferentes entre as espécies e entre as populações da mesma espécie, de modo que a variação da forma de distribuição espacial pode ocorrer em função de fatores ambientais ou genéticos, podendo a determinação dos padrões de arranjo ser obtida através de índices de dispersão e distribuição teórica de frequências (BARBOSA, 1992; YOUNG e YOUNG, 1998; FERNANDES et al., 2003) ou com uso da geoestatística (SILVA et al., 2011).

Para estudar a distribuição espacial de um inseto é necessário primeiramente definir o tamanho de cada unidade amostral, o número de unidades amostrais, bem como, estipular a forma de alocação destas unidades na área experimental (COSTA, 2009).

O arranjo espacial das populações de insetos obedece a padrões que podem ser classificados como: aleatório, uniforme ou agregado (RICKLEFS, 2003). De acordo com Taylor (1984), a distribuição espacial é uma característica ecológica da espécie, explicada pela dinâmica populacional como um produto de crescimento dos indivíduos, como nascimento, morte e migração.

Segundo Barbosa (1992), para estudos sobre a distribuição de insetos, existe a necessidade de se conhecer as distribuições de frequência do número de indivíduos de cada espécie-praga, adotando-se critérios de amostragem para estimar os parâmetros populacionais. O autor destaca ainda que, além dos modelos matemáticos comumente aplicados, a utilização da geoestatística para análise proporciona descrever a dispersão espacial das pragas, estimar os erros das variáveis populacionais, verificar os efeitos de fatores ambientais sobre os parâmetros populacionais e as mudanças das populações no tempo e no espaço (SILVA et al., 2011). Assim sendo, tem sido cada vez mais frequente o uso da geoestatística para determinação de distribuição espacial de insetos (GREGO et al., 2006; DINARDO-MIRANDA et al., 2007; FARIAS et al., 2008; SILVA et al., 2011; DAL PRÁ et al., 2011).

3.7 Uso da geoestatística no estudo de dependência espacial de insetos

Os métodos comumente utilizados para descrever a distribuição de uma população permitem classificar os padrões de distribuição em três categorias: agregada, uniforme ou aleatória. Contudo, tais métodos (matemáticos) não levam em

consideração a localização espacial dos pontos de amostragem, razão pela qual o uso da geoestatística tem sido a ferramenta mais adequada para estudar a dependência espacial de uma praga, por considerar a posição no espaço da variável em estudo (LIEBHOLD et al., 1993; LEAL, 2009), permitindo quantificar essa dependência entre amostras coletadas em campo e, a partir da elaboração de semivariogramas que são ajustados a um modelo que fornece o raio de agregação da espécie na área, construir os mapas de distribuição (LEAL et al., 2010).

A incorporação de procedimentos geoestatístico baseados em técnicas de modelagem espacial por semivariogramas e estimação via krigagem são ferramentas importantes, que podem ser utilizadas para determinar, entre outros parâmetros, a distribuição espacial e elaboração de métodos seguros de amostragem em campo.

Vários estudos foram desenvolvidos utilizando a geoestatística, a fim de verificar o comportamento espacial de pragas de importância econômica. Dentre esses, pode-se citar os de Grego et al. (2006) que determinaram a distribuição espacial da lagarta do trigo (*Pseudaletia sequax* Franclemont) na cultura do triticale (*Triticum secale* Wittmack) no estado de São Paulo; Dinardo-Miranda et al. (2007) sobre a distribuição de cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) em cana-de-açúcar no estado de São Paulo; Farias et al. (2008) que caracterizaram a distribuição espacial da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) em plantio de milho no estado de São Paulo; Leal (2009) verificou a dispersão do psílideo-asiático-dos-citros (*Diaphorina citri* Kuwayama) em dois pomares de citros no estado de São Paulo, Silva et al. (2011) observaram a distribuição espacial da mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi* Ashby) em pomar de citros no estado do Pará; Dal Prá et al. (2011) caracterizaram a distribuição espacial de larvas de coró-das-pastagens (*Diloboderus abderus*) em lavouras de aveia no estado do Rio Grande do Sul.

3.8 Geoestatística na avaliação dos dados

Por meio da análise da geoestatística são ajustados modelos de semivariograma aos dados obtidos e, a partir do modelo mais adequado, são construídos mapas de dependência espacial (LEAL, 2009).

3.8.1 Semivariograma

O semivariograma informa o tipo e a forma da dependência espacial e, segundo VIEIRA et al. (1983) constitui a primeira etapa da geoestatística fornecendo dados

para confeccionar mapas. É um gráfico da semivariância em função da distância que caracteriza a estrutura da dependência espacial da variável em estudo, ou seja, o semivariograma é uma função que relaciona a semivariância com o vetor distância.

O semivariograma é definido por três parâmetros: o patamar ($C_0 + C_1$), o efeito pepita (C_0) e o alcance (a). O patamar é o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance, ou seja, desse ponto em diante não existe mais dependência espacial entre as amostras. O efeito pepita é a semivariância nos pontos muito próximos, quando as distâncias entre as unidades amostrais são bem pequenas; e o alcance mede a distância limite da dependência espacial.

Vários pesquisadores (GREGO et al., 2006, DINARDO-MIRANDA et al., 2007, FARIAS et al., 2008, LEAL, 2009, SILVA et al., 2011, DAL PRÁ et al., 2011) encontraram o modelo matemático esférico como o mais adaptado para descrever o comportamento de distribuição espacial de insetos. Neste modelo o patamar e o alcance são claramente identificados e geralmente o efeito pepita é pequeno em relação a este patamar. Na Figura 3 é apresentado um semivariograma ideal.

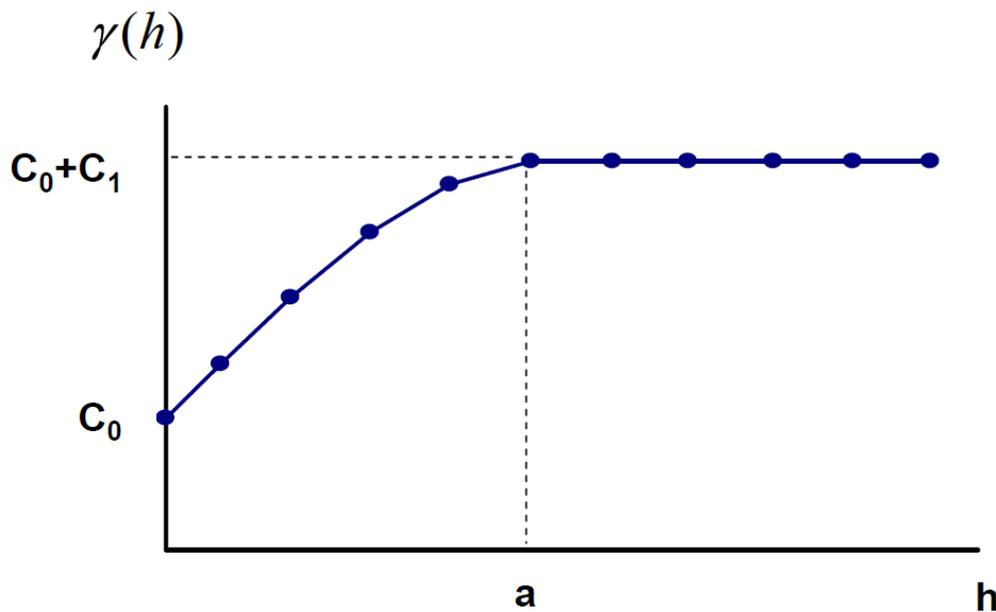


Figura 3 - Semivariograma ajustado ao modelo esférico com os parâmetros da semivariância mínima, efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C_1) e alcance (a).

Para propriedades espacialmente dependentes, espera-se que a diferença entre valores $[Z(x_i) - Z(x_i+h)]$, em que a média, seja crescente com a distância até um determinado ponto, a partir do qual se estabiliza num valor, determinado patamar (C_1) e aproximadamente igual a variância dos dados. Essa distância recebe o nome de

alcance (a) e representa o raio de um círculo, dentro do qual os valores são tão parecidos uns com os outros que são correlacionados. O valor da semivariâncias na interseção do eixo y recebe o nome de efeito pepita (C_0) e representa a variabilidade da propriedade em estudo em espaçamentos menores do que o amostrado. Assim, quanto maior o efeito pepita, mais fraca é a dependência espacial de um atributo (VIEIRA et al., 1983). O semivariograma é estimado por:

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

onde,

$\gamma(h)$ é a semivariância

$N(h)$ é o número de pares de observação $[Z(x_i); Z(x_i+h)]$ separados pela distância h.

O modelo utilizado será aquele cuja função melhor representar as semivariâncias observadas.

a. Modelo Esférico:

Esse modelo é obtido selecionando-se os valores do efeito pepita (C_0) e do patamar ($C_0 + C_1$), traçando-se uma reta que intercepte o eixo y em C_0 e que seja tangente aos primeiros pontos próximos de $h = 0$. Essa reta cruzará o patamar à distância $a' = (2/3)a$. Desse modo, o alcance (a) será $a = 3a'/2$, e esse modelo é linear até aproximadamente $(1/3)a$ (VIEIRA, 2000). Assim, o modelo esférico é definido como:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{2}{3} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \rightarrow 0 < h < a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \rightarrow h \geq a$$

b. Modelo Exponencial:

Os parâmetros C_0 e C_1 desse modelo são determinados da mesma maneira que para o esférico (VIEIRA, 2000), no entanto, a diferença entre o modelo esférico e o exponencial é que esse último atinge o patamar assintoticamente, com alcance

prático definido como a distância na qual o valor do modelo é de 95% do patamar (ISSAKS; SRIVASTAVA, 1989).

$$\gamma(h) = 0 \rightarrow h = 0$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left\{ 1 - \exp \left[-\frac{3h}{a} \right] \right\} = h > a$$

C. Gaussiano:

Semelhante ao modelo exponencial, o modelo gaussiano atinge o patamar assintoticamente, e o parâmetro é definido como o alcance prático ou distância na qual o valor do modelo é de 95% do patamar (ISSAKS; SRIVASTAVA, 1989). No entanto, o que caracteriza esse modelo é o seu ponto de inflexão próximo à origem.

$$\gamma(h) = 0 \rightarrow h = 0$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left\{ 1 - \exp \left[-3 \frac{h^2}{a} \right] \right\} = h > a$$

d. Potência:

O modelo potência não atinge patamar, e no geral, é utilizado para modelar fenômenos com capacidade infinita de dispersão.

$$\gamma(h) = 0 \rightarrow h = 0$$

$$\gamma(h) = C + Ah^B \quad 0 < B < 2 \rightarrow h > 0$$

O parâmetro B tem que ser estritamente maior que zero e menor que 2, a fim de garantir que o semivariograma tenha positividade definida condicional.

Depois do ajuste é feita a construção dos mapas de krigagem que usa a dependência espacial modelada no semivariograma estimando valores em qualquer posição do campo sem tendência e com variância mínima. Por meio desses mapas é possível visualizar o comportamento da variável em estudo.

3.8.2 Krigagem

A krigagem usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, modelada no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e variância mínima (VIEIRA et al., 1983).

Segundo SILVA JUNIOR (2001) a krigagem pode ser chamada de interpolador, pois pondera os valores dos pontos vizinhos ao ponto a ser estimado obedecendo aos critérios de não tendenciosidade e de variância mínima. Neste sentido, a krigagem nada mais é do que uma medida ponderada dos valores observados de uma determinada variável dentro de uma vizinhança. Somente os pontos que estão espacialmente relacionados com o local a ser estimado são usados na krigagem (VIEIRA et al., 1983).

Neste caso, para a elaboração do mapa para avaliar o estudo, é necessário interpolar os pontos amostrados para a obtenção de uma estimativa. Essa estimativa (z^*) é uma combinação linear dos valores das medidas vizinhas (x_0), como segue a equação:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

em que:

z^* = estimativa,

x_0 = combinação linear dos valores das medidas vizinhas,

N = número dos valores medidos envolvidos na estimativa $z(x_i)$,

λ_i = peso associada a cada valor medido.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, J. C. Amostragem sequencial. In: FERNANDES, O. A.; CORREIA, A. C. B.; DE BORTOLI, S. A. **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p. 205-211.
- BARRIGOSI, J. A. F.; YOUNG, L. J.; CRAWFORD, C.A.G.; HEIN, G. L.; HIGLEY, L. G. Spatial and probability distribution of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) egg mass populations in dry bean. **Environmental Entomology**, v.30, p. 244-253, 2001.
- BASTOS, T. X. MÜLLER, A. A. RAMALHO FILHO, A. PACHÊCO, N. A. GONSALVES, A. O. MONTEIRO, D. C. A. **Zoneamento agroclimático e de riscos climáticos para o cultivo do dendezeiro no Estado do Pará**. Embrapa Amazônia Oriental: 2008. 27p. (Documentos 319).
- BRAZILIO, M.; BISTACHIO, N. J.; PERINA, V. de C. S.; NASCIMENTO, D. D. do. O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) – Revisão. Bioenergia em revista: **diálogos**, v.2, n.1, p.27-45, 2012.
- CAVALIERO, C. K. N. **Inserção de Mecanismos Regulatórios de Incentivo ao uso de Fontes Renováveis Alternativas de Energia no Setor Elétrico Brasileiro e no Caso Específico da Região Amazônica**. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos), Universidade Estadual de Campinas. 2003.
- CHIA, G. S.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; ROCHA R. N. C.; LOPES M. T. G. Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaue e o dendezeiro. **Acta Amazonica**, v. 39, n.2, p. 249-254, 2009.
- CHINCHILLA, C.M. El síndrome Del anillo-rojo hoja pequeña em palma aceitera e cocotero. **Revista Palmas**, v.13, p.33- 55, 1992.
- CORDEIRO, A. C. C.; MACIEL, F. C. da S.; SMIDERLE, O. J.; ALVES, A. B. Desenvolvimento vegetativo de dendezeiro em ecossistemas de cerrado e floresta de Roraima. Boa Vista, Embrapa Roraima. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n.10, p. 16, 2009.

COSTA, M. G. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de ninfas e adultos de *Diaphorina citri* kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) na cultura de citros**. 2009. 106f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

COSTA, R. C. **Inventário do ciclo de vida do Biodiesel obtido a partir do óleo de palma para as condições do Brasil e da Colômbia**. Dissertação (mestrado em Engenharia da Energia). Universidade Federal de Itajubá, 2007.

COSTA-CARVALHO, R. R. da.; WARWICK, D. R. N.; SOUZA, P. E. de.; CARVALHO FILHO, J. L. S. de. Longevidade de *Thielaviopsis paradoxa*, agente causal da resinose do coqueiro em *Rhynchophorus palmarum*. **Scientia Plena**, v. 7, n. 4, p. 1-6, 2011.

CYSNE, A. Q.; CRUZ, B. A.; CUNHA, R. N. V. da.; ROCHA, R. N. C. da. Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em palmeiras oleíferas no Amazonas. **Acta Amazonica**. v. 43, n. 2, p.197-202, 2013.

DAL PRÁ, E.; GUEDES, J. V. C.; CHERMAN, M. A.; JUNG, A. H.; SILVA, S. J. P. da.; RIBAS, G. G. Uso da geoestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p. 1689-1694, 2011.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; VIEIRA, S. R.; FRACASSO, J. V.; GREGO, C. R. Uso de geoestatística na avaliação da distribuição espacial de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. **Bragantina**, v.66, n.3, p.449-455, 2007.

DUARTE, A. G.; LIMA, I. S.; NAVARRO, D. M. A. F.; SANT'ANA, A. E. G. Captura de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) em armadilhas iscadas com o feromônio de agregação e compostos voláteis de frutos do abacaxi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.81-84, abr. 2003.

DUARTE, A.G.; LIMA, I.S.; ARAÚJO JÚNIOR, J.V.; DUARTE, A.G.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; CRUZ, M.M. Disposição do nematóide *Bursaphelenchus coccophilus* (Cobb) Baujard, em coqueiros portadores da doença anel-vermelho. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.3, p. 622-627, 2008.

EMPPO - EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. ***Rhynchophorus ferrugineus* and *Rhynchophorus palmarum***. França: EMPPO Bulletin, n.37, p. 571-579, 2007.

EMPPO - EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. **Data sheets on quarantine pests, *Rhynchophorus palmarum***.

França: Bulletin, n.35, p. 468-471, 2005. Disponível em:<http://www.eppo.org/QUARANTINE/insects/Rhynchophorus_palmarum/DS_Rhynchophorus_palmarum.pdf> Acesso em: 21 abr. 2014.

ESPARZA-DÍAZ, G.; OLGUIN, A.; CARTA, L. K.; SKANTAR, A. M.; VILLANUEVA, R. 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.

FALEIRO, J. R. A review of the issues and management of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Rhynchophoridae) in coconut and date palm during the last one hundred years. **International Journal of Tropical Insect Science**, v.26, n.3, p.135–154, 2006.

FARIAS, P. R.S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C.; OVERAL, W. L.; MIRANDA, V. S.; RIBEIRO, S. M. Spatial analysis of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. **Neotropical Entomology**, v.37, n.3, p.321-327, 2008.

FAVARO, F. T. **Desenvolvimento sustentável na Amazônia: uma nova abordagem do dendê com o aproveitamento da biomassa residual para a geração de energia**. 2011. 159f. Dissertação (mestrado em energia). Universidade de São Paulo.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C e. BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p.117–122, 2003.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MACHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Manual de entomologia agrícola**. v. 10. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GERBER, K.; GIBLIN, R. Association of the red ring nematode and other nematodes species with the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* L. **Journal Nematology**, v.22, n.2 p.143- 149, 1990.

GOMES, S. M. S. **Avaliação de Sistemas de Captura de *Metamasius hemipterus* e *Rhynchophorus palmarum* (Curculionidae) em plantios de Pupunha (*Bactris gasipaes*) e Dendê (*Elaeis guineensis*) no Sul da Bahia**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; LOURENÇÃO, A. L. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* franclemont in triticale under no-till management. **Scientia Agricola**, v.63, n.4, p.321-327, 2006.

HASSEL, M.P. Detecting regulation in a patchly distributed animal populations. **Journal of Animal Ecology**, v.56, p.705-713, 1987.

ISSAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistical**. Oxford: University Press, 1989.

LACERDA, I. J. Coqueiro sob ataque. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, v.6, n.10, p.25-28, 2001.

LEAL, R. M.; BARBOSA, J. C.; COSTA, M. G.; BELASQUE JUNIOR, J.; YAMAMOTO, P. T.; DRAGONE, J. Distribuição espacial de huanglongbing (greening) em citros utilizando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n.3, p. 808-818, 2010.

LEÓN-BRITO, O.; VÁSQUEZ, L. N.; LÁREZ, C.; SILVA-ACUÑA, R. Ciclo de vida y longevidad de *Metamasius hemipterus* L. (Coleoptera: Curculionidae), uma praga de la palma aceitera em el estado Monagas, Venezuela. **Bioagro**, v.17, n.2, p.115-118, 2005.

LIEBHOLD, A. M.; ROSSI, R. E.; KEMP, W. P. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. **Annual review of Entomology**, v.38, n.1, p.303-327, 1993.

MORAIS, R. P.; RODRIGUES, V. K. M.; VERAS, A. T. de R.; NETA, L. C. B. Aspectos fisiográficos da paisagem em São João da Baliza – RR e sua favorabilidade na

plantação da palma de óleo para a produção de biodiesel. **REVISTA GEONORTE**, Ed. Especial, V.3, N.4, p. 42-50, 2012.

MOURA, J. I. L.; TOMAS, R.; SGRILLO, R.; DELABIE, J. H. C. Natural Efficiency of Parasitism by *Billaea rhynchophorae* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae) for the control of *Rhynchophorus palmarum* (L) (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**. V. 35, p. 273-274, 2006.

MURPHY D. J. **Future prospects for oil palm in the 21st century**: biological and related challenges. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 109, p. 296-306, 2007.

MUSEU NACIONAL (Brasil). ***Elaeis guineenses***. Rio de Janeiro, UFRJ, Horto Botânico. Disponível em: <<http://www.museunacional.ufrj.br/hortobotanico/elaeisguineensis.htm>> Acessado em 13 ago. 2014.

NAVARRO, D. M. A. F.; MURTA, M. M.; DUARTE, A. G.; LIMA, I. S.; NASCIMENTO, R. R.; SANT'ANA, A. E. G. Aspectos práticos relacionados ao uso do rincoforol, o feromônio de agregação da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: curculionidae) no controle de pragas do coqueiro. Análise de sua eficiência em campo. **Química Nova**, v. 25, p. 32-36, 2002.

O'BRIEN, C. W.; THOMAS, M. C. The species of *Metamasius* in Florida (Coleoptera: Curculionidae). Florida Dept. Agric. & Consumer Services, Division of Plant Industry. **Entomology Circular**, n. 330, 1990.

RAMALHO FILHO, A. MOTA, P. E. F. **Zoneamento Agroecológico do dendezeiro para as áreas desmatadas da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, p. 44. 2010.

RAMOS, I. G. **Zeólitos como dispositivo de liberação prolongada de rincoforol**. 2012. 178f. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

RICKLEFS, R. E. 2003. **A economia da natureza**, 5ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara/Koogan. 470 p.

ROCHA, R. B. ***Metamasius* spp. Horn (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM HELICÔNIAS (ZINGIBERALES: HELICONIACEAE): monitoramento, organismos associados e táticas de controle com *Beauveria bassiana* e inseticidas a base de nim.** 2012. 77f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual de Santa Cruz.

RUIZ, R.; DEMETRIO, C.; ASSUNÇÃO, R.; LEANDRO, R. Modelos hierárquicos bayesianos para estudar a distribuição espacial da infestação da broca do café em nível local. **Revista Colombiana de Estadística.** v. 26, n.1, p. 1-24, 2003.

SALES, T. M. **Análise Geoestatística da Distribuição Espacial do Amarelecimento Fatal do Dendzeiro no Nordeste Paraense.** 2011. 32 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

SÁNCHEZ-SOTO, S.; NAKANO, O. Registro de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) no Estado do Mato Grosso do Sul. **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 659-660, 2002.

SANTOS, A. M. **Análise do potencial do biodiesel de dendê para geração de energia elétrica em sistemas isolados da Amazônia.** 2008. 224 p. Dissertação de Mestrado, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SECRETARIA DE AGRICULTURA DO PARÁ - SAGRI. **Culturas de destaque no Estado do Pará-Ano 2013.** Disponível em:< [http:// www.sagri.pa.gov.br](http://www.sagri.pa.gov.br)>. Acesso em: 20 fev. 2013.

SILVA JUNIOR, R. L. da. **Variabilidade espacial do índice de cone correlacionada com mapas de produtividade.** 2001. 132p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SILVA, A. G. da.; FARIAS, P. R. S.; BOIAÇU JUNHO, A. L.; CORREIA, R. G.; SILVA, J. B. da.; RODRIGUES, N. E. L. Análise espacial da mosca-negra-dos-citros em um pomar de citros utilizando a geoestatística. **Revista Agricultura**, v.86, n.2, p.102-114, 2011.

SOLIMAN, E. P.; PAVARINI, R.; GARCIA, V. A.; LIMA, R. C.; NOMURA, E. S.; PAVARINI, G. M. P.; DAMATTO JUNIOR, E. R. Diferentes iscas para o monitoramento

populacional de *Metamasius* sp. (Coleoptera: Curculionidae) no cultivo da pupunheira. **Revista Eletrônica de Agronomia**, v. 16, n. 2, p. 1-6, 2009.

STECCA, C. S. **Distribuição espaço-temporal e flutuação populacional de lagartas desfolhadoras de soja**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

TAN, K.; LEE, K.; MOHAMED, A.; BHATIA, S. Palm oil: Addressing issues and towards sustainable development. Renewable and Sustainable. **Energy Reviews**, v.13 n.2, p. 420-427. 2009.

TAYLOR, L.R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual Review Entomology**, v. 29, p. 321-57, 1984.

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

TRINDADE, D. R.; POLTRONIERI, L. S.; FURLAN, J. **Abordagem sobre o estado atual das pesquisas para a identificação do agente causal do amarelecimento fatal do dendezeiro**. In: POLTRONIERI, L.S.; TRINDADE, D. R.; SANTOS, I. P. Pragas e Doenças de cultivos amazônicos. (Ed.). Belém: Embrapa Amazônia Oriental, CPATU, p. 439-450, 2005.

TRIPLEHORN, C. A.; JONNISON, N. F. **Estudo dos Insetos**. São Paulo: Cengage Learning, 809 p., 2011.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Oil seeds**: World markets and Trade. Foreign Agricultural Service. Biocombustíveis, p. 1-11, Dec. 2011. (Circular series). Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov>>. Acesso em: 16 dez. 2014.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Oil seeds**: World markets and Trade. Foreign Agricultural Service. Biocombustíveis, p. 1-34, Dec. 2013. (Circular series). Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov>>. Acesso em: 18 de out. 2014.

VIANNA, F. C. **Análise de Ecoeficiência: avaliação do Desempenho Econômico-Ambiental do Biodiesel e PetroDiesel**. 2006. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

VIEIRA, S.R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. In: BORÉN, A. **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000, p.93-108.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

YASUDA, M. E. **Levantamento de potenciais pragas associadas à cultura da palmeira-real-da-austrália *Archontophoenix* spp. (Arecaceae) no Médio Vale do Itajaí**. 2005. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau – FURB, Blumenau-SC.

YOUNG, L. J. e YOUNG, J. H. 1998. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston, Kluwer Academic Publishers. P. 565.

ZORZENON, F.J.; BERGMANM, E.C.; BICUDO, J.E.A. Primeira Ocorrência de *Metamasius hemipterus* (LINNAEUS, 1758) e *Metamasius ensirotris* (GERMAN, 1824) (Coleoptera, Curculionidae) em Palmiteiros dos Gêneros *Euterpe* e *Bactris* (Arecaceae) no Brasil. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 67, n. 2, p. 265-268, 2000.

5 CAPÍTULO 1: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Rhynchophorus palmarum* L., EM PLANTIO DE PALMA DE ÓLEO (*Elaeis guineensis* Jacq) NO SUL DO ESTADO DE RORAIMA

5.1 RESUMO

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma palmeira de origem africana que se destaca por possuir elevada produção por unidade de área, porém, tem como um dos principais entraves os problemas fitossanitários. Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o padrão de distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* em plantio de dendê, no sul do estado de Roraima. A área experimental está localizada no município de São João da Baliza, RR, onde foram realizadas 24 amostragens no período de setembro de 2013 a agosto de 2014. O perímetro da área foi demarcado com GPs, e os grids de amostragem tiveram dimensão de 45x45m. Para coleta dos insetos foi colocando uma armadilha do tipo balde com atrativo alimentar (cana-de-açúcar), em cada ponto amostral. As análises da variabilidade espacial e da dependência espacial foram feitas através de incorporação de procedimentos geoestatístico baseados em técnicas de modelagem espacial por semivariogramas. Os mapas de krigagem foram gerados a partir dos dados de contagem de adultos de *R. palmarum* em campo. Os grids de amostragem mostraram-se apropriados para caracterizar a distribuição espacial do *R. palmarum* em campo. A distribuição espacial do *R. palmarum* é agregada com dependência espacial descrita pelo modelo esférico, formando “reboleiras” de 100 a 210 m de raio. Observou-se que a infestação do *R. palmarum* se dá tanto no centro quanto nas bordas do plantio, com posterior disseminação para toda a área. O índice de dependência espacial moderado prevaleceu, ocorrendo em 23 avaliações, e apenas uma a dependência é forte. O alcance máximo encontrado no trabalho foi 210 metros com área de influência de 13,9 ha e o mínimo de 100 com área de influência de 3,1 ha.

Palavras-chave: Geoestatística. Manejo integrado de pragas. Palma de óleo. Semivariograma. Krigagem.

CHAPTER 1: SPATIAL DISTRIBUTION OF THE *Rhynchophorus palmarum* L., IN OIL PALM PLANTATIONS (*Elaeis guineensis* Jacq) IN THE SOUTH OF RORAIMA STATE

5.2 ABSTRACT

The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is a palm of African origin that is distinguished by its elevated production per area unit, but, fitossanitary problems is one of the principle drawbacks. The objective of the present work was to evaluate the pattern of spatial distribution of the *Rhynchophorus palmarum* in oil palm plantations, in the south of the state of Roraima. The experimental area is located in the municipality of São João da Baliza, RR, where 24 samples were done in the period from September 2013 to August 2014. The perimeter of the area was demarcated with GPS, and the sampling grids were 45x45m in dimension. For the collection insects a bucket type trap with alimentary attraction (sugarcane), was placed in each sampling point. The analyses of spatial variability and spatial dependence were done by the incorporation of geo-statistical procedures based on spatial modeling techniques by semivariograms. The kriging maps were generated for data from counts of *R. palmarum* adults in the field. The sampling grids have shown to be appropriate for the characterization of spatial distribution of the *R. palmarum* in the field. The spatial distribution of the *R. palmarum* is aggregated with spatial dependence described by the spherical model, forming clusters of rays of 100 to 210 m. It was observed that the infestation of the *R. palmarum* takes place in the centre just as on the fringes of the plantation, with later dissemination to the entire area. The index of moderate spatial dependency predominated, occurring in 23 evaluations, and in only one is the dependency strong. The maximum reach found in the study was 210 metres with an area of influence of 13.9 ha and the minimum of 100 with and area of influence of 3.1 ha.

Key words: Geostatistic. Integrated pest management. Oil palm. Semivariogram. Kriging.

5.3 INTRODUÇÃO

O dendê ou palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma espécie de grande importância agro-ecológica-industrial para Amazônia, contribuindo com o desenvolvimento da região por meio da geração de empregos e renda (SANTOS 2008; CORDEIRO et al., 2009), pela alta rentabilidade, fixação do homem ao campo, além de ser uma fonte de um dos principais óleos vegetal (ABDALLA et al., 2008). A cultura apresenta período de exploração comercial de aproximadamente 25 anos, e se manejados adequadamente os plantios produzem em média de 4 a 6 t de óleo/ha/ano (CHIA et al., 2009).

O cultivo do dendezeiro é tecnologicamente bem desenvolvido, sendo a espécie a oleaginosa de maior produtividade e uma das melhores opções para produção de bioenergia nas condições agroecológicas da Amazônia, visto que o plantio é explorado por décadas sem necessidade de preparo do solo, proporcionando cobertura permanente e evitando o impacto direto das intensas chuvas que provocam erosão e lixiviação (CHIA et al., 2009).

Os problemas fitossanitários são um dos fatores limitantes na exploração da palmicultura, por serem de relevante expressão econômica (DUARTE et al. 2008). Considerado uma das principais pragas das palmáceas em toda a América tropical, o *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) pode causar danos diretos por meio de suas larvas e adultos. Ao eclodirem, as larvas fazem galerias nos tecidos das plantas, principalmente na gema apical, no pecíolo das folhas novas, nas inflorescências e no estipe mole, destruindo os tecidos condutores de seiva, podendo ocasionar a morte da planta (DUARTE et al., 2003; MOURA et al., 2006; AMBROGI et al., 2009). A referida espécie, é o vetor responsável pela dispersão do nematóide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb.), agente causal do anel vermelho (CHINCHILLA 1992). Vale ressaltar, que em um campo de produção de sementes, tal praga pode provocar danos irreversíveis, seja do ponto de vista econômico ou genético (CYSNE et al., 2013).

Alguns trabalhos foram desenvolvidos nos últimos anos abordando principalmente métodos de captura do *R. palmarum* (MOURA et al., 2006; GOMES, 2008; COSTA-CARVALHO et al., 2011; MIGUENS et al., 2011; CYSNE et al., 2013), porém, estudos específicos sobre distribuição espacial da praga utilizando a geoestatística são escassos.

Muitos estudos têm sido desenvolvidos utilizando índices de dispersão e a geoestatística, a fim de verificar o comportamento espacial de pragas de importância econômica nos últimos anos (FARIAS et al., 2004; GREGO et al., 2006; SILVA et al., 2011; MONTEIRO et al., 2013; RIOS et al., 2014; PINHO, 2015), e em grande parte desses trabalhos foi observado que há uma tendência entre as populações de insetos se distribuírem de forma agregada.

Segundo Hall e Branham (2008) e Ray et al. (2009) em determinados nichos ecológicos é comum populações de insetos fitófagos se distribuírem de forma agregada. Esse tipo de comportamento pode trazer benefícios ao longo da história de vida de um inseto, tais como: encontros entre os parceiros sexuais durante a reprodução, defesa contra inimigos naturais e maior exploração dos recursos (HUNTER, 2000; COSTER-LONGMAN et al., 2002).

Em condições amazônicas pouco se conhece sobre a distribuição espacial do *R. palmarum*. Dada a importância dessa praga e a falta de estudos básicos para se implantar o manejo adequado da mesma em condições de campo, o presente estudo teve por objetivo determinar a distribuição espacial do *R. palmarum* em plantio de dendê no sul do estado de Roraima, utilizando análise geoestatística, a fim de orientar procedimentos de amostragem em campo.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

5.4.1 Caracterização da região do experimento

O estudo foi realizado em uma área de 25 ha de plantio comercial de dendê (*Elaeis guineensis*), de 5 anos de idade no município de São João da Baliza, localizado nas coordenadas: latitude 28° 31' 05.53" W e longitude 50° 52' 50.54" N, sul do estado de Roraima (Figura 1).

As plantas de dendê estão dispostas na forma de triângulo equilátero com espaçamento de 9x9 m entre plantas e 7,8 m entre linhas. O perímetro da área foi demarcado com o auxílio de um GPS de navegação, marca Garmin, modelo GPSmap76CSx. Posteriormente a área experimental foi dividida em grides regulares de amostragem. A dimensão do gride de amostragem foi de 45 x 45 m perfazendo 100 unidades amostrais constituídas de cerca de 25 plantas cada, totalizando 2.500 plantas na área útil (Figuras 1 e 2).

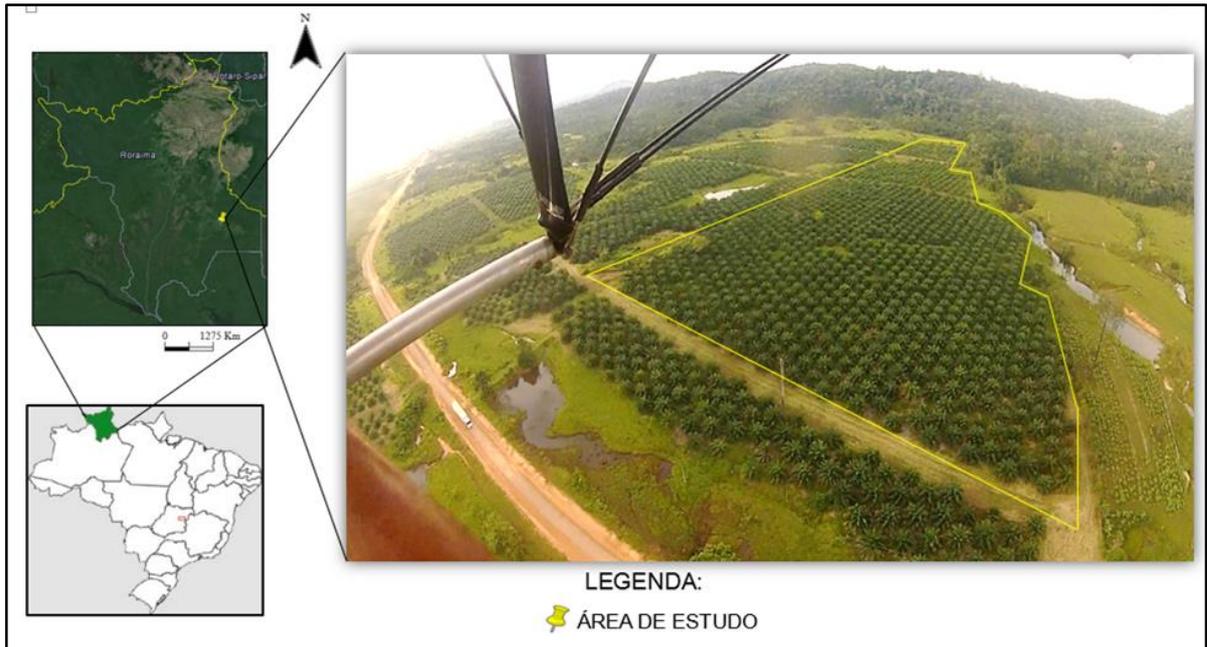


Figura 1. Área experimental, no município de São João da Baliza, RR, novembro de 2014. Foto: Luiz Fernandes Silva Dionisio

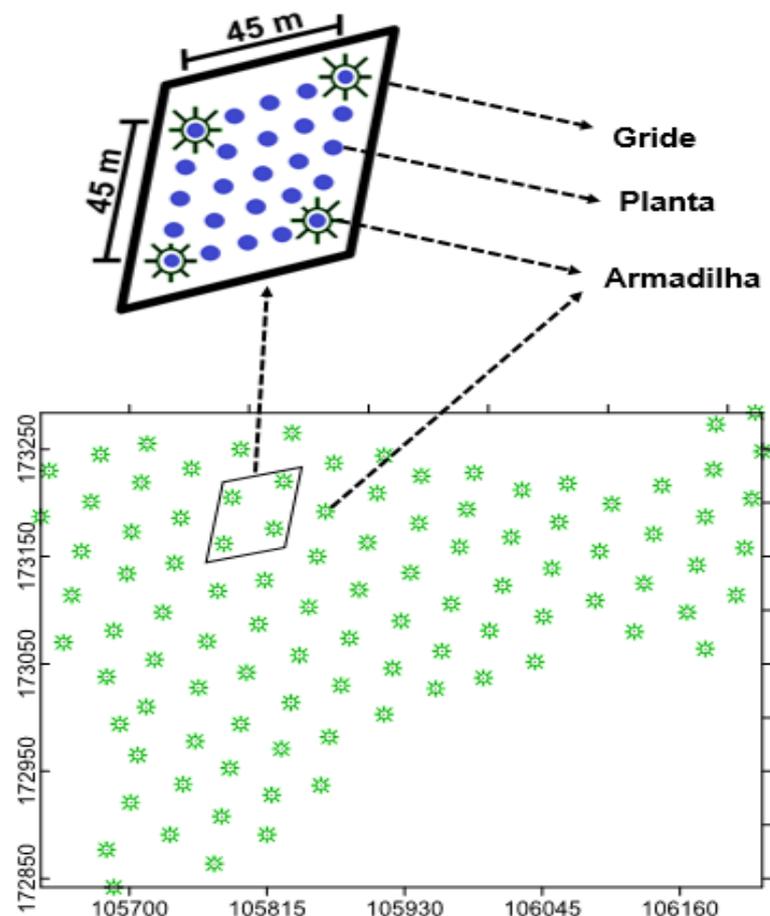


Figura 2. Localização das 100 armadilhas distribuídas em um plantio comercial de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq) de 5 anos de idade e detalhe do gride de amostragem (São João da Baliza – RR).

A região apresenta relevo plano a ondulado, com vegetação predominante Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2012). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região sul do estado de Roraima é do tipo Am, caracterizado como tropical chuvoso com temperatura média entre 25 e 28 °C e precipitação pluviométrica anual variando de 1.800 a 1.900 mm. A umidade relativa do ar é considerada elevada, sendo que média anual oscila entre 85 a 90%, e a luminosidade na região varia de 1500 a 3000 horas/ano de radiação solar (BARBOSA, 1997).

5.4.2 Instalação das armadilhas

Para coleta massal do *R. palmarum* foram utilizadas armadilhas do tipo balde contendo o atrativo alimentar cana-de-açúcar. Essas armadilhas foram constituídas de baldes plásticos de 15 litros, tendo o seu fundo perfurado para facilitar a drenagem da água oriunda da chuva. Na tampa do balde, em sua parte ventral foi aberto um orifício e colocado um funil de plástico de 10 cm de diâmetro sem o tubo estreito que foi retirado para permitir a passagem dos insetos para o interior do balde (Figura 3).



Figura 3 - Armadilhas do tipo “balde” (A) – preparo da cana-de-açúcar; (B) – montagem da armadilha; (C) – armadilha pronta para captura de insetos; (D) – vista do orifício na parte superior da tampa. Foto: Luiz Fernandes Silva Dionisio

Dentro de cada armadilha foram colocados 15 toletes de cana-de-açúcar (atrativo alimentar) de 20 cm de comprimento e amassados para facilitar a volatilização do odor, com o objetivo de atrair os insetos.

A cada quinze dias, de setembro de 2013 a agosto de 2014, os indivíduos de *R. palmarum* foram retirados das armadilhas e colocados em frascos com álcool 70%. Nesta ocasião, os toletes de cana-de-açúcar também foram substituídos.

5.4.3 Análise de dados

Após a tabulação dos dados, estudou-se a distribuição espacial de *R. palmarum* por meio da geoestatística, com o uso do semivariograma, ajustando um dos 4 modelos possíveis, gaussiano, esférico, potência ou exponencial.

A primeira etapa do estudo geoestatístico foi a obtenção dos semivariogramas, que foram ajustados a um modelo que forneceu o raio de agregação, e a partir desses semivariogramas, elaborou-se mapas de a expansão do organismo na área (LEAL et al., 2010). O semivariograma é estimado com base na expressão matemática:

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

onde,

- $\gamma(h)$ é a semivariância
- $N(h)$ é o número de pares de observação $[Z(x_i); Z(x_i+h)]$ separados pela distância h .

Ao calcular o semivariograma, obtiveram-se pares de valores de semivariogramas $[\gamma(h)]$ e distâncias (h) , os quais foram dispostos em um gráfico de dispersão, tendo como os valores de y , as semivariâncias, e de x , as distâncias. A esses pontos foi ajustado um modelo.

Para melhor definição dos parâmetros variográficos, foram feitas várias tentativas com ajuste aos modelos esférico e exponencial, utilizando distância (alcance) padrão de 240 m para modelar os semivariogramas. Em todos os ajustes para estimar a dependência espacial das variáveis utilizou-se número de pares superior a 30, como recomendado por Guerra (1988). Quanto a distância máxima, o

mesmo autor cita que na prática a área de estudo variográficos raramente ultrapassa a metade do campo total amostrado.

Neste estudo, o modelo de semivariograma que melhor se ajustou aos dados foi o esférico, que é descrito como:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{2}{3} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \rightarrow 0 < h < a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \rightarrow h \geq a$$

- C_0 é o efeito pepita ou semivariância mínima;
- $C_0 + C_1$ é o patamar ou semivariância máxima;
- a é o alcance ou raio de agregação.

Em todas as análises, seguiu-se os procedimentos descritos por Vieira et al. (1983) que utilizaram a informação da posição da amostra e o valor que a variável assumiu em cada ponto. No presente trabalho, a variável assumida foi (incidência de *R. palmarum*) e o ponto é representado pela armadilha. Dessa forma, de cada ponto de amostragem obtiveram-se o valor da variável e as coordenadas (latitude e longitude), que foram utilizados para construir mapas de incidência do *R. palmarum*, pelo método de interpolação por krigagem (SILVA et al., 2011).

Foram definidos os parâmetros referentes ao semivariograma: o patamar ($C_0 + C_1$), o efeito pepita (C_0) e o alcance (a). Onde o patamar é o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance, o efeito pepita é a semivariância nos pontos muito próximos, quando as distâncias entre as unidades amostrais são bem pequena e o alcance (a), representa a distância na qual há dependência espacial entre as amostras, e seu valor vem sendo usado para determinar a distância adequada entre os pontos de amostragem (SHAO-KUI et al., 2005; SILVA et al., 2011).

Foi calculado ainda o Índice de Dependência Espacial k (relação entre $C_0/(C_0+C_1)$) para determinação da dependência espacial de cada avaliação segundo Cambardella et al. (1994) que classificam a dependência espacial fraca ($IDE > 75 \%$), moderada ($25 \% \leq IDE \leq 75 \%$) e forte ($IDE < 25 \%$).

Tanto a análise geoestatística quanto os mapas populacionais foram elaborados com o programa estatístico SURFER Versão 8.0 (2002)

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se dependência espacial entre os dados analisados, e a distribuição do *R. palmarum* ocorreu de forma agregada em todas as avaliações. O modelo esférico foi o que melhor se ajustou nos semivariogramas, e com base em sua conformação verificou-se dependência espacial da praga, indicando a formação de reboleiras de 100 a 210 m de raio (Figuras 4 e 5). A distribuição agregada, estabelecida pelo modelo esférico, tem sido a mais comum em estudos de insetos (FARIAS et al., 2004), e se caracteriza por formar no campo “reboleiras” onde esses insetos se agrupam (SILVA et al., 2011).

As figuras 4 e 5 apresentam os semivariogramas das distribuições espaciais do *R. palmarum*. O coeficiente de determinação (R^2) indica a qualidade do ajuste do modelo de semivariograma. Valores próximos de 1 (um) indica bom ajuste do modelo (SILVA et al., 2011), o que foi observado para o presente trabalho, em que esse parâmetro apresentou amplitude de 0,91 a 0,99.

O alcance de dependência espacial é de grande importância, pois além de indicar o raio de agregação de *R. palmarum*, nos permite recomendar o raio de erradicação desses insetos. Por meio do raio de agregação, pode-se afirmar, nessas condições do estudo, que o raio de erradicação de *R. palmarum* variou de 100 a 210 m.

O alcance máximo encontrado neste trabalho foi 210 metros com área de influência de 13,9 ha e o mínimo de 100 com área de influência de 3,1 ha. A utilização do gride amostral (45x45m), mostrou-se adequado, e possibilitou a correta detecção da distribuição espacial do *R. palmarum* pois alcance mínimo encontrado foi de 100 m. Com tais resultados pode-se afirmar que, para se obter uma estimativa confiável da população da praga, é necessário uma armadilha a cada 13,9 ha, partindo do maior valor de alcance (210 m).

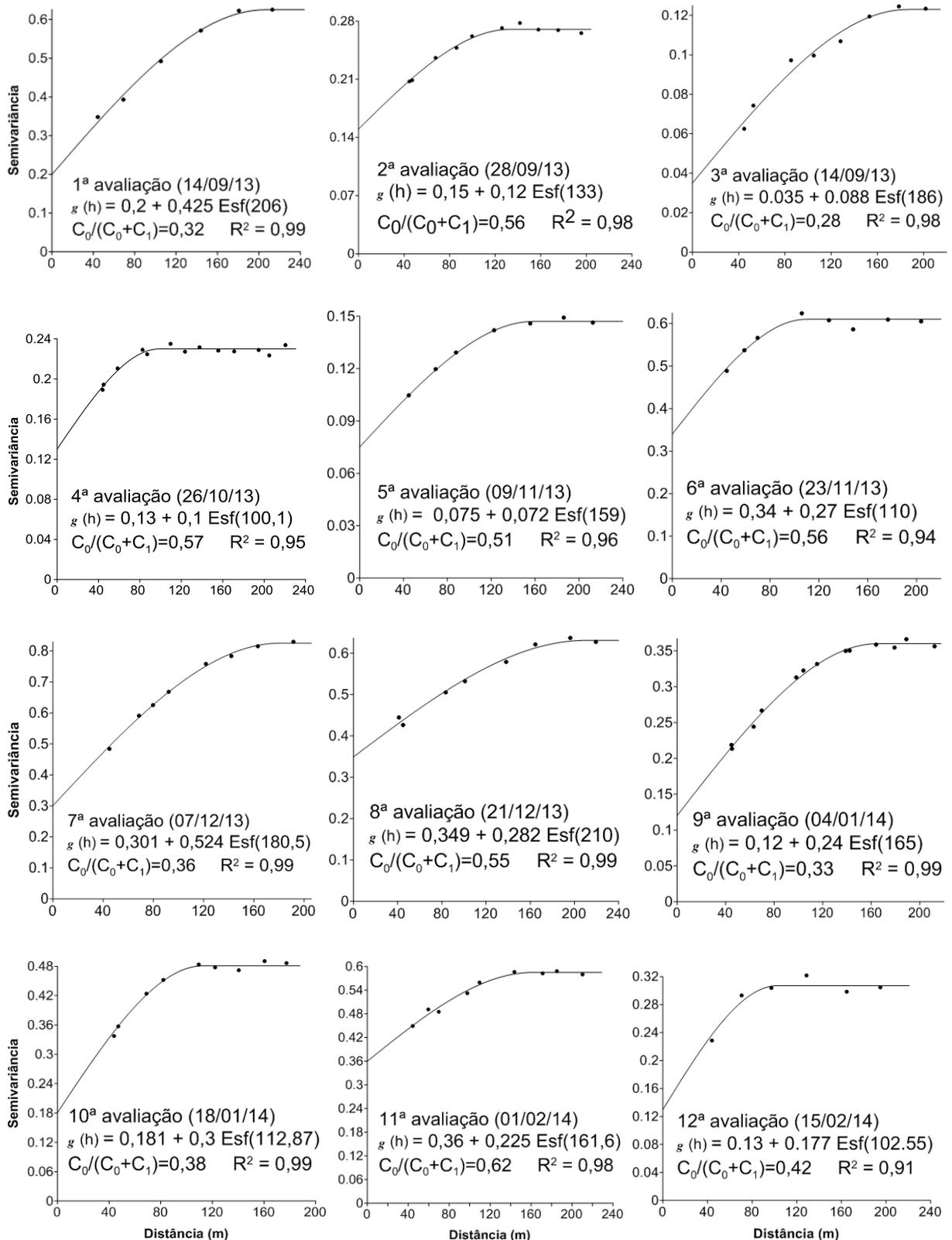


Figura 4. Semivariogramas da distribuição espacial do *R. palmarum* na área experimental. São João da Baliza, RR, no período de set/2013 a fev/2014.

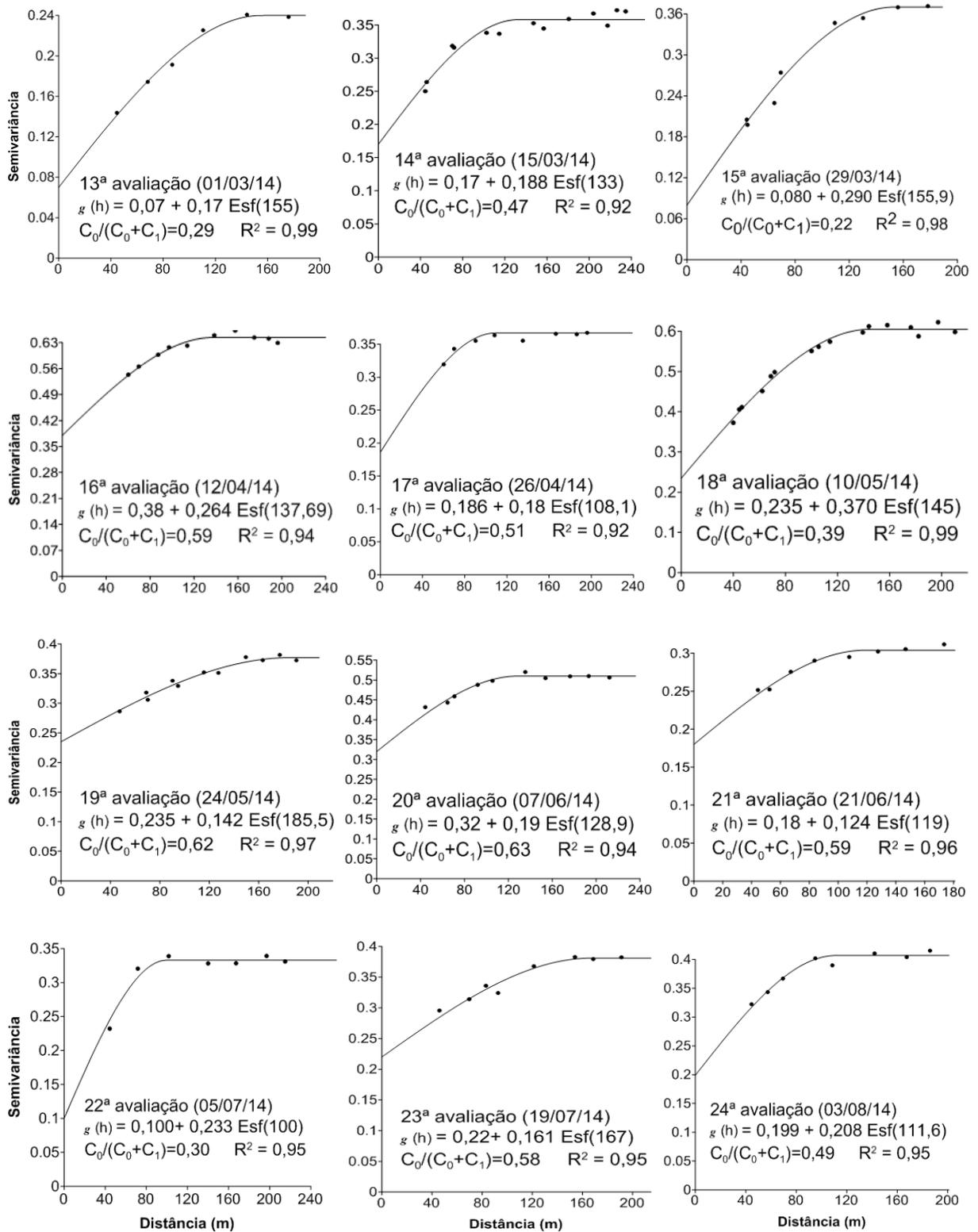


Figura 5. Semivariogramas da distribuição espacial do *R. palmarum* na área experimental. São João da Baliza, RR no período de mar/2014 a ago/2014.

Dal Prá et al. (2011), ao estudarem a distribuição espacial de *Diloboderus abderus* Sturm, 1826 (Coleoptera: Melolonthidae), encontrou um alcance que variou de 125 a 195 m. Fernandes (2009), trabalhando com *Hypothenemus hampei* Ferrari, 1867 (Coleoptera: Scolitydae) encontrou alcance variando de 55 a 375 m, já Pinho (2015) avaliando a distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Curculionidae) em agroecossistemas de palma de óleo com uso de feromônio no estado do Pará, encontrou alcance variando de 175 a 710 m.

A distribuição agregada encontrada neste estudo para o *R. palmarum*, também foi evidenciada por Faleiro et al. (2010) na Arábia Saudita, que utilizando modelos matemáticos de distribuição de frequência concluíram que a população de *R. ferrugiensis* Olivier, 1790 (Coleoptera: Curculionidae) segue um padrão agregado. Pinho (2015) avaliando a distribuição espacial de *R. palmarum* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Curculionidae) com uso da geoestatística em um plantio de dendê no estado do Pará, também constatou que esse inseto se distribui de forma agregada.

A relação $C_0/(C_0+C_1)$ fornece a medida para estimar o grau de dependência existente nas amostras (agregação), ou seja, quanto de aleatoriedade existe nos levantamentos. Os valores observados neste trabalho variaram de 0,22 a 0,63 entre os pontos vizinhos nas diversas datas de amostragem (Figuras 4 e 5). Tais valores estão dentro do recomendado por Journel e Hjbregts (1978), que citam que valores abaixo de 0,80 indicam distribuição agregada da variável e maiores que 0,80 indicam que o fenômeno estudado está tendendo para a aleatoriedade e que não existe nenhuma dependência espacial entre as amostras.

A dependência espacial foi classificada como forte em apenas uma das 24 avaliações, de acordo com a classificação de Cambardella et al. (1994), pois, nesta amostragem, o valor do efeito pepita foi inferior a 25% do valor do patamar. Nas demais amostragens, a dependência espacial pode ser classificada como moderada pois o valor do efeito pepita foi superior a 25% e inferior a 63% do valor do patamar.

Para melhor visualização da distribuição espacial do *R. palmarum*, foram elaborados os mapas de krigagem. Observou-se inicialmente que houve o surgimento de alguns focos de *R. palmarum* e, que posteriormente ocorreu a formação de reboleiras da praga, que se expandiram em direção as bordas do plantio. No entanto, o *R. palmarum* tende a mudar seu local de infestação ao longo do tempo. Em algumas avaliações, pode-se constatar a presença desse indivíduo tanto nas bordas quanto no

centro do plantio. O tamanho dessas reboleiras foi determinado em função da época de maior ou menor incidência de adultos de *R. palmarum* (Figuras 6 a 9).

Assim, nas avaliações que apresentaram a menor incidência de adultos de *R. palmarum*, houve a formação de reboleiras de tamanho maiores. Isso ocorreu nas seguintes amostragens: 1^a a 5^a, 13^a a 20^a, 22^a a 24^a (Figuras 6, 8 e 9), que correspondem aos seguintes períodos de avaliação setembro/2013 a novembro/2013 e março/2014 a agosto/2014.

Entretanto, quando a incidência de *R. palmarum* na área foi maior, houve a formação de várias reboleiras da praga de tamanhos menores, como pode ser verificado nas amostragens: 6^a a 12^a e 21^a, (Figuras 6 e 7). As maiores densidades populacional de *R. palmarum* ocorreram de novembro de 2013 a fevereiro de 2014, meses que correspondem ao período seco. Verificou-se ainda, que as maiores densidades nos meses supracitados, coincidiram com o período em que a cultura passou por tratamentos culturais (capina mecanizada, corte de palhas e aplicação de herbicida (Glifosato). Correia (2012) estudando a flutuação populacional de *R. palmarum* em plantio de dendê no sul do Estado de Roraima, verificou que esse inseto apresentou maiores picos populacionais nos meses de março, setembro, dezembro e janeiro.

Conhecer a dinâmica espaço-temporal dos insetos em ecossistemas agrícolas é importante para o desenvolvimento de estratégias de manejo e redução do uso de agrotóxicos (BLACKSHAW; VERNON, 2006), proporcionando uma tomada de decisão melhor embasada, pela maior quantidade de informações obtidas (DAL PRÁ et al., 2011). Portanto, os mapas apresentando a ocorrência e distribuição de insetos-praga na área, pode contribuir para uma amostragem e um controle mais eficaz mediante a aplicação de produtos fitossanitários em quantidades necessárias.

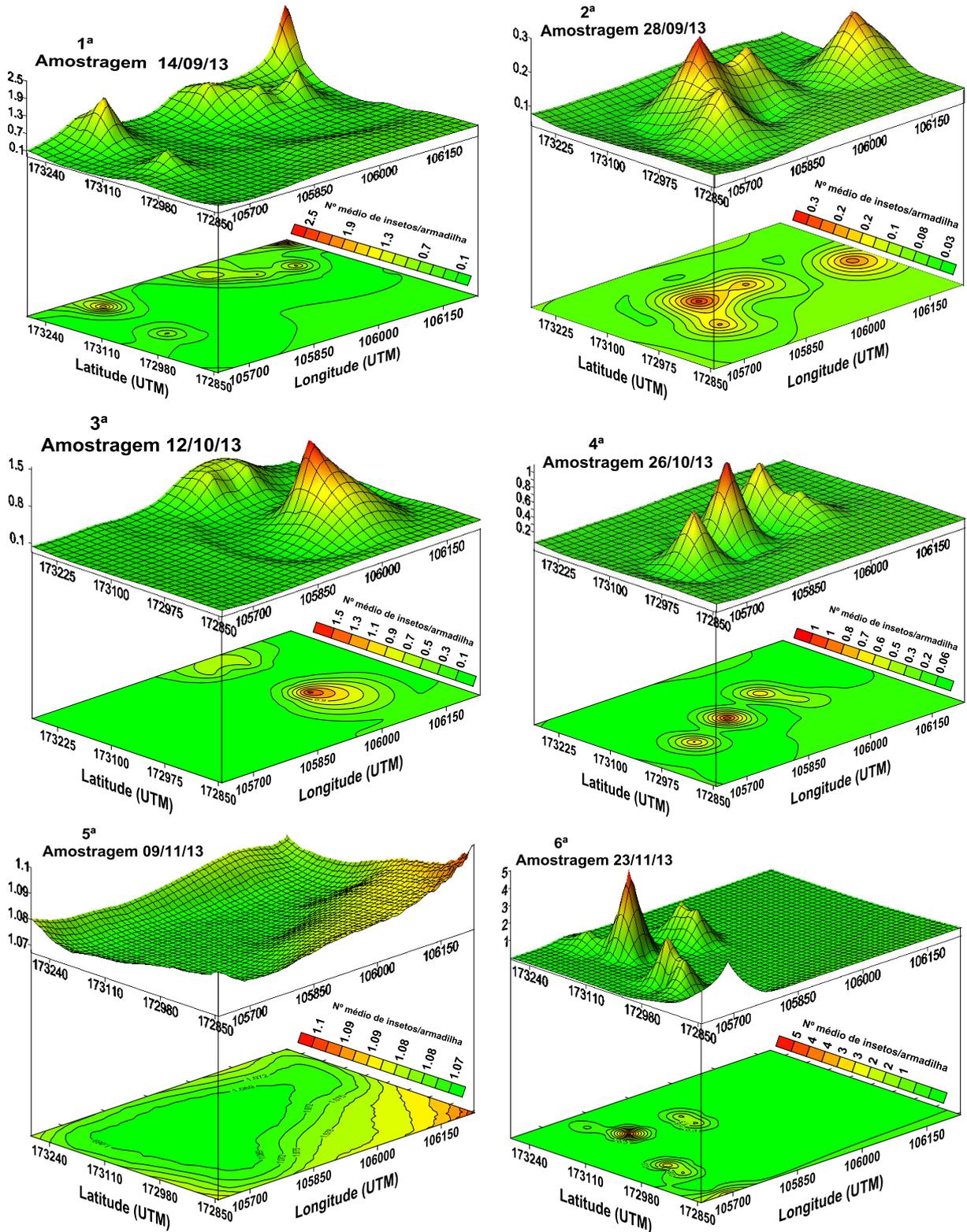


Figura 6. Mapas de distribuição espacial de *R. palmarum*, capturados nas armadilhas, no período de ago/2013 a nov/2013 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.

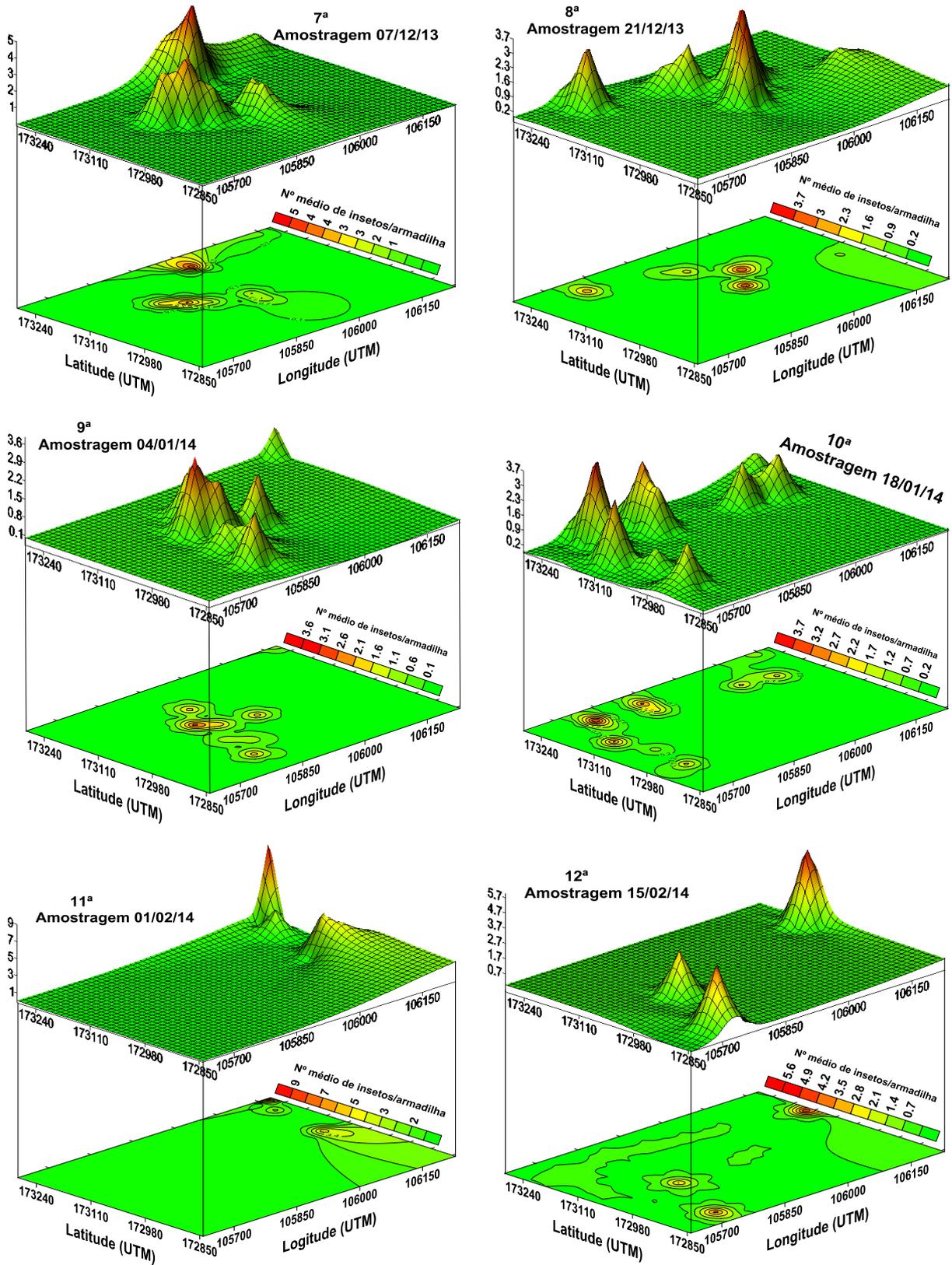


Figura 7. Mapas de distribuição espacial de *R. palmarum*, capturados nas armadilhas, no período de dez/2013 a fev/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.

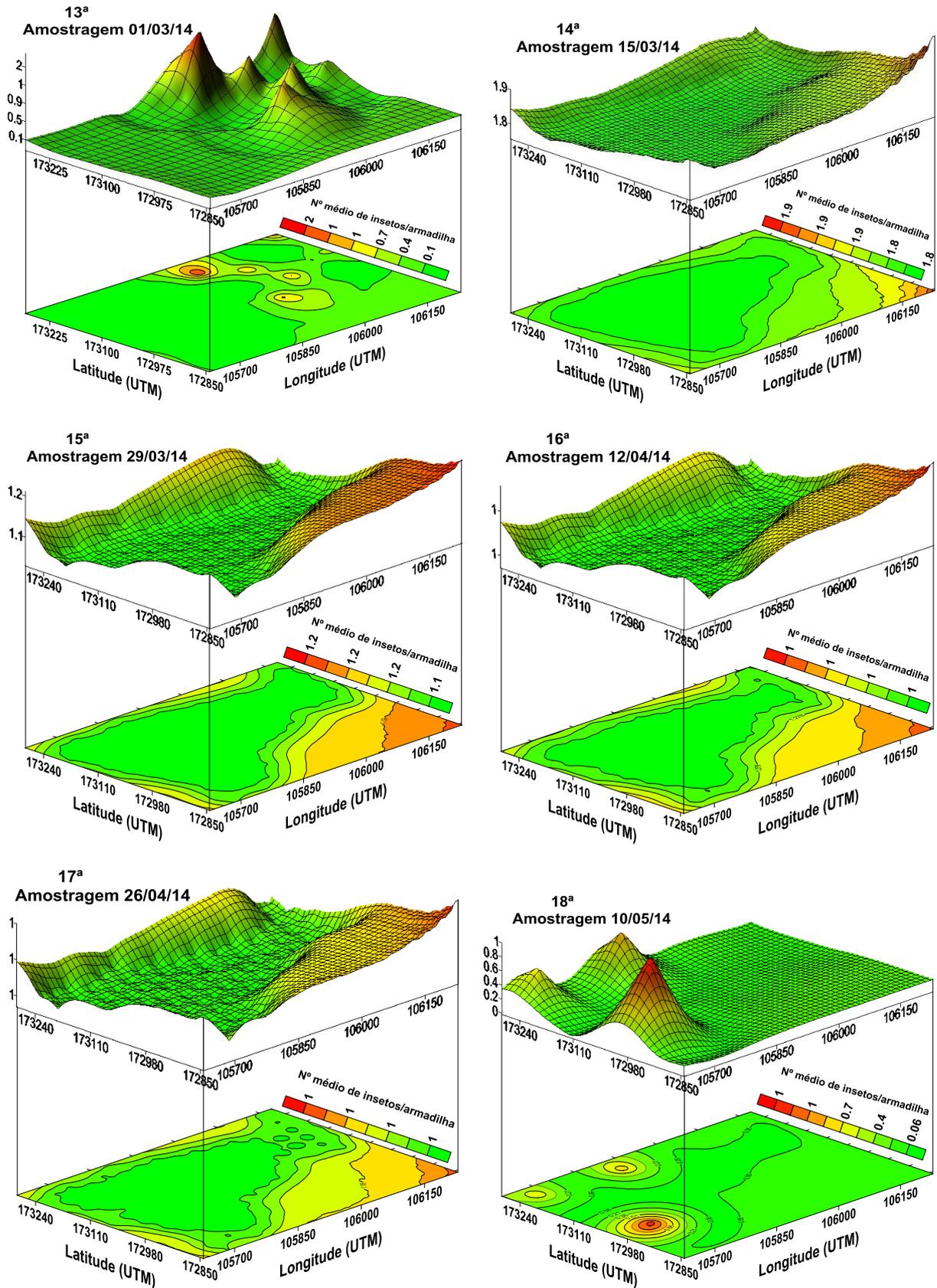


Figura 8. Mapas de distribuição espacial de *R. palmarum*, capturados nas armadilhas, no período de mar/2014 a maio/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.

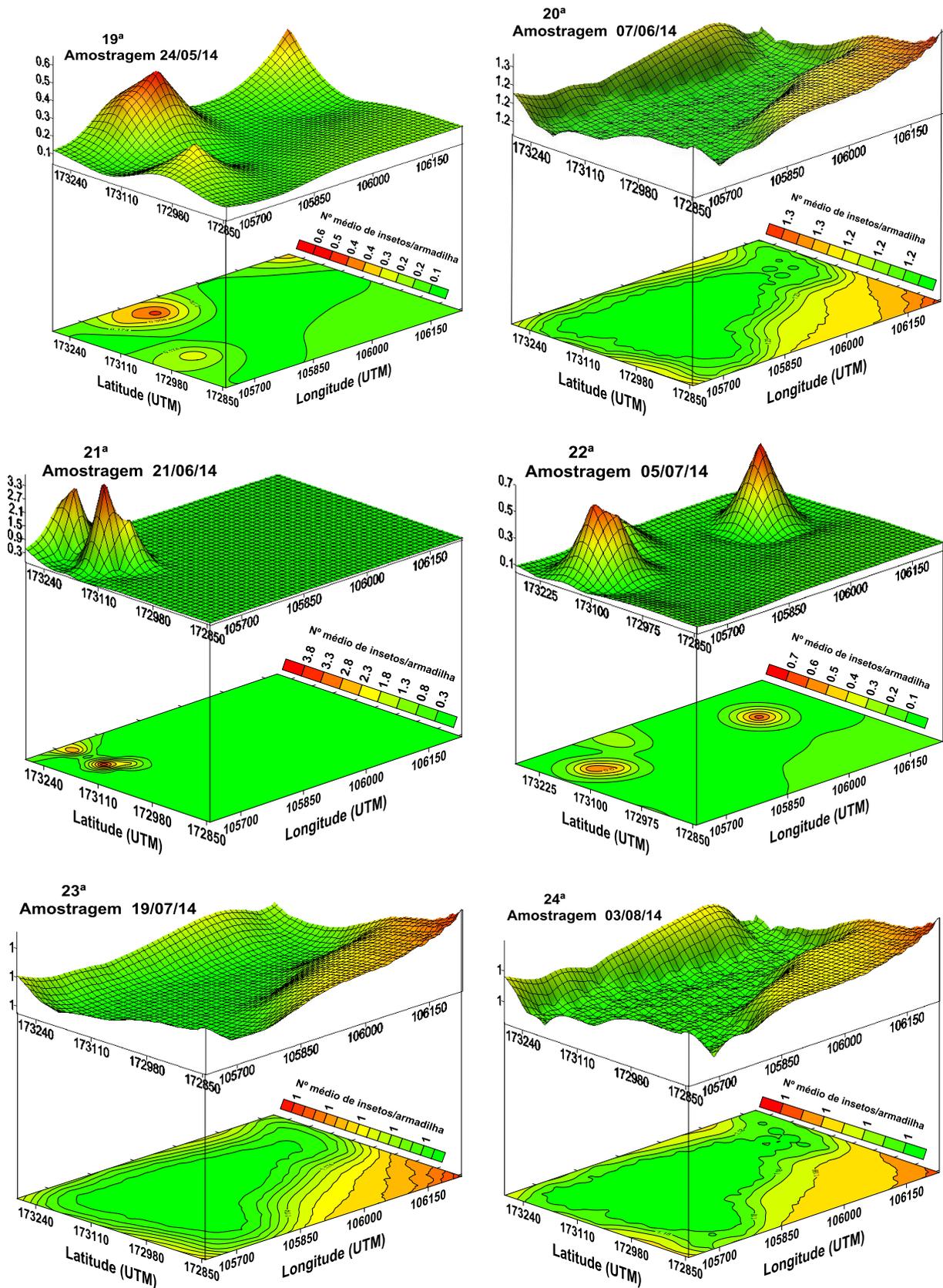


Figura 9. Mapas de distribuição espacial de *R. palmarum*, capturados nas armadilhas, no período de maio/2013 a ago/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.

5.6 CONCLUSÕES

A distribuição espacial do *R. palmarum* na área de estudo ocorreu de forma agregada, com dependência espacial descrita pelo modelo esférico, formando “reboleiras” de 100 a 210 m de raio.

A infestação do *R. palmarum* se dá tanto no centro quanto nas bordas do plantio, com posterior disseminação para toda a área.

Para elaboração de métodos seguros de amostragem de *R. palmarum* recomenda-se distribuir uma armadilha para cada 13,9 ha, com uso de atrativo alimentar.

5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C.; GODÓI, A. R.; CARMO C. A.; EDUARDO, J. L. P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n. Esp, p. 258-260. 2008.

AMBROGI, B. G.; VIDAL, D. M.; ZARBIN, P. H. G.; ROSADO-NETO, G. H. Feromônios de agregação em curculionidae (Insecta: Coleoptera) e sua implicação taxonômica. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2151-2158, 2009.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: INPA. **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus, 1997. p. 325-335.

BASOALTO, E.; MIRANDA, M.; KNIGHT, A. L.; FUENTES-CONTRERAS, E. Landscape analysis of adult codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) distribution and dispersal within typical agroecosystems dominated by apple production in central Chile. **Environmental Entomology**, v. 39, n. 5, p. 1399-1408, 2010.

BLACKSHAW, R.P.; VERNON, R.S. Spatio temporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. **Journal of Applied Ecology**, v.43, n.4, p.680-689, 2006.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T. B.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; NOVAK, J. M.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.6, p.1501-1511, 1994.

CHIA, G. S.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; ROCHA R. N. C.; LOPES M. T. G. Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaue e o dendezeiro. **Acta Amazonica**, v. 39, n.2, p. 249-254, 2009.

CHINCHILLA, C.M. El síndrome Del anillo-rojo hoja pequeña em palma aceitera e cocotero. **Revista Palms**, v. 13, n. 1, p. 33- 55, 1992.

CORDEIRO, A. C. C.; MACIEL, F. C. da S.; SMIDERLE, O. J.; ALVES, A. B. Desenvolvimento vegetativo de dendezeiro em ecossistemas de cerrado e floresta de Roraima. Boa Vista, Embrapa Roraima. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n.10, p. 16, 2009.

CORREIA, R. G. **FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Rhynchophorus palmarum*, *Metamasius hemipterus*, E DO NEMATÓIDE *Bursaphelenchus cocophilus* EM PLANTIOS DE DENDÊ (*Elaeis guineensis*) EM RORAIMA**. 2012, 67 f. Dissertação (mestrado em agronomia). Universidade Federal de Roraima.

COSTA-CARVALHO, R. R. da.; WARWICK, D. R. N.; SOUZA, P. E. de.; CARVALHO FILHO, J. L. S. de. Longevidade de *Thielaviopsis paradoxa*, agente causal da resinose do coqueiro em *Rhynchophorus palmarum*. **Scientia Plena**, v. 7, n. 4, p. 1-6, 2011.

COSTER-LONGMAN, C.; LANDI, M.; TURILLAZZI, S. The role of passive defence (Selfish Herd and Dilution Effect) in the gregarious nesting of *Liostenogaster* wasps (Vespidae, Hymenoptera, Stenogastrinae). **Journal of Insect Behavior**, v.15, n.3, p.331-350, 2002.

CYSNE, A. Q.; CRUZ, B. A.; CUNHA, R. N. V. da.; ROCHA, R. N. C. da. Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em palmeiras oleíferas no Amazonas. **Acta Amazonica**. v. 43, n.2, p. 197-202, 2013.

DAL PRÁ, E.; GUEDES, J. V. C.; CHERMAN, M. A.; JUNG, A. H.; SILVA, S. J. P. da.; RIBAS, G. G. Uso da geoestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p. 1689-1694, 2011.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; VIEIRA, S. R.; FRACASSO, J. V.; GREGO, C. R. Uso de geoestatística na avaliação da distribuição espacial de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. **Bragantina**, v.66, n. 3, p. 449-455, 2007.

DUARTE, A. G.; LIMA, I. S.; NAVARRO, D. M. A. F.; SANT'ANA, A. E. G. Captura de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) em armadilhas iscadas com o feromônio de agregação e compostos voláteis de frutos do abacaxi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 81-84, 2003.

DUARTE, A.G.; LIMA, I.S.; ARAÚJO JÚNIOR, J.V.; DUARTE, A.G.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; CRUZ, M.M. Disposição do nematóide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb) Baujard, em coqueiros portadores da doença anel-vermelho. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 622-627, 2008.

FALEIRO, J. R.; ABDALLAH BEN ABDALLAH.; ASHOK KUMAR, J.; ABDALLAH SHAGAGH.; SAAD AL ABDAN. Sequential sampling plan for area-wide management of *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) in date palm plantations of Saudi Arabia. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 30, n. 3, p. 145–153, 2010.

FARIAS, P. R.S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C.; OVERAL, W. L.; MIRANDA, V. S.; RIBEIRO, S. M. Spatial analysis of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. **Neotropical Entomology**, v.37, n.3, p.321-327, 2008.

FARIAS, P.R.S.; ROBERTO, S.R.; LOPES, J.R.S.; PERECIN, D. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xyllela fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. **Neotropical Entomology**, v.33, n.1, p. 13-20, 2004.

FERNANDES, F. L. **Distribuição espacial e Programa de Tomada de Decisão de controle usando armadilha para *Hypothenemus hampei***. 2009, 117 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GOMES, S. M. S. **Avaliação de Sistemas de Captura de *Metamasius hemipterus* e *Rhynchophorus palmarum* (Curculionidae) em plantios de Pupunha (*Bactris gasipaes*) e Dendê (*Elaeis guineensis*) no Sul da Bahia**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; LOURENÇÃO, A. L. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* franclemont in triticale under no-till management. **Scientia Agricola**, v.63, n.4, p.321-327, 2006.

GUERRA, P. A. G. 1988. **Geoestatística operacional**. Ministério das Minas e Energia, 145p.

HALL, D.W; BRANHAM, M.A. Aggregation of *Calopteron discrepans* (Newman) (Coleoptera: Lycidae) larvae prior to pupation. **Florida Entomologist**, v.91, n.1, p.124-125, 2008.

HUNTER, A.F. Gregariousness and repellent defences in the survival of phytophagous insects. **Oikos**, v.91, n.1, p. 213–224, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2012. 275p.

JOURNEL, A.G.; HIJBREGTS, C. J. 1978. Mining geostatistics. London: academic Press, 600p.

KARIMZADEH, R.; HEJAZI, M. J.; HELALI, H.; IRANIPOUR, S.; MOHAMMADI, S. A. Assessing the impact of site-specific on control of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) damage and natural enemies. **Precision Agriculture**, v. 12, n.4, p. 576-593, 2011.

LEAL, R. M.; BARBOSA, J. C.; COSTA, M. G.; BELASQUE JUNIOR, J.; YAMAMOTO, P. T.; DRAGONE, J. Distribuição espacial de huanglongbing (greening) em citros utilizando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 808-818, 2010.

MIGUENS, F. C.; MAGALHÃES, J. A. S. de.; AMORIM, L. M. de.; GOEBEL, V. R. COUSTOUR, N. L.; LUMMERZHEIM, M.; MOURA, J. I. L.; COSTA, R. M. Mass Trapping and Biological Control of *Rhynchophorus palmarum* L.: A hypothesis based on morphological evidences. **EntomoBrasilis**, v.4, n.2, p.49-55, 2011.

MONTEIRO, O. M.; LUNZ, A. M.; AZEVEDO, R. de; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M.de. Spatial distribution and gallery depths of *Quesada gigas* nymphs in parica plantations. **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, n. 4, p. 353-358, 2013.

MOURA, J. I. L.; TOMAS, R.; SGRILLO, R.; DELABIE, J. H. C. Natural Efficiency of Parasitism by *Billaea rhynchophorae* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae) for the control of *Rhynchophorus palmarum* (L) (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 2, p. 273-274, 2006.

PINHO, R. C. **Distribuição Espacial de *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae) em um Agroecossistema de Palma de Óleo na Amazônia Oriental**. 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia.

RAY, A.M.; MILLAR, J.G.; MCELFRISH, J.S.; SWIFT, I.P.; BARBOUR, J.D.; HANKS, L. M. Male-produced aggregation pheromone of the cerambycid beetle *Rosalia funebris*. **Journal of Chemical Ecology**, v.35, n.1, p.96–103, 2009.

RIOS, E. S.; MARTINS, I. C. F.; NORONHA, M. P. de.; SILVA, J. A. da.; SILVA FILHO, J. G. da.; BADJI, C. A. Spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* in the wasteland of southern Pernambuco state, Brazil. **Revista Ciências Agrárias**, v. 57, n. 3, p. 297-304, 2014.

SANTOS, A. M. **Análise do potencial do biodiesel de dendê para geração de energia elétrica em sistemas isolados da Amazônia**. 2008. 224 f. Dissertação (Mestrado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia/Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SHAO-KUI, G. E.; RAYMOND, I. C.; ZU-FEI, M. A.; GUANG-XUE, Z.; DIAN-MO, L. I. Spatial heterogeneity and population risk analysis of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, in China. **Insect Science**, v.12, n.4, p.255-262, 2005.

SILVA, A. G. da.; FARIAS, P. R. S.; BOIAÇU JUNHO, A. L.; CORREIA, R. G.; SILVA, J. B. da.; RODRIGUES, N. E. L. Análise espacial da mosca-negra-dos-citros em um pomar de citros utilizando a geoestatística. **Revista Agricultura**, v.86, n.2, p.102-114, 2011.

SURFER version 8. Mapas e semivariogramas, New York: Golden Software, 2002.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

6 CAPÍTULO 2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Metamasius hemipterus*, EM PLANTIO DE PALMA DE ÓLEO (*Elaeis guineensis* Jacq) NO SUL DO ESTADO DE RORAIMA

6.1 RESUMO

O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.), é uma palmeira de origem africana, e, no Brasil, as maiores áreas cultivadas encontram-se na região amazônica. Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o padrão de distribuição espacial de *Metamasius hemipterus* em plantio de dendê (*Elaeis guineensis*), no estado de Roraima. A área experimental está localizada no município de São João da Baliza, RR, onde foram realizadas 24 amostragens no período de setembro de 2013 a agosto de 2014. O perímetro da área foi demarcado com receptor de sistema de posicionamento global, e os grids de amostragem tiveram dimensão de 45x45m. Para coleta dos insetos foi utilizado armadilhas do tipo balde com atrativo alimentar (cana-de-açúcar). As análises da variabilidade espacial e da dependência espacial foram feitas através de incorporação de procedimentos geoestatístico baseados em técnicas de modelagem espacial por semivariogramas. Já os mapas de krigagem foram gerados a partir dos dados de contagem de adultos de *M. hemipterus* em campo. Os grids de amostragem mostraram-se apropriados para caracterizar a distribuição espacial do *M. hemipterus* em campo. A distribuição espacial do *M. hemipterus* é agregada com dependência espacial descrita pelo modelo esférico, formando “reboleiras” de 78 a 199 m (alcance do modelo). Por meio dos mapas de krigagem, observou-se que a infestação do *M. hemipterus* se dá predominantemente nas bordas do plantio. O índice de dependência espacial moderado prevaleceu, ocorrendo em 20 avaliações, e apenas duas a dependência é forte. O alcance máximo encontrado no trabalho foi 199 metros com área de influência de 12,4 ha e o mínimo de 78 com área de influência de 1,9 ha.

Palavras-chave: Dendê. Geoestatística. Semivariograma. Krigagem.

CHAPTER 2. SPATIAL DISTRIBUTION OF *Metamasius hemipterus*, IN PALM OIL PLANTATIONS (*Elaeis guineensis* Jacq) IN THE SOUTH OF THE STATE OF RORAIMA

6.2 ABSTRACT

The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), is palm of African origin, and in Brazil, the largest cultivation areas are found in the Amazonian region. The objective of the present study was to evaluate the pattern of spatial distribution of the *Metamasius hemipterus* on oil palm (*Elaeis guineensis*), plantations, in the State of Roraima. The experimental area is located in the municipality of São João da Baliza, RR, where 24 samples were done in the period between September 2013 and August 2014. The perimeter of the area was demarcated with a global positioning system receptor, and the sampling grids were 45x45m in dimension. For the collection insects a bucket type traps with alimentary attraction (sugarcane) were utilized. The analyses of spatial variability and spatial dependency were done with the incorporation of geostatistical procedures based on spatial modelling techniques by way of semivariograms. Further, the kriging maps were generated from data of counts of *M. hemipterus* in the field. The spatial distribution of *M. hemipterus* is aggregated with spatial dependence described by the spherical model, forming reboleiras of 78 to 199 m (reach of the model). By way of kriging maps, it was observed that the infection of the *M. hemipterus* takes place predominantly on the fringes of the plantation. The index of moderate spatial dependency predominated, occurring in 20 evaluations, and only two is there strong dependency. The maximum reach found in the study was of 199 metres with and area of influence of 12.4 ha and the minimum of 78 with area of influence of 1.9 ha.

Key words: Oil palm. Geostatistic. Semivariogram. Kriging.

6.3 INTRODUÇÃO

O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.), é uma palmeira de origem africana, e, no Brasil, as maiores áreas cultivadas encontram-se na região amazônica (VIANNA, 2006; BRAZILIO et al., 2012). Considerado com fonte de um dos principais óleos vegetal (ABDALLA et al., 2008), o dendê destaca-se pela alta rentabilidade, fixação do homem ao campo e redução de impactos ambientais. Além da sua capacidade adaptativa a cultura do dendê se apresenta como uma boa alternativa para a recuperação e uso sustentável das áreas degradadas, conciliando sustentabilidade ambiental com desenvolvimento econômico e social (CORDEIRO et al., 2009).

O Brasil vem expandindo as áreas produção de palma de óleo, porém, existem fatores que podem influenciar a produtividade desta cultura, implicando em grandes perdas em algumas regiões. Dentre os inúmeros fatores, destaca-se a ocorrência de pragas e os prejuízos causados por estas, que limitam a exploração da palmicultura, ocasionando perdas econômicas para produtores de palma de óleo (DUARTE et al., 2008).

Entre as pragas que atacam o dendê, destaca-se o *Metamasius hemipterus*. As espécies do gênero *Metamasius* é encontrado em todos os continentes, principalmente na região tropical das Américas e são descritas aproximadamente 110 espécies no mundo (ROCHA, 2012; ZORZENON et al., 2000). Várias espécies de *Metamasius* são relatadas como pragas de importância econômica no estado da Florida nos Estados Unidos (SOLIMAN et al., 2009).

No Brasil, o *Metamasius hemipterus* está associado a vários hospedeiros: açaizeiro (*Euterpe oleracea* Martius), coqueiro (*Cocos nucifera*), dendezeiro (*Elaeis guineensis*), palmito-juçara (*Euterpe edulis* Martius), pupunheira, tamareira (*Phoenix dactylifera*), palmeira-real-da-austrália (*Archontophoenix* spp.) todos pertencente à família Arecaceae (Areciales), além da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* Linnaeus) e bananeira (*Musa* spp. – Musaceae) (GOMES, 2008; YASUDA, 2005; ZORZENON et al., 2000).

De maneira geral, os danos que os curculionídeos apresentam são ocasionados na fase larval e pela perfuração de tecidos para oviposição e/ou alimentação (AMBROGI et al., 2009). A espécie *Metamasius hemipterus*, comumente denominada de 'broca-rajada', é considerada praga importante das palmeiras, pois suas larvas broqueiam o caule da planta ocasionando perdas devido a redução do perfilhamento e abertura de orifícios que podem servir como porta de entrada à

fitopatógenos (SOLIMAN et al., 2009). Esses fatores representam uma perda inestimável em se tratando de um campo de produção de sementes, com considerável valor econômico ou genético (CYSNE et al., 2013).

Alguns trabalhos foram desenvolvidos nos últimos anos abordando principalmente métodos de captura do *M. hemipterus* (LEÓN-BRITO et al., 2005; GOMES, 2008; SOLIMAN et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010; MOLIN; BARRETO, 2012; ROCHA, 2012), porém, estudos específicos sobre distribuição espacial da praga não foram relatados. Os estudos de pendência espacial de pragas têm sido bastante massificado nos últimos anos e estes permitem fazer um controle mais adequado das mesmas (GREGO et al., 2006; MARUYAMA et al., 2006; TOLEDO et al 2006; DINARDO-MIRANDA et al., 2007; FARIAS et al., 2008; NICKELE et al., 2010; SILVA et al., 2011; MONTEIRO et al., 2013; RIOS et al., 2014; PINHO, 2015).

Dada a importância dessa praga e a falta de estudos básicos para se implantar o manejo adequado em condições de campo, objetivou com o presente estudo caracterizar a distribuição espacial do *M. hemipterus* em plantio de dendê no estado de Roraima, utilizando análise geoestatística, a fim de orientar procedimentos de amostragem em campo.

6.4 MATERIAL E MÉTODOS

6.4.1 Caracterização da região do experimento

O estudo foi realizado em uma área de 25 ha de plantio comercial de palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jack), de 5 anos de idade no município de São João da Baliza, localizado nas coordenadas: latitude 28° 31' 05. 53" W, longitude 50° 52' 50.54" N, sul do estado de Roraima.

As plantas de dendê estão dispostas na forma de triângulo equilátero com espaçamento de 9x9 m entre plantas e 7,8 m entre linhas. O perímetro da área foi demarcado com o auxílio de um GPS de navegação, marca Garmin, modelo GPSmap76CSx e posteriormente a área experimental foi dividida em grides regulares de amostragem. A dimensão do gride de amostragem foi de 45 x 45 m perfazendo 100 unidades amostrais constituídas de cerca de 25 plantas cada, totalizando 2.500 plantas na área útil.

A região apresenta relevo plano a ondulado, com vegetação predominante considerada Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2012). Segundo a

classificação de Köppen, o clima da região sul do estado de Roraima é do tipo Ami, caracterizado como tropical chuvoso com temperatura média entre 25 e 28 °C e precipitação pluviométrica anual variando de 1.800 a 1.900 mm. A umidade relativa do ar é considerada elevada, sendo que média anual oscila entre 85 a 90%, e a luminosidade na região varia de 1500 a 3000 horas/ano de radiação solar (BARBOSA, 1997).

6.4.2 Instalação das armadilhas

Para coleta massal do *M. hemipterus* foram utilizadas armadilhas do tipo balde contendo o atrativo alimentar cana-de-açúcar. As armadilhas foram distribuídas uniformemente a cada 45 metros uma da outra. Essas armadilhas foram constituídas de baldes plásticos de 15 litros, tendo o seu fundo perfurado para facilitar a drenagem da água oriunda da chuva. Na tampa do balde, em sua parte ventral foi aberto um orifício e colocado um funil de plástico de 10 cm de diâmetro sem o tubo estreito que retirado para permitir a passagem dos insetos para o interior do balde.

Dentro de cada armadilha foram colocados 15 toletes de cana-de-açúcar (de 20 cm de comprimento e amassados para facilitar a volatilização do odor, com o objetivo de atrair os insetos.

A cada quinze dias, de setembro de 2013 a agosto de 2014, os indivíduos de *M. hemipterus* foram retirados das armadilhas e colocados em frascos com álcool 70%. Nesta ocasião, os toletes de cana-de-açúcar também foram substituídos.

6.4.3 Análise de dados

Após a tabulação os dados, estudou-se a distribuição espacial de *M. hemipterus* por meio da geoestatística, com o uso do semivariograma, ajustando um dos 4 modelos possíveis, gaussiano, esférico, potência ou exponencial.

A primeira etapa do estudo geoestatístico foi a obtenção dos semivariogramas, estimado com base na expressão matemática:

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

onde,

$\gamma(h)$ é a semivariância estimada por uma distância h ;

$N(h)$ é o número de pares de observação $[Z(x_i); Z(x_i+h)]$ separados pela distância h .

Ao calcular o semivariograma, obtiveram-se pares de valores de semivariogramas $[\gamma^*(h)]$ e distâncias (h) , os quais foram dispostos em um gráfico de dispersão, tendo como os valores de y , as semivariâncias, e de x , as distâncias. A esses pontos foi ajustado um modelo.

Para melhor definição dos parâmetros variográficos, foram feitas várias tentativas com ajuste aos modelos esférico e exponencial, utilizando distância (alcance) padrão de 240 m para modelar os semivariogramas. Em todos os ajustes para estimar a dependência espacial das variáveis utilizou-se número de pares superior a 30, como recomendado por Guerra (1988). Quanto a distância máxima, o mesmo autor cita que na prática a área de estudo variográficos raramente ultrapassa a metade do campo total amostrado.

Neste estudo, o modelo de semivariograma que melhor se ajustou aos dados foi o esférico, que é descrito como:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{2}{3} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \rightarrow 0 < h < a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \rightarrow h \geq a$$

- C_0 é o efeito pepita ou semivariância mínima;
- $C_0 + C_1$ é o patamar ou semivariância máxima;
- a é o alcance ou raio de agregação.

Em todas as análises, seguiu-se os procedimentos descritos por Vieira et al. (1983) que utilizaram a informação da posição da amostra e o valor que a variável assumiu em cada ponto. No presente trabalho, a variável assumida foi (incidência de *M. hemipterus*) e o ponto é representado pela armadilha. Dessa forma, de cada ponto de amostragem obtiveram-se o valor da variável e as coordenadas (latitude e longitude), que foram utilizados para construir mapas de incidência do *M. hemipterus*, pelo método de interpolação por krigagem (SILVA et al., 2011).

Foram definidos os parâmetros referentes ao semivariograma: o patamar ($C_0 + C_1$), o efeito pepita (C_0) e o alcance (a). Onde o patamar é o valor do semivariograma correspondente ao seu alcance, ou seja, desse ponto em diante não existe mais dependência espacial entre as amostras. Foi calculado ainda o Índice de Dependência Espacial k (relação entre $C_0/(C_0+C_1)$) para determinação da dependência espacial de cada avaliação segundo Cambardella et al. (1994) que classificam a dependência espacial fraca ($IDE > 75 \%$), moderada ($25 \% \leq IDE \leq 75 \%$) e forte ($IDE < 25 \%$).

Tanto a análise geoestatística quanto os mapas populacionais foram elaborados com o programa estatístico SURFER Versão 8.0 (2002).

6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se dependência espacial entre os dados analisados, e a distribuição do *M. hemipterus* ocorreu de forma agregada em 22 das 24 avaliações. O modelo esférico foi o que melhor se ajustou nos semivariogramas experimentais, e com base em sua conformação verificou-se dependência espacial da praga (a), indicando a formação de reboleiras de 78,0 a 199 m de raio (Figuras 1 e 2). Foi observado em duas avaliações que, a distribuição espacial de adultos de *M. hemipterus* ocorreu de forma aleatória, como pode ser verificado nas amostragens 11^a e 14^a que correspondeu as seguintes datas 01/02/2014 e 15/03/2014.

Foi observado nas 24 avaliações que o melhor modelo ajustado foi o esférico, o que é forte indicativo que a infestação do *M. hemipterus* se dá por meio de plantas vizinhas e vai crescendo até ocupar todo plantio. A distribuição agregada, estabelecida pelo modelo esférico, tem sido a mais comum em estudos de insetos (FARIAS et al., 2004), e se caracteriza por formar no campo “reboleiras” onde esses insetos se agrupam (SILVA et al., 2011).

As figuras 1 e 2 apresentam os semivariogramas das distribuições espaciais do *M. hemipterus*. O coeficiente de determinação (R^2) indica a qualidade do ajuste do modelo de semivariograma. Valores próximos de um indica bom ajuste do modelo (SILVA et al., 2011), o que foi observado para o presente trabalho, em que esse parâmetro apresentou amplitude de 0,94 a 0,99.

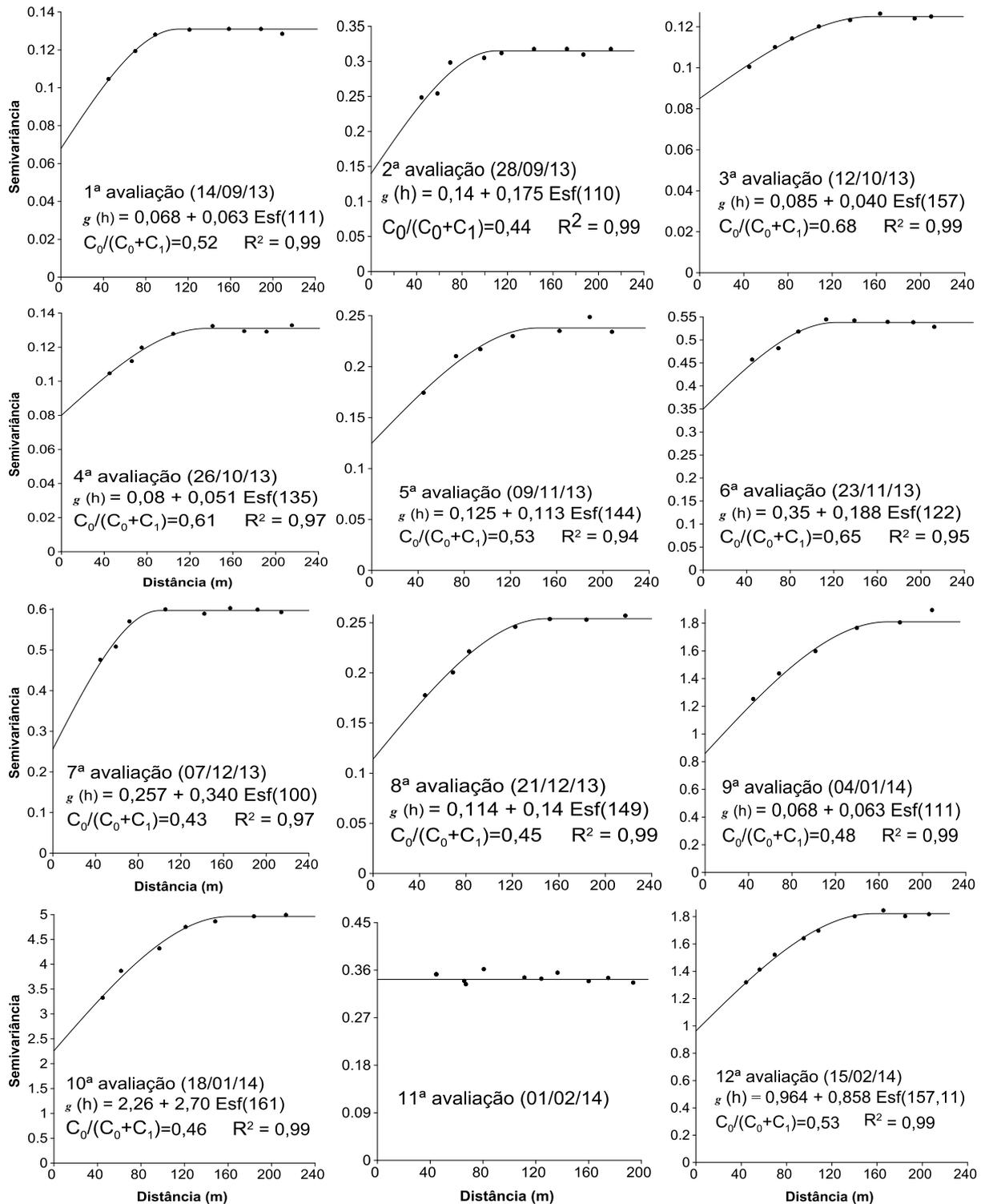


Figura 1. Semivariogramas da distribuição espacial do *M. hemipterus* na área experimental. São João da Baliza, RR, no período de set/2013 a fev/2014.

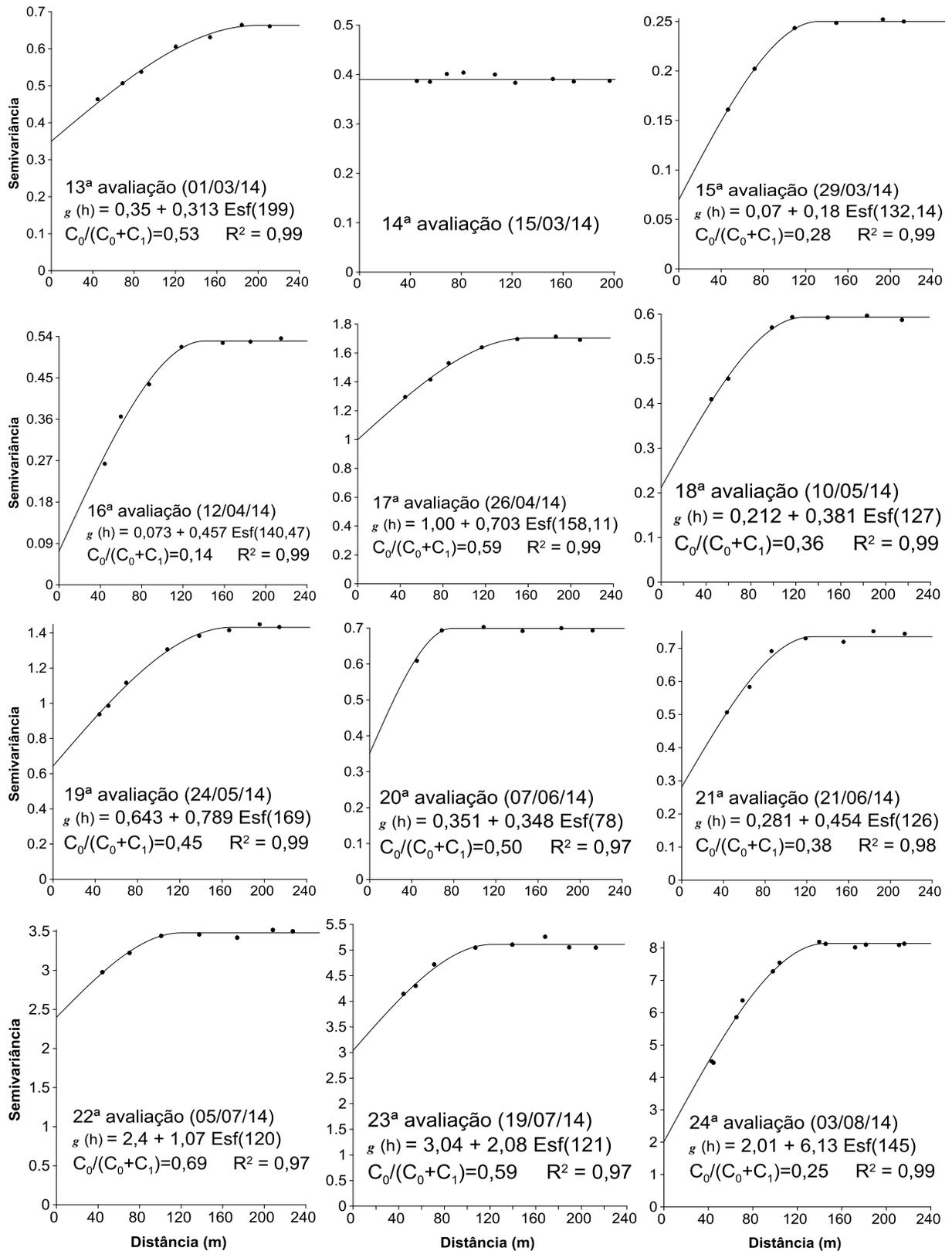


Figura 2. Semivariogramas da distribuição espacial do *M. hemipterus* na área experimental. São João da Baliza, RR, no período de mar/2014 a ago/2014.

O alcance máximo encontrado neste trabalho foi 199 metros com área de influência de 12,4 ha e o mínimo de 78 com área de influência de 1,9 ha. A utilização do gride amostral (45x45m), mostrou-se adequado, e possibilitou a correta detecção da distribuição espacial do *M. hemipterus* pois o alcance mínimo encontrado foi de 78 m. Com tais resultados pode-se afirmar que, para se obter uma estimativa confiável da população da praga, é necessária uma armadilha a cada 1,9 ha, partindo do menor valor de alcance (78 m), distribuídas de forma sistemática nas bordas do plantio ou uma armadilha a cada 78 m na lavoura de dendê. O alcance (a), representa a distância na qual há dependência espacial entre as amostras, e seu valor vem sendo usado para determinar a distância adequada entre os pontos de amostragem (VALERIANO e PRADO, 2001; SHAO-KUI et al., 2005; SILVA et al., 2011).

A distribuição agregada foi a que melhor representou o comportamento do *M. hemipterus* na área experimental. Esse tipo de distribuição também foi encontrado em estudos de Silva et al. (2011) analisando a distribuição espacial de *Aleurocanthus woglumi* em citros no estado do Pará, Monteiro et al. (2013) determinando o padrão de distribuição espacial de ninfas de *Quesada gigas* em plantios de paricá também no estado do Pará, Rios et al. (2014) avaliando o padrão de distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no estado de Pernambuco e Pinho (2015) avaliando a distribuição espacial de *Rhynchophorus palmarum* em um plantio de dendê no estado do Pará.

Segundo Hall e Branham (2008) e Ray et al. (2009) em determinados nichos ecológicos é comum populações de insetos fitófagos se distribuírem de forma agregada. Esse tipo de comportamento pode trazer benefícios ao longo da história de vida de um inseto, tais como: encontros entre os parceiros sexuais durante a reprodução, defesa contra inimigos naturais e maior exploração dos recursos (HUNTER, 2000; COSTER-LONGMAN et al., 2002).

A relação $C_0/(C_0+C_1)$ fornece a medida para estimar o grau de dependência existente nas amostras (agregação), ou seja, quanto de aleatoriedade existe nos levantamentos. Os valores observados neste trabalho variaram de 0,14 a 0,69 entre os pontos vizinhos nas diversas datas de amostragem (Figuras 4 e 5). Tais valores estão dentro do recomendado por Journel e Hijbregts (1978), que citam que valores abaixo de 0,80 indicam distribuição agregada da variável e maiores que 0,80 indicam que o fenômeno estudado está tendendo para a aleatoriedade e que não existe nenhuma dependência espacial entre as amostras.

A dependência espacial pode ser classificada como forte em 2 avaliações pois, nestas amostragens, o valor do efeito pepita foi inferior a 25% do valor do patamar e moderada em 20 avaliações, pois o valor do efeito pepita foi superior a 25% e inferior a 75% do valor do patamar (CAMBARDELLA et al.,1994).

Os mapas de krigagem, permitiram visualizar o comportamento da distribuição espacial de adultos de *M. hemipterus* e os locais de maior e menor infestação da praga na área de plantio de dendê (Figuras 3 a 6). Observou-se inicialmente que houve o surgimento de alguns focos de *M. hemipterus* na área e, que posteriormente ocorreu a formação de reboleiras da praga nas bordas do plantio. O tamanho dessas reboleiras foi determinado em função da época de maior ou menor incidência de adultos de *M. hemipterus* (Figuras 3 a 6).

Assim, nas avaliações que apresentaram maior pico populacional de adultos de *M. hemipterus*, houve a formação de poucas reboleiras, localizadas nas bordas do plantio. Isso ocorreu nas seguintes amostragens: 20^a, 21^a e 23^a, que correspondem aos períodos de avaliação entre junho/2014 e julho/2014 (Figura 6). Os picos populacionais nos meses supracitados, coincidiu com o período chuvoso na região sul do estado de Roraima. Correia (2012), trabalhando com a flutuação populacional de *M. hemipterus* em plantio de dendê no sul do Estado de Roraima, verificou que esse inseto apresentou maiores picos populacionais nos meses de agosto, setembro e dezembro.

Quando a incidência de *M. hemipterus* na área foi menor, esses indivíduos estavam distribuídos de forma agregada, porém não foi observado formação de reboleiras, como pode ser verificado nas amostragens 1^a a 19^a, 22^a e 24^a, (Figuras 3 a 6). Constatou-se que as menores densidades populacionais de *M. hemipterus* ocorreram de agosto de 2013 a maio de 2014, meses em que ocorreu menor precipitação. Observou-se ainda, que a infestação inicial do *M. hemipterus* se dá principalmente nas bordas do plantio, onde são encontradas as maiores concentrações desses insetos (Figuras 3 a 6).

Avaliando os mapas, pode se observar o padrão agregado de infestação do *M. hemipterus*, que em grande parte das avaliações são locais específicos repetidos a cada coleta. A sua grande maioria encontra-se na periferia da área experimental. Um ponto de agregação repetido ocorre do lado sudoeste, à 50 m do fim da área experimental onde se localiza o limite do plantio com a floresta (Figuras 3 a 6).

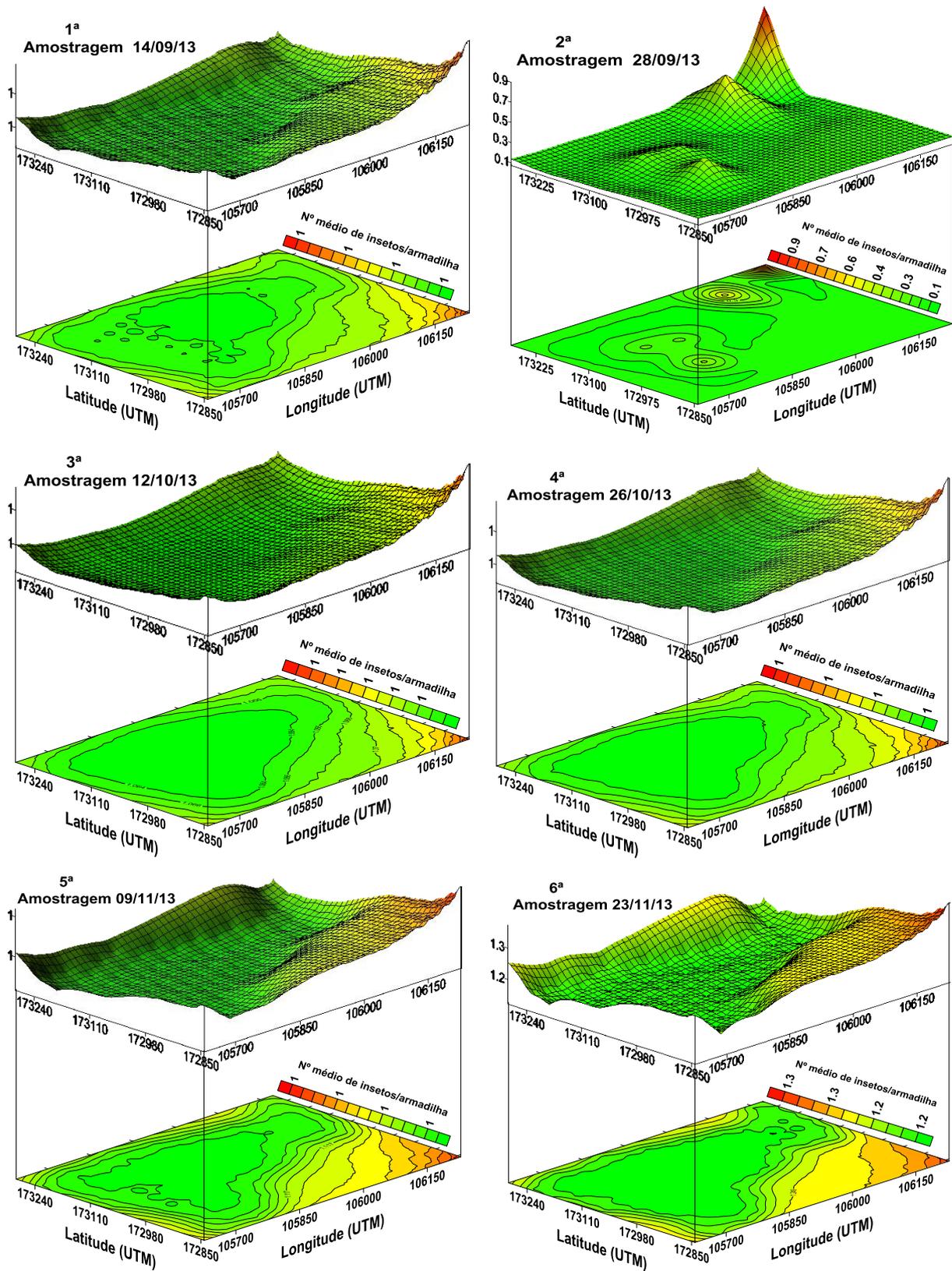


Figura 3. Mapas de distribuição espacial de *M. hemipterus*, capturados nas armadilhas, no período de set/2013 a nov/2013 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.

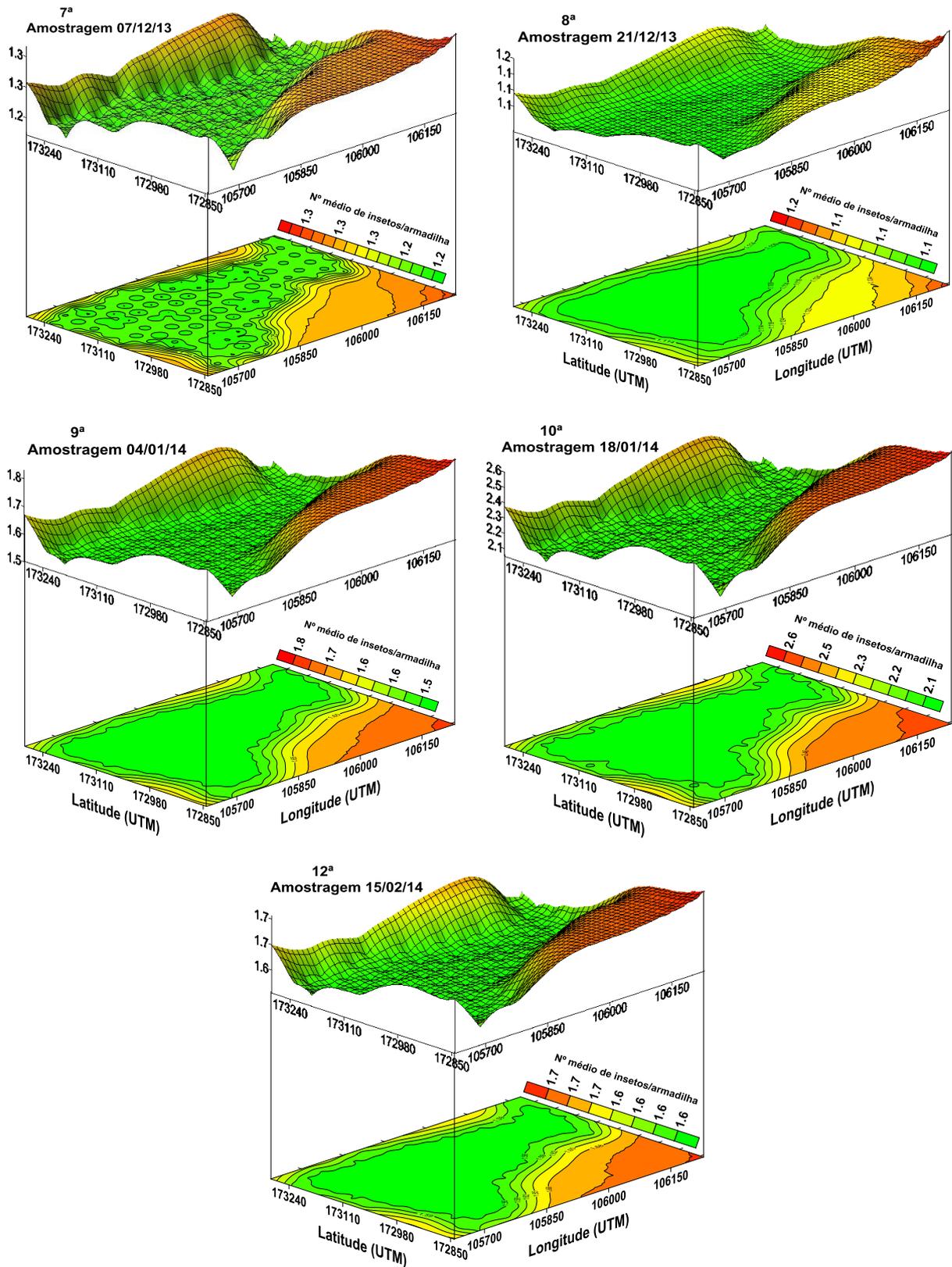


Figura 4. Mapas de krigagem da distribuição espacial de *M. hemipterus*, capturados nas armadilhas, no período de dez/2013 a fev/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.

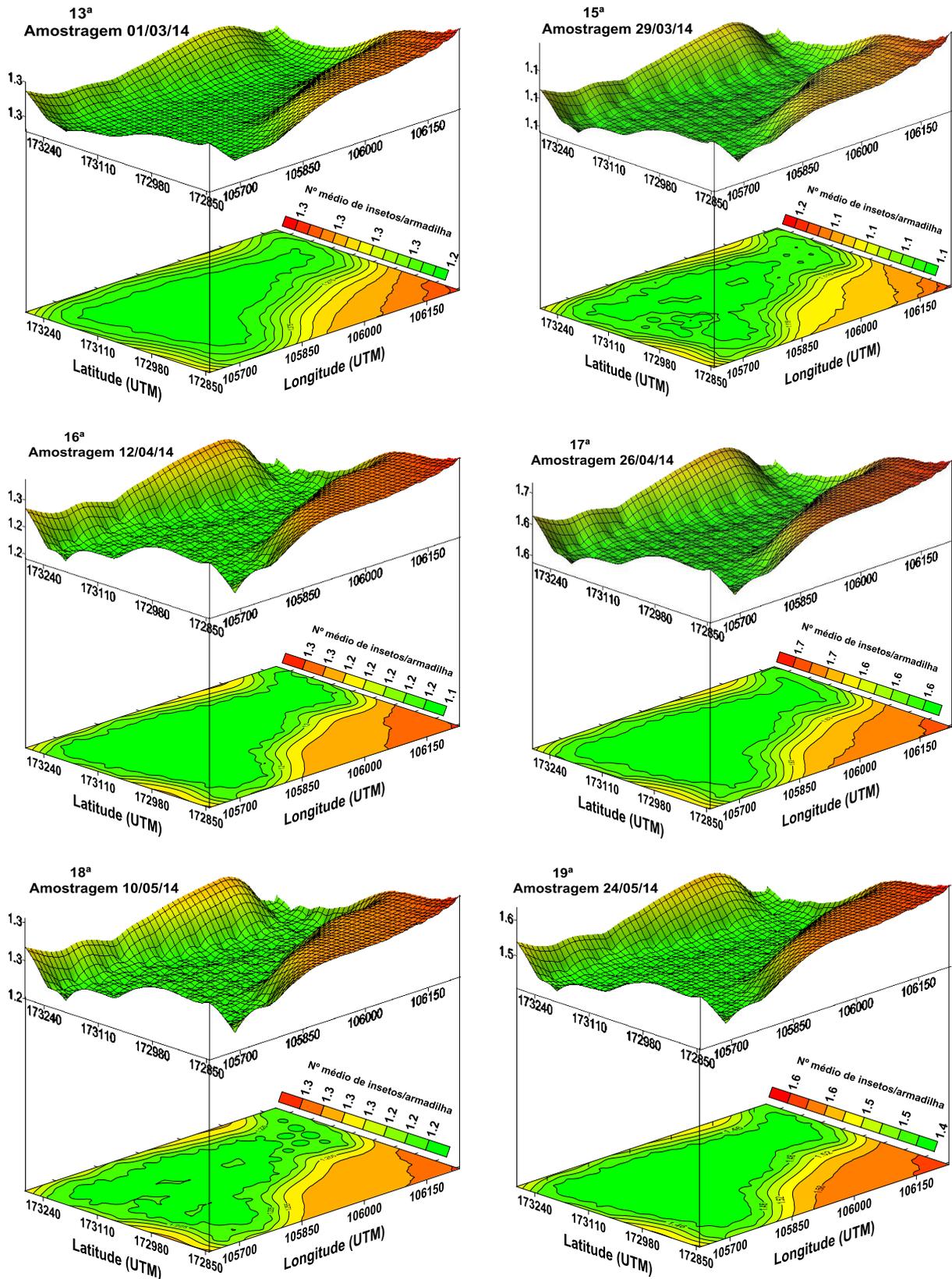


Figura 5. Mapas de krigagem da distribuição espacial de *M. hemipterus*, capturados nas armadilhas, no período de mar/2014 a maio/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.

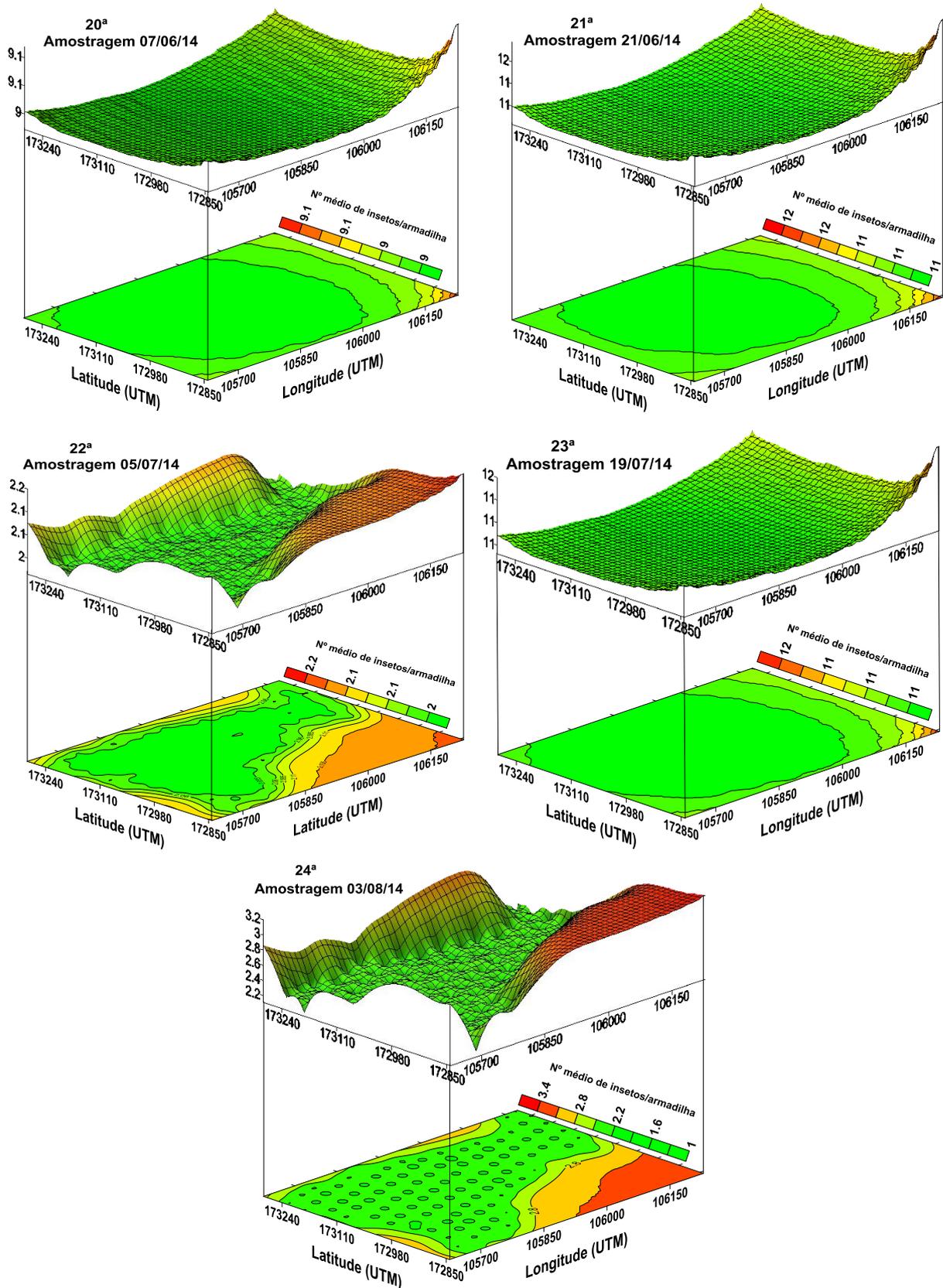


Figura 6. Mapas de krigagem da distribuição espacial de *M. hemipterus*, capturados nas armadilhas, no período de jun/2014 a ago/2014 em plantio de dendê. São João da Baliza, RR.

6.6 CONCLUSÕES

A distribuição espacial do *Metamasius hemipterus* na área de estudo ocorreu de forma agregada, com dependência espacial descrita pelo modelo esférico, formando “reboleiras” de 78 a 199 m de raio.

A infestação inicial do *M. hemipterus* se dá predominantemente nas bordas do plantio.

Para elaboração de métodos seguros de amostragem de *M. hemipterus* recomenda-se distribuir uma armadilha a cada 12,4 ha, localizadas na periferia da área.

6.7 CONCLUSÕES GERAIS

A distribuição espacial do *R. palmarum* e *M. hemipterus* ocorreu de forma agregada sendo o modelo esférico o que melhor se ajustou aos semivariogramas.

Para o *R. palmarum* e *M. hemipterus* foi observado um raio de agregação que variou de 100 a 210 m e 78 a 199 m de raio, respectivamente.

O *R. palmarum* tende a infestar diferentes locais na cultura da palma de óleo sem local inicial específico. Já o *M. hemipterus* se agrega principalmente nas bordas do plantio, sem grande movimentação para o centro da área.

Para elaboração de métodos seguros de amostragem recomenda-se distribuir uma armadilha a cada 12 ha, sendo que para o *R. palmarum* as armadilhas devem estar distribuídas uniformemente a cada 200 m no plantio e para *M. hemipterus* estas devem ser colocadas nas bordas do plantio.

6.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C.; GODÓI, A. R.; CARMO C. A.; EDUARDO, J. L. P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, p. 258-260. 2008.

AMBROGI, B. G.; VIDAL, D. M.; ZARBIN, P. H. G.; ROSADO-NETO, G. H. Feromônios de agregação em curculionidae (Insecta: Coleoptera) e sua implicação taxonômica. **Química Nova**, v. 32, n. 8, p. 2151-2158, 2009.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: INPA. **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus, 1997. p. 325-335.

BRAZILIO, M.; BISTACHIO, N. J.; PERINA, V. de C. S.; NASCIMENTO, D. D. do. O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) – Revisão. Bioenergia em revista: **diálogos**, v.2, n.1, p.27-45, 2012.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T. B.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; NOVAK, J. M.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, n.6, p.1501-1511, 1994.

CORDEIRO, A. C. C.; MACIEL, F. C. da S.; SMIDERLE, O. J.; ALVES, A. B. **Desenvolvimento vegetativo de dendezeiro em ecossistemas de cerrado e floresta de Roraima**. Boa Vista, Embrapa Roraima. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n.10, p. 16, 2009.

CORREIA, R. G. **FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Rhynchophorus palmarum*, *Metamasius hemipterus*, E DO NEMATÓIDE *Bursaphelenchus cocophilus* EM PLANTIOS DE DENDÊ (*Elaeis guineensis*) EM RORAIMA**. 2012, 67 f. Dissertação (mestrado em agronomia). Universidade Federal de Roraima.

COSTER-LONGMAN, C.; LANDI, M.; TURILLAZZI, S. The role of passive defence (Selfish Herd and Dilution Effect) in the gregarious nesting of *Liostenogaster* wasps (Vespidae, Hymenoptera, Stenogastrinae). **Journal of Insect Behavior**, v.15, n.3, p.331-350. 2002.

CYSNE, A. Q.; CRUZ, B. A.; CUNHA, R. N. V. da.; ROCHA, R. N. C. da. Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) em palmeiras oleíferas no Amazonas. **Acta Amazonica**. v.43, n.2, p. 197-202, 2013.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; VIEIRA, S. R.; FRACASSO, J. V.; GREGO, C. R. Uso de geoestatística na avaliação da distribuição espacial de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. **Bragantina**, v.66, n. 3, p. 449-455, 2007.

DUARTE, A.G.; LIMA, I.S.; ARAÚJO JÚNIOR, J.V.; DUARTE, A.G.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; CRUZ, M.M. Disposição do nematóide *Bursaphelenchus coccophilus* (Cobb) Baujard, em coqueiros portadores da doença anel-vermelho. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 622-627, set. 2008.

FARIAS, P. R.S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C.; OVERAL, W. L.; MIRANDA, V. S.; RIBEIRO, S. M. Spatial analysis of the distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and losses in maize crop productivity using geostatistics. **Neotropical Entomology**, v.37, n.3, p.321-327, 2008.

FARIAS, P.R.S.; ROBERTO, S.R.; LOPES, J.R.S.; PERECIN, D. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xyllela fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. **Neotropical Entomology**, v.33, n.1, p. 13-20, 2004.

GOMES, S. M. S. **Avaliação de Sistemas de Captura de *Metamasius hemipterus* e *Rhynchophorus palmarum* (Curculionidae) em plantios de Pupunha (*Bactris gasipaes*) e Dendê (*Elaeis guineensis*) no Sul da Bahia**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; LOURENÇÃO, A. L. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* franclemont in triticale under no-till management. **Scientia Agricola**, v.63, n.4, p.321-327, 2006.

GUERRA, P. A. G. 1988. **Geoestatística operacional**. Ministério das Minas e Energia, 145p.

HALL, D.W.; BRANHAM, M. A. Aggregation of *Calopteron discrepans* (Newman) (Coleoptera: Lycidae) larvae prior to pupation. **Florida Entomologist**, v.91, n.1, p.124-125, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2012. 275p.

JOURNEL, A.G.; HIJBREGTS, C. J. 1978. Mining geostatistics. London: academic Press, 600p.

LEÓN-BRITO, O.; VÁSQUEZ, L. N.; LÁREZ, C.; SILVA-ACUÑA, R. Ciclo de vida y longevidad de *Metamasius hemipterus* L. (Coleoptera: Curculionidae), uma praga de la palma aceitera em el estado Monagas, Venezuela. **Bioagro**, v. 17, n. 2, p. 115-118, 2005.

MARUYAMA, W. I.; BARBOSA, J. C.; TOSCANO, L. C. Distribuição espacial de *Oncometopia facialis* (Signoret) (Hemiptera: Cicadellidae) em pomar cítrico. **Neotropical Entomology**, v. 35, n.1, p. 93-100, 2006.

MOLIN, I. L D.; BARRETO, M. R. Ocorrência e controle de Curculionidae em *Cocos nucifera* L. em Sinop, Mato Grosso. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 33, n. 1, p. 53-64, 2012.

MONTEIRO, O. M.; LUNZ, A. M.; AZEVEDO, R. de; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M.de. Spatial distribution and gallery depths of *Quesada gigas* nymphs in parica plantations. **Revista Ciências Agrárias**. v. 56, n. 4, p. 353-358, 2013.

NICKELE, M. A.; OLIVEIRA, E. B de, FILHO, W. R.; IEDE, E. T.; RIBEIRO, R. D. Distribuição Espacial de Formigueiros de *Acromyrmex crassispinus* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae) em Plantios de *Pinus taeda*. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 862-872, 2010.

OLIVEIRA, F. Q.; MALAQUIAS, J. B.; FERREIRA, L. L.; RIBEIRO, T. da S.; ANICETO, R. R. Avaliação em campo da compatibilidade entre melaço e *Beauveria bassiana* no controle de *Metamasius hemipterus* horn, 1873 (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 185-189, 2010.

PINHO, R. C. **Distribuição Espacial de *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae) em um Agroecossistema de Palma de Óleo na Amazônia Oriental**. 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia.

RAY, A.M.; MILLAR, J.G.; MCELFFRESH, J.S.; SWIFT, I.P.; BARBOUR, J.D.; HANKS, L. M. Male-produced aggregation pheromone of the cerambycid beetle *Rosalia funebris*. **Journal of Chemical Ecology**, v.35, n.1, p.96–103, 2009.

RIOS, E. S.; MARTINS, I. C. F.; NORONHA, M. P. de.; SILVA, J. A. da.; SILVA FILHO, J. G. da.; BADJI, C. A. Spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* in the wasteland of southern Pernambuco state, Brazil. **Revista Ciencias Agrarias**. v. 57, n. 3, p. 297-304, 2014.

ROCHA, R. B. ***Metamasius* spp. Horn (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM HELICÔNIAS (ZINGIBERALES: HELICONIACEAE): monitoramento, organismos associados e táticas de controle com *Beauveria bassiana* e inseticidas a base de nim.** 2012. 77f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Estadual de Santa Cruz.

SHAO-KUI, G. E.; RAYMOND, I. C.; ZU-FEI, M. A.; GUANG-XUE, Z.; DIAN-MO, L. I. Spatial heterogeneity and population risk analysis of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, in China. **Insect Science**, v.12, n.4, p.255-262, 2005.

SILVA, A. G. da.; FARIAS, P. R. S.; BOIAÇU JUNHO, A. L.; CORREIA, R. G.; SILVA, J. B. da.; RODRIGUES, N. E. L. Análise espacial da mosca-negra-dos-citros em um pomar de citros utilizando a geoestatística. **Revista Agricultura**, v.86, n.2, p.102-114, 2011.

SOLIMAN, E. P.; PAVARINI, R.; GARCIA, V. A.; LIMA, R. C.; NOMURA, E. S.; PAVARINI, G. M. P.; DAMATTO JUNIOR, E. R. Diferentes iscas para o monitoramento populacional de *Metamasius* sp. (Coleoptera: Curculionidae) no cultivo da pupunheira. **Revista Eletrônica de Agronomia**, v. 16, n. 2, p. 1-6, 2009.

SURFER version 8. Mapas e semivariogramas, New York: Golden Software, 2002.

TOLEDO, F. R.; BARBOSA, J. C.; YAMAMOTO, P. T. Distribuição espacial de *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Hemiptera: Aphididae) na cultura de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n. 2, p.194-198, 2006.

UNTER, A.F. Gregariousness and repellent defences in the survival of phytophagous insects. **Oikos**, v.91, n.1, p. 213–224, 2000.

VALERIANO, M.M.; PRADO, H. Técnicas de geoprocessamento e de amostragem para o mapeamento de atributos anisotrópicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.4, p.997-1005, 2001.

VIANNA, F. C. **Análise de Ecoeficiência: avaliação do Desempenho Econômico-Ambiental do Biodiesel e PetroDiesel**. 2006. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

YASUDA, M. E. **Levantamento de potenciais pragas associadas à cultura da palmeira-real-da-austrália *Archontophoenix* spp. (Arecaceae) no Médio Vale do Itajaí**. 2005. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau – FURB, Blumenau-SC.

ZORZENON, F.J.; BERGMANM, E.C.; BICUDO, J.E.A. Primeira Ocorrência de *Metamasius hemipterus* (LINNAEUS, 1758) e *Metamasius ensirotris* (GERMAN, 1824) (Coleoptera, Curculionidae) em Palmiteiros dos Gêneros *Euterpe* e *Bactris* (Arecaceae) no Brasil. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 67, n. 2, p. 265-268, 2000.

Apêndices

Tabela 1. Parâmetros dos semivariogramas das amostragens do *Rinchophorus palmarum* ajustados aos modelos

Data de amostragem	Parâmetros dos semivariogramas*			Área de alcance (ha) ¹	Dependência Espacial ²	Modelo
	C_0	C_1	a (m)			
14/09/2013	0,200	0,425	206,0	13,3	Moderada	Esférico
28/09/2013	0,150	0,120	133,0	5,6	Moderada	Esférico
12/10/2013	0,035	0,088	186,0	10,9	Moderada	Esférico
26/10/2013	0,130	0,100	100,1	3,1	Moderada	Esférico
09/11/2013	0,075	0,072	159,0	7,9	Moderada	Esférico
23/11/2013	0,340	0,270	110,0	3,8	Moderada	Esférico
07/12/2013	0,301	0,524	180,5	10,2	Moderada	Esférico
21/12/2013	0,349	0,282	210,0	13,9	Moderada	Esférico
04/01/2014	0,120	0,240	165,0	8,5	Moderada	Esférico
18/01/2014	0,181	0,300	112,9	4,0	Moderada	Esférico
01/02/2014	0,360	0,225	161,6	8,2	Moderada	Esférico
15/02/2014	0,130	0,177	102,6	3,3	Moderada	Esférico
01/03/2014	0,070	0,170	155,0	7,5	Moderada	Esférico
15/03/2014	0,170	0,188	133,0	5,6	Moderada	Esférico
29/03/2014	0,080	0,290	155,9	7,6	Forte	Esférico
12/04/2014	0,380	0,264	137,7	6,0	Moderada	Esférico
26/04/2014	0,186	0,180	108,1	3,7	Moderada	Esférico
10/05/2014	0,235	0,370	145,0	6,6	Moderada	Esférico
24/05/2014	0,235	0,142	185,5	10,8	Moderada	Esférico
07/06/2014	0,320	0,190	128,9	5,2	Moderada	Esférico
21/06/2014	0,180	0,124	119,0	4,4	Moderada	Esférico
05/07/2014	0,100	0,233	100,0	3,1	Moderada	Esférico
19/07/2014	0,220	0,161	167,0	8,8	Moderada	Esférico
03/08/2014	0,199	0,208	111,6	3,9	Moderada	Esférico

*Efeito pepita (C_0), variância espacial ou contribuição (C_1), alcance (a),

¹ área calculada por $\pi \cdot r^2$, onde $\pi = 3,14$ e $r = a$, (1 ha = 10.000 m²)

² relação entre $C_0/(C_0+C_1)$.

Tabela 2. Parâmetros dos semivariogramas das amostragens do *Metamasius hemipterus* ajustados aos modelos

Data de amostragem	Parâmetros dos semivariogramas *			Área de alcance (ha) ¹	Dependência Espacial ²	Modelo
	C_0	C_1	a (m)			
14/09/2013	0.06	0.06	111.0	3,9	Moderada	Esférico
28/09/2013	0.14	0.17	110.0	3,8	Moderada	Esférico
12/10/2013	0.08	0.04	157.0	7,7	Moderada	Esférico
26/10/2013	0.08	0.05	135.0	5,7	Moderada	Esférico
09/11/2013	0.12	0.11	144.0	6,5	Moderada	Esférico
23/11/2013	0.35	0.18	122.0	4,7	Moderada	Esférico
07/12/2013	0.25	0.34	100.0	3,1	Moderada	Esférico
21/12/2013	0.11	0.14	149.0	7,0	Moderada	Esférico
04/01/2014	0.86	0.95	168.0	8,9	Moderada	Esférico
18/01/2014	2.26	2.70	161.0	8,1	Moderada	Esférico
01/02/2014	--	--	--	--	--	Sem ajuste
15/02/2014	0.96	0.85	157.1	7,8	Moderada	Esférico
01/03/2014	0.35	0.31	199.0	12,4	Moderada	Esférico
15/03/2014	--	--	--	--	--	Sem ajuste
29/03/2014	0.07	0.18	132.1	5,5	Moderada	Esférico
12/04/2014	0.07	0.45	140.4	6,2	Forte	Esférico
26/04/2014	1.0	0.70	158.1	7,8	Moderada	Esférico
10/05/2014	0.21	0.38	127.0	5,1	Moderada	Esférico
24/05/2014	0.64	0.78	169.0	8,9	Moderada	Esférico
07/06/2014	0.35	0.34	78.0	1,9	Moderada	Esférico
21/06/2014	0.28	0.45	126.0	5,0	Moderada	Esférico
05/07/2014	2.4	1.07	120.0	4,5	Moderada	Esférico
19/07/2014	3.04	2.08	121.0	4,6	Moderada	Esférico
03/08/2014	2.01	6.13	145.0	6,6	Forte	Esférico

*Efeito pepita (C_0), variância espacial ou contribuição (C_1), alcance (a),

¹ área calculada por $\pi \cdot r^2$, onde $\pi = 3,14$ e $r = a$, (1 ha = 10.000 m²)

² relação entre $C_0/(C_0+C_1)$.