

NS: 52903
COD: 37780019



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
MESTRADO EM AGRONOMIA

ALESSANDRA DANIELE DE SOUSA BRANDÃO

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE *Opsiphanes invirae* HÜBNER, 1818
(LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) EM PALMA DE ÓLEO
NA AMAZÔNIA ORIENTAL

DISS 632.78
B8J7
EX. 01



BELÉM
2014

ALESSANDRA DANIELE DE SOUSA BRANDÃO

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE *Opsiphanes invirae* HÜBNER, 1818
(LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) EM PALMA DE ÓLEO
NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva
Farias

**BELÉM
2014**

Brandão, Alessandra Daniele de Sousa

Distribuição espacial e temporal de *Opsiphanes invirae* Hübner, 1818 (Lepidoptera: nimphalidae) em palma de óleo na Amazônia Oriental / Alessandra Daniele de Sousa Brandão. – Belém, 2014.

59 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2014.

Orientador: Paulo Roberto Silva Farias.

1. Lagarta-desfolhadora-das-palmeiras 2. Dinâmica populacional 3. Semivariograma 4. Krigagem 5. *Elaeis guineenses* – pestes

2. I. Farias, Paulo Roberto Silva, (orient.) II.Título.

CDD – 632.78

ALESSANDRA DANIELE DE SOUSA BRANDÃO

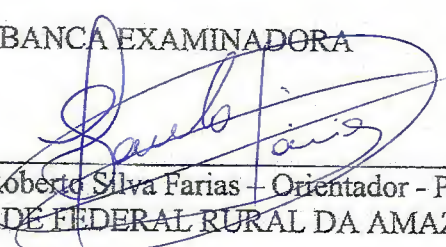
**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE *Opsiphanes invirae* HÜBNER, 1818
(LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) EM PALMA DE ÓLEO
NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias.

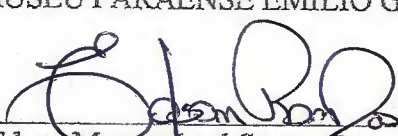
BANCA EXAMINADORA



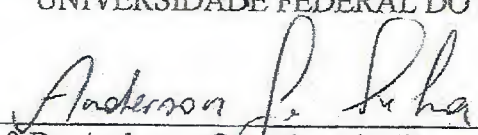
Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias – Orientador - Presidente
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA



Pesquisador Dr. William Leslie Overal – Examinador
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



Prof. Dr. Edson Marcos Leal Soares Ramos – Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ



Prof. Dr. Anderson Gonçalves da Silva – Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

DEDICATÓRIA

*A Deus, minha força e meu direcionador,
Aos meus pais Domingos Assunção Brandão
e Solange Tavares de Sousa pelo exemplo, carinho e
amor incondicional a todo momento.*

AGRADECIMENTOS

Ao término desse trabalho, que embora de natureza acadêmica seja produzido individualmente, quero expressar a todas as pessoas e instituições que contribuíram de alguma forma para que este sonho se tornasse realidade, os meus sinceros agradecimentos.

Primeiramente agradeço a Deus, por me conceder o dom mais precioso do universo: a vida, obrigada por sempre me proteger e me direcionar pelos caminhos sinuosos que percorri até meu amadurecimento espiritual, pessoal e profissional.

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Departamento de Biologia Vegetal e Fitossanidade, pela oportunidade de aperfeiçoamento e crescimento profissional.

A Agropalma que possibilitou a realização do mestrado. Ao Engenheiro Ricardo Salles Tinôco por acreditar e apoiar o projeto de pesquisa. E aos demais colegas e colaboradores do laboratório de Fitossanidade da Agropalma que possibilitaram auxílio na coleta dos dados.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida que me apoiou em diferentes fases do curso.

A minha mãe Solange Tavares de Sousa que a cada dia travou uma grande batalha junto comigo e me incentiva a todo o momento com apoio e “mimos” que muitas vezes foram importantíssimos para onde estou chegando hoje.

Ao meu pai, razão da minha crença em cursar uma universidade, pois sempre acreditou na minha capacidade e lutou para que essa se potencializasse, mesmo nos momentos mais difíceis. A ele, o meu direcionador neste sonho concretizado. Serei infinitamente grata pelo seu inesgotável amor, carinho e dedicação.

Especialmente ao meu orientador Professor Dr. Paulo Roberto Silva Farias, pela paciência, confiança, oportunidades oferecidas, valiosos ensinamentos e sugestões que enriqueceram este trabalho.

Aos amigos que sempre estão de prontidão e que me oferecem inesquecíveis apoios. Especialmente ao meu amigo Williams Barbosa Cordovil.

Obrigada a todas as pessoas, que de maneira especial tenham compartilhado o desenvolvimento deste trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Ciclo biológico (ovo, larva, pupa e adulto) de <i>O. invirae</i>	18
Figura 2	Larvas de <i>O. invirae</i> se alimentando em palma de óleo no município de Moju/PA	18
Figura 3	Desfolhamento causado por larvas de <i>O. invirae</i> no município de Moju/PA.	19
Figura 4	Armadilha utilizada para a captura de adultos de <i>O. invirae</i>	20
Figura 5	Mapa de localização e área de atuação da empresa Agropalma S/A nos municípios de Moju, Acará Tailândia e Tomé-Açu.	26
Figura 6	Área do plantio, no município de Moju, com indicação dos talhões selecionados para o estudo. Imagem: Sensor SPOT 5, 2010.	28
Figura 7	Esquema do semivariograma experimental	29
Figura 8	Semivariogramas experimentais com Patamar	32
Figura 9	Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2008, no município de Moju, PA.	39
Figura 10	Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2009, no município de Moju, PA.	40
Figura 11	Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2010, no município de Moju, PA.	41
Figura 12	Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2011, no município de Moju, PA.	42
Figura 13	Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2012, no município de Moju, PA.	43
Figura 14	Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2008 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.	46
Figura 15	Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2009 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.	47
Figura 16	Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2010 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.	48
Figura 17	Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2011 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.	49
Figura 18	Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2012 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Número total de larvas de <i>O. invirae</i> em palma de óleo, número de parcelas amostradas, número de parcelas atacadas e nível de infestação observados entre 2008 a 2012 no município de Moju/PA.	35
Tabela 2	Dependência espacial de <i>O. invirae</i> , parâmetros do semivariograma ajustados aos modelos, coeficiente de determinação (R^2) e parâmetro k para análise geoestatística em talhões da empresa Agropama S/A no município de Moju, PA, no período entre 2008 a 2012.	38

SUMÁRIO

	RESUMO	10
	ABSTRACT	11
1	CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.1	Revisão de literatura	13
1.1.1	Importância da Palma de Óleo	13
1.1.2	Produção, Perspectivas e Potencial de Produção da Amazônia	14
1.1.3	Problemas Fitossanitários na Palma de Óleo	16
1.1.4	Caracterização da Lagarta-Desfolhadora-das-Palmeiras: <i>O. invirae</i>	17
1.1.5	Distribuição Geográfica	17
1.1.6	Descrição Biológica de <i>O. invirae</i>	17
1.1.7	Sintomas e Danos Causados pela Larva	18
1.1.8	Monitoramento	19
1.1.9	Geoestatística no Estudo da Distribuição Espacial de Pragas	20
1.1.10	Geoestatística na Avaliação dos Dados	22
2	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE <i>Opsiphanes invirae</i> HÜBNER, 1818 (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) EM PALMA DE ÓLEO NA AMAZÔNIA ORIENTAL	23
2.1	Introdução	24
2.2	Material e métodos	25
2.2.1	Localização da Área de Atuação da Empresa Agropalma S/A	25
2.2.2	Localização da Área de Estudo e Amostragem das Plantas Atacadas	27
2.2.3	Georreferenciamento da Área Experimental	29
2.2.4	Análise Geoestatística	29
2.2.5	Krigagem	32
2.2.6	Programas Utilizados nas Análises	33
2.3	Resultados e discussão	33
2.3.1	Densidade Populacional da Praga na Área	33
2.3.2	Distribuição Espacial de <i>O. invirae</i>	36
2.4	Conclusões	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

RESUMO

A cultura da palma de óleo vem se destacando pelo aumento da demanda de biocombustíveis no mundo e no Brasil o grande produtor é o estado do Pará, responsável por cerca de 90% da produção nacional. Entretanto, essa produção é afetada devido à ocorrência de insetos-praga entre as principais, destaca-se a larva de *Opsiphanes invirae* que apresentam elevado consumo foliar prejudicando o desenvolvimento e a produção das plantas. Para se obter uma melhor compreensão da dinâmica populacional dessa praga e consequentemente um mapeamento eficaz a fim de melhorar as estratégias de controle, a geoestatística é considerada uma das melhores opções. Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição espacial da lagarta *O. invirae* através da geoestatística para caracterizar a dinâmica populacional a cerca de como a praga se dissemina em plantios de palma de óleo no município de Moju/PA. Na área em estudo foram selecionadas planilhas de amostragem, compreendendo o período de 2008 a 2012 verificando o total de larvas encontradas por parcela e posterior análise da distribuição espacial da praga com a geoestatística para a modelagem dos semivariogramas e confecção dos mapas de krigagem. Dentre os principais resultados obtidos no presente trabalho, destaca-se que o modelo que melhor se ajusta a distribuição espacial da praga é o esférico com a formação de reboleiras, pois apresentou maior valor do coeficiente de determinação para todas as avaliações, com variação no alcance de 1,00 km a 4,40 km na área. O Índice de Dependência Espacial (IDE) é moderado e forte para todas as avaliações ficando dentro do intervalo de 0,25 a 0,75 e acima de 0,75, respectivamente. A geoestatística mostrou-se como uma ferramenta promissora para a análise da distribuição espacial de larvas de *O. invirae* em palma de óleo.

Palavras-chave: Lagarta-desfolhadora-das-palmeiras, dinâmica populacional, semivariograma, krigagem, *Elaeis guineensis*.

ABSTRACT

The culture of oil palm has been highlighted by the increase demand for biofuels in the world and in Brazil the major producer is the state of Pará, responsible for about 90 % of national production. However, this production is affected due to the occurrence of insect pests among the main highlights is the *O. invirae* that have high leaf consumption hindering the development and production of plants. To obtain a better understanding of the population dynamics of this pest and consequently an effective mapping to improve control strategies, geostatistics is considered one of the best options. This study aimed to evaluate the spatial distribution of the warm *O. invirae* using geostatistics to characterize the population dynamics around like the plague spreads in oil palm plantations in the municipality of Moju/PA. In the study area were selected worksheets sample, comprising the period from 2008 to 2012 by checking the total warms found per plot and subsequent analysis of the spatial distribution of the plague with geostatistics for modeling of semivariograms and the kriging maps confection. Among the main results obtained in this study, it is emprasized that the best spatial distribution of the plague is the spherical fift with the formation of foci, as it showed greater coefficient of determination for all assessments, ranging in scope 1.00–4.40 kilometers in area. Spatial Dependence Index (SDI) is moderate and strong for all assessments being within the range from 0.25 to 0.75 and above 0.75, respectively. Geostatistical analysis showed to be a promising tool for the analysis of the spatial distribution of warm of the *O. invirae* in palm oil.

KEYWORDS: Defoliating warm of palm trees, population dynamics, semivariogram, kriging, *Elaeis guineensis*.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) é uma palmeira originária da Costa Ocidental da África, sendo encontrada em povoamentos subespontâneos desde o Senegal até a Angola. No Brasil adaptou-se bem ao clima tropical úmido de algumas regiões (TRINDADE et al., 2005).

A cultura vem se destacando pelo aumento da demanda de biocombustíveis no mundo, o óleo dessa palma é considerado como a melhor alternativa para produção de biodiesel (AGRIANUAL, 2013) por possuir maior produtividade de óleo vegetal do mundo (MURPHY, 2007). O consumo mundial está na faixa dos 56.471 milhões de toneladas anuais e vem crescendo em aproximadamente dois milhões de toneladas anualmente (USDA, 2013).

Atualmente, o Estado do Pará é o maior produtor nacional de palma de óleo (SAGRI, 2013). E nos últimos anos vem aumentando ainda mais a área plantada. A expansão dessa cultura trará muitos benefícios econômicos e sociais para a região. Entretanto, há um grande entrave para expansão da cultura em determinadas regiões do Estado, pois de acordo com Medeiros e Sano (1988) o cultivo da palma de óleo também está sujeito a surtos populacionais de pragas, se constituindo, muitas vezes, como fator limitante.

Dentre as pragas que trazem problemas a palma de óleo, as larvas desfolhadoras podem danificar plantas de palma de óleo na América do Sul, comprometendo a produtividade da palmeira na região Amazônica (RIBEIRO et al., 2010). As que causam maiores danos à cultura é a espécie *Opsiphanes invirae* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Nymphalidae) por serem muito frequentes em plantios no Norte do Brasil (RIBEIRO et al., 2010).

Com a expansão da palma de óleo de forma intensiva no estado do Pará, fica evidente a necessidade de se realizar cada vez mais trabalhos com o objetivo de trazer soluções para o efetivo controle de *O. invirae*, pois é uma das pragas de maior importância ao cultivo dessa oleaginosa. Em virtude desse fator, há uma extrema necessidade em estudar a distribuição espacial da praga com a utilização da geoestatística que levam em consideração a localização no tempo e espaço.

Estudos sobre a distribuição espacial de insetos são importantes a fim de entender sua biologia em diferentes condições ambientais e as mudanças comportamentais que ocorrem durante as suas fases de desenvolvimento. Além disso, são essenciais para o desenvolvimento de planos de amostragem eficientes e, posterior adoção de métodos de controle (GILES et al., 2000), bem como para o desenvolvimento de estratégias de manejo e redução do uso de agroquímicos de forma incorreta e descontrolada (BLACKSHAW e VERNON, 2006), estudos

esses fundamentais para a implementação de um manejo integrado de pragas (MIP) (GALLO et al., 2002).

Diante disso, do ponto de vista científico, será testada a seguinte hipótese:

A larva de *Opsiphanes invirae* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Nymphalidae) apresenta dependência espacial em palma de óleo;

OBJETIVO GERAL

- Identificar a distribuição espacial e a expansão da larva de *O. invirae* através da geoestatística para caracterizar a dinâmica populacional acerca de como a praga se dissemina em plantios de palma de óleo no município de Moju/PA, visando o estabelecimento posterior de medidas de controle preconizada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cadastrar, georreferenciar e criar um banco de dados das áreas de plantio da palma de óleo na empresa Agropalma S/A;
- Realizar análise comportamental da praga em campo para desenvolver um plano de amostragem eficiente para a cultura da palma de óleo;
- Estabelecer um programa de monitoramento e controle da densidade dessa praga abaixo do nível de dano econômico.

1.1 Revisão de literatura

1.1.1 Importância da palma de óleo

A palma de óleo (*E. guineenses*) é uma palmeira originária da África (Golfo da Guiné), sendo encontrada em povoamentos subespontâneos desde o Senegal até a Angola. No Brasil, foi introduzido no século 17 pelos escravos e adaptou-se bem ao clima tropical úmido (TRINDADE et al., 2005).

Essa espécie é a principal atividade agroindustrial em regiões tropicais úmidas, semelhantes à Amazônia, como a Indonésia, Malásia, Colômbia, parte do Equador e alguns países africanos (FRANQUEVILE, 2003). Os dois principais produtores do mundo com uma produção correspondendo a 86% aproximadamente de óleo são Malásia e Indonésia. Esses últimos países possuíam 31.000 e 19.200 milhões de toneladas, respectivamente em 2013 (USD, 2013).

A palmeira tem vida útil econômica superior a 25 anos e é a oleaginosa cultivada de maior produtividade mundial com rendimentos superando 25 t/ha /ano de cachos (CHIA et al., 2009). O potencial de produção do Brasil pode chegar a até 6 toneladas de óleo/ha/ano, com

tecnologias apropriadas, podendo ser um produtor líder mundial de combustíveis renováveis, especialmente em cenários de aumento dos preços do petróleo e a preocupação com a poluição ambiental (ABDALLA et al., 2008; BROKAMP et al., 2011).

A cultura da pama de óleo vem se destacando pelo aumento da demanda de biocombustíveis no mundo e economicamente, o óleo dessa palma é considerado como a melhor alternativa para produção de biodiesel (AGRIANUAL, 2013) por possuir maior produtividade de óleo vegetal do mundo (MURPHY, 2007). Possui, ainda, alta eficiência na conversão energética e gera, também, subprodutos com uso energético (cascas, fibras e efluentes de usina de processamento de cachos) (LOPES et al., 2008).

É uma cultura perene e apresenta produção contínua ao longo do ano e relativamente pouca sazonalidade proporcionando aos produtores da região amazônica distribuição de renda ao longo do ano, fortalecendo a fixação do homem ao campo e evitando o êxodo rural (CHIA et al., 2009). Do ponto de vista sócio-econômico, além de gerar desenvolvimento, emprego e renda para a região a expansão da cultura poderá promover a recuperação de áreas degradadas na Amazônia, já que esta cultura promove a fixação de carbono em sistemas agrícolas da região.

O potencial de produção da palma de óleo depende também de condições de temperatura média entre 24°C e 28°C, luminosidade superior a 1.800 horas/ano de radiação solar, precipitação pluviométrica superior a 1.800 mm bem distribuída no decorrer do ano (BASTOS et al., 2001). No caso especial da região amazônica que possui condições climáticas próximas da exigida para o cultivo dessa palmeira torna-se a melhor opção neste sentido, além de ser uma cultura com baixo impacto ambiental, se comparado a outras culturas oleaginosas, como a soja (SALES, 2011).

1.1.2 Produção, perspectivas e potencial de produção da Amazônia

A palma de óleo foi introduzida na região amazônica em meados 1942, por Francisco Coutinho de Oliveira, então chefe do Campo Agrícola Lira Castro, responsável pela Seção de Fomento Agrícola do Estado do Pará, ligado ao Ministério da Agricultura, através de sementes provenientes de palmeiras subespontâneas da Bahia. Em 1968, deu-se início ao projeto de cultivo planejado de responsabilidade da então Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM, em convênio com o *Institut de Recherches pour les Huiles et Oleagineux* – IRHO (HOMMA et al., 2000).

Essa cultura então surge como promissora economicamente viável para o desenvolvimento da região Amazônica, o então projeto piloto implantou 1.500 hectares de palma de óleo no Estado do Pará, que foi fortalecido com a implantação da DENPASA em

1970, substituída pela razão social AGROPALMA em 1990 (HOMMA e FURLAN JÚNIOR, 2001).

Atualmente, o Pará é o líder nacional na produção de palma de óleo estando à maior área plantada na região amazônica, com aproximadamente 50.206 hectares estabelecidos (SAGRI, 2013). Isto se deve a fatores peculiares a região Amazônica, como condições edafoclimáticas favoráveis, relativa proximidade dos mercados consumidores e condições favoráveis de escoamento da produção (ENRÍQUEZ et al., 2003).

A região Amazônica possui também a maior área disponível para expansão da palma de óleo no mundo (CHIA et al., 2009). O Zoneamento Agroecológico da palma de óleo (ZAE), lançado em 2010 pelo Governo Federal, regulamentou a utilização de áreas antropizadas propícias à cultura liberando para o cultivo 31,8 milhões de hectares no Brasil (MAPA, 2010).

Os novos plantios estimados para a cultura da palma de óleo, dentro da nova política de governo de expansão dessa cultura, visam o aproveitamento de grandes faixas de áreas degradadas, sobretudo na mesorregião do Nordeste Paraense englobando principalmente os municípios de Tailândia, Tomé-Açu e Mojú, surgindo como fator condicionante à redução do desmatamento de florestas nativas e aumento do reflorestamento de áreas até então degradadas por pastos não mais utilizados pela pecuária na Amazônia (HOMMA et al., 2000).

Neste sentido, a perspectiva de novo ciclo econômico na Amazônia, baseado na produção de óleo encontra-se atualmente impulsionado basicamente pela escalada dos preços internacionais. Com uma oferta atual pouco superior a 275 mil toneladas de óleo anuais, o país é apenas o 9º nesse ranking - historicamente dominado pela Indonésia e Malásia, mas sua área potencial para o cultivo da palma de óleo é a maior do mundo (USDA, 2011).

Apesar de a maior parte da produção nacional se localizar no Pará, ainda há a necessidade de se aumentar bastante a área plantada para que se possa suprir essa crescente demanda. O consumo mundial está na faixa dos 56.471 milhões de ton/óleo anuais e vem crescendo em aproximadamente dois milhões de toneladas anualmente (USDA, 2013). Essa crescente demanda reflete na elevação dos valores do óleo, por exemplo, o preço pago pela tonelada de óleo de palma no porto Holandês de Roterdã, que era de aproximadamente US\$ 478 em 2006, chegou a US\$ 835 em novembro de 2013 (USDA, 2013). Esses dados demonstram o imenso potencial de expansão da cultura na Amazônia e pode promover a geração de empregos junto com o desenvolvimento do setor.

Durante quase três décadas, apenas a empresa Agropalma S/A, no nordeste do Pará, se dedicou mais intensamente a plantar e extrair o óleo. Com faturamento de 650 milhões de reais em 2009, a Agropalma respondeu por 70% da produção nacional, de 235 mil toneladas.

Seduzidos pelos atributos do óleo, outras companhias, investidores e o próprio governo brasileiro estão buscando mudar esse cenário. Por exemplo, a Vale do Rio Doce, associada à outra empresa brasileira, a Biopalma, investirá 500 milhões de dólares para participar desse mercado potencial. A mineradora irá plantar 130 mil hectares de palmeiras no nordeste do Pará até 2014 (HERZOG, 2013).

A Petrobrás também começou a plantar palma no Pará. O plano da estatal é ter na região 74 mil hectares. A Petrobrás tem como sócia a empresa portuguesa de energia Galp, que pretende vender na Europa o diesel de fonte renovável produzido. E grandes empresas do agronegócio têm planos semelhantes para investir nessa palmeira (HERZOG, 2013).

1.1.3 Problemas fitossanitários na palma de óleo

O estado do Pará, nos últimos anos vem aumentando a área plantada com a palma de óleo. A expansão dessa cultura trará muitos benefícios econômicos e sociais para a região. Entretanto, há um grande entrave para expansão da cultura em determinadas regiões do Estado, pois de acordo com Medeiros e Sano (1988) o cultivo da palma de óleo também está sujeito a surtos populacionais de pragas, se constituindo, muitas vezes, como fator limitante.

Segundo Tokeshi (2000) quando se domestica a planta iniciasse o cultivo em condições diferentes, em monocultura, por exemplo, acontece a destruição do ecossistema original, a microflora e a fauna benéfica que protegiam a planta. Esta destruição cria condições para o surgimento de grandes epidemias de pragas da atualidade. No Brasil, áreas agrícolas cada vez maiores são manejadas e exploradas em regime de monocultura, representando ecossistemas ecologicamente diferentes daqueles da vegetação natural ou dos policultivos, o que favorece a adaptação das espécies-praga (ZANUNCIO et al., 1994).

Dentre outras pragas que são prejudiciais em palma de óleo, as larvas de lepidópteros são danosas podendo danificar as palmeiras e, na América do Sul em especial, comprometem a produtividade dessa cultura, principalmente na região Amazônica (RIBEIRO et al., 2010). Uma das principais causadoras de danos à cultura é a *O. invirae* por serem muito frequentes em plantios no Norte do Brasil (RIBEIRO et al., 2010). Porém o controle dessa espécie com produtos químicos ainda não é utilizado legalmente no Brasil, e o uso indevido vem causando problemas ambientais e socioeconômicos (ZEDDAM et al., 2003).

1.1.4 Caracterização da lagarta-desfolhadora-das-palmeiras: *O. invirae*

O gênero *Opsiphanes* é de grande importância econômica no cultivo da palma de óleo e requer um monitoramento contínuo de suas populações. O rápido aumento de sua população ocorrem em um curto período ocasionando desfolha significativa que pode chegar a 90% nas áreas afetadas (GONZALEZ et al., 2006).

Devido ao hábito desfolhador das larvas, os tratamentos devem visar em particular os adultos, por isso, é indispensável informações antecipadas como uma amostragem eficiente para determinar como a praga está distribuída na área de plantio, para saber o estado de emergência e o desenvolvimento dos estágios imaturos, especialmente larvas dessa praga (LEVERDIER e GENTY, 1988).

1.1.5 Distribuição geográfica

Essa espécie de larva está distribuída por toda a parte setentrional das Américas do Sul e Central (LEPESME, 1947). Porém tem sido encontrada com maior frequência em plantios comerciais na América do Sul (CHINCHILLA, 2003). No Brasil, *O. invirae* está presente em quase todos os Estados (FERREIRA et al., 1998), mas, no Pará, só foi constatada em 2003.

1.1.6 Descrição biológica de *O. invirae*

Ovos: São depositados nos folíolos, individualizados, e após eclosão elas se alimentam destes folíolos (FERREIRA et al., 1998; SOUZA et al., 2000; LEMOS e BOARI, 2010).

Larva: É de cor verde-clara brilhante, com duas listras finas longitudinais amarelas-claras ao longo do corpo, cujo abdômen termina por dois prolongamentos caudais, sua cabeça é cor-de-rosa com dois cornos cefálicos em forma de espinho (NAKANO, 2011). As larvas vivem na face inferior dos folíolos junto à nervura central.

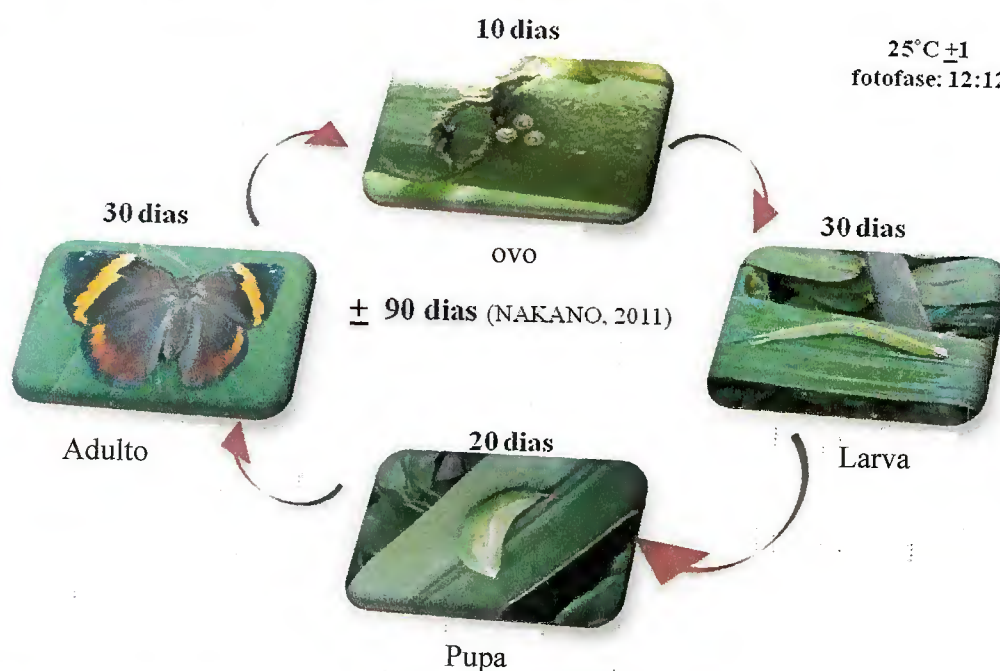
Pupa: A crisálida, inicialmente, é verde-clara brilhante, depois se torna marrom com listras transversais e longitudinais rósea-ferrugem. Não possui nenhuma proteção externa em seu corpo, quando está para empupar permanece dependurada em algum ponto da planta, até a emergência do adulto, principalmente nos folíolos próximo ao estipe (NAKANO, 2011).

Adulto: É uma borboleta cujas asas anteriores são negras, com uma faixa larga amarela na parte mediana e duas pontuações da mesma cor na parte superior.

De acordo com estudos de Nakano (2011), o ciclo evolutivo completo (**Figura 1**) é de, aproximadamente, 90 dias desde o período de incubação dos ovos (10 dias), período larval (30

dias), período pupal (20 dias) até a fase adulta (30 dias) (em temperatura de 25°C e fotofase de 12:12).

Figura 1 - Ciclo biológico (ovo, larva, pupa e adulto) de *O. invirae*



Fonte: Ricardo Salles Tinôco

1.1.7 Sintomas e danos causados pela larva

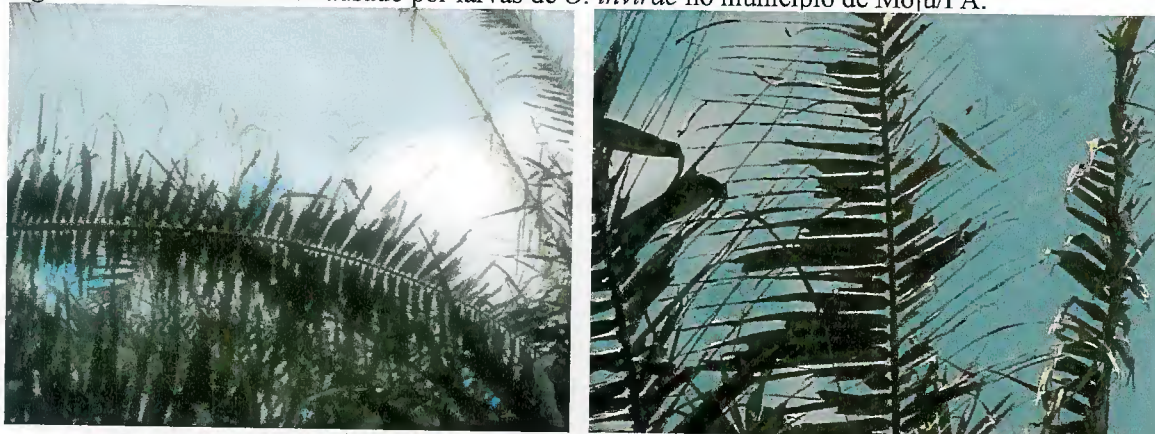
Segundo Lemos e Boari (2010), a fase que apresenta maiores prejuízos para a palma de óleo é a larva (**Figura 2**), pois apenas uma pode consumir até 800 cm² de folha, quando atacada, apresenta grande parte dos folíolos destruídos desordenadamente em virtude da alta avidez dessas larvas (**Figura 3**) provocando um desfolhamento intenso.

Figura 2 - Larvas de *O. invirae* se alimentando em palma de óleo no município de Moju/PA.



Fonte: Carla Pará.

Figura 3 - Desfolhamento causado por larvas de *O. invirae* no município de Moju/PA.



Fonte: Carla Pará.

Essas larvas causam grandes danos retardando o desenvolvimento das palmeiras adultas, interferindo também na transpiração e fotossíntese pela redução da área foliar e dependendo do grau de desfolhamento pode provocar a morte da palmeira (LEMOS e BOARI, 2010).

Com a expansão da palma de óleo de forma intensiva no Estado do Pará, fica evidente a necessidade de se realizar cada vez mais trabalhos com o objetivo de trazer soluções para o efetivo controle de *O. invirae*, pois é uma das larvas desfolhadoras de maior relevância ao cultivo dessa oleaginosa na região.

1.1.8 Monitoramento

É essencial manter um plano de amostragem atualizado da situação da praga e seus inimigos naturais na área de cultivo, para se ter maior domínio do manejo das populações de pragas (MEXZON e CHINCHILA, 1991). Portanto, antes de qualquer coisa é necessária uma intervenção para se conhecer os níveis populacionais no plantio (LE VERDIER e GENTY, 1988).

Loria et al. (2000 a,b) demonstraram que os adultos de *Opsiphanes* spp. podem ser capturados em armadilhas construídas a partir de sacos plásticos transparentes. Isto, juntamente com fortalecimento do controle biológico e um bom manejo das plantações pode manter esta praga abaixo do nível de dano econômico.

A armadilha (**Figura 4**) é simples, econômica e permite aprisionar um grande número de borboletas sem provocar danos para os insetos benéficos, uma vez que não há utilização de

inseticidas. A armadilha consiste de um saco de plástico transparente com as dimensões de 100 cm de altura e 60 cm de largura.

Figura 4 - Armadilha utilizada para a captura de adultos de *O. invirae*



Fonte: GONZÁLEZ et al., 2006.

A entrada da armadilha é mantida parcialmente aberta, por um laço de arame dispostas em forma oval, por onde as borboletas podem entrar, enquanto dobram suas asas e caindo dentro do mesmo e por causa do padrão de voo alterado característico dessa espécie, nenhuma é capaz de escapar.

Se coloca a suspensão atrativa feita com 1 litro de melaço originalmente desenvolvido por Loria et al. (2000a,b) dentro da armadilha com um recipiente transparente de 250 ml de plástico, que contém 100 ml do atrativo (melaço). Isto é vantajoso, pois além de ser eficiente, de fácil preparação e a obtenção dos seus componentes no comércio é acessível.

As armadilhas são suspensas no estipe da planta, com a entrada a uma altura aproximada de 150 cm do solo. São realizadas inspeções periódicas para a constatação da ocorrência dessa praga e a avaliação dos danos causados pela mesma em intervalos de sete dias (GONZALEZ et al., 2006).

1.1.9 Geoestatística no estudo da distribuição espacial de pragas

Quando esses insetos-praga atingem níveis populacionais que causam danos econômicos, um dos aspectos importantes para o correto emprego da aplicação de medidas de

controle é a determinação da distribuição espacial, tornando-se essencial, para tanto, a escolha da técnica e da malha de amostragem (GREGO et al., 2006).

Estudos sobre a distribuição espacial de insetos é importante a fim de entender sua biologia em diferentes condições ambientais e as mudanças comportamentais que ocorrem durante as suas fases de desenvolvimento. Esses conhecimentos sobre a distribuição espacial das populações de insetos também são essenciais para o desenvolvimento de planos de amostragem eficientes e, posterior adoção de métodos de controle (GILES et al., 2000).

A geoestatística tem sido aplicada com êxito para estudar a distribuição espacial e danos em várias espécies de insetos (WRIGHT et al., 2002; DINARDO-MIRANDA et al., 2007). Essa técnica se fundamenta no princípio de que a diferença no valor de uma variável, em dois locais da área em estudo, é dependente da distância entre esses, e modelam as relações de um fenômeno no espaço (GARCIA et al., 2006).

A diferença básica entre a estatística clássica e a geoestatística é que o primeiro assume que os valores das amostras são independentes espacialmente, enquanto que o último utiliza valores de amostras correlacionadas ou dependentes no espaço (JOURNEL e HUIJBREGTS, 1978).

Essa técnica verifica a influência da dependência espacial da variável, através do ajuste de semivariogramas e da interpolação dos dados por krigagem, e tem sido uma ferramenta muito utilizada para estabelecer planos de amostragem de pragas o que é fundamental para o entendimento de suas inter-relações com as plantas (ELLSBURY et al., 1998).

A base teórica da geoestatística foi desenvolvida, nos anos 50 e 60, como um método para caracterização e interpolação de padrões espaciais de reserva de ouro (ISAACS e SRIVASTAVA, 1989).

Começou na África do Sul, pelo engenheiro de minas Daniel G. Krige e o estatístico H.S. Sichel, que desenvolveram empiricamente uma técnica própria de estimativa para o cálculo de reservas minerais, a qual posteriormente recebeu tratamento formal por G. Matheron, no início dos anos 60 do século passado, na França, o qual nomeou como geoestatística, para o estudo das chamadas variáveis regionalizadas, ou seja, variáveis com condicionamento espacial (LANDIM, 2006).

Conforme Farias et al. (2003) no começo da década de 90, começaram a ser desenvolvidas tecnologias e princípios para manejar as variabilidades espaciais e temporais associadas com os aspectos da produção agrícola. Essas variações espaciais estudadas através de técnicas geoestatísticas que permitem elaborar mapas e delimitar áreas de manejo diferenciadas (FARIAS et al., 2002a).

Portanto, há necessidade de se identificar o grau dessa dependência, e gerar um mapa preciso das variáveis analisadas, como por exemplo, a dinâmica populacional de pragas. Neste contexto, estudos que envolvam a dependência espacial nas amostragens de pragas necessitam do uso de métodos que levam em consideração a posição da unidade experimental no espaço, e dentre estes, a geoestatística é a mais utilizada (LEAL et al., 2010).

1.1.10 Geoestatística na avaliação dos dados

De acordo com Libardi (1986) na estatística clássica as amostras são coletadas ao acaso e na geoestatística os locais de amostragem são pré-definidos pela malha de amostragem. O autor relata ainda, que nos dois tipos de coleta pode-se calcular a média e a variância, porém, somente com a técnica da geoestatística, que considera a dependência espacial entre as medidas, obtêm a estrutura da variância evidenciando aspectos não disponíveis por outros métodos.

A análise geoestatística é adequada para ajustar modelos de semivariogramas aos dados obtidos e, a partir do modelo mais adequado, são construídos mapas de dependência espacial (LEAL et al., 2010).

**2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE *Opsiphanes invirae* HÜBNER, 1818
(LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) EM PALMA DE ÓLEO NA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

2.1 Introdução

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma palmeira originária da Costa Ocidental da África. No Brasil adaptou-se bem ao clima (TRINDADE et al., 2005). A vida útil econômica dessa palmeira é superior a 25 anos e é a oleaginosa cultivada de maior produtividade mundial com rendimentos de 4 a 6 toneladas de óleo/ha/ano no Brasil (CAMILLO et al., 2009).

O óleo dessa palma é considerado como a melhor alternativa para produção de biodiesel (AGRIANUAL, 2013) e possui, ainda, alta eficiência na conversão energética e gera subprodutos (LOPES et al., 2008). O Brasil pode ser um produtor líder mundial de combustíveis renováveis, especialmente em cenários onde ocorre o aumento dos preços do petróleo e a preocupação com a poluição ambiental (ABDALLA et al., 2008; BROKAMP et al., 2011).

Atualmente, o Estado do Pará é o líder nacional na produção de palma de óleo com uma produção de 907.063 ton/ano⁻¹ (em coco) com aproximadamente 50.206 hectares estabelecidos (SAGRI, 2013). Entretanto, essa produção pode ser afetada por problemas fitossanitários, se constituindo como fator limitante (MEDEIROS e SANO, 1988). Um desses problemas é o aparecimento de insetos praga, como a lagarta-desfolhadora-das-palmeiras *Opsiphanes invirae* Hürber, 1818 (Lepidoptera: Nymphalidae).

O ataque de *O. invirae* é muito frequente em plantios no Norte do Brasil, comprometendo a produtividade da palma de óleo na região Amazônica (RIBEIRO et al., 2010). Segundo Lemos e Boari (2010) apenas uma larva pode consumir até 800 cm² de folha, quando atacado, podendo ocasionar desfolha significativa capaz de chegar a 90% nas áreas afetadas (GONZALEZ et al., 2006) provocando a morte da palmeira.

Com a expansão da palma de óleo de forma intensiva no Estado do Pará, fica evidente a necessidade de se realizar cada vez mais trabalhos com o objetivo de trazer soluções para o efetivo controle. Em virtude desse fator, há uma necessidade em avaliar os níveis de infestação dessa praga e a geoestatística pode fornecer informações valiosas sobre a dependência espacial desses indivíduos dentro da área (FRANK et al., 2011).

Estudos sobre a distribuição espacial de insetos é importante a fim de entender sua biologia em diferentes condições ambientais e as mudanças comportamentais que ocorrem. Além disso, é essencial para o desenvolvimento de planos de amostragem eficientes e, posterior adoção de métodos de controle (GILES et al., 2000), para infestações atuais e infestações futuras bem como para a redução do uso de agroquímicos de forma incorreta e descontrolada (BLACKSHAW e VERNON, 2006).

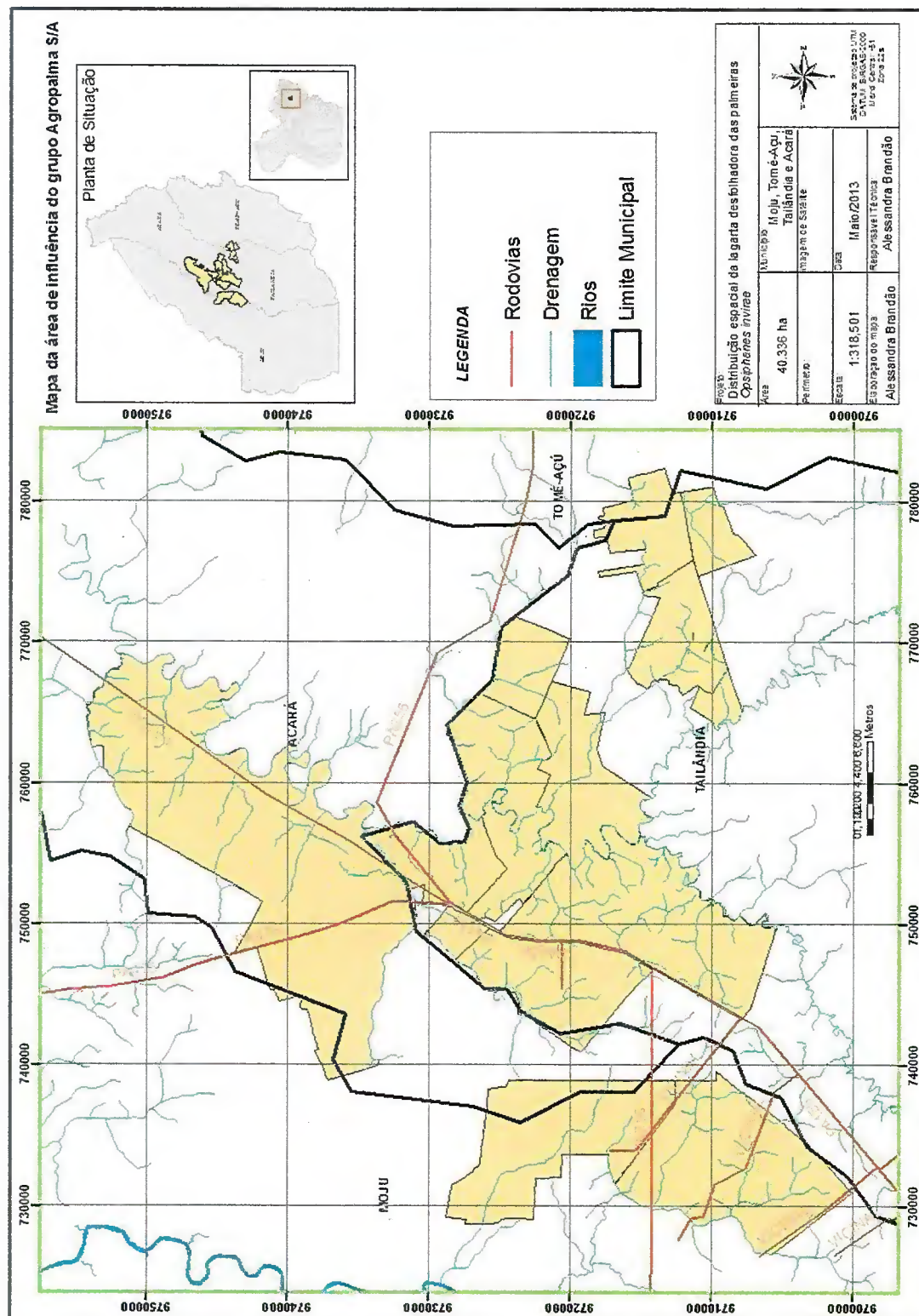
Dessa forma, este trabalho teve como objetivo identificar a distribuição espacial e a expansão das larvas de *O. invirae* através da geoestatística para caracterizar a dinâmica populacional acerca de como a praga se dissemina em plantios de palma de óleo no município de Moju/PA, no Nordeste Paraense, visando o estabelecimento posterior de medidas de controle preconizada.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Localização da área de atuação da empresa Agropalma S/A

As áreas de influência da empresa Agropalma S/A estão localizadas nos municípios de Tailândia, Moju, Acará e Tomé-Açu (**Figura 5**), aproximadamente 150 km de Belém; mesorregião do nordeste paraense compreendendo as coordenadas geográficas: DATUM SIRGAS 2000 02° 35' 34" de latitude Sul, 48° 44' 41" de longitude Oeste de Greenwich (sede da empresa), apresentando solo do tipo Latossolo Amarelo, textura argilosa, clima tipo Af, segundo a classificação de Köppen (KÖPPEN e GEIGER, 1928), com os maiores índices de pluviosidade de janeiro a maio e os menores de agosto a novembro. A área está cultivada com cerca de aproximadamente 50 mil hectares de palma de óleo produzindo, com predominância de vários genótipos (90%) plantados em espaçamento de triângulo equilátero 9m x 9m x 9m.

Figura 5 - Mapa de localização e área de atuação da empresa Agropalma S/A nos municípios de Moju, Acará, Tailândia e Tomé-Açu.



2.2.2 Localização da área de estudo e amostragem das plantas atacadas

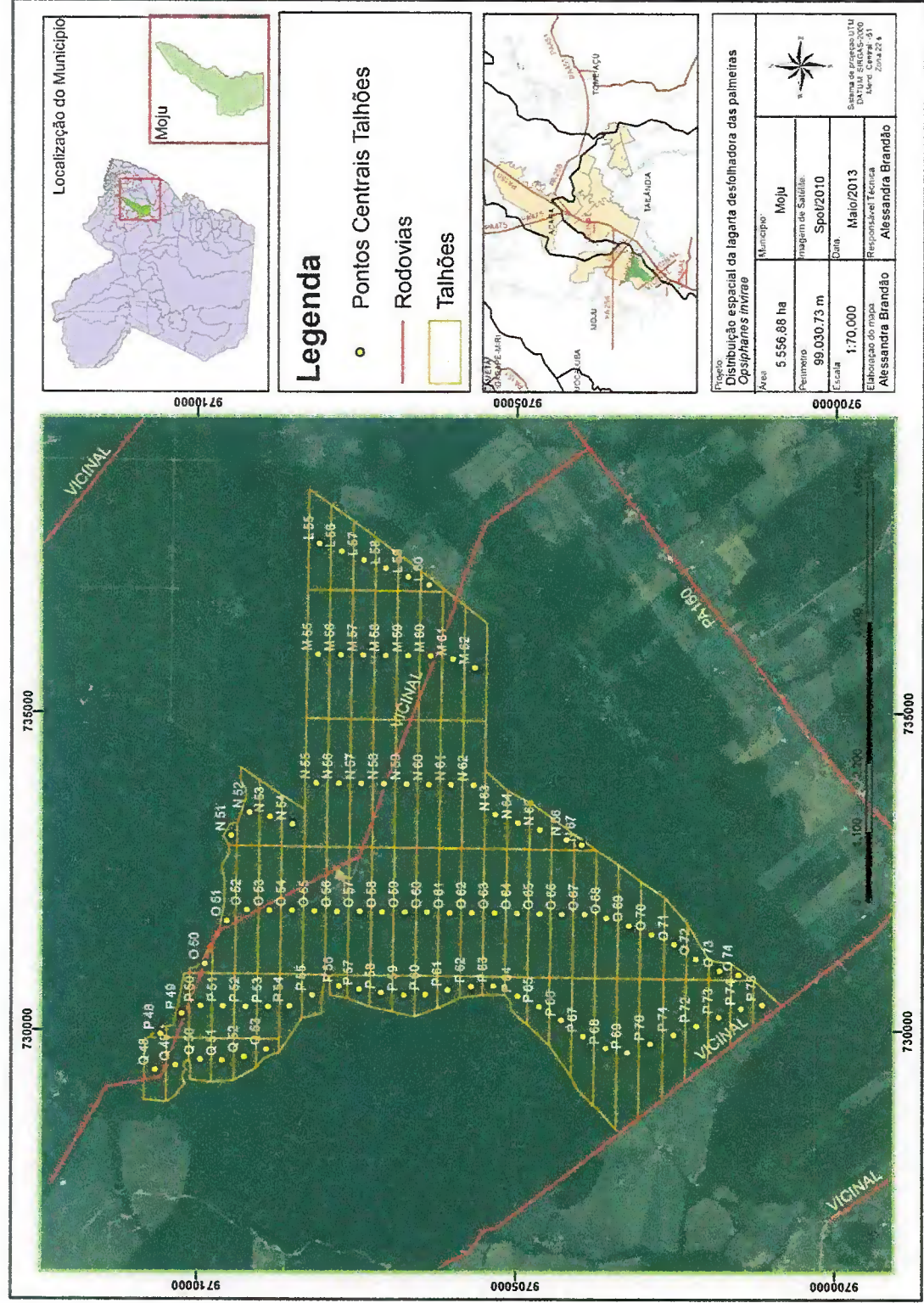
A pesquisa foi desenvolvida no departamento IV AMAPALMA da empresa Agropalma S/A (**Figura 6**) em talhões de palma de óleo. Para construção do banco de dados para a análise geoestatística do trabalho, foram utilizadas planilhas de amostragem da própria empresa, nas quais foi possível determinar a quantidade de larvas encontradas por parcela em cada inspeção periódica, no período compreendido entre 2008 a 2012.

A amostragem da larva desfolhadora das palmeiras realizada de acordo com a empresa Agropalma S/A é conduzida da seguinte maneira: todos os talhões são avaliados, onde são amostrados 10% das plantas de cada talhão, procurando a presença da larva na 17ª folha (onde geralmente são encontradas), observando também a parte abaxial das folhas onde se encontram todas as fases imaturas da praga.

As unidades amostrais para estudar a distribuição espacial e temporal da larva, foram compostas por 89 talhões cultivados com palma de óleo com idade entre 13 e 15 anos, baseando-se na localização e quantidade de larvas encontradas por parcela ou talhão. Essas parcelas contam com níveis de incidência do ataque distintos a fim de facilitar a comparação de resultados.

Os talhões receberam os tratos culturais (adubação, coroamento, aplicação de herbicidas) e fitossanitários recomendados à cultura (MAPA, 2010). Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos a partir da estação automática presente no próprio departamento IV Amapalma durante o período de avaliação do trabalho.

Figura 6 - Área do plantio, no município de Moju, com indicação dos talhões selecionados para o estudo. Imagem: Sensor SPOT 5, 2010.



2.2.3 Georreferenciamento da área experimental

A coleta das coordenadas constituiu a partir dos talhões selecionados onde foram feitas as amostragens da praga. As parcelas foram georreferenciadas com a utilização do GPS (rino530HCx), fabricado pela Garmin. Esse modelo, cujo uso consiste principalmente a usuários terrestres e náuticos, possui características predominantes, pois seu sistema de acesso e operação de tarefas é igual, ou semelhante, a outros receptores.

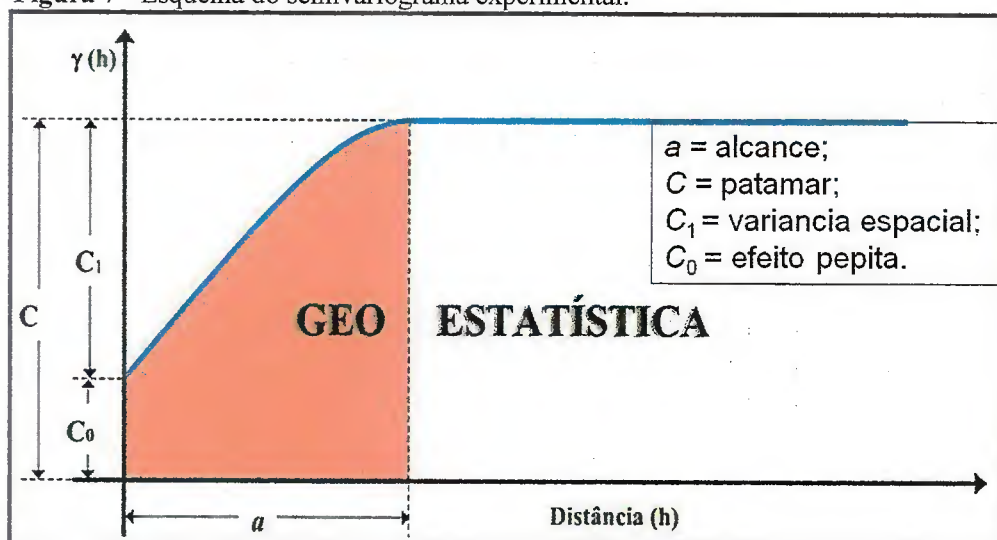
Determinou-se as coordenadas do centro de cada parcela transformadas para o sistema UTM (Universal Transversa de Mercator), seguindo o sistema das coordenadas retangulares segundo a metodologia de Farias et al. (2003) conforme a (Figura 6).

2.2.4 Análise geoestatística

Para a análise da distribuição espacial da praga utilizou-se a geoestatística, a partir da modelagem de semivariograma e confecção de mapas de krigagem. A quantidade de larvas por parcela foi considerada a variável regionalizada Z , que pode variar continuamente no espaço geográfico. Desta forma, cada amostra se obteve o valor da variável e a coordenada Universal Transversa de Mercator - UTM central da parcela onde foi coletada.

A etapa mais importante da geoestatística é a construção do semivariograma que informa o tipo e a forma da dependência espacial e, segundo Vieira et al. (1983) fornece dados para construção dos mapas. É um gráfico da semivariância em função da distância, ou seja, é uma função que relaciona a semivariância com o vetor distância (Figura7).

Figura 7 - Esquema do semivariograma experimental.



Fonte: Guerra (1988).

O semivariograma é uma função crescente com a distância h , desde que, em média, quanto maior a distância que ambas as amostras estiverem uma da outra, maiores serão as diferenças entre os seus valores. Esta afirmação fornece um conceito preciso da zona de influência de uma amostra (DINIZ, 1997).

O semivariograma é definido por três parâmetros: o patamar ($C_0 + C_I$), o efeito pepita (C_0) e o alcance (a).

Alcance ou *range* (a): distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente; ou segundo Bettini (2007) o alcance ocorre a partir do qual a covariância se anula e o semivariograma atinge o patamar, ou seja, à medida que a distância entre os pares aumenta, a variabilidade tenderá a aumentar até atingir um determinado nível.

Patamar (C): é o valor do semivariograma que representa o seu alcance. Ele tem importância, pois limita a dependência espacial, ou seja, para Camargo (2007), deste ponto em diante não existe mais dependência espacial entre as amostras.

Variância Espacial (C_I): Representa as diferenças espaciais entre os valores de uma variável tomada em dois pontos separados por distâncias cada vez maiores.

Efeito Pepita ou *nugget effect* (C_0): Para distância igual a zero ($h=0$), o semivariograma deveria apresentar variabilidade nula. Entretanto, há uma variância não explicada ou ao acaso, frequentemente causada por erros de medições de microvariações não detectadas pela escala de amostragem (VIEIRA, 2000) que causam uma descontinuidade na origem do semivariograma, denominado de efeito pepita. Assim, quanto menor o efeito pepita, mais forte será a dependência espacial de um atributo (VIEIRA et al., 1983).

Foram definidos os parâmetros referentes aos semivariogramas elaborados: o patamar, a variância espacial, o efeito pepita e o alcance através da estimação segundo a equação a baixo (Equação 1).

A construção do semivariograma baseou-se conforme Vieira et al. (1983) pela equação:

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

Onde $N(h)$ é o número de pares experimentais de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i + h)$, separados por um vetor h . O gráfico de $\gamma^*(h)$ versus os valores correspondentes de h , é função da distância (h), sendo, portanto, dependente na magnitude e direção da distância (FARIAS et al., 2002b).

A partir daí, foram ajustados aos dados os modelos de semivariogramas, seguindo a metodologia utilizada por Van de Lande e Zadoks (1999). Os principais modelos são:

1. Modelo Esférico

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

$$\gamma(h) = C_0 + C_1, h \geq a. \quad (2)$$

O modelo esférico é obtido selecionando-se os valores do efeito pepita, C_0 , e do patamar, C_1 , depois se passando uma reta que intercepte o eixo y em C_0 e seja tangente aos primeiros pontos próximos de $h=0$. Essa tangente cruzará o patamar à distância, $a'=2/3a$. Assim, o alcance, a , será $a=3a'/2$.

Os métodos geoestatísticos têm sido utilizados para caracterizar a distribuição espacial de insetos pelos entomologistas que estudam a dinâmica de população (BARRIGOSSI et al., 2001). Vários pesquisadores encontraram o modelo matemático esférico como o mais adequado para descrever o comportamento de semivariogramas de atributos de plantas. Neste o patamar e o alcance são claramente identificados e geralmente o efeito pepita é pequeno em relação a este patamar (LAMPARELLI et al., 2001).

2. Modelo Exponencial

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp \left(-3 \frac{h}{d} \right) \right], 0 < h < d. \quad (3)$$

Onde d é a máxima distância na qual o semivariograma é definido. Uma diferença fundamental entre o modelo exponencial e o esférico é que o exponencial atinge o patamar apenas assintoticamente, com alcance prático definido como a distância na qual o valor do modelo é de 95% do patamar (ISSAKS e SRIVASTAVA, 1989) enquanto que o modelo esférico o atinge no valor do alcance.

3. Modelo Gaussiano

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp \left(-3 \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right) \right], 0 < h < d. \quad (4)$$

Este modelo apresenta um alcance extenso e o patamar é semelhante ao modelo exponencial. No entanto, o que caracteriza esse modelo é o seu ponto de inflexão próximo à origem. Esse modelo é pouco representativo para insetos.

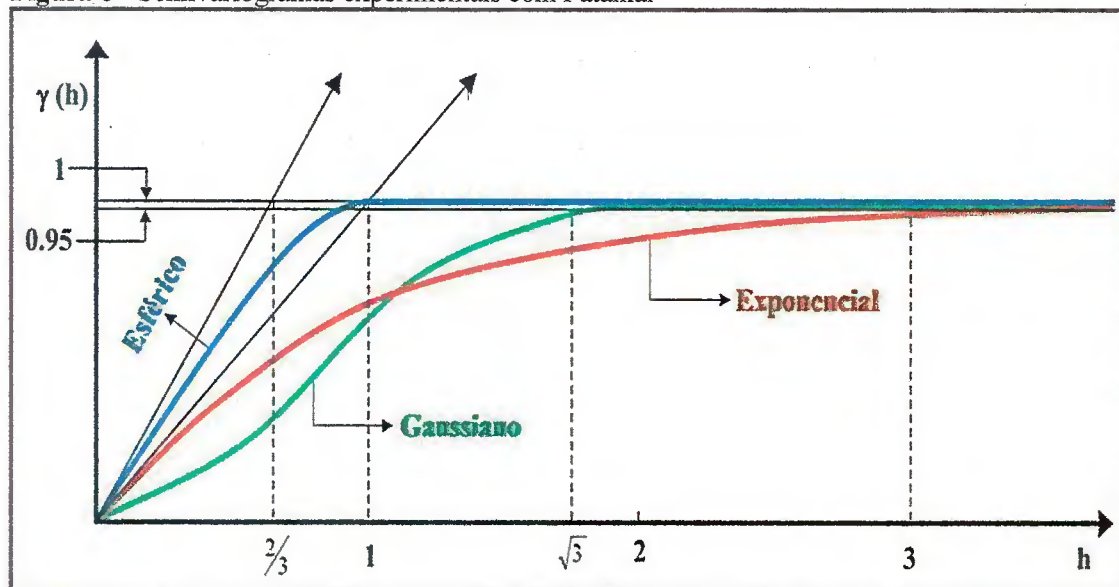
4. Modelo Aleatório (Efeito Pepita Puro)

$$\gamma(h) = C, \text{ para qualquer } h. \quad (5)$$

À medida que aumenta a descontinuidade na origem do semivariograma, mais aleatório é o fenômeno que originou a variável em análise (FARIAS et al., 2002a).

Nos modelos com patamar testados (**Figura 8**), percebe-se que para uma mesma distância h , os três modelos apresentam variações diferentes (eixo $\gamma[h]$), ou de outra forma, as distâncias onde a tangente na origem intercepta o patamar são diferentes.

Figura 8 - Semivariogramas experimentais com Patamar



Fonte: Adaptado de Rendu (1978).

Utilizando-se os parâmetros definidos no ajuste do semivariograma (C_0 e C_1) foi calculado o Índice de Dependência espacial (IDE) proposto por Zimback (2001) que determina quanto da variância espacial está presente na variância total da amostra, representado por IDE , pela relação de $(C_1/(C_1+C_0))$. Os valores obtidos foram classificados em forte dependência espacial se $IDE > 0,75$, moderada dependência espacial se $0,25 \leq IDE \leq 0,75$ e fraca dependência espacial se $IDE < 0,25$.

2.2.5 Krigagem

Nesse trabalho o interesse está também na estimação de valores em pontos não amostrados, para se obter um detalhamento da área que vai além do permitido pela amostragem. Neste caso, é preciso lançar mão de um interpolador (preditor) dentre os existentes na literatura (FARIAS et al., 2002b). O mais utilizado é a krigagem para estimar valores nos locais não amostrados e, além disso, é um estimador linear não enviesado. Segundo Molin e Silva Junior (2003) a krigagem pondera os valores dos pontos vizinhos ao ponto a ser estimado obedecendo aos critérios de não tendenciosidade e de variância mínima.

Portanto, para a elaboração do mapa de krigagem e, posterior avaliação do estudo, foi necessário interpolar os pontos amostrados para a obtenção de uma estimativa, dada pela seguinte equação:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i). \quad (6)$$

Onde N é o número de vizinhos medidos, $Z(x_i)$, utilizados na estimativa da propriedade e λ_i são os ponderadores aplicados a cada $Z(x_i)$, que são selecionados de modo que a estimativa não seja tendenciosa (FARIAS et al., 2003).

Uma vez determinados os valores para os locais não amostrados com a ajuda da técnica da krigagem, foram construídos mapas de isolinhas, que emprega os mesmos valores estimados pela krigagem para determinação e localização das isolinhas, conforme descrito por Siqueira et al. (2008). Esses mapas representam melhor visualmente a infestação da praga na área de estudo.

2.2.6 Programa utilizado nas análises

Para elaboração e ajustes dos semivariogramas e também a confecção dos mapas de krigagem utilizou-se o software Surfer 11.0 para Windows pela facilidade de utilização, formatação e elaboração gráfica.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Densidade populacional da praga na área

Para se compreender a dinâmica espacial e temporal de desfolhadores praga, é necessário analisar um período mínimo de acordo com ciclo biológico da espécie, assim como o tamanho das populações de adultos e larvas na área e nas parcelas ao entorno (BATARDEN et al., 2007; TRNKAA et al., 2007; FRANK et al., 2011). O ataque da larva de *O. invirae* na planta acontece em todas as partes da folha da palmeira, mas as larvas mostram uma preferência pela região média superior (GENTY et al., 1978; ALDANA et al., 1999).

Os resultados encontrados para a densidade populacional de *O. invirae* variou de 3 a 23.431 larvas encontradas por inspeção durante o período de 5 anos de avaliação. O período de infestação das larvas concentrou-se principalmente nos anos de 2008, 2009 e 2010 do período avaliado (**Tabela 1**), com populações variando de 65 a 23.431 larvas, representando em torno de 10,11% a 86,52% das parcelas avaliadas atacadas (**Tabela 1**), respectivamente. Os autores Zenner e Posada (1992) determinaram um desfolhamento artificial e os resultados foram

semelhantes ao encontrado e confirmaram que uma desfolha de 50% ocasiona perdas na produção de 43% e de 17% no primeiro e segundo ano, respectivamente.

Para Zenner e Posada (1992) os níveis toleráveis de um desfolhador em palma de óleo estão perto 6,25% e 17% quando eles ocorrem no topo e na região inferior da coroa, respectivamente. Porém, os prejuízos causados por esta larva podem ser maiores que 50% na produção e a recuperação das plantas atacadas pode precisar de até dois anos.

Tabela 1 - Número total de larvas de *O.invirae* em palma de óleo, número de parcelas amostradas, número de parcelas atacadas e nível de infestação observados entre 2008 a 2012 no município de Moju/PA.

Ano/inspeção	Nº total larvas	Nº parcelas amostradas	Nº parcelas atacadas	Nível infestação (%)
2008				
1º - Fev	9420	76	25	32,89
2º - Abr	158	77	24	31,17
3º - Jun	320	69	42	60,87
4º - Jul	906	65	41	63,08
5º - Out	117	68	11	16,18
6º - Nov	442	76	23	30,26
2009				
1º - Jan	65	76	9	11,84
2º - Mar	6176	75	60	80,00
3º - Mai	23431	77	77	100,00
4º - Set	11188	77	74	96,10
5º - Out	3744	77	71	92,21
6º - Nov	17650	79	73	92,41
2010				
1º - Jan	3811	61	58	95,08
2º - Mar	10332	79	78	98,73
3º - Jul	6813	71	54	76,06
4º - Set	174	76	25	32,89
2011				
1º - Jul	53	71	24	33,80
2º - Set	6	77	4	5,19
3º - Nov	10	76	10	13,16
2012				
1º - Jan	4	98	4	4,08
2º - Mar	8	70	3	4,29
3º - Abr	5	39	4	10,26
4º - Mai	6	77	3	3,90
5º - Jul	3	75	2	2,67
6º - Set	9	74	4	5,41

(%) = (Nº parc. Atacadasx100)/Nº parc. Amostradas

O número de parcelas atacadas (NPA) também variou durante o período de avaliação na área, apresentando-se altos valores nos três primeiros anos de avaliação, sendo encontrado em algumas avaliações valores acima de 40% das parcelas analisadas infestadas pela praga na área, por exemplo, os meses de junho de 2008 (42 parcelas), maio de 2009 (77 parcelas) e março de 2010 (78 parcelas) representando 47,19%, 86,52% e 87,64%, respectivamente, de acordo com a **Tabela 1**. Um dos fatores que pode explicar esse resultado alto para o número de parcelas

atacadas pode ser a grande quantidade de sobreposições de gerações do inseto nesse período, já que não se fazia controle aplicado, pois essa cultura é perene e esse fator facilita a permanência da praga o ano todo nas áreas de plantio.

Na área de estudo o NPA pela larva variou de 2 a 78 nas amostragens realizadas o que representa 2,25% a 87,64% dos talhões avaliados na área (**Tabela 1**). O baixo valor de parcelas atacadas pela larva e, conseqüentemente o baixo número de larvas encontradas nos anos de 2011 e 2012, ocorreu devido ao controle biológico aplicado realizado a partir de 2011 nos talhões da empresa.

O controle biológico aplicado utilizado pela empresa Agropalma consiste quando se observa nas amostragens valores igual ou acima de 10 larvas/planta na parcela recomenda-se aplicar pulverizações de *Bacillus thuringiensis* (via terrestre: 1,20p.c/ha) quando as larvas ainda estão se alimentando (LEMOS e BOARI, 2010). Esse fator desfavorável ao desenvolvimento da larva nos dois últimos anos de avaliações, pode provavelmente ter contribuído para essa diminuição no NPA. (**Tabela 1**).

2.3.2 Distribuição espacial de *O. invirae*

Na análise geoestatística, a dependência espacial, da variável regionalizada, quantidade de larvas encontradas por parcela foi estudada por meio de semivariogramas, e todas as avaliações tiveram melhor ajuste ao modelo esférico, apresentando o maior coeficiente de determinação em relação aos outros modelos testados (**Tabela 2**). Resultados semelhantes foram encontrados por Ifoulis e Savopoulou-Soultani (2006) que analisaram a distribuição espacial de larvas *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) no Norte da Grécia e concluíram que quase 100% da variável obteve melhor adequação ao modelo esférico em comparação aos outros modelos testados.

Durante os 5 anos de avaliação estudados não houve ajuste dos dados ao modelo efeito pepita puro. Este fato justifica a ocorrência de uma relação de dependência espacial entre as parcelas. Os parâmetros dos semivariogramas ajustados podem ser observados na **Tabela 2**.

Em seguida, com os semivariogramas elaborados dos 5 anos de inspeções (**Figuras 9, 10, 11, 12 e 13**) pode-se observar o tamanho da distribuição espacial obtido por meio dos valores do alcance, que também representa o raio de agregação da praga na área, os quais apresentaram um alcance que variou de 1,00 a 4,40 km. Esses resultados indicaram que houve formação de reboleiras das larvas encontradas nas palmeiras no campo sendo esses valores dependentes da época de maior ou menor quantidade de larvas encontradas nas parcelas.

Percebe-se ainda que nos anos de 2011 e 2012, a variação espacial e o alcance dos modelos esféricos são menores em quase todas as avaliações do que no período de 2008 a 2010 (Tabela 2). Esse resultado reflete, provavelmente, a aplicação do controle biológico com *B. thurigiensis* a partir de 2011 e altos valores de precipitação pluviométrica que pode ter contribuído para a redução da infestação da praga. Alves et al. (2011) encontraram resultados semelhantes quando estudaram a dinâmica populacional da larva do bicho-mineiro em Lavras, Minas Gerais, Brasil, e observaram uma redução da variação espacial e do alcance nas avaliações do ano de 2007 para o modelo esférico ajustado em relação aos anos de 2005 e 2006, provavelmente, pela aplicação de produtos químicos em dezembro de 2006 e fevereiro de 2007 e altos valores de precipitação pluviométrica.

Tabela 2 - Dependência espacial de *O. invirae*, parâmetros do semivariograma ajustados aos modelos, coeficiente de determinação (R^2) e parâmetro k para análise geoestatística em talhões da empresa Agropama S/A no município de Moju, PA, no período entre 2008 a 2012.

Ano/inspeção	Parâmetros de semivariograma			Área Alcance (km²) ^a	Modelo	R²	K ^b	Dependência Espacial
	C ₀	C ₁	I (km)					
2008								
1° - Fev	70.000	52.200	1,32	5,47	Esférico	0,97	0,43	Moderada
2° - Abr	0,00	55	3,70	42,99	Esférico	0,97	1,00	Forte
3° - Jun	9,00	45	1,57	7,74	Esférico	0,91	0,83	Forte
4° - Jul	0,00	428	1,08	3,66	Esférico	0,94	1,00	Forte
5° - Out	0,00	29	2,40	18,09	Esférico	0,97	1,00	Forte
6° - Nov	10	190	1,98	12,31	Esférico	0,98	0,95	Forte
2009								
1° - Jan	3,10	4,40	3,30	34,19	Esférico	0,98	0,59	Moderada
2° - Mar	7.000	38.800	1,54	7,45	Esférico	0,91	0,85	Forte
3° - Mai	30.000	159.000	1,62	8,24	Esférico	0,97	0,84	Forte
4° - Set	0,00	47.000	2,18	14,92	Esférico	0,93	1,00	Forte
5° - Out	300	1.850	2,40	18,09	Esférico	0,79	0,86	Forte
6° - Nov	25.000	43.000	2,50	19,62	Esférico	0,89	0,63	Moderada
2010								
1° - Jan	520	2.640	2,85	25,51	Esférico	0,99	0,84	Forte
2° - Mar	4.000	18.000	3,20	32,15	Esférico	0,99	0,82	Forte
3° - Jul	0,00	38.000	1,35	5,72	Esférico	0,96	1,00	Forte
4° - Set	0,00	34	2,05	13,20	Esférico	0,83	1,00	Forte
2011								
1° - Jul	0,70	1,05	2,99	28,07	Esférico	0,96	0,60	Moderada
2° - Set	0,00	0,14	1,86	10,86	Esférico	0,93	1,00	Forte
3° - Nov	0,02	0,10	1,99	12,44	Esférico	0,96	0,84	Forte
2012								
1° - Jan	0,02	0,03	4,40	60,79	Esférico	0,97	0,56	Moderada
2° - Mar	0,08	0,22	1,86	10,86	Esférico	0,80	0,73	Moderada
3° - Abr	0,00	0,24	1,00	3,08	Esférico	0,96	1,00	Forte
4° - Mai	0,00	0,14	1,54	7,45	Esférico	0,72	1,00	Forte
5° - Jul	0,02	0,07	1,40	6,15	Esférico	0,83	0,78	Forte
6° - Set	0,18	0,41	3,22	32,56	Esférico	0,88	0,71	Moderada

^aCalculado por $\pi \cdot r^2$, onde $\pi = 3,14$ e $r = a$.

^bRelação entre $C_1/(C_0 + C_1)$.

Figura 9 - Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2008, no município de Moju, PA.

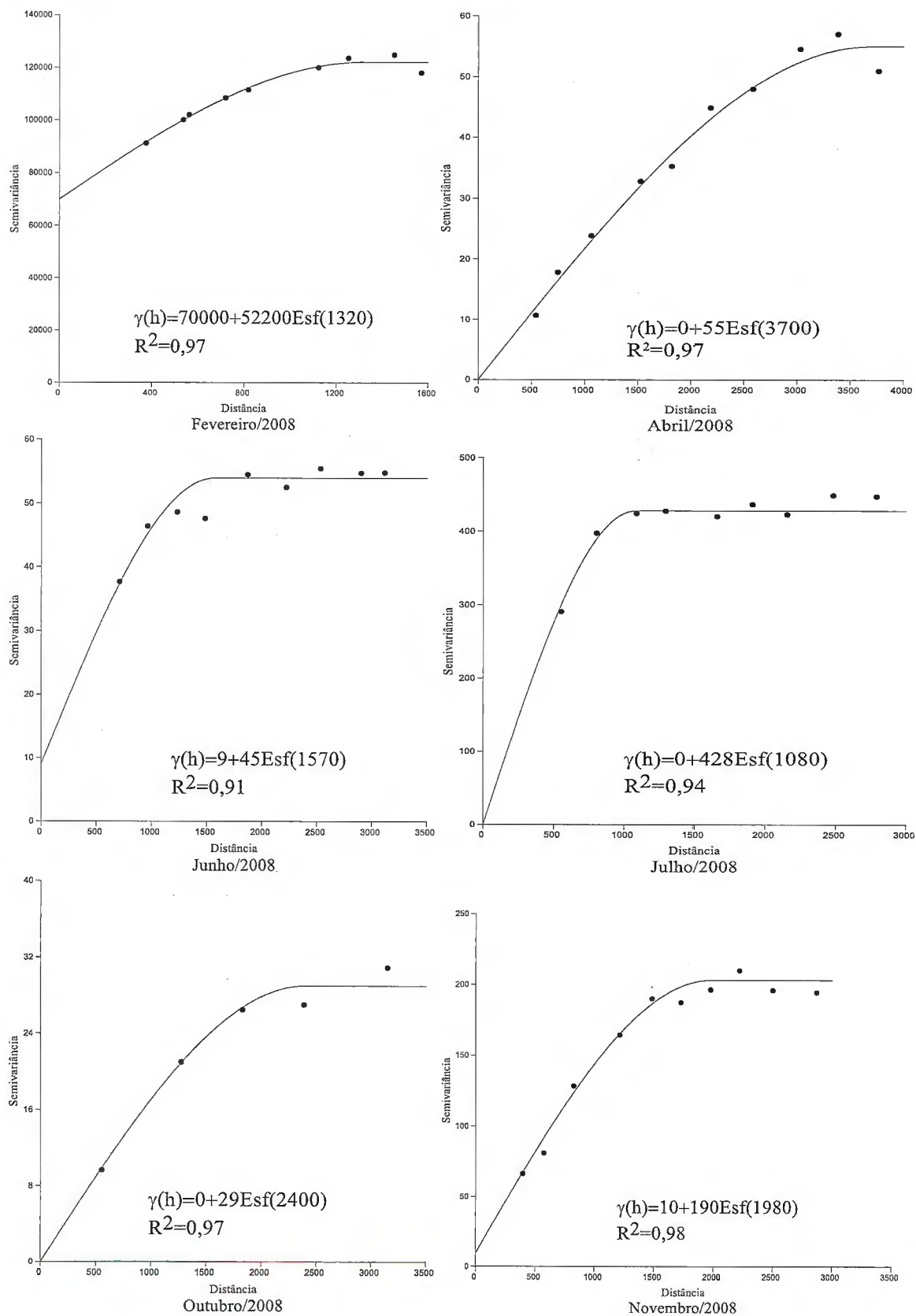


Figura 10 - Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2009, no município de Moju, PA.

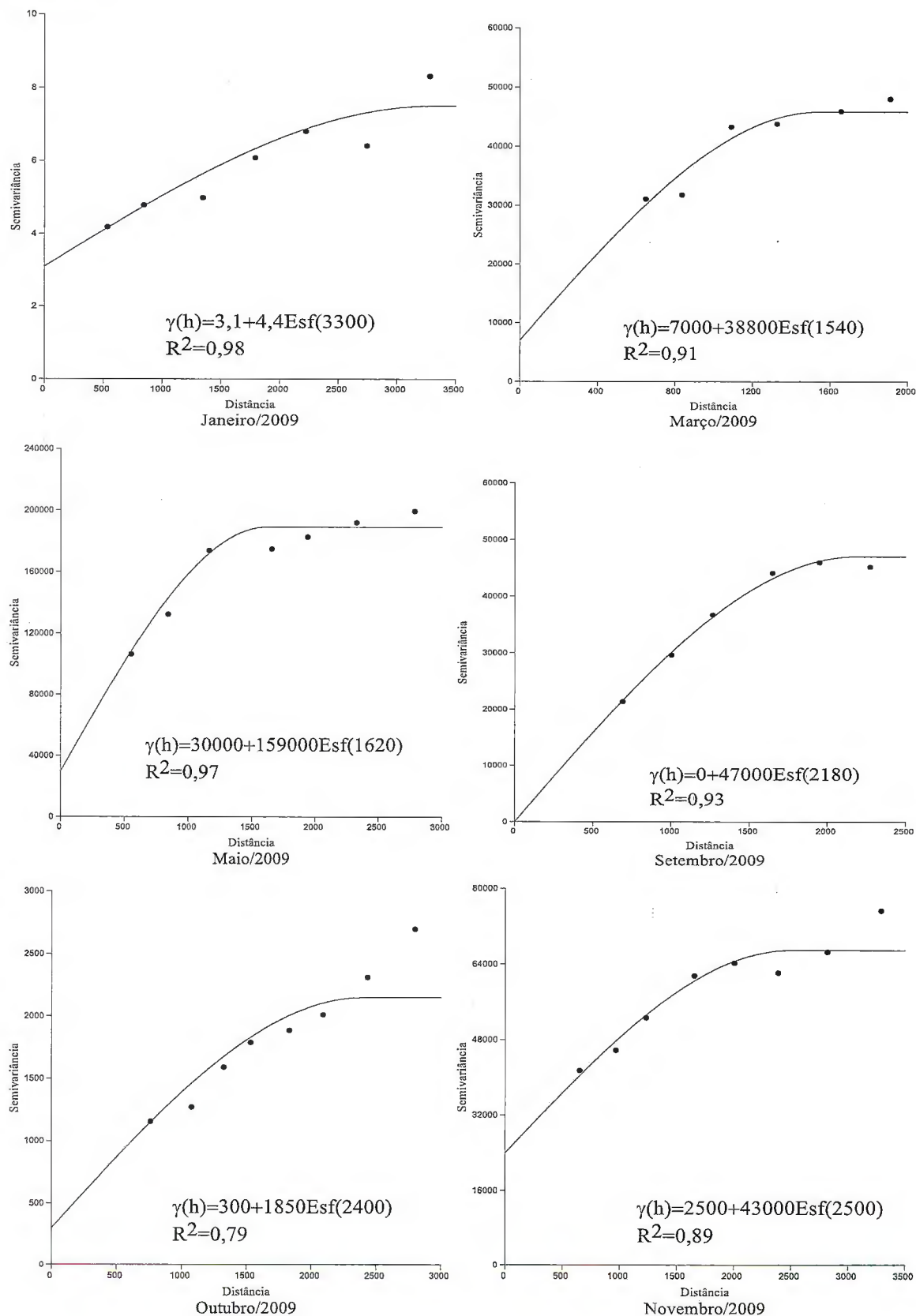


Figura 11 - Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2010, no município de Moju, PA.

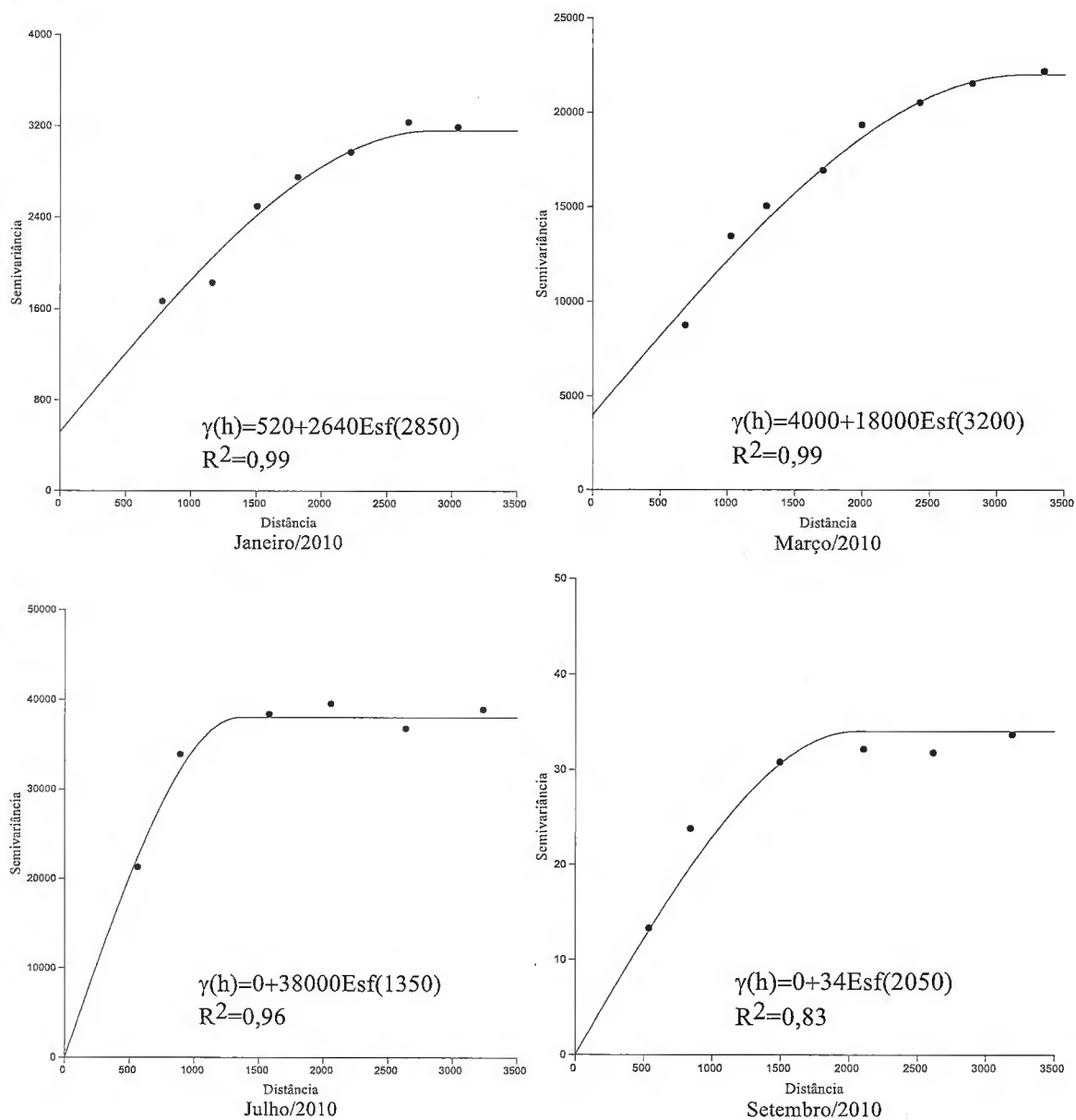


Figura 12 - Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2011, no município de Moju, PA.

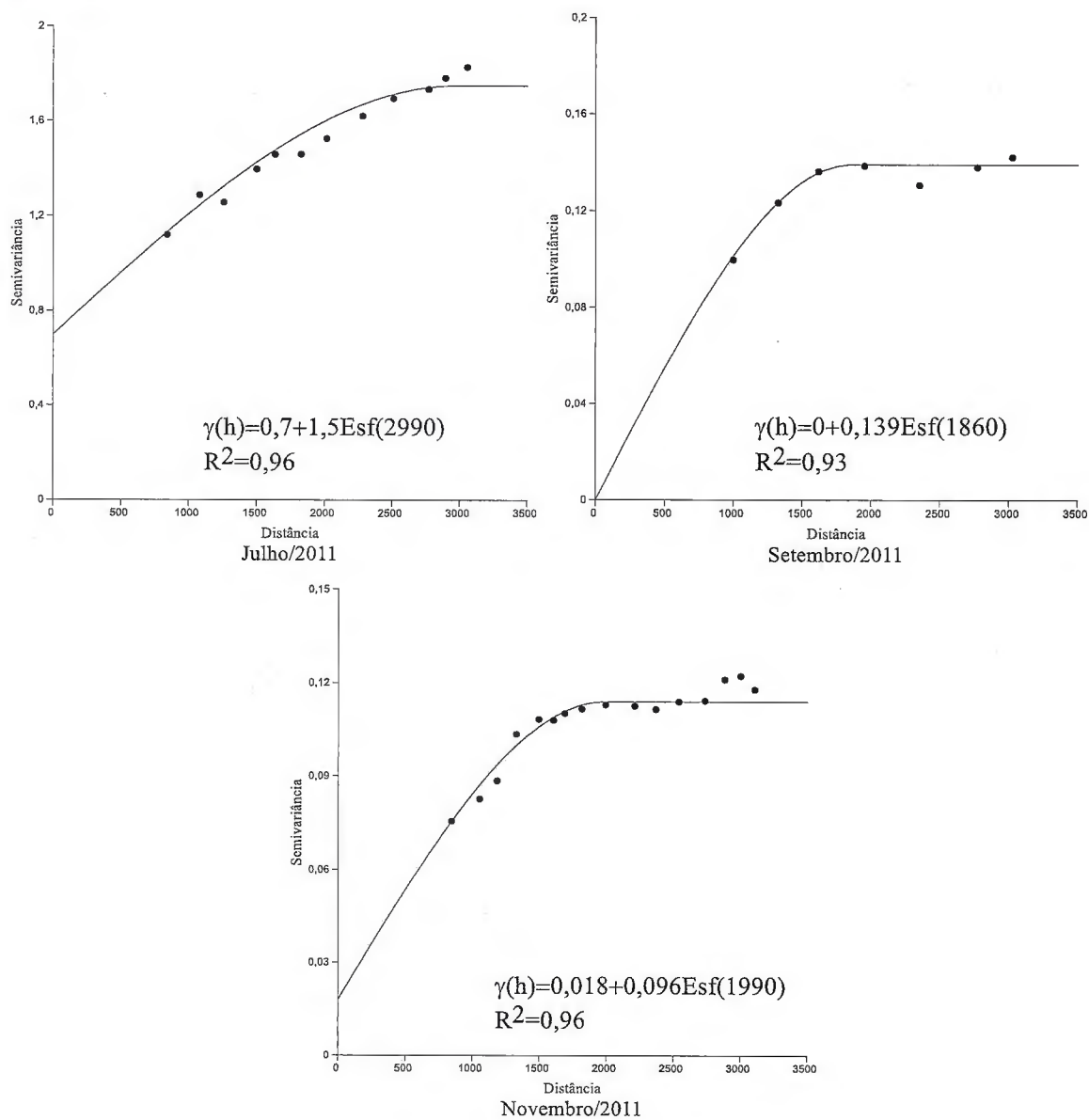
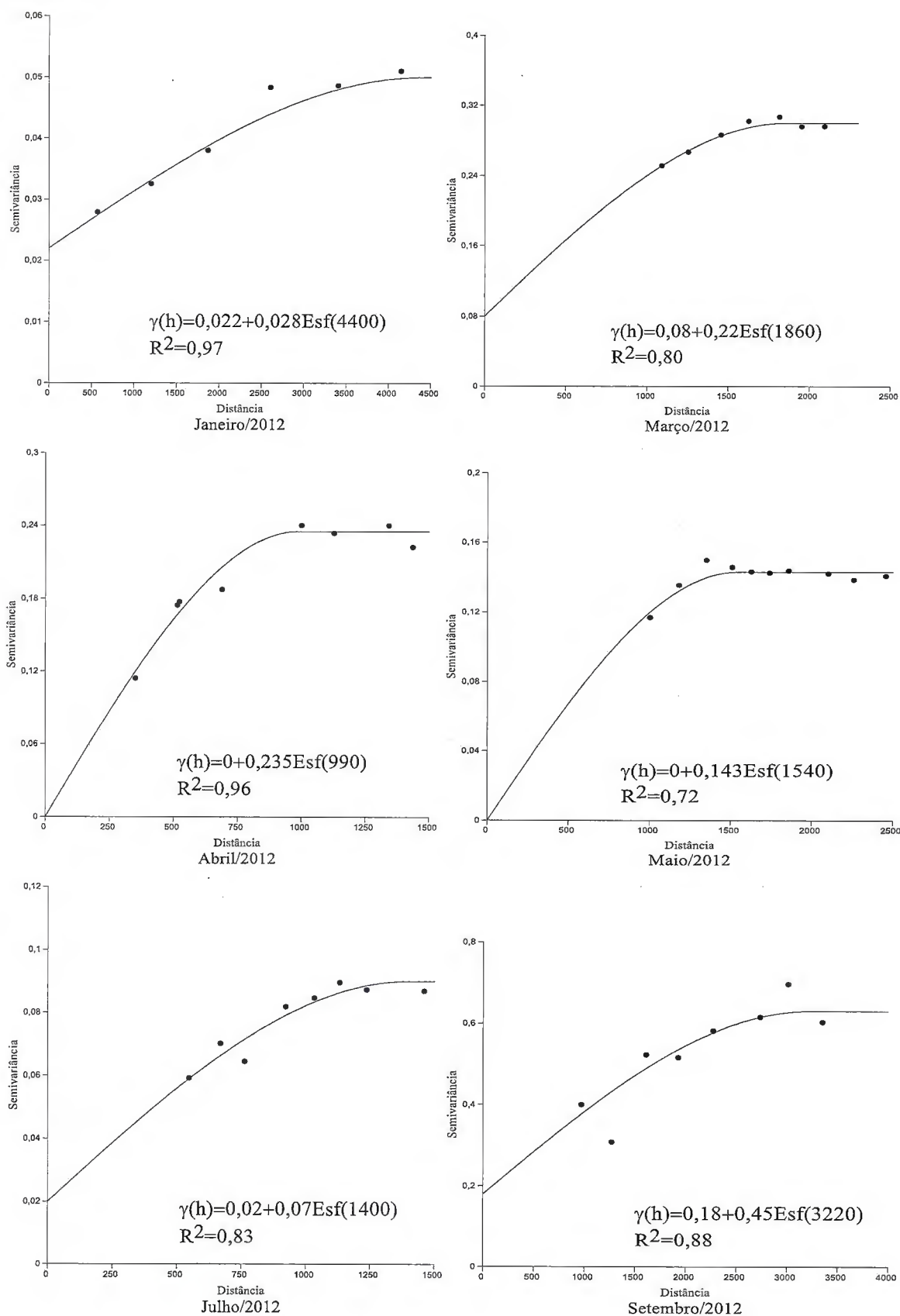


Figura 13 - Semivariogramas das parcelas ajustados aos modelos no período de 2012, no município de Moju, PA.



O raio de agregação das parcelas infestadas com a larva no campo (**Tabela 2**) é muito importante, pois fornece o alcance da dependência espacial, que possibilita fazer uma análise do progresso da praga no campo em relação ao intervalo de inspeção. A partir do raio de agregação das parcelas foi estimada a área de influência de uma parcela atacada para as vizinhas e esta variou de 3,08 a 60,79 km².

Outro parâmetro importante a ser considerado, obtido através do semivariograma é o índice de dependência espacial k , estimado pela relação $C_I/(C_I+C_0)$, segundo classificação proposta por Zimback (2001) que indica o tipo e a forma de distribuição da praga na área. Os resultados obtidos na área variaram de 0,43 a 1,00, apresentando dependência espacial moderada a forte respectivamente, evidenciando que a dependência espacial é de extrema importância quando se deseja estudar a larva de *O. invirae* e a mesma não pode ser desconsiderada em estudos de dinâmica populacional.

A **Tabela 2** mostra que os valores do efeito pepita estão sempre perto de zero e a relação $C_I/(C_I+C_0)$ na maioria das avaliações é sempre maior do que 0,75. Esse fato evidencia que a variação apresentada é decorrente da variável estudada (quantidade de larva encontrada por parcela).

Nos anos de 2011 e 2012 os coeficientes de determinação encontrados foram menores quando ocorreram surtos da praga em menos de 15% nas parcelas amostradas. Porém a análise geoestatística mostrou dependência espacial forte e altos valores para o parâmetro k nesses anos. Estes resultados podem ser explicados considerando que os poucos locais infestados foram muito próximos, dando uma alta confiabilidade para a estimativa (**Tabela 2**).

Vários trabalhos utilizaram a geoestatística para estudar a distribuição espacial de pragas em plantas de interesse econômico e tiveram resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo. Cocco et al. (2010) avaliaram a distribuição espacial da população da mariposa cigana *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae) utilizando geoestatística e observaram que o raio de agregação da praga em campo variou de 18,53 a 52,20 km apresentando distribuição agregada.

Foram elaborados ainda mapas de krigagem para melhor visualização da dispersão e intensidade da praga na área (**Figura 15, 16, 17, 18 e 19**). Notou-se através dos mapas um comportamento agregado dessa espécie, nos quais é possível visualizar a distribuição em manchas ou “reboleiras” de infestação. Tal observação concorda com o exposto por Alves et al. (2011) que analisaram a variação espacial da larva do bicho-mineiro em café e concluíram que a larva se distribui de maneira agregada no campo e o modelo que melhor se ajustou a todas as avaliações foi o esférico. Dal Prá et al. (2011) também estudaram a

distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus* e os mapas da distribuição demonstraram o comportamento agregado dessa espécie, nos quais é possível visualizar em manchas ou “reboleiras” de infestação em determinados locais da área.

Observou-se nesse período de 5 anos de avaliação que as primeiras infestações na área houve um visível progresso da praga inicialmente aparecendo na fronteira das parcelas, perto de outros blocos ou áreas abertas, como por exemplo, neste caso pastos abandonados, mas raramente no meio da área. Esse resultado concorda com o exposto por Luciano e Prota (1995) que áreas abertas podem reduzir a presença de parasitóides e predadores que são importantes na regulação da praga no campo por manterem essas pragas em níveis baixos por períodos mais longos na área. Além disso, Klemola et al. (2010) afirmaram que as flutuações populacionais de pragas são comumente atribuídas a interações tróficas como predadores, parasitoides e entomopatógenos que podem diminuir o nível da população de suas presas.

Logo em algumas avaliações também ficou evidente o início dos focos de infestações de *O. invirae* nas parcelas próximas às matas (2008 – abril e novembro, 2009 – janeiro e março, 2010 – janeiro e março, 2011 – novembro e 2012 – julho e setembro) constatando que essas matas em torno das parcelas funcionam como áreas de refúgio para essa praga. Pois para Miler e Straile (2010) o desempenho dessas pragas em flutuações anuais tem sido relacionado a alterações na composição de plantas hospedeiras (HAUKIOJA, 2005; MASSEY et al., 2008). Onde esses insetos procuram áreas de refúgio em determinadas épocas do ano para sobreviverem quando se sentem ameaçadas (ou em condições adversas) e depois retornam para a planta hospedeira.

Analisando os mapas de krigagem percebe-se que houve tendência de expansão da praga de parcela para parcela dentro da área estudada, que ficou bem evidente principalmente nos meses de setembro, outubro e novembro do ano de 2009, provavelmente causada devido o toque das copas das palmeiras, podendo ter favorecido a praga e, além disso, a dispersão também aconteceu no mesmo sentido do vento, sendo este outro fator agravante (**Figuras 15 e 16**). Confirmando que a distribuição agregada é que melhor se ajusta ao comportamento dessa praga, pois essas se disseminam primeiramente de um foco de infestação e, posteriormente se espalham por todo o campo.

Outro fator importante observado que contribuiu para a diminuição da quantidade de *O. invirae* encontrada na área nos anos de 2011 e 2012 foi o controle biológico aplicado, podendo ser notado nos mapas, pois houve a formação de poucas “reboleiras” em relação aos anos anteriores, porém o ataque foi bastante concentrado em focos na fronteira da área estudada.

Figura 14 - Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2008 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.

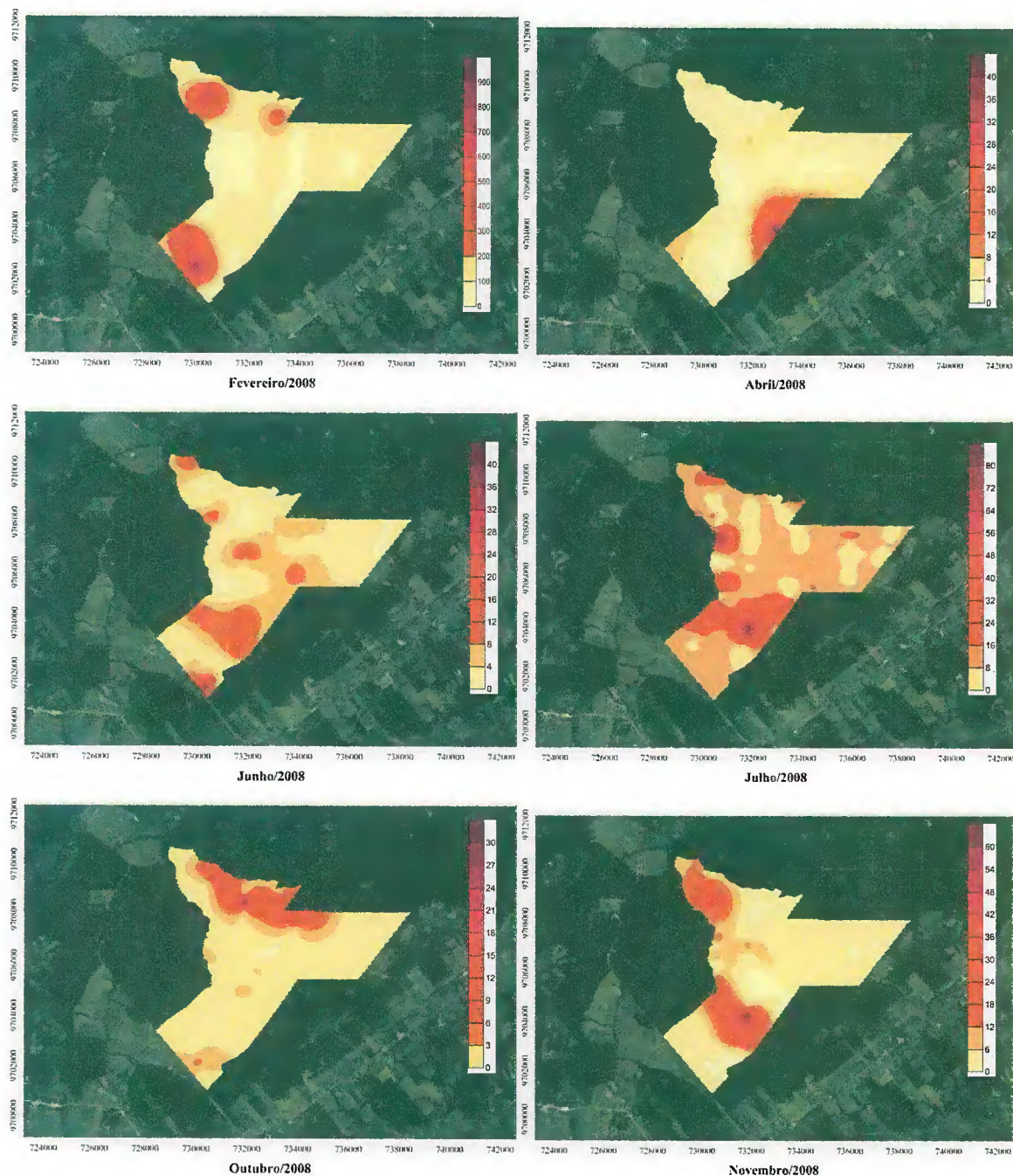


Figura 15 - Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2009 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.

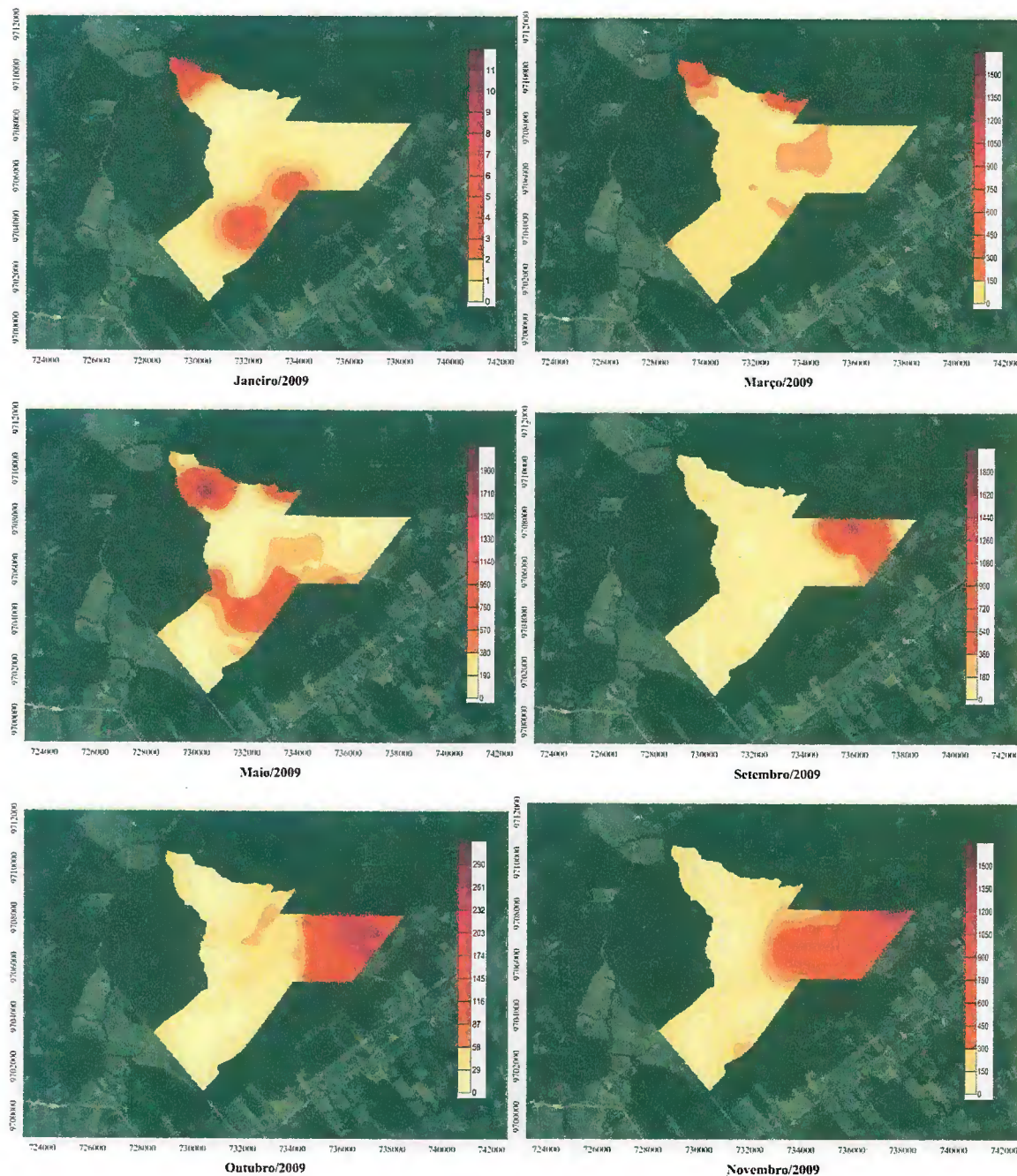


Figura 16 - Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2010 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.

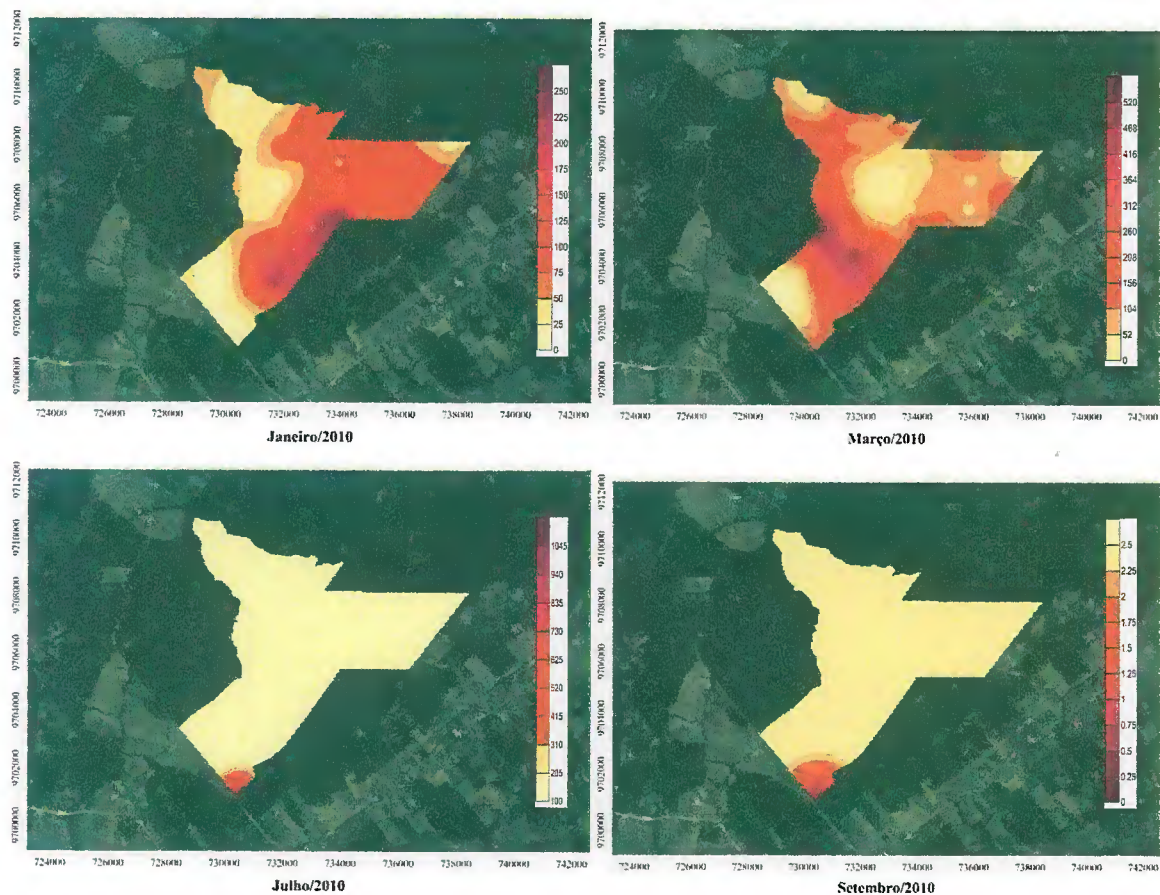
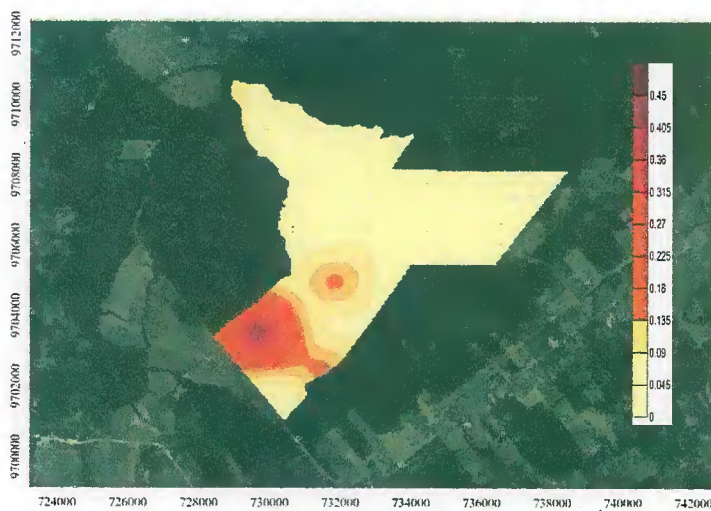


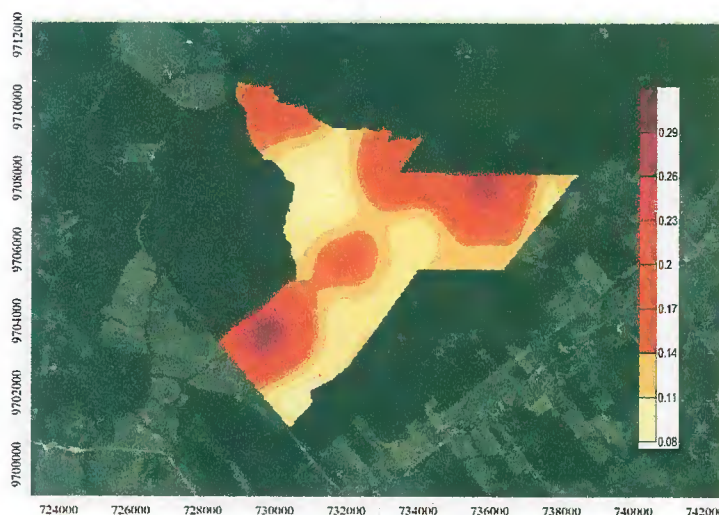
Figura 17 - Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2011 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.



Julho/2011

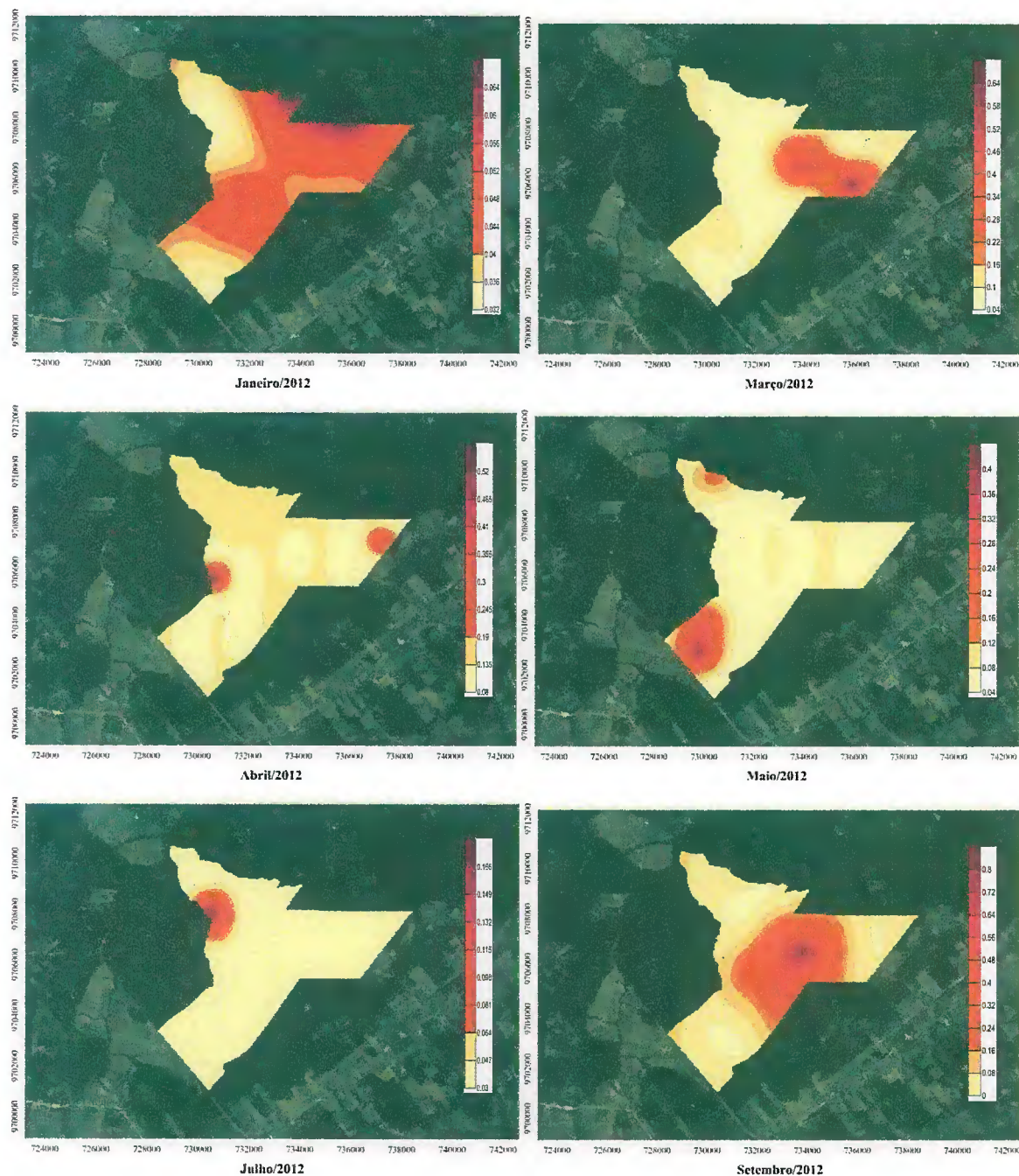


Setembro/2011



Novembro/2011

Figura 18 - Mapa de incidência de parcelas atacadas na área no ano de 2012 no município de Moju/PA. Áreas em tons de laranja e vermelho indicam a presença da praga na parcela e em amarela ausência.



O manejo integrado de pragas (MIP) é praticado nos plantios de palma de óleo da empresa Agropalma S/A envolvendo diferentes táticas de controle, sendo as pragas controladas por métodos comportamentais, mecânicos e biológicos. Por isso, os resultados encontrados como o tipo e forma de distribuição espacial, esférico e em reboleiras, respectivamente, poderão auxiliar o manejo integrado e o monitoramento de *O. invirae*, pois como o raio de agregação alcançou valor máximo de 4,40 km quando for encontrada uma parcela atacada com a praga o controle poderá ser realizado especialmente na área de influência do raio ($60,79 \text{ km}^2$), ao invés de se realizar em todas as parcelas, reduzindo dessa forma os custos para a empresa.

Além disso, as armadilhas e o controle biológico aplicado devem ser intensificados na fronteira das parcelas, perto de outros blocos e áreas abertas ou mesmo parcelas próximas às matas, pois de acordo com os resultados observados são os locais que os focos de infestações se iniciam e depois atingem toda a área. E de acordo com a análise da variável climática precipitação pluviométrica relacionada com o aumento do número de larvas de *O. invirae* o MIP deverá ser intensificado no final do segundo semestre (novembro e dezembro) para o controle dos adultos da praga e, principalmente no primeiro semestre de cada ano, pois com o aumento da precipitação aumenta sobretudo a incidência das larvas no campo.

Contudo os próximos passos desse estudo seria fazer o mesmo trabalho em apenas um talhão durante vários anos para melhorar a malha amostral e repetir a análise geoestatística nos demais departamentos da empresa Agropalma S/A que se localizam em outros municípios para determinar se a praga possui o mesmo comportamento, mas principalmente nos talhões com cultivo orgânico.

2.4 Conclusões

A utilização da ferramenta geoestatística mostrou-se como uma ferramenta promissora para avaliação da distribuição espacial e temporal de *O. invirae*.

O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o esférico, indicando um padrão de distribuição agregada da praga em campo.

A distribuição espacial de *O. invirae* acontece, predominantemente, em agrupamentos com dependência descrita pelo modelo esférico, formando reboleiras de 1,00 a 4,40 km (alcance do modelo) para a área de plantio adotada.

A partir dos mapas de krigagem observa-se na área que a expansão da praga ocorre entre parcelas próximas.

Os modelos obtidos neste trabalho permitiram concluir que é possível melhorar a precisão da análise dos dados significativamente quando se aplica a geoestatística. Portanto, o

uso da ferramenta geoestatística é de extrema importância para verificar o comportamento de *O. invirae*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. DE C.; SILVA, F. M. DA; MORAES, J. C.; POZZA, E. A.; OLIVEIRA, M. S. DE; SOUZA, J. C.S.; ALVES, L. S. Geostatistical analysis of the spatial variation of the Berry borer and leaf miner in a coffee agroecosystem. **Precision Agriculture**, v. 12, p.18-31, 2011.
- ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO J. C.; GODOI, A. R.; CARMO C. A.; EDUARDO, J. L. P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 37, p. 260-258, 2008.
- AGRIANUAL**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: agraFNP Consultoria e Agroinformativos, 2013.
- ALDANA, J. A; FAJARDO, J.; CALVACHE, H. Evaluación de dos diseños de trampas para la captura de adultos de *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Brassolidae) en una plantación de palma de aceite. **Palmas**, v. 20, p. 23-29, 1999.
- BARRIGOSI, J. A. F.; YUONG, 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.; PACHECO, N. A.; SAMPAIO, M. N.; ASSAD, E. D.; MARQUES, A. F. S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, p. 564-570, 2001.
- BATALDEN, R. V.; OBERHAUSER, K.; PETERSON, A. T. Ecological niches in sequential generations of eastern North American monarch butterflies (Lepidoptera: Danaidae): the ecology of migration and likely climate change implications. **Environmental Entomology**, v. 36, p. 1365-1373, 2007.
- BETTINI, C. Conceitos básicos de geoestatística. In: MEIRELLES, M. S. P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. (Ed.). **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Brasília: Embrapa, 2007, Cap.4.
- 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, p. 680-689, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com>. Acesso em: 20 out. 2012.
- BRASE, T. Agricultura de precisão. In: New York: LEARNING, T. D.; BURROUGHS, P. A.; MCDONNELL, R. A. 1998. **Princípios de sistemas de informação geográfica**. New York: Oxford University Press, 2006.
- BROKAMP, G.; VALDERRAMA, N.; MITTELBACH, M.; GRANDEZ, C. A. R.; BARFOD, A. S.; WEIGEND, M. Trade in palm products in North-Western South America. **Botanical Review**, v. 77, p. 571-606, 2011.
- CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: **Geoprocessamento em projetos ambientais**. 2007, p. 1-36. Disponível em:http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf. Acesso em: 08 ago. 2012.
- CAMILLO, J.; LUIS, Z. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Tolerância de sementes de dendezeiro a frio preservação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 11-15, 2009.

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 Amazônica*, v. 39, p. 249-254, 2009.

CHINCHILLA, C. M. Manejo integrado de problemas fitosanitarios en palma aceitera *Elaeis guineensis* en América Central. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, v. 67 p. 69-82, 2003.

COCCO, A.; COSSU, A. Q.; ERRE†, P.; NIEDDU†, G.; LUCIANO, P. Spatial analysis of gypsy moth populations in Sardinia using geostatistical and climate models. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 12, p. 417-426, 2010.

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

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

DINIZ, R.A.V. A aplicação da metodologia geoestatística para a classificação geomecânica de uma camada da “hangwall” na mina São Bento – MG. 1997. 154p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

ELLSBURY, M. M.; WOODSON, W. D.; CLAY, S. A.; MALO, D.; SCHUMACHER, J.; CLAY, D. E.; CARLSON, C. G. Geostatistical characterization of the spatial distribution of adult corn root worm emergence. *Environmental Entomology*, v. 27, p. 910-917, 1998.

ENRIQUEZ, G. S.; CABRAL, M. A. E. **Biodiversidade da Amazônia: usos e potencialidades dos mais importantes produtos naturais do Pará**. Belém: Ed. Alves, 2003, 179p.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; VIEIRA, S. R.; SÁNCHEZ-VILA, X.; FERRAZ, L. C. C. B. Geostatistical analysis of the spatial distribution of *Rotylenchulus reniformis* on cotton cultivated in crop rotation. *Russian Journal of Nematology*, Moscow, v. 10, p. 1-9, 2002a.

FARIAS, P. R. S.; SÁNCHEZ-VILA, X.; BARBOSA, J. C.; VIEIRA, S. R.; FERRAZ, L. C. C. B.; SOLIS-DELFIN, J. Using geostatistical analysis to evaluate the presence of *Rotylenchulus reniformis* in cotton crops in Brazil: economic implications. *Journal of Nematology*, Orlando, v. 34, p. 232-238, 2002b.

FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares de cítricos usando geoestatística. *Revista Brasileira de fruticultura*, Jaboticabal, v. 25, p. 235-241, 2003.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) em Algodoeiro. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 8, p. 203-211, 2009.

FERREIRA, J. M. S.; LIMA, M. F.; SANTANA, D. L. de Q.; MOURA, J. I. L.; SOUZA, L. A. Pragas do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Eds.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2.ed. rev. ampl. Brasília, (DF): Embrapa-SPI/Embrapa-CPACT, 1998. p. 189-267.

FRANK, D. L.; BREWSTER, C. C.; LESKEY, T. C.; BERGH, J. C. Factors Influencing the Temporal and Spatial Patterns of Dog wood Borer (Lepidoptera: Sesiidae) Infestations in Newly Planted Apple Orchards. **Environmental Entomology**, v. 40, p. 173-183, 2011.

FRANQUEVILLE, H. Oil Palm Bud Rot in Latin America. **Experimental Agriculture**, v. 39, p. 225-240, 2003. GALLO, D. O.; NAKANO, S.S.; NETO, R.P.L.; CARVALHO, G.C.; BATISTA, E.B.; FILHO, J.R.P.; PARRA, R.A.; ZUCCHI, S.B.; ALVES, J.D.; VENDRAMIM, L.C.; MARCHINI, J.R.S. LOPES; C. OMOTO. 2002. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, Ed. FEALQ, 920p.

GARCIA, J. F.; BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P. Biology and fertility life table of *Mahanarva fimvriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, p. 317-320, 2006.

GENTY, P. H.; DESMIER, DE C. R.; MORIN, J. P. Las plagas de la palma aceitera en América Latina. **Oleagineux** (número especial), v. 33, p. 326-420, 1978.

GILES, K. L.; ROYER, T. A.; ELLIOTT, N. C.; KINDLER, S. D. Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greengug (Homoptera: Aphididae) infesting winter wheat in the southern plains. **Journal Economic Entomology**, v. 93, p. 1522-1530, 2000.

GONZÁLEZ, G. R.; SILVA-ACUÑA R.; MOIZANT, R. C.; QUINTANA, A. D. Fluctuación poblacional de adultos de *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Nymphalidae) en plantaciones de palma aceitera, *Elaeis guineensis* Jacq., en el estado Monagas. Venezuela, **Entomotopica**, v. 21, p. 41-51, 2006.

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, p. 321-327, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v63n4/a02v63n4.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2013.

GUERRA, P. A. G. **Geoestatística Operacional**. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1988.145p.

HAUKIOJA, D. E. Plant defences and population fluctuations of forest defoliators: mechanism based scenarios. **Annales Zoologici Fennici**, v. 42, p. 313-325, 2005.

HERZOG, A. L. "Vilão lá fora, mocinho aqui? O óleo de palma se transformou em uma das maiores ameaças as florestas tropicais do sul da Ásia. No Brasil, o discurso é que a história pode ser diferente". **Academic One File**, Web, 18 abr. 2013. Disponível em: <http://go.galegroup.com.ez4.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?id=GALE%7CA242957705&v=2.1&u=capes58&it=r&p=AONE&sw=w>. Acesso em: 21 mai. 2013.

HOMMA, A. K. O.; FURLAN JÚNIOR, J.; CARVALHO, R. de A.; FERREIRA, C. A. P. Bases para uma política de desenvolvimento da cultura do dendezeiro na Amazônia. In: VIÉGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 11- 30p.

HOMMA, A. K. O.; FURLAN JÚNIOR, J. Desenvolvimento da dendeicultura na Amazônia: cronologia. In: MÜLLER, A. A.; FURLAN JÚNIOR, J. **Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 193-207p.

HOPKINS, G. W.; MEMMOTT, J. Seasonality of a tropical leaf meaning moth: Leaf availability versus enemy-free space. **Ecology Entomology**, v. 28, p. 687-693, 2003.

IFOULIS, A. A.; SAVOPOULOU-SOULTANI, M. Use of geostatistical analysis to characterize the spatial distribution of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in northern Greece. **Environmental Entomology**, v. 35, p. 497-506, 2006.

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

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. New York: Academic Press, 1978.

KLEMOLA, N.; ANDERSSON, T.; RUOHOMÄKI, K.; KLEMOLA, T. Experimental test of parasitism hypothesis for population cycles of a forest lepidopteran. **Ecology**, v. 91, p. 2.506–2.513, 2010.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LAM, W. K. F.; PEDIGO, L. P.; HINZ, P. N. Population dynamics of bean leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, Central Iowa, v. 6, p. 562-567, 2001.

LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V.; BORGHI, E. **Geoprocessamento e Agricultura de Precisão**. Ed. Agropecuária, 2001. 118p.

LANDIM, P. M. B. Sobre geoestatística e mapas. **Terræ didática**, v. 2, p. 19-33, 2006. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>. Acesso em: 21 mai. 2013.

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**, Jaboticabal - SP, v. 32, p. 808-818, 2010.

LEMO, W. P.; BOARI, A. J. Manejo de pragas e doenças no cultivo da palma de óleo na Amazônia. In: RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, E. F. da. (Org). **Zoneamento agroecológico, produção e manejo da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 145-152p.

LEPESME, P. **Les insectes des palmiers**. Paris: Paul Lechevalier, 1947. 904p.

LE VERDIER, A.; GENTY, P. Daños y control de *Hispoleptis subfasciata* Pic.; Hispinae filófago de la palma aceitera em América Latina. **Oleagineux**, v. 43, p. 404–407, 1988.

- LIBARDI, P. L. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 10, p. 85-90, 1986.
- LOPES, R. Palmáceas. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Eds). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1. 767-786p.
- LORIA, R.; CHINCHILLA, C.; DOMÍNGUEZ, J.; MEXZON, R. Una trampasencilla y efectiva para capturar los adultos de *Opsiphanes cassina* F. (Lepidoptera: Nymphalidae) en palma aceitera. En: **Memorias, do Cong Lat de Palma Aceitera**. p. 106-112, 2000a.
- LORIA, R.; CHINCHILLA, C.; DOMÍNGUEZ, J.; MEXZON, R. Observations on the behavior of the pest in oil palm. **ASD Oil Palm Papers**, v. 21, p. 1-8, 2000b.
- LUCIANO, P.; PROTA, R. La dinâmica di popolazione di *Lymantria dispar* L. in Sardegna Indicatori biologici della gradazione. **Frustula Entomologica**, v. 7, p. 613-630, 1986.
- LUCIANO, P.; PROTA, R. Insect pests in Sardinian cork – oak forest IOBC WPRS. **Bulletin**, v. 18, p. 1-7, 1995.
- MAPA–Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrumentos indutores do Programa de Produção Sustentável de Óleo de Palma no Brasil**. 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pls/url/ITEM/85D6620F0A777CDBE040A8C075022DA2>. Acesso em: 27 de jan. 2011.
- MASSEY, F. P.; SMITH, M. J.; LAMBIN, X.; HARTLEY, S. E. Are silica defences in grasses driving vole population cycles?. **Biology Letters**, v. 4, p. 419-422, 2008.
- MEDEIROS, J. S.; SANO, E. Analise multitemporal de imagens digitais do Landsat TM na detecção de áreas afetadas por ataques de lagartas *Sibine fusca* na cultura de dendê (*Elaeis guineensis*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO., 5, Natal, (RN) , 1988. **Anais...**São José dos Campos, INPE, 1988.
- MEXZON, R.; CHINCHILLA, C. An inventory of the oil palm pests and their natural enemies in Central America. Palm Oil Research Institute of Malaysia (Porim) Palm Oil Conference. **Agriculture**, v. único, p. 443-450, 1991.
- MILER, O.; STRAILE, D. How to cope with a superior enemy? Plant defence strategies in response to annual herbivore out breaks. **Journal of Ecology**, v. 98, p. 900-907, 2010.
- 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.
- NAKANO, O. Pragas do Coqueiro. In: **Entomologia Econômica**. (Ed.) - Piracicaba, SP: Universidade São Paulo, 2011. 197-205p.
- RAHMATHULLA, V. K.; KISHOR KUMAR, C. M.; ANGADI, B. S.; SIVAPRASAD, V. Association of Climatic Factors on Population Dynamics of Leaf Roller, *Diaphania pulverulentalis* Hampson (Lepidoptera: Pyralidae) in Mulberry Plantations of Sericulture Seed Farm. **Psyche**, v. 2012, p. 6, 2012.

RENDU, J. M. **An introduction to geostatistical methods of mineral evaluation.** Johannesburg: Institute of Mining and Metallurgy, 1978. 83p.

RIBEIRO, R. C.; LEMOS, W. P.; BERNARDINO, A. S.; BUECKE, J.; MÜLLER, A. A. Primeira ocorrência de *Alcaeorrhynchus grandis* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) predando lagartas desfolhadoras do dendezeiro no Estado do Pará. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 131-132, 2010.

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

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

SILVA, A.G.; BOICA JUNIOR, A. L.; FARIAS, P.R.S.; SOUZA, B.H.S.; RODRIGUES, N. E. L.; JESUS, F. G. Dinâmica Populacional de Mosca-Branca *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em Feijoeiro. **EntomoBrasilis** (Vassouras), v. 7, p. 05-11, 2014.

SIQUEIRA, G. M.; VIEIRA, S. R.; CEDDIA, M. B. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. **Bragantia**, v. 67, p. 203-211, 2008.

SOUZA, L. A.; CELESTINHO FILHO, P.; SILVA, A. B. Principais pragas do dendezeiro e seu controle. In: VIÉGAS, I. J. M.; MÜLLER, A. A. (Eds.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 374p.

TOKESHI, H. Doenças e pragas agrícola geradas e multiplicadas pelos agrotóxicos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 264-270, 2000.

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, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 439-450p.

TRNKAA, M.; MUSKAB, F.; SEMERÁDOVÁ, D.; DUBROVSKÝ, C. M.; E. KOČMÁNKOVÁ, E.; ALUD, Z. European corn borer life stage model: Regional estimates of pest development and spatial distribution under present and future climate. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 207, n. 2/4, p. 61 - 84, 2007. USDA – United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. 2011. Biocombustíveis – Oil seeds: World markets and Trade. December, 2011. 1-11p. **Circular series FOP.** Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov>>. Acesso em: 16 de fev. 2014.

USDA – United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. Biocombustíveis - Oil seeds: World markets and Trade. December, 2013. 1-34p. **Circular series.** Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov>>. Acesso em: 08 de jan. 2014.

VAN DE LANDE, H. L.; ZADOKS, J. C. Spatial patterns of spear rot in oil palm plantations in Suriname. **Plant Pathology**, v. 48, p. 189-201, 1999.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 1-54p.

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

WRIGHT, R. J.; DEVRIES, T. A.; YOUNG, L. J.; JARVI, K. J.; SEYMOUR, R. C. Geostatistical analysis of the small-scale Distribution of european corn borer (Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. **Environmental Entomology**, v. 31, p. 167-177, 2002.

ZANUNCIO, J. C.; ALVES, J. B.; ZANUNCIO, T. V.; GARCIA, J. F. Hemipterous predators of eucalypt defoliator caterpillars. **Forest Ecology and Management**, v. 65, p. 65-73, 1994.

ZEDDAM, J.; CRUZADO, J. A.; RODRIGUEZ, J. L.; RAVALLEC, M. A new nucleo polyhedrovirus from the oil-palm leaf-eater *Euprosternae laeasa* (Lepidoptera: Limacodidae): preliminary characterization and field assessment in Peruvian plantation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 96, p. 69-75, 2003.

ZENNER, de P. I.; POSADA, F. Manejo de insectos, plagas y benéficos de la palma africana. Bogota: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), **Manual de Assistência Técnica** v. 54, 1992. 124p.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114p. Tese de Livre-Docência (Livre-Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia) – Universidade Estadual de Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Jaboticabal. 2001.