

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DINÂMICA POPULACIONAL
DE *Sphenophorus levis* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
EM CANA-DE-AÇÚCAR**

Tiago Sabongi Izeppi
Engenheiro Agrônomo

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DINÂMICA POPULACIONAL
DE *Sphenophorus levis* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
EM CANA-DE-AÇÚCAR**

**Eng. Agr. Tiago Sabongi Izeppi
Orientador: Prof. Dr. José Carlos Barbosa
Coorientadora: Dra. Leila Luci Dinardo-Miranda**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola)

2015

I98d Izeppi, Tiago Sabongi
Distribuição espacial e dinâmica populacional de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar / Tiago Sabongi
Izeppi. -- Jaboticabal, 2015
iii, 74 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: José Carlos Barbosa
Banca examinadora: Nilza Maria Martinelli, Renata Moreira Leal
Bibliografia

1. *Saccharum*. 2. Semivariograma. 3. Krigagem. 4. Manejo integrado de pragas. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.76:633.61

DADOS CURRÍCULARES DO AUTOR

TIAGO SABONGI IZEPPi – Filho de Fernando César Gurtler Izeppi e Tereza Cristina Sabongi Izeppi, natural de Descalvado, SP, nascido no dia 05 de Julho de 1988. Formado no curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, SP (UNESP/FCAV) no ano de 2012. No ano de 2013 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia pelo programa de Entomologia Agrícola sob orientação do Prof. Dr. José Carlos Barbosa e coorientação da Dra. Leila Luci Dinardo-Miranda na mesma instituição.

"EM UM LUGAR ESCURO NOS ENCONTRAMOS, E UM POUCO MAIS DE
CONHECIMENTO ILUMINA NOSSO CAMINHO."

YODA

Aos meus pais Fernando Cezar Gurtler Izeppi e Tereza Cristina Sabongi Izeppi, meus grandes exemplos de conduta moral e afetiva.

À minha irmã Maria Fernanda Sabongi Izeppi, pelo companheirismo e apoio em todas as ocasiões.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela saúde e por todas as coisas boas que tem acontecido em minha vida.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade, estrutura e ensino de qualidade.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa (FCAV/UNESP), meu orientador, por não medir esforços para sempre me ajudar, pela paciência e amizade durante todos os momentos.

À Dra. Leila Luci Dinardo-Miranda (IAC/Centro de Cana-de-açúcar) minha coorientadora, profissional de grandiosa experiência, a minha gratidão pelo suporte intelectual, disponibilidade, prudência e confiança em mim depositada.

Às Professoras Dra. Nilza Maria Martinelli e Dra. Renata Moreira Leal pela contribuição e sugestões para a finalização desse trabalho.

Aos professores da Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia Agrícola, pelos conhecimentos passados e por serem responsáveis por mais um degrau alçado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da Bolsa de Mestrado e ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Entomologia Agrícola, pela oportunidade e apoio.

Com muito carinho, à Ana Luiza Rocha Faria Duque, pelo apoio incondicional, companheirismo, paciência e afeto em todos os momentos.

Ao Juliano Fracasso por todo o apoio e amizade durante os vários anos de convivência no Instituto Agronômico (IAC).

À todos os amigos do Departamento de Fitossanidade que participaram da vivência diária durante o tempo de mestrado.

Aos irmãos que a vida me deu da República K-Zona Rural pelo companheirismo e amizade durante os anos de convivência.

À Usina da Pedra e Usina Santa Cruz pelo auxílio na realização das avaliações de campo.

À Domingos Guilherme Pelegrino Cerri, pela compreensão, grande incentivo e contribuição para a finalização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade, pela disposição em ajudar a qualquer momento.

À todos, e foram muitos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	ii
SUMMARY	iii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Cana-de-açúcar	3
2.2 <i>Sphenophorus levis</i>	4
2.3 Distribuição espacial de insetos.....	8
2.4 Geoestatística.....	9
2.5 Dinâmica populacional de insetos	13
3 REFERÊNCIAS	14
CAPÍTULO 2 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE <i>Sphenophorus levis</i> (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO GEOESTATÍSTICA.....	19
1 Introdução	20
2 Material e Métodos.....	21
3 Resultados e Discussão.....	24
4 Conclusões.....	61
5 Referências.....	61
CAPÍTULO 3 – DINÂMICA POPULACIONAL DE <i>Sphenophorus levis</i> (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR	65
1 Introdução	66
2 Material e Métodos.....	67
3 Resultados e Discussão.....	69
4 Conclusões.....	72
5 Referências.....	72
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	74

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E DINÂMICA POPULACIONAL DE *Sphenophorus levis* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM CANA-DE- AÇÚCAR

RESUMO - O conhecimento da dinâmica populacional e do padrão de distribuição de insetos em ecossistemas agrícolas é importante para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes, auxiliando em uma melhor tomada de decisão. O objetivo deste trabalho foi estudar a distribuição espacial e a dinâmica populacional de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar. No estudo da distribuição espacial, foram realizadas amostragens em 14 áreas comerciais de cana-de-açúcar, avaliando 100 pontos de amostragem por área, através de trincheiras na linha de cana de 50 x 50 x 30 cm, para contagem de larvas, pupas e adultos de *S. levis* e de seus danos, representados pela porcentagem de rizomas danificados pela praga. Nas áreas 6 a 14, na ocasião da amostragem, foram distribuídas iscas para contagem dos adultos presentes fora dos rizomas. A distribuição espacial foi estudada através da análise geoestatística. Para o estudo da dinâmica populacional, foi utilizada uma área comercial de cana soca em 2º corte cultivada com a variedade SP81-3250, no município de Américo Brasileiro, SP. Foram feitas amostragens mensais através da abertura de 20 trincheiras na linha de cana, de 50 x 50 x 30 cm, para contagem de formas biológicas da praga presentes no rizoma (larvas, pupas e adultos). Nas mesmas ocasiões foram distribuídas na área 20 iscas, para contagem dos adultos. As larvas, formas biológicas totais (larvas + pupas + adultos) e o dano de *S. levis* distribuíram-se de maneira agregada, enquanto pupas e adultos distribuíram-se aleatoriamente em campo. Os valores de alcance obtidos e os mapas de interpolação por krigagem mostraram grande variabilidade das populações do inseto e seu dano em todas as áreas estudadas. Com base no alcance médio obtido para as variáveis estudadas, sugere-se que para estimar as populações do inseto e seu dano em canaviais os pontos de amostragem devem ser distanciados em 40 m um do outro. Todas as formas biológicas do inseto foram encontradas na área durante o ano todo, porém, os picos populacionais dos adultos ocorreram em época chuvosa e quente do ano, nos meses de fevereiro e março, enquanto larvas e pupas, em época mais seca e fria, nos meses de julho e agosto. A precipitação e a umidade relativa foram os fatores climáticos que apresentaram interferência mais expressiva na dinâmica populacional de *S. levis*.

Palavras-chave: *Saccharum*, semivariograma, krigagem, Manejo Integrado de Pragas

SPATIAL DISTRIBUTION AND POPULATION DYNAMICS OF *Sphenophorus levis* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN SUGARCANE

SUMMARY – The knowledge of the population dynamics and insect distribution pattern in agricultural ecosystems is important for the development of more effective management strategies, assisting in better decision making. The objective of this work was to study the spatial distribution and population dynamics of *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) in sugarcane. In the study of spatial distribution, sampling was performed in 14 commercial areas of sugarcane, evaluating 100 sampling points per area through the trenches of 50 x 50 x 30 cm made in the line, for counting larvae, pupae, and *S. levis* adults and their damage, represented by the percentage of rhizomes damaged. In areas 6 to 14, at the time of sampling, baits were distributed for adult counts present outside the rhizomes. The spatial distribution was studied by geostatistical analysis. For the study of population dynamics, we used a commercial area of sugarcane in 2nd cut cultivated with SP81-3250 variety in the city of Américo Brasileiro, SP. Monthly samples were taken through the opening 20 trenches in the cane row, 50 x 50 x 30 cm, for counting biological forms of pest present in the rhizome (larvae, pupae and adults). In the same occasion 20 baits were distributed in the area to count adults. The larvae, total biological forms (larvae + pupae + adults) and the damage *S. levis* were aggregate, while pupae and adults distributed randomly in the field. The range of values obtained and the kriging interpolation maps showed large variability in insect populations and their damage in all studied areas. Based on the mid-range obtained for the variables studied, it is suggested that to estimate insect populations and their damage the sampling points should be spaced at 40 m. All the insect biological forms were found in the area during the year, however, the population peaks of adults occurred in rainy and warm time of year, in February and March, while larvae and pupae in more dry and cool season, in July and August. The rainfall and relative humidity were the climatic factors that have more significant interference in the population dynamics of *S. levis*.

Keywords: *Saccharum*, semivariogram, kriging, Integrated Pest Management

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. A estimativa de produção para a safra de 2016/16 é de 654,6 milhões de toneladas, com produtividade média de 72,17 t/ha. A área que será colhida e destinada à atividade sucroenergética na safra 2015/16 está estimada em 9.070,4 mil hectares. O estado de São Paulo responde por cerca de 52% (4.685,7 mil ha) da área nacional, seguido pelos estados de Goiás com 9,8% (854,2 mil ha) e Minas Gerais com 8,9 % (805,5 mil ha), que compõem a região centro-sul, o principal polo da produção canieira do Brasil (CONAB, 2015).

Dentre as diversas pragas associadas à cana-de-açúcar está *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae). Sob infestações elevadas do inseto, a produtividade e a longevidade do canavial são drasticamente reduzidas. Em algumas áreas, o ataque se dá de forma tão intensa que o canavial é reformado logo após o primeiro corte (DINARDO-MIRANDA, 2008; DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013).

De acordo com Koogan (1998), para redução dos prejuízos causados por pragas, é importante a implementação de um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), que compreende a adoção de medidas de controle, isoladas ou em associação, levando-se em consideração a relação custo/benefício e os impactos na sociedade e no ambiente. Portanto, além de se conhecer a eficiência das medidas de controle, é necessário também conhecer o nível de dano econômico da praga e sistema de amostragem de áreas infestadas. Fernandes et al. (2002) salientam que o conhecimento de uma forma de amostragem eficiente e rápida de pragas é fundamental para o sucesso do MIP.

Para o estabelecimento de um plano confiável de amostragem é necessário o conhecimento da distribuição espacial da praga na cultura (GILES et al., 2000), que pode ser regular (uniforme), ao acaso (aleatória) ou em reboleira (agregada) (BARBOSA, 1992).

O estudo da distribuição espacial de uma praga pode ser feito por meio da análise geoestatística (LIEBHOLD et al., 1993), utilizando modelos de semivariogramas. Esses modelos fornecem o raio de agregação da praga e, a partir destes resultados elaboram-se mapas de interpolação por krigagem, que mostram como ocorre a agregação do inseto na área (ROBBERTS et al., 1993; ELLSBURY et al., 1998).

Estudos de dinâmica populacional de insetos fornecem informações muito úteis para o desenvolvimento de modelos que envolvam o manejo de pragas (GILBERT et al., 1976), pois é possível obter uma imagem da população ao longo de determinado período de tempo. Tais estudos podem indicar a distribuição e abundância de insetos, além de elucidarem interações ecológicas de insetos praga (ODUM, 1988).

Considerando toda a importância de *S. levis* em canaviais e a falta de trabalhos sobre sua bioecologia para as atuais condições de cultivo de cana-de-açúcar, há a necessidade de trabalhos que elucidem aspectos úteis para o aperfeiçoamento do manejo dessa praga. Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivo estudar a distribuição espacial de *S. levis* utilizando análise geoestatística, em diferentes condições de cultivo de cana-de-açúcar, e estudar a dinâmica populacional de *S. levis* em canavial, a fim de definir a época de ocorrência das diferentes formas biológicas do inseto e a interferência dos fatores climáticos sobre elas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar assume posição de grande destaque no cenário econômico mundial, porque seus produtos e subprodutos representam importante fonte de recursos para a população. Açúcar, álcool, vinhaça, melaço, água-ardente e o bagaço são os principais produtos e subprodutos economicamente importantes (LOPES et al, 2011).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana, onde o cultivo se concentra nas regiões Sudeste, Centro-oeste e Nordeste. A estimativa de produção para a safra de 2015/2016 é de 654,6,1 milhões de toneladas, com produtividade média de 72,1 ton/ha (CONAB, 2015).

A lavoura canavieira abastece as indústrias de açúcar e álcool, as quais são responsáveis por mais de 40% do mercado mundial de álcool, representando o maior programa de combustível renovável do planeta (CÍCERO et al, 2009).

A cana-de-açúcar é uma planta que tem o hábito de perfilhar, e esse perfilhamento define a capacidade que cada variedade tem de rebrota, através das gemas não brotadas dos colmos cortados (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2008). O perfilhamento é afetado por vários fatores como luz, temperatura, umidade do solo e nutrientes, que são manejados pelo espaçamento, profundidade e época de plantio, época de corte e controle de pragas e doenças (ALEXANDER, 1973).

As pragas, além de influenciarem a capacidade de rebrota da cana, também afetam a produtividade, à medida que as áreas de plantio de cana vêm se expandindo, ocorre um aumento proporcional de problemas relacionados a insetos pragas (ALMEIDA, 2005).

De maneira geral, as pragas de solo são de controle mais difícil, por se encontrarem protegidas pela camada de solo ou dentro das touceiras da planta. Pela mesma razão são também mais dificilmente percebidas em campo, e geralmente só são notadas quando aparecerem sintomas severos de seu ataque na planta (DINARDO-MIRANDA, 2008).

2.2 *Sphenophorus levis*

Dentre as pragas que apresentam importância para a cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) vem sendo considerado um fator limitante para a produção de cana-de-açúcar, devido ao seu alto potencial de dano (DINARDO-MIRANDA, 2014).

A ocorrência de *S. levis* está restrita a América do Sul, incluindo Brasil, Argentina e Paraguai (VAURIE, 1978). No Brasil, este inseto foi constatado inicialmente no ano de 1977, no município de Santa Bárbara do Oeste, SP, tendo sido descrita como espécie nova em 1978 (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Atualmente, ocorre nas principais regiões produtoras de cana-de-açúcar do estado de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (MORAES; ÁVILA, 2013; DINARDO-MIRANDA, 2014).

Segundo Degaspari et al. (1987), o ciclo biológico da espécie em condições de laboratório (27 a 30°C e fotofase de 12 horas) varia de 58 a 307 dias, sendo em média de 173,4 dias. A longevidade das fêmeas pode chegar em até 249 dias e dos machos de 247 dias.

Os adultos, geralmente são encontrados próximos aos rizomas no solo ou caminhando sobre o solo, apresentam coloração variando do castanho-escuro ao marrom, com manchas pretas no dorso do tórax, e listras longitudinais sobre os élitros. A fêmea possui entre 10,5 a 13,3 mm, enquanto o macho é menor, entre 7,7 a 11,2 mm, com a região ventral mais pilosa, principalmente na coxa dianteira, onde a agrupação dos pelos confere uma aparência de esponja. O rostro da fêmea é maior medindo cerca de $3,40 \pm 0,10$ mm contra $2,70 \pm 0,05$ mm do macho (DEGASPARI et al., 1987). De acordo com Degaspari et al. (1987) a razão sexual de *S. levis* em laboratório e campo é de 1:1 e 1,5:1 fêmeas por macho, respectivamente. Os adultos possuem hábito noturno e são pouco ágeis, com comportamento de tanatose, ou seja, simulam-se de mortos ao serem manipulados (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Segundo Barreto-Triana (2009) o acasalamento se dá em qualquer horário, e o período ótimo para reprodução e acasalamento varia entre os 21 a 35 dias depois de emergido.

As fêmeas fazem a postura na base das brotações, abaixo ou ao nível do solo. Com as mandíbulas presentes no rostro, perfuram a casca dos colmos e

perfilhos, inserindo os ovos individualmente, até chegar a 4 mm no seu interior. A capacidade média de postura por fêmea é de 40 ovos podendo chegar a 70 ovos, sendo que 75% destes são depositados na primeira metade da sua vida (DEGASPARI et al., 1987; PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

Os ovos tem coloração branco-leitosa no momento da postura e, quando próximos à eclosão das larvas, tornam-se amarelo-escuros. São de forma elíptica, com $0,270 \pm 0,004$ mm de comprimento e $0,100 \pm 0,012$ mm de largura. O período de incubação é de 7 a 12 dias, com viabilidade de 47,16%. As larvas recém-eclodidas têm coloração branco-leitosa, evoluindo para amarelo conforme se desenvolvem, sendo altamente sensíveis ao calor e a desidratação. Apresentam cabeça castanho-avermelhada e mandíbulas bem desenvolvidas. São ápodas, enrugadas e para se locomover, as larvas apoiam-se nas paredes das galerias abertas durante a alimentação. A fase larval varia de 26 a 50 dias com viabilidade de 35,8%. Quando próxima à fase de pupa, a larva amplia a galeria onde se encontra, cessa os movimentos e a alimentação e diminui seu tamanho, transformando-se em pupa. O período pupal tem duração de 5 a 13 dias, com viabilidade de 93,5%. A pupa é de cor branca-leitosa, tipo exarada, e a medida que se transforma em adulto adquire a coloração castanha (DEGASPARI et al., 1987).

Em trabalho conduzido no final da década de 1980, na região de Piracicaba, Precetti e Arrigoni (1990) verificaram que ocorrem dois picos populacionais de adultos durante o ano, sendo a maior população do inseto entre fevereiro e março, e a menor população entre outubro e dezembro. O pico populacional das larvas, ocorre entre os meses de junho e julho, enquanto o pico populacional de pupas ocorre de agosto a setembro. Ainda segundo os mesmos autores, os fatores climáticos, principalmente a temperatura, exercem forte influência sobre a dinâmica populacional das formas biológicas de *S. levis*.

A capacidade de dispersão de *S. levis* é muito baixa, pois mesmo possuindo asas, seu deslocamento é realizado basicamente por caminhar, já que sua capacidade de vôo é restrita e pouco comum (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Segundo Degaspari et al. (1987) a dispersão de adultos no campo é de 6,6 a 11,1 m por mês numa área aproximada de 98,2 m². Precetti et al. (1983), em estudo sobre a dispersão de *S. levis*, observaram que fêmeas e machos se

dispersaram de 3 a 5 m por dia, respectivamente. Arthur et al. (1987) mencionaram que os machos se dispersam mais rapidamente que as fêmeas com distâncias de até 24,7 e 9,12 m, respectivamente. Esses estudos revelam, portanto, que *S. levis* possui baixa capacidade de deslocamento em condições naturais. Nesse sentido, acredita-se que o principal meio de disseminação de *S. levis* para áreas livres de sua ocorrência estejam relacionados ao transporte de mudas juntamente com as formas biológicas da praga (DINARDO-MIRANDA 2000).

As larvas de *S. levis* são as responsáveis pelos danos, pois, ao se alimentarem, escavam galerias, que permanecem cheias de uma serragem bem fina, o que caracteriza o ataque da praga. Em consequência disso, ocorrem danos nos tecidos no interior da base dos perfilhos ou colmos de cana, causando a morte da planta, falhas nas brotações das soqueiras e redução da longevidade do canavial. Estes sintomas são mais facilmente visualizados na época seca do ano (junho a agosto), quando são encontradas as maiores populações de larvas (TÉRAN; PRECETTI, 1982; PRECETTI; ARRIGONI, 1990; DINARDO-MIRANDA, 2014).

Sob infestações elevadas da praga, a produtividade e a longevidade do canavial são drasticamente reduzidas (DINARDO-MIRANDA, 2008). Terán e Precetti (1982) relataram que as perdas anuais provocadas por *S. levis* em cana-de-açúcar poderiam atingir 20 a 30 toneladas de cana por hectare. Segundo Precetti e Arigoni (1990), a praga pode provocar a morte de 50 a 60% dos perfilhos ainda na fase de cana-planta, com cinco a sete meses de crescimento.

Segundo Dinardo-Miranda (2014), embora as populações de *S. levis* geralmente sejam mais elevadas em canaviais mais velhos (cana soca), o ataque pode ocorrer logo na cana-planta, com acentuada destruição dos perfilhos, sendo que em algumas áreas críticas, o ataque da praga se dá de forma tão intensa que o canavial é reformado logo após o primeiro corte.

Nos últimos anos, têm ocorrido registros de novas áreas infestadas, que podem estar relacionados à dispersão dessa praga junto às mudas retiradas de locais infestados, já que a capacidade de dispersão desse inseto é pequena (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Além de novas áreas infestadas, também ocorreram incrementos nas populações da praga em áreas onde ela já estava

presente, em virtude de dificuldades no controle e a mudança do sistema de colheita para cana crua. Com a adoção do sistema colheita da cana crua em larga escala, as populações da praga aumentaram drástica e rapidamente, pois, quando a cana era colhida realizando a queima prévia do canavial, muitos adultos da praga morriam por causa do fogo. Com a colheita da cana crua, além de não haver a morte dos adultos pelo fogo, a palha remanescente no campo lhes serve de abrigo, propiciando proteção e um ambiente favorável para seu desenvolvimento (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013).

Para adoção de medidas de controle na implantação da lavoura, o monitoramento de *S. levis* deve ser realizado após o último corte do canavial e antes da destruição da soqueira velha, preferencialmente, entre os meses de maio a setembro, época de maior ocorrência de larvas e pupas (DINARDO-MIRANDA, 2008). O método de amostragem mais frequentemente utilizado é o proposto por Arrigoni et al. (1988), para levantamento de populações de pragas de solo em geral, e consiste em 2 pontos de amostragem por ha. Em cada ponto, abre-se uma trincheira de 50 cm de largura por 50 cm de comprimento e 30 cm de profundidade. O solo e o material vegetal da touceira de cana-de-açúcar devem ser vistoriados para a verificação da ocorrência de danos e a presença de formas biológicas da praga.

Os adultos também podem ser monitorados por meio de iscas tóxicas, de acordo com metodologia proposta por Precetti e Arrigoni (1990). Tais iscas são confeccionadas a partir de toletes de cana, de aproximadamente 30 cm, cortados longitudinalmente, e embebidos em solução de inseticida com melaço, que posteriormente são distribuídas na base das touceiras em número de 100 a 300 por hectare, cobertas com palha e avaliadas após 15 dias. A época de utilização deste método vai de outubro a março, que coincide com a maior ocorrência de adultos do inseto. Este levantamento é recomendado para áreas de viveiro, a fim de prevenir a liberação de mudas infestadas por *S. levis* (PRECETTI; ARRIGONI, 1990; DINARDO-MIRANDA, 2014).

Diversas são as medidas de controle que podem ser adotadas em áreas infestadas, e essas geralmente são empregadas em conjunto, pois nenhuma medida isolada é altamente eficiente. O manejo se inicia pela destruição mecânica da soqueira infestada, por meio de gradagens, aração ou pelo uso de

implementos específicos para a destruição de soqueiras, e deve ser realizada, de preferência, no período mais seco do ano, época em que grande parte da população está na fase de larva. Em áreas muito infestadas, além da destruição mecânica da soqueira infestada, é imprescindível a aplicação de inseticidas no sulco de plantio e também na soqueira. Adicionalmente a todas as medidas de controle, também deve-se dar atenção ao uso de mudas sadias no plantio, provenientes de viveiros que estejam livres da praga (DINARDO-MIRANDA, 2000; 2008).

O sucesso das estratégias de controle de uma praga pode ser atribuído a diversos fatores, mas certamente o conhecimento do comportamento do inseto nas áreas cultivadas, por meio de estudos de sua distribuição espacial e dinâmica populacional, são indispensáveis para o desenvolvimento de planos de amostragem, visando a aplicação em programas de manejo integrado de pragas (GILES et al., 2000; SOUTHWOOD, 1978; WRIGHT et al., 2002).

2.3 Distribuição espacial de insetos

Para monitorar a população de uma praga é necessário que se desenvolva um plano de amostragem, e este deve ser fundamentado em princípios básicos de estatística e no conhecimento da distribuição espacial, do ciclo-de-vida e do comportamento do inseto (SOUTHWOOD, 1978).

Três tipos básicos de distribuição descrevem os arranjos espaciais ocupados pelos insetos na natureza: ao acaso ou aleatória, regular ou uniforme e agregada ou contagiosa (RABINOVICH, 1980). Existem vários índices de agregação ou dispersão que são utilizados para estimar a distribuição espacial dos insetos, sendo os mais utilizados a razão variância/média, o Índice de Morisita e o expoente K da distribuição Binomial Negativa (BARBOSA, 1992).

Tais índices fornecem subsídios para classificar uma população quanto à sua forma de distribuição, mas, por desconsiderar a localização espacial dos pontos de amostragem, não permitem diferenciar padrões espaciais distintos. Além disso, são altamente dependentes do tamanho da amostra (LEIBHOLD et al., 1993; ELLSBURY et al., 1998).

Quando os insetos se distribuem em campo de maneira agregada, há dependência espacial entre os pontos amostrados e, nesse caso, a geoestatística é a ferramenta mais adequada para estudar as populações, pois permite quantificar a dependência espacial entre amostras coletadas em campo e utilizar essa dependência para construção de mapas (LEIBHOLD et al., 1993; ROBERTS et al., 1993; ELLSBURY et al., 1998).

2.4 Geoestatística

A geoestatística surgiu na África do Sul, quando KRIGE (1951), trabalhando com dados de concentração de ouro, concluiu que não era possível encontrar sentido nas variâncias se não levasse em consideração a distância entre as unidades amostrais. De acordo com LIBARDI (1986), na estatística clássica as amostras são coletadas ao acaso e na geoestatística os locais de amostragem são pré-definidos. Os autores relataram que nos dois tipos de análise pode-se calcular a média e a variância, entretanto somente por meio da geoestatística considera-se a dependência espacial entre as amostras. O uso desta ferramenta permite a elaboração de semivariogramas, que quantificam a dependência espacial de uma determinada variável em estudo, possibilitando a obtenção de interpolações com erro mínimo (GUIMARÃES et al., 1992).

Segundo Vieira et al. (1983), com o semivariograma obtido, determina-se a dependência espacial entre as unidades amostrais, bem como o alcance de influência de cada ponto amostrado. O semivariograma informa o tipo e a forma da dependência espacial e constitui a primeira etapa da geoestatística, fornecendo dados para confeccionar os mapas de interpolação por krigagem. 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 a distância entre as unidades amostrais são bem

pequenas; e o alcance mede a distância limite da dependência espacial (Figura 1) (VIEIRA et al., 1983).

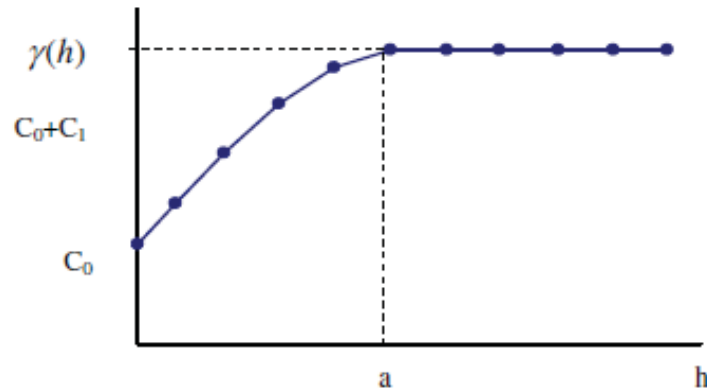


Figura 1. Esquema de um semivariograma ajustado ao modelo esférico com os parâmetros da semivariância mínima (C_0), patamar ($C_0 + C_1$) e alcance (a).

A semivariância é descrita como:

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

Onde:

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

$N(h)$ é o número de pares de observação $[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$ separados pela distância h .

A partir daí, ajusta-se os dados ao modelo de semivariograma mais adequado, que pode ser esférico, exponencial ou gaussiano. 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:

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

(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 (ISSAAKS; SRIVASTAVA, 1989). O modelo exponencial é definido pela seguinte equação:

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

(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 (ISSAAKS & SRIVASTAVA, 1989). No entanto, o que caracteriza esse modelo é o seu ponto de inflexão próximo a origem. Esse modelo é definido pela seguinte equação:

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

Na maioria das vezes o interesse da análise geoestatística não se limita à obtenção apenas de um modelo de variabilidade espacial, desejando-se ainda, avaliar valores de pontos não amostrados. Para isso utiliza-se a krigagem, método que 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; ROBERTS et al. 1993). Portanto, a krigagem é um meio de interpolação, no qual cada estimativa é a média ponderada dos valores observados de uma determinada variável em estudo dentro de uma vizinhança. Somente os pontos que estão espacialmente relacionados com o local a ser estimado (dentro da amplitude da dependência espacial) são usados na krigagem (VIEIRA, 2000).

Neste caso, para a elaboração do mapa da variável em estudo é necessário interpolar os pontos amostrados para a obtenção de estimativas. Assim, para se estimar os valores (z^*), para qualquer local (x_0), onde não se tem valores medidos, a estimativa deve ser uma combinação linear dos valores medidos, ou seja:

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

Onde, N é o número de valores medidos, $z(x_i)$, envolvidos na estimativa, e λ_i são os pesos associados a cada valor medido, $z(x_i)$.

As construções dos mapas com os valores obtidos por meio da krigagem são importantes facilitadores para a interpretação da variabilidade espacial das variáveis em estudo (VIEIRA, 2000).

A geoestatística tem sido utilizada para a realização de estudos em entomologia para caracterizar padrões de arranjo espacial, a fim de aprimorar estudos da dinâmica populacional de insetos (LIEBHOLD et al., 1993; ROBERTS et al., 1993).

Diversos trabalhos tem mostrado exemplos de como aplicar o conceito da dependência espacial, dada pela análise geoestatística, na caracterização da distribuição espacial de populações de insetos. Liebhold et al. (1996) utilizaram

a geoestatística para caracterizar o padrão de oviposição da mariposa-cigana *Lymantria díspar* (Lepidoptera: Lymantriidae). Em trabalho realizado na cultura do feijão por Barrigossi et al. (2001), a geoestatística foi utilizada para descrever o padrão do arranjo espacial de massas de ovos de *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae) em diferentes escalas de amostragem. Wright et al. (2002) estudaram a distribuição espacial das larvas e do dano causado por *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) em lavouras de milho. Farias et al. (2008) estudaram a distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e sua relação com a produtividade do milho. Grego et al. (2006) utilizaram a análise geoestatística para determinar a distribuição espacial de *Pseudaletia sequax* (Lepidoptera: Noctuidae) e sua relação com o desenvolvimento de triticales semeados em plantio-direto.

A geoestatística também foi utilizada em estudos para caracterização da distribuição espacial de pragas-de-solo, como visto em trabalho realizado na cultura do milho, no qual Ellsbury et al. (1998) estudaram o padrão de distribuição espacial de *Diabrotica virgifera* e *Diabrotica barberi* (Coleoptera: Chrysomelidae). Dal-Prá et al. (2011) caracterizaram a distribuição espacial de *Diloboderus abderus* (Coleoptera: Melolonthidae) em lavouras de trigo. Ambos trabalhos constataram um padrão agregado para as pragas de solo estudadas.

Para a cultura da cana-de-açúcar, foram desenvolvidos trabalhos utilizando a geoestatística para caracterizar a distribuição espacial da cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) (DINARDO-MIRANDA et al., 2007) e da broca-comum *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) (DINARDO-MIRANDA et al., 2011). Posteriormente, Dinardo-Miranda et al. (2014) e Volpe et al. (2014) utilizaram a análise geoestatística para avaliar a distribuição espacial e dispersão do vôo em campo de *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide utilizado no controle biológico de *D. saccharalis*.

2.5 Dinâmica populacional de insetos

Estudos de dinâmica populacional de insetos fornecem informações muito úteis para o desenvolvimento de modelos que envolvam o manejo de pragas

(GILBERT et al., 1976), pois é possível obter uma imagem da população ao longo de determinado período de tempo. Tais estudos podem indicar a distribuição e abundância de insetos, além de elucidarem interações ecológicas de insetos praga (ODUM, 1988).

Dentre diversos fatores que podem influenciar a dinâmica populacional de insetos, a sazonalidade dos fatores climáticos pode influenciar direta ou indiretamente. Muitos fatores podem atuar diretamente na mortalidade ou afetar o desempenho dos insetos, através de alterações de oviposição, alimentação, crescimento, desenvolvimento e migração. Indiretamente, os fatores climáticos podem afetar os insetos por influenciar na atividade dos inimigos naturais e alterar a qualidade dos recursos através de mudanças fisiológicas e bioquímicas na planta hospedeira (VARLEY et al., 1973; HOPKINS; MEMMOTT, 2003). Dentre os fatores climáticos, a temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica são os principais fatores relacionados à dinâmica populacional de insetos em diversos agroecossistemas (WALLNER, 1987). Contudo, a evaporação, a insolação e o fotoperíodo também podem ser importantes para algumas espécies (TAKEDA; SKOPIK, 1997).

3 REFERÊNCIAS

ALEXANDER, A. G. **Sugarcane physiology**. Amsterdam: Elsevier Publishing, 752 p., 1973.

ALMEIDA, L. C. **Bicudo da Cana-de-açúcar**. Piracicaba: *Centro De Tecnologia Canavieira*, 2005. p.1-3. (Boletim Técnico C.T.C).

ARRIGONI, E. B.; PRECETTI, A. A. C. M.; ALMEIDA, L. C.; KASTEN JR., P. **Metodologia de levantamento de pragas de solo em cana-de-açúcar**. Cooperucar, São Paulo, Brasil, 1988.

ARTHUR, V.; WALDER, F.; WIENDL, Q.; PRECETTI, O.; TERÁN, O.; HENRIQUE, B. Dispersão de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Col: Curculionidae) em cana-de-açúcar marcados com ^{32}P . **Energia Nuclear na Agricultura**, Piracicaba, v. 8, n. 1/2, p. 79-86, 1987.

BARBOSA J. C. A amostragem sequencial. In: FERNANDES O. A; CORREIA A. C. B; DE BORTOLI S. A. (ed.) **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Funep, Jaboticabal, p.205-211, 1992.

BARRETO-TRIANA, N. **Comportamento sexual e reprodutivo de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. 2009. 95 f. Tese (Doutorado em Ciências – Entomologia) Escola Superior de Agricultura – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BARRIGOSI, J.A.F.; YOUNG, L. J.; CRAWFORD, C. A. G.; HEIN, L. G.; HIGLEY, L. G. Spatial and probability distribution of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) egg mass populations in dry bean. **Environmental Entomology**. n. 30, v. 2, p. 244-253, 2011.

CÍCERO, E. A. S.; FERRAUDO, A. S.; LEMOS, M. V. F. Identificação de genes *Cry* de *Bacillus thuringiensis* no controle de *Sphenophorus levis*, o Bicudo da Cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.817-823, 2009.

CONAB (Companhia Nacional De Abastecimento). Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-Açúcar, Safra 2015/16, Primeiro Levantamento Abril/2015. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_49_33_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf> Acesso em 15 de Maio de 2015.

DEGASPARI, N.; BOTELHO, P. S. M.; ALMEIDA, L. C.; CASTILHO, H. J. Biologia de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Col.: Curculionidae), em dieta artificial e no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 6, p. 553-558, 1987.

DINARDO-MIRANDA, L. L. **Ocorrência de *Sphenophorus levis* em 2000. Stab – Açúcar, Álcool e Subprodutos**. v.19, n.1, p.26, 2000.

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**. n. 66, p. 449-455, 2007.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, p. 349 – 404, 2008.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; PERECIN, D. Variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* em canaviais e sugestão de método de amostragem. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 577-585, 2011.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Sugarcane straw and the populations of pests and nematoids. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 5, p. 305-310, 2013.

DINARDO-MIRANDA, L. L. *Sphenophorus levis* In: DINARDO-MIRANDA, L. L. **Nematoides e pragas da cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. Cap. 7, p. 210-262.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; COSTA, V. P.; LOPES, D. O. T. Dispersal of *Cotesia flavipes* in sugarcane field and implications for parasitoid releases. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 163-170, 2014.

ELLSBURY, M. M.; WOODSON, W. D.; CLAY, S. A.; SCIIUMACIIER, J.; CLAY, D. E.; CARSONL, C. G. Geoestatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) emergency. **Environmental Entomology**, v. 27, n.4, p.910-917, 1998.

FARIAS, R. S. F.; 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.

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, n. 3, p. 203- 2011, 2002.

GILBERT, N.; GUTIERREZ, A. P.; FRAZER, B. D.; JONES, R. E. **Ecological relationships**. San Francisco: W. H. Freeman. 256p. 1976.

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

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

GUIMARÃES, E.C.; AQUINO, L.H.; OLIVEIRA, M.S. A variabilidade espacial do pH e da argila dispersa em água em um Latossolo roxo no município de Lavras, MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v.16, n.1, p.12-17, 1992

HOPKINS, G. W.; MEMMOTT, J. Seasonality of a tropical leaf-mining moth: leaf availability versus enemy-free space. **Ecological Entomology**, Hoboken, v.28. n.6, p. 687-693, 2003.

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

KRIGE, D.G. 1951. **A statistical approach to some mine valuation and allied problems on the Witwatersrand**. MS. Thesis. University of the Witwatersrand, Johannesburg, 1951.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 243-270, 1998.

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.

LIEBHOLD, A. M.; ZHANG, X.; HOHN, M. E.; ELKINTON, J. S.; TICEHURDT, M.; BENZON, G. L.; CAMPBELL, R. W. Geostatistical analysis of gypsy moth (Lepdoptera: Lymantriidae) egg mass populations. **Environmental Entomology**, v.20, p. 1407-1417, 1993.

LIEBHOLD, A. M.; LUZADER, E.; REARDON, R.; BULLARD, A.; ROBERTS, A.; RAVLIN, F. W.; DELOST, S.; SPEARS, B. Use of a geographical information system to evaluate regional treatment effects in a gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) management program. **Journal of Economic Entomology**, n. 89, p. 1192-1203, 1996.

LOPES, D. O. P.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; BUSOLI, A. C. Atualidades em pragas da cultura da cana-de-açúcar: sudeste e nordeste do Brasil. In: BUSOLI, A. C.; FRAGA, D. F.; SANTOS, L. C.; ALENCAR, J. R. D. C. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; JANINI, J. C.; SOUZA, L. A.; VIANA, M. A.; FUNICHELLO, M. **Tópicos em Entomologia Agrícola**. Jaboticabal: Multipress, 47-64p. 2011.

MORAES, G. C.; ÁVILA, C. J. *Sphenophorus levis* detected in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Agricultural Science Research Journals**, v. 3, n. 1, p. 36-37, 2013.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 434p. 1988.

PRECETTI, A. A. C. M.; ARRIGONI, E. B. **Aspectos biológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. *Boletim Técnico Coopersucar – Edição Especial*, 1990. 15p.

PRECETTI, A. A. C. M.; TERAN, F. O. **Gorgulhos da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978, e *Metamasius hemipterus* (L. 1765) (Col., Curculionidae)**. In: Reunião técnica agrônômica: Pragas da cana-de-açúcar, 1., 1983, Piracicaba, Anais... Piracicaba: Coopersucar, p. 32 – 37, 1983.

RABINOVICH, J. E. **Introducion a la ecologia de poblaciones animales**. México, CECSA, 313p, 1980.

ROBERTS, E. A.; RAVLIN, F. W.; FLEISCHER, S. J Spatial data representation for integrated pest management programs. **American Entomology**, v.39, p.91-107, 1993.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. Anatomia e Botânica. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar**. Campinas: Instituto Agronomico, p. 47 – 56, 2008.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods**. 2. ed. New York: John Wiley Sons, 1978. 525 p.

TAKEDA, M.; SKOPIK, S. D.; Photoperiodic time measurement and related physiological mechanisms in insects and mites. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.42, p.323-349, 1997.

TERÁN, F.; PRECETTI, A. A. C. M. *Sphenophorus levis* e *Metamasius hemipterus* como pragas da cana-de açúcar. Boletim Técnico Copersucar. n. 18, p. 24-26, 1982.

VAURIE, P. Revision of the genus *Sphenophorus* in South America. **American Museum Novitates**, New York, v. 26, p. 1-30, 1978.

VARLEY, G. C.; GRADWELL, G. R.; HASSEL, M. P. **Insect population ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1973. 212p.

VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. In: BORÉN, A. et al. **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**, Oakland, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

VOLPE, H. X. L.; BARBOSA, J. C.; VIEL, S. R.; GOULART, R. M.; VACARI, A. M.; SALAS, C.; VEIGA, A. C. P.; DE BORTOLI, S. A. Determination of method to evaluate parasitism and cover area for studies on *Cotesia flavipes* in sugarcane. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 4, p. 436-447, 2014.

WALLNER, W.E. Factors affecting insect population dynamics: differences between outbreak and non-outbreak species. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.32, p.317-340, 1987.

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**, n. 31, p. 160-167, 2002.

CAPÍTULO 2 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Sphenophorus levis* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO GEOESTATÍSTICA

RESUMO - A cana-de-açúcar é afetada por diversas pragas, dentre elas *Sphenophorus levis*, capaz de causar danos nas brotações e na parte subterrânea da touceira, reduzindo a longevidade do canavial. O conhecimento da distribuição espacial de pragas no campo é fundamental para garantir a correta utilização das estratégias de controle dentro de um programa de manejo integrado. Dessa forma, esse trabalho teve por objetivo estudar a distribuição espacial de *S. levis* e do seu dano em canaviais, utilizando a análise geoestatística. Para tal, foram realizadas amostragens em 14 áreas comerciais de cana-de-açúcar. Em cada área foram feitos 100 pontos de amostragem, em um grid de 10 x 10,5 m ou 10 x 9,8 m, dependendo do espaçamento entre sulcos na área. No ponto amostral, fez-se uma trincheira na linha de cana de 50 cm de largura por 50 cm de comprimento e 30 cm de profundidade, da qual retirou-se a touceira de cana-de-açúcar, para contagem de larvas, pupas e adultos de *S. levis* e de seus danos, representados pela porcentagem de rizomas danificados pela praga. Por ocasião da amostragem, foram distribuídas em pontos próximos de onde foram feitas as trincheiras, iscas confeccionadas a partir de toletes de cana-de-açúcar, com 30 cm de comprimento, que foram cortados longitudinalmente e embebidos em melaço. As iscas foram vistoriadas 7 dias após a colocação, para contagem dos adultos. De maneira geral, larvas, formas biológicas totais (larvas + pupas + adultos) e o dano de *S. levis* distribuíram-se de maneira agregada, com o alcance da dependência espacial variando de 16 a 73 m para as larvas, 18 a 69 m para as formas biológicas totais, 16 a 77 m para o número de rizomas danificados e 17 a 81 m para a porcentagem de rizomas danificados, enquanto pupas e adultos distribuíram-se aleatoriamente em campo. Os valores de alcance obtidos e os mapas de interpolação por krigagem mostraram grande variabilidade das populações do inseto e de seus danos em todas as áreas estudadas. Com base no alcance médio obtido para as variáveis estudadas, sugere-se que os pontos de amostragem para a estimar as

populações do inseto e seu dano em canaviais sejam distanciados em 40 m um do outro.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., semivariograma, krigagem, MIP

1 Introdução

Sphenophorus levis Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) é uma importante praga da cana-de-açúcar, considerada como um fator limitante para a produtividade dessa cultura, devido ao seu alto potencial de dano (TERÁN; PRECETTI, 1982; DINARDO-MIRANDA, 2008).

As larvas de *S. levis* são as responsáveis pelos danos pois, ao se alimentarem, escavam galerias e danificam os tecidos no interior dos rizomas na base dos perfilhos ou nos colmos da cana, causando a morte das plantas, falhas nas brotações das soqueiras e redução da longevidade dos canaviais (DINARDO-MIRANDA, 2000; 2008). Foram observados incrementos nas populações dessa praga, devido às dificuldades de controle e à mudança do sistema de colheita de cana, que passou de colheita manual com queima prévia para colheita mecanizada de cana crua. Na colheita da cana-crua, a palha remanescente serve de abrigo para o inseto e propicia maior umidade e temperatura mais amena no solo, condições que favorecem o desenvolvimento de *S. levis* (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013).

Devido à importância desse inseto para a cana-de-açúcar, alguns estudos foram conduzidos visando avaliar a eficiência de métodos de controle, tais como práticas culturais (PRECETTI et al., 1988), controle químico (DINARDO-MIRANDA, 2006) e controle biológico por meio de microrganismos entomopatogênicos (POLANCZYCK et al., 2004; LEITE et al., 2012). Entretanto, são escassos estudos sobre a distribuição espacial dessa praga na cultura da cana-de-açúcar e tais estudos são indispensáveis para o desenvolvimento de planos de amostragem, visando à aplicação em programas de manejo integrado de pragas (SOUTHWOOD, 1978; GILES et al., 2000; WRIGHT et al., 2002).

Para determinar o padrão de arranjo espacial de um inseto, é necessário ter dados de contagem de indivíduos no campo, que são úteis para inferir a forma

de distribuição da população amostrada e as características dessa distribuição no campo (FERNANDES et al., 2002).

De acordo com Barbosa (1992), a distribuição espacial de pragas no campo pode ser regular (uniforme), ao acaso (aleatória) ou em reboleira (agregada). Quando os insetos se distribuem no campo de maneira agregada, ocorre dependência espacial entre os pontos amostrados e, nesse caso, a geoestatística é a ferramenta mais adequada para estudar as populações, pois permite quantificar a dependência espacial entre amostras coletadas no campo e utilizar essa dependência para construção de mapas, que mostram como é o padrão do arranjo espacial (LIEBHOLD et al., 1993; ROBERTS et al., 1993; LIEBHOLD et al. 1996; ELLSBURY et al., 1998).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo estudar a distribuição espacial de *S. levis* utilizando a análise geoestatística, em diferentes condições de cultivo de cana-de-açúcar.

2 Material e Métodos

A distribuição espacial de *S. levis* foi estudada em 14 áreas comerciais de cana-de-açúcar, cujas características estão apresentadas na Tabela 1.

Cada campo, de aproximadamente um hectare, foi dividido em uma grade regular de 100 pontos, nos quais foram realizadas as amostragens. O grid amostral foi de 10 x 10,5 m nas áreas 1 a 5 e 10 x 9,8 m nas áreas 6 a 14, em virtude dos espaçamentos entrelinhas do plantio adotados pelas Usinas, de 1,5 e 1,4 m, respectivamente (Tabela 1).

O ponto de amostragem correspondeu a uma trincheira de 50 cm de comprimento por 50 cm de largura e 30 cm de profundidade, feita na linha central de cana-de-açúcar da parcela, com o auxílio de enxadão, de onde foi retirada toda a touceira (ARRIGONI et al., 1988). Em seguida, o material vegetal foi cuidadosamente aberto e inspecionado à procura das formas biológicas do inseto (larvas, pupas e adultos) presentes no interior dos rizomas na touceira. Ao mesmo tempo, foram contados os rizomas totais e os rizomas danificados, os quais foram utilizados na determinação dos danos causados pelo inseto,

expressos em porcentagem de rizomas danificados [Dano (%RD) = n° rizomas danificados / n° total de rizomas) * 100] (DINARDO-MIRANDA, 2014).

Nas áreas 6 a 14, além da amostragem feita em trincheiras, procedeu-se também à amostragem de adultos por meio de iscas. Assim, por ocasião das amostragens por meio de trincheiras, foram distribuídas iscas, confeccionadas a partir de toletes de cana de 30 cm, cortados longitudinalmente e embebidos em melaço. Obedecendo o mesmo grid anteriormente citado, foram dispostas 2 iscas na base de cada touceira, para monitoramento de adultos (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Sete dias depois da distribuição das iscas em campo, estas foram vistoriadas para contagem dos adultos capturados.

Tabela 1. Características das áreas estudadas.

Características	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4	Área 5	Área 6	Área 7
Local	Serrana, SP	Serrana, SP	Serrana, SP	Serrana, SP	Serrana, SP	Am. Brasiliense, SP	Araraquara, SP
Varietade	CTC 7	RB855156	RB855453	SP87-365	CTC 12	SP81-3250	CTC 9
Ciclo	soca 4º corte	soca 3º corte	soca 4º corte	soca 3º corte	soca 2º corte	soca 3º corte	soca 1º corte
Idade (meses)	1	1	2	1,5	2	2,5	0,5
Data de amostragem	23/07/2012	29/08/2012	09/09/2012	14/10/2012	30/11/2012	18/02/2013	22/04/2013
Espaçamento de plantio	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,4 m	1,4 m
Grid de amostragem	10 x 10,5 m	10 x 10,5 m	10 x 10,5 m	10 x 10,5 m	10 x 10,5 m	10 x 9,8 m	10 x 9,8 m
Nº de amostras	100	100	100	100	100	100	100
Área amostrada	1,05 ha	1,05 ha	1,05 ha	1,05 ha	1,05 ha	0,98 ha	0,98 ha
Características	Área 8	Área 9	Área 10	Área 11	Área 12	Área 13	Área 14
Local	Am. Brasiliense, SP	Santa Lúcia, SP	Araraquara, SP	Am. Brasiliense, SP	Am. Brasiliense, SP	Araraquara, SP	Santa Lúcia, SP
Varietade	RB877515	RB925211	IAC87-3396	RB855156	RB92579	SP84-2025	SP80-3280
Ciclo	soca 2º corte	soca 2º corte	soca 3º corte	soca 3º corte	soca 4º corte	soca 2º corte	soca 4º corte
Idade (meses)	1	0,5	1,5	2	1,5	2	1
Espaçamento de plantio	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,4 m	1,4 m
Data de amostragem	08/05/2013	18/06/2013	04/07/2013	19/08/2013	25/09/2013	17/10/2013	28/11/2013
Grid de amostragem	10 x 9,8 m	10 x 9,8 m	10 x 9,8 m	10 x 9,8 m	10 x 9,8 m	10 x 9,8 m	10 x 9,8 m
Nº de amostras	100	100	100	100	100	100	100
Área amostrada	0,98 ha	0,98 ha	0,98 ha	0,98 ha	0,98 ha	0,98 ha	0,98 ha

Desta forma, em cada área foram estudadas as seguintes variáveis: número de larvas, pupas e adultos no interior dos rizomas, formas biológicas totais (larvas + pupas + adultos) no interior dos rizomas, número de rizomas danificados e porcentagem de rizomas danificados. Nas áreas 6 a 14, a variável "adultos capturados em armadilhas" também foi estudada. Para cada parâmetro e área, calcularam-se média, variância, coeficiente de variação, valores mínimos e máximos, assimetria e curtose.

Após isso, foram obtidos os semivariogramas experimentais para cada uma das variáveis estudadas, e em seguida foram ajustados modelos teóricos aos semivariogramas. Os parâmetros dos semivariogramas foram ajustados levando em consideração o modelo que forneceu o maior coeficiente de

determinação (R^2). Com base no modelo utilizado para o ajuste dos dados, foram obtidos os seguintes parâmetros do semivariograma: efeito pepita (C_0); patamar (C_0+C_1) e o alcance da dependência espacial (a). A partir desses dados pode-se calcular o grau de dependência espacial $C_0/(C_0+C_1)$. A análise do grau de dependência espacial das variáveis estudadas foi realizada segundo Cambardella et al. (1994), que considera a dependência espacial fraca quando a relação $C_0/(C_0+C_1)$ é menor ou igual a 0,25; moderada quando está entre 0,25 e 0,75 e forte, quando é maior que 0,75.

A partir dos modelos ajustados de semivariogramas, foi possível estimar os valores de pontos não amostrados no campo por meio da interpolação por krigagem. A krigagem é um método de interpolação que utiliza os valores de vizinhos próximos, onde para a estimativa dos pontos não amostrados, são determinados pesos. Os pesos da krigagem levam em conta a relação entre a dependência espacial entre as amostras realizadas no campo, com base em valores estatísticos e o alcance da dependência espacial (VIEIRA, 2000). Os valores interpolados por krigagem foram utilizados para a construção de mapas de isolinhas para as variáveis número de larvas, formas biológicas totais de *S. levis* e a porcentagem de rizomas danificados pelo inseto.

Tanto para os ajustes dos dados aos modelos de semivariogramas e a construção dos mapas a partir dos valores estimados por krigagem, foi utilizado o programa computacional GS+ Geostatistics v. 7.0.

3 Resultados e Discussão

Nas Tabelas 2 a 4 estão apresentados os parâmetros da estatística descritiva para todas as variáveis estudadas. No geral, os valores da variância foram maiores que o da média, o que é considerado um indicativo de padrão agregado do inseto e do seu dano no campo. Observou-se também elevados valores de coeficiente de variação, com grandes diferenças entre os valores de máximo e mínimo para todas as variáveis estudadas.

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis estudadas nas áreas 1 a 6.

Área	Variáveis	Média	Variância	CV (%)	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
1	Larvas	0,40	0,68	206,16	0,00	3,00	1,62	1,85
	Pupas	0,08	0,07	330,72	0,00	1,00	3,10	7,59
	Adultos	0,14	0,14	267,26	0,00	2,00	2,63	6,42
	FB	0,57	0,69	145,73	0,00	3,00	1,36	1,02
	RD	0,80	1,29	141,97	0,00	5,00	1,22	1,00
	% RD	9,00	131,71	127,52	0,00	50,00	1,06	0,42
2	Larvas	1,69	1,77	78,72	0,00	6,00	0,66	0,66
	Pupas	0,22	0,24	222,68	0,00	2,00	2,12	3,75
	Adultos	0,21	0,20	212,96	0,00	2,00	2,13	3,84
	FB	2,11	2,60	76,42	0,00	8,00	0,76	1,00
	RD	2,77	3,30	65,58	0,00	8,00	0,47	0,04
	% RD	27,73	278,50	60,18	0,00	66,00	0,06	-0,67
3	Larvas	0,90	0,94	107,66	0,00	3,00	0,67	-0,73
	Pupas	0,08	0,09	341,25	0,00	1,00	3,10	7,59
	Adultos	0,07	0,07	365,71	0,00	1,00	3,37	9,36
	FB	1,05	1,28	107,80	0,00	5,00	0,95	0,52
	RD	0,95	1,22	116,21	0,00	4,00	1,00	0,14
	% RD	9,70	136,31	120,23	0,00	50,00	1,24	1,16
4	Larvas	1,47	1,16	73,27	0,00	5,00	0,78	1,02
	Pupas	0,40	0,44	145,77	0,00	2,00	1,15	0,31
	Adultos	0,05	0,07	529,15	0,00	2,00	5,69	34,10
	FB	1,94	1,84	69,92	0,00	7,00	0,92	0,94
	RD	2,39	2,40	64,82	0,00	7,00	0,62	0,06
	% RD	22,69	187,69	60,38	0,00	64,00	0,46	0,16
5	Larvas	0,94	0,96	104,23	0,00	4,00	0,70	-0,36
	Pupas	0,77	0,62	102,26	0,00	3,00	0,68	-0,34
	Adultos	0,60	0,63	132,29	0,00	5,00	2,19	8,42
	FB	2,31	1,61	54,93	0,00	8,00	1,16	3,01
	RD	2,90	1,89	47,41	0,00	8,00	0,60	0,91
	% RD	30,98	206,24	46,36	0,00	66,00	0,19	-0,55
6	Larvas	0,21	0,17	195,24	0,00	1,00	1,42	0,03
	Pupas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Adultos	0,36	0,35	163,89	0,00	2,00	1,40	0,96
	FB	0,56	0,57	133,93	0,00	3,00	1,34	1,47
	RD	1,07	0,97	91,59	0,00	3,00	0,30	-1,17
	% RD	10,00	88,59	94,10	0,00	33,00	0,32	-1,05
	Ad - iscas	0,53	0,49	132,08	0,00	3,00	1,12	0,57

FB: formas biológicas; RD: rizomas danificados; %RD: porcentagem de rizomas danificados; Ad - iscas: adultos capturados nas iscas

Os valores de assimetria e curtose também fornecem uma indicação da forma de distribuição das variáveis estudadas. Quanto mais próximos a zero estiverem os valores, mais a distribuição dos dados se aproxima da distribuição normal. No geral, a assimetria e a curtose apresentaram valores próximos a zero,

indicando a normalidade dos dados. A normalidade dos dados é considerada um importante requisito para a realização da análise geoestatística (VIEIRA, 2000).

Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis estudadas nas áreas 7 a 11.

Área	Variáveis	Média	Variância	CV (%)	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
7	Larvas	0,18	0,19	238,89	0,00	2,00	2,37	5,06
	Pupas	0,06	0,56	383,33	0,00	1,00	3,71	11,73
	Adultos	0,13	0,15	300,00	0,00	2,00	3,14	9,64
	FB	0,37	0,54	200,00	0,00	4,00	2,23	5,48
	RD	0,54	0,55	138,89	0,00	3,00	1,12	0,24
	% RD	5,48	60,37	141,79	0,00	33,00	1,30	0,99
	Ad - iscas	0,20	0,32	280,00	0,00	3,00	2,98	8,42
8	Larvas	0,57	0,78	156,14	0,00	3,00	1,22	0,13
	Pupas	0,24	0,23	200,00	0,00	2,00	1,77	2,28
	Adultos	0,20	0,22	235,00	0,00	2,00	2,12	3,75
	FB	1,03	1,70	126,21	0,00	4,00	0,79	-0,84
	RD	0,99	1,52	124,24	0,00	4,00	0,76	-0,89
	% RD	8,95	124,05	124,47	0,00	36,00	0,75	-0,94
	Ad - iscas	0,38	0,48	181,58	0,00	3,00	1,72	2,00
9	Larvas	0,44	0,43	147,73	0,00	2,00	1,19	0,21
	Pupas	0,30	0,25	166,67	0,00	2,00	1,24	0,76
	Adultos	0,08	0,07	337,50	0,00	1,00	3,10	7,59
	FB	0,82	1,07	125,61	0,00	4,00	1,13	0,46
	RD	0,84	0,89	111,90	0,00	3,00	0,71	-0,74
	% RD	7,55	71,74	112,19	0,00	27,00	0,66	-0,83
	Ad - iscas	0,11	0,12	309,09	0,00	2,00	3,21	10,25
10	Larvas	0,65	0,69	127,69	0,00	3,00	1,04	0,14
	Pupas	0,31	0,26	161,29	0,00	2,00	1,28	0,58
	Adultos	0,04	0,03	475,00	0,00	1,00	4,69	20,04
	FB	1,00	1,29	113,00	0,00	4,00	0,87	-0,24
	RD	0,86	0,88	109,65	0,00	4,00	0,86	0,09
	% RD	8,17	78,52	108,45	0,00	33,00	0,79	-0,21
	Ad - iscas	0,10	0,13	360,00	0,00	2,00	3,82	14,56
11	Larvas	0,43	0,47	160,47	0,00	3,00	1,48	1,45
	Pupas	0,05	0,09	600,00	0,00	2,00	5,96	34,61
	Adultos	0,10	0,09	310,00	0,00	1,00	2,61	4,81
	FB	0,58	0,74	148,28	0,00	3,00	1,29	0,62
	RD	0,94	1,01	110,64	0,00	4,00	0,76	-0,27
	% RD	10,42	123,05	106,43	0,00	40,00	0,74	-0,48
	Ad - iscas	0,15	0,16	273,33	0,00	2,00	2,79	7,41

FB: formas biológicas; RD: rizomas danificados; %RD: porcentagem de rizomas danificados; Ad - iscas: adultos capturados nas iscas

Tabela 4. Estatística descritiva das variáveis estudadas nas áreas 12 a 14.

Área	Variáveis	Média	Variância	CV (%)	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
12	Larvas	0,94	0,98	105,32	0,00	4,00	0,80	-0,16
	Pupas	0,31	0,25	164,52	0,00	2,00	1,28	0,58
	Adultos	0,07	0,08	414,29	0,00	1,00	4,50	21,33
	FB	1,32	1,85	103,03	0,00	5,00	0,92	-0,05
	RD	1,25	1,21	88,32	0,00	4,00	0,49	-0,58
	% RD	12,00	100,29	83,42	0,00	36,00	0,33	-0,80
	Ad - iscas	0,16	0,19	275,00	0,00	2,00	2,83	7,43
13	Larvas	0,62	0,60	124,19	0,00	3,00	1,03	0,28
	Pupas	0,36	0,37	169,44	0,00	2,00	1,48	1,05
	Adultos	0,43	0,51	165,12	0,00	3,00	1,50	1,27
	FB	1,41	1,53	87,94	0,00	4,00	0,34	-1,01
	RD	1,20	0,84	76,67	0,00	3,00	0,26	-0,77
	% RD	11,00	68,05	74,91	0,00	27,00	0,18	-0,89
	Ad - iscas	0,53	0,67	154,72	0,00	3,00	1,38	0,88
14	Larvas	0,32	0,36	190,63	0,00	2,00	1,70	1,72
	Pupas	0,14	0,14	264,29	0,00	2,00	2,63	6,42
	Adultos	0,38	0,39	165,79	0,00	2,00	1,42	0,82
	FB	0,78	1,34	148,72	0,00	5,00	1,61	2,00
	RD	1,54	1,02	65,58	0,00	3,00	-0,29	-1,03
	% RD	14,98	92,50	64,22	0,00	33,00	-0,36	-0,97
	Ad - iscas	0,83	0,76	104,82	0,00	3,00	0,70	-0,49

FB: formas biológicas; RD: rizomas danificados; %RD: porcentagem de rizomas danificados; Ad - iscas: adultos capturados nas iscas

Para as 14 áreas, foram calculados 93 semivariogramas experimentais, utilizando os dados das variáveis larvas, pupas, adultos no interior dos rizomas, formas biológicas totais, número de rizomas danificados, porcentagem de rizomas danificados e adultos capturados nas iscas, para as áreas 6 a 14. Dos 93 semivariogramas experimentais, 56 tiveram ajuste a algum modelo de semivariogramas teórico, sendo 3 ajustes ao modelo Gaussiano, 5 ao modelo Exponencial e 48 ajustes ao modelo Esférico. Independentemente do modelo ajustado, os semivariogramas mostram que existe dependência espacial entre as amostras no campo, o que caracteriza a distribuição agregada das variáveis (Figuras 1 a 14, Tabelas 5 a 7).

Para os demais 37 semivariogramas experimentais, não foi possível realizar o ajuste a nenhum modelo teórico de semivariograma, caracterizando o efeito pepita puro. Assim, nestes casos onde ocorre o efeito pepita puro, não foi constatada distribuição agregada do inseto no campo, que se distribuiu de

maneira aleatória nessas áreas de cana-de-açúcar (Figuras 1 a 14, Tabelas 5 a 7). Liebhold et al. (1993) citam que a ocorrência de efeito pepita puro em trabalhos com insetos é bastante comum e se deve principalmente ao fato de que a dependência espacial pode ocorrer em uma escala espacial menor do que a escala de amostragem adotada. Perecin e Barbosa (1994) relataram ainda que o efeito pepita puro pode ocorrer quando as médias estão muito baixas.

Das variáveis estudadas, pupas, adultos nos rizomas e adultos nas iscas, foram as que mais apresentaram efeito pepita puro, caracterizando a distribuição aleatória no campo. Pupas apresentaram ajuste em 4 das 14 áreas, adultos nos rizomas em 3 das 14 áreas, e adultos capturados nas iscas em 3 de 9 áreas nas quais foram avaliados. Tal fato pode estar relacionado a biologia do inseto, pois o período pupal de *S. levis* é relativamente curto, de 5 a 13 dias, o que explica a baixa contagem de pupas no campo durante as amostragens (DEGASPARI et al., 1987). Para os adultos, a época do ano em que foram realizadas as amostragens parece influenciar no seu arranjo espacial. Os adultos encontrados dentro dos rizomas e os capturados nas iscas apresentaram ajuste ao semivariograma em áreas onde as amostragens foram realizadas em período mais quente e úmido, época onde ocorre seu pico populacional no campo. Para as demais áreas, as amostragens foram realizadas em período mais seco e frio, onde a população de adultos apresentou médias populacionais muito baixas, o que pode ter caracterizado o efeito pepita puro dessas variáveis. Os resultados corroboram os encontrados por Grodowitz et al. (2014), que estudaram a distribuição espacial de *Cyrtobagous salviniae* (Coleoptera: Curculionidae) e constataram que nos meses em que a população do inseto foi menor, ocorreu a distribuição aleatória no campo, enquanto nos meses em que foi observado o maior número de insetos no campo, os adultos e larvas apresentaram arranjo espacial agregado. Portanto, pode-se inferir que, para as pupas e adultos, o padrão aleatório constatado foi altamente dependente da época do ano e das baixas densidades populacionais e no campo.

Larvas, formas biológicas totais de *S. levis*, número de rizomas danificados e porcentagem de rizomas danificados foram as variáveis que mais apresentaram ajuste aos modelos de semivariogramas. As larvas apresentaram ajuste em 10 das 14 áreas, formas biológicas totais em 9 das 14 áreas, número

de rizomas danificados em 12 das 14 áreas e a porcentagem de rizomas danificados em 10 das 14 áreas (Figuras 1 a 14, Tabelas 5 a 7). A duração da fase larval e a época do ano em que as amostragens foram realizadas estão relacionadas com os resultados observados para as larvas. A fase larval de *S. levis* dura de 26 a 50 dias e a maioria das amostragens foram realizadas em épocas mais secas e frias do ano, onde ocorre o predomínio da população de larvas no campo. Faleiro et al. (2001) relataram padrão agregado de larvas de *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) em plantações de coco, nas épocas em que a população de larvas predominava no campo.

Para o dano da praga, representado pelas variáveis número de rizomas danificados e porcentagem de rizomas danificados, também foi constatado o padrão agregado. O dano de *S. levis* é localizado, pois uma vez causado nos rizomas, permanece um longo período de tempo, até o próximo corte da cultura, o que torna mais fácil a constatação da agregação no campo.

Outro fator que influencia o padrão agregado de *S. levis* é a mobilidade limitada desse inseto, que apresenta baixa capacidade de dispersão e caminamento no campo (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

Além dos ajustes aos semivariogramas, a dependência espacial, dada pela relação $C_0/(C_0+C_1)$, também fornece subsídios para caracterizar a agregação de um inseto no campo. Segundo Cambardella et al. (1994), valores da relação $C_0/(C_0+C_1)$ abaixo de 0,25 caracterizam forte dependência espacial, valores entre 0,25 e 0,75 moderada dependência espacial e valores acima de 0,75 fraca dependência espacial entre as amostras. No presente estudo, as larvas apresentaram valores variando de 0,002 (área 9) a 0,50 (área 10), pupas variando de 0,0004 (área 10) a 0,30 (área 2), formas biológicas totais variando de 0,003 (área 9) a 0,48 (área 10), adultos nos rizomas de 0,10 (área 6) a 0,50 (área 14), adultos nas iscas de 0,09 (área 7) a 0,50 (área 14), número de rizomas danificados de 0,001 (área 9) a 0,45 (área 3) e porcentagem de rizomas danificados de 0,001 (área 9) a 0,46 (área 10).

Outro parâmetro fornecido pelo semivariograma é o alcance da dependência espacial (a). O valor do alcance indica o raio da agregação do parâmetro, ou seja, representa a distância na qual ocorre dependência espacial entre as amostras no campo e deve ser a distância mínima a ser considerada

entre as unidades amostrais para que elas sejam independentes entre si (ROSSI et al., 1992; YOUNG; YOUNG, 1998; GREGO et al., 2006). Para as larvas, os valores do alcance variaram de 16 m (área 5) a 73 m (área 3), pupas de 18 m (área 12) a 35 m (área 2), formas biológicas totais de 18 m (áreas 5 e 7) a 69 m (área 3), adultos nos rizomas de 28 m (área 6) a 53 m (área 14), adultos nas iscas 20 m (área 7) a 55 m (área 14), rizomas danificados de 16 m (área 6) a 77 m (área 3) e porcentagem de rizomas danificados de 17 m (área 6) a 81 m (área 3) (Figuras 1 a 14; Tabelas 5 a 7). A variabilidade observada nos valores do alcance para as variáveis estudadas indica que a praga e seu dano podem apresentar diferentes padrões no arranjo de sua distribuição espacial no campo.

Tabela 5. Parâmetros para os modelos de semivariogramas, coeficiente de determinação (R^2) e relação $C_0/(C_0+C_1)$ para as variáveis estudadas nas áreas 1 a 6.

Área	Variáveis	Parâmetros do Semivariograma			R^2	Modelo	$C_0/(C_0+C_1)$
		C_0	C_1	a (m)			
1	Larvas	0,056	0,470	38	0,908	Esférico	0,11
	Pupas			Efeito Pepita Puro			
	Adultos			Efeito Pepita Puro			
	FB	0,174	0,609	42	0,957	Esférico	0,22
	RD	0,548	0,877	44	0,884	Esférico	0,38
	% RD	44,800	100,200	45	0,961	Esférico	0,30
2	Larvas	0,044	1,770	17	0,779	Esférico	0,02
	Pupas	0,095	0,216	35	0,947	Esférico	0,30
	Adultos			Efeito Pepita Puro			
	FB	0,262	2,605	19	0,989	Esférico	0,09
	RD	0,220	3,307	18	0,763	Esférico	0,06
	% RD			Efeito Pepita Puro			
3	Larvas	0,430	0,633	73	0,944	Esférico	0,40
	Pupas			Efeito Pepita Puro			
	Adultos	0,036	0,036	42	0,882	Gaussiano	0,49
	FB	0,640	0,782	69	0,828	Esférico	0,45
	RD	0,551	0,855	77	0,932	Esférico	0,39
	% RD	57,800	104,800	81	0,958	Esférico	0,45
4	Larvas			Efeito Pepita Puro			
	Pupas			Efeito Pepita Puro			
	Adultos			Efeito Pepita Puro			
	FB			Efeito Pepita Puro			
	RD	0,017	2,187	24	0,788	Exponencial	0,01
	% RD	0,200	169,700	23	0,753	Exponencial	0,001
5	Larvas	0,029	0,965	16	0,844	Esférico	0,03
	Pupas			Efeito Pepita Puro			
	Adultos			Efeito Pepita Puro			
	FB	0,079	1,603	18	0,855	Esférico	0,04
	RD	0,926	1,029	52	0,839	Exponencial	0,47
	% RD			Efeito Pepita Puro			
6	Larvas	0,0005	0,166	17	0,797	Esférico	0,03
	Pupas			Efeito Pepita Puro			
	Adultos	0,037	0,333	28	0,833	Exponencial	0,10
	FB	0,116	0,482	29	0,925	Esférico	0,19
	RD	0,077	0,918	16	0,885	Gaussiano	0,08
	% RD	0,1	88,69	17	0,866	Esférico	0,001
	Ad - iscas	0,187	0,348	41	0,878	Esférico	0,35

FB: formas biológicas; RD: rizomas danificados; %RD: porcentagem de rizomas danificados; Ad - iscas: adultos capturados nas iscas

Tabela 6. Parâmetros para os modelos de semivariogramas, coeficiente de determinação (R^2) e relação $C_0/(C_0+C_1)$ para as variáveis estudadas nas áreas 7 a 11.

Área	Variáveis	Parâmetros do Semivariograma			R^2	Modelo	$C_0/(C_0+C_1)$
		C_0	C_1	a (m)			
7	Larvas	0,002	0,19	17	0,821	Esférico	0,01
	Pupas					Efeito Pepita Puro	
	Adultos					Efeito Pepita Puro	
	FB	0,034	0,505	18	0,731	Gaussiano	0,06
	RD	0,055	0,544	25	0,716	Esférico	0,09
	% RD	4,5	60,46	23	0,729	Esférico	0,07
	Ad - iscas	0,031	0,323	20	0,830	Esférico	0,09
8	Larvas	0,192	0,63	32	0,731	Esférico	0,23
	Pupas					Efeito Pepita Puro	
	Adultos					Efeito Pepita Puro	
	FB					Efeito Pepita Puro	
	RD	0,109	1,622	32	0,723	Esférico	0,06
	% RD	7,8	132,4	33	0,737	Esférico	0,06
	Ad - iscas					Efeito Pepita Puro	
9	Larvas	0,001	0,42	23	0,786	Esférico	0,002
	Pupas	0,003	0,254	22	0,946	Esférico	0,01
	Adultos					Efeito Pepita Puro	
	FB	0,003	1,107	23	0,953	Esférico	0,003
	RD	0,001	0,916	27	0,893	Esférico	0,001
	% RD	0,001	74,109	27	0,889	Esférico	0,00001
	Ad - iscas					Efeito Pepita Puro	
10	Larvas	0,386	0,387	48	0,834	Esférico	0,50
	Pupas	0,0001	0,268	22	0,826	Esférico	0,0004
	Adultos					Efeito Pepita Puro	
	FB	0,688	0,747	54	0,889	Esférico	0,48
	RD	0,459	0,558	70	0,959	Esférico	0,45
	% RD	41,5	47,86	75	0,922	Esférico	0,46
	Ad - iscas					Efeito Pepita Puro	
11	Larvas					Efeito Pepita Puro	
	Pupas					Efeito Pepita Puro	
	Adultos					Efeito Pepita Puro	
	FB					Efeito Pepita Puro	
	RD					Efeito Pepita Puro	
	% RD					Efeito Pepita Puro	
	Ad - iscas					Efeito Pepita Puro	

FB: formas biológicas; RD: rizomas danificados; %RD: porcentagem de rizomas danificados; Ad - iscas: adultos capturados nas iscas

Tabela 7. Parâmetros para os modelos de semivariogramas, coeficiente de determinação (R^2) e relação $C_0/(C_0+C_1)$ para as variáveis estudadas nas áreas 12 a 14.

Área	Variáveis	Parâmetros do Semivariograma			R^2	Modelo	$C_0/(C_0+C_1)$
		C_0	C_1	a (m)			
12	Larvas			Efeito Pepita Puro			
	Pupas	0,043	0,232	18	0,95	Exponencial	0,16
	Adultos			Efeito Pepita Puro			
	FB			Efeito Pepita Puro			
	RD			Efeito Pepita Puro			
	% RD			Efeito Pepita Puro			
	Ad - iscas			Efeito Pepita Puro			
13	Larvas	0,001	0,62	22	0,817	Esférico	0,002
	Pupas			Efeito Pepita Puro			
	Adultos			Efeito Pepita Puro			
	FB	0,056	1,531	21	0,923	Esférico	0,04
	RD	0,033	0,831	20	0,962	Esférico	0,04
	% RD	11,3	58,59	22	0,95	Esférico	0,16
Ad - iscas			Efeito Pepita Puro				
14	Larvas			Efeito Pepita Puro			
	Pupas			Efeito Pepita Puro			
	Adultos	0,219	0,22	53	0,887	Esférico	0,50
	FB			Efeito Pepita Puro			
	RD	0,262	0,83	42	0,969	Esférico	0,24
	% RD	19,6	79	40	0,911	Esférico	0,20
Ad - iscas	0,406	0,408	55	0,968	Esférico	0,50	

FB: formas biológicas; RD: rizomas danificados; %RD: porcentagem de rizomas danificados; Ad - iscas: adultos capturados nas iscas

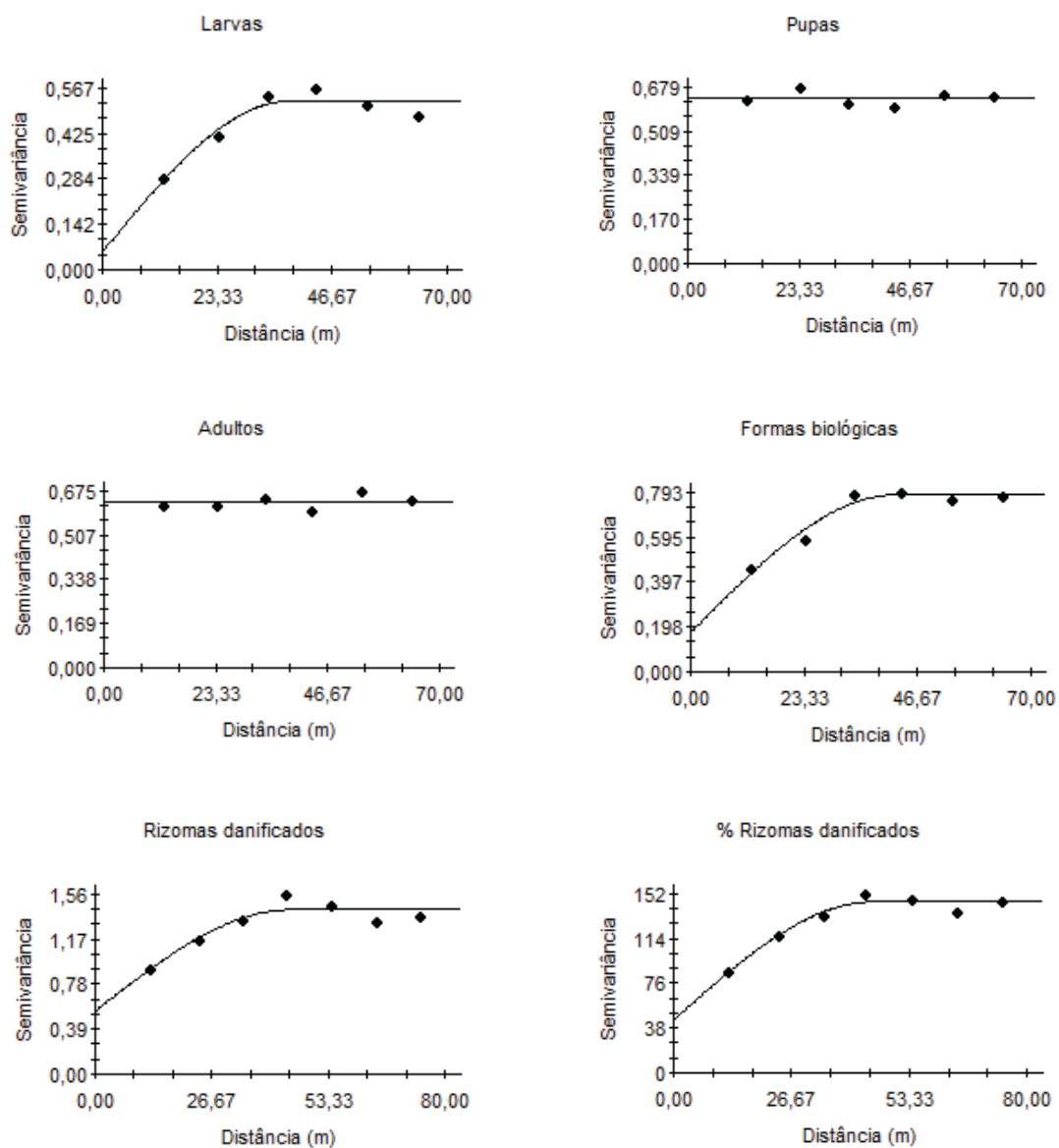


Figura 1. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 1.

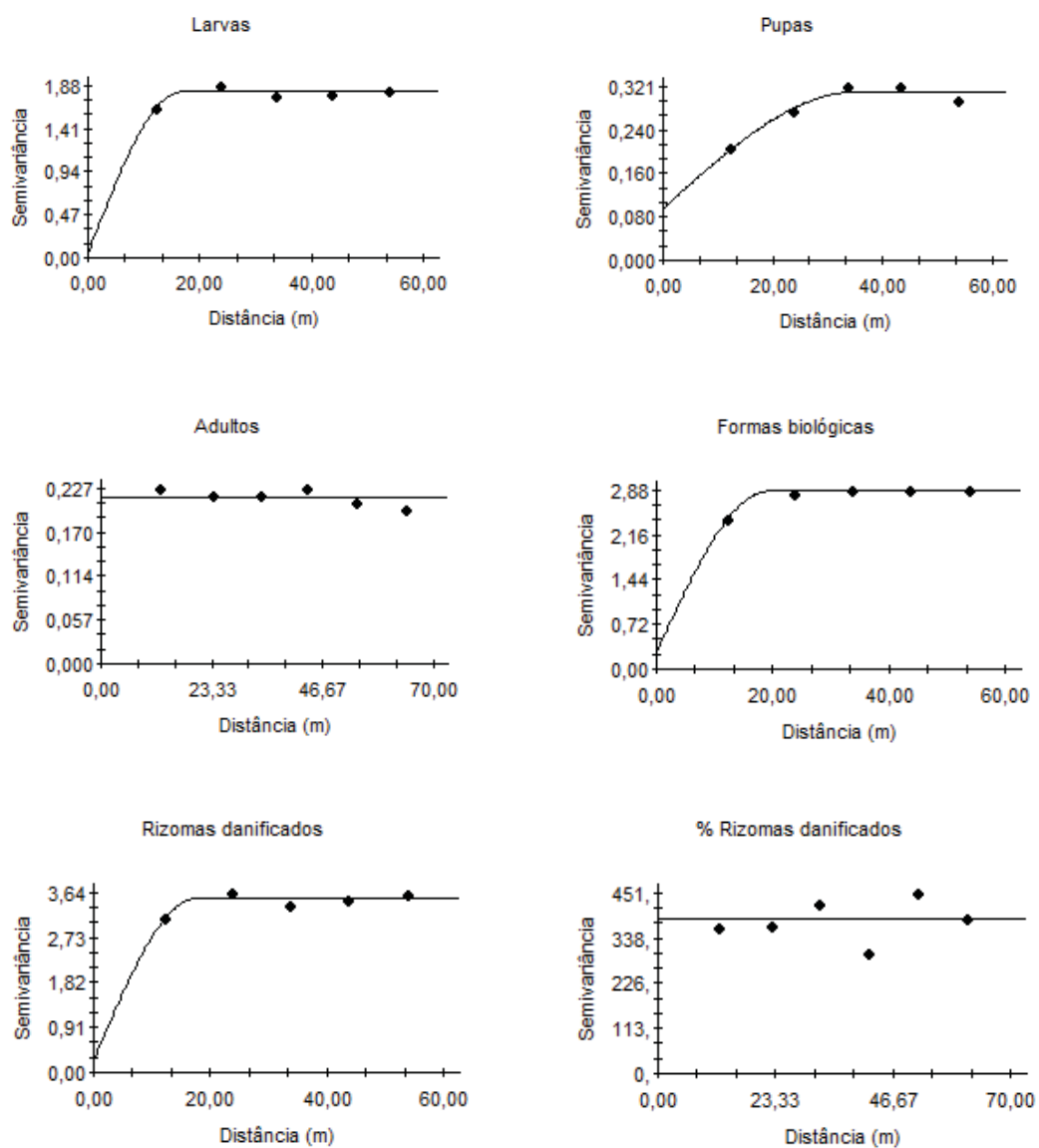


Figura 2. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 2

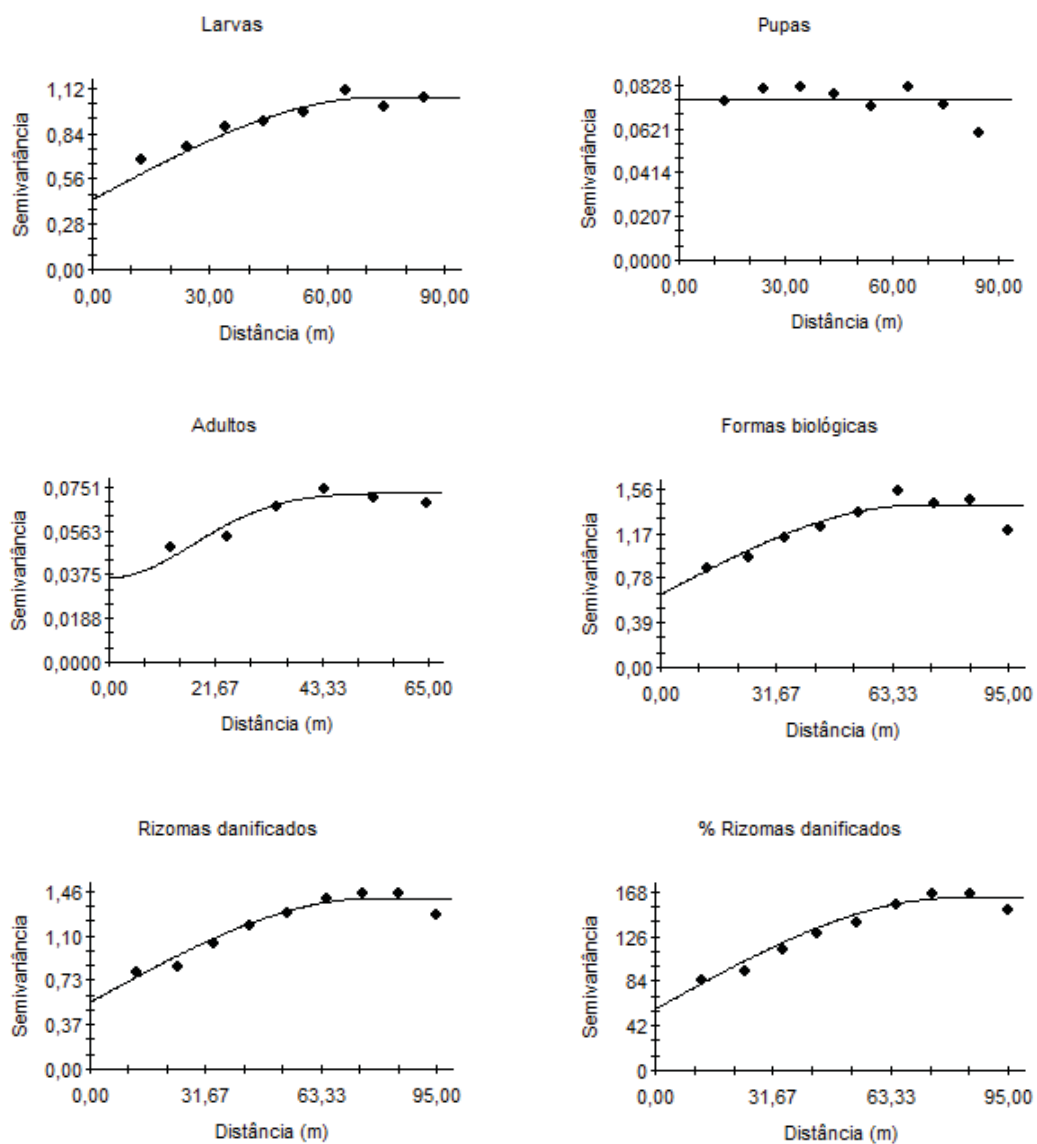


Figura 3. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 3.

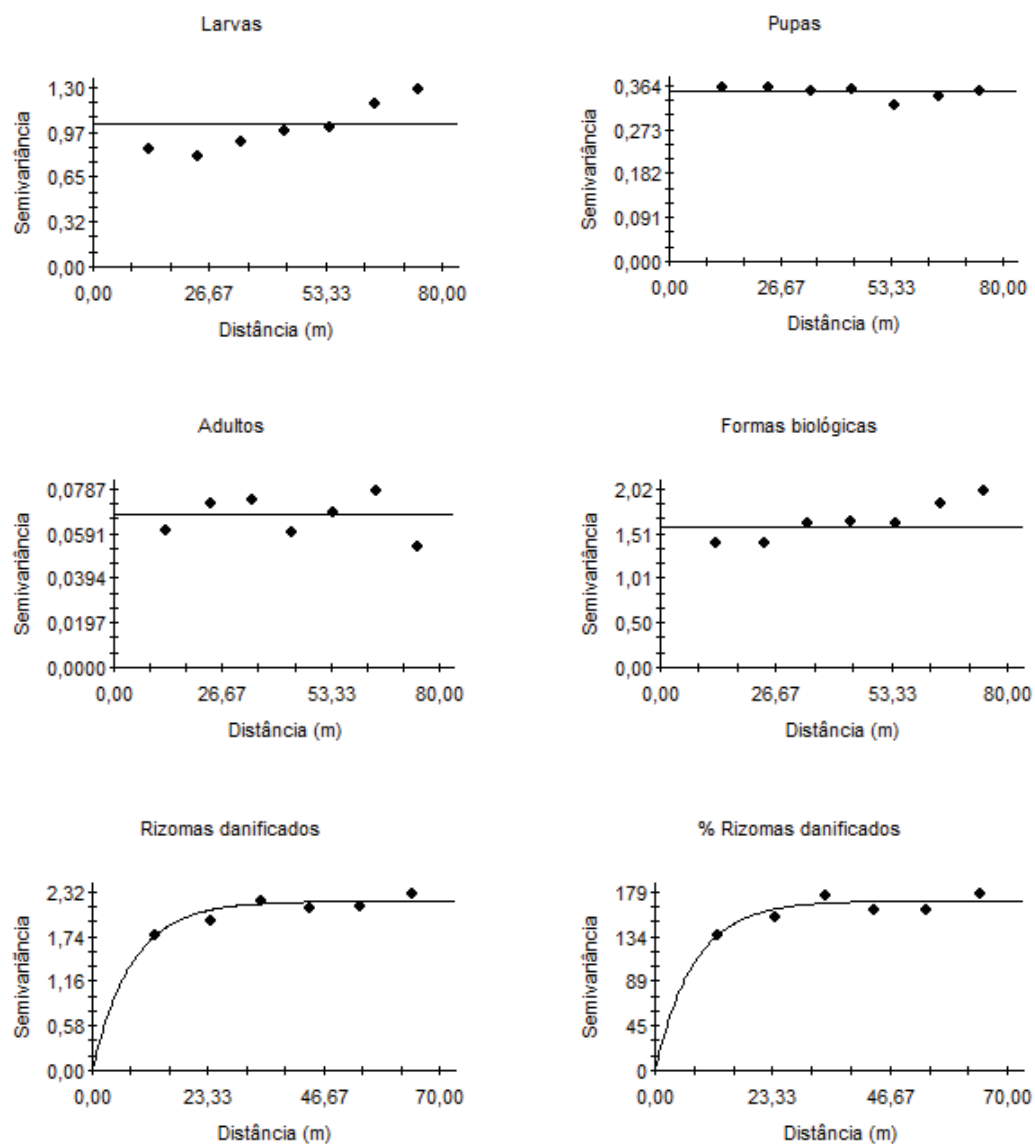


Figura 4. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 4.

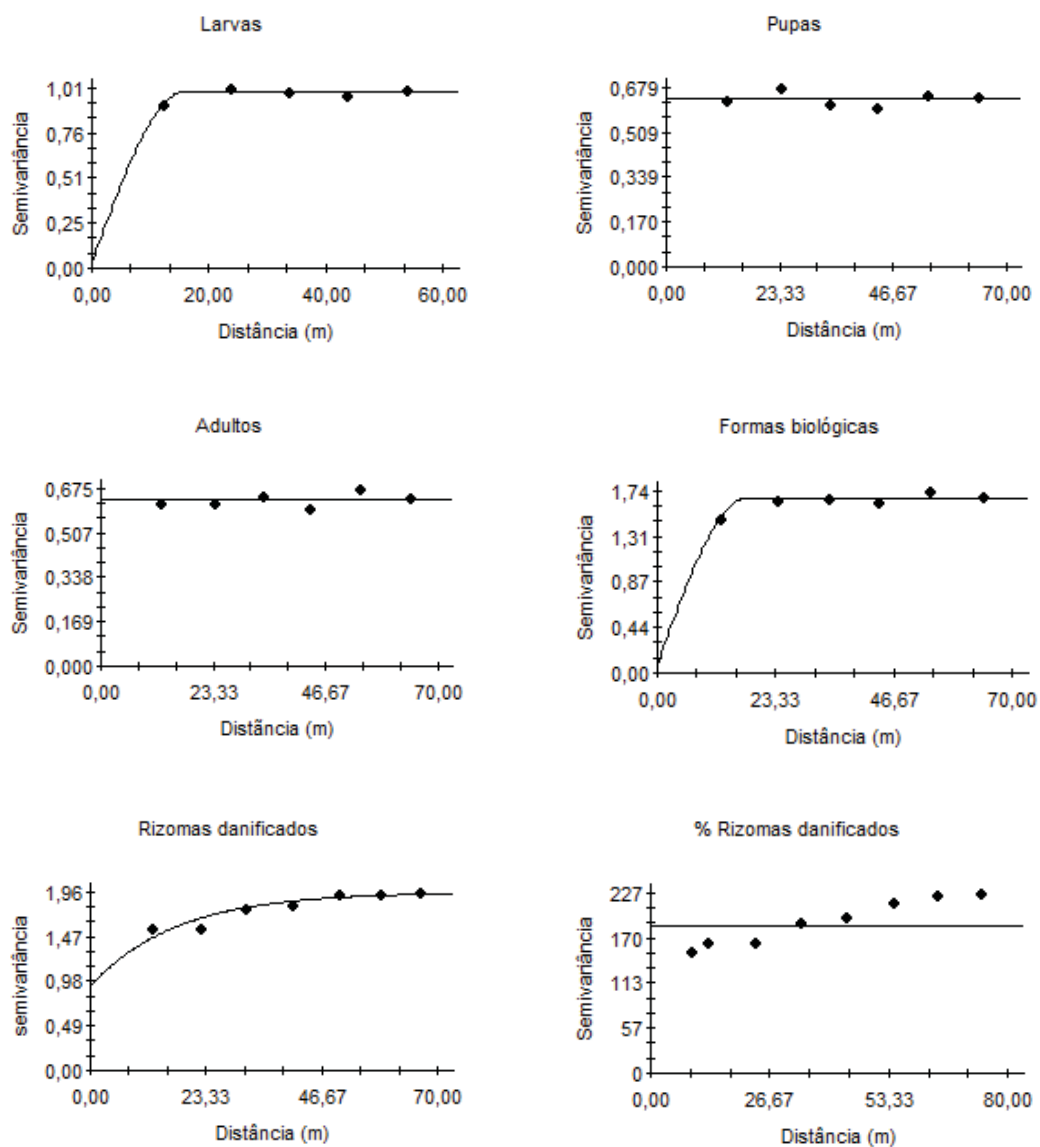


Figura 5. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 5.

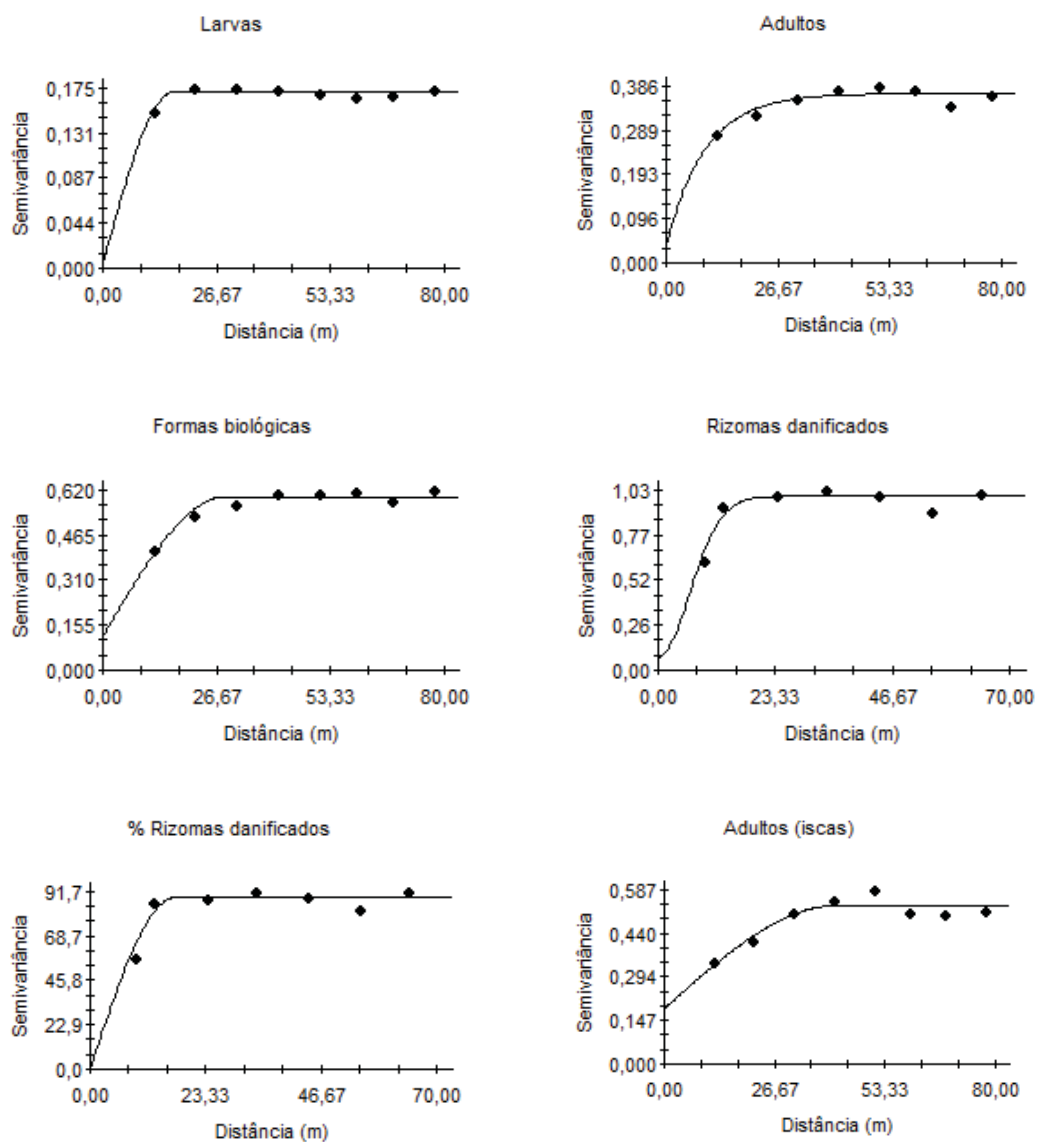


Figura 6. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 6.

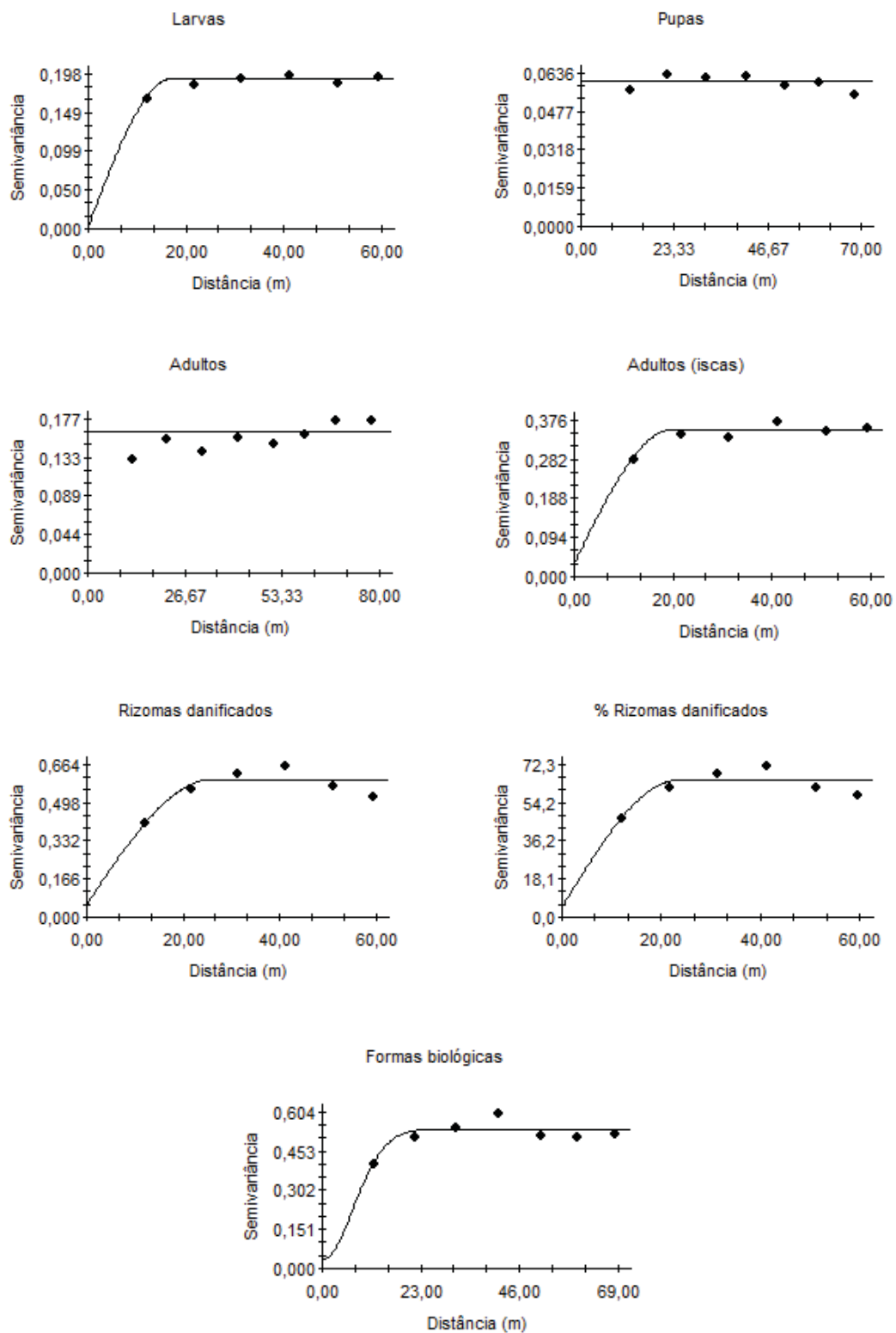


Figura 7. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 7.

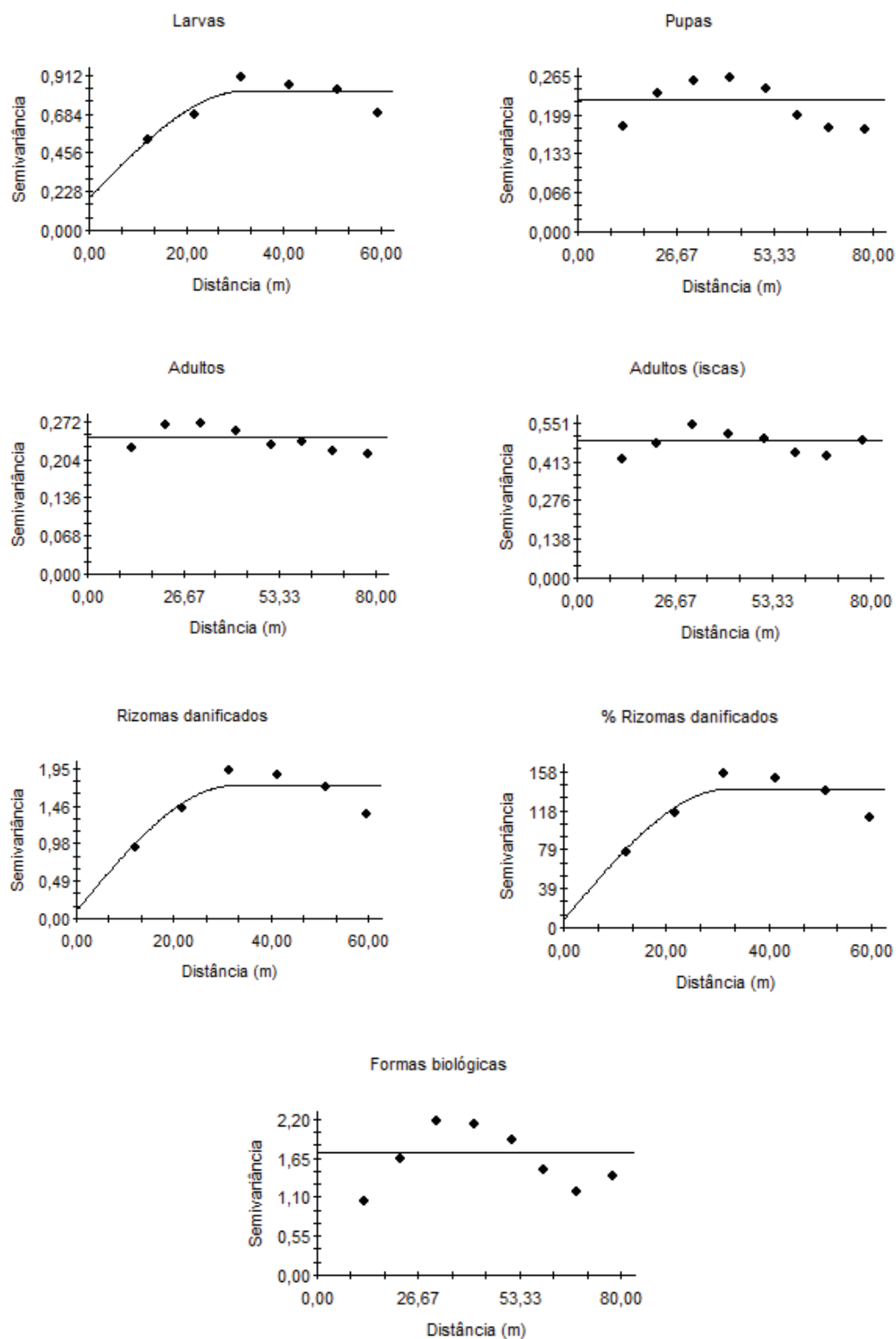


Figura 8. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 8.

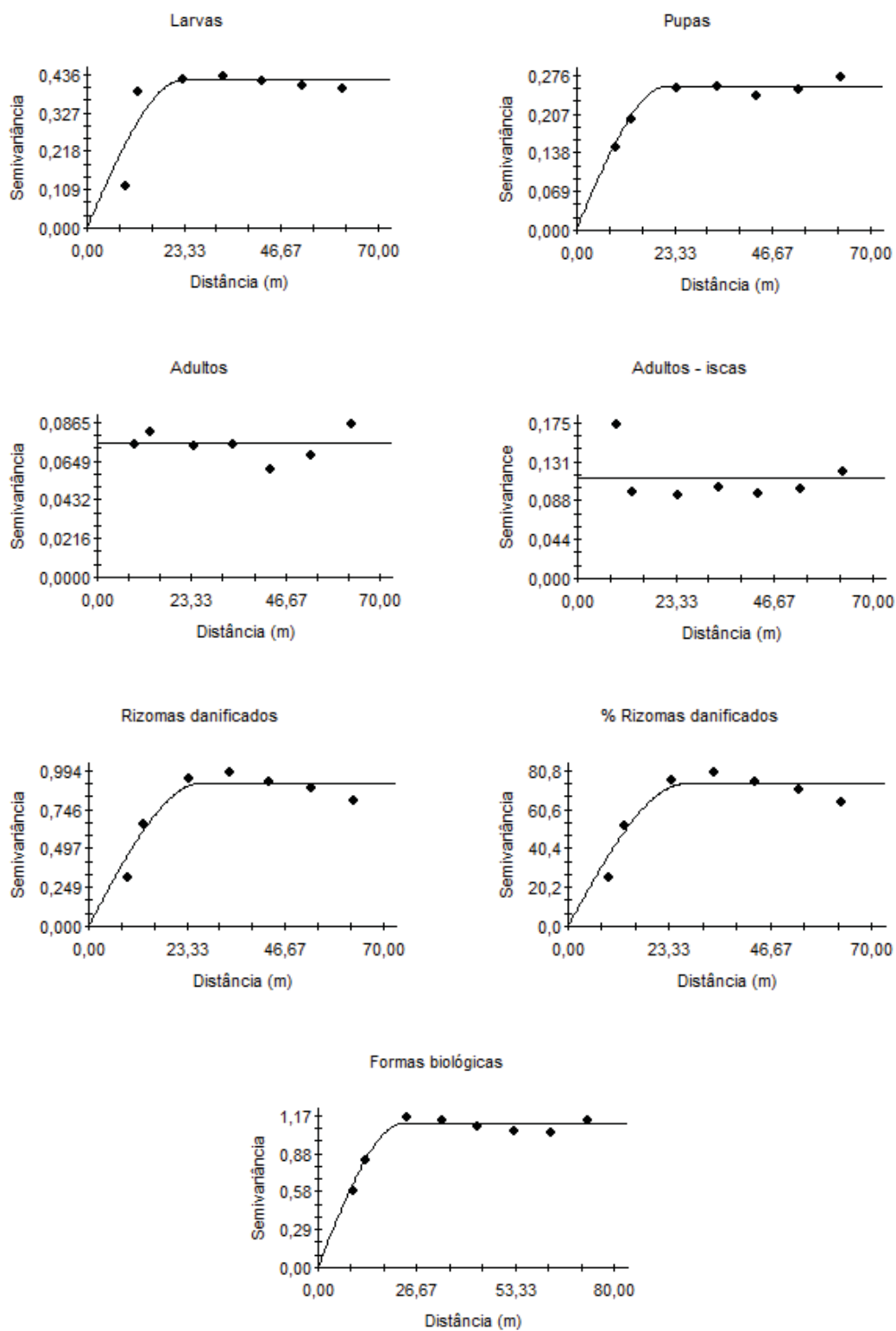


Figura 9. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 9.

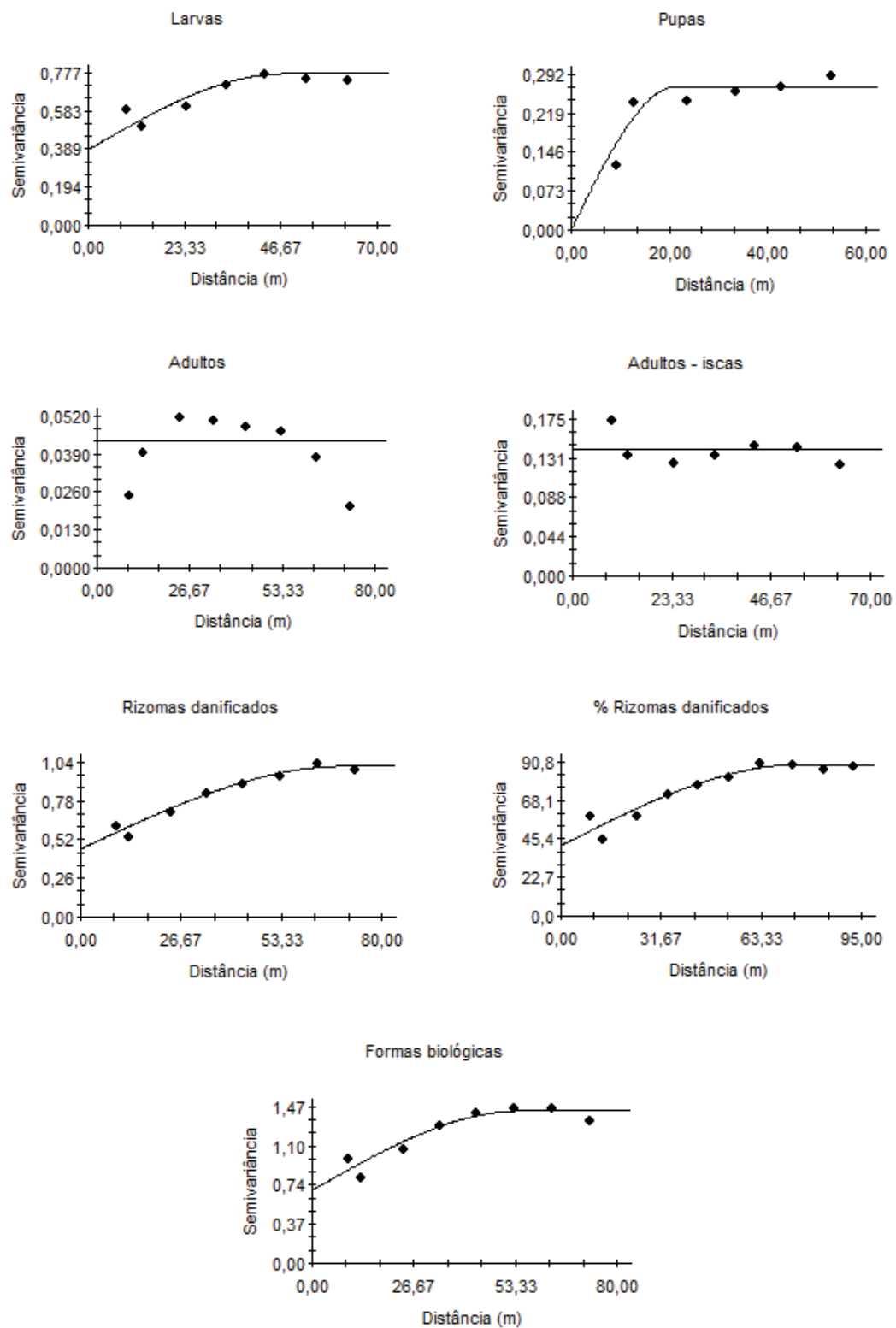


Figura 10. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 10.

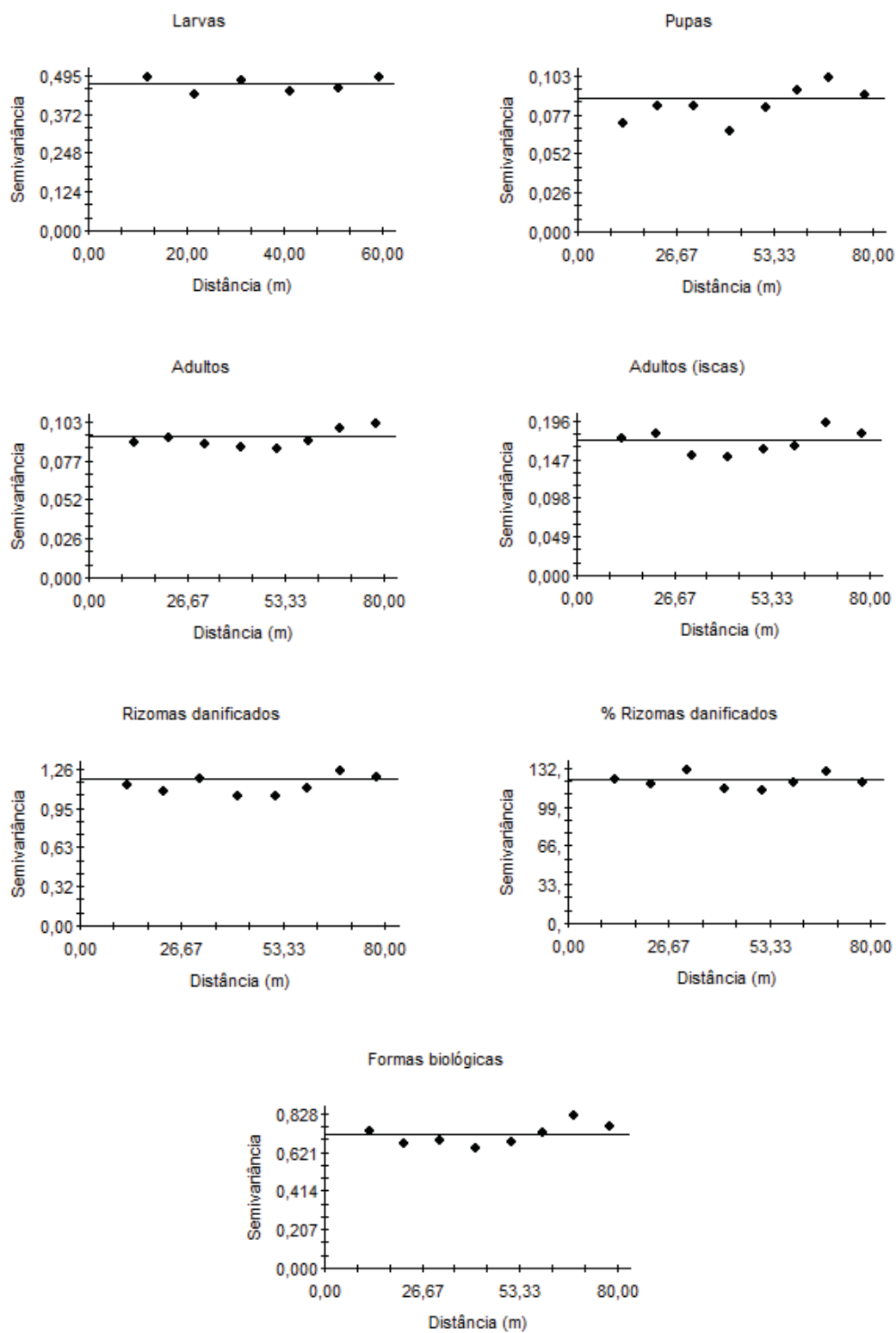


Figura 11. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 11.

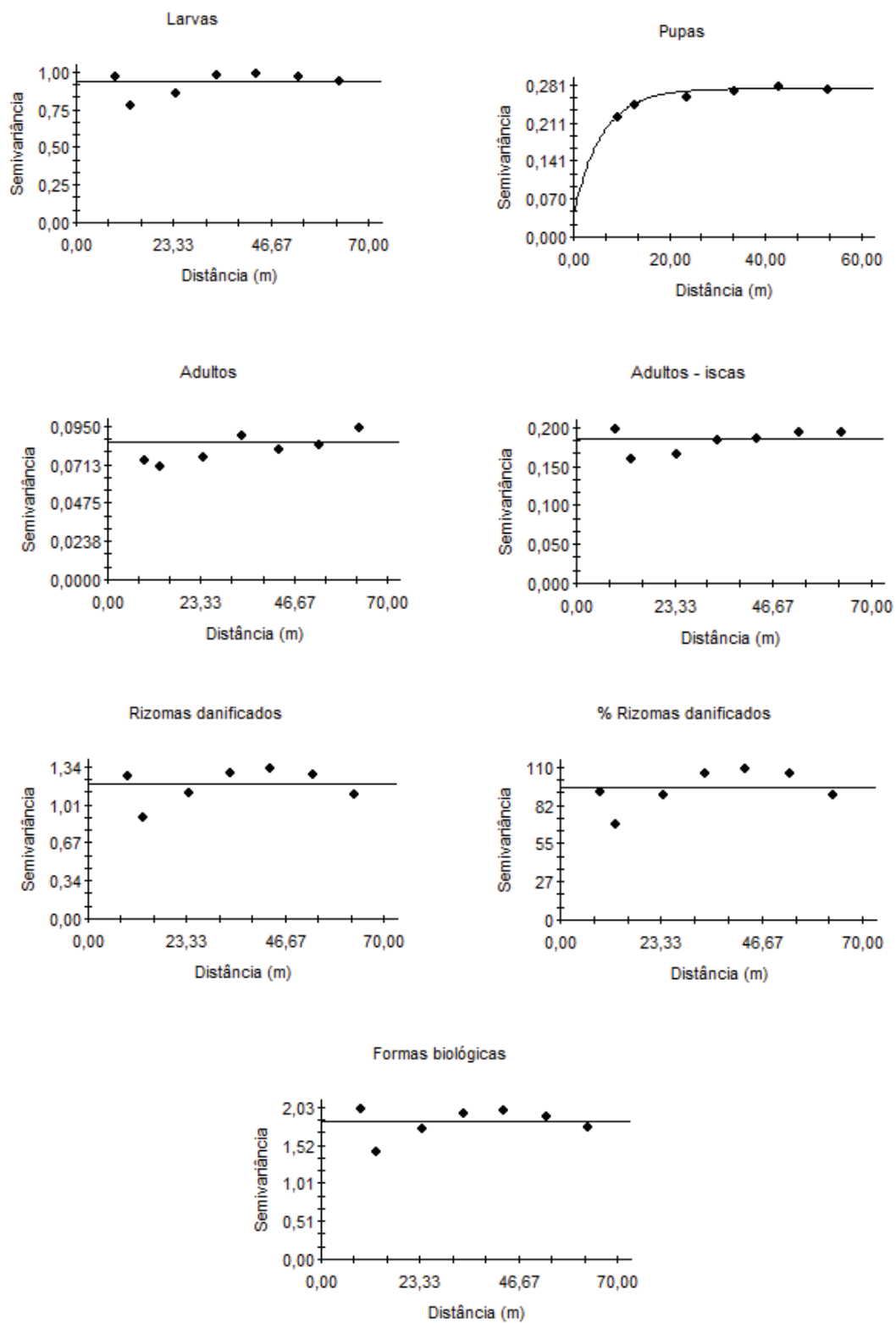


Figura 12. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 12.

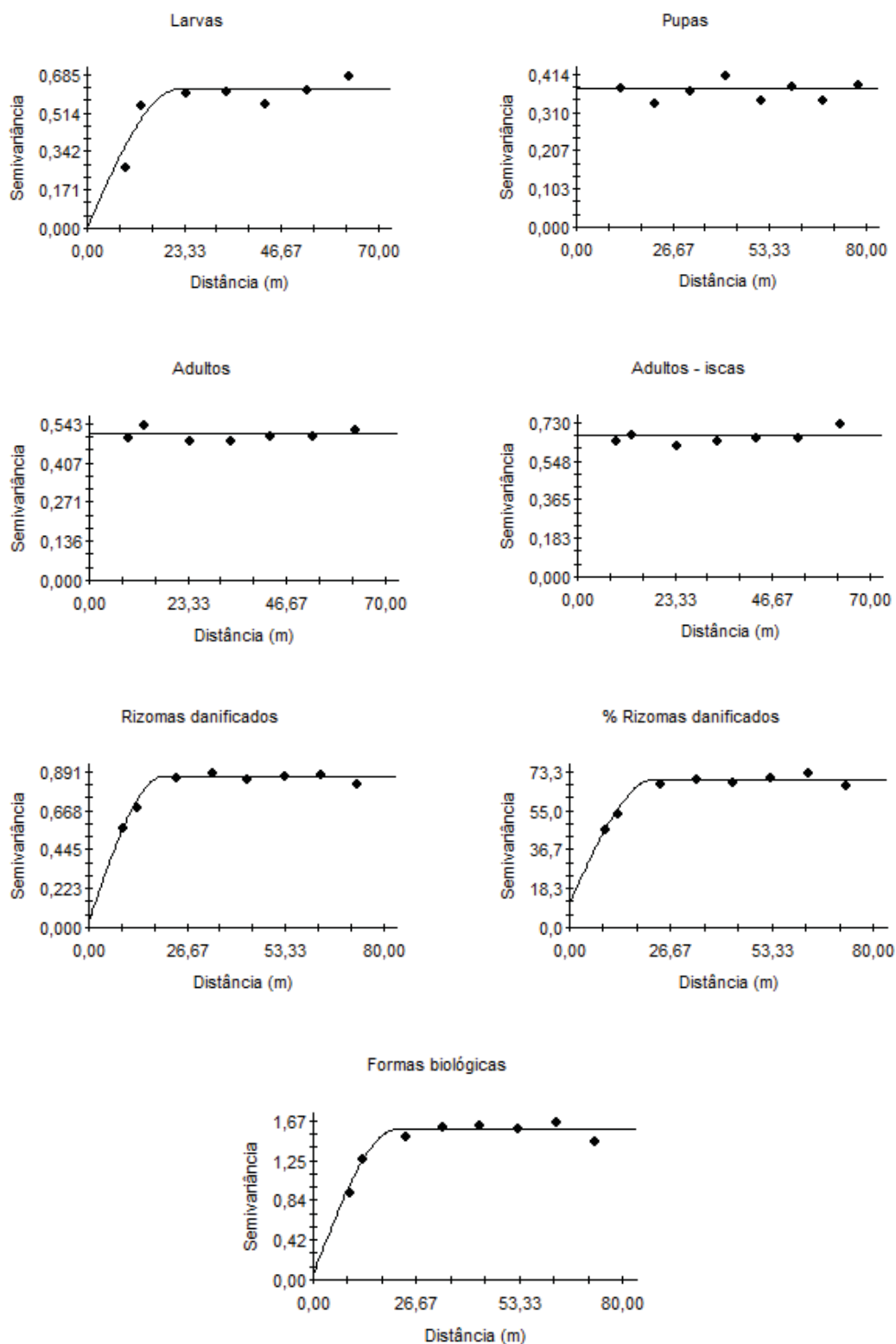


Figura 13. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 13.

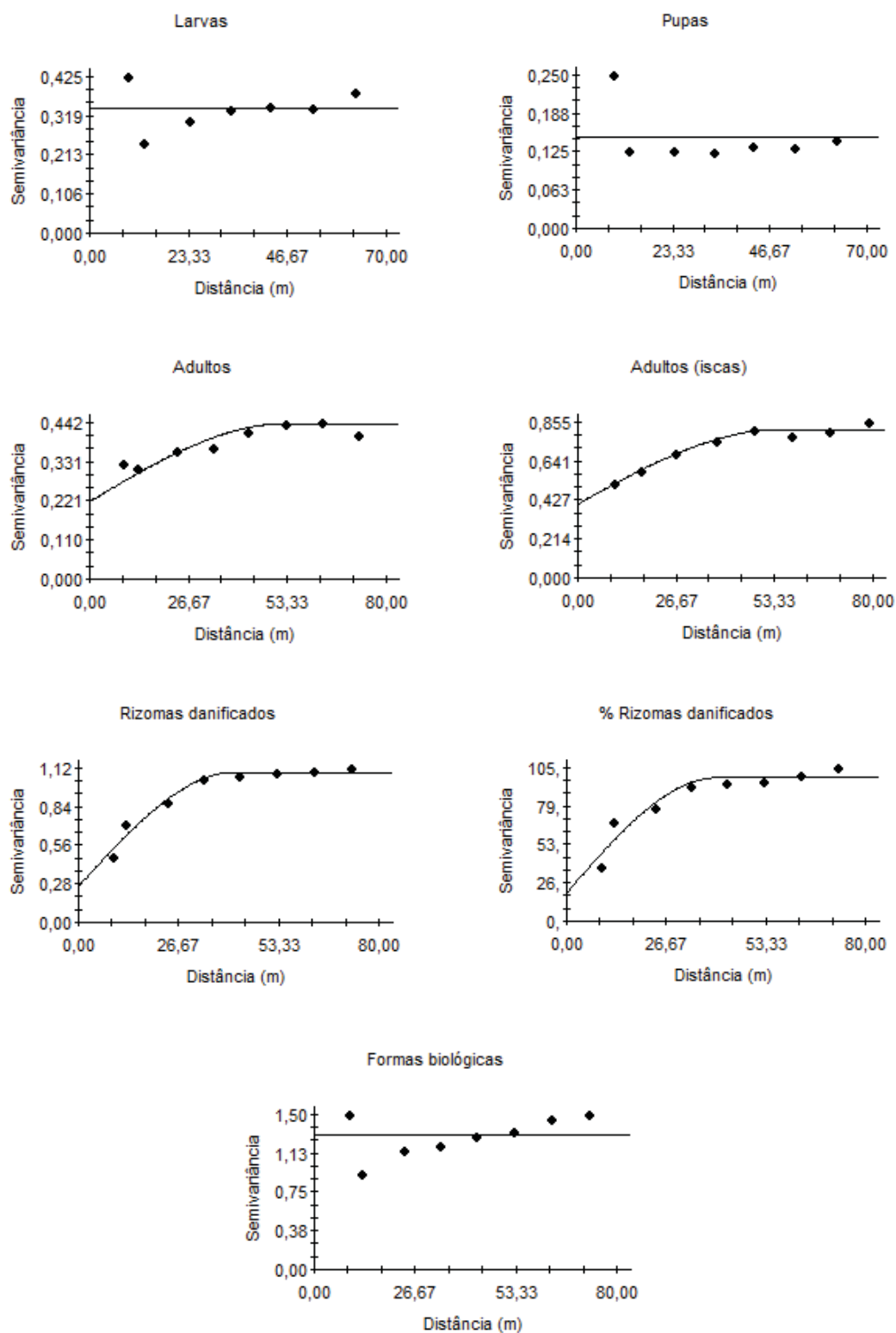


Figura 14. Semivariogramas das variáveis estudadas na área 14.

No presente trabalho todas as áreas de cana-de-açúcar estudadas foram socas de cana crua, entre o primeiro e quarto corte. A diversidade nas áreas a serem avaliadas foi adotada para que se obtivessem informações do comportamento do inseto sob diferentes condições de corte da cultura. Em geral, houve uma tendência do aumento do valor do alcance da dependência espacial com o envelhecimento canavial. No 1º corte, o alcance médio foi de 21 m, aumentando para 26, 37 e 56 m, para os 2º, 3º e 4º cortes da cana (Figura 15).

Esse resultado evidencia que com o passar do tempo, as reboleiras da praga no campo tendem a aumentar. Em canaviais mais jovens, as reboleiras são pequenas e, algumas vezes, o inseto e seus danos se distribuem ao acaso, pois o inseto está começando a colonizar a área. Com o envelhecimento do canavial, as reboleiras ficam maiores, em virtude do aumento da população do inseto na área (Figura 15). Tal fato foi discutido por Dinardo-Miranda (2014), que afirmou que independentemente do local e da variedade cultivada, as populações de *S. levis* elevam-se à medida que o canavial envelhece.

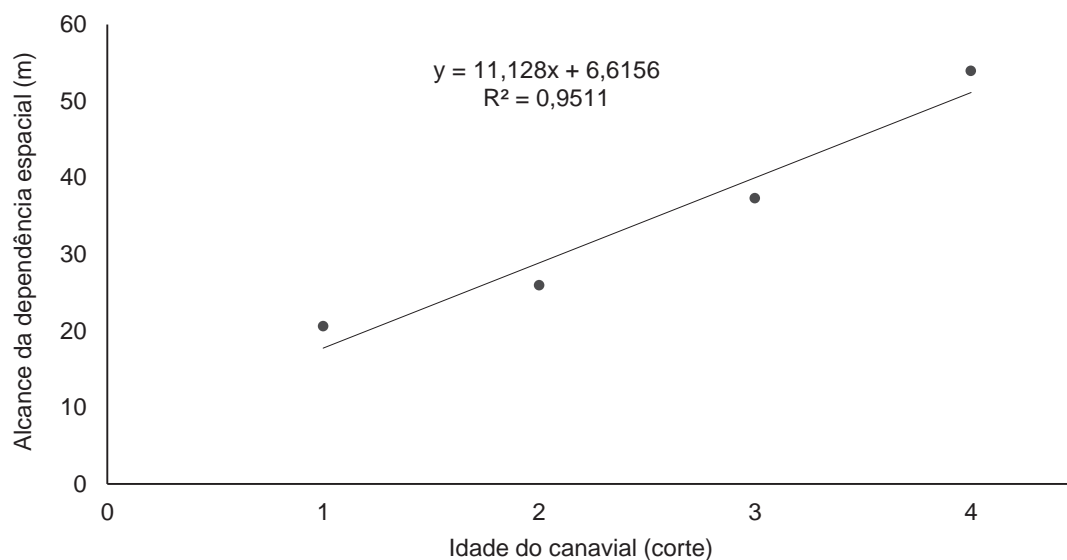


Figura 15. Relação entre os valores médios do alcance obtidos em diferentes idades de corte do canavial.

Diversos trabalhos foram conduzidos para estudar a distribuição espacial de insetos por meio da análise geostatística. Farias et al. (2004) realizaram

trabalhos em citros, no qual estimaram o alcance das amostras em 53 a 65 metros para a estimativa das infestações das cigarrinhas *Dilobopterus costalimai* Young, *Acrogonia* sp. e *Oncometopia facialis* Signoret (Hemiptera: Cicadellidae).

São poucos os trabalhos encontrados na literatura que utilizaram análise geoestatística para caracterização da distribuição espacial de pragas-de-solo. Ellsbury et al. (1998) estudaram o padrão de distribuição espacial de *Diabrotica virgifera* e *Diabrotica barberi* (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura do milho e constataram que as larvas de *D. virgifera* e *D. barberi* apresentaram um padrão agregado no campo, com dependência espacial variando de forte a moderada. Dal-Prá et al. (2011) caracterizaram a distribuição espacial de *Diloboderus abderus* (Coleoptera: Melolonthidae) em lavouras de trigo, onde os autores encontraram valores de alcance variando de 70 a 191 metros, e recomendaram que grades amostrais de 70 x 70 m são apropriados para a realização de amostragens dessa praga no campo.

Trabalhando com cana-de-açúcar, Dinardo-Miranda et al. (2007) estudaram a distribuição espacial de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) em campo e mostraram alcances variando de 33 a 53 metros. A partir disso, os autores concluíram que seriam necessários pelo menos três pontos de amostragem por hectare para se estimar a população da praga. Posteriormente, também trabalhando com cana-de-açúcar, Dinardo-Miranda et al. (2011) caracterizaram a variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) e, com base nos valores do alcance, que variou de 18 a 80 metros, recomendaram que as amostragens de formas imaturas de *D. saccharalis* fossem realizadas em um grid de 40 x 40 metros.

O sistema de amostragem de *S. levis* consiste na abertura de trincheiras de 50 cm de largura, 50 cm de comprimento e 30 cm de profundidade, como utilizadas no presente estudo, mas feitas à razão de duas por hectare. Esse método foi descrito por Arrigoni et al. (1988), visando amostragem principalmente de *Migdolus fryanus* e cupins, pragas de solo muito relevantes na década de 1980. Na época em que os autores sugeriram tal método para amostragem de pragas de solo, *S. levis* tinha importância relativamente pequena, pois, de acordo com Precetii e Arrigoni (1990) e Dinardo-Miranda

(2008), esta praga estava restrita a algumas áreas na região de Piracicaba, SP. Assim, o método de amostragem foi proposto para condições de cultivo e de presença da praga diferentes das existentes atualmente, que englobam uma grande variabilidade de ambientes de produção, épocas de plantio e de corte, tratos culturais, variedades cultivadas e, principalmente, diferentes níveis de infestação por *S. levis* (DINARDO-MIRANDA et al., 2011). Dada a falta de informação sobre a amostragem de *S. levis* em cana-de-açúcar, as áreas estudadas no presente trabalho procuraram abranger diversas condições do atual cultivo da cultura para conhecer melhor o comportamento de *S. levis* em canaviais. Sendo assim, com base no valor médio dos alcances obtidos sugere-se que a distância mínima entre os pontos a serem realizados no campo deve ser de 40 metros, para se estimar a população e o dano causado por *S. levis*.

A partir da análise dos semivariogramas, foram elaborados os mapas de interpolação por krigagem (Figuras 16 a 25). Os mapas de distribuição espacial apresentaram diferentes densidades para todas as variáveis estudadas, larvas, pupas, adultos nos rizomas, formas biológicas totais, adultos capturados nas iscas, número de rizomas danificados e porcentagem de rizomas danificados em todas as áreas, evidenciando o resultado observado na variabilidade dos valores de alcance, o que mostra que o inseto pode apresentar diferentes padrões de distribuição espacial e infestação no campo. Segundo Perecin e Barbosa (1994) a distribuição de pragas em campo é um processo bastante dinâmico, sendo comum que as populações iniciem com distribuição aleatória ou mesmo regular, continuem aumentando de forma agregada e depois, tomando toda a área, tendem a se tornar novamente aleatória ou regular.

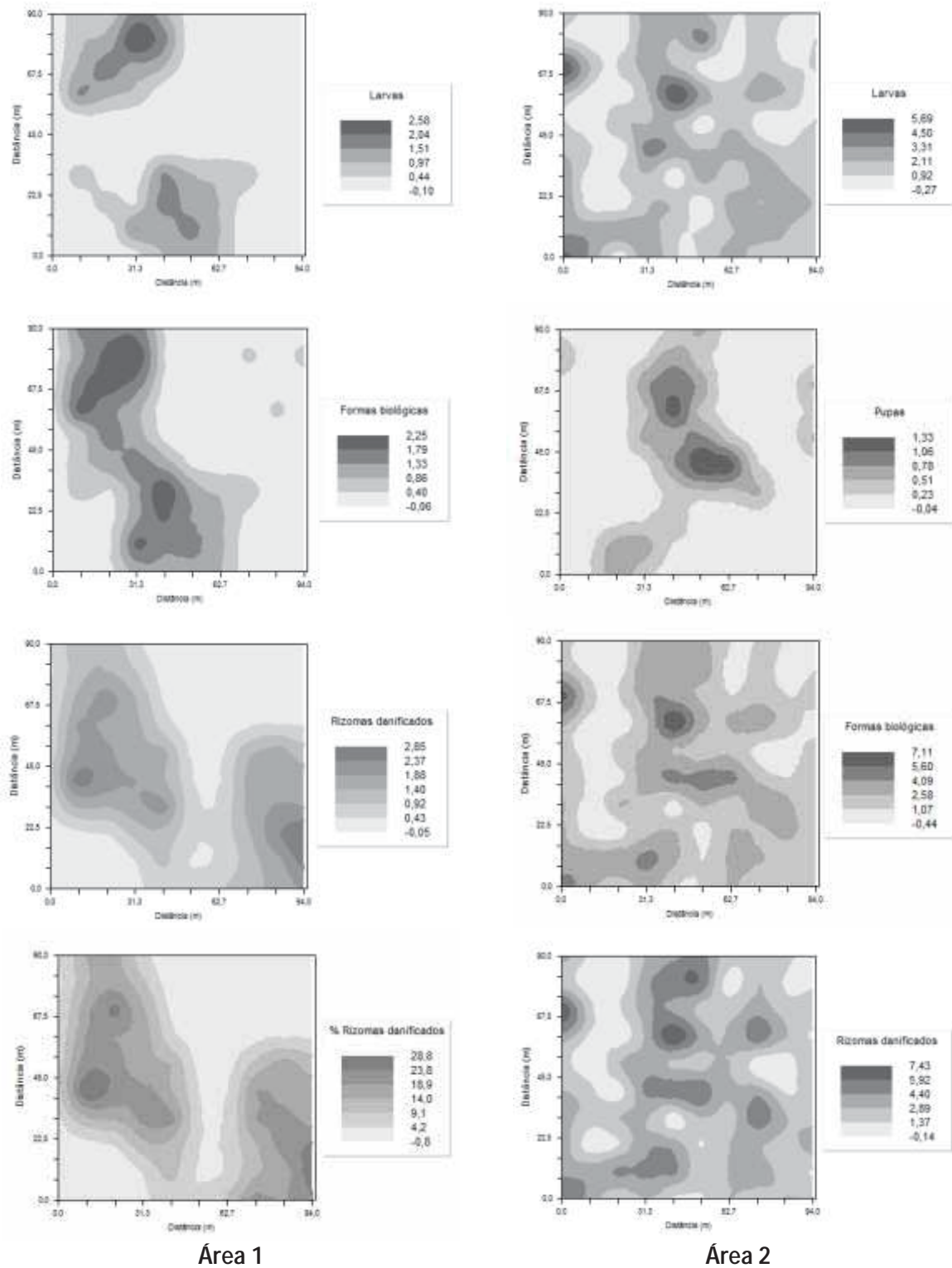
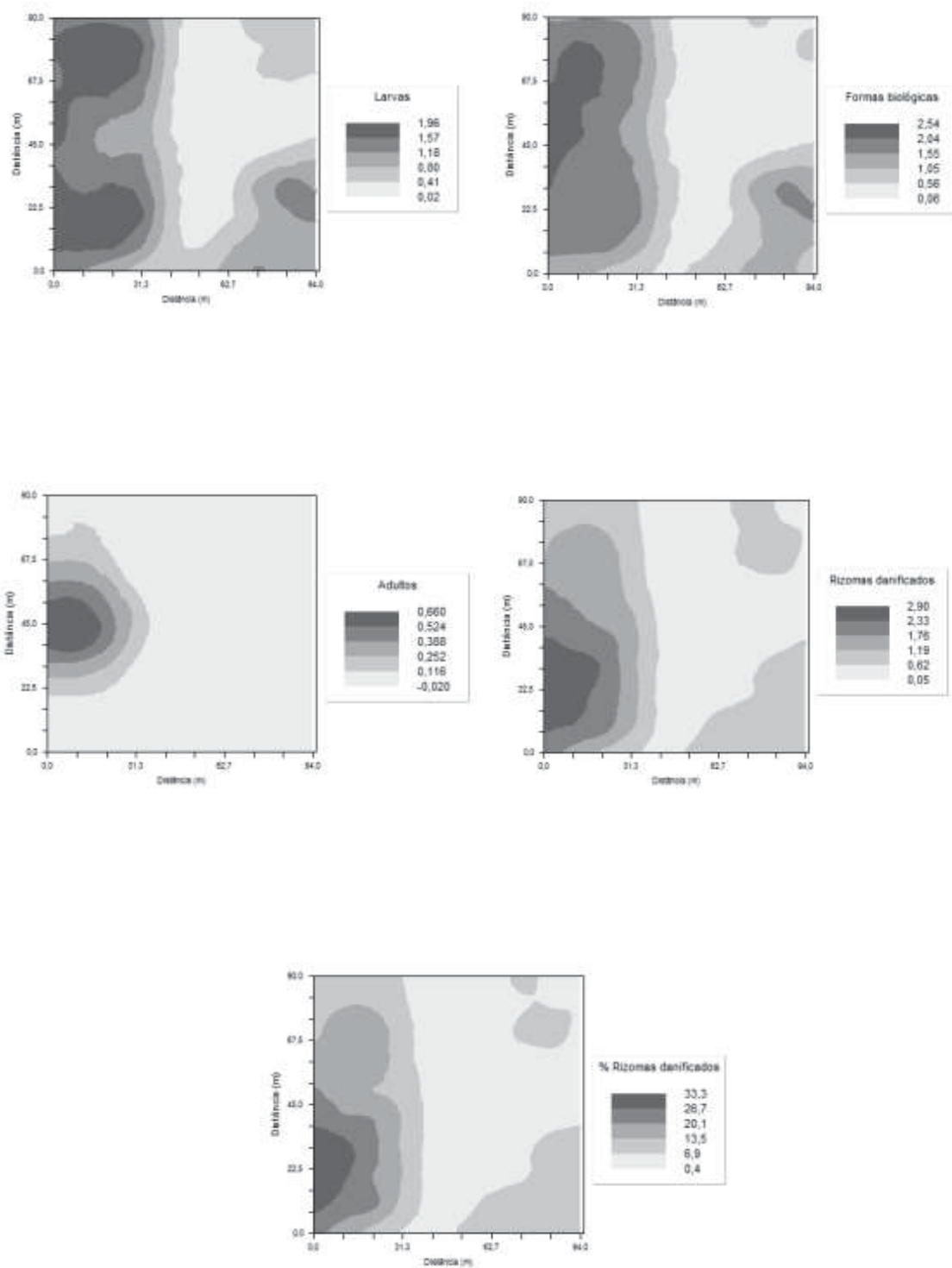
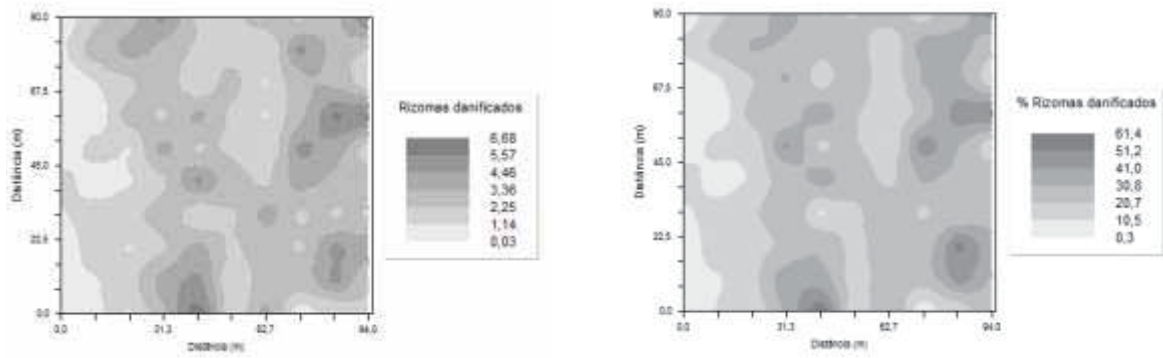


Figura 16. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas nas áreas 1 e 2.

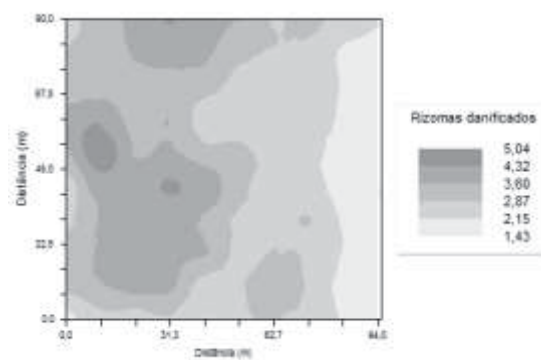
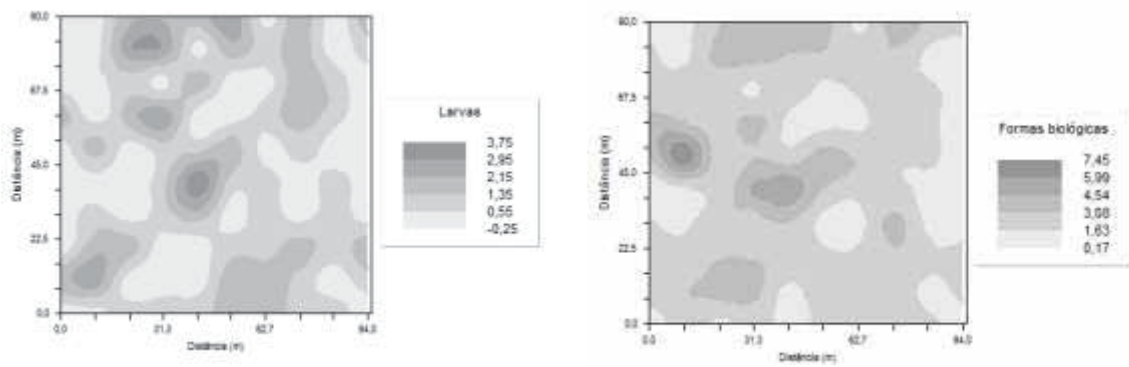


Área 3

Figura 17. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas na área 3.

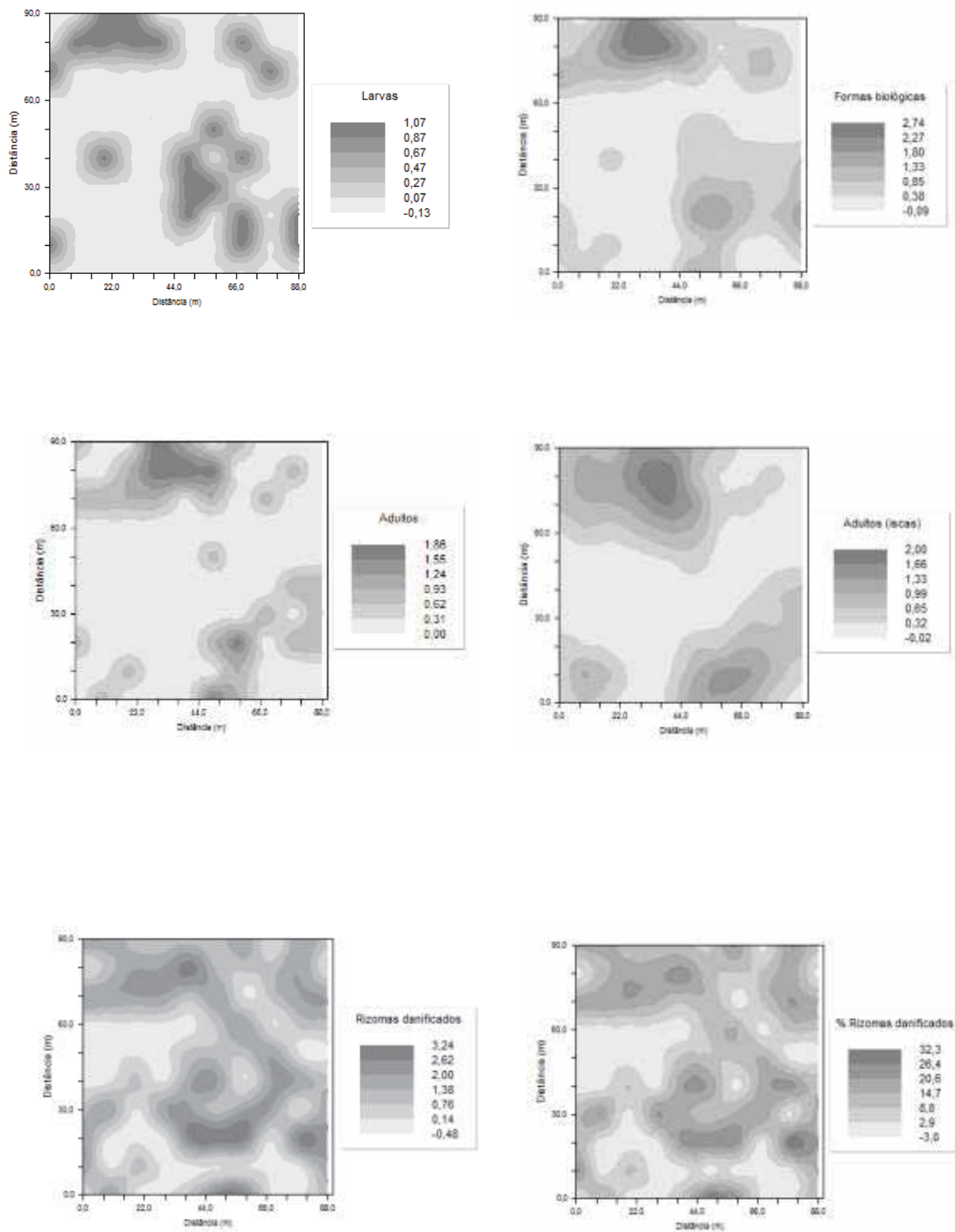


Área 4



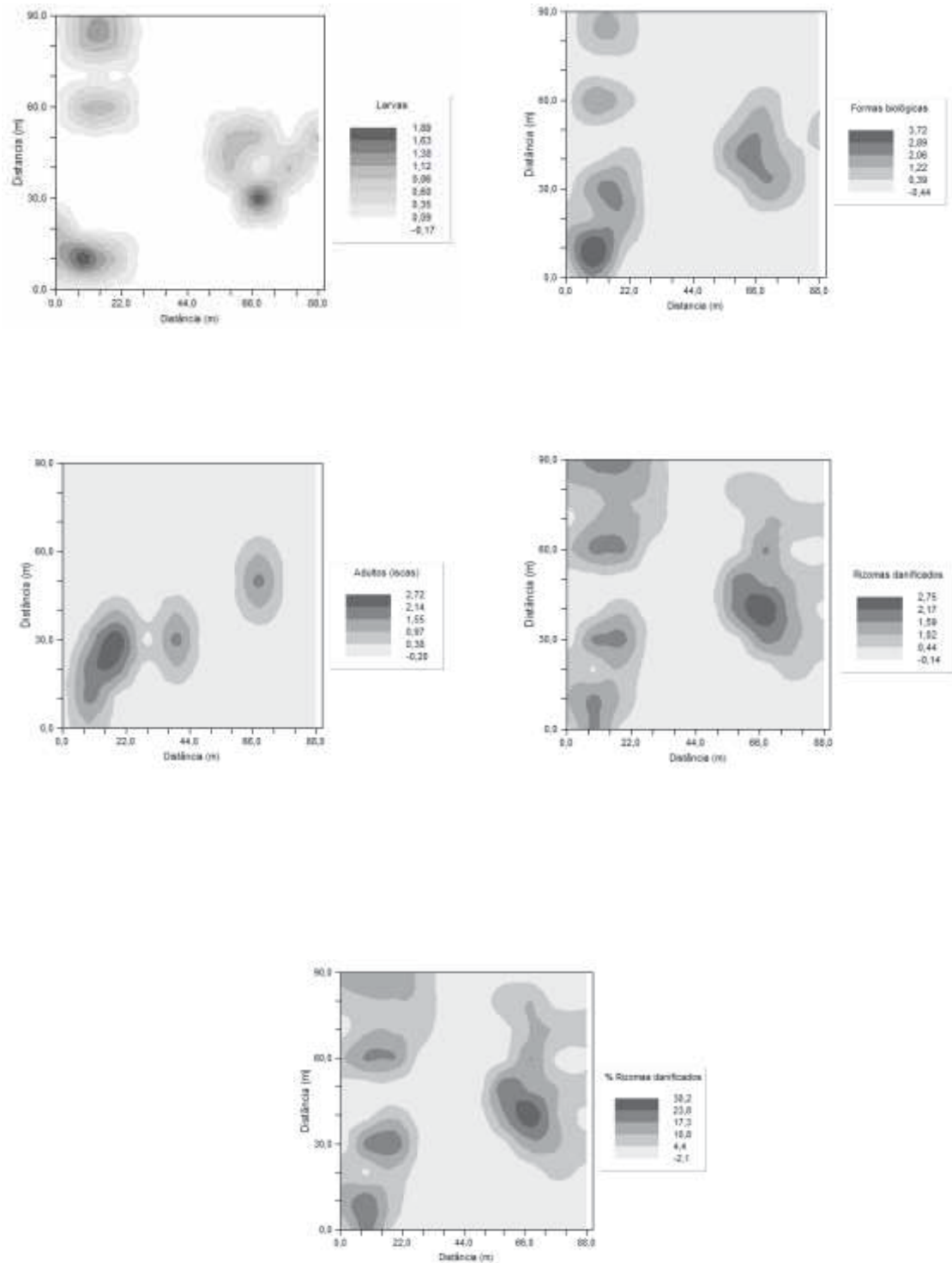
Área 5

Figura 18. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas nas áreas 4 e 5



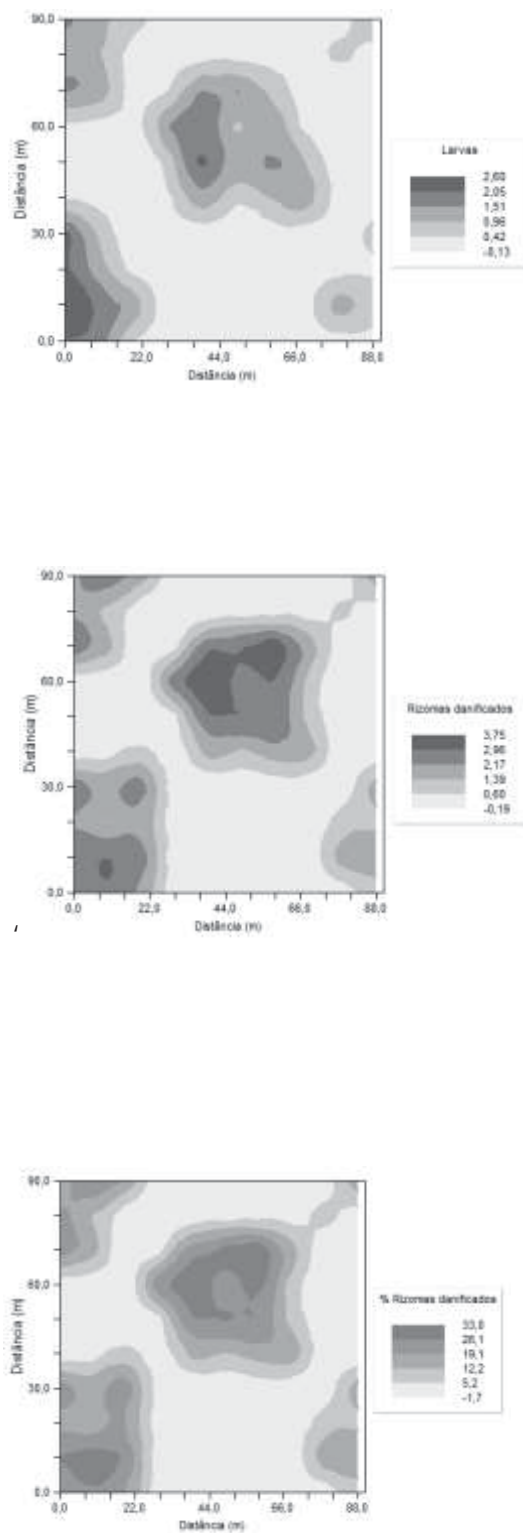
Área 6

Figura 19. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas na área 6.



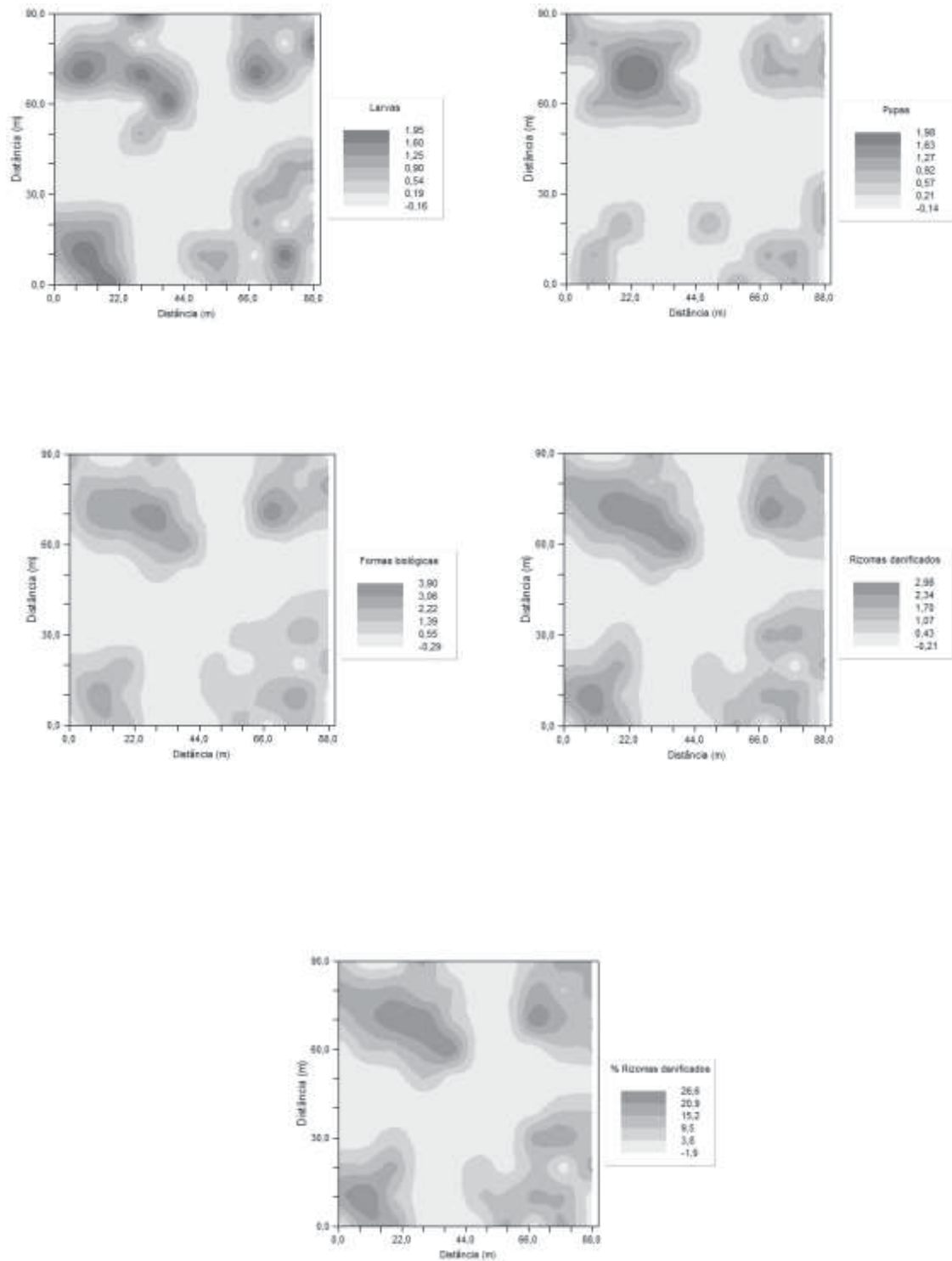
Área 7

Figura 20. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas na área 7.



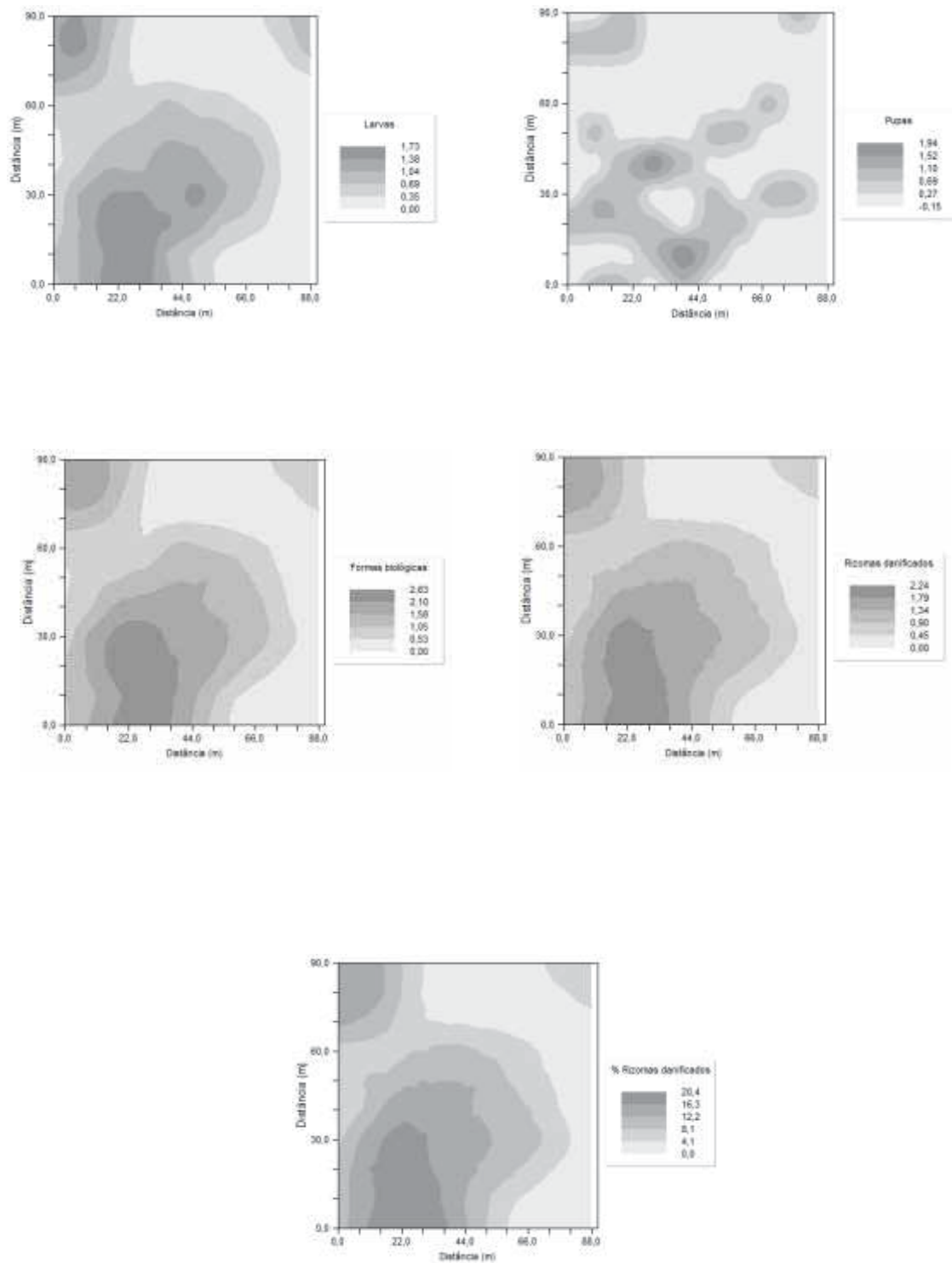
Área 8

Figura 21. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas na área 8.



Área 9

Figura 22. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas na área 9.



Área 10

Figura 23. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas na área 10.

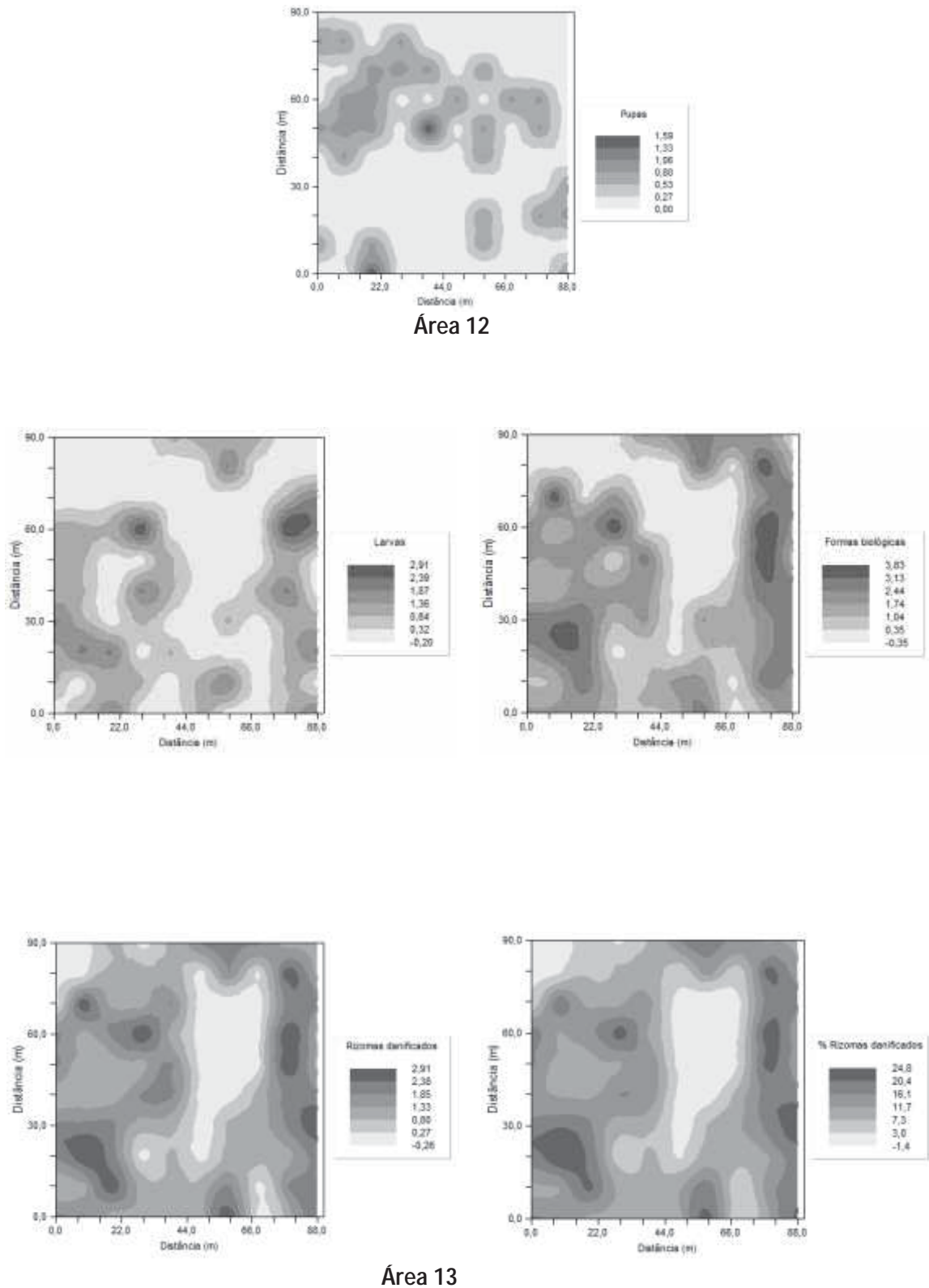
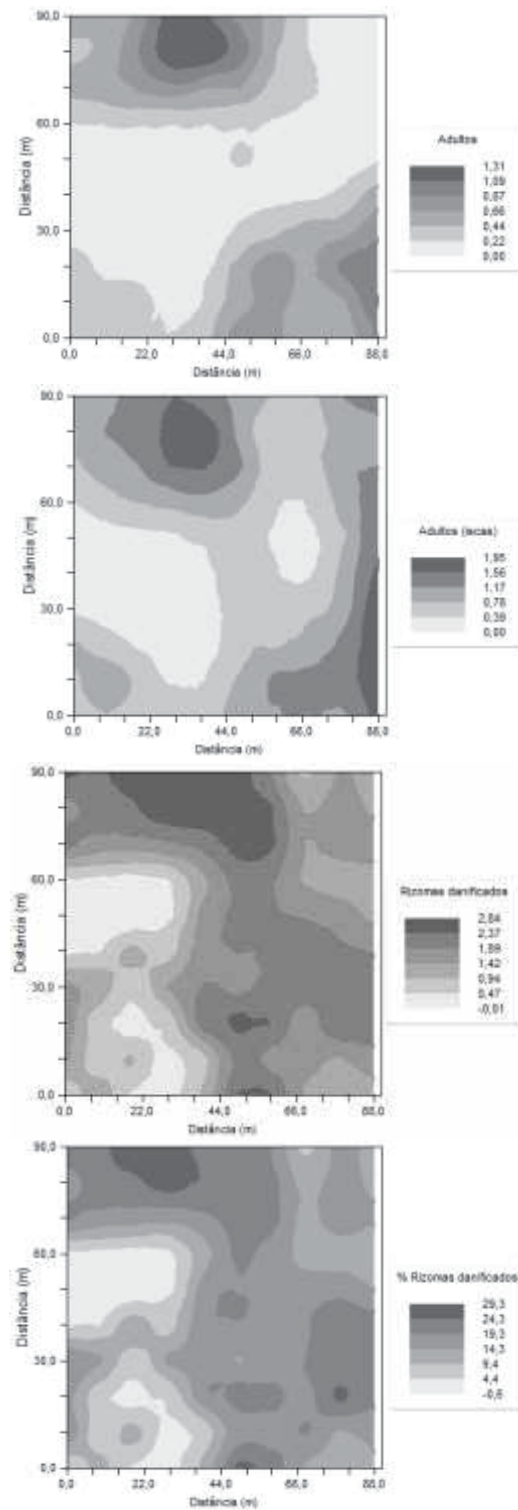


Figura 24. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas nas áreas 12 e 13.



Área 14

Figura 25. Mapas de krigagem mostrando a distribuição espacial das variáveis estudadas na área 14.

4 Conclusões

Larvas, formas biológicas totais e o dano de *S. levis* distribuíram-se de maneira agregada, sendo o modelo esférico o que apresentou o melhor ajuste aos semivariogramas experimentais.

Pupas, adultos nos rizomas e adultos capturados nas iscas apresentaram arranjo espacial aleatório no campo.

O alcance da dependência espacial de *S. levis* tende a aumentar de acordo com o desenvolvimento do canavial ao longo dos anos.

Com base no alcance médio, sugere-se que para estimar a população e o dano de *S. levis* em campo, sejam feitos pontos de amostragem distantes entre si por 40m.

5 Referências

ARRIGONI, E.B.; PRECETTI, A.A.C.M.; ALMEIDA, L.C.; KASTEN JR., P. **Metodologia de levantamento de pragas de solo em cana-de-açúcar**. Cooperucar, São Paulo, Brasil, 1988.

BARBOSA J. C. A amostragem sequencial. In: Fernandes OA; Correia A.C.B; DE Bortoli S.A. (ed.) **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Funep, Jaboticabal, p.205-211, 1992.

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

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

DEGASPARI, N.; BOTELHO, P. S. M.; ALMEIDA, L. C.; CASTILHO, H. J. Biologia de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Col.: Curculionidae), em dieta artificial e no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 6, p. 553-558, 1987.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Ocorrência de *Sphenophorus levis* em 2000. **Stab – Açúcar, Álcool e Subprodutos**. v.19, n.1, p.26, 2000.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; CABRAL, S. B.; VALÉRIO, W.; GONÇALVES, R. D.; BELTRAME, J. A. Eficiência de inseticidas aplicados em soqueiras de cana-de-açúcar no controle de *Sphenophorus levis*. **Stab – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 24, n. 5, p. 38-41, 2006.

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**, n. 66, p. 449-455, 2007.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar**. Campinas: Instituto Agronomico, p. 349 – 404, 2008.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; PERECIN, D. Variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* em canaviais e sugestão de método de amostragem. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 577-585, 2011.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Sugarcane straw and the populations of pests and nematoids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 305-310, 2013.

DINARDO-MIRANDA, L. L. *Sphenophorus levis* In: DINARDO-MIRANDA, L. L. **Nematoides e pragas da cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. Cap. 7, p. 210-262.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; COSTA, V. P.; LOPES, D. O. T. Dispersal of *Cotesia flavipes* in sugarcane field and implications for parasitoid releases. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 163-170, 2014.

ELLSBURY, M. M.; WOODSON, W. D.; CLAY, S. A.; SCIIUMACIIER, J.; CLAY, D. E.; CARSONL, C. G. Geoestatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) emergency. **Environmental Entomology**, v. 27, n.4, p.910-917, 1998.

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

FALEIRO, J. R.; ASHOK KUMAR, J.; RANGNEKAR, P. A. Spatial distribution of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera: Curculionidae) in coconut plantations. **Crop protection**, Guildford, v. 21, n. 2, p. 171-176, 2001.

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, n. 3, p. 203- 2011, 2002.

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

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

GRODOWITZ, M. J.; JOHNSON, S.; SCHAD, A. N. Efficiency of sampling to determine population size of *Cyrtobagous salviniae* (Coleoptera: Curculionidae) **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 7, n. 3, p. 1213-1225, 2014.

LEITE, L. G.; TAVARES, M. T.; BOTELHO, P. S. M.; BATISTA FILHO, A.; POLANCZYK, R. A.; SCHIMDT, F. S. Eficiência de nematoides entomopatogênicos e inseticidas químicos contra *Sphenophorus levis* e *Leucothyreus* sp. em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 40-48, 2012.

LIEBHOLD, A.M.; ZHANG, X.; HOHN, M.E.; ELKINTON, J.S.; TICEHURDT, M.; BENZON, G.L.; CAMPBELL, R.W. Geostatistical analysis of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass populations. **Environmental Entomology**, v.20, p. 1407-1417, 1993.

LIEBHOLD, A. M.; LUZADER, E.; REARDON, R.; BULLARD, A.; ROBERTS, A.; RAVLIN, F. W.; DELOST, S.; SPEARS, B. Use of a geographical information system to evaluate regional treatment effects in a gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) management program. **Journal of Economic Entomology**, n. 89, p. 1192-1203, 1996.

PERECIN, D.; BARBOSA, J. C. Afinidade entre distribuições de contágio e Poisson para fins práticos de amostragem. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 12, p. 107-112, 1994.

PRECETTI, A. A. C. M.; ARRIGONI, E. B. **Aspectos biológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. Boletim Técnico Copersucar – Edição Especial, 1990. 15p.

PRECETTI, A. A. C. M.; SANCHES, A. G.; CONTI, C. A. Controle cultural de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae). Dados preliminares. In: **SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRÔNOMICA**, 4., 1988. Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Copersucar, 1988. p. 665-670.

POLANCZYK, R. A.; ALMEIDA, L. C.; PADULLA, L.; BATISTA ALVES, S. Pragas de cana-de-açúcar x métodos alternativos de controle. **Revista de biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 33, p. 14-17, 2004.

ROBERTS, E.A.; RAVLIN, F.W.; FLEISCHER, S.J. Spatial data representation for integrated pest management programs. **American Entomology**, v.39, p.91-107, 1993.

ROSSI, R. E.; MULLA, D. J.; JOURNEL, A. G.; FRANZ, E. H. Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence. **Ecological Monographs**, v. 62, p. 277-314, 1992.

SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods**. 2. ed. New York: John Wiley Sons, 1978. 525 p.

TERÁN, F.; PRECETTI, A.A.C.M. ***Sphenophorus levis* e *Metamasius hemipterus* como pragas da cana-de açúcar**. Boletim Técnico Copersucar. n. 18, p. 24-26, 1982.

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

YOUNG, L.; YOUNG, J. **Statistical ecology: a population perspective**. Boston: Kluwer Academic. Boston, USA, 1998.

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**, n. 31, p. 160-167, 2002.

CAPÍTULO 3 – DINÂMICA POPULACIONAL DE *Sphenophorus levis* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO - O conhecimento sobre a dinâmica populacional de insetos no campo é um requisito indispensável para o estabelecimento de um programa de manejo de áreas infestadas. Dentre as pragas que infestam a cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* é uma das mais importantes, devido aos danos que causa nas brotações e na parte subterrânea da touceira e às dificuldades de controle. Apesar de sua relevância, os trabalhos sobre sua dinâmica populacional em cana-de-açúcar datam da década de 1980, quando as variedades e as condições de cultivo eram distintas das empregadas atualmente. Assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar a dinâmica populacional das formas biológicas de *S. levis* em cana-de-açúcar, a fim de definir a época de ocorrência das diferentes formas biológicas e a interferência dos fatores climáticos sobre elas. Para tal, foi utilizada uma área comercial de cana soca em 2º corte da variedade SP81-3250, no município de Américo Brasileiro, SP. Foram feitas amostragens mensais, entre os meses de janeiro e dezembro de 2013. Em cada amostragem, foram abertas 20 trincheiras na linha de cana, com 50 cm de largura, 50 cm de comprimento e 30 cm de profundidade, de onde retirou-se todo o material vegetal para contagem de formas biológicas da praga presentes no rizoma (larvas, pupas e adultos). Nas mesmas ocasiões foram distribuídas na área 20 iscas, confeccionadas a partir de toletes de cana-de-açúcar de 30 cm, cortados longitudinalmente, que receberam a aplicação de melaço. As iscas foram vistoriadas 7 dias após sua colocação, para contagem dos adultos capturados. Todas as formas biológicas do inseto foram encontradas na área, durante o ano todo, porém, o pico populacional dos adultos ocorreu nos meses de fevereiro e março, em época chuvosa e quente do ano, enquanto larvas e pupas, nos meses de julho e agosto, em época mais seca e fria do ano. A precipitação e a umidade relativa foram os fatores climáticos que apresentaram interferência mais expressiva na dinâmica populacional de *S. levis*.

Palavras-chave: flutuação populacional; monitoramento; ecologia; *Saccharum*

1 Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com produção estimada para a safra de 2015/16 de 654,6 milhões de toneladas e produtividade média de 72,1 t/ha. De acordo com a Companhia de Abastecimento (Conab), a área colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2015/16 foi estimada em 9.070,4 mil hectares, sendo que o estado de São Paulo responde por cerca de 52% (4.685,7 mil ha) da área nacional, seguido pelos estados de Goiás com 9,8% (854,2 mil ha) e Minas Gerais com 8,9 % (805,5 mil ha); esses três estados, que compõem a região centro-sul, formam o principal polo canavieiro do Brasil.

Dentre as diversas pragas associadas a cana-de-açúcar está *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae), cuja importância tem sido crescente em função dos danos causados pelas larvas nos tecidos dos colmos e da parte subterrânea da touceira, principalmente na época seca do ano (junho a agosto). Estes danos podem levar à morte das touceiras, falhas nas rebrotas e conseqüentemente a reduções na longevidade e produtividade do canavial (PRECETTI; ARRIGONI, 1990; DINARDO-MIRANDA, 2014).

O sistema de monitoramento da praga baseia-se em amostragens em trincheiras de 50 cm de largura, 50 cm de comprimento e 30 cm de profundidade, feitas nas linhas de cana, à razão de 2 por hectare. Nas trincheiras, todo o material vegetal é vistoriado, para contagem de formas biológicas da praga. Iscas tóxicas, confeccionadas a partir de toletes de cana dispostas na base das touceiras também são utilizadas para monitoramento de adultos (ARRIGONI et al., 1988; PRECETTI; ARRIGONI, 1990; DINARDO-MIRANDA, 2008).

Entre os estudos sobre a bioecologia de *S. levis*, destacam-se os trabalhos de Precetti e Terán (1983) e Degaspari et al. (1987), conduzidos quando as variedades e os sistemas de cultivo eram diferentes dos empregados atualmente. O cultivo atual de cana-de-açúcar engloba uma grande variabilidade de ambientes de produção, épocas de plantio e de corte, tratos culturais, variedades cultivadas (DINARDO-MIRANDA et al., 2011).

Informações sobre a dinâmica populacional de uma praga no campo é um requisito indispensável para o estabelecimento de um controle eficiente e

racional, pois permite viabilizar o planejamento de estratégias de manejo mais eficazes (RONCHI-TELES; SILVA, 2005). Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo estudar a dinâmica populacional de *S. levis* em cana-de-açúcar, a fim de definir a época de ocorrência das diferentes formas biológicas e a interferência dos fatores climáticos sobre elas.

2 Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma área comercial no município de Américo Brasiliense, SP, pertencente a Usina Santa Cruz, cultivada com a variedade SP81-3250, em seu segundo corte, na qual havia registro da presença do inseto causando danos em 13.5 % dos rizomas. Nesta área, selecionou-se aproximadamente 1 ha, no interior do talhão, distante pelo menos 20 metros dos carregadores.

As amostragens foram realizadas mensalmente, no período de janeiro a dezembro de 2013, e consistiram na abertura de 20 trincheiras nas linhas de cana-de-açúcar, com 50 cm de comprimento por 50 cm de largura e 30 cm de profundidade, utilizando enxadão. De cada trincheira, retirou-se todo o material vegetal da touceira, que foi cuidadosamente aberto com o auxílio de um facão, e inspecionado à procura de formas biológicas da praga (larvas, pupas e adultos) (Figura 1) (ARRIGONI, et al., 1988; DINARDO-MIRANDA, 2014).



Figura 1. Amostragem realizada por meio do arranquio e vistoria da touceira de cana-de-açúcar (Fonte: T.S. Izeppi)

Nas mesmas ocasiões foram distribuídas na área, em pontos próximos as trincheiras abertas, 20 iscas atrativas para adultos. As iscas foram

confeccionadas a partir de toletes de cana de 30 cm, cortados longitudinalmente e embebidos em solução de melaço e água (PRECETTI; TERAN, 1983), e foram dispostas em campo, junto à base das touceiras e cobertas com palha, para diminuir o ressecamento. Após 7 dias, as iscas foram recolhidas e os adultos presentes em cada uma, contados (Figura 2).

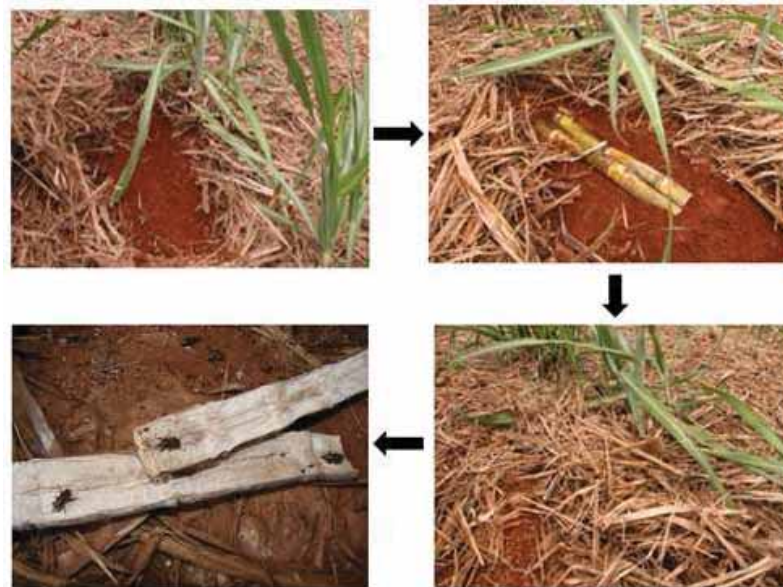


Figura 2. Iscas dispostas na base das touceiras para amostragem de adultos (Fonte: T.S. Izeppi)

Os dados mensais de chuva, temperatura e umidade relativa do ar no local foram registrados e estão inseridos na Tabela 1. A partir desses dados foi feita a correlação linear entre as formas biológicas (larvas, pupas, adultos nas iscas e adultos nos rizomas) e os fatores climáticos, para determinar a influência de cada um deles na dinâmica populacional do inseto. A análise da Correlação de Pearson, a 5% de probabilidade, foi realizada utilizando o software STATGRAPHICS Centurion XV.

Tabela 1. Dados meteorológicos mensais do período de janeiro a dezembro de 2013. Américo Brasiliense, SP.

Meses	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Umidade relativa (%)
	Mín	Média	Máx		
JAN	18,4	24,0	29,6	239,5	84
FEV	18,6	24,1	29,6	284,3	85
MAR	17,9	23,7	29,4	198,9	76
ABR	15,3	21,7	28	110,3	73
MAI	12,7	19,5	26,2	128,7	65
JUN	11,3	18,2	25,2	39,6	54
JUL	10,8	18,1	25,4	36,6	58
AGO	12,2	20,1	27,7	5,9	47
SET	14,3	21,6	28,9	47,8	60
OUT	16	22,6	29,1	119,6	68
NOV	16,7	23,0	29,3	138,4	75
DEZ	17,9	23,5	29,1	130	82

3 Resultados e Discussão

Foram encontradas larvas, pupas e adultos do inseto em campo em todas as amostragens, exceto nos meses de fevereiro e março, quando não se detectou a fase de pupa (Figura 3). Este resultado é semelhante ao relatado Precetti e Arrigoni (1990), que estudaram a flutuação populacional de *S. levis* em cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP, e não encontraram pupas entre março e julho e larvas, nos meses de março a maio.

As populações larvas e pupas de *S. levis* apresentaram pico populacional entre os meses de julho e agosto e menores populações nos meses de dezembro e janeiro. As larvas são as responsáveis pelos danos, e os sintomas do ataque são mais facilmente visualizados na época em que são encontradas as maiores populações de larvas no campo. Adicionalmente, o estresse hídrico que ocorre no período de maior população das larvas acentua os danos causados por *S. levis* na cana-de-açúcar (TERAN; PRECETTI, 1983; DINARDO-MIRANDA, 2008).

O pico populacional de adultos ocorreu entre os meses de fevereiro e abril, tanto ao considerar os adultos no interior dos rizomas, coletados nas amostragens feitas por meio de trincheiras, e os adultos coletados pelas iscas.

Independentemente do tipo de amostragem realizada, as menores populações de adultos foram registradas nos meses de agosto e setembro (Figura 3).

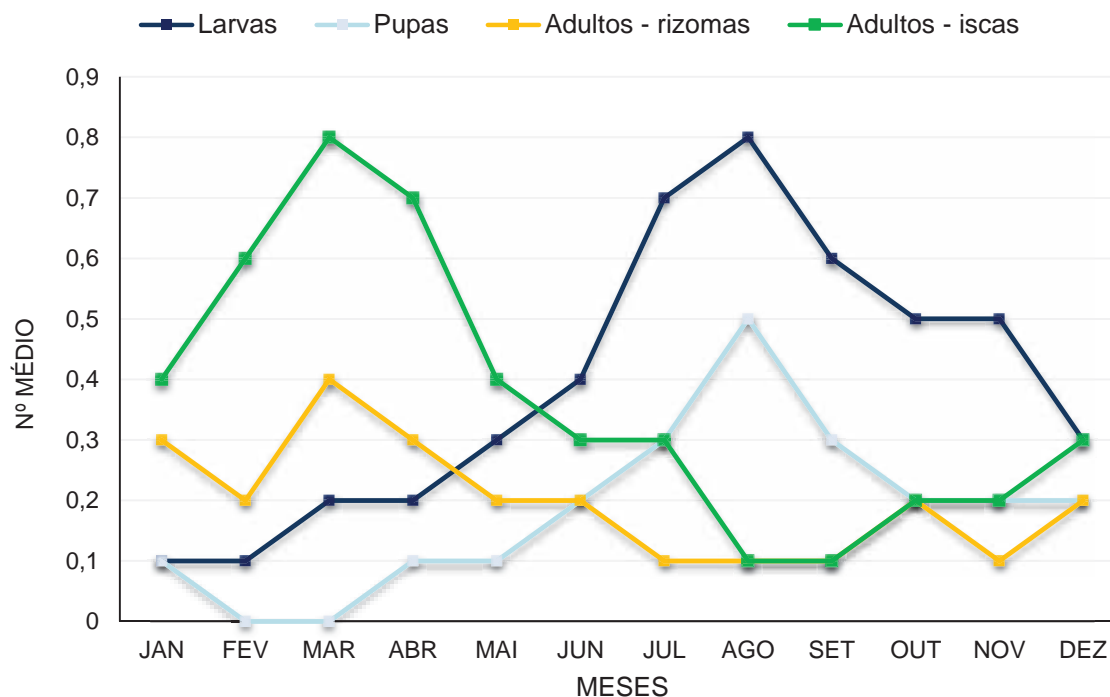


Figura 3. Dinâmica populacional de *S. levis* em cana-de-açúcar no período de janeiro a dezembro de 2013, Américo Brasiliense, SP.

Em geral, o número de adultos capturados nas iscas foi maior que o de adultos observados no interior dos rizomas. Segundo Degaspari et al. (1987), tal fato se dá porque, após a emergência, os adultos ainda permanecem um tempo no interior dos rizomas antes de saírem e ficarem sobre o solo, podendo ser encontrados em ambas as situações, no campo e no interior dos rizomas.

Os picos populacionais das formas biológicas de *S. levis* podem estar relacionadas aos fatores climáticos, cujos dados de janeiro a dezembro de 2013 estão apresentados na Figura 4. Nota-se que o pico populacional de adultos, tanto nas iscas quanto no interior dos rizomas, ocorreu nos meses mais quentes e úmidos do ano, diminuindo com as chuvas e com a redução das temperaturas. Por outro lado, as populações de larvas e pupas apresentaram picos nos meses mais frios e secos do ano.

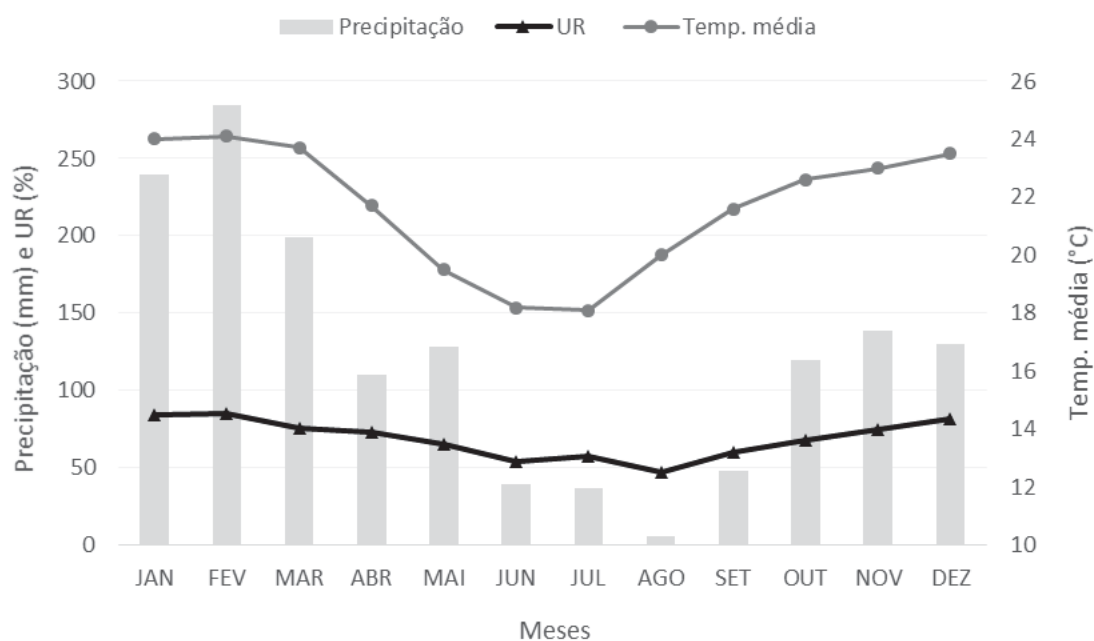


Figura 4. Dados climáticos da área do período de janeiro a dezembro de 2013. Américo Brasiliense, SP.

A correlação linear para as larvas mostrou relação negativa e significativa ($p \leq 0,05$) com a precipitação, umidade relativa e temperatura média. Para as pupas, observou-se relação negativa e significativa ($p \leq 0,05$) com a precipitação e a umidade (Tabela 2). Tal fato evidencia uma relação inversa da diminuição da precipitação, umidade relativa e temperatura com o aumento populacional das larvas e pupas de *S. levis*.

A análise realizada para os adultos, presentes nos rizomas ou capturados nas iscas, mostrou relação positiva e significativa ($p \leq 0,05$) com a precipitação mas foi não significativa ($p \geq 0,05$) com a temperatura média e umidade relativa. Portanto, a população de adultos da praga tende a ser maior com o aumento da precipitação (Tabela 2).

Precetti e Arrigoni et al. (1990) mostraram que, dentre os fatores climáticos, a temperatura é a que exerce maior efeito sobre a dinâmica populacional de *S. levis*. Os dados obtidos no presente trabalho mostraram que a precipitação e umidade relativa foram os fatores que mais exerceram efeito sobre a dinâmica populacional de *S. levis* e que as formas imaturas de *S. levis* sofreram mais interferência dos fatores climáticos em comparação aos adultos.

Tabela 2. Correlação de Pearson entre as formas biológicas de *S. levis* com a precipitação e temperatura média, no período de janeiro a dezembro de 2013.

Formas biológicas	Precipitação (mm)		Temperatura média (°C)		UR (%)	
	r	p	r	p	r	p
Larvas	-0,8486	0,0005**	-0,5924	0,0424*	-0,8701	0,0002
Pupas	-0,8345	0,0007**	-0,5207	0,0826 ^{NS}	-0,7662	0,0037
Adultos - rizoma	0,5814	0,0473*	0,4486	0,1435 ^{NS}	0,5747	0,0506
Adultos - iscas	0,6143	0,0336*	0,3437	0,2740 ^{NS}	0,5283	0,0774

^{NS} - não significativo

* - significativo a 5% de probabilidade

** - significativo a 1% de probabilidade

4 Conclusões

Larvas e pupas de *S. levis* apresentam pico populacional nos meses de julho e agosto, em época mais fria e seca do ano, enquanto os adultos nos meses de fevereiro e março, época mais seca e fria do ano.

A precipitação e a umidade relativa são os fatores climáticos que mais interferem na dinâmica populacional de *S. levis*.

5 Referências

ARRIGONI, E.B.; PRECETTI, A.A.C.M.; ALMEIDA, L.C.; KASTEN JR., P. **Metodologia de levantamento de pragas de solo em cana-de-açúcar**. CooperSucar, São Paulo, Brasil, 1988.

CONAB (Companhia Nacional De Abastecimento). Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-Açúcar, Safra 2015/16, Primeiro Levantamento Abril/2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_49_33_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf> Acesso em 15 de Maio de 2015.

DEGASPARI, N.; BOTELHO, P. S. M.; ALMEIDA, L. C.; CASTILHO, H. J. Biologia de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Col.: Curculionidae), em dieta

artificial e no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 6, p. 553-558, 1987.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana de açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, p. 349 – 404, 2008.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; PERECIN, D. Variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* em canaviais e sugestão de método de amostragem. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 577-585, 2011.

DINARDO-MIRANDA, L. L. *Sphenophorus levis* In: DINARDO-MIRANDA, L. L. **Nematoides e pragas da cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. Cap. 7, p. 210-262.

PRECETTI, A. A. C. M.; TERAN, F. O. Gorgulhos da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978, e *Metamasius hemipterus* (L., 1765) (Col., Curculionidae). In: COPERSUCAR: Reunião Técnica Agrônômica: Pragas da Cana-de-açúcar. São Paulo, 1983. p.32-37.

PRECETTI, A. A. C. M.; ARRIGONI, E. B. **Aspectos biológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. Boletim Técnico Coopersucar – Edição Especial, 1990. 15p.

RONCHI-TELES, B.; SILVA, N. M. DA. Flutuação populacional de espécies de *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae) na região de Manaus, AM. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v.34, n.5, p.733-741, 2005.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento da distribuição espacial dos insetos em ecossistemas agrícolas é importante para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes, uma vez que, pode proporcionar uma tomada de decisão melhor embasada, pelo melhor conhecimento a respeito do arranjo espacial da praga. Os resultados apresentados nesse estudo demonstraram a viabilidade do uso da análise geoestatística no estudo da distribuição espacial das populações de *S. levis* e do seu dano em cana-de-açúcar. Também ficou evidente que a praga pode apresentar diferentes padrões de distribuição agregada no campo.

O estudo da dinâmica populacional de pragas em agroecossistemas é essencial no sentido de permitir o direcionamento do processo de amostragem nas épocas em que a ocorrência da praga no campo será mais acentuada. Métodos de amostragem precisos são fundamentais para a utilização eficaz de táticas de controle.

No presente trabalho, os resultados obtidos indicaram que a praga pode ser encontrada no campo durante todo o ano, porém as formas biológicas de *S. levis* apresentam diferentes picos populacionais ao longo do ano. Larvas e pupas, apresentaram maiores populações em época mais fria e seca do ano, enquanto os adultos apresentaram maiores populações em época mais quente e úmida. A partir dessas informações espera-se facilitar o direcionamento das amostragens a serem realizadas para essa praga no campo.

As informações obtidas indicam que as medidas para o monitoramento e manejo de *S. levis* devem levar em consideração o desenvolvimento do canavial, época do ano e as condições climáticas para constatar as épocas de maior ocorrência da praga. Os resultados da distribuição espacial dessa praga no campo devem ser utilizados na elaboração de planos de amostragem para seu monitoramento como base para uma correta tomada de decisão na adoção de táticas de controle dentro de um programa de Manejo Integrado de Pragas.