

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

Mauricio Paulo Batistella Pasini

**DINÂMICA POPULACIONAL E AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE
Tibraca limbativentris EM ARROZ IRRIGADO**

**Santa Maria, RS
2016**

Mauricio Paulo Batistella Pasini

DINÂMICA POPULACIONAL E AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE *Tibraca limbativentris* EM ARROZ IRRIGADO

Tese de Doutorado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Dal'Col Lúcio

Santa Maria, RS
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pasini, Mauricio Paulo Batistella
DINÂMICA POPULACIONAL E AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE
Tibraca limbativentris EM ARROZ IRRIGADO / Mauricio
Paulo Batistella Pasini.- 2016.
131 p.; 30 cm

Orientador: Alessandro Dal'Col Lúcio
Coorientadores: Alberto Cargnelutti Filho, Dionísio
Link

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, RS, 2016

1. Amostragem 2. Geoestatística 3. Manejo integrado de
insetos-praga 4. Plantas hospedeiras 5. Variáveis
regionalizadas I. Lúcio, Alessandro Dal'Col II.
Cargnelutti Filho, Alberto III. Link, Dionísio IV. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Mauricio Paulo Batistella Pasini. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Nereu Ramos, 1057, Centro, CEP 99680-000, Constantina, Rio Grande do Sul.
e-mail: mauricio.pasini@gmail.com

Mauricio Paulo Batistella Pasini

DINÂMICA POPULACIONAL E AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE *Tibraca limbativentris* EM ARROZ IRRIGADO

Tese de Doutorado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Agronomia**.

Aprovado em 18 de novembro de 2016

Alessandro Dal'Col Lúcio, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (UFSM)

Ana Lúcia de Paula Ribeiro, Dra. (IFFar)

João Fernando Zamberlan, Dr. (UNICRUZ)

Sidinei José Lopes, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

A minha família, meus amigos e meus professores.

AGRADECIMENTOS

A Andriele Taciane Wansing.

A minha mãe Marlene Batistella Pasini e ao meu pai Paulo Pedro Pasini.

Ao meu irmão Mártin Paulo Batistella Pasini.

Aos meus avós Severino Pasini (In Memoriam), Lourdes Pasini, Aldo Batistella (In Memoriam) e Angelina Batistella (In Memoriam).

A minha sogra Ivani I. Temp Wansing e ao meu sogro Edmar O. Wansing.

Ao professor Alessandro Dal'Col Lúcio.

Ao professor Dionísio Link (In Memoriam).

Ao professor Alfredo D'Ávilla.

Ao professor Leopoldo Witeck Neto.

A Maria Isabel Mariano da Rocha.

A professora Ana Lúcia de Paula Ribeiro.

Ao professor Alberto Cargnelutti Filho.

Ao professor Sidinei Jose Lopes.

Ao professor João Fernando Zamberlan.

A Universidade Federal de Santa Maria.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

DINÂMICA POPULACIONAL E AMOSTRAGEM SEQUENCIAL DE *Tibraca limbativentris* EM ARROZ IRRIGADO

AUTOR: Mauricio Paulo Batistella Pasini
ORIENTADOR: Alessandro Dal'Col Lúcio

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo. Nele a espécie de inseto, *Tibraca limbativentris* gera perdas significativas. O monitoramento de insetos-praga é elemento base fundamental no Manejo Integrado de Insetos-praga, sendo pressuposto para tomada de decisão. O trabalho teve por objetivos, quantificar o fluxo populacional de *T. limbativentris* entre lavouras e plantas hospedeiras; determinar a influência do diâmetro da planta hospedeira e espécie sobre a população quiescente de *T. limbativentris*; determinar o efeito da distância da planta hospedeira da bordadura sobre a população quiescente de *T. limbativentris*; estudar a dinâmica populacional do *T. limbativentris* entre o entorno e a área de cultivo; estabelecer uma relação entre as características da área de cultivo e a população de *T. limbativentris* e criar planos de amostragem sequencial para *T. limbativentris*. O trabalho foi conduzido em Santa Maria. Foram procedidas avaliações no entorno e nas áreas de cultivo através de um grid de amostragem de 30m x 30m. A partir da semeadura foram procedidas sete avaliações para cada lavoura em área de 1m², correspondendo a 200 plantas de arroz. Nestas áreas os adultos das espécies foram quantificados e o somatório utilizado para a análise de dados. Os resultados mostraram que a população de *T. limbativentris* na entressafra é elevada no entorno e ausente nas áreas de cultivo, enquanto que durante a safra esse fluxo se inverte, a população é maior na área de cultivo e menor ou ausente nas plantas hospedeiras de entorno. O diâmetro e a espécie de planta hospedeira influenciam a população de *T. limbativentris*, plantas com 0,10 metros e da espécie *Andropogon bicornis* possuem menores populações de percevejos. A maior população de *T. limbativentris* durante a entressafra em plantas hospedeiras de entorno se concentra até 45 metros da bordadura, sendo que os mesmos se dispersam até 150 metros da bordadura. A população de *T. limbativentris* apresenta elevada dependência espacial. A infestação do *T. limbativentris* em áreas de cultivo e seus respectivos níveis populacionais apresentam forte dependência com as plantas de entorno da área. As dimensões da área de cultivo influenciam a dispersão e a densidade populacional de *T. limbativentris*. Na entressafra a população de *T. limbativentris* permanece agregada em plantas hospedeiras e durante a safra em áreas de cultivo o padrão de distribuição e o ajuste aos modelos probabilísticos sofrem influência do estágio de desenvolvimento da cultura e das dimensões da lavoura. O plano de amostragem sequencial resultou na redução do número de unidades de amostragem necessárias para a tomada de decisão para o controle de *T. limbativentris*.

Palavras-chave: Amostragem. Geoestatística. Manejo integrado de insetos-praga. Plantas hospedeiras. Variáveis regionalizadas.

ABSTRACT

POPULATION DYNAMICS AND SEQUENTIAL SAMPLING OF *Tibraca limbativentris* IN IRRIGATED RICE

AUTHOR: Mauricio Paulo Batistella Pasini

ADVISER: Alessandro Dal'Col Lúcio

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most cereal produced and consumed in the world. *Tibraca limbativentris* insect speciegenerate significant losses. The monitoring of insect pests is essential element based on the Integrated Insect Pest Management being prerequisite for decision making for suppressive actions and parameter estimates for the population density in rice fields. The study aimed to quantify the population flow of *T. limbativentris* between crops and host plants, to determine the influence of the diameter of the host plant and species on the *T. limbativentris* quiescent population, determine the effect of the host plant distance from the border on the *T. limbativentris* quiescent population, study the population dynamics of *T. limbativentris* between the environment and the area of cultivation; to establish a relationship between the characteristics of the cultivation area and the *T. limbativentris* population and to create sequential sampling plans for *T. limbativentris*. In Santa Maria, RS. Have been made to ratings in the surrounding cultivation areas and the cultivation areas generated sampling grid of 30m x 30min six areas. From the sowing have been made to seven evaluations for each field in an area of 1m², corresponding to 200 rice plants. In these areas adults of the species were quantified and the sum data used for the analysis. The *T. limbativentris* population in the off season is high in the vicinity and absent in the areas of cultivation, while during the harvest this flow is reversed, the population is higher in the cultivation area and less than or absent in the vicinity of host plants. The diameter and the host plant species influence the *T. limbativentris* population. Plants with 0.10 meters and *Andropogon bicornis* species have smaller populations of bed bugs. The largest population of *T. limbativentris* during the off season in surrounding host plants is concentrated up to 45 meters from the border, and they disperse up to 150 meters from the border. The population of *T. limbativentris* has high spatial dependence. The infestation of *T. limbativentris* in growing areas and their population levels have strong dependence on the surrounding area. The cultivation area dimensions influence the dispersion and the density of *T. limbativentris*. In the off season the population of *T. limbativentris* aggregate remains in host plants. During the harvest in farming areas, the distribution pattern and the adjustment to the probabilistic models are influenced by the stage of development of culture and crop size. The sequential sampling plan proposed in this study resulted in a reduction in the number of sampling units required for decision-making for the *T. limbativentris* control.

Keywords: Geostatistics. Host plants. Integrated insect pest management. Regionalized variables Sampling.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

- Figura 1 – Área de estudo subdividida em seis lavouras com os respectivos pontos de amostragem sob cultivo do arroz irrigado, pontos fora dos limites das lavouras são plantas hospedeiras, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil52
- Figura 2 – Fluxo populacional de *Tibraca limbativentris* em áreas de cultivo de arroz irrigado e entorno. Amostrados nas avaliações em plantas hospedeiras (Ph) *Andropogon bicornis* e *A. lateralis* no entorno e em plantas de arroz nas lavouras (L) de arroz irrigado. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/1353
- Figura 3 – Número médio de *Tibraca limbativentris* ocorrentes em *Andropogon bicornis* (Ab) e *A. lateralis* (Al) localizadas no entorno da Lavoura 1. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13.....54
- Figura 4 – Número médio de *Tibraca limbativentris* ocorrentes em *Andropogon bicornis* (Ab) e *A. lateralis* (Al) localizadas no entorno das Lavouras 2 e 3. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/1355
- Figura 5 – Número médio de *Tibraca limbativentris* ocorrentes em *Andropogon bicornis* (Ab) e *A. lateralis* (Al) localizadas no entorno da Lavoura 4. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13.....56
- Figura 6 – Número médio de *Tibraca limbativentris* ocorrentes em *Andropogon bicornis* e *A. lateralis* localizadas a partir da bordadura das Lavouras 3 e 4. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13. E2012: Entressafra 2012 e E2013: Entressafra 2013.....57
- Figura 7 – Gráficos box-plot do número de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) amostrados por m² em diferentes avaliações (A) e estádios (B). Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13, Entressafra 2012 e 2013.....58
- Figura 8 – Mapa da distribuição espacial de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) por m² em diferentes avaliações. Santa Maria, Brasil59

ARTIGO II

- Figura 1 – Área de estudo subdividida em seis lavouras com os respectivos pontos de amostragem sob cultivo do arroz irrigado, pontos fora dos limites das lavouras são plantas hospedeiras, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil 70
- Figura 2 – Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial (A), Curva Característica de Operação CO(m) (B) e curva do tamanho esperado de amostras E(N) (C) para o número de percevejos-do-colmo por m⁻² em lavouras <1,5ha, com base na Distribuição de Poisson..... 88
- Figura 3 – Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial (A), Curva Característica de Operação CO(m) (B) e curva do tamanho esperado de amostras E(N) (C) para o número de percevejos-do-colmo por m⁻² em lavouras >1,5ha, para os estádios V3 a V6, com base na Distribuição Binomial Negativa e K=1,686..... 89
- Figura 4 –Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial (A), Curva Característica de Operação CO(m) (B) e curva do tamanho esperado de amostras E(N) (C) para o número de percevejos-do-colmo por m⁻² em lavouras >1,5ha, para os estádios V9 a R2, com base na Distribuição Binomial Negativa e K=3,3705..... 90
- Figura 5 –Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial (A), Curva Característica de Operação CO(m) (B) e curva do tamanho esperado de amostras E(N) (C) para o número de percevejos-do-colmo por m⁻² em lavouras >1,5ha, para os estádios R4 a R7, com base na Distribuição Binomial Negativa e K=7,3716..... 91

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

- Tabela 1 – Estatísticas descritivas do número de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) por unidade experimental amostrados nas avaliações em lavouras de arroz irrigado. Safra 2012/13..... 60
- Tabela 2 – Estatísticas descritivas do número de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) por unidade experimental amostrados nas avaliações em *Andropogon bicornis* e *Andropogon lateralis* localizados no entorno das áreas de cultivo. Safra 2012/13..... 61
- Tabela 3 – Estatísticas descritivas do número de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) por m² amostrados nas avaliações em lavouras e entorno de arroz irrigado. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13, Entressafra 2012 e 2013..... 62
- Tabela 4 – Estimativas da validação cruzada e notas atribuídas (entre parêntesis) a partir da krigagem ordinária para modelos de semivariogramas nas avaliações 63
- Tabela 5 – Efeito pepita (C₀), variável estrutural (C₁), alcance (a), função gamma (Γ) e índice de dependência espacial (IDE) estimados para os modelos teóricos de semivariogramas nas diferentes avaliações Santa Maria, Rio Grande do Sul..... 64

ARTIGO II

- Tabela 1– Média, variância e índices de dispersão para adultos do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Penatomidae), nos entornos de lavouras de arroz irrigado em plantas hospedeiras. Santa Maria - RS, Brasil, 2012/13..... 78
- Tabela2 – Média, variância e índices para adultos do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Penatomidae) em arroz irrigado. Santa Maria - RS, Brasil, 2012/13..... 81
- Tabela3 –Análise de correlação de Pearson entre área e perímetro das áreas de cultivo com os parâmetros \bar{x} (média), s^2 (variância), I (razão variância/média), I_{\S} (índice de Morisita), C_X (coeficiente de Green), k (Expoente k da Distribuição Binomial Negativa)..... 82
- Tabela4 –Valores do teste qui-quadrado de aderências das frequências observadas às frequências esperadas para as distribuições Binomial Positiva (Bp), Binomial Negativa (Bn) e Poisson para a densidade populacional de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) (Adultos .planta hospedeira-2). Santa Maria, RS, Brasil..... 83
- Tabela5 –Valores do teste qui-quadrado de aderências das frequências observadas às frequências esperadas para as distribuições Binomial Positiva (Bp), Binomial Negativa (Bn) e Poisson para a densidade populacional de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) (Adultos m-2). Santa Maria, RS, Brasil 85

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1. ARROZ IRRIGADO	21
2.2. INSETOS-PRAGA DO CULTIVO DO ARROZ IRRIGADO.....	21
2.3. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE INSETOS	23
2.4. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE PENTATOMIDAE COM USO DA GEOESTATÍSTICA.....	26
2.5. AMOSTRAGEM SEQUENCIAL.....	26
3. ARTIGO I	29
4. ARTIGO II.....	65
5. DISCUSSÃO	101
6. CONCLUSÃO.....	105
REFERÊNCIAS	107
APÊNDICES	113
ANEXO.....	129

1. INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul é o principal produtor de arroz do Brasil, onde são cultivados anualmente em torno de um milhão de hectares (SOSBAI, 2014), estando entre as principais fontes de renda para os produtores rurais das Regiões Centro, Oeste, Campanha e Litoral. No cultivo do arroz irrigado há três fatores que determinam o rendimento: número de panículas por unidade de área, número de grãos por panícula e peso de grãos; a combinação deles em níveis elevados proporciona maiores rendimentos. Contudo, para se chegar a tais componentes são necessárias práticas que se inter-relacionam diretamente durante o ciclo da cultura, como adubação, sistema de cultivo, cultivar, manejo de doenças e insetos-praga e plantas daninhas.

A ação de insetos-praga em plantas de arroz pode gerar perdas significativas, afetando direta ou indiretamente os componentes de rendimento, sendo a intensidade dos danos associada à densidade populacional e a localização dos danos na área de cultivo associada à distribuição espacial. Da família Pentatomidae o *Tibraca limbativentris*, conhecido como percevejo-do-colmo, afeta direta e indiretamente os componentes de rendimento, apresentando elevada importância econômica, atacando os colmos, causando os sintomas de coração morto e panícula branca. As populações do percevejo-do-colmo em áreas de cultivo são dependentes da densidade de plantas hospedeiras presentes em seu entorno e de suas características morfofisiológicas, estas, interferem no fluxo e na densidade populacional de percevejos.

O monitoramento de insetos-praga é elemento base fundamental no Manejo Integrado de Insetos-Praga, sendo um pressuposto para tomada de decisão para ações supressivas e parâmetro para estimativas da densidade populacional em lavouras de arroz irrigado. Contudo, quando estas decisões não levam em consideração os parâmetros ecológicos da densidade populacional de insetos que variam no tempo e no espaço, geram dúvidas na tomada de decisão e erros de estimativas da densidade populacional.

Há equívocos nas estratégias de monitoramento de percevejos pentatomídeos em lavouras de arroz irrigado, pois consideram área total, não levando em consideração a distribuição espacial dos organismos no tempo e a influência que o tamanho da área de cultivo e o perímetro têm sobre suas densidades populacionais.

O estudo sobre a dinâmica populacional de insetos no agroecossistema do arroz irrigado, envolvendo a distribuição espacial, permite conhecer em que estágio da cultura, parte da lavoura e nível populacional o inseto-praga está ocorrendo, servindo de base para a

determinação de modelos probabilísticos e planos de amostragem. A determinação desta complexa relação e a dinâmica envolvida além de contribuir para o atual estado de conhecimento poderão fornecer subsídios para o monitoramento de pentatomídeos com maior confiabilidade e ações supressivas da densidade populacional localizada.

Diante disso o trabalho teve por objetivos quantificar o fluxo populacional de *T. limbiventris* entre lavouras e plantas hospedeiras; determinar a influência do diâmetro da planta hospedeira e espécie sobre a população quiescente de *T. limbiventris*; determinar o efeito da distância da planta hospedeira da bordadura sobre a população quiescente de *T. limbiventris*; estudar a dinâmica populacional do *T. limbiventris* entre o entorno e a área de cultivo; estabelecer uma relação entre as características da área de cultivo e a população de *Tibraca limbiventris* e criar planos de amostragem sequencial para *T. limbiventris*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ARROZ IRRIGADO

O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial (WALTER et al., 2008). O Rio Grande do Sul é o primeiro em produção de arroz (*Oryza sativa* L.), detendo mais de 60% de participação na produção nacional, com aproximadamente um milhão de hectares plantados anualmente e produtividade média superior a 7 mil kg ha⁻¹ (SOSBAI, 2014).

Originário da Ásia, pertencente à família Poaceae, o arroz é uma gramínea anual, classificada no grupo das plantas C3, adaptada a ambientes aquáticos (YOSHIDA, 1981; MAGALHÃES JUNIOR et al., 2004). Seu ciclo de desenvolvimento é dividido em três subperíodos de desenvolvimento: plântula, vegetativo e reprodutivo. O primeiro subperíodo vai até a emergência do perfilo do coleóptilo, o segundo do colar formado na primeira folha do colmo principal até o colar formado na 13^a folha (folha bandeira) do colmo principal e o terceiro da iniciação da panícula até a maturidade completa dos grãos na panícula (ponto de colheita) (COUNCE et al., 2000).

No arroz irrigado há três fatores que determinam o rendimento de grãos; o número de panículas por unidade de área, o número de grãos por panícula e o peso de grãos a combinação deles em níveis elevados proporciona maiores rendimentos (YOSHIDA, 1981). Porém, para se chegar a tais componentes são necessárias inúmeras práticas que se inter-relacionam diretamente durante o ciclo da cultura. Estas práticas envolvem adubação e calagem, adequação da área, sistema de cultivo, escolha da cultivar, estabelecimento da cultura, manejo da água, manejo de plantas daninhas, doenças e animais fitófagos (YOSHIDA, 1981; SOSBAI, 2014).

2.2. INSETOS-PRAGA NO CULTIVO DO ARROZ IRRIGADO

O arroz irrigado está sujeito ao ataque de inúmeros insetos-praga. Porém, determinadas espécies recebem maior importância por apresentarem elevada densidade populacional, causarem elevados danos econômicos à cultura, infestarem todas as partes da planta, em todos os estádios de desenvolvimento, além de poderem transmitir doenças virais (FRITZ et al., 2008).

De acordo com Martins et al. (2009), as espécies de insetos-praga podem ser ordenadas conforme a época de ocorrência nas lavouras, da seguinte forma: insetos-praga da fase de pré-perfilhamento que compreende as espécies *Euetheola humilis* (Burmeister 1847) (Coleoptera: Scarabaeidae) e *Rhopaloshihum rufiabdominale* (Sasaki, 1899) (Hemiptera, Aphididae); insetos-praga da fase vegetativa que compreende as espécies *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae), *Spodoptera frugiperda* (Smith 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Tibraca limbativentris* Stål 1860 (Hemiptera: Pentatomidae); insetos-praga da fase reprodutiva que compreende as espécies *Mythimna* spp. (Lepidoptera: Noctuidae), *Oebalus poecilus* (Dallas 1851) e *O. ypsilongriseus* (De Geer 1773) (Hemiptera: Pentatomidae), *S. frugiperda* e *T. limbativentris*.

Dentre as diversas espécies de insetos-praga associados aos agrossistemas de arroz, *T. limbativentris* caracteriza-se por ser de grande importância econômica, havendo relatos de prejuízos de até 90% do rendimento de grãos (FERREIRA et al., 1997). De acordo com Trujillo (1970), um indivíduo, a partir do segundo instar durante 24 horas pode causar a murcha da parte central de um dos colmos da planta de arroz. Os danos causados por *T. limbativentris* ocorrem em duas fases de desenvolvimento das plantas, na vegetativa onde ataca os colmos provocando o sintoma do coração morto, na reprodutiva onde ataca o colmo provocando a formação de panícula branca ou a esterilidade parcial dos grãos, em média, 1 percevejo m⁻² causa 1,2% de redução na produção de grãos (COSTA & LINK, 1992a).

Por ser de ciclo hemimetábolo passa pelas fases de ovo, ninfa e adulto. A fase de ovo dura em média sete dias em posturas de 23 a 68 ovos dispostos alternadamente de duas a seis fileiras. A fase de ninfa passa por cinco instares, nestas as durações são influenciadas fortemente pela temperatura do ar, as durações do primeiro ao quinto na temperatura de 25 a 26 °C são de 4,6, 6,9, 5,8, 11,7 e 12,1 dias, respectivamente (FERREIRA et al., 1997). Na fase adulta a longevidade está sobre a influência da origem, fêmeas e machos originados de locais de quiescência tiveram uma longevidade de 76,3 e 93,8 respectivamente e uma capacidade de produção de ovos por fêmea de 763, fêmeas e machos não quiescentes apresentaram maior longevidade 81,5 e 138,6 respectivamente e uma capacidade de produção de ovos por fêmea de 932 ambos com duas a três gerações anuais (BOTTON et al., 1996).

Adultos quiescentes de *T. limbativentris* deixam os abrigos no final de setembro e início de outubro onde procuram plantas hospedeiras e copulam, com a semeadura do arroz e emergência estes migram para as lavouras e continuam suas atividades fisiológicas até a colheita do arroz (FERREIRA et al., 1997). Em regiões de clima temperado, após a colheita, as populações infestantes podem migrar para sítios de hibernação, em áreas de refúgio, como

restos culturais ou gramíneas e ciperáceas nativas, permanecendo nestes locais em diapausa reprodutiva, ao redor das áreas de lavoura, retornando quando o arroz inicia o perfilhamento. Costa & Link (1992b) ao avaliarem a distribuição de *T. limbativentris* ajustaram a dois modelos distintos, ao acaso (Poisson) para adultos infestantes da cultura na fase vegetativa e agregada (Binomial negativa) na fase reprodutiva da cultura quando a população inicial é acrescida de seus descendentes.

Adultos e ninfas devido seu hábito se localizam entre os colmos na base da planta, sendo somente visualizada quando em deslocamento onde procura o topo da planta o que dificulta seu manejo e sua percepção antes dos sintomas de seus danos. Quando em elevadas densidades populacionais, *T. limbativentris* provoca perdas significativas na produtividade, sendo mais representativas se o ataque ocorrer nas fases de pré-floração e formação dos grãos (COSTA & LINK, 1992a). Estes autores, verificaram que o nível de dano econômico está associado à fase fenológica da planta, onde um percevejo por m² na fase vegetativa há uma redução na produtividade de 58,7 kg ha⁻¹ e na fase reprodutiva de 65,16 kg.ha⁻¹.

2.3. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE INSETOS

A disposição dos organismos no espaço é uma característica ecológica da espécie, resultante do nascimento, morte e migração de indivíduos (ZAR, 2010). De acordo com o autor, o conhecimento da distribuição de probabilidade que descreve as alocações dos indivíduos no espaço é fundamental para estabelecer planos de amostragem, análises estatística se fornecem embasamento na tomada de decisão sobre o controle de insetos-praga. Conforme Farias et al. (2001) estudos envolvendo a distribuição espacial de insetos são importantes para entender a biologia das espécies de insetos-praga em diferentes condições de meio ambiente e a mudança de comportamento que ocorre durante os estádios de desenvolvimento da cultura.

Silveira Neto et al. (1976), define que não há um método de amostragem universal, contudo, este, deve estar embasado num nível de confiança, no conhecimento do ciclo de vida, comportamento e da distribuição espacial e na viabilidade econômica. Os insetos distribuem-se no espaço basicamente por três formas, ao acaso, regular e agregada. Na distribuição ao acaso o número de indivíduos em certas unidades espaciais não afeta a ocorrência de outros na vizinhança, os dados referentes à contagem de pragas assumem distribuição discreta de Poisson, com variância e média semelhantes. Embora este tipo de distribuição não seja de ocorrência muito frequente, populações de colonizadores e altas

densidades populacionais levam frequentemente à distribuição de Poisson (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000).

Na distribuição uniforme, existe uma tendência da espécie apresentar a mesma infestação por unidade espacial, os dados referentes à contagem de pragas ou de seus danos podem ser estudados através da distribuição de probabilidade discreta binomial, esta, caracteriza-se por ter variância menor que a média. Essa distribuição é a que melhor descreve a proporção de plantas atacadas por insetos, pois nestes casos, as variâncias são geralmente inferiores à média (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000; CARLETON et al., 2014).

Na distribuição agregada, a presença de espécies é afetada pela maior ou menor densidade na vizinhança, com a tendência de formação de grupos, os dados referentes à contagem de pragas assumem distribuições discretas de contágio com variância maior que a média, sendo a mais comum a distribuição binomial negativa. Este modelo matemático tem versatilidade na sua utilização, pois enquanto as distribuições de Poisson e binomial positiva têm que cumprir hipóteses específicas, a distribuição binomial negativa pode ser derivada de pelo menos cinco modelos com interpretação ecológica (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000).

Para medir a disposição espacial são utilizados índices de agregação ou de dispersão, cuja aplicação é imprescindível em estudos ecológicos ou métodos de amostragem (FARIAS et al., 2008, REAY-JONES, 2010). Um índice deve se apoiar em hipóteses razoáveis e apresentar validade estatística (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000). De acordo com RABINOVICH (1980), não existe um índice que satisfaça, na maioria dos casos, a todas estas condições. Portanto, para escolher o índice mais adequado, é necessário ter um conhecimento geral sobre a disposição dos insetos e uma ideia da variabilidade das áreas quanto ao número, tamanho das amostras e densidade média.

Para estudos sobre a distribuição de insetos, há necessidade de se conhecer as distribuições de frequência dos números de indivíduos de cada espécie-praga, adotando-se critérios de amostragem para estimar os parâmetros populacionais (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000). Conforme Elliott et al. (1990) os índices de dispersão não descrevem a distribuição matemática, entretanto quando vários índices dão resultados similares, o modelo de distribuição espacial tem maior validade.

Os principais índices utilizados para verificar o grau de agregação de insetos são o de Razão variância/média que é o mais comum, também chamado índice de dispersão, mede o desvio de um arranjo das condições de aleatoriedade. As limitações deste índice residem na influência que tem o tamanho da unidade de amostragem na quantidade de indivíduos

observados, sendo extremamente afetado nas condições de contágio (RABINOVICH, 1980). Ele é utilizado para medir os desvios de um arranjo nas condições de aleatoriedade. Valores iguais a um indicam distribuição espacial aleatória, valores menores que um indicam distribuição uniforme e valores maiores que um indicam distribuição agregada (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000). Os valores são estimados pela expressão: $I = \frac{s^2}{\bar{x}}$, onde s^2 é a estimativa da variância, \bar{x} é a estimativa da média. O teste de afastamento da aleatoriedade consiste em rejeitar a aleatoriedade se: $X^2 = I(N - 1) \geq \chi^2_{(N-1)gl,\alpha}$ e $|d| = |\sqrt{2X^2} - \sqrt{2v - 1}| \geq Z_\alpha$ em que $v = N - 1$ graus de liberdade, X^2 é a estatística do teste qui-quadrado, $\chi^2_{(N-1)gl,\alpha}$ é o valor tabelado da distribuição qui-quadrado com N-1 graus de liberdade em nível α de probabilidade e Z_α o valor da distribuição normal padrão em nível α de probabilidade.

O Índice de Morisita, desenvolvido por Morisita (1962) e tem a vantagem de ser relativamente independente do tipo de distribuição e do número de unidades amostrais, a limitação deste índice é que recebe influência da quantidade de amostras (RABINOVICH, 1980). Indica que a distribuição é aleatória quando igual a um, quando maior que um indica que a distribuição é agregada e quando menor que um, indica que a distribuição é uniforme (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000). Ele é independente da média amostral (\bar{x}) e do número total de indivíduos (N). É estimado pela expressão $I_\delta = \frac{N(\sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i)}{(\sum_{i=1}^N x_i)^2 - \sum_{i=1}^N x_i}$, em que N é o tamanho amostral e x_i o número de insetos na i -ésima unidade amostral. O teste de afastamento da aleatoriedade é efetuado utilizando o teste de qui-quadrado com N-1 graus de liberdade, rejeitando-se a aleatoriedade da distribuição quando $X_\delta^2 \geq \chi^2_{(N-1)gl,\alpha=0,05}$ mediante a expressão $X_\delta^2 = I_\delta(\sum_{i=1}^N x_i - 1) + N - \sum_{i=1}^N x_i$.

O Coeficiente de Green é aceitável para comparações de distribuições agregadas, sendo que se os valores calculados são negativos indicam um padrão uniforme e quando positivos um padrão agregado (GREEN, 1966). O coeficiente de Green é aceitável para comparações de distribuições agregadas, se os valores calculados forem negativos indicam um padrão da distribuição uniforme, quando positivos, indicam um padrão da distribuição agregado. Este coeficiente baseia-se na razão variância/média e é obtido mediante a expressão

$$C_x = \frac{\left(\frac{s^2}{\bar{x}}\right) - 1}{\sum_{i=1}^n x_i - 1}.$$

Parâmetro k da distribuição binomial negativa é um indicador da agregação de artrópodes, quando os dados se ajustem à distribuição binomial negativa (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000). Quando os valores são negativos indicam uma distribuição regular ou

uniforme; quando são baixos e positivos ($k < 2$) indicam uma disposição altamente agregada; valores de k variando de 2 a 8 indicam uma agregação moderada; e valores superiores a 8 ($k > 8$) indicam uma disposição ao acaso (SOUTHWOOD & HENDERSON, 2000). A estimativa inicial dos valores de k é feita pelo método dos momentos através da expressão $k = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}}$.

O expoente k comum (k_c) é utilizado quando existe um mesmo grau de agregação em diferentes amostragens, podendo ser calculado quando não há dependência entre as médias e os valores de k . Sua aplicação é de fundamental importância para a utilização da técnica de amostragem sequencial e na transformação de dados para a elaboração de análises de variância e teste t, sendo que quando o valor de k é constante para uma praga, o nível de agregação é uma característica da espécie (RABINOVICH, 1980). A aplicação de k_c é fundamental na técnica da amostragem sequencial e na transformação dos dados originais para a elaboração de análises de variância de dados de levantamento de pragas (COSTA et al., 2006; FARIAS et al., 2008; REAY-JONES, 2010; CARLETON et al., 2014).

2.4. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE PENTATOMIDAE COM USO DA GEOESTATÍSTICA

A geoestatística é uma ferramenta importante no complemento do estudo da distribuição espacial de insetos, sendo facilmente visualizado o comportamento da variável em estudo. Na maioria das vezes, o interesse da análise geoestatística não se limita à obtenção apenas de um modelo de variabilidade espacial, desejando-se ainda a avaliar valores de pontos não amostrados. Para isso usa-se a krigagem, que utiliza a dependência espacial entre amostras vizinhas, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo sem tendência e variância mínima (LANDIM & YAMAMOTO, 2013). Conforme os autores o método geoestatístico leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas.

De acordo com Landim & Yamamoto (2013), a krigagem pondera os valores do ponto vizinho do ponto a ser estimado, obedecendo aos critérios de não tendenciosidade e de variância mínima através de um modelo teórico de semivariograma atrelado ao experimental. A estimativa da krigagem é uma combinação linear dos valores das medidas vizinhas, o resultado vem através de um Sistema de Informação Geográfica, que transforma esses valores estimados em escala de cores ou isolinhas, apresentando a real distribuição espacial dos indivíduos estudados. Este método tem sido utilizado em trabalhos científicos sendo

considerado eficiente e preciso conforme Farias et al. (2008), Sciarretta & Trematerra (2014) e Duarte et al. (2015).

3.5. AMOSTRAGEM SEQUENCIAL

A amostragem sequencial é um método de amostragem com número de amostras variável dependente da densidade populacional do inseto-praga (SHEPARD, 1980). Quando a densidade populacional é elevada ou baixa, menor o número de amostras para a tomada de decisão, ao contrário dos procedimentos convencionais de amostragem, em que o número de amostras é fixo, independentemente da densidade populacional (BEARZOTI & AQUINO, 1994). Planos de amostragem sequencial podem ser elaborados com base no teste sequencial da razão de probabilidades desenvolvido por Wald (1947).

Conforme Barbosa (1992), a amostragem sequencial caracteriza-se por utilizar amostras de tamanho variável onde são testadas hipóteses sobre os parâmetros sem a necessidade de estimá-los. Assim, formulada uma hipótese, podemos aceitá-la, rejeitá-la, ou continuar amostrando, baseado nos resultados acumulados de cada amostragem. Portanto, em cada amostragem toma-se uma dessas três decisões. As fórmulas matemáticas utilizadas pela amostragem sequencial foram estendidas para organismos, cujas distribuições de contagens podem ser descritas pelas distribuições de Poisson, binomial e binomial negativa (BEARZOTI & AQUINO, 1994).

Três requisitos são necessários para o desenvolvimento de um plano de amostragem sequencial para insetos (RUESINK & KOGAN, 1975): a obtenção de uma função de densidade de probabilidades que descreve a distribuição das contagens dos insetos e que permita a construção do plano; o nível de dano econômico na forma de duas densidades populacionais críticas, tais que o dano ocorre se a população da praga ultrapassa o limite superior, e não ocorre se a população permanecer abaixo do limite inferior previamente definido; a seleção de níveis máximos de probabilidade de cometer erros na decisão sobre densidades populacionais, isto é, probabilidades α e β , de predizer uma densidade populacional não prejudicial como sendo prejudicial e a de predizer uma densidade prejudicial como sendo não prejudicial, respectivamente.

A amostragem sequencial (Teste Sequencial da Razão de Verossimilhança - TSRV) é um procedimento onde amostras são retiradas em sequência e as decisões são feitas após a leitura de cada amostra. O TSRV permite testar, com o menor número esperado de amostras, as hipóteses $H_0: \bar{x} = x_0$ "versus" $H_a: \bar{x} = x_1$, onde \bar{x} representa as médias de infestação, e

$\bar{x}_1 > \bar{x}_0$ (WALD, 1947). A rejeição de H_0 (aceitação de H_1), pode indicar a necessidade de controle da praga, e a aceitação de H_0 o não-controle (ALLEN et al., 1972).

As linhas de decisão superior e inferior do teste são definidas como: $S_1=h_1+aN$; e $S_0=h_0+aN$, respectivamente. Analisando-se um sistema ortogonal de dois eixos e plotando-se S nas ordenadas e N nas abscissas, continua-se amostrando sucessivamente até que o valor de S fique acima ou sobre a reta superior ($S_1=h_1+aN$) quando rejeita-se H_0 , ou abaixo ou sobre a reta inferior ($S_0=h_0+aN$) quando aceita-se H_0 .

O valor de N indica o número de unidades amostrais a serem utilizadas na amostragem. Os valores h_0 , h_1 e a serão determinados em função do tipo de distribuição espacial da praga,

utilizando seguintes expressões (YOUNG & YOUNG, 1998) $h_0 = \frac{\ln\left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right)}{\ln\left[\frac{m_1(m_0+k)}{m_0(m_1+k)}\right]}$, $h_1 = \frac{\ln\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)}{\ln\left[\frac{m_1(m_0+k)}{m_0(m_1+k)}\right]}$ e $a = k \frac{\ln\left(\frac{m_1+k}{m_0+k}\right)}{\ln\left[\frac{m_1(m_0+k)}{m_0(m_1+k)}\right]}$, em que m_0 é o nível de segurança ou NCE (Nível

Populacional de Controle), m_1 o nível de controle ou NDE (Nível de Dano Econômico).

O NDE é conceituado como o nível populacional de uma determinada espécie de inseto o qual, ao ser atingido, provoca uma perda de produção cujo valor econômico se equivale ao custo do controle comparado ao valor estimado de perdas de produtividade. O NCE corresponde ao nível populacional em que o controle deve ser iniciado para evitar que o NDE seja atingido (YOUNG & YOUNG, 1998).

A Curva Característica de Operação $CO(m)$, fornece a probabilidade de acerto na tomada de decisão para um determinado nível de infestação. Essa função emprega uma variável auxiliar h dependente de m e é calculada com o emprego através da expressão

$$(YOUNG \& YOUNG, 1998), CO(m) = \frac{\frac{(1-\beta)^{h-1}}{\alpha}}{\frac{(1-\beta)^h}{\alpha} - \frac{(\beta)^h}{1-\alpha}}.$$

A curva de tamanho Esperado $E(N)$ fornece o tamanho médio esperado de amostra para a decisão sobre a aceitação ou não de H_0 , é calculada utilizando a expressão (YOUNG &

$$YOUNG, 1998), E(N) = \frac{CO(m)(h_0-h_1)+h_1}{m-s}.$$

3. ARTIGO I:

Fluxo populacional do percevejo-do-colmo em arroz irrigado

Resumo – A presença de *Tibraca limbativentris* (percevejo-do-colmo) no arroz irrigado influencia negativamente na produtividade. Diante disso o trabalho teve por objetivo estudar a dinâmica populacional do *T. limbativentris* entre o entorno e a área de cultivo, quantificar o fluxo populacional de *T. limbativentris* entre lavouras e plantas hospedeiras; determinar a influência do diâmetro da planta hospedeira e espécie sobre a população quiescente de *T. limbativentris* e determinar o efeito da distância da planta hospedeira da bordadura sobre a população quiescente de *T. limbativentris*. O trabalho foi conduzido na safra 2012/13 e entressafra, em lavouras localizadas no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Foram amostradas plantas de arroz, de *Andropogon bicornis* e de *A. lateralis* em seis áreas de cultivo, para a contagem do número de insetos presentes. A população de *T. limbativentris* na entressafra é elevada no entorno e ausente nas áreas de cultivo. Durante a safra esse fluxo se inverte e a população é maior na área de cultivo e menor ou ausente nas plantas hospedeiras de entorno. O diâmetro e a espécie de planta hospedeira influenciam a população de percevejo-do-colmo, havendo uma relação direta, quanto maior o diâmetro maior a população. A maior população de percevejo-do-colmo durante a entressafra em plantas hospedeiras no entorno da área de cultivo concentra-se até 45 metros da bordadura, sendo que os mesmos se dispersam até 150 metros da bordadura. A infestação do *Tibraca limbativentris* em áreas de cultivo e seus respectivos níveis populacionais apresentam forte dependência com o entorno da área.

Termos para indexação: Insetos-praga, dinâmica populacional, Geoestatística, *Oryza sativa*, *Tibraca limbativentris*.

Population flow stem stink bug in rice

Abstract – The *Tibraca limbativentris* presence directly affects the rice productivity. Thus, the research aimed to study population dynamics of *T. limbativentris* between the surroundings and cultivation area, quantify the population flow between crops and *T. limbativentris* host plants, to determine the influence of the host plant species and diameter about quiescent population *T. limbativentris* and determine the effect of distance from the host plant border on the quiescent population of *T. limbativentris*. The study was conducted from May 2012 to August 2013 in fields located in Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. During the 2012/13 season and the off season of 2013 and 2013 rice plants, *Andropogom bicornis* and *Andropogom lateralis* were sampled in six cultivation areas for the insect number count gifts. The population of *T. limbativentris* in the off season is high in the vicinity and absent in the areas of cultivation, already during the harvest this flow is reversed and the population is higher in the cultivation area and less than or absent in the vicinity of host plants. The diameter and host plant species affect the population of the stem stink bug, there is a direct relationship, the larger the diameter the greater the population. The largest population during the off season in host plants in the surrounding area and cultivation is concentrated up to 45 meters from the border, and they disperse up to 150 meters from the border. The infestation of *Tibraca limbativentris* in cultivated areas and their respective population levels show a strong dependence on the surrounding area.

Index terms: Geostatistic, Insect pests, *Oryza sativa*, population dynamics, *Tibraca limbativentris*.

Introdução

O arroz apresenta grande importância alimentar e econômica representando, no Estado do Rio Grande do Sul, cerca de 1.100.000 hectares cultivados em sistema irrigado, sendo este, líder em produção no Brasil (SOSBAI, 2014). Na cultura do arroz fatores como qualidade de semente, adubação, sistema de cultivo, cultivar, água, tratamentos culturais e clima se inter-relacionam influenciando os componentes de rendimento e a produtividade (Yoshida, 1981). A presença de organismos nocivos influencia negativamente a rentabilidade da cultura, afetando qualitativamente e quantitativamente a produção de grãos e sementes. O percevejo-do-colmo [*Tibraca limbativentris* Stål 1860 (Hemiptera: Pentatomidae)] é um dos principais organismos nocivos da cultura do arroz com maior importância no arroz irrigado (Melo Machado et al., 2014), sendo o segundo inseto-praga em escala econômica no Estado (SOSBAI, 2014). O dano dessa espécie é caracterizado por dois sintomas: panícula branca e coração morto, interferindo diretamente nos componentes de rendimento, onde seus danos são proporcionais à sua densidade populacional (Trujillo, 1970; Pazini et al., 2015), conexas com sua variabilidade espacial e temporal.

Conforme Ferreira et al. (1997) adultos quiescentes de *T. limbativentris* deixam os abrigos no final de setembro e início de outubro onde procuram plantas hospedeiras e copulam. Com a semeadura do arroz e emergência das plântulas, aqueles migram para as lavouras e continuam suas atividades fisiológicas até a colheita do arroz, após, os indivíduos que não migraram durante o cultivo migram para entorno das áreas de cultivo (Awuni et al., 2015).

Nos períodos de entressafra das culturas estas espécies de insetos-praga possuem como estratégia de sobrevivência a procura por plantas hospedeiras para se abrigarem no entorno das áreas de cultivo onde, nas quais, permanecem em quiescência (Medeiros & Megier, 2009; Smaniotto & Panizzi, 2015). A estrutura da vegetação das áreas circundantes a

lavouras e um fator essencial para a sobrevivência de determinados insetos durante os períodos de baixas temperaturas em maiores latitudes, ofertando a eles condições microclimáticas ideais para a quiescência (Dennis et al., 1994). Estes sítios de agregação e quiescência são fontes infestantes de insetos-praga durante as sucessões de culturas (Klein et al., 2014) e interagem com as áreas de cultivo influenciando a variabilidade espacial do percevejo-do-colmo (Trujillo, 1970).

O conhecimento das plantas hospedeiras e seus respectivos níveis populacionais ao longo do tempo são importantes para os estudos de ecologia, dinâmica populacional, alternância de hospedeiros, monitoramento e previsão de surgimento de espécies nocivas às plantas cultivadas (Link & Grazia, 1987), além disso, permitem estudos da variabilidade espacial com o uso da geoestatística nos períodos de entressafra e safra, em lavouras e entre lavouras e seu entorno (Sciarretta & Trematerra, 2014; Rosado et al., 2015). Estudos sobre a dinâmica populacional de insetos-praga ajudam na compreensão da biologia de populações e no desenvolvimento de procedimentos de amostragem e estratégias de manejo integrado (Smith et al., 2004).

A geoestatística representam um valioso conjunto de ferramentas estatísticas para investigar o padrão espacial de pragas e para apoiar a prática do manejo integrado de insetos-praga (Sciarretta & Trematerra, 2014). O uso da geoestatística torna-se uma importante ferramenta para o estabelecimento da dinâmica populacional de insetos (Duan et al., 2015).

As populações de insetos-pragas em lavouras podem ser estimadas com o uso de procedimentos de interpolação, que permitem gerar superfícies contínuas através de unidades amostrais pontuais (Chilès & Delfiner, 1999; Soares et al., 2008; Duarte et al., 2015). Entre os métodos de interpolação a krigagem e o mais utilizado (Coelho et al., 2009; Silva et al., 2010; Sciarretta & Trematerra, 2014; Rosado et al., 2015).

A utilização desse procedimento de interpolação durante a entressafra e nos diferentes

estádios de desenvolvimento das culturas permite elucidar como os insetos-praga se dispersam nas áreas de cultivo, bem como caracterizar sua dinâmica populacional (Souza et al., 2010; Silva et al., 2011; Sciarretta & Trematerra, 2014; Rosado et al., 2015).

Diante disso o trabalho teve por objetivo estudar a dinâmica populacional do *T. limbativentris* entre o entorno e a área de cultivo, quantificar o fluxo populacional de *T. limbativentris* entre lavouras e as plantas hospedeiras *Andropogon bicornis*, *A. lateralis*; determinar a influência do diâmetro da planta hospedeira e espécie sobre a população quiescente de *T. limbativentris* e determinar o efeito da distância da planta hospedeira da bordadura sobre a população quiescente de *T. limbativentris*.

Material e métodos

Área de estudo. No município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil (785108 m; 6716393, Fuso 21J, UTM), divididas em seis lavouras de 0,25 a 14,1 hectares (Figura 1), com a cultura arroz irrigado cultivado sob as recomendações técnicas da cultura (SOSBAI, 2014), exceto a aplicação de defensivos químicos durante a execução da pesquisa. A área de cultivo apresentava em seus entornos, ao leste, oeste, sul e entre as lavouras, vegetação herbácea com predominância de espécies da família Poaceae, *Andropogon bicornis* L., *A. lateralis* Nees e *Saccharum angustifolium* (Nees) Trin., da família Apiaceae *Eryngium horridum* Malme além de Cyperaceae, ao norte dos limites das lavouras a predominância de espécies arbustivas e arbóreas (Boldrini, 2009) (Figura 1). O clima local segundo a classificação de Köppen tipo Cfa, subtropical úmido, sem estação seca e com verões quentes (Heldwein et al., 2009).

Amostragem. Em cada lavoura foi gerado um grid de 30m x 30m para a amostragem dos insetos originando 39 unidades amostrais para a Lavoura 1, 192 unidades amostrais na Lavoura 2, 143 unidades amostrais na Lavoura 3, 385 unidades amostrais na Lavoura4, 13 unidades amostrais na Lavoura 5 e 30 unidades amostrais na Lavoura 6. Em cada unidade amostral foram amostradas 200 plantas de arroz, totalizando 1 m² (50 plantas aptas por metro

fileira e espaçamento entre fileiras de 0,20 m) (Figura 1). Em cada planta de arroz realizou-se uma contagem direta dos indivíduos de *T. limbativentris* contidos em seu interior e o total de indivíduos por m² (200 plantas) foi utilizado na análise de dados. No entorno das áreas, foram selecionadas 204 plantas hospedeiras, com diâmetros de touceira 25 cm (± 5 cm) (Figura 1). Destas foram 104 de *Andropogon bicornis* e 100 de *A. lateralis*, sendo cada uma considerada uma unidade amostral e o número de *T. limbativentris* contidos no seu interior foram quantificados.

As avaliações foram realizadas na entressafra de 2012, pré-semeadura 2012, entressafra 2013 e safra 2012/13, nesta, sete avaliações para cada lavoura foram realizadas: a primeira avaliação (A1) no estágio V3 correspondente ao colar formado na 3^a folha do colmo principal, a segunda avaliação (A2) no estágio V6 correspondente ao colar formado na 6^a folha do colmo principal, a terceira avaliação (A3) no estágio V9 (R0) correspondente a iniciação da panícula, a quarta avaliação (A4) no estágio V13 (R2) correspondente a formação do colar da folha bandeira (emborrachamento), a quinta avaliação (A5) no estágio R4 correspondente a antese, a sexta avaliação (A6) no estágio R6 correspondente a alongação de um ou mais grãos na casca e a sétima avaliação (A7) no estágio R9 correspondente a maturidade completa dos grãos na panícula (Counce et al., 2000), totalizando 10 avaliações.

Nas lavouras 1 a 4, no entorno, foram realizadas as mesmas avaliações em momentos equivalentes, contudo, como unidades experimentais (UE) foram selecionadas plantas de *A. bicornis* L., *A. lateralis* Nees (Poaceae) com diâmetros de 0,10, 0,20, 0,30, 0,40 e 0,50 m dispostas até 15 m da borda das lavouras. Para cada lavoura, espécie e diâmetro de planta foram selecionados oito UE, sendo 40 espécie⁻¹.lavoura⁻¹, gerando 80 EU.lavoura⁻¹, totalizando 320 UE.

A partir da bordadura das áreas de cultivo foram selecionadas, a cada 15 metros, plantas de *A. bicornis* e *A. lateralis* com diâmetros entre 0,20 e 0,30 m, totalizando dez faixas

de avaliação até 150 metros da bordadura onde, em cada faixa, foram avaliadas oito UE, totalizando 160 UE. Essas avaliações foram realizadas em dois momentos, na entressafra de 2012 e entressafra de 2013, nas áreas de cultivo definidos como Lavoura 3 e Lavoura 4.

Em cada UE foi realizada a triagem dos indivíduos contidos em seu interior, sendo estes, quantificados.

Análise de dados em plantas hospedeiras. O número de insetos obtidos das UE de área de cultivo e de entorno foram organizados sendo estimadas as estatísticas descritivas: média e desvio padrão.

Nas lavouras 1 a 4, no entorno o número de insetos foi analisado considerando um fatorial 2x5 (Fator A = *A. bicornis* e *A. lateralis* e Fator D = diâmetros de 0,10, 0,20, 0,30, 0,40 e 0,50 m), adotando um delineamento inteiramente casualizado com oito repetições, com um total de 80 UE.

Nas lavouras 3 e 4, a partir da bordadura, nas plantas selecionadas, o número de insetos foi analisado considerando um fatorial 2x10 (Fator A = *A. bicornis* e *A. lateralis* e Fator D = faixa de 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 m), adotando um delineamento inteiramente casualizado com oito repetições, com um total de 160 unidades experimentais.

Nas duas análises realizadas, para a verificação da normalidade dos dados e homogeneidades das variâncias, foi aplicado os testes de normalidade de Anderson-Darling e de homogeneidade da variância de Bartlett. Para aqueles que não atenderam os pressupostos foram transformados ($\sqrt{x + 0,5}$) e após, realizada a Análise da Variância (ANOVA) e análise de regressão para o Fator D. Para todas as análises estatísticas foram utilizado 5% de probabilidade de erro, estas executadas no software Excel.

Fluxo populacional. Os valores médios obtidos nas avaliações no entorno e nas áreas de cultivo nas Lavouras 1 a 4 foram utilizados para a confecção de gráficos do fluxo populacional do percevejo-do-colmo. Os valores obtidos em plantas hospedeiras de entorno

foram transformados a partir da função, $f(x) = x/0,1965$, resultando em número de adultos.m⁻² de planta hospedeira.

Análise geoestatística. A partir dos valores de adultos de *T. limbativentris* nas lavouras 1 a 6 e seu entorno (submetidos a função $f(x) = x/0,1965$) (Figura 1) foram construídos gráficos box-plot e em seguida os dados foram submetidos à análise geoestatística para verificar a existência de dependência espacial. Com isso quantifica-se o grau de dependência espacial dos atributos em estudo a partir do ajuste dos modelos teóricos aos semivariogramas experimentais isotrópicos com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual é estimada pela expressão

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

em que γ é a semivariância e $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$ e $Z(x_i+h)$ separados por um vetor h .

A partir dos semivariogramas experimentais foram obtidos e ajustados os modelos de semivariograma (Johnson et al., 2001): circular,

$$\gamma(h) = \frac{2C_0 + C_1}{\pi} \left[\frac{h}{a} \sqrt{1 - \left(\frac{h}{a}\right)^2} + \arcsin \frac{h}{a} \right]$$

para $0 \leq h \leq a$ e $\gamma(h; \theta) = C_0 + C_1$ para $a < h$, esférico,

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

para $0 \leq h \leq a$ e $\gamma(h; \theta) = C_0 + C_1$ para $a < h$, tetraesférico,

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

para $0 \leq h \leq a$ e $\gamma(h; \theta) = C_0 + C_1$ para $a < h$, pentaesférico,

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[\frac{15h}{8a} - \frac{5}{4} \left(\frac{h}{a} \right)^3 + \frac{3}{8} \left(\frac{h}{a} \right)^5 \right]$$

para $0 \leq h \leq a$ e $\gamma(h; \theta) = C_0 + C_1$ para $a < h$, exponencial,

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

para todo h , gaussiano,

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

para todo h , quadrático racional,

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \frac{19 \left(\frac{h}{a} \right)^2}{1 + 19 \left(\frac{h}{a} \right)^2}$$

para todo h , seno cardinal, 0 para $h=0$ e

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \frac{1 - \sin \left(\frac{2\pi h}{a} \right)}{\sin \left(\frac{2\pi h}{a} \right)}$$

para $h \neq 0$, k-bessel,

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \frac{\left(\frac{\Omega_{\theta_k} h}{a} \right)^{\theta_k}}{2^{\theta_k - 1} \Gamma(\theta_k)} K_{\theta_k} \left(\frac{\Omega_{\theta_k} h}{a} \right) \right]$$

para todo h , onde Ω_{θ_k} é um valor encontrado numericamente por

$$\gamma(\theta_k) = 0.95 (C_0 + C_1)$$

para todo θ_k , $\Gamma(\theta_k)$ é a função gamma,

$$\Gamma(y) = \int_0^{\infty} x^{y-1} \exp(-x) dx$$

e K_{θ_k} é a função de Bessel modificada de ordem θ_k , j-bessel,

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \frac{2^{\theta_d} \Gamma(\theta_d + 1)}{\left(\frac{\Omega_{\theta_d} h}{a} \right)^{\theta_d}} J_{\theta_d} \left(\frac{\Omega_{\theta_d} h}{a} \right) \right]$$

para todo h , onde $C_0 + C_1 \geq 0$, $a \geq 0$, $\theta_d \geq 0$, Ω_{θ_d} , deve satisfazer, $B = a$, $B > 0$, $\gamma(B) = C_0 + C_1 \gamma'(B) < 0$ e J_{θ_d} na função j-bessel, estável,

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

para todo h , onde $C_0 + C_1 \geq 0$ e $0 \leq \theta_e \leq 2$; estimados conforme Johnson et al. (2001) no programa ArcGis 9.2.

Os modelos foram ajustados ao semivariograma experimental pelo algoritmo de ajuste dos Mínimos Quadrados Ponderados (MQP), sendo definidos os parâmetros do modelo: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$), alcance (a).

Para verificar a existência de dependência espacial foi aplicada a fórmula do Índice de Dependência Espacial (IDE) que representa uma relação em porcentagem do quanto à dependência espacial, quantificada pelo modelo de semivariograma, contribui para a variabilidade dos dados,

$$IDE = \frac{C_1}{C_0 + C_1}$$

sendo classificado em forte ($IDE > 75\%$), médio ($25 < IDE \leq 75\%$) e baixo ($IDE \leq 25\%$) (Zimback, 2001). Constatada a presença de dependência espacial entre os dados foram realizadas inferências por krigagem ordinária (KO), estimando valores em locais não medidos. A KO interpola valores com as condições de estimativa sem tendenciosidade e com desvios mínimos em relação aos valores conhecidos, considerando a estrutura de variabilidade espacial encontrada para o atributo (Chilès & Delfiner, 1999).

Para a escolha do modelo de semivariograma, utilizou-se a técnica da validação cruzada onde os valores reais e estimados foram comparados, sendo definido o modelo com previsões mais precisas (Goovaerts, 1997; Webster & Oliver, 2007).

Como primeiro indicador da validação cruzada a média dos erros,

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n [\hat{Z}(s_i) - z(s_i)]}{n}$$

onde $\hat{Z}(s_i)$ é o valor observado e $z(s_i)$ o valor estimado, como segundo indicador, estimou-se a raiz quadrada média dos erros,

$$RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\hat{Z}(s_i) - z(s_i)]^2}{n}}$$

como terceiro indicador a raiz quadrada média do erro padronizada,

$$RQMEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left[\left(\hat{Z}(s_i) - z(s_i) \right) / \hat{\sigma}(s_i) \right]^2}{n}}$$

os melhores ajustes se obtêm para os indicadores \bar{E} e $RQME$ quando estes se aproximam a 0 e $RQMEP$ a 1.

A partir dos indicadores estimados da validação cruzada foram atribuídas notas de 1 a 3, de acordo o critério de seleção de cada indicador: para a estimativa de $RQMEP$ o valor mais próximo ou igual a 1 foi atribuída a nota 3 e para o valor mais distante de 1 foi atribuída a nota 1, respectivamente. Já para as estimativas \bar{E} e $RQME$ o valor mais próximo ou igual a 0 foi atribuída a nota 3 e para o valor mais distante de 0 foi atribuída a nota 1, respectivamente. Após a atribuição das notas, realizou-se o somatório destas dentro de cada modelo ajustado e situação avaliada adotando o critério de escolha do modelo com maior somatório das notas.

Para a representação da dispersão de *T. limbativentris* nos estádios de desenvolvimento da planta e áreas de cultivo, foram gerados mapas a partir das estimativas obtidas do melhor interpolador, atribuindo cores aos valores estimados em intervalos definidos por isolinhas de números inteiros. A projeção utilizada foi a Universal Transversa de Mercator em Datum horizontal WGS 84 e vertical Imbituba Santa Catarina.

Resultados e discussão

Fluxo populacional. Nas quatro áreas de cultivo, a população ocorrente do percevejo-do-colmo apresentou comportamento semelhante, com valores médios entre 0,08 e 16,31 adultos m^{-2} durante a safra, com ausência de indivíduos na Entressafra 2012, Entressafra 2013 e Pré-semeadura (Tabela 1). Nas primeiras avaliações a população de percevejo foi menor, aumentando gradativamente com a evolução dos estádios vegetativos da planta de arroz, independente da lavoura avaliada. Este comportamento é reflexo das características da população do percevejo-do-colmo, pois estes, iniciam sua infestação a partir da emergência do arroz e, devido seu elevado potencial biótico, passam por sucessivas gerações dentro da área de cultivo, elevando as populações chegando ao pico nos estádios R6 e R9 (Link & Grazia, 1987; Ferreira et al., 1997; Counce et al., 2000; Pazini et al., 2015).

No entorno das áreas de cultivo, nas plantas hospedeiras, a população de percevejo-do-colmo apresentou comportamento contrário do encontrado nas áreas de cultivo (Tabela 1 e 2). Os valores médios foram entre 0,1 e 69,8 adultos.planta⁻¹ em *A. bicornis* e 0,1 a 64,3 adultos.planta⁻¹ em *A. lateralis*. Nessas plantas, as maiores populações foram encontradas nas avaliações de entressafra (E2012 e E2013), diminuindo em PS, sendo inferior a um indivíduo por planta nas avaliações realizadas nos estágios de desenvolvimento do arroz (V3 a R4) e aumentando nas avaliações A6 e A7, correspondendo aos estádios R6 e R9 (Counce et al., 2000).

Na entressafra do arroz o percevejo-do-colmo possui como estratégia de sobrevivência a procura por plantas hospedeiras para se abrigarem no entorno das áreas de cultivo, nas quais, permanecem em quiescência (Panizzi, 2015). Com o aumento da temperatura, a partir de agosto, esses percevejos adultos deixam os abrigos no final de setembro onde procuram plantas hospedeiras e copulam. Com a semeadura do arroz e emergência das plântulas os insetos migram para as lavouras e continuam suas atividades fisiológicas até a colheita do

arroz. Após a colheita, os indivíduos que não migraram durante o cultivo migram para plantas no entorno da área onde permanecem nos períodos de baixas temperaturas (Link & Grazia, 1987; Ferreira et al., 1997; Krinski & Foerster, 2016).

Na figura 1, os valores médios de percevejo encontrados nas áreas de cultivo com os encontrados em plantas hospedeiras são agrupados, nota-se, que o fluxo populacional dos percevejos-do-colmo nas plantas hospedeiras de entorno apresenta uma tendência de decrescer com o início do cultivo do arroz (Figura 1), comportamento semelhante em todas as lavouras estudadas, com a sua migração para a área de cultivo. Assim, ocorre um aumento das populações nas áreas, com a evolução do desenvolvimento vegetativo da cultura do arroz atingindo seu pico em R6. Contudo, a partir do estágio R6, começa a haver o fluxo inverso, onde os insetos passam a migrar para o entorno, fazendo com que os níveis populacionais nas plantas hospedeiras sejam retomados.

O início do fluxo populacional do percevejo-do-colmo das plantas hospedeiras para as áreas de cultivo é motivado principalmente pela temperatura do ar, que regula a atividade metabólica dos insetos. Com seu aumento, há um estímulo desses insetos saírem da condição quiescente e procurarem alimento, reprodução e plantas hospedeiras para a deposição de posturas (Trujillo, 1970). Durante a evolução vegetativa do arroz, a disponibilidade de alimento e características nutricionais das plantas interferem no fluxo populacional, passando os adultos do percevejo-do-colmo a procurar a área de cultivo como ambiente para o seu desenvolvimento (Link & Grazia, 1987; Krinski & Foerster, 2016). A partir dos estágios reprodutivos, com a formação e início do enchimento do grão das plantas de arroz, ocorre redução da palatabilidade das plantas para o percevejo-do-colmo, aumentando o número de picadas de prova sem êxito. Essa condição de estresse interfere no fluxo populacional, forçando a população a procurar alimento e abrigo no entorno da área de cultivo aumentando,

assim, o nível populacional nas plantas hospedarias (Howe & Jander, 2008; Zeng & Dick, 2008; Nguyen-Ngoc et al., 2012).

Planta hospedeira. Na maioria das lavouras, nas situações de entressafra, houve interação entre a espécie de planta hospedeira e seus respectivos diâmetros, revelando uma influência destes sobre a população presente. Em todos os casos, verifica-se um crescimento abrupto da população de percevejos em *A. bicornis* conforme o aumento dos diâmetros de plantas, diferente de *A. lateralis* (Figuras 2 e 3) isto, associadas a características morfogênicas, estruturais e morfofisiológicas das plantas hospedeiras (Howe & Jander, 2008; Zeng & Dick 2008).

As características da planta hospedeira interfere no fluxo populacional, sendo estes sítios de dispersão, quiescência, reprodução e alimentação da população de percevejos. Na Lavoura 2 a população de insetos quiescente nas plantas hospedeiras sofrem influência da espécie de planta hospedeira e do seu diâmetro nas avaliações E2012, PS, V3 e E2013 (Figura 2). Na avaliação A7 (R9), não há influência da planta hospedeira, não havendo interação entre os fatores, relacionado principalmente ao fluxo de migração de percevejos das áreas de cultivo para seu entorno, que contribui para baixas densidades populacionais, independente de diâmetro e espécie de planta. Em todas as situações, o aumento do diâmetro da planta hospedeira refletiu num aumento da população presente nas mesmas (Figura 2).

Nas Lavouras 2, 3 e 4, observou-se que a população de insetos quiescente nas plantas hospedeiras sofreram influência da espécie de planta hospedeira e do seu diâmetro nas avaliações E2012 e E2012, E2012, PS e E2013, E2012 e PS, respectivamente (Figura 3 e 4). Na Lavoura 4 e avaliação E2013, não houve influência da planta hospedeira e, em todas as situações, o aumento do diâmetro da planta hospedeira refletiu num aumento da população de insetos.

O número de insetos por planta encontrados para estas espécies de planta hospedeira pode estar relacionado a características inerentes de cada espécie de inseto, ligadas as suas capacidades naturais de sobrevivência agregadas as suas necessidades fisiológicas, plantas que oferecem um maior número de oportunidades, como qualidade de alimento e abrigo, apresentarão um maior número de insetos associados (Howe & Jander, 2008). Outro fator que interfere no fluxo populacional é a capacidade de dispersão da espécie de percevejo, onde o percevejo-do-colmo tem limitada capacidade de dispersão, principalmente motivadas pelas suas características morfológicas das asas, estas em hemiólitros (Trujillo, 1970; Reay-Jones, 2010).

Ao verificar-se a população de percevejos em faixas de 15 metros, da bordadura até 150 metros, ocorreu um decréscimo do número médio de adultos.planta⁻¹ nas Lavouras 3 e 4, nas avaliações E2012 e E2013, e plantas hospedeiras *A. bicornis* e *A. lateralis*, com valores médios entre 20 a 50 adultos.planta⁻¹ na primeira faixa e 1 adulto.planta⁻¹ a 150 metros (Figura 4). Esse resultado é reflexo do fluxo populacional, concentrando-se em elevadas populações nas faixas de até 45 metros da bordadura e nas demais faixas a presença de um pequeno número de indivíduos por planta ou ausência, inflacionando com isso os valores zeros observados.

Os resultados apresentados nas figuras 3 e 4 colaboram para a determinação de estratégias de manejo preventivas para a população do percevejo-do-colmo, podendo estas, serem tomadas em faixas de 45 metros a partir da bordadura em plantas de *A. bicornis* e *A. lateralis* nos períodos de entressafra da cultura. A eliminação desses sítios interfere diretamente no fluxo populacional, refletindo num menor número de indivíduo, com capacidade de infestar as áreas de cultivo.

Goestatística. Durante a execução da pesquisa 34.514 adultos de *Tibraca limbativentris* foram quantificados, divididos em dez avaliações e 1007 unidades amostrais,

computando 3,42 adultos por unidade amostral. Nas avaliações de entressafra, o ano de 2012 apresentou maior população do que o ano de 2013. Já nas avaliações de pré-semeadura (PS) e durante o cultivo os maiores níveis populacionais foram obtidos no estágio R9 (A7) (Tabela 3), esta relacionada a elevada população encontrada nas áreas de cultivo e do movimento migratório de insetos para o entorno, na busca de novas plantas hospedeiras.

Os valores dos desvios somente nas avaliações A6 e A7 (estádios R4 e R6) não apresentaram superioridade perante a média (Figura 7) o que revela elevada variabilidade dos dados. Esta variabilidade está associada a uma grande concentração de valores zeros nas primeiras avaliações e com a dispersão dos indivíduos eles tendem a diminuir, havendo uma melhor distribuição dos valores amostrados. Nos períodos de entressafra a concentração dos indivíduos nas plantas hospedeiras e não nas áreas de cultivo são revelados pelos elevados valores de assimetria e curtose (Tabela 3). Esses valores são evidenciados a partir da confecção do gráfico box-plot (Figura 7), que apresentam em todas as avaliações o comportamento assimétrico dos dados.

Nos modelos teóricos, para todas as lavouras e avaliações, houve dependência espacial com IDE superior a 75%, indicando que esta contribui fortemente para a variabilidade dos dados, sendo realizadas as inferências por krigagem ordinária (KO) para os modelos teóricos de semivariogramas (Zimback, 2001). A partir do critério de escolha da validação cruzada (Tabela 4) foram selecionados dez modelos teóricos de semivariograma (Tabela 5). Ressalta-se que nas avaliações de entressafra os modelos coincidiram, o que pode estar relacionado a um comportamento semelhante dos dados amostrados. Nas avaliações houve a seleção de diferentes modelos de semivariogramas, concordando com a hipótese de Gundogdu e Guney (2007), onde cada conjunto de dados apresenta uma estrutura espacial diferente sendo necessário definir um modelo de semivariograma com melhor ajuste ao experimental.

A partir das estimativas dos parâmetros dos modelos teóricos de semivariogramas selecionados, identificou-se a presença de efeito pepita. Este não foi expressivo, não afetando o índice de dependência espacial (IDE) destas avaliações, revelando haver uma forte dependência espacial. O efeito pepita de um semivariograma é o valor da função na origem $[\gamma(0)]$ e representa uma descontinuidade e é causado pela variância aleatória e pode ser resultado tanto da variabilidade do fenômeno espacial em estudo como da escala de amostragem (Yamamoto & Landin, 2013). O alcance representa a distância máxima de autocorrelação espacial, representando que os pontos localizados em uma área cujo raio seja o alcance, são mais semelhantes entre si, do que os separados por distâncias maiores, representando a distância máxima de dependência espacial (Webster & Oliver, 2007). Os valores obtidos para o alcance, Tabela 5, indicam que o grid de amostragem utilizado foi adequado e suficiente para expressar a variabilidade espacial de *T. limbativentris*.

A partir da seleção do modelo teórico de semivariograma e estimação dos valores em locais não amostrados pela KO geraram-se os mapas de distribuição espacial delimitados em isolinhas de números inteiros variáveis conforme os níveis populacionais de cada avaliação. Na Entressafra 2012 (Figura 8) verificou-se a distribuição espacial da população de *Tibraca limbativentris* concentrada no entorno das áreas de cultivo. Contudo, em pré-semeadura, verificou-se que os níveis populacionais diminuem, passando a distribuir-se em menores níveis pelo entorno (Figura 8). Os mapas também revelam problemas na estimativa, superestimando valores em locais sem a presença de insetos, no caso, dentro das áreas de cultivo.

Na entressafra do arroz o *Tibraca limbativentris* possui como estratégia de sobrevivência a procura por plantas hospedeiras para se abrigarem no entorno das áreas de cultivo e permanecem em quiescência (Link & Grazia, 1987). Com o aumento da temperatura do ar, a partir de agosto, os insetos adultos deixam os abrigos onde procuram plantas

hospedeiras e copulam, característica, esta, que explica a diminuição dos níveis populacionais. Com a semeadura do arroz irrigado, verifica-se que a população de *Tibraca limbativentris* divide-se em insetos que passam a migrar para a área de cultivo e aqueles que permanecem ainda nas plantas hospedeiras (Figura 8). Nos estádios que sucedem a população de *Tibraca limbativentris* passa a aumentar gradativamente e distribuir-se em maior concentração nas bordaduras da área de cultivo (Figuras 8).

Com as demais avaliações até a R6 (Figuras 8), observou-se que a população de *Tibraca limbativentris*, embora esteja presente na lavoura, tende a se concentrar nos entornos das áreas de cultivo em maior população do que nos centros das mesmas, em regiões mais distantes das bordaduras. Essa característica se associada ao manejo integrado de insetos-praga torna-se uma informação importante a ser considerada, principalmente nos métodos de amostragem, com o uso das bordaduras das áreas de cultivo como um fator de decisão para a tomada ou não de amostras.

Verifica-se também, que a partir do grid de amostragem nos diferentes estádios de desenvolvimento, as amostragens devem ser tomadas da borda em direção ao centro da área de cultivo e, considerando o alcance, estas podem ser espaçadas a cada 30 metros, estabelecendo-se com isso, faixas de tomada de decisão e faixas de manejo (Figuras 8).

No estádio R9 estabeleceu-se o fluxo inverso dos percevejos (Figura 8), fazendo com que estes recolonizem o entorno, voltando as plantas hospedeiras antes selecionadas na entressafra de 2012 mas em menor população. Verificou-se que a escolha pelas plantas hospedeiras realizada pelos insetos foi aleatória e também apresentou uma dependência com a bordadura, sendo maior a concentração de insetos localizados em menores distâncias da borda da área de cultivo (Figura 8).

Nos mapas da distribuição espacial verificou-se similaridade nas estressafras nos locais de maior população. Com o estabelecimento da cultura, as regiões de maior população

de insetos coincidiram com as proximidades das maiores populações na entressafra (Figura 8). Esta característica é intrínseca do *Tibraca limbativentris* devido a sua reduzida habilidade de voo e agrega-se aos resultados encontrados nas Figuras 2 e 6. Desta forma os insetos procuram as plantas hospedeiras para postura o mais próximo possível de suas fontes de alimentação, conferindo elevadas populações em determinadas regiões da área de cultivo, diferentes de outras que por estarem distantes destes locais, apresentam baixos níveis populacionais.

Essas informações colaboram para o estabelecimento de medidas locais de supressão populacional dos insetos-praga, onde o conhecimento do fluxo populacional aliado a geoestatística representam para o percevejo-do-colmo um valioso conjunto de ferramentas que demonstraram o padrão de sua variabilidade espaço-temporal (Sciarretta & Trematerra, 2014). Constatado o padrão de variabilidade espacial e a respectiva dinâmica populacional, verifica-se, que ações supressivas podem ser tomadas dès da entressafra com a eliminação de plantas hospedeiras até o desenvolvimento da cultura com manejo localizado, promovendo uma quebra na dinâmica e conseqüentemente na densidade populacional. A manutenção das populações de pentatomídeos fitófagos depende da ocorrência sucessiva de plantas hospedeiras e da presença de um hibernáculo favorável (Panizzi, 1997). A quebra desta sucessão de plantas hospedeiras pode influenciar na redução da população de organismos nocivos aos cultivos.

Conclusão

A população de *Tibraca limbativentris* na entressafra é elevada no entorno e ausente nas áreas de cultivo, enquanto que durante a safra esse fluxo se inverte, a população é maior na área de cultivo e menor ou ausente nas plantas hospedeiras de entorno.

O diâmetro e a espécie de planta hospedeira influenciam a população de *Tibraca limbativentris*. Plantas com 0,10 metros e da espécie *Andropogon bicornis* possuem menores populações de percevejos.

A maior população de *Tibraca limbativentris* durante a entressafra em plantas hospedeiras de entorno se concentra até 45 metros da bordadura, sendo que os mesmos dispersam-se até 150 metros da bordadura.

A população de *Tibraca limbativentris* apresenta elevada dependência espacial.

A infestação do *Tibraca limbativentris* em áreas de cultivo e seus respectivos níveis populacionais apresentam forte dependência com as plantas de entorno da área.

Referências

AWUNI, G.A.; GORE, J.; COOK, D.; MUSSER, F.; BOND, J. Seasonal abundance and phenology of *Oebalus pugnax* (Hemiptera: Pentatomidae) on graminaceous hosts in the delta region of mississippi. **Environmental Entomology**, v. 44, n. 4, p. 931-938, 2015. DOI: 10.1093/ee/nvv093.

BOLDRINI, I. A flora dos Camposdo Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. p. 63-77.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.

DENNIS, P.; THOMAS, M.B.; SOTHERTON, N.W. Structural features of field boundaries which influence the overwintering densities of beneficial arthropod predators. **Journal Applied Ecology**, v. 31, n. 1, p. 361-370, 1994. DOI: 10.2307/2404550.

DUAN, J. J.;BAUER, L.S.; ABELL, K.J.; ULYSHEN, M.D.; VAN DRIESCHE, R.G. Population dynamics of an invasive forest insect and associated natural enemies in the

aftermath of invasion: implications for biological control. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 5, p. 1246-1254, 2015. DOI: 10.1111/1365-2664.12485.

DUARTE, F.; CALVO, M.V.; BORGES, A.; SCATONI, I.B. Geostatistics and geographic information systems to study the spatial distribution of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in peach fields. **Neotropical Entomology**, v. 44, n. 4, p. 319-327, 2015. DOI: 10.1007/s13744-015-0288-3.

FERREIRA, E.; ZIMMERMANN, F.J.P.; DOS SANTOS, A.B.; NEVES, B.P. **O percevejo-do-colmo na cultura do arroz**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1997, 43p.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G.A; STRECK, N.A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, p. 43-53, 2009.

HOWE, G.A.; JANDER, G. Plant Immunity to insect herbivores. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 41-66, 2008. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092825.

JOHNSON, K; VER HOEF, J.M.; KRIVORUCHKO, K.; LUCAS, N. **ArcGIS 9: using ArcGIS geostatistical analyst**. Redlands: ESRI, 2001. 306p.

KLEIN, J. T.; REDAELLI, L. R.; BARCELLOS, A. Occurrence of diapause and the role of *Andropogon bicornis* (Poaceae) tussocks on the seasonal abundance and mortality of *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Florida Entomologist**, v. 95, n. 4, 813-818, 2012. DOI: 10.1653/024.095.0401.

KRINSKI, D.; FOERSTER, L.A. Damage by *Tibraca limbativentris* Stål (Pentatomidae) to upland rice cultivated in Amazon Rainforest Region (Brazil) at different growth stages. **Neotropical Entomology**, n. 1, p. 1-8, 2016. DOI: 10.1007/s13744-016-0435-5.

MEDEIROS, L.; MEDIER, G.A. Ocorrência e desempenho de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) em plantas hospedeiras alternativas no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 4, p. 459-463, 2009. DOI: 10.1590/S1519-566X2009000400003.

MELO MACHADO, R.C.; SANT'ANA, J.; BLASSIOLI-MORAES, M.C.; LAUMANN, R.A.; BORGES, M. Herbivory-induced plant volatiles from *Oryza sativa* and their influence on chemotaxis behaviour of *Tibraca limbativentris* stal. (Hemiptera: Pentatomidae) and egg parasitoids. **Bulletin of Entomological Research**, v. 104, n. 3, p. 347–356. 2014. DOI: 10.1017/S0007485314000133.

NGUYEN-NGOC, D; NGUYEN-HUU, T; AUGER, P. Effects of fast density dependent dispersal on pre-emptive competition dynamics. **Ecological Complexity**, v. 10, n. 1, p. 26-33, 2012. DOI: 10.1016/j.ecocom.2011.12.003.

PANIZZI, A.R. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the US and potential neotropical invaders. **American Entomologist**, v. 61, n. 4, p. 223-233, 2015. DOI: 10.1093/ae/tmv068.

PAZINI, J.B.; BOTTA, R.A.; SEIDEL, E.J.; DA SILVA, F.F.; MARTINS, J.F.S.; BARRIGOSI, J. A.F.; RÜBENICH, R. Geostatistics applied to the study of the spatial distribution of *Tibraca limbativentris* in flooded rice fields. **Ciencia Rural**, v. 45, n. 6, p. 1006-1012, 2015. DOI: 10.1590/0103-84.

REAY-JONES, F.P.F. Spatial and temporal patterns of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. **Environmental Entomology**, v. 39, n. 3, p. 944-955, 2010. DOI: 10.1603/EN09274.

ROSADO, J.F.; PICANÇO, M.C.; SARMENTO, R.A.; PEREIRA, R.M.; PEDRO-NETO, M.; GALDINO, T.V.S.; SARAIVA, A.S.; ERASMO, E.A.L. Geostatistics as a tool to study mite dispersion in physic nut plantations. **Bulletin of Entomological Research**, v. 105, n. 4, p. 381-389, 2015. DOI: 10.1017/S0007485315000310.

SCIARRETTA, A.; TREMATERRA, P. Geostatistical tools for the study of insect spatial distribution: practical implications in the integrated management of orchard and vineyard pests. **Plant Protection Science**, v. 50, n. 2, p. 97-110, 2014. DOI: 10.1093/jee/82.5.1277.

- SMANIOTTO, L.F.; PANIZZI, A.R. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 1, p. 7-17, 2015. DOI: 10.1653/024.098.0103.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (Sosbai). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre: Sosbai, 2014.
- TRUJILLO, M.R. **Contribuição ao conhecimento do dano e biologia de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera- Pentatomidae) praga da cultura do arroz.** Piracicaba: USP-ESALQ, 1970. 63p. Tese mestrado.
- WEBSTER, R.; OLIVER, M.A. **Geostatistics for environmental scientists** (Second Edition). John Wiley. & Sons, Ltd., 2007. 315p.
- YAMAMOTO J.K; LANDIM P.M.B. **Geoestatística: conceitos e aplicações.** São Paulo: Oficina de textos, 2013, 215p.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science.** Manila: IRRI, 1981. 269p.
- ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solo para o mapeamento da fertilidade do solo.** Botucatu, UNESP, 2001. 114p. (Tese - Livre Docência).

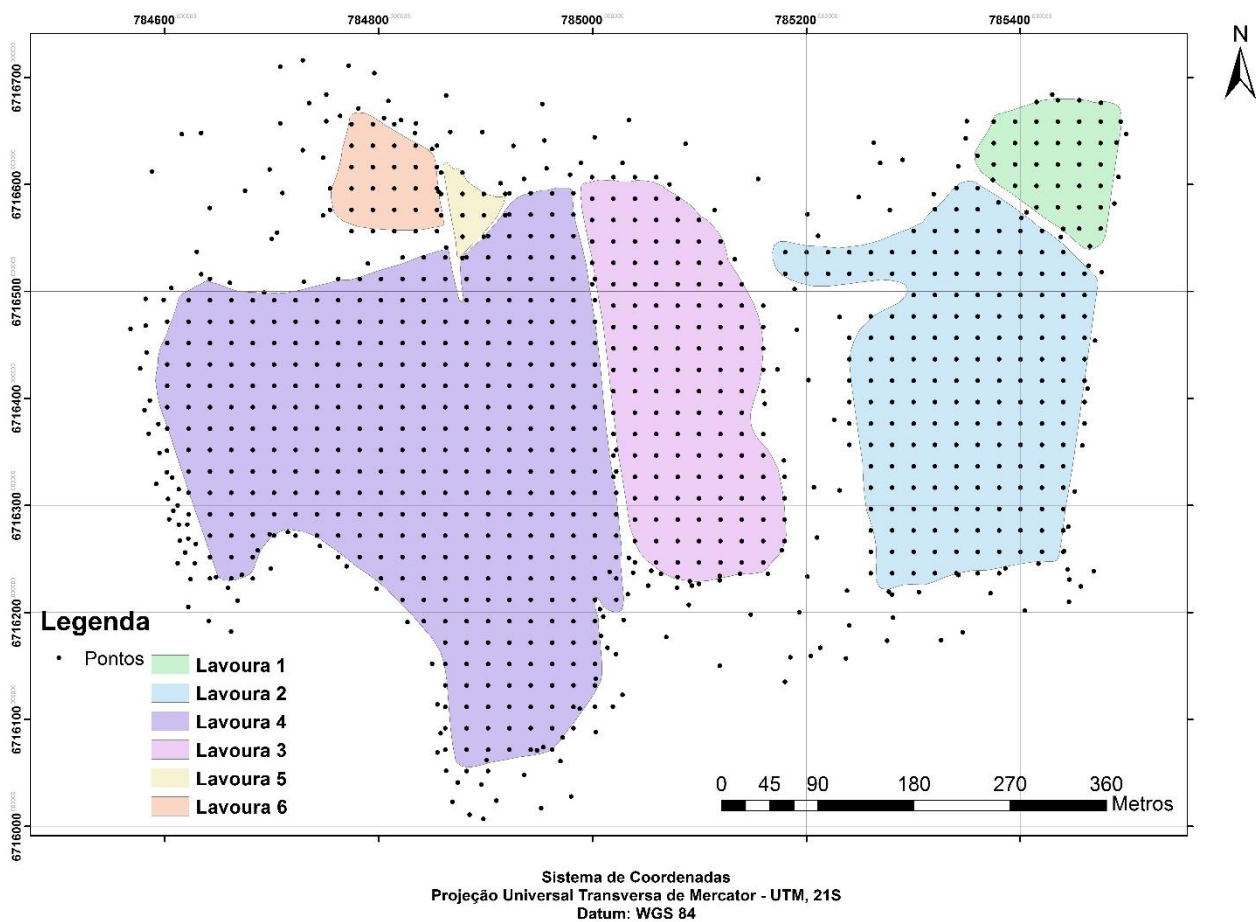


Figura 1. Área de estudo subdividida em seis lavouras com os respectivos pontos de amostragem sob cultivo do arroz irrigado, pontos fora dos limites das lavouras são plantas hospedeiras, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

Lavoura 1 (área 1,3 ha; perímetro 459 m), Lavoura 2 (área 6,92 ha; perímetro 1252 m), Lavoura 3 (área 4,91 ha; perímetro 963 m), Lavoura 4 (área 14,11 ha; perímetro 1819 m), Lavoura 5 (área 0,25 ha; perímetro 233 m) e Lavoura 6 (área 0,86 ha; perímetro 356 m).

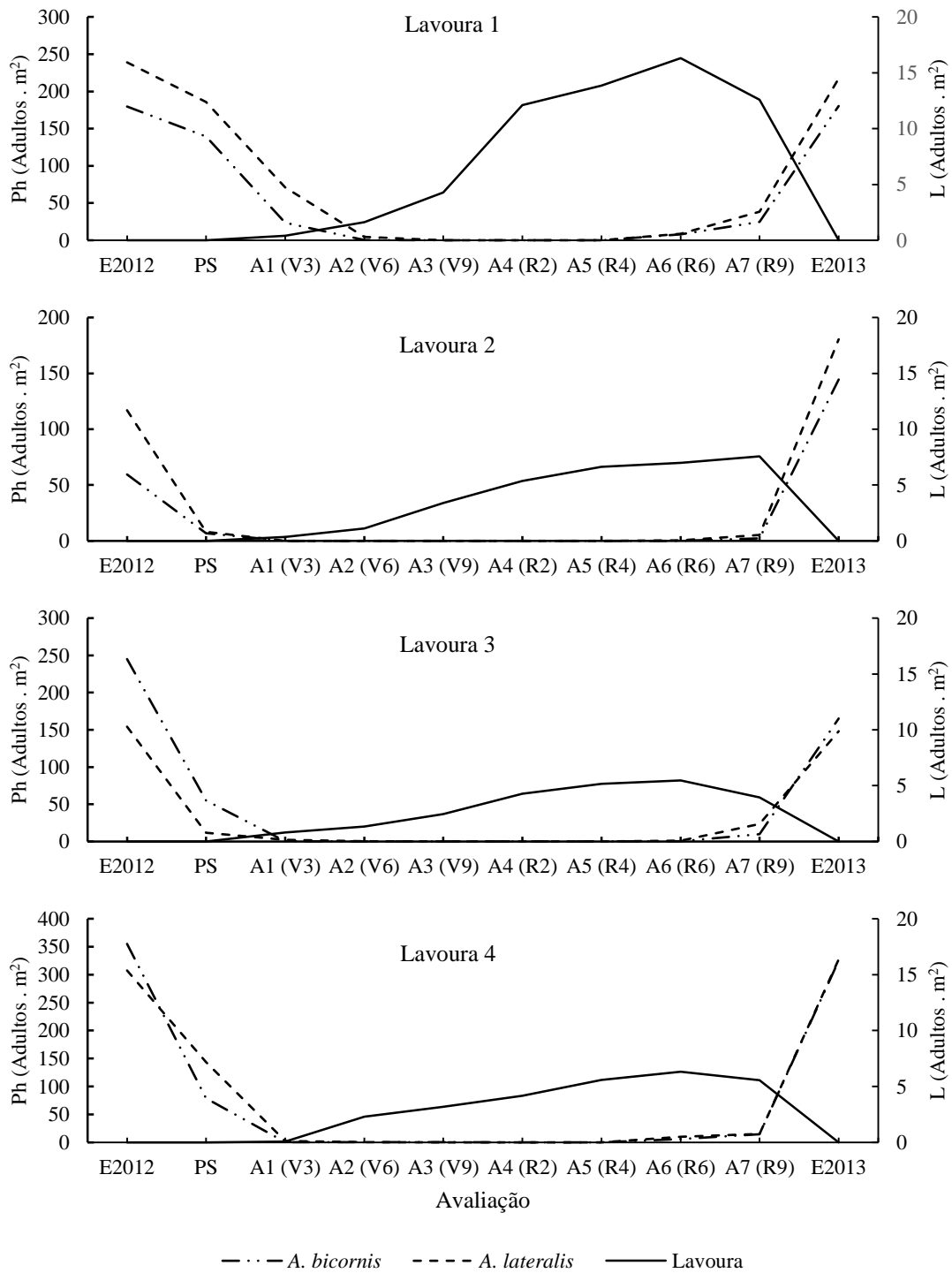


Figura 2. Fluxo populacional de *Tibraca limbativentris* em áreas de cultivo de arroz irrigado e entorno. Amostrados nas avaliações em plantas hospedeiras (Ph) *Andropogon bicornis* e *Andropogon lateralis* no entorno e em plantas de arroz nas lavouras (L) de arroz irrigado. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13.

E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; A1 – A7: Avaliações 1 a 7; E2013: Entressafra 2013. Valores obtidos em unidade experimental de planta hospedeira foram transformados pela função $f(x) = x/0,1965$.

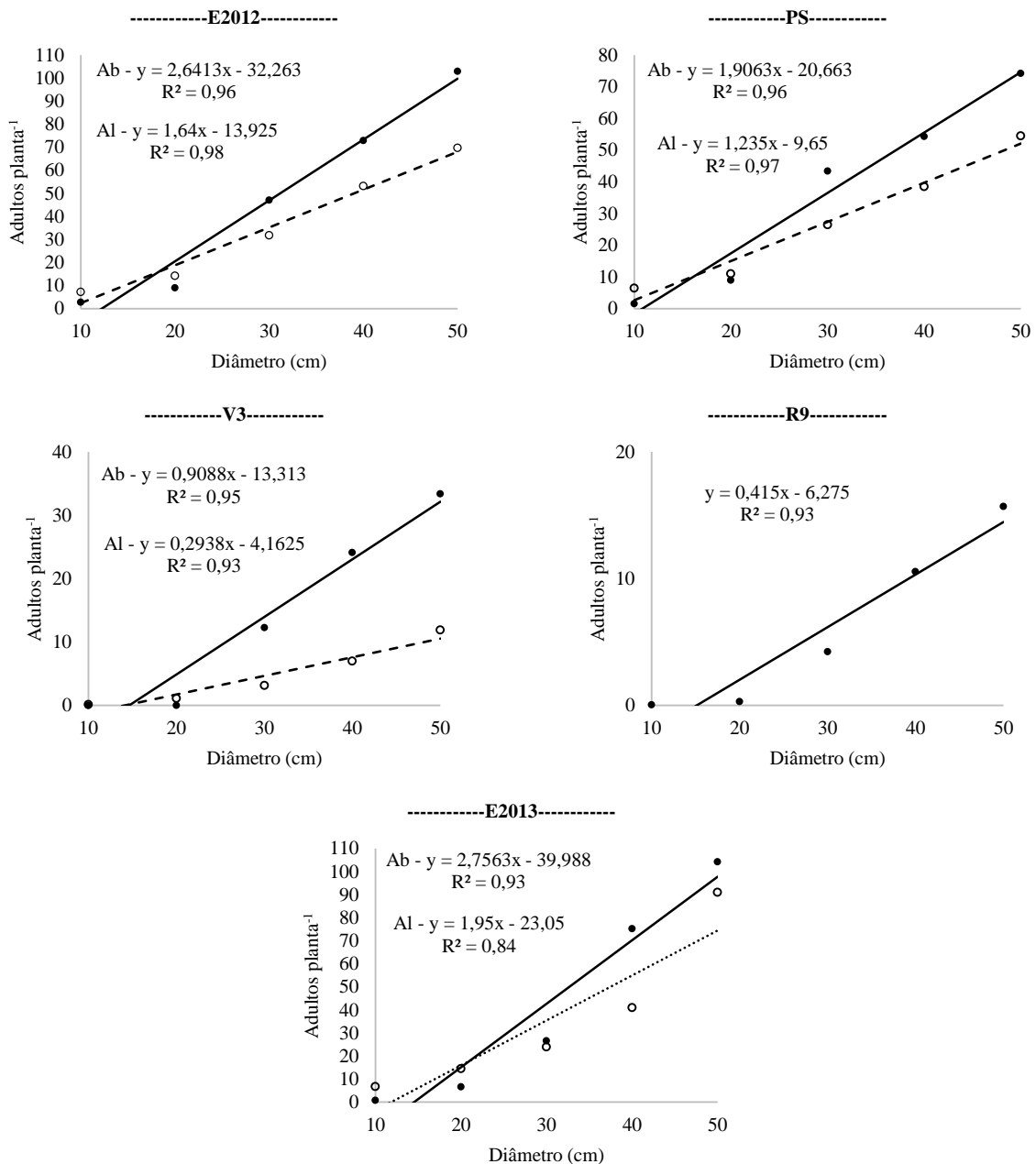


Figura 3. Número médio de *Tibraca limbativentris* ocorrentes em *Andropogon bicornis* (Ab) e *Andropogon lateralis* (Al) localizadas no entorno da Lavoura 1. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13.

E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; Estádio V3 (V3) e Estádio R9 (R9) (Counce et al., 2000); E2013: Entressafra 2013. *Linha contínua e círculo hachurado indica *Andropogon bicornis*, linha pontilhada com círculo indica *Andropogon lateralis*.

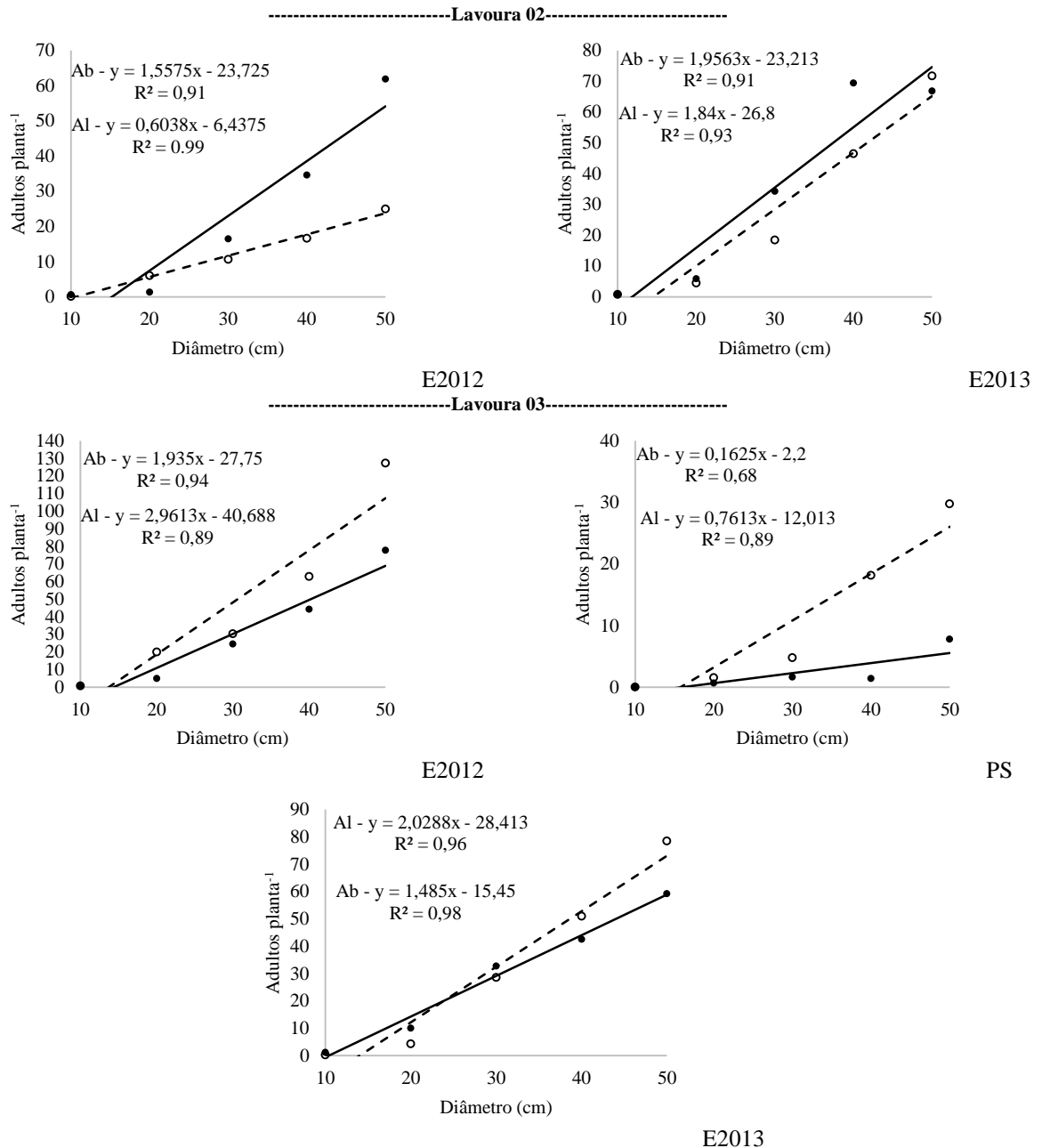


Figura 4. Número médio de *Tibraca limbativentris* ocorrentes em *Andropogon bicornis* (Ab) e *Andropogon lateralis* (Al) localizadas no entorno das Lavouras 2 e 3. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13.

E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; E2013: Entressafra 2013. *Linha contínua e círculo hachurado indica *Andropogon bicornis*, linha pontilhada com círculo indica *Andropogon lateralis*.

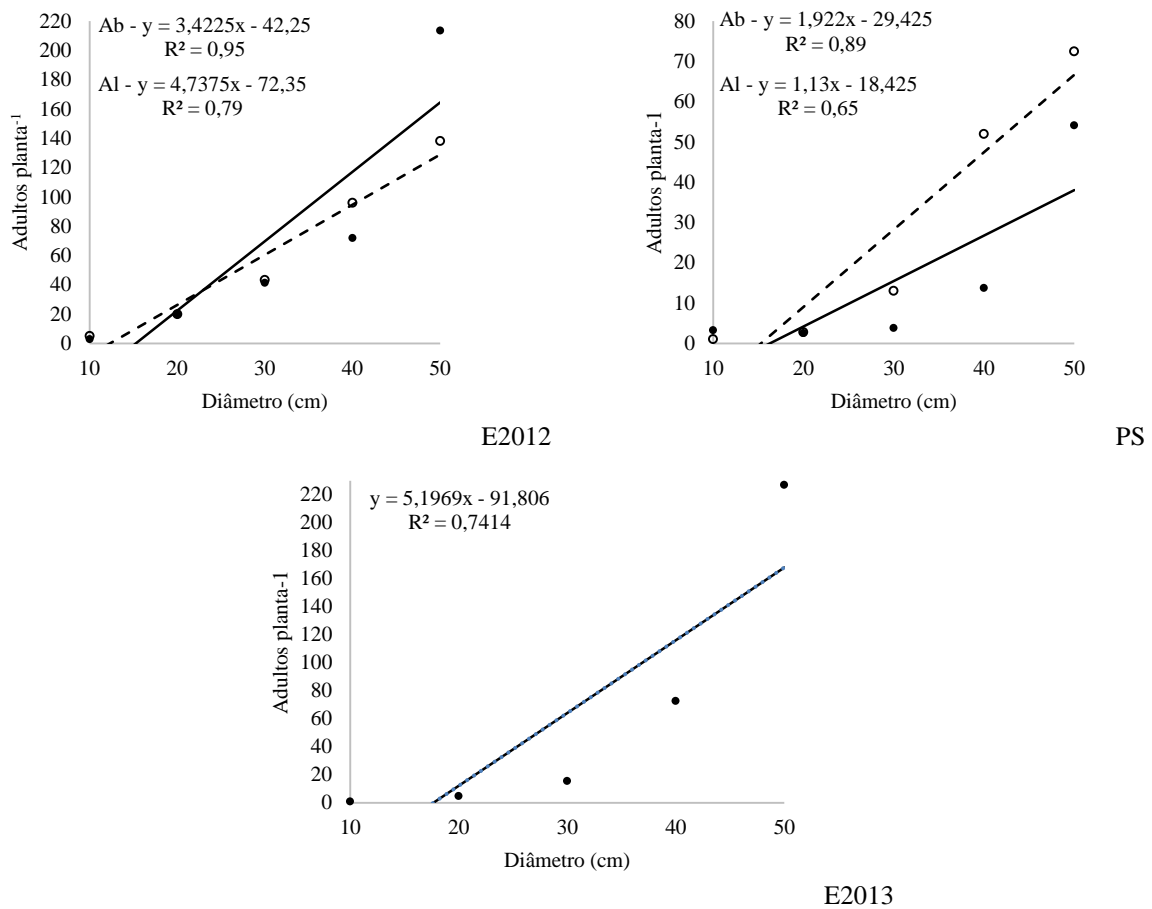


Figura 5. Número médio de *Tibraca limbativentris* ocorrentes em *Andropogon bicornis* (Ab) e *Andropogon lateralis* (Al) localizadas no entorno da Lavoura 4. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13.

E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; E2013: Entressafra 2013. *Linha contínua e círculo hachurado indica *Andropogon bicornis*, linha pontilhada com círculo indica *Andropogon lateralis*.

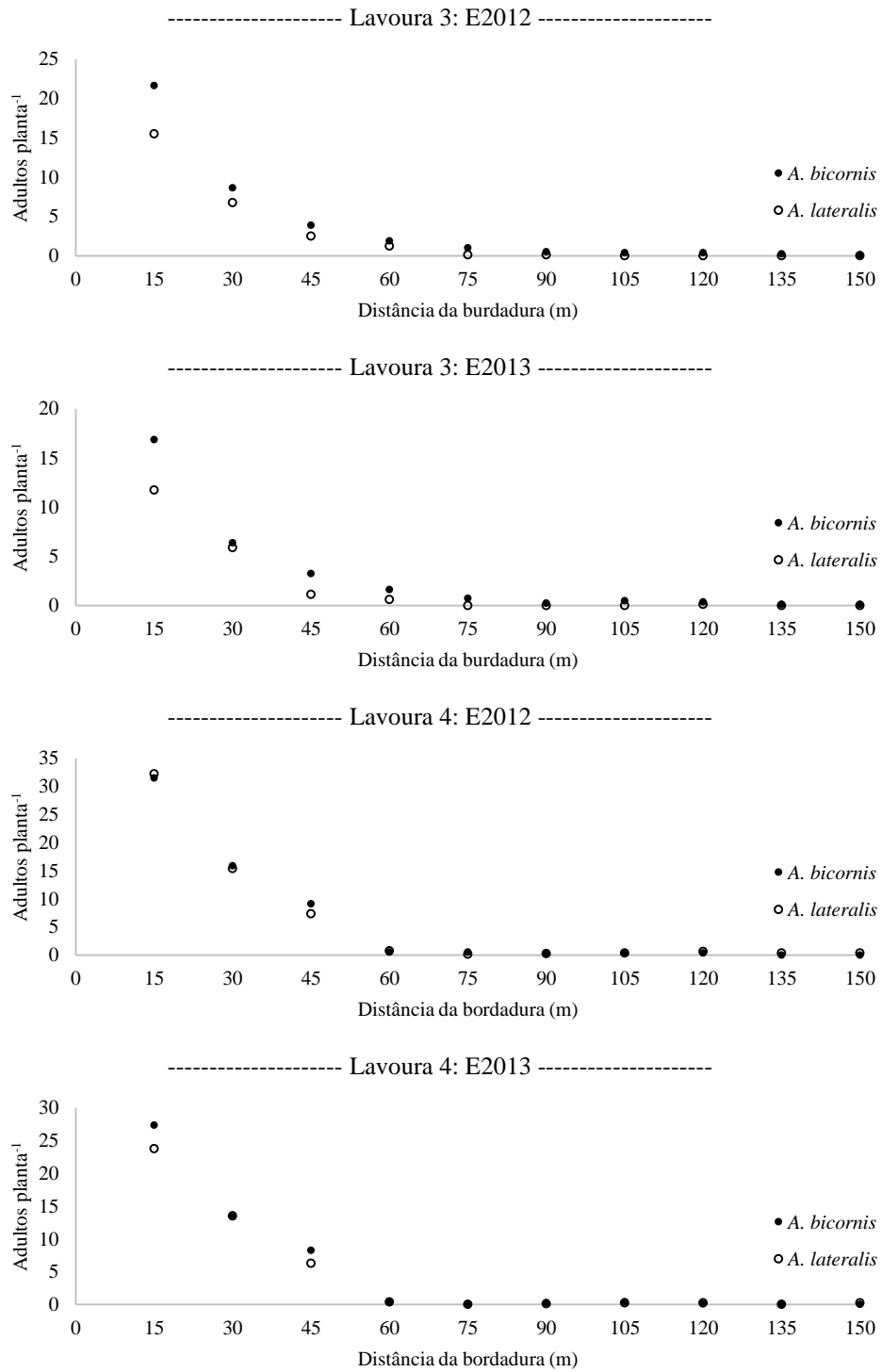


Figura 6. Número médio de *Tibraca limbativentris* ocorrentes em *Andropogon bicornis* e *Andropogon lateralis* localizadas a partir da bordadura das Lavouras 3 e 4. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13. E2012: Entressafra 2012 e E2013: Entressafra 2013.

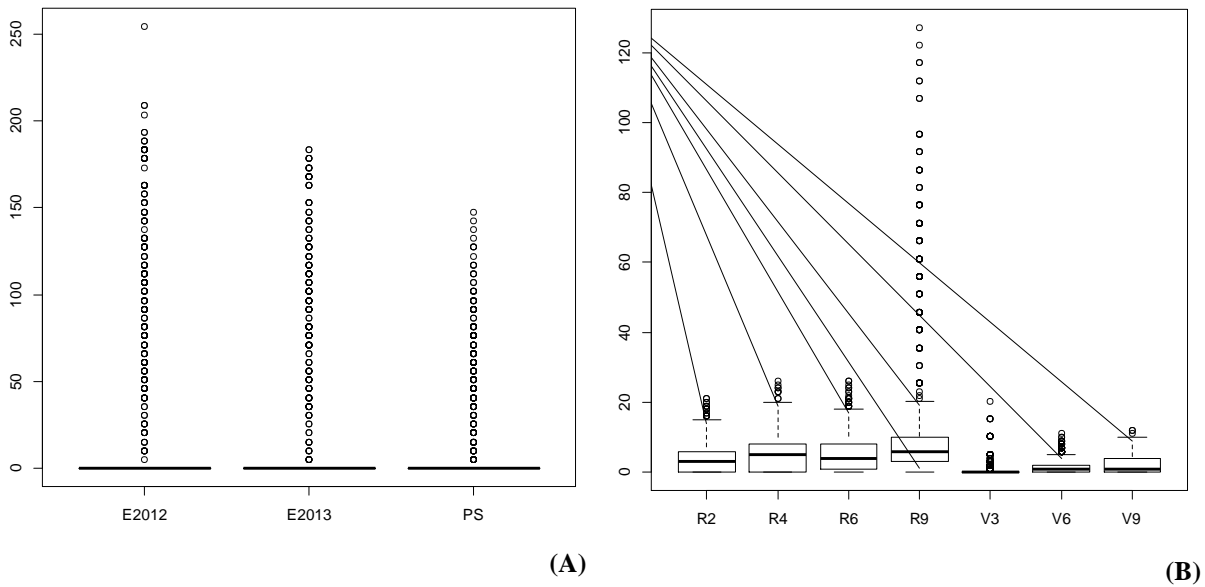


Figura 7. Gráficos box-plot do número de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) amostrados por m² em diferentes avaliações (A) e estádios (B). Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13, Entressafra 2012 e 2013.

E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; estágio V3 (V3); estágio V6 (V6); estágio V9 (V9); estágio R2 (R2); estágio R4 (R4); estágio R6 (R6); estágio R9 (R9) (Counce, et al., 2000); E2: Entressafra 2013.

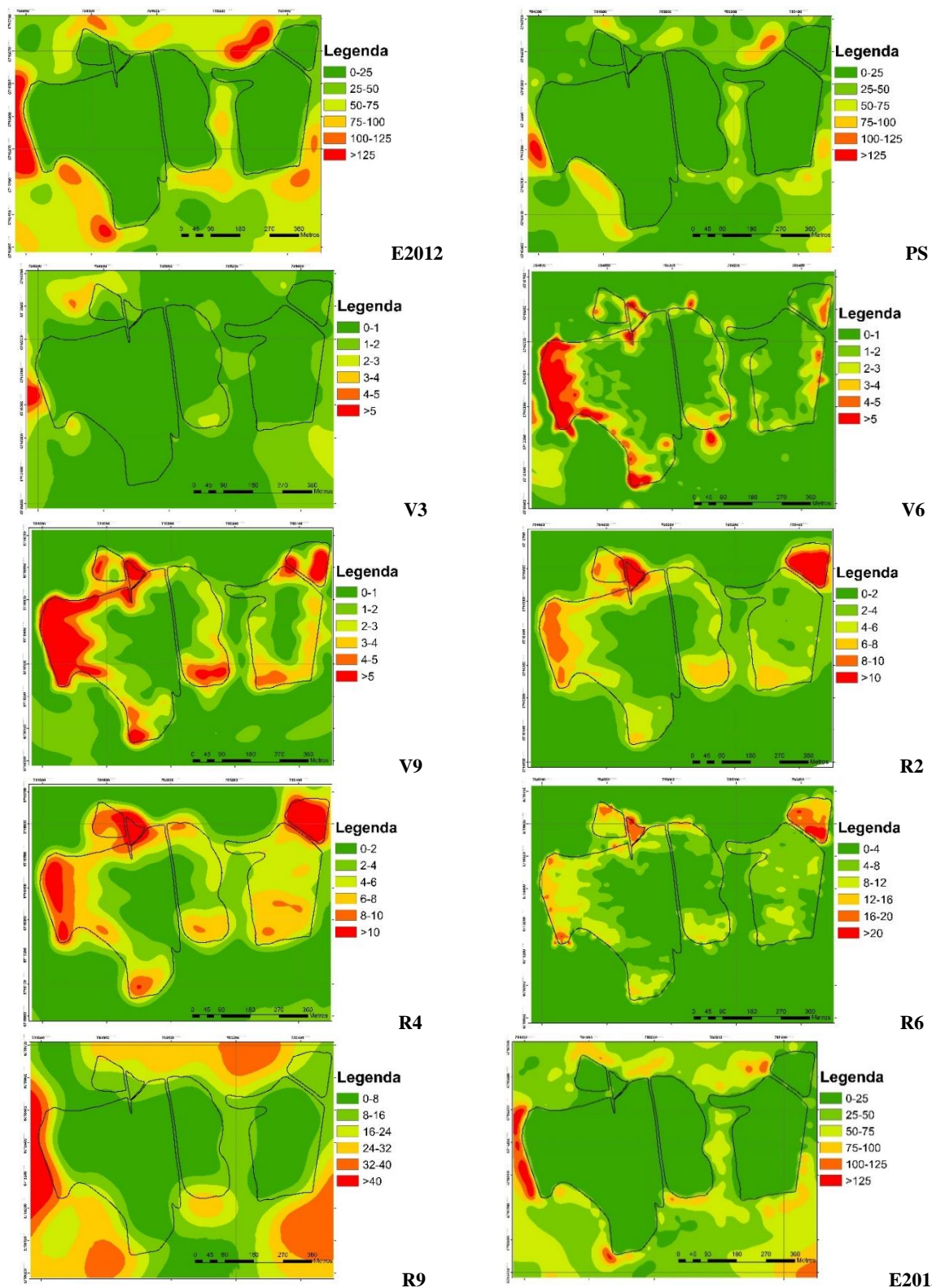


Figura 8. Mapa da distribuição espacial de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) por m² em diferentes avaliações. Santa Maria, Brasil.

E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; estágio V3 (V3); estágio V6 (V6); estágio V9 (V9); estágio R2 (R2); estágio R4 (R4); estágio R6 (R6); estágio R9 (R9) (Counce, et al., 2000); E2: Entressafra 2013.

Tabela 1. Estatísticas descritivas do número de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) por unidade experimental amostrados nas avaliações em lavouras de arroz irrigado. Safra 2012/13.

	Avaliação/Estádio*						
	V3	V6	V9	R2	R4	R6	R9
	----- Lavoura 1 -----						
Média	0,41	1,62	4,28	12,1	13,85	16,31	12,59
Desvio padrão	0,64	1,63	3,19	4,94	3,52	4,32	3,31
Mínimo	0	0	0	2	7	8	6
Máximo	2	5	12	21	19	26	19
Soma	16	63	167	472	540	636	491
Soma Lavoura	2.385						
	----- Lavoura 2 -----						
Média	0,34	1,1	3,39	3,75	6,62	6,99	7,56
Desvio padrão	0,67	1,19	3,11	3,99	4,21	4,55	4,95
Mínimo	0	0	0	0	2	1	0
Máximo	3	6	6	10	11	11	9
Soma	65	213	651	1032	1272	1343	1453
Soma Lavoura	6.029						
	----- Lavoura 3 -----						
Média	0,8	1,34	2,44	4,27	5,17	5,48	3,95
Desvio padrão	1,08	1,5	1,93	2,85	3,25	3,74	2,89
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	5	7	8	12	13	15	10
Soma	114	192	349	610	739	783	565
Soma Lavoura	3.352						
	----- Lavoura 4 -----						
Média	0,08	2,29	3,18	4,17	5,57	6,31	5,55
Desvio padrão	0,41	2,46	2,88	3,54	4,37	4,87	3,97
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	4	11	12	18	24	26	23
Soma	31	881	1224	1606	2146	2429	2137
Soma Lavoura	10.454						

*E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; estágio V3 (V3); estágio V6 (V6); estágio V9 (V9); estágio R2 (R2); estágio R4 (R4); estágio R6 (R6); estágio R9 (R9) (Counce, et al., 2000); E2: Entressafra 2013.

Tabela 2. Estatísticas descritivas do número de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) por unidade experimental amostrados nas avaliações em *Andropogon bicornis* e *Andropogon lateralis* localizados no entorno das áreas de cultivo. Safra 2012/13.

Estatística	Avaliação/Estádio*									
	E12	PS	V3	V6	V9	R2	R4	R6	R9	E13
<i>Andropogon bicornis</i>										
----- Lavoura 1 -----										
Média	35,3	27,4	4,7	0,1	0	0	0	1,6	4,8	35,5
Desvio padrão	24,6	19,3	4,7	0,5	0	0	0	2,5	6,8	31,8
Mínimo	5	5	0	0	0	0	0	0	0	2
Máximo	87	66	16	3	0	0	0	10	23	112
Soma	1.411	1.096	186	3	0	0	0	63	193	1.418
Soma Lavoura	4.370									
----- Lavoura 2 -----										
Média	11,7	1,4	0	0	0	0	0	0	0,4	28,4
Desvio padrão	10,4	2,6	0	0	0	0	0	0	1,3	29,9
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	39	12	0	0	0	0	0	0	7	100
Soma	467	54	0	0	0	0	0	0	17	1.136
Soma Lavoura	1.674									
----- Lavoura 3 -----										
Média	48,2	10,8	0,1	0	0	0	0	0,1	2,0	32,5
Desvio padrão	48,9	13,0	0,2	0	0	0	0	0,3	3,8	31,1
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	206	41	1	0	0	0	0	1	16	94
Soma	1.926	433	2	0	0	0	0	3	78	1.298
Soma Lavoura	3.740									
----- Lavoura 4 -----										
Média	69,8	15,5	0,1	0,1	0,1	0	0	1,1	2,8	63,9
Desvio padrão	90,7	25,0	0,8	0,8	0,3	0	0	2,3	3,2	91,8
Mínimo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	422	112	5	5	2	0	0	11	11	330
Soma	2.791	619	5	5	2	0	0	45	113	2.555
Soma Lavoura	6.135									
<i>Andropogon lateralis</i>										
----- Lavoura 1 -----										
Média	47,0	36,5	14,0	0,9	0	0	0	1,7	7,5	42,7
Desvio padrão	39,2	29,0	14,5	1,5	0	0	0	3,6	9,3	43,4
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	126	85	44	6	0	0	0	18	41	149
Soma	1.879	1.461	558	37	0	0	0	67	301	1708
Soma Lavoura	6.011									
----- Lavoura 2 -----										
Média	23,0	1,6	0	0	0	0	0	0,1	1,0	35,5
Desvio padrão	25,6	4,1	0	0	0	0	0	0,5	2,2	31,4
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	85	20	0	0	0	0	0	3	8	93
Soma	920	63	0	0	0	0	0	3	41	1419
Soma Lavoura	2.449									
----- Lavoura 3 -----										
Média	30,3	2,3	0,4	0,1	0	0	0	0,2	4,6	29,1
Desvio padrão	30,3	6,2	2,4	0,3	0	0	0	0,9	10,7	25,1
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	110	36	15	2	0	0	0	5	56	88
Soma	1.212	91	16	2	0	0	0	9	185	1164
Soma Lavoura	2.679									
----- Lavoura 4 -----										
Média	60,4	28,3	0,5	0,1	0	0	0	1,9	3,0	64,3
Desvio padrão	52,4	32,1	1,6	0,2	0	0	0	3,2	7,2	98,4
Mínimo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	169	87	9	1	0	0	0	10	33	401
Soma	2.417	1.130	19	2	0	0	0	77	119	2573
Soma Lavoura	6.337									

*E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; estágio V3 (V3); estágio V6 (V6); estágio V9 (V9); estágio R2 (R2); estágio R4 (R4); estágio R6 (R6); estágio R9 (R9) (Counce, et al., 2000); E2: Entressafra 2013.

Tabela 3. Estatísticas descritivas do número de adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) por m² amostrados nas avaliações em lavouras e entorno de arroz irrigado. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Safra 2012/13, Entressafra 2012 e 2013.

Estatística	Avaliações/Estádio*									
	E12	PS	V3	V6	V9	R2	R4	R6	R9	E13
Média	20,57	10,63	0,59	1,43	2,36	3,81	5,12	5,53	11,94	18,76
Mediana	0	0	0	1	1	3	5	4	6	0
Desvio padrão	46,57	26,47	1,85	1,97	2,55	4,04	4,78	5,23	19,89	42,30
Curtose	4,30	6,38	36,21	2,86	0,41	2,18	1,25	0,84	9,25	3,92
Assimetria	2,29	2,64	5,39	1,73	1,06	1,41	1,04	1,04	3,00	2,24
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	254	148	20	11	12	21	26	26	127	183
Soma	20814	10758	602	1450	2386	3858	5181	5592	12086	18987
Contagem	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007

*E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; estádio V3 (V3); estádio V6 (V6); estádio V9 (V9); estádio R2 (R2); estádio R4 (R4); estádio R6 (R6); estádio R9 (R9) (Counce, et al., 2000); E2: Entressafra 2013.

Tabela 4. Valitação cruzada: Média dos erros (\bar{E}); Raiz Quadrada Média dos Erros ($RQME$); Raiz Quadrada Média do Erro Padronizada ($RQMEP$) (notas atribuídas) a partir da krigagem ordinária para modelos de semivariogramas nas avaliações.

Indicador	C	E	T	P	Ex	G	RQ	SC	KB	JB	Es
----- Entressafra 2012 -----											
\bar{E}	-0,034(1)	-0,033(2)	-0,0031(3)	-0,026(4)	0,018(9)	-0,007(10)	-0,005(11)	-0,019(8)	-0,022(7)	-0,0023(6)	-0,024(5)
$RQME$	0,311(9)	0,430(7)	0,555(6)	0,633(5)	0,871(4)	0,310(10)	0,221(11)	1,329(1)	0,417(8)	0,948(3)	0,990(2)
$RQMEP$	0,728(2)	0,946(9)	0,947(10)	0,945(8)	0,930(7)	0,913(6)	0,984(11)	0,711(1)	0,900(5)	0,855(4)	1,184(3)
Σ	12	18	19	17	18	33	33	10	20	13	10
----- Pré-semeadura 2012 -----											
\bar{E}	-0,091(1)	0,088(2)	0,051(5)	-0,022(8)	0,021(9)	0,020(10)	-0,016(11)	-0,071(3)	-0,033(7)	-0,042(6)	-0,063(4)
$RQME$	2,344(1)	2,106(2)	1,909(5)	1,342(8)	1,003(9)	0,899(10)	0,677(11)	2,117(3)	1,769(7)	1,805(6)	1,964(4)
$RQMEP$	0,984(8)	1,021(7)	1,209(2)	1,121(3)	1,074(4)	0,997(11)	1,004(10)	1,819(1)	1,111(6)	0,992(9)	1,112(5)
Σ	10	11	12	19	22	31	32	7	20	21	13
----- Avaliação 01 -----											
\bar{E}	0,149(5)	0,257(1)	0,240(3)	0,248(2)	0,130(7)	0,037(11)	0,123(9)	0,148(4)	0,137(6)	0,125(8)	0,100(10)
$RQME$	2,646(7)	2,787(3)	2,739(5)	2,777(4)	3,537(1)	1,022(11)	2,643(8)	3,537(1)	2,714(6)	2,495(10)	2,640(9)
$RQMEP$	0,920(6)	1,049(7)	1,046(8)	1,936(1)	0,775(4)	1,001(11)	0,758(3)	1,936(1)	0,981(9)	0,805(5)	1,017(10)
Σ	18	11	16	7	12	33	20	6	21	23	29
----- Avaliação 02 -----											
\bar{E}	-0,150(1)	-0,051(5)	-0,047(6)	-0,041(7)	-0,014(10)	-0,105(3)	-0,008(11)	-0,138(2)	-0,031(8)	-0,028(9)	-0,105(3)
$RQME$	1,787(11)	1,943(6)	1,994(5)	2,002(4)	2,097(2)	1,931(7)	2,241(1)	1,819(10)	1,862(9)	2,019(3)	1,931(7)
$RQMEP$	0,963(9)	1,060(7)	1,061(6)	1,051(8)	0,924(5)	1,375(2)	0,995(10)	1,766(1)	1,002(11)	1,315(4)	1,375(2)
Σ	21	18	17	19	17	12	22	13	28	16	12
----- Avaliação 03 -----											
\bar{E}	0,072(4)	0,050(10)	0,052(9)	0,053(8)	0,054(7)	0,117(1)	0,077(3)	0,094(2)	0,048(11)	0,065(6)	0,066(5)
$RQME$	1,798(11)	1,872(6)	1,849(7)	1,843(8)	1,873(5)	2,134(2)	1,814(10)	2,155(1)	1,822(9)	1,904(3)	1,884(4)
$RQMEP$	0,757(3)	0,863(8)	0,839(6)	0,836(5)	0,802(4)	2,731(1)	0,848(7)	1,766(2)	0,924(10)	0,957(11)	1,088(9)
Σ	18	24	22	21	16	4	20	5	30	20	18
----- Avaliação 04 -----											
\bar{E}	0,188(9)	0,212(4)	0,223(2)	0,192(8)	0,141(11)	0,194(6)	0,223(3)	0,357(1)	0,187(10)	0,204(5)	0,193(7)
$RQME$	2,875(6)	2,824(9)	2,801(11)	2,825(8)	2,843(7)	2,887(3)	2,884(2)	3,199(1)	2,820(10)	2,951(4)	2,884(5)
$RQMEP$	0,963(8)	0,884(7)	0,835(4)	0,842(5)	0,826(3)	1,031(9)	0,781(2)	1,358(1)	1,028(10)	1,147(6)	1,023(11)
Σ	23	20	17	21	21	18	7	3	30	15	23
----- Avaliação 05 -----											
\bar{E}	-0,027(6)	-0,030(3)	-0,029(5)	-0,031(2)	-0,046(1)	-0,001(10)	-0,012(8)	-0,030(4)	0,000(11)	-0,012(7)	-0,002(9)
$RQME$	2,401(7)	2,416(6)	2,432(5)	2,446(4)	2,544(2)	2,399(8)	2,457(3)	2,610(1)	2,387(11)	2,387(11)	2,389(9)
$RQMEP$	0,939(7)	0,878(5)	0,873(4)	0,844(2)	0,852(3)	1,048(8)	0,883(6)	0,967(11)	0,962(9)	0,819(1)	0,964(10)
Σ	20	14	14	8	6	26	17	16	31	19	28
----- Avaliação 06 -----											
\bar{E}	0,086(3)	0,075(4)	0,071(5)	0,064(7)	0,052(10)	0,070(6)	0,064(8)	0,225(1)	0,049(11)	0,124(2)	0,062(9)
$RQME$	3,579(9)	3,640(7)	3,735(6)	3,840(4)	3,604(8)	3,429(11)	3,845(3)	6,607(1)	3,567(10)	4,613(2)	3,839(5)
$RQMEP$	1,124(9)	1,152(6)	1,192(5)	1,235(4)	1,026(10)	1,519(3)	1,126(8)	12,069(1)	1,020(11)	1,655(2)	1,142(7)
Σ	21	17	16	15	28	18	19	3	32	6	21
----- Avaliação 07 -----											
\bar{E}	-0,050(7)	-0,048(8)	-0,128(4)	-0,047(9)	-0,041(10)	-0,121(5)	-0,029(11)	-0,216(2)	-0,077(6)	-0,269(1)	-0,129(3)
$RQME$	2,326(8)	2,322(10)	2,341(6)	2,324(9)	2,336(7)	2,826(2)	2,179(11)	2,687(3)	2,569(5)	3,304(1)	2,579(4)
$RQMEP$	1,167(6)	1,052(7)	1,497(4)	0,988(10)	0,963(8)	1,483(5)	0,967(9)	1,981(2)	0,994(11)	10,142(1)	1,509(3)
Σ	21	25	14	28	25	12	31	7	22	3	10
----- Entressafra 2013 -----											
\bar{E}	0,029(6)	0,018(8)	0,015(9)	0,011(10)	0,000(11)	-0,081(4)	-0,023(7)	-0,096(2)	-0,085(3)	-0,136(1)	-0,080(5)
$RQME$	2,320(4)	2,317(5)	2,315(6)	2,314(7)	2,366(1)	2,199(9)	2,138(11)	3,301(3)	2,326(2)	2,161(10)	2,218(8)
$RQMEP$	2,281(4)	2,278(5)	2,277(6)	2,275(7)	2,326(1)	2,163(9)	2,104(11)	3,247(3)	2,287(2)	2,129(10)	2,182(8)
Σ	10	18	21	24	13	22	29	8	25	21	21

¹Circular (C), Esférico (E), Tetraesférico (T), Pentaesférico (P), Exponencial (Ex), Gaussiano (G), Quadrático Racional (QR), Seno Cardinal (SC), J-Bessel (JB), K-Bessel (KB), Estável (Es).

Tabela 5. Efeito pepita (C_0), variável estrutural (C_1), alcance (a), função gamma (Γ) e índice de dependência espacial (IDE) estimados para os modelos teóricos de semivariogramas nas diferentes avaliações Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Avaliação*	Modelo	C_0	C_1	a	Γ	IDE
E2012	Racional Quadrático	405,61	1260,3	144,12		75,67
PS	Racional Quadrático	80,31	10,21	190,63		35,12
V3	Gaussiano	1,06	5,67	785,14		83,87
V6	K-Bessel	0,54	3,74	664,88	0,15	87,30
V9	K-Bessel	1,01	6,28	483,07	0,20	86,16
R2	K-Bessel	3,16	12,44	335,39	0,15	79,72
R4	K-Bessel	5,18	25,02	1183,10	0,19	82,86
R6	K-Bessel	6,89	27,19	1183,10	0,31	83,33
R9	Racional Quadrático	84,33	312,03	361,07		78,79
E2013	Racional Quadrático	303,19	1101,12	116,28		78,41

*E2012: Entressafra 2012; PS: Pré-semeadura; estádio V3 (V3); estádio V6 (V6); estádio V9 (V9); estádio R2 (R2); estádio R4 (R4); estádio R6 (R6); estádio R9 (R9) (Counce, et al., 2000); E2013: Entressafra 2013.

4. ARTIGO II.

Distribuição e amostragem sequencial de *Tibraca limbativentris*

Tibraca limbativentris temporal space distribution

RESUMO

A dispersão espacial de uma população descreve a distribuição espacial dos indivíduos de uma população no espaço ou no tempo. Na cultura do arroz irrigado organismos nocivos influencia negativamente a produtividade, um dos principais é o percevejo-do-colmo. Este trabalho teve por objetivo examinar a distribuição espaço temporal de *Tibraca limbativentris* em diferentes áreas de cultivo e estádios fenológicos da cultura do arroz, bem como, estabelecer uma relação entre as características da área de cultivo e a sua população. O trabalho foi conduzido de maio de 2012 a agosto de 2013 em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Durante a safra 2012/13 e a entressafra de 2013 e 2013 plantas de arroz, *Andropogom bicornis* e *A. lateralis* foram amostradas, em seis áreas de cultivo com áreas entre 0,25 a 14,1 ha, os insetos presentes foram quantificados e seus valores utilizados para a análise de dados. As dimensões da área de cultivo influenciam a dispersão e a densidade populacional de *Tibraca limbativentris*. Na entressafra a população de *T. limbativentris* permanece agregada em plantas hospedeiras. Durante a safra em áreas de cultivo o padrão de distribuição e o ajuste aos modelos probabilísticos sofrem influência do estágio de desenvolvimento da cultura e das dimensões da lavoura. O plano de amostragem sequencial resultou na redução do número de unidades de amostragem necessárias para a tomada de decisão para o controle de *T. limbativentris* e, conseqüentemente, no tempo e nos custos necessários para um levantamento populacional dessa espécie.

Termos para indexação: Dispersão; insetos-praga; *Oryza sativa*; *Tibraca limbativentris*.

ABSTRACT

The population spatial dispersion describes the individuals spatial distribution in a population space or time. Rice (*Oryza sativa* L.) has a lot of harmful organisms, that it negatively influences productivity in irrigated areas, one of the main ones is *Tibraca limbativentris*. This study aimed to examine the spatial and temporal distribution in different areas of cultivation and growth stages of rice as well as to establish a link between the growing area characteristics and its population. The study was conducted from May 2012 to August 2013 in the village of Parada Link, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil. During the 2012/13 season and the off season of 2013 and 2013 rice plants *Andropogom bicornis* and *A. lateralis* were sampled in six growing areas ranging in size from 0.25 to 14.1 ha, quantified insects present values and their values used for data analysis. The dimensions of the cultivation area influence the *T. limbativentris* dispersion and density. In the off season the *T. limbativentris* population aggregate remains in host plants. During the harvest in farming areas, the distribution pattern and the adjustment to the probabilistic models are influenced by the stage of development of culture and crop size.

Index terms: Dispersion; insect pests; *Oryza sativa*; *Tibraca limbativentris*

INTRODUÇÃO

A dispersão espacial de uma população descreve a distribuição espacial dos indivíduos de uma população no espaço ou no tempo (Marcelino; Barbosa, 2016). Insetos herbívoros apresentam baixa ou elevada variabilidade em suas densidades populacionais, havendo, uma grande gama de fatores que contribuí para este comportamento (Costa; Barbosa; Yamamoto, 2006). Fatores como fenologia da planta, diversidade a abundância de plantas hospedeiras, quantidade e qualidade de recursos, associados ao comportamento dos insetos, ambiente, inimigos naturais e agentes patogênicos interferem na dinâmica populacional de insetos, na

dispersão deles em áreas de cultivo e sua variabilidade espacial e temporal (Levin, 1976; Ribeiro et al., 2003; Segoli; Rosenheim, 2013; Colinet et al., 2015; Emerick; Singh, 2016), o conhecimento desta complexa relação interfere na amostragem, este, procedimento básico para o estabelecimento do manejo integrado de insetos-praga sendo essencial para o desenvolvimento de planos de amostragens (Silveira Neto, 1976).

No cultivo do arroz (*Oryza sativa* L.) o percevejo-do-colmo [*Tibraca limbativentris* Stål 1860 (Hemiptera: Pentatomidae)], causa representativos prejuízos (SOSBAI, 2014). O dano dessa espécie é caracterizado por dois sintomas: panícula branca e coração morto, interferindo diretamente nos componentes de rendimento (Trujillo, 1970). Quando em elevadas densidades populacionais, *T. limbativentris* provoca perdas significativas na produtividade da lavoura de arroz, sendo mais representativas se o ataque ocorrer nas fases de pré-floração e formação dos grãos (Costa; Link, 1992). O nível de dano econômico está associado à fase fenológica da planta, onde com um percevejo.m⁻² na fase vegetativa há uma redução na produtividade de 58,7 kg.ha⁻¹ e na fase reprodutiva de 65,16 kg.ha⁻¹ (Costa; Link, 1992). Assim a SOSBAI (2014) recomenda a contagem de colmos em pelo menos 30 pontos de amostragem equidistantes.

Durante a entressafra do arroz irrigado *T. limbativentris* situa-se em sítios de agregação e quiescência situados no entorno das lavouras e, a partir da semeadura, indivíduos situados nestes sítios infestam as áreas de cultivo e promovem o crescimento populacional devido sua fecundidade (Ferreira et al., 1997). A dispersão de indivíduos nas áreas de cultivo é motivada principalmente pelas buscas de alimento, dos companheiros, dos locais para oviposição e pela fuga de predadores e, está relacionada com a fenologia da cultura e com as características da área de cultivo (Walzer et al., 2009).

Pesquisas envolvendo a distribuição espacial, de acordo com Farias et al. (2001), Costa, Barbosa e Yamamoto (2006) e Martins et al. (2016), são importantes para entender a

biologia das espécies de insetos em diferentes condições de meio ambiente e a mudança de comportamento que ocorre durante seus estágios de desenvolvimento. A praticidade de um programa de amostragem está baseada no equilíbrio entre a confiança estatística, nos níveis de precisão e nas restrições práticas de sua aplicação, principalmente relacionadas ao tempo e a viabilidade econômica (Régnière et al., 1988).

Para a descrição das formas de distribuição de uma população, utilizam-se os índices de dispersão e as distribuições de frequências (Marcelino; Barbosa, 2016; Martins et al., 2016). O uso dos índices de dispersão ou agregação, apesar de não descreverem matematicamente a distribuição da população estudada, fornecem uma ideia bastante aproximada dessa realidade (Elliott et al., 1990). A confirmação do tipo de distribuição do inseto na área ocorre apenas com o conhecimento dos modelos probabilísticos que descrevem as distribuições de frequência dos números de indivíduos da praga estudada em cada cultura, sendo base para o estabelecimento de plantas de amostragem (Perecin; Barbosa, 1992).

A amostragem sequencial é considerada um método mais rápido e confiável que o método convencional, apresentando número de amostras variável dependente da densidade populacional do inseto-praga (Shepard, 1980). Quando a densidade populacional é elevada ou baixa, menor será o número de amostras para a tomada de decisão, ao contrário dos procedimentos convencionais de amostragem, onde o número de amostras é fixo, independente da densidade populacional (Bearzoti; Aquino, 1994). Planos de amostragem sequencial podem ser elaborados com base no teste sequencial da razão de probabilidades desenvolvido por Wald (1947) e foram aplicados para amostragem da densidade populacional de insetos por Estefanel (1977) em lagartas da soja, Villacorta e Tornero (1982) em *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae), Bearzoti e Aquino (1994) em *L. coffeella*, Farias et al. (2001) em *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), Fernandes et al. (2003) em *Alabama argilacea* (Lepidoptera: Noctuidae), Lúcio et al. (2009) em *Dichopelmus*

notus (Acari: Eriophyidae), Souza et al. (2013) em *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), dentre outros.

Conforme a amostragem sequencial caracteriza-se por utilizar amostras de tamanho variável onde são testadas hipóteses sobre os parâmetros sem a necessidade de estimá-los. Assim, formulada uma hipótese podemos aceitá-la, rejeitá-la, ou continuar amostrando, baseado nos resultados acumulados de cada amostragem (Barbosa, 1992).

Três requisitos são necessários para o desenvolvimento de um plano de amostragem sequencial para insetos (Ruesink; Kogan, 1975): 1) a obtenção de uma função de densidade de probabilidades que descreve a distribuição das contagens dos insetos e que permita a construção do plano; 2) o nível de dano econômico na forma de duas densidades populacionais críticas, tais que o dano ocorre se a população do inseto-praga ultrapassa o limite superior e não ocorre se a população permanecer abaixo do limite inferior previamente definido; 3) a seleção de níveis máximos de probabilidade de cometer erros na decisão sobre densidades populacionais, isto é, probabilidades α e β de predizer uma densidade populacional não prejudicial como sendo prejudicial (erro tipo I) e a de predizer uma densidade prejudicial como sendo não prejudicial (erro tipo II), respectivamente.

Assim, este trabalho teve por objetivo identificar a distribuição espaço temporal de *Tibraca limbativentris* em diferentes áreas de cultivo e estádios fenológicos da cultura do arroz, bem como, estabelecer uma relação entre as características da área de cultivo e a sua população e criar um plano de amostragem sequencial para *T. limbativentris* em arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localizada no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil (785108 m; 6716393, Fuso 21J, UTM), divididas em seis lavouras de 0,25 a 14,1 hectares (Figura 1),

com a cultura arroz irrigado cultivado sob as recomendações técnicas da cultura (SOSBAI, 2014), exceto a aplicação de defensivos químicos durante a execução da pesquisa. A área de cultivo apresentava em seus entornos, ao leste, oeste, sul e entre as lavouras, vegetação herbácea com predominância de espécies da família Poaceae, *Andropogon bicornis* L., *A. lateralis* Nees e *Saccharum angustifolium* (Nees) Trin., da família Apiaceae *Eryngium horridum* Malme além de Cyperaceae, ao norte dos limites das lavouras a predominância de espécies arbustivas e arbóreas (Boldrini, 2009) (Figura 1). O clima local segundo a classificação de Köppen tipo Cfa, subtropical úmido, sem estação seca e com verões quentes (Heldwein et al., 2009).

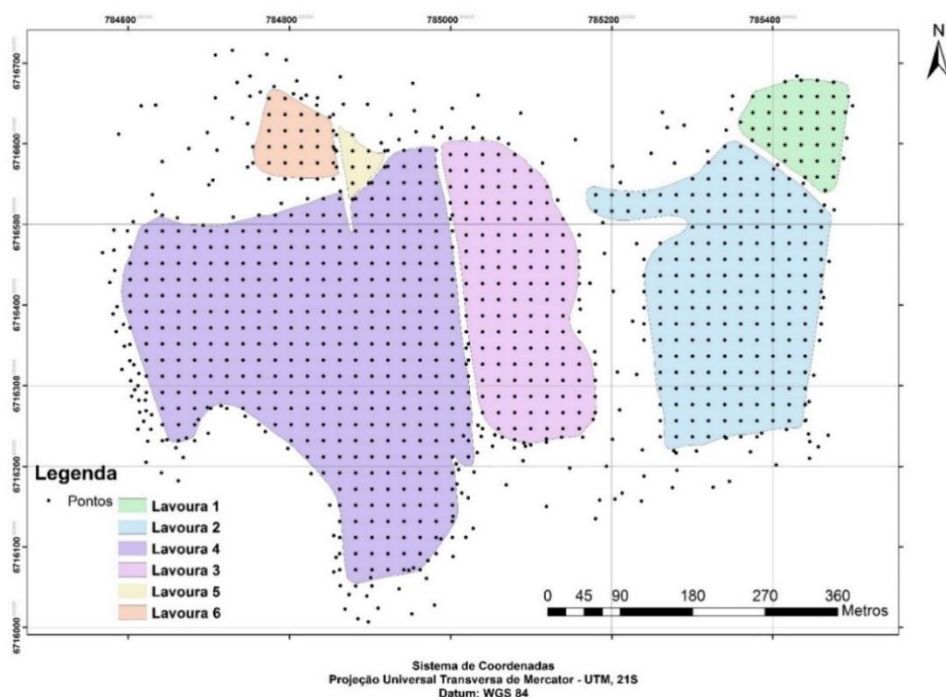


Figura 1. Área de estudo subdividida em seis lavouras com os respectivos pontos de amostragem sob cultivo do arroz irrigado, pontos fora dos limites das lavouras são plantas hospedeiras, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

Lavoura 1 (área 1,3 ha; perímetro 459 m), Lavoura 2 (área 6,92 ha; perímetro 1252 m), Lavoura 3 (área 4,91 ha; perímetro 963 m), Lavoura 4 (área 14,11 ha; perímetro 1819 m), Lavoura 5 (área 0,25 ha; perímetro 233 m) e Lavoura 6 (área 0,86 ha; perímetro 356 m).

Em cada lavoura foi gerado um grid de 30m x 30m para a amostragem dos insetos originando 39 unidades amostrais para a Lavoura 1, 192 unidades amostrais na Lavoura 2, 143 unidades amostrais na Lavoura 3, 385 unidades amostrais na Lavoura 4, 13 unidades amostrais na Lavoura 5 e 30 unidades amostrais na Lavoura 6. Em cada unidade amostral foram amostradas 200 plantas de arroz, totalizando 1 m² (50 plantas aptas por metro de fileira e espaçamento entre fileiras de 0,20 m) (Figura 1). Em cada planta de arroz realizou-se uma contagem direta dos indivíduos de *T. limbativentris* contidos em seu interior e o total de indivíduos por m² (200 plantas) foi utilizado na análise de dados.

No entorno das áreas, foram selecionadas 204 plantas hospedeiras, com diâmetros de touceira entre 20 a 30 cm (Figura 1). Destas foram 104 de *Andropogon bicornis* e 100 de *A. lateralis*, sendo cada uma considerada uma unidade amostral e o número de *T. limbativentris* contidos no seu interior foram quantificados.

Durante a entressafra de 2012, pré-semeadura 2012 e entressafra 2013 foram procedidas avaliações nas áreas de cultivo. A partir da semeadura, sete avaliações para cada lavoura foram realizadas: a primeira avaliação (A1) no estágio V3 correspondente ao colar formado na 3^a folha do colmo principal, a segunda avaliação (A2) no estágio V6 correspondente ao colar formado na 6^a folha do colmo principal, a terceira avaliação (A3) no estágio V9 (R0) correspondente a iniciação da panícula, a quarta avaliação (A4) no estágio V13 (R2) correspondente a formação do colar da folha bandeira (emborrachamento), a quinta avaliação (A5) no estágio R4 correspondente a antese, a sexta avaliação (A6) no estágio R6 correspondente a alongação de um ou mais grãos na casca e a sétima avaliação (A7) no estágio R9 correspondente a maturidade completa dos grãos na panícula (Counce et al., 2000).

Em cada área de cultivo e avaliação, os valores de adultos de *T. limbativentris*, obtidos em cada unidade amostral, foram organizados sendo estimadas médias e variâncias, índices de

dispersão e modelos probabilísticos para estudo da distribuição de frequência.

Os índices de dispersão foram a razão variância/média, o índice de Morisita, o coeficiente de Green, o expoente k da distribuição binomial negativa, baseados em Rabinovich (1980), Morisita (1962), Green (1966) e Elliott (1979), respectivamente.

A razão variância/média foi utilizada para medir os desvios de um arranjo nas condições de aleatoriedade. Valores iguais a um indicam distribuição espacial aleatória, valores menores que um indicam distribuição uniforme e valores maiores que um indicam distribuição agregada (Rabinovich, 1980; Southwood; Henderson, 2000). As limitações deste índice se associam a influência que tem o tamanho de amostragem na quantidade de indivíduos observados, sendo extremamente afastado nas distribuições de contágio (Farias; Barbosa; Busoli, 2001).

$$I = \frac{s^2}{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{x(n-1)} \quad (1)$$

Onde s^2 é a estimativa da variância, \bar{x} é a estimativa da média e x_i é o número de insetos por unidade amostral (n). O teste de afastamento da aleatoriedade consiste em rejeitar a aleatoriedade se: $X^2 = I(N-1)$ e $|d| = |\sqrt{2X^2} - \sqrt{2v-1}| \geq Z_\alpha$ onde $v = N-1$ graus de liberdade, X^2 é a estatística do teste qui-quadrado e rejeita-se a aleatoriedade quando o $X^2 \geq \chi_{(n-1),\alpha}^2$. Z_α é o valor da distribuição normal padrão ao nível α de probabilidade.

O índice de Morisita indica que a distribuição é aleatória quando igual a um, quando maior que um indica que a distribuição é agregada e quando menor que um indica que a distribuição é uniforme (Southwood; Henderson, 2000). Ele é independente da média amostral (\bar{x}) e do número total de indivíduos (N).

$$I_\delta = \frac{N(\sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i)}{(\sum_{i=1}^N x_i)^2 - \sum_{i=1}^N x_i} \quad (2)$$

Onde N é o tamanho amostral e x_i o número de insetos na i -ésima unidade amostral. O afastamento da aleatoriedade será efetuado utilizando o teste de qui-quadrado com $N-1$ graus

de liberdade, rejeitando-se a aleatoriedade da distribuição quando $X_{\delta}^2 \geq \chi_{(N-1)gl, \alpha=0,05}^2$ mediante a expressão:

$$X_{\delta}^2 = I_{\delta} \left(\sum_{i=1}^N x_i - 1 \right) + N - \sum_{i=1}^N x_i \sim \chi_{(n-1)}^2 \quad (3)$$

Já o coeficiente de Green é aceitável para comparações de distribuições agregadas, se os valores calculados forem negativos indicam um padrão da distribuição uniforme, quando positivos indicam um padrão da distribuição agregado.

$$C_x = \frac{\left(\frac{s^2}{\bar{x}} \right) - 1}{\sum_{i=1}^n x_i - 1} \quad (4)$$

Expoente k da Distribuição Binomial Negativa. Quando os valores do expoente forem negativos indicam uma distribuição uniforme (u), quando os valores do expoente forem baixos e positivos ($k < 2$) indicam uma distribuição altamente agregada (aag), quando os valores do expoente k estiverem variando de 2 a 8 indicam uma distribuição agregada moderada (ag) e valores do expoente superiores a 8 ($k > 8$) indicam uma distribuição aleatória (al) (Southwood; Henderson, 2000).

$$k = \frac{\bar{x}^2}{s^2 - \bar{x}} \quad (5)$$

Nos dados das amostragens de cada lavoura e avaliação foram testados os ajustes da distribuição de Poisson, que tem como hipótese que todos os indivíduos têm a mesma probabilidade de ocupar um lugar qualquer no espaço e que a presença de um indivíduo não afeta a presença de outro (Zar, 2010). Esta distribuição, também conhecida como distribuição ao acaso ou aleatória possui variância igual à média ($s^2 = \bar{x}$), a série de probabilidades da distribuição de Poisson e será estimada pelas expressões (Johnson; Kotz, 1969):

$$P(0) = e^{-\bar{x}} \quad (6)$$

$$P(x) = \left(\frac{\bar{x}}{x} \right) \times P(x - 1), \quad x = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (7)$$

Onde e é a base do logaritmo Neperiano natural (2,718282...), \bar{x} a média amostral e $P(x)$ a probabilidade de ocorrerem x indivíduos na unidade amostral.

Na distribuição binomial negativa, a ocorrência de um indivíduo limita a ocorrência de indivíduos vizinhos na mesma unidade (Zar, 2010). Esta distribuição apresenta variância maior que a média ($s^2 > \bar{x}$) e representa a distribuição contagiosa ou agregada, será estimada pelas expressões (Johnson; Kotz, 1969):

$$P(0) = \left(1 + \frac{\bar{x}}{k}\right) \quad (8)$$

$$P(x) = \frac{k+x-1}{x \left[\frac{\bar{x}}{\bar{x}+k}\right] P(x-1)}, \text{ se } x = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (9)$$

Onde k é a estimativa do expoente k da binomial negativa.

A distribuição binomial positiva ou simplesmente binomial se caracteriza por apresentar variância menor que a média ($s^2 < \bar{x}$), será estimada pela expressão (Johnson; Kotz, 1969):

$$P(x) = \frac{k!}{x! (k-x)!} p^x p^{(k-x)} \quad (10)$$

Onde k é um número inteiro e positivo e x é o número de vezes em que o evento ocorre. As fórmulas de recorrência para calcular as probabilidades de x ocorrências são calculadas pelas expressões (Johnson; Kotz, 1969):

$$P(0) = q^k \quad (11)$$

$$P(x) = \frac{p (k-x+1)}{q x} P(x-1), x = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (12)$$

Onde p é a probabilidade da planta a ser atacada pela praga, q é a probabilidade da planta não ser atacada pela praga e k o número máximo de insetos que a unidade amostral poderá conter.

Os modelos apresentam um bom ajuste aos dados originais quando as frequências observadas e esperadas são próximas. Esta proximidade foi avaliada utilizando de um teste de qui-quadrado, dado por:

$$X^2 = \sum_{i=1}^{n_c} \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FE_i} \quad (13)$$

onde FO_i é a frequência observada na classe i , FE_i é a frequência esperada na classe i e n_c o número de classes da distribuição de frequências. Para realizar o teste qui-quadrado fixou-se uma frequência esperada igual a um. O número de graus de liberdade associado a estatística X^2 é dada por:

$$GL = N_C - N_P - 1 \quad (14)$$

onde N_C é o número de classes da distribuição de frequências, N_P é o número de parâmetros estimados na amostra. As hipóteses testadas foram H_0 = os dados observados ajustam-se a distribuição estudada e H_1 = os dados observados não se ajustam a distribuição estudada. O critério do teste foi de rejeitar o ajuste à distribuição estudada aos nível de 1% de probabilidade se $X^2 \geq \chi^2_{(N_C - N_P - 1, gl, \alpha = 0,01)}$.

Os planos foram baseados no Teste Sequencial da Razão de Verossimilhança (TSRV), de acordo com a metodologia desenvolvida por WALD (1945). As linhas de decisão superior e inferior do teste são definidas como: $S_I = h_I + aN$; e $S_0 = h_0 + aN$, respectivamente. Analisando-se um sistema ortogonal de dois eixos e plotando-se S nas ordenadas e N nas abscissas, continua-se amostrando sucessivamente até que o valor de S fique acima ou sobre a reta superior ($S_I = h_I + aN$) quando se rejeita H_0 , ou abaixo ou sobre a reta inferior ($S_0 = h_0 + aN$) quando se aceita H_0 .

O valor de N indica o número de unidades amostrais a serem utilizadas na amostragem. Os valores h_0 , h_I e a serão determinados em função do tipo de distribuição espacial da praga, utilizando seguintes expressões (YOUNG & YOUNG, 1998):

$$h_0 = \frac{\ln(\beta/(1 - \alpha))}{\ln \left[\frac{m_1(m_0 + k)}{m_0(m_1 + k)} \right]} \quad (15)$$

$$h_1 = \frac{\ln((1 - \beta)/\alpha)}{\ln \left[\frac{m_1(m_0+k)}{m_0(m_1+k)} \right]} \quad (16)$$

$$a = k \frac{\ln \left(\frac{m_1+k}{m_0+k} \right)}{\ln \left[\frac{m_1(m_0+k)}{m_0(m_1+k)} \right]} \quad (17)$$

$$h_0 = \frac{\ln(\beta/(1 - \alpha))}{\ln \left[\frac{m_1}{m_0} \right]} \quad (18)$$

$$h_1 = \frac{\ln((1 - \beta)/\alpha)}{\ln \left[\frac{m_1}{m_0} \right]} \quad (19)$$

$$a = \frac{m_1 - m_0}{\ln \left[\frac{m_1}{m_0} \right]} \quad (20)$$

para Binomial negativa (expressão 15 a 17) e para Poisson (18 a 20), onde m_0 é o nível de segurança ou NCE (Nível Populacional de Controle), m_1 o nível de controle ou NDE (Nível de Dano Econômico), expoente K da distribuição binomial negativa (K comum) obtido pelo método da regressão ponderada de BLISS & OWEN (1958).

Baseado em COSTA & LINK (1992) foi adotado para o NCE dois indivíduos por m^2 e para NDE três indivíduos por m^2 ($m_0=1$ e $m_1=2$). Os valores dos erros tipo I e II foram $\alpha = \beta = 0,05$ pois conforme YOUNG & YOUNG (1998) este é o valor mais indicado para estudos com insetos.

Foram construídas as Curvas Característica de Operação $CO(m)$ que fornecem a probabilidade de aceitar H_0 em função da média m , para valores pré-estabelecidos de α e β .

Na dedução, empregou-se uma variável auxiliar h que depende de m . Essa função emprega uma variável auxiliar h dependente de m e foi calculada pela expressão: $CO(m) =$

$$\frac{\left[\frac{1-\beta}{\alpha} \right]^h - 1}{\left[\frac{1-\beta}{\alpha} \right]^h - \left[\frac{\beta}{1-\alpha} \right]^h}, \text{ para } h \neq 0 \text{ e } CO(m) = \frac{\ln \left[\frac{1-\beta}{\alpha} \right]}{\ln \left[\frac{1-\beta}{\alpha} \right] - \ln \left[\frac{\beta}{1-\alpha} \right]}, \text{ para } h=0 \text{ e } m=a, \text{ onde } \alpha = \text{erro Tipo I, } \beta =$$

erro Tipo II, $h =$ variável auxiliar dependente de p e $m =$ média (WALD 1945; YOUNG; YOUNG, 1998). Também foram construídas as Curvas de Tamanho Esperado $E(N)$ que

forneem o tamanho médio esperado de amostra para a decisão sobre a aceitação ou não de H_0 . Assim aquela foi estimada utilizando a expressão: $E(N) = \frac{CO(m)(h_0-h_1)+h_1}{m-a}$, onde h_0 , h_1 e α obtidos nas expressões 15 a 19 para os modelos Binomial Negativo e Poisson, m = média (YOUNG; YOUNG, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma distribuição aleatória é geralmente o primeiro modelo a ser considerado para se estudar a dispersão de uma população, nesta distribuição, existe uma igual chance de que um indivíduo ocupe qualquer ponto da área e a presença de um indivíduo não interfere na posição do outro (Reay-Jones, 2014). Na entressafra da cultura do arroz, em plantas hospedeiras de entorno verificou-se que a distribuição da população do percevejo-do-colmo, apresenta distribuição contagiosa ou agregada, com variâncias superiores à média (Tabela 1). De acordo com Stiner et al. (1983), a dispersão e o movimento de insetos-praga possui estreita relação com a distribuição de plantas hospedeiras que, conforme Finch; Collier (2000), influenciam o grau de agregação das populações.

Nas situações de Entressafra 2012, 2013 e em Pré-semeadura verificou-se que a população de *T. limbativentris* manteve-se agregada (Tabela 1), sendo reflexo da concentração dos indivíduos em plantas de *Andropogon bicornis* e *A. lateralis*. Com o início da dispersão diminuiu a concentração de indivíduos ocorrentes nas plantas hospedeiras, refletindo em redução dos valores médios e um aumento proporcional variância, sendo classificada a distribuição como altamente agregada. Este padrão de distribuição agregada da população de insetos também foi encontrado por Mielitz (1993), em *Oryzophagus oryzae* (Curculionidae) e por Santos et al. (2004), em *Oebalus poecilus* (Pentatomidae). Conforme Meiners (2015), os abrigos são selecionados a partir das motivações associadas a busca por abrigo com temperatura, umidade, radiação e ação eólica controladas, decorrente do

comportamento da espécie que pela motivação tende-se a se agregar visto a limitação quantitativa do abrigo nos entornos das áreas de cultivo. De acordo com Pasini; Lúcio; Ribeiro (2014), os níveis populacionais ocorrentes no entorno das áreas de cultivo interferem na população infestante do percevejo-do-colmo, que por sua vez, apresenta dependência espacial com seu entorno. Regiões com elevadas populações de insetos quiescentes tendem a ter elevadas pressões populacionais sob as áreas de cultivo.

Tabela 1. Média, variância e índices de dispersão para adultos do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Penatomidae), nos entornos de lavouras de arroz irrigado em plantas hospedeiras. Santa Maria - RS, Brasil, 2012/13.

	Entressafra 2012	Pré-semeadura	A1 (V3)	A7 (R9)	Entressafra 2013
\bar{x}	19,512	10,105	0,301	7,234	17,804
s^2	103,251	50,104	0,510	41,796	83,014
I	5,292*	4,958*	1,691*	5,777*	4,663*
I_{\S}	1,219*	1,390*	3,317*	1,658*	1,205*
C_X	0,0011	0,0019	0,0111	0,0032	0,0010
k	4,546 ^{ag}	2,553 ^{ag}	0,436 ^{aag}	1,514 ^{aag}	4,861 ^{ag}

\bar{x} = média, s^2 = variância; I = razão variância/média; I_{\S} = índice de Morisita; C_X : coeficiente de Green; k = Expoente k da Distribuição Binomial Negativa. **Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS}Não significativo. A1 = Primeira avaliação e A7 = Sétima avaliação. Distribuição uniforme (u), Distribuição altamente agregada (aag), Distribuição agregada moderada (ag) e Distribuição aleatória (al)

Este padrão agregado foi encontrado por Costa; Barbosa; Yamamoto (2006) para *Orthezia praelonga* (Hemiptera: Ortheziidae), por Silva et al. (2012), Da Silva et al. (2014) e Oliveira et al. (2016) para *Empoasca kraemeri* (Hemiptera: Cicadellidae) e por Silva et al. (2014) para *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphidae). Conforme Barbosa; Perecin (1981, 1982) neste tipo de distribuição de insetos a presença de um indivíduo aumenta a probabilidade de ocorrência de outros.

Nas avaliações procedidas durante o ciclo da cultura, verificou-se que houve uma influência da lavoura e do estágio sobre os índices de dispersão, comportamento este também verificado por Reay-Jones et al. (2010) para pentatomídeos em algodão, Reay-Jones (2014)

para pentatomídeos em trigo e por Martins et al. (2016) para *Abaris basistriata* (Coleoptera: Carabidae). Esta característica de infestação e dispersão em áreas de cultivo é reflexo da dinâmica populacional de percevejos infestantes que, pela limitada capacidade de voo, dispersam-se gradativamente interferindo nos índices de dispersão entre estádios e lavouras (Souza et al., 2013; Reay-Jones, 2014).

Nas lavouras 1, 5 e 6, houve predominância do comportamento aleatório, havendo algumas exceções na Lavoura 1 nos estádios V6 e V9, onde a aleatoriedade foi rejeitada (Tabela 2). Este comportamento aleatório também foi verificado por Souza et al. (2013) e Fonseca et al. (2014) na cultura da soja com adultos de *Euschistus heros* atribuindo a distribuição espacial de ninfas e a competição por alimento (Panizzi, 1991; Panizzi, 1997). Neste comportamento, existe uma igual chance de que um indivíduo ocupe qualquer ponto da área e a presença de um indivíduo não interfere na posição do outro (Reay-Jones, 2014). Contudo, quando se estabelece uma relação com o entorno da área de cultivo e a habilidade de dispersão do percevejo-do-colmo, verificou-se que a distribuição aleatória é reflexo da dependência espacial, devido ao tamanho da área de cultivo e a distância de voo que o inseto terá que percorrer para ocupar as diferentes plantas na área de cultivo (Stinner et al., 1983; Pasini; Lúcio; Ribeiro, 2015) (Figura 1).

Esses resultados associam-se aos encontrados por Costa; Link (1992), que ao avaliarem a distribuição de *T. limbativentris* ajustaram a dois modelos distintos, ao acaso (Poisson) para adultos infestantes da cultura na fase vegetativa e agregada (Binomial negativa) na fase reprodutiva da cultura quando a população inicial é acrescida de seus descendentes.

Nas lavouras 2, 3 e 4, verificou-se um comportamento diferente das demais lavouras, onde em todas as avaliações rejeitou-se a hipótese da aleatoriedade, sendo a população classificada como agregada, reforçando a hipótese de que a dependência espacial do

percevejo-do-colmo está atrelada aos sítios de quiescência, infestação e dispersão localizados nos entornos das áreas de cultivo (Trujilo, 1971; Link; Grazia, 1987; Klein; Redaelli; Barcellos, 2013). Esses resultados demonstram que em áreas maiores há uma tendência de a população do percevejo concentrar-se mais próximo as bordaduras, estando atrelada a oferta de alimento e habilidade de voo.

Ao relacionar as estatísticas e os índices com as dimensões da área de cultivo (Tabela 3) constatou-se uma relação inversa entre a densidade populacional do percevejo-do-colmo e o tamanho da área de cultivo. Esse resultado indica que quanto maior for a área de cultivo menor será a densidade populacional, evidenciando a dependência espacial desta espécie com o entorno. A densidade populacional ocorrente no entorno em plantas hospedeiras determina a taxa de infestação e o grau de agregação de pentatomídeos sendo dependentes, sobretudo, das dimensões da área de cultivo (Cottrell; Till, 2015).

Os valores dos índices de dispersão quando correlacionados com as dimensões da área de cultivo apresentaram em sua maioria valores positivos indicando que quanto maior for a área de cultivo mais agregadas são as populações do percevejo-do-colmo (Tabela 3), esta determinação não deve ser associada aos coeficientes de Green e expoente k devido principalmente a forma com que estes são determinados e interpretados. Reay-Jones (2010) e Reisig; Roe; Dhammi (2013) relatam a concentração de pentatomídeos em trigo e milho ao longo da bordadura da área de cultivo, onde, havendo fonte de alimento, ocorre uma limitação da dispersão dos insetos.

Tabela 2. Média, variância e índices de dispersão para adultos do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Penatomidae) em arroz irrigado. Santa Maria - RS, Brasil, 2012/13.

	A1 (V3)	A2 (V6)	A3 (V9)	A4 (R2)	A5 (R4)	A6 (R6)	A7 (R9)
-----Lavoura 1-----							
\bar{x}	0,410	1,615	4,282	12,103	13,846	16,308	12,590
s^2	0,406	2,664	10,155	24,358	12,397	18,692	10,985
I	0,990 ^{ns}	1,649*	2,372*	2,013*	0,895 ^{ns}	1,146 ^{ns}	0,873 ^{ns}
I_{\S}	0,975 ^{ns}	1,398 ^{ns}	1,314 ^{ns}	1,082 ^{ns}	0,993 ^{ns}	1,009 ^{ns}	0,990 ^{ns}
C_X	0,0105	0,0083	0,0021	-0,0002	0,0002	-0,0003	0,0105
k	_* ^{al}	2,489 ^{ag}	3,122 ^{ag}	11,952 ^{al}	_al	111,524 ^{al}	_al
-----Lavoura 2-----							
\bar{x}	0,339	1,109	3,391	5,375	6,625	6,995	7,568
s^2	0,445	1,449	9,674	15,932	18,351	20,791	24,550
I	1,314*	1,306*	2,853*	2,964*	2,770*	2,972*	3,244*
I_{\S}	1,938*	1,276*	1,545*	1,364*	1,266*	1,281*	1,295*
C_X	0,005	0,0014	0,0029	0,0019	0,0014	0,0015	0,0015
k	1,077 ^{ag}	3,627 ^{ag}	1,830 ^{ag}	2,737 ^{ag}	3,743 ^{ag}	3,547 ^{ag}	3,372 ^{ag}
-----Lavoura 3-----							
\bar{x}	0,797	1,343	2,441	4,266	5,168	5,476	3,951
s^2	1,177	2,241	3,713	8,112	10,549	13,969	8,357
I	1,476*	1,669*	1,521*	1,902*	2,041*	2,551*	2,115*
I_{\S}	1,599*	1,497*	1,213*	1,210*	1,200*	1,282*	1,281*
C_X	0,0035	0,0015	0,0015	0,0014	0,0020	0,0020	0,0035
k	1,674 ^{ag}	2,007 ^{ag}	4,681 ^{ag}	4,731 ^{ag}	4,963 ^{ag}	3,530 ^{ag}	3,543 ^{ag}
-----Lavoura 4-----							
\bar{x}	0,081	2,288	3,179	4,171	5,574	6,309	5,551
s^2	0,168	6,055	8,278	12,523	19,099	23,740	15,795
I	2,086*	2,646*	2,604*	3,002*	3,426*	3,763*	2,846*
I_{\S}	14,903*	1,718*	1,504*	1,479*	1,434*	1,437*	1,332*
C_X	0,0019	0,0013	0,0012	0,0011	0,0011	0,0009	0,0019
k	0,074 ^{ag}	1,390 ^{ag}	1,982 ^{ag}	2,084 ^{ag}	2,297 ^{ag}	2,284 ^{ag}	3,007 ^{ag}
-----Lavoura 5-----							
\bar{x}	2,154	4,000	6,308	16,154	18,923	17,538	11,923
s^2	0,808	2,667	3,064	11,308	20,244	5,769	2,244
I	0,375 ^{ns}	0,667 ^{ns}	0,486 ^{ns}	0,700 ^{ns}	1,070 ^{ns}	0,329 ^{ns}	0,188 ^{ns}
I_{\S}	0,722 ^{ns}	0,922 ^{ns}	0,924 ^{ns}	0,983 ^{ns}	1,003 ^{ns}	0,965 ^{ns}	0,937 ^{ns}
C_X	-0,0065	-0,0063	-0,0014	0,0003	-0,0030	-0,0053	-0,0065
k	_al	_al	_al	_al	271,171 ^{al}	_al	_al
-----Lavoura 6-----							
\bar{x}	0,900	1,700	3,667	8,067	10,467	12,300	6,233
s^2	0,645	1,734	3,402	16,340	23,775	14,217	2,461
I	0,716 ^{ns}	1,020 ^{ns}	0,928 ^{ns}	2,026*	2,271*	1,156 ^{ns}	0,395 ^{ns}
I_{\S}	0,684 ^{ns}	1,012 ^{ns}	0,981 ^{ns}	1,123 ^{ns}	1,118 ^{ns}	1,012 ^{ns}	0,906 ^{ns}
C_X	0,0004	-0,0007	0,0043	0,0041	0,0004	-0,0033	0,0004
k	_al	83,811 ^{al}	_al	7,865 ^{ag}	8,231 ^{al}	78,910 ^{al}	_al

\bar{x} = média, s^2 = variância; I = razão variância/média; I_{\S} = índice de Morisita; C_X : coeficiente de Green; k = Expoente k da Distribuição Binomial Negativa. *Significativo a 5% de probabilidade; ^{ns}Não significativo. A1 = Primeira avaliação, A2 = Segunda avaliação, A3 = Terceira avaliação, A4 = Quarta avaliação, A5 = Quinta avaliação, A6 = Sétima avaliação e A7 = Sétima avaliação. Distribuição uniforme (u), Distribuição altamente agregada (ag), Distribuição agregada moderada (ag) e Distribuição aleatória (al). ** - ($s^2 < \bar{x}$)

O resumo dos testes de ajuste as distribuições para a densidade populacional de *Tibraca limbativentris* no entorno e nas áreas de cultivo são apresentados nas tabelas 4 e 5. No entorno da área de cultivo não houve ajuste aos modelos testados rejeitando-se a hipótese H_0 , indicando que os modelos Binomial positivo, Poisson e Binomial negativo não descrevem adequadamente a distribuição do percevejo-do-colmo em plantas hospedeiras (Johnson; Kotz, 1969). Na primeira avaliação houve uma exceção, onde aceitou-se a hipótese H_0 , revelando uma distribuição agregada do percevejo-do-colmo no entorno da área de cultivo.

Tabela 3. Análise de correlação de Pearson entre área e perímetro das áreas de cultivo com os parâmetros \bar{x} (média), s^2 (variância), I (razão variância/média), $I_\$$ (índice de Morisita), C_X (coeficiente de Green), k (Expoente k da Distribuição Binomial Negativa).

	A1 (V3)		A2 (V6)		A3 (V9(R0))		A4 (V13(R2))	
	Área	Perímetro	Área	Perímetro	Área	Perímetro	Área	Perímetro
\bar{x}	-0,660	-0,712	-0,210	-0,336	-0,549	-0,631	-0,726	-0,793
s^2	-0,506	-0,451	0,741	0,626	0,431	0,478	-0,292	-0,281
I	0,934	0,951	0,856	0,832	0,671	0,738	0,769	0,821
$I_\$$	0,910	0,827	0,805	0,819	0,775	0,840	0,951	0,976
C_X	0,947	0,937	0,091	0,152	0,171	0,247	-0,025	0,020
k	0,391	0,397	-0,279	-0,295	0,463	0,519	0,301	0,373
	A5 (R4)		A6 (R6)		A7 (R9)			
	Área	Perímetro	Área	Perímetro	Área	Perímetro	Área	Perímetro
\bar{x}	-0,727	-0,800	-0,758	-0,829	-0,549	-0,586		
s^2	-0,026	-0,110	0,752	0,785	0,651	0,741		
I	0,854	0,857	0,937	0,978	0,838	0,918		
$I_\$$	0,955	0,958	0,945	0,976	0,856	0,922		
C_X	-0,061	-0,059	0,539	0,637	0,637	0,742		
k	-0,219	-0,283	-0,382	-0,376	0,456	0,466		

Ao relacionar os valores obtidos para os índices de dispersão, os quais indicam um padrão agregado (Tabela 1), com os valores obtidos no teste qui-quadrado para a distribuição Binomial negativa (Tabela 4), indica-se o ajuste dos dados a outro modelo de distribuição contagiosa que possa descrever a agregação (Santos et al., 2004). Os índices de dispersão não descrevem matematicamente a distribuição da população na área (Elliott et al., 1990),

porém, fornecem uma idéia bastante aproximada dessa realidade quando diferentes índices apresentam resultados similares. Entretanto, a confirmação do tipo predominante de distribuição espacial de uma população de insetos ocorre apenas com o conhecimento das distribuições de frequência dos números de indivíduos da praga estudada em cada cultura (Barbosa, 1992).

Nas áreas de cultivo e avaliações verificou-se um comportamento diferente do ajuste dos dados às distribuições testadas (Tabela 5). Na lavoura 1, houve ajuste dos dados as três distribuições. Para a distribuição Poisson, houve ajuste na primeira, quarta e sétima avaliação, para a Binomial negativa na segunda e terceira avaliação e para a Binomial negativa para a quarta e sétima avaliação. Nas lavouras 2, 3 e 4, houve ajuste a distribuição Binomial negativa da primeira à quarta avaliação, nas demais avaliações não houve ajuste a nenhuma distribuição estudada. Na lavoura 5, houve ajuste para todas as avaliações as distribuições Binomial positiva e Poisson, com o mesmo resultado sendo observado na lavoura 6, com ajuste para a distribuição Binomial positiva na segunda, terceira, sexta e sétima avaliação, e para a Poisson da primeira a quinta avaliação.

Tabela 4. Valores do teste qui-quadrado de aderências das frequências observadas às frequências esperadas para as distribuições Binomial Positiva (Bp), Binomial Negativa (Bn) e Poisson para a densidade populacional de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) (Adultos.planta hospedeira⁻²). Santa Maria, RS, Brasil.

Avaliação	Bp	Bn	Poisson
Entressafra 2012	543,71*	308,65*	366,10*
Pré-semeadura	913,03*	216,28*	828,42*
A1 (V3)	39,47*	3,76 ^{NS}	29,68*
A7 (R9)	624,30*	319,14*	428,48*
Entressafra 2013	469,82*	299,76*	358,31*

* -Significativo ao nível de 1% de probabilidade

^{NS} – Não significativo

i – insuficiência de classe

Ajustes da distribuição de Poisson indicam que todos os indivíduos têm a mesma probabilidade de ocupar um lugar qualquer no espaço e que a presença de um indivíduo não afeta a presença de outro, sendo caracterizada como aleatória ou ao acaso; ajustes a distribuição Binomial negativa indicam que a ocorrência de um indivíduo limita a ocorrência de indivíduos vizinhos na mesma unidade, sendo definida como contagiosa ou agregada; ajustes a distribuição Binomial positiva indicam uma distribuição uniforme (Zar, 2010).

Diante disso, as áreas de cultivo estudadas podem ser classificadas em dois grupos com relação as suas dimensões e comportamentos similares das distribuições de frequência. Nas lavouras 1, 5 e 6, os padrões de distribuição para os estádios V3, V6 e V9 indicam padrão ao acaso, uniforme ou agregado, sendo reflexo da migração e dispersão dos insetos nessas áreas. Nos estádios R2, R4, R6 e R9, os padrões de distribuição indicam ao acaso e uniforme. Nas lavouras 2, 3 e 4, o padrão de distribuição para os estádios predominam na forma agregada, havendo estádios onde com padrões ao acaso e agregada, já para os estádios reprodutivos R4 a R9 (Tabela 5) não houve ajuste as distribuições, embora os índices direcionem para uma distribuição agregada (Tabela 2), rejeitando-se H_0 para a distribuição Binomial negativa (Tabela 5). Esses resultados indicam o ajuste dos dados a outro modelo de distribuição contagiosa que possa descrever a agregação (Santos et al., 2004). Essa resposta difere dos encontrados por Costa; Link (1992) que ao avaliarem a distribuição de *T. limbativentris* ajustaram a dois modelos distintos, ao acaso (Poisson) para adultos infestantes da cultura na fase vegetativa e agregada (Binomial negativa) na fase reprodutiva da cultura quando a população inicial é acrescida de seus descendentes.

Ao comparar os resultados obtidos por Tillman et al. (2013), Silva et al. (2014), Martins et al. (2016), Oliveria et al. (2016), verifica-se uma tendência a distribuições agregadas para insetos. Contudo, a partir dos resultados obtidos neste trabalho com o

percevejo-do-colmo, verificou-se que o ajuste aos diferentes modelos probabilísticos tende a sofrer uma influência das dimensões da área de cultivo. A definição dos padrões de agregação e dos modelos probabilísticos adequados possibilita prever e direcionar estratégias de manejo direcionadas e localizadas que podem influenciar em estratégias de manejo para reduzir a migração e a dispersão (Reay-Jones, 2010, 2014). Pelos padrões obtidos nas diferentes áreas de cultivo avaliadas, verificou-se que para lavouras de menores dimensões as estratégias de manejo devem ser adotadas em área total. Já nas áreas de tamanho maior, as estratégias podem ser direcionadas.

Tabela 5. Valores do teste qui-quadrado de aderências das frequências observadas às frequências esperadas para as distribuições Binomial Positiva (Bp), Binomial Negativa (Bn) e Poisson para a densidade populacional de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) (Adultos m⁻²). Santa Maria, RS, Brasil.

Avaliação	Lavoura 1			Lavoura 2			Lavoura 3		
	Bp	Bn	Poisson	Bp	Bn	Poisson	Bp	Bn	Poisson
A1 (V3)	24,07*	0,37 ⁱ	0,35 ^{NS}	26,60*	1,56 ^{NS}	12,32*	25,47*	7,49 ^{NS}	79,67*
A2 (V6)	30,86*	5,48 ^{NS}	31,90*	32,30*	12,62 ^{NS}	10,19 ^{NS}	26,49*	10,11 ^{NS}	115,93*
A3 (V9)	62,13*	16,84 ^{NS}	43,49*	185,78*	17,48 ^{NS}	79,46*	22,97*	18,07 ^{NS}	28,48*
A4 (R2)	18,16 ^{NS}	31,52*	23,64 ^{NS}	103,06*	19,72 ^{NS}	140,57*	47,05*	24,46 ^{NS}	99,73*
A5 (R4)	51,87*	40,64*	20,50 ^{NS}	248,85*	55,19*	50,32*	50,12*	81,07*	104,23*
A6 (R6)	43,94*	30,91*	11,59 ^{NS}	486,42*	51,48*	46,40*	67,92*	64,34*	121,40*
A7 (R9)	23,58 ^{NS}	18,28*	7,74 ^{NS}	134,87*	54,77*	488,98*	68,17*	96,67*	153,47*
	Lavoura 4			Lavoura 5			Lavoura 6		
	Bp	Bn	Poisson	Bp	Bn	Poisson	Bp	Bn	Poisson
A1 (V3)	15,66*	2,36 ^{NS}	11,69*	7,93 ^{NS}	14,15*	5,92 ^{NS}	13,86*	12,62*	6,13 ^{NS}
A2 (V6)	333,67*	19,70 ^{NS}	344,77*	10,84 ^{NS}	43,40*	5,81 ^{NS}	8,91 ^{NS}	17,66*	8,10 ^{NS}
A3 (V9)	414,49*	18,74 ^{NS}	487,17*	11,93 ^{NS}	124,77*	2,58 ^{NS}	10,19 ^{NS}	77,99*	20,39 ^{NS}
A4 (R2)	501,96*	16,01 ^{NS}	688,51*	8,18 ^{NS}	181,34*	5,89 ^{NS}	40,24*	50,30*	13,30 ^{NS}
A5 (R4)	251,50*	49,99*	415,90*	6,33 ^{NS}	122,73*	2,00 ^{NS}	36,88*	57,21*	25,91 ^{NS}
A6 (R6)	316,27*	45,00*	593,61*	13,71 ^{NS}	440,54*	7,73 ^{NS}	24,34 ^{NS}	52,17*	23,29*
A7 (R9)	262,03*	54,18*	577,26*	5,63 ^{NS}	585,20*	10,57 ^{NS}	12,71 ^{NS}	131,22*	17,86*

* -Significativo ao nível de 1% de probabilidade

^{NS} – Não significativo

ⁱ – insuficiência de classe

Com base nos resultados obtidos na tabela 5 e considerando a similaridade dos valores obtidos entre as áreas de cultivo, foram elaborados os planos de amostragem conforme as dimensões da área de cultivo: a) lavouras com área $<1,5$ ha foi elaborado um único plano estimado a partir da distribuição de Poisson; b) lavouras com área $>1,5$ ha foram elaborados três planos baseados nos estádios de desenvolvimento da cultura, o primeiro baseado nos dados obtidos nas avaliações A1 (V3) e A2 (V6), o segundo em A3 (V9) e A4 (R2) e o terceiro contemplando A5 (R4) e A7 (R9).

Com base na classificação das dimensões da área de cultivo e dos estádios de desenvolvimento da cultura foram gerados quatro planos de amostragem sequencial (Figuras 2 a 5). A partir dos dados fornecidos pelas equações das retas superior e inferior, plotou-se S nas ordenadas e N nas abscissas (Figura 2). Adotou-se o seguinte procedimento: amostrar aleatoriamente pontos de 1m^2 observando a quantidade de percevejo-do-colmo nas plantas, sendo a quantidade observada e acumulada em cada avaliação confrontada com as linhas de decisão. Quando o total acumulado se situar abaixo da linha de decisão inferior aceita-se H_0 , suspende-se a amostragem, decidindo por não controlar o inseto-praga. Quando o total acumulado se situar acima da linha de decisão superior, aceita-se H_1 , recomendando o controle do inseto-praga. Se o valor acumulado permanecer entre as duas linhas, deve-se continuar amostrando até atingir o número máximo esperado de unidades amostrais para a tomada de decisão, momento que se suspende a amostragem.

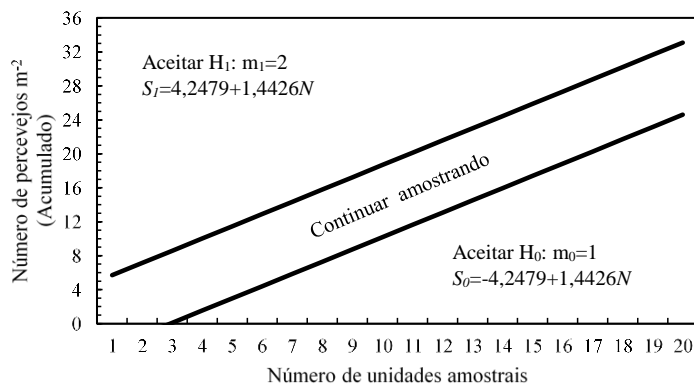
Entre os planos de amostragem houve diferenças nas estimativas, sendo observado um menor número cumulativo de percevejos-do-colmo para áreas de dimensões menores ($<1,5\text{ha}$) diferente do encontrado para áreas com dimensões maiores ($>1,5\text{ha}$). Nestas áreas maiores foi identificado uma redução do número cumulativo de percevejos-do-colmo no limite superior para a tomada de decisão à medida que as avaliações chegaram à maturidade fisiológica da cultura. Este comportamento, conforme Wald (1945), é reflexo da distribuição de

probabilidade pois em Distribuições de Poisson, pela sua característica de aleatoriedade e menor variação dos indivíduos no espaço, são necessários um menor número de indivíduos e de amostras para se tomar a decisão. Já em Distribuições Binomiais Negativas, quando associa-se ao valor do K que interfere no grau de agregação da população. Em populações mais agregadas, ou seja, com distribuição dos indivíduos agregada, ocorre a necessidade de um maior número de indivíduos e de amostras para se tomar a decisão.

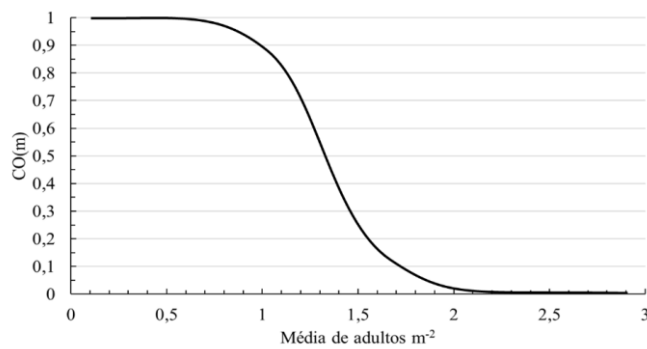
A Curva Característica de Operação CO(m) indicou a probabilidade de tomar uma decisão correta para um determinado nível de infestação (Figuras 2 a 5). Nos quatro planos de amostragem sequencial verificou-se que quando a média de população do percevejo-do-colmo é de um indivíduo por m^2 , a probabilidade de aceitar H_0 foi de 95%. Com a média de dois percevejos-do-colmo por m^2 a probabilidade de incorrer no erro Tipo II e não recomendar o controle quando esse for necessário foi de 5%. A partir desse valor a CO(m) foi de praticamente 0% (Figuras 2 a 5).

O número esperado de amostras E(N) indica a relação entre o número de amostras e a média de população do percevejo-do-colmo por m^2 pelo teste da razão da verossimilhança. Nos quatro planos de amostragem sequencial verificou-se uma diferença para o número de amostras. Em lavouras com dimensões inferiores a 1,5 ha e para um percevejo-do-colmo por m^2 são necessárias nove amostras para a tomada de decisão.

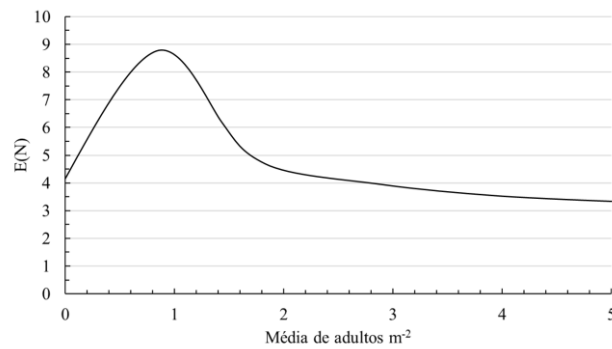
Já em lavouras com dimensões superiores a 1,5 ha, para um percevejo-do-colmo por m^2 e nos estádios V3 a V6, são necessárias 14 amostras para a tomada de decisão, enquanto que nos estádios V9 a R2 são necessárias 12 amostras para a tomada de decisão. Nas mesmas condições e nos estádios R4 a R7, são necessárias dez amostras para a tomada de decisão, todas ficando abaixo do recomendado para amostragem convencional do percevejo-do-colmo recomendada pela SOSBAI (2014) que é de 30 pontos de amostragem equidistantes por hectare.



(A)

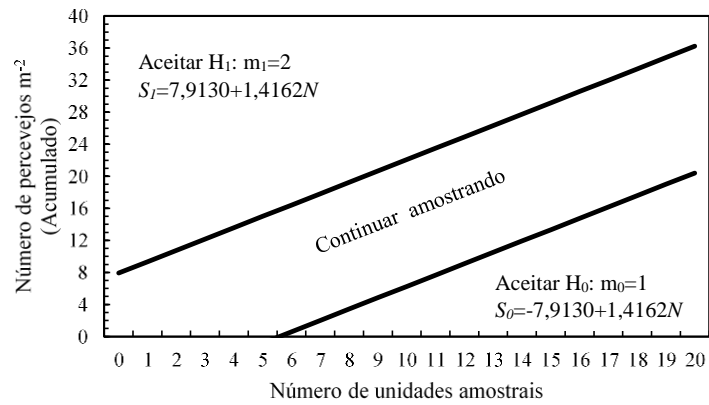


(B)

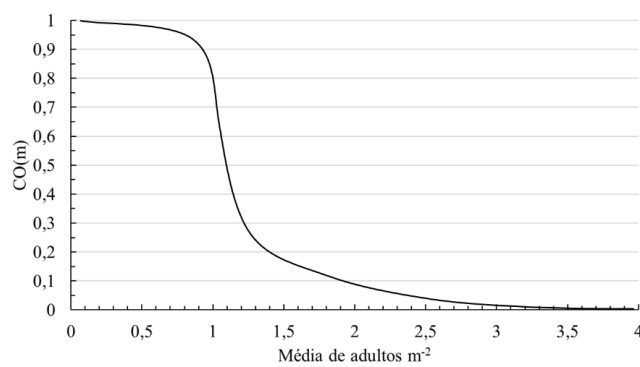


(C)

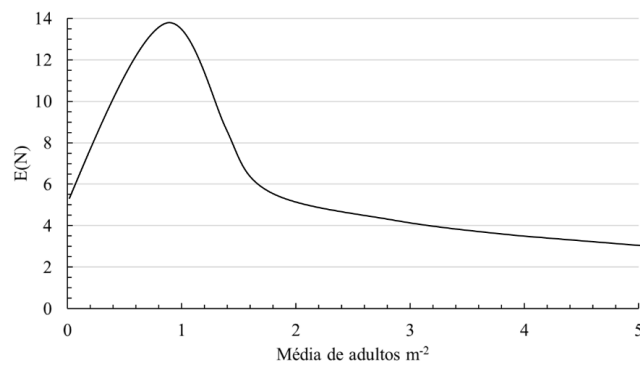
Figura 2. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial (A), Curva Característica de Operação $CO(m)$ (B) e curva do tamanho esperado de amostras $E(N)$ (C) para o número de percevejos-do-colmo por m^2 em lavouras com área inferior à 1,5ha, com base na Distribuição de Poisson.



(A)

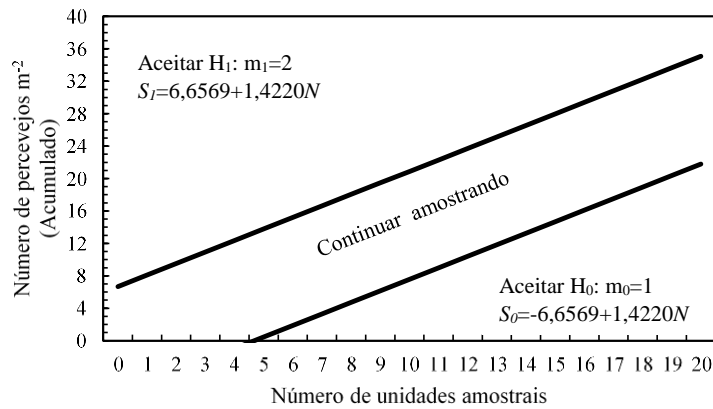


(B)

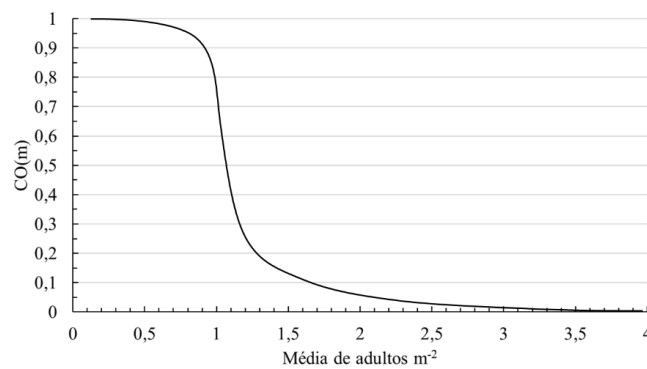


(C)

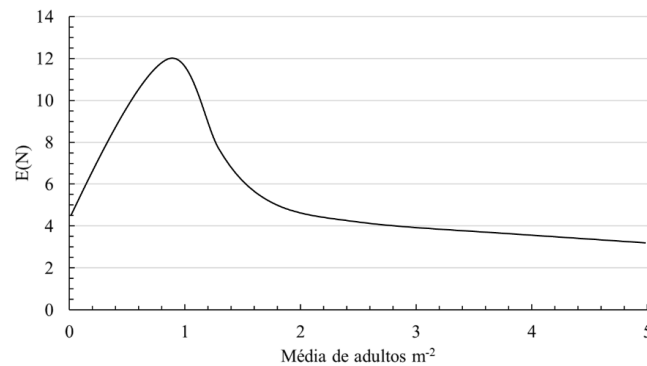
Figura 3. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial (A), Curva Característica de Operação $CO(m)$ (B) e curva do tamanho esperado de amostras $E(N)$ (C) para o número de percevejos-do-colmo por m^2 em lavouras com área superior à 1,5ha, para os estádios V3 a V6, com base na Distribuição de Binomial Negativa e $K=1,642$.



(A)

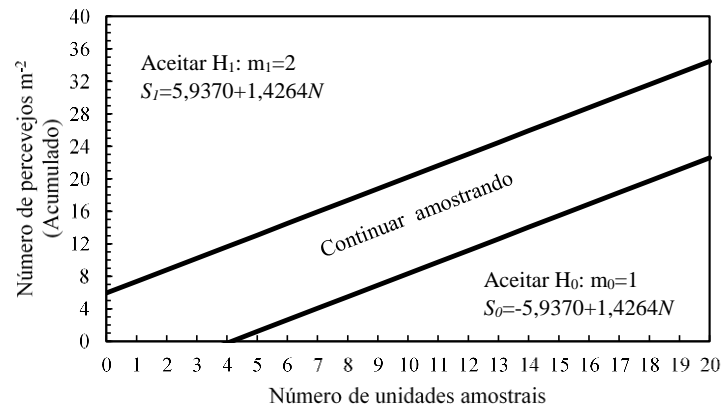


(B)

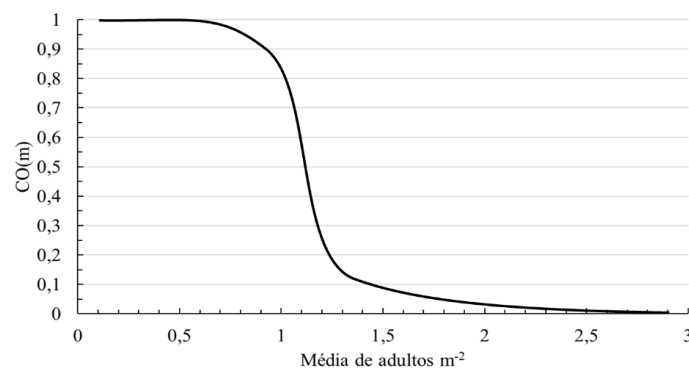


(C)

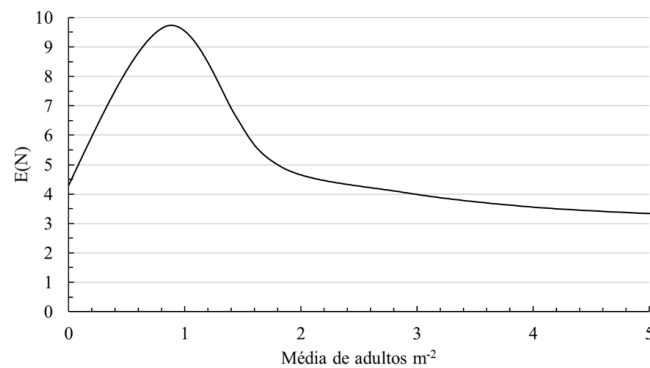
Figura 4. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial (A), Curva Característica de Operação $CO(m)$ (B) e curva do tamanho esperado de amostras $E(N)$ (C) para o número de percevejos-do-colmo por m^2 em lavouras com área superior à 1,5ha, para os estádios V9 a R2, com base na Distribuição de Binomial Negativa e $K=3,3705$.



(A)



(B)



(C)

Figura 5. Linhas de decisão do plano de amostragem sequencial (A), Curva Característica de Operação $CO(m)$ (B) e curva do tamanho esperado de amostras $E(N)$ (C) para o número de percevejos-do-colmo por m^2 em lavouras com área superior à 1,5ha, para os estádios R4 a R7, com base na Distribuição de Binomial Negativa e $K=7,3716$.

Este aumento da eficiência do método de amostragem com relação aos métodos convencionais também foram encontrados por Estefanel (1977), Villacorta; Tornero (1982),

Bearzoti; Aquino (1994), Farias et al. (2001), Fernandes et al. (2003), Silva et al. (2013), Souza et al. (2013) e Carleton et al. (2014), permitindo uma redução dos custos, tempo e mão-de-obra para se tomar a decisão de efetuar ou não o manejo.

A classificação dos planos de amostragem sequencial para *Tibraca limbativentris* foi considerada eficiente, pois permite uma tomada de decisão especializada, levando em consideração as dimensões da área de cultivo e estágio de desenvolvimento.

CONCLUSÃO

As dimensões da área de cultivo influenciam a dispersão e a densidade populacional de de *Tibraca limbativentris*.

Na entressafra, a população de *T. limbativentris* permanece agregada em plantas hospedeiras.

Durante a safra em áreas de cultivo o padrão de distribuição e o ajuste aos modelos probabilísticos sofrem influência do estágio de desenvolvimento da cultura e das dimensões da lavoura.

O plano de amostragem sequencial resultou na redução do número de unidades de amostragem necessárias para a tomada de decisão para o controle de *Tibraca limbativentris*.

REFERÊNCIAS

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

BARCOSA, J.C.; PERECIN, D. Modelos probabilísticos para distribuições de lagartas de

Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797), na cultura do milho. **Científica**, v. 10, n. 2, p. 181-191, 1982.

BLISS, C.I.; OWEN, A.R.G. Negative binomial distributions with a common K. **Biometrika**, v. 45, n. 1, 2, p. 37-58, 1958.

BOLDRINI, I. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. p. 63-77.

CARLETON, R. D. et al. A simulation approach to assessing sampling strategies for insect pests: an example with the balsam gall midge. **Plos One**, v. 8, n. 12, p. 1-10, 2014.

COLINET, H; SINCLAIR, B.J.; VERNON, P.; RENAULT, D. Insects in fluctuating thermal environments. **Annual Review Entomology**, v.60, p. 123-140, 2015.

COSTA, E.C.; LINK. D. Avaliação de danos de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz irrigado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v. 21, n. 1, p. 187-195, 1992.

COSTA, E.C.; LINK. D. Dispersão de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz irrigado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v. 21, n. 1, p. 197-202. 1992.

COSTA, M.G.; BARBOSA, J.C.; YAMAMOTO, P.T. Distribuição de probabilidade de ocorrência de *Orthezia praelonga* Douglas (Hemiptera: Sternorrhyncha: Ortheziidae) na cultura de citros. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 1, 395-401, 2006.

COTTRELL, T.E.; TILLMAN, P.G. Spatiotemporal distribution of *Chinavia hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae) in corn farmscapes. **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2015.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.

DA SILVA, J. F.; BLEICHER, E.; MARQUES, G. V.; SILVA, V. Distribuição espacial do pulgão preto em feijão de corda e cálculo do número de amostras. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 537-542, 2014.

DUELLI, P. Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. **Biological Conservation**, v. 54, p. 193-207, 1990.

ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates**. Ambleside: Freshwater Biological Association. 1979. 160 p.

ELLIOTT, N. C.; KIECKHEFER, R. W.; WALGENBACH, D. D. Binomial sequential sampling methods for cereal aphids in small grains. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, p. 1381-1387, 1990.

ESTEFANEL, V. **A amostragem seqüencial baseada no teste seqüencial da razão de probabilidades e seu uso no controle das lagartas da soja no Estado do Rio Grande do Sul**. 1977. 117 f. Dissertação (Mestrado em Experimentação e Estatística) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

FARIAS, P. R. S. BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C. Amostragem seqüencial (presença-ausência) para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 4, p. 691-695, 2001.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C. Distribuição Espacial da Lagarta-do-Cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na Cultura do Milho. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 4, p. 681-689, 2001.

FERNANDES, M.G.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C. Amostragem seqüencial de *Alabama argilacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 117-122, 2003.

FERREIRA, E.; ZIMMERMANN, F.J.P.; DOS SANTOS, A.B.; DAS NEVES, B.P. **O percevejo-do-colmo na cultura do arroz**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1997, 43p.

FINCH, S.; COLLIER, R.H. Hostplant selection by insects—a theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insects of cruciferous plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 96, n. 2, p.91-102, 2000.

FONSECA, P. R. B.; FERNANDES, M. G.; JUSTINIANO, W.; CAVADA, L. H.; DA SILVA, J. A. N. Spatial distribution of adults and nymphs of *Euschistus heros* (F.)(Hemiptera: Pentatomidae) on Bt and non-Bt soybean. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 6, p. 131-142, 2014.

GREEN, R. H. Measurement of non-randomness in spatial distributions. **Researches on Population Ecology**, Kyoto, v. 8, n. 1, p. 1-7, 1966.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G.A; STRECK, N.A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, p. 43-53, 2009.

JOHNSON, R. A.; KOTZ, S. **Discrete distributions**. Houghton Mifflin Co., Boston, 1969. 328p.

KLEIN, J. T.; REDAELLI, L. R.; BARCELLOS, A. *Andropogon bicornis* (Poales, Poaceae): a hibernation site for pentatomoidea(hemiptera: heteroptera) in a rice-growing region of southern Brazil.**Neotropical Entomology**, v. 42, n. 3, p. 240-245, 2013.

LINK, D.; GRAZIA, J. Pentatomídeos da região central do Rio Grandedo Sul (Heteroptera). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**,v. 16, n. 1, p. 115-129, 1987.

LÚCIO, A. D.; VIEIRA NETO, J.; CHIARADIA, L. A.; STORCK, L. Distribuição espacial e tamanho de amostra para ácaro-do-bronzeado da erva mate. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 143-150, 2009.

MARCELINO, M.C.S.; BARBOSA, J.C. Spatial distribution of adults of *Triozoida limbata* (Enderlein) (Hemiptera: Triozidae) in guava plants. **Neotropical Entomology**, v. 45, n. 1, p. 123-128, 2016

- MARTINS, I.C.F.; CIVIDANES, F.J.; BARBOSA, J.C.; LIMA JUNIOR, J.A.D.; CAMPOS, L.D. Population dynamics and spatial distribution of *Abaris basistriata* Chaudoir, 1873 (Coleoptera: Carabidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 1, p. 57-66, 2016.
- MEINERS, T. Chemical ecology and evolution of plant–insect interactions: a multitrophic perspective. **Current Opinion in Insect Science**, v. 8, n. 1, p. 22-28, 2015.
- MIELITZ, L.R. **Estudo da diapausa em *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) em condições de campo**. [Tese de Doutorado]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. 159 f. 1993.
- MORISITA M. I_δ-index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on population ecology**, Kyoto, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1962.
- NAKANO, O. **Entomologia Econômica**. ESALQ/USP, São Paulo, 2011. 464p.
- OLIVEIRA, M. D. G.; FERNANDES, M. G.; MOTA, T. A.; DE OLIVEIRA, H. N. Distribuição espacial de adultos de *Empoasca kraemeri* (Hemiptera: Cicadellidae) em pinhão-manso *Jatropha curcas* L. **Entomotropica**, v. 31, n. 237-243, 2016.
- PANIZZI, A. R. Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. **Annual Review of Entomology**, v. 42, n. 1, p. 99-122, 1997.
- PANIZZI, A.R. Ecologia nutricional de insetos sugadores de sementes. In: PANIZZI A.R.; PASINI, M.P.B.; LÚCIO, A.D.; RIBEIRO, A.D.P. Populations of phytophagous bugs influenced by crop background and wild plants. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 4, p. 410-417, 2015.
- PERECIN, D.; BARBOSA, J. C. Amostragem e análise estatística de dados de distribuição de contágio. **Revista Matemática e Estatística**, v. 10, n. 2, p. 207-216, 1992.
- RABINOVICH, J. E. **Introducción a la ecología de poblaciones animales**. México: Continental, 1980. 313 p.

REAY-JONES, F. P. F.; TOEWS, M. D.; GREENE, J. K.; REEVES, R. B. Spatial dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) and associated boll injury in southeastern cotton fields. **Environmental Entomology**, v. 39, n. 3, p. 956-969, 2010.

REAY-JONES, F.P. Spatial distribution of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 92-98, 2014.

RÉGNIÈRE, J.; BOULET, B.; TURGEON, J. J. Sequential sampling plan with two critical levels for spruce bud moth (Lepidoptera: Tortricidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 81, n. 1, p. 220-224, 1988.

REISIG, D. D.; ROE, M.; DHAMMI, A. Dispersal pattern and dispersion of adult and nymph stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat and corn. **Environmental Entomology**, v. 42, n. 6, p. 1184-1192, 2013.

RIBEIRO, K.T.; CODEÇO, C.T.; FERNANDES, G.W. Local and regional spatial distribution of an eruptive and a latent herbivore insect species. **Austral Ecology**, v. 28, p. 99–107, 2003.

RUESINK, W.G.; KOGAN, M. The quantitative basis of pest management and measuring. In: METCALF, R.L.; LUCKMANN, W.H. (ed.). **Introduction to insect pest management**. New York: John Wiley & Sons Inc, 1975. p. 309-351.

SANTOS, R.S.; REDAELLI, L.R.; DIEFENBACH, L.M.; ROMANOWSKI, H.P.; PRANDO, H.F.; ANTOCHEVIS, R.C.; Distribuição espacial de *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) durante a hibernação. **Entomotropica**, v. 19, n. 2, p. 91-100, 2004.

SEGOLI, M.; ROSENHEIM, J.A. Spatial and temporal variation in sugar availability for insect parasitoids in agricultural fields and consequences for reproductive success. **Biological Control**, v. 67, p. 163–169, 2013.

SHEPARD, M. Sequential sampling plants for soybean arthropods. In: KOGAN, M.; HERLOG, D. C. **Sampling Methods in Soybean Entomology**. Nova York/Berlin: Springer-Verlang. 1980. p. 79-83.

SILVA, A.S.; MOTA, T. A.; FERNANDES, M. G.; KASSAB, S. O. Sequential sampling of *Bemisia tuberculata* (Bondar, 1923) (Hemiptera: Aleyrodidae) on cassava crop. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 2, p. 889-896, 2013.

SILVA, V.; LOZANO, G. V.; DA SILVA, J. F.; ERVINO, B. Distribuição espacial da cigarrinha *Empoasca kraemeri* Ross e Moore (Hemiptera: Cicadellidae) no feijão-de-corda e cálculo do número de amostras. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 4, p. 335-341, 2014.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia de insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (Sosbai). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: Sosbai, 2014.

SOUTHWOOD, T. E. R.; HENDERSON, P. A. **Ecological methods**. Wiley, New York, 3 ed., 2000. 593 p.

SOUZA, L. A.; BARBOSA, J. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; FRAGA, D. F.; MALDONADO JR, W.; BUSOLI, A. C. Spatial distribution of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 4, p. 412-418, 2013.

STINNER, R.E.; BARFIELD, C.S.; STIMAC, J.L.; DOHSE, L. Dispersal and movement of insect pests. **Annual Review of Entomology**, v. 28, n. 1, p. 319-335, 1983.

TRIPLEHORN, C. A.; NORMAN F. J. **Estudo dos insetos**. Cengage: São Paulo, 2011, 916p.

TRUJILLO, M.R. **Contribuição ao conhecimento do dano e biologia de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera- Pentatomidae) praga da cultura do arroz**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1970. 63p. Tese mestrado.

VILLACORTA, A.; TORNERO, M. T. T. Plano de amostragem seqüencial de dano causado por *Perileucoptera coffeella* no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 9, p. 1249-1260, 1982.

BEARZOTI, E.; AQUINO, L. H. Plano de amostragem sequencial para avaliações de infestação de bicho-mineiro (Lepidoptera: Lyonetiidae) no Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 695-705, 1994.

WALD, A. Sequential tests of statistical hypothesis. **Annals Mathematical Statistics**, v. 16, n. 2, p. 117-186, 1945.

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

WALZER A.; MODER K.; SCHAUSBERGER, P. Spatiotemporal within-plant distribution of the spider mite *Tetranychus urticae* and associated specialist and generalist predators. **Bulletin of Entomological Research**, v. 99, n. 1, p. 457–466, 2009. DOI: 10.1017/S0007485308006494.

5. DISCUSSÃO

O comportamento referido por Trujilo (1970) e Ferreira et al. (1997) descreve adequadamente a dinâmica encontrada nas áreas de cultivo para a população do percevejo-do-colmo. Nas áreas de estudo, verificou-se que os adultos quiescentes de *Tibraca limbativentris* deixavam os abrigos no final de setembro e início de outubro procurando plantas hospedeiras para alimento e copula. Com a semeadura do arroz e emergência das plântulas os insetos de *T. limbativentris* migravam para as lavouras e continuavam suas atividades fisiológicas até a colheita do arroz. Após a colheita, as populações infestantes podem migrar para sítios de quiescência, em áreas de refúgio, ao redor das áreas de lavoura, como restos culturais ou gramíneas e ciperáceas nativas, permanecendo nestes locais em diapausa reprodutiva.

Nas lavouras avaliadas verificou-se que, no entorno das áreas de cultivo, a população de percevejo-do-colmo em *Andropogon bicornis* e *A. lateralis* permanece abrigada em quiescência, sendo estimulada pelo aumento da temperatura média do ar, o que reflete numa diminuição da densidade populacional dos indivíduos contidos em seu interior. Na entressafra da cultura do arroz e pré-semeadura, verificou-se em plantas hospedeiras de entorno que a distribuição da população do percevejo-do-colmo apresentou distribuição contagiosa ou agregada, apresentando variâncias superiores à média. De acordo com Stiner et al. (1983) a dispersão e o movimento de insetos-pragas possuem estreita relação com a distribuição de plantas hospedeiras pois, conforme Finch & Collier (2000), influenciam o grau de agregação das populações.

Com o início da dispersão dos insetos de *T. limbativentris* diminuiu a concentração de indivíduos ocorrentes nas plantas hospedeiras, refletindo em redução dos valores médios e um aumento proporcional variância, sendo classificada a distribuição como altamente agregada. Conforme Meiners (2015), os abrigos são selecionados a partir das motivações associadas a busca por abrigo com temperatura, umidade, radiação e ação eólica controladas, decorrente do comportamento da espécie que. Os níveis populacionais ocorrentes no entorno das áreas de cultivo interferem na população infestante do percevejo-do-colmo que, por sua vez, apresenta dependência espacial com seu entorno (PASINI et al., 2014). Regiões com elevadas populações de insetos quiescentes tendem a ter elevadas pressões populacionais sob as áreas de cultivo.

Na pré-semeadura, poucos indivíduos permaneceram ainda em plantas hospedeiras, sendo atribuído ao comportamento de dispersão da espécie devido à procura de alimento e cópula (SMANIOTTO & PANIZZI, 2015). Com a semeadura do arroz e emergência das

plântulas, os insetos migraram para as lavouras e continuaram suas atividades fisiológicas até a colheita do arroz. Nesta fase de evolução vegetativa do arroz, a disponibilidade de alimento e características nutricionais das plantas interferem no fluxo populacional. Os adultos do percevejo-do-colmo passam a procurar a área de cultivo como ambiente para o seu desenvolvimento, sendo esta dispersão na área de cultivo gradativa e limitada pela habilidade de voo dos percevejos (LINK & GRAZIA, 1987; SOUZA et al., 2013; REAY-JONES, 2014; KRINSKI & FOERSTER, 2016).

Nas diferentes avaliações verificou-se uma relação inversa entre a densidade populacional do percevejo-do-colmo e o tamanho da área de cultivo, indicando que quanto maior for a área de cultivo menor será a densidade populacional. Esse resultado evidencia a dependência espacial desta espécie com o entorno da lavoura de cultivo. Conforme Cottrell & Till (2015) a densidade populacional ocorrente no entorno em plantas hospedeiras determina a taxa de infestação e o grau de agregação de pentatomídeos pois são dependentes, sobretudo, das dimensões da área de cultivo

A partir dos estádios reprodutivos, com a formação e início do enchimento do grão das plantas de arroz, ocorre redução da palatabilidade das plantas para o percevejo-do-colmo, aumentando o número de picadas de prova sem êxito. Essa condição de estresse interfere no fluxo populacional, forçando a população a procurar alimento e abrigo no entorno da área de cultivo aumentando, assim, o nível populacional nas plantas hospedeiras (HOWE & JANDER, 2008; ZENG & DICK, 2008; NGUYEN-NGOC et al., 2012).

Após a colheita os indivíduos que não migraram durante o cultivo migram para plantas no entorno da área onde permanecem nos períodos de baixas temperaturas do ar (LINK & GRAZIA, 1987; FERREIRA et al., 1997; KRINSKI & FOERSTER, 2016). A manutenção das populações de pentatomídeos fitófagos depende da ocorrência sucessiva de plantas hospedeiras e da presença de um hibernáculo favorável associadas a características morfogênicas, estruturais e morfofisiológicas das plantas hospedeiras (HOWE & JANDER, 2008; ZENG & DICK, 2008).

Estes comportamentos ficaram evidentes a partir dos mapas de distribuição espacial confeccionados pelo uso da krigagem. Foi caracterizada a variabilidade espacial da população do percevejo-do-colmo durante a entressafra e safra, bem como seu fluxo populacional, permitindo estabelecer zonas de manejo.

Os mapas de krigagem ajudam a elucidar os valores estimados e os ajustes aos modelos probabilísticos propostos. Nesses mapas, verificou-se que nas entressafras de 2012 e 2013 ocorreu uma similaridade nos locais de maior população de percevejo com o

estabelecimento da cultura. As regiões de maior população de insetos coincidiram com as proximidades das maiores populações que ocorreram na entressafra. Desta forma os insetos procuram as plantas hospedeiras para postura o mais próximo possível de suas fontes de alimentação, conferindo elevadas populações em determinadas regiões da área de cultivo, diferentes de outras que por estarem distantes destes locais, apresentam baixos níveis populacionais.

A partir dos ajustes das lavouras e das avaliações aos modelos probabilísticos estudados, as áreas de cultivo puderam ser classificadas em dois grupos em relação às suas dimensões e comportamentos similares das distribuições de frequência. Nas lavouras 1, 5 e 6 os padrões de distribuição para os estádios V3, V6 e V9 indicaram padrão ao acaso, uniforme ou agregado, sendo reflexo da migração e dispersão dos insetos nessas áreas. Nos estádios R2, R4, R6 e R9 os padrões de distribuição indicaram serem ao acaso e uniforme. Nas lavouras 2, 3 e 4 o padrão de distribuição para o estádio V3 indicaram padrão uniforme e nos demais estádios os padrões de distribuição indicaram serem agregada ou ao acaso. Houve, em algumas avaliações, o não ajuste as distribuições mesmo com os índices direcionandopara uma distribuição agregada, indicando o ajuste dos dados a outro modelo de distribuição contagiosa que possa descrever a agregação (SANTOS et al., 2004). Esses resultados diferem dos encontrados por Costa & Link (1992) que ao avaliarem a distribuição de *T. limbativentris* ajustaram a dois modelos distintos, ao acaso (Poisson) para adultos infestantes da cultura na fase vegetativa e agregada (Binomial negativa) na fase reprodutiva da cultura quando a população inicial é acrescida de seus descendentes.

Conforme Reay-Jones (2010, 2014), a definição dos padrões de agregação e dos modelos probabilísticos adequados possibilita prever e direcionar estratégias de manejo direcionadas e localizadas que podem influenciar em alternativas para reduzir a migração e a dispersão. Pelos padrões obtidos nas diferentes áreas de cultivo, verificou-se que para lavouras de menores dimensões as estratégias de manejo devem ser adotadas em área total, já nas áreas de tamanho maior, as estratégias podem ser direcionadas em áreas próximas as bordaduras, regiões onde se inicia a infestação do percevejo-do-colmo.

Essas informações colaboram para o estabelecimento de medidas locais de supressão populacional dos insetos-praga, onde o uso da geoestatística associada aos modelos probabilísticos representam para o percevejo-do-colmo um valioso conjunto de ferramentas que demonstraram o padrão de sua variabilidade espaço-temporal (SCIARRETTA & TREMATERRA, 2014). Constatado o padrão de variabilidade espacial e a respectiva dinâmica populacional verifica-se que ações supressivas podem ser tomadas desde

entressafra, com a eliminação de plantas hospedeiras, até o desenvolvimento da cultura com manejo localizado, promovendo uma quebra na dinâmica e conseqüentemente na densidade populacional.

A partir dos resultados obtidos nos planos de amostragem para o percevejo-do-colmo, verificou-se um aumento da eficiência destes com relação a amostragem recomendada pela SOSBAI (2014). Conforme WALD (1945), planos de amostragem sequencial apresentam maiores eficiências que os convencionais, além disso, seus níveis de confiância são considerados elevados, pois, suas tomadas de decisão têm por base estudos de distribuição espacial. Este aumento da eficiência do método de amostragem com relação aos métodos convencionais também foram encontrados por ESTEFANEL (1977), VILLACORTA & TORNERO (1982), BEARZOTI & AQUINO (1994), FARIAS et al. (2001), FERNANDES et al. (2003), SILVA et al. (2013), SOUZA et al. (2013) e CARLETON et al. (2014).

6. CONCLUSÃO

A população de *Tibraca limbativentris* na entressafra é elevada no entorno e ausente nas áreas de cultivo, enquanto que durante a safra esse fluxo se inverte, a população é maior na área de cultivo e menor ou ausente nas plantas hospedeiras de entorno.

O diâmetro e a espécie de planta hospedeira influenciam a população de *Tibraca limbativentris*. Plantas com 0,10 metros e da espécie *Andropogon bicornis* possuem menores populações de percevejos.

A maior população de *Tibraca limbativentris* durante a entressafra em plantas hospedeiras de entorno se concentra até 45 metros da bordadura, sendo que os mesmos se dispersam até 150 metros da bordadura.

A população de *Tibraca limbativentris* apresenta elevada dependência espacial.

A infestação do *Tibraca limbativentris* em áreas de cultivo e seus respectivos níveis populacionais apresentam forte dependência com as plantas de entorno da área.

As dimensões da área de cultivo influenciam a dispersão e a densidade populacional de de *Tibraca limbativentris*.

Na entressafra a população de *Tibraca limbativentris* permanece agregada em plantas hospedeiras.

Durante a safra em áreas de cultivo o padrão de distribuição e o ajuste aos modelos probabilísticos sofrem influência do estágio de desenvolvimento da cultura e das dimensões da lavoura.

O plano de amostragem sequencial resultou na redução do número de unidades de amostragem necessárias para a tomada de decisão para o controle de *Tibraca limbativentris*.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C. Amostragem sequencial. In: FERNANDES, O. A.; CORREIA, A. C. B.; DE BORTOLI, S. A. (Eds.) **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal: FUNEP, p. 205-211, 1992.
- BARBOSA, J. C. et al. Aspectos computacionais da estimação dos parâmetros de distribuição binomial negativa e Neyman tipo A, pelo método dos mínimos quadrados. **Rev. Mat. Estat.** v. 5, p. 31-43, 1987.
- BEARZOTI, E.; AQUINO, L. H. Plano de amostragem sequencial para avaliações de infestação de bicho-mineiro (Lepidoptera: Lyonetiidae) no Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 695-705, 1994.
- BALLESTEROS-MEJIA, L.; KITCHING, I.J.; JETZ, W.; NAGEL, P.; BECK, J. Mapping the biodiversity of tropical insects: species richness and inventory completeness of African sphingid moths. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 5, p. 586-595, 2013.
- BLISS, C. I.; OWEN, A. R. G. Negative binomial distributions with a common k. **Biometrika**, London, v. 45, n. 1-2, p. 37-58, 1958.
- BOTTON, M. et al. Biologia de *Tibraca limbativentris* Stal sobre plantas de arroz. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, n. 1, p. 21-26, 1996.
- CARLETON, R. D. et al. A simulation approach to assessing sampling strategies for insect pests: an example with the balsam gall midge. **Plos One**, v. 8, n. 12, p. 1-10, 2014.
- COSTA, E.C.; LINK, D. Avaliação de danos de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz irrigado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v. 21, n. 1, p. 187-195, 1992a.
- COSTA, E.C.; LINK, D. Dispersão de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz irrigado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. 21: 197-202. 1992b.
- COSTA, M. G. et al. Distribuição de probabilidade de ocorrência de *Orthezia praelonga* Douglas (Hemiptera: Sternorrhyncha: Ortheziidae) na cultura de citros. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 395-401, 2006.
- COTTRELL, T. E.; TILLMAN, P. G. Spatiotemporal distribution of *Chinavia hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae) in corn farmscapes. **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2015.
- COUNCE, P. A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.
- ELLIOTT, J. M. **Some methods for the statistical analysis of sample benthic invertebrates**. Ambleside: Freshwater Biological Association. 1979. 160 p.

ESTEFANEL, V. **A amostragem seqüencial baseada no teste seqüencial da razão de probabilidades e seu uso no controle das lagartas da soja no Estado do Rio Grande do Sul.** 1977. 117 f. Dissertação (Mestrado em Experimentação e Estatística) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

DUARTE, F.; CALVO, M.V.; BORGES, A.; SCATONI, I.B. Geostatistics and geographic information systems to study the spatial distribution of *Grapholita molesta* (Busck)(Lepidoptera: Tortricidae) in peach fields. **Neotropical Entomology**, v. 44, n. 4, p. 319-327, 2015.

FARIAS, P. R. S. et al. Amostragem seqüencial (presença-ausência) para *Spodoptera frugiperda*(J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 4, p. 691-695, 2001.

FARIAS, P. R. S. et al. 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. et al. Amostragem seqüencial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 117-122, 2003.

FERREIRA, E.; ZIMMERMANN, F.J.P.; DOS SANTOS, A.B.; DAS NEVES, B.P.O **percevejo-do-colmo na cultura do arroz.** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1997, 43p.

FERREIRA, E. et al. **Percevejo das panículas do arroz: fauna heteroptera associada ao arroz.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 52p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica Online, 43).

FINCH, S.; COLLIER, R.H. Host-plant selection by insects—a theory based on ‘appropriate/inappropriate landings’ by pest insects of cruciferous plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 96, n. 2, p.91-102, 2000.

FREITAS, T. F. S. et al. Produtividade de arroz irrigado e eficiência da adubação nitrogenada influenciadas pela época da semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2397-2405, 2008.

FRITZ, L. L. et al. Agroecossistemas orizícolas irrigados: insetos-praga, inimigos naturais e manejo integrado. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p.720-732, 2008.

GREEN, R. H. Measurement of non-randomness in spatial distributions. **Researches on Population Ecology**, Kyoto, v. 8, n. 1, p. 1-7, 1966.

HELDWEIN, A. B. et al. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, p. 43-53, 2009.

HOWE, G.A.; JANDER, G. Plant Immunity to insect herbivores. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 41-66, 2008.

JOHNSON, R.A.; KOTZ, S. **Discrete distributions**. Houghton Mifflin Co., Boston, 1969. 328p.

LANDIM, P. M. B.; YAMAMOTO, J. K. **Geoestatística – conceitos e aplicações**. Oficina de textos. 2013. 210p.

LINK, D.; GRAZIA, J. Pentatomídeos da região central do Rio Grande do Sul (Heteroptera). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 16, n. 1, p. 115-129, 1987.

LÚCIO, A. D. et al. Distribuição espacial e tamanho de amostra para ácaro-do-bronzeado da erva mate. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 143-150, 2009.

KRINSKI, D.; FOERSTER, L.A. Damage by *Tibraca limbativentris* Stål (Pentatomidae) to upland rice cultivated in Amazon Rainforest Region (Brazil) at different growth stages. **Neotropical Entomology**, n. 1, p. 1-8, 2016.

MAGALHÃES JUNIOR, A. M. et al. Aspectos genéticos, morfológicos e de desenvolvimento de plantas de arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**, Embrapa, Brasília, p. 143-160, 2004.

MARTINS, J. F. S. et al. **Situação do manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz irrigado no Brasil**. Pelotas, Embrapa Clima Temperado. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 290), 2009, 40p.

MEINERS, T. Chemical ecology and evolution of plant–insect interactions: a multitrophic perspective. **Current Opinion in Insect Science**, v. 8, n. 1, p. 22-28, 2015.

MORISITA M. I_{δ} -index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on population ecology**, Kyoto, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1962.

NAKANO, O. **Entomologia Econômica**. ESALQ/USP, São Paulo, 2011. 464p.

NGUYEN-NGOC, D; NGUYEN-HUU, T; AUGER, P. Effects of fast density dependent dispersal on pre-emptive competition dynamics. **Ecological Complexity**, v. 10, n. 1, p. 26-33, 2012.

OLIVEIRA, J. V. et al. **Manejo de insetos associados à cultura do arroz irrigado**. IRGA, Cachoeirinha, RS, 2010. 56p. Boletim Técnico Nº 08.

PASINI, M. P. B.; LÚCIO, A. D.; RIBEIRO, A. D. P. Populations of phytophagous bugs influenced by crop background and wild plants. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 4, p. 410-417, 2015.

RABINOVICH, J. E. **Introducción a la ecología de poblaciones animales**. México: Continental, 1980. 313 p.

REAY-JONES, F.P.F. Spatial and temporal patterns of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. **Environmental Entomology**, v. 39, n. 3, p. 944-955, 2010.

REAY-JONES, F. P. Spatial distribution of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 92-98, 2014.

RUESINK, W. G.; KOGAN, M. The quantitative basis of pest management and measuring. In: METCALF, R. L.; LUCKMANN, W. H. (Eds.). **Introduction to insect pest management**. New York: John Wiley & Sons Inc, 1975. 548 p.

SMANIOTTO, L.F.; PANIZZI, A.R. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 1, p. 7-17, 2015.

SCIARRETTA, A.; TREMATERRA, P. Geostatistical tools for the study of insect spatial distribution: practical implications in the integrated management of orchard and vineyard pests. **Plant Protection Science**, v. 50, n. 2, p. 97-110, 2014.

SHEPARD, M. Sequential sampling plants for soybean arthropods. In: KOGAN, M.; HERLOG, D. C. **Sampling Methods in Soybean Entomology**. Nova York/Berlin: Springer-Verlang. 1980. p. 79-83.

SANTOS, R. S. et al. Distribuição espacial de *Oebalus poecilus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) durante a hibernação. **Entomotropica**, v. 19, n. 2, p. 91-100, 2004.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (Sosbai). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: Sosbai, 2014.

SOUTHWOOD, T. E. R.; HENDERSON, P. A. **Ecological methods**. Wiley, New York, 3 ed., 2000. 593 p.

SOUZA, L. A. et al. Spatial Distribution of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) in Soybean. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 1, p. 412-418, 2013.

SOUZA, L. A. et al. Spatial distribution of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. **Neotropical entomology**, v. 42, n. 4, p. 412-418, 2013.

STINNER, R. E. et al. Dispersal and movement of insect pests. **Annual Review of Entomology**, v. 28, n. 1, p. 319-335, 1983.

TRUJILLO, M.R. **Contribuição ao conhecimento do dano e biologia de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera- Pentatomidae) praga da cultura do arroz**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1970. 63p. Tese mestrado.

VILLACORTA, A.; TORNERO, M. T. T. Plano de amostragem seqüencial de dano causado por *Perileucoptera coffeella* no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 9, p. 1249-1260, 1982.

WALD, A. Sequential tests of statistical hypothesis. **Annals Mathematical Statistics**, v. 16, n. 2, p. 117-186, 1945.

WALTER, L.C.; STRECK, N.A.; ROSA, H.T.; FERRAZ, S.E.T.; CERA, J.C. Mudanças climáticas e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2411-2418, 2010.

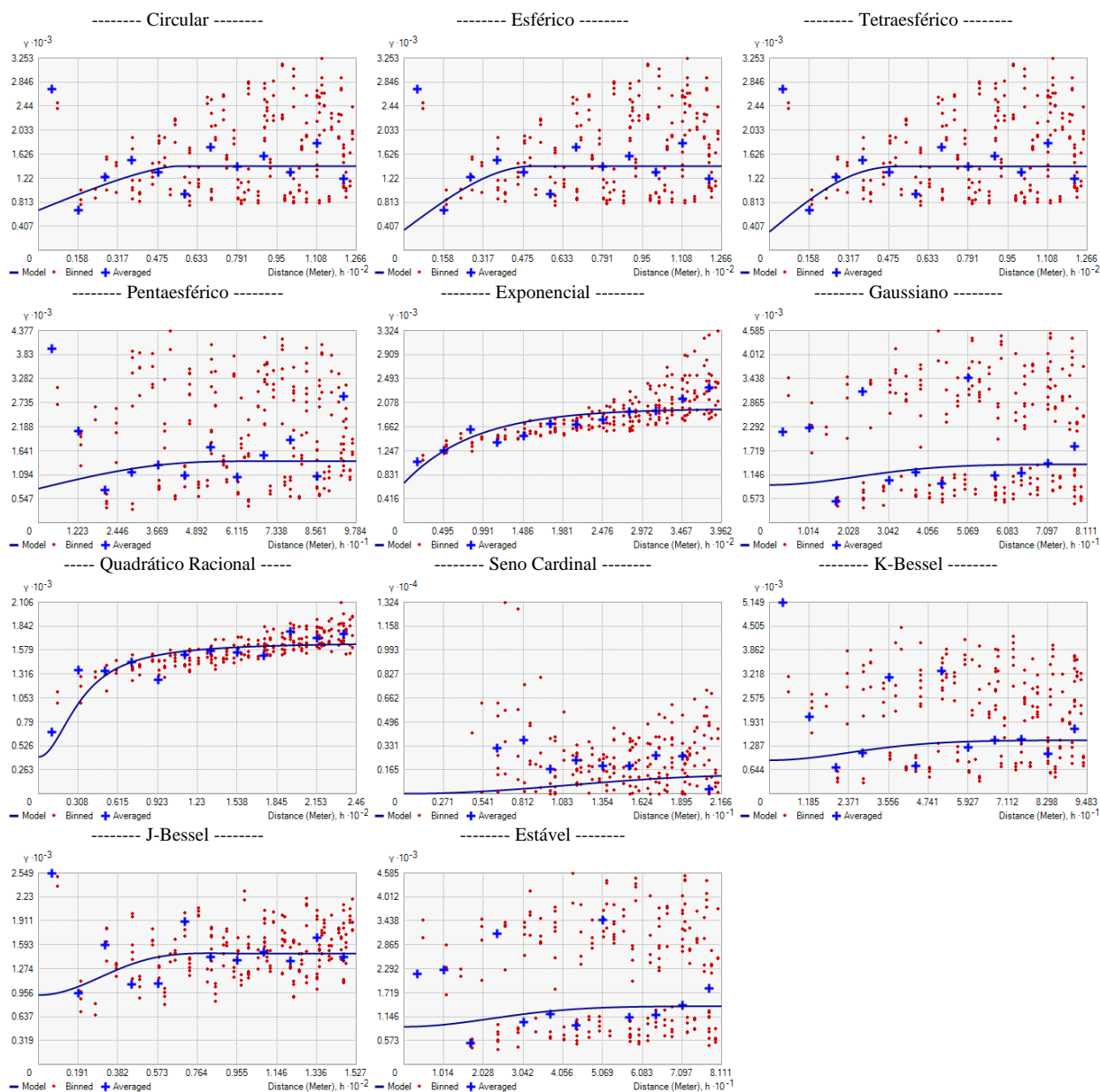
YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Manila: IRRI, 1981. 269p.

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

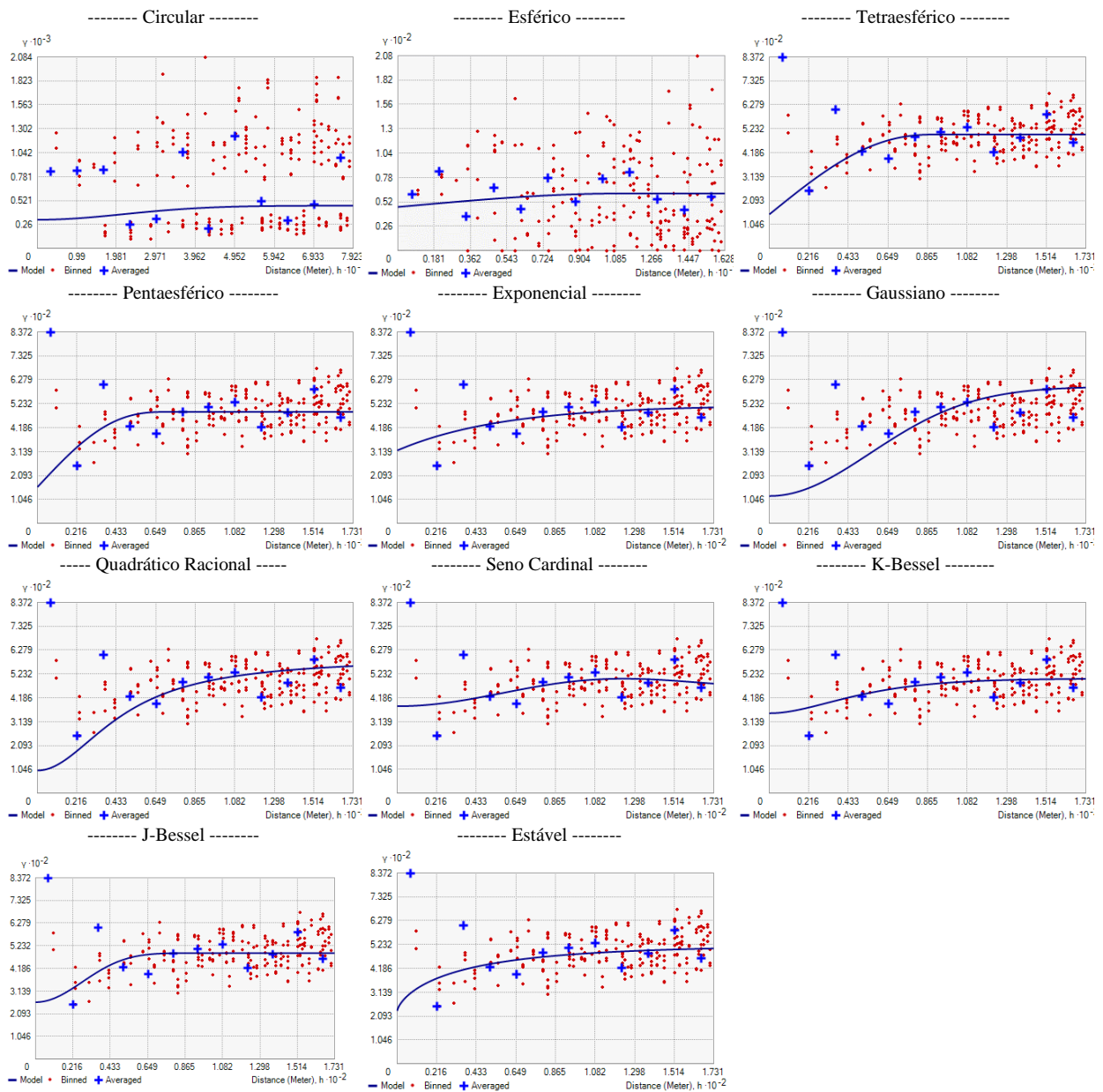
ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Pearson, New Jersey, 5 ed. 2010. 947p.

APÊNDICES

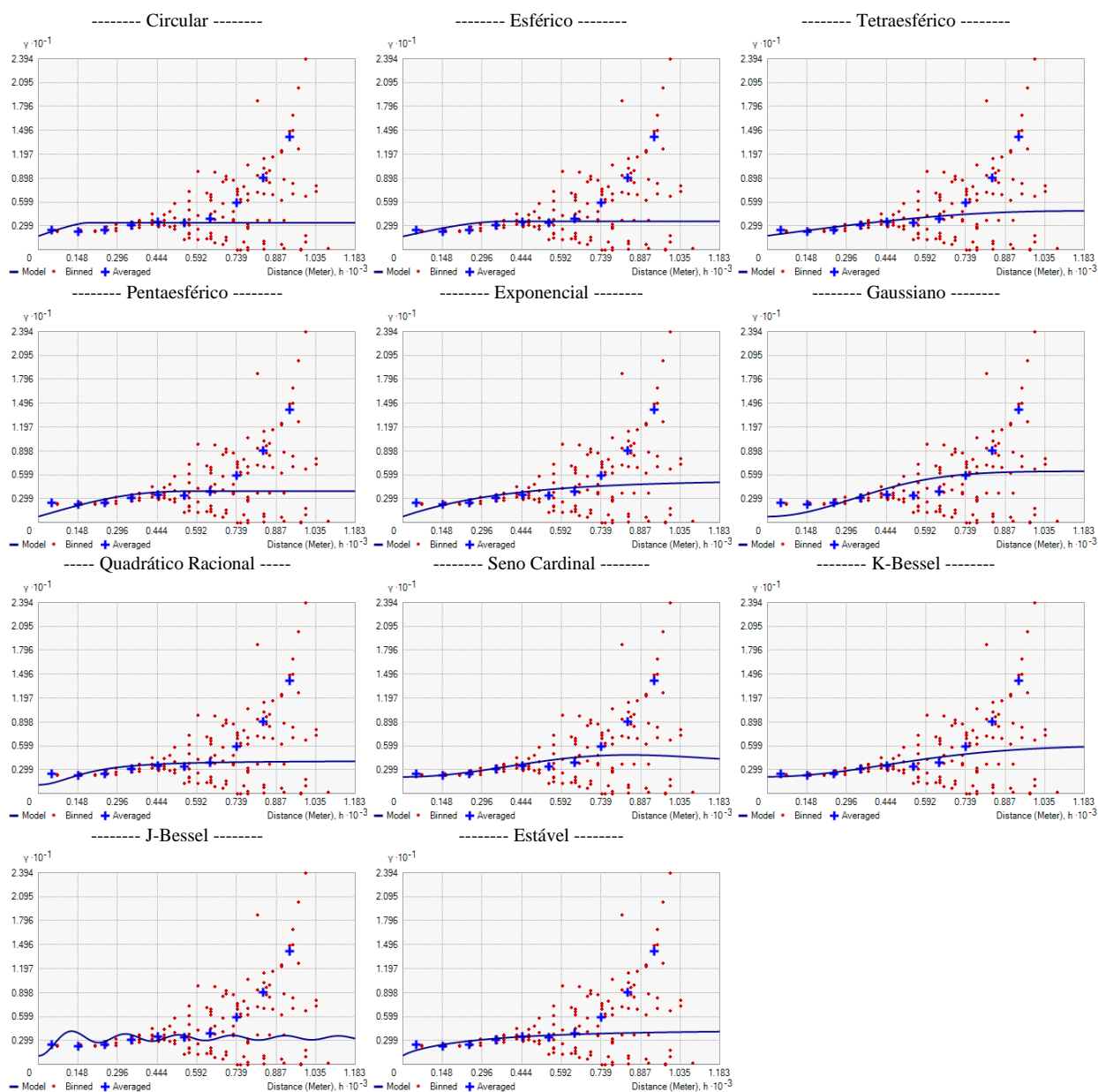
Apêndice A – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Entressafra 2012.



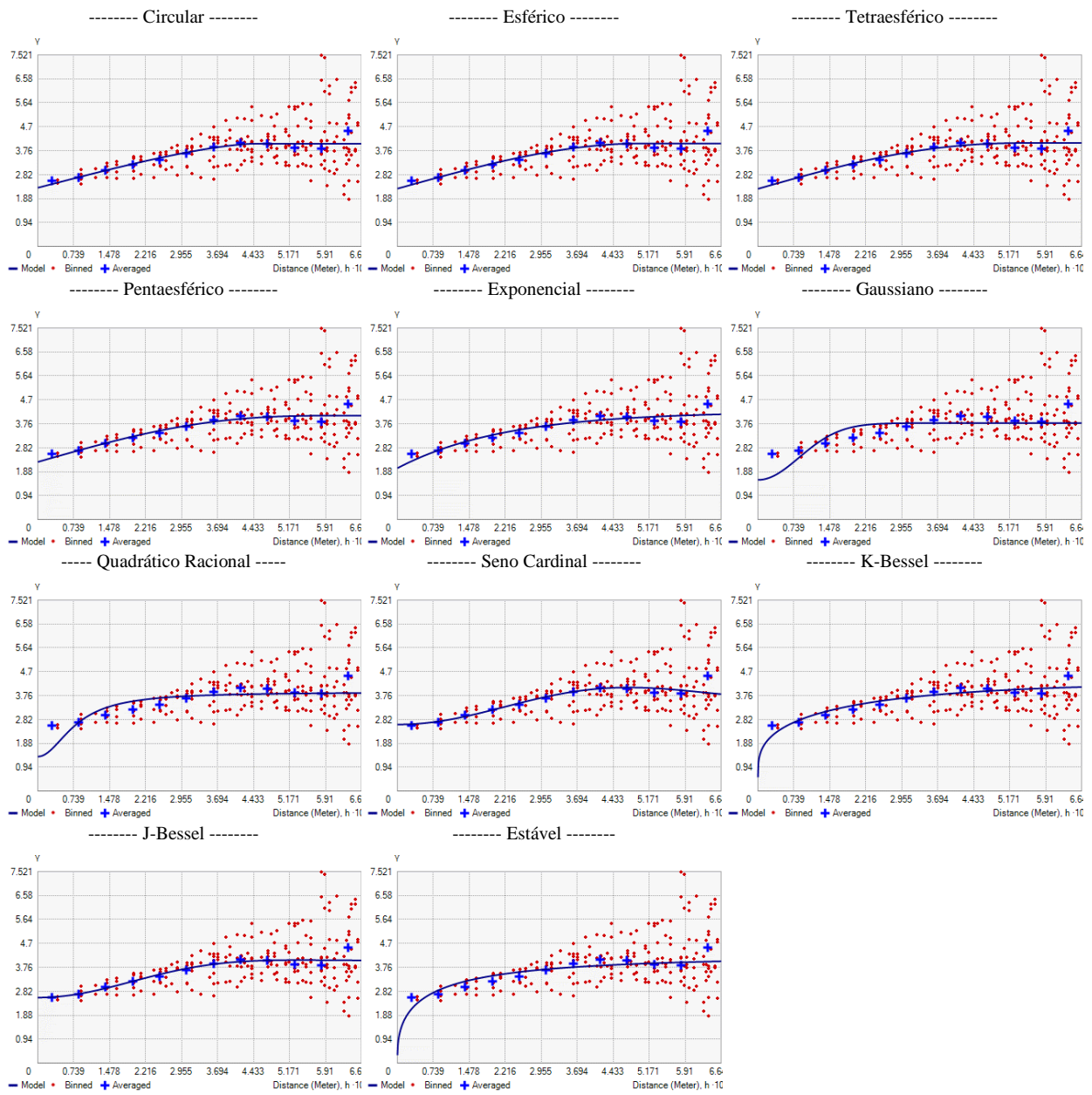
Apêndice B – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Pré-Semeadura 2012.



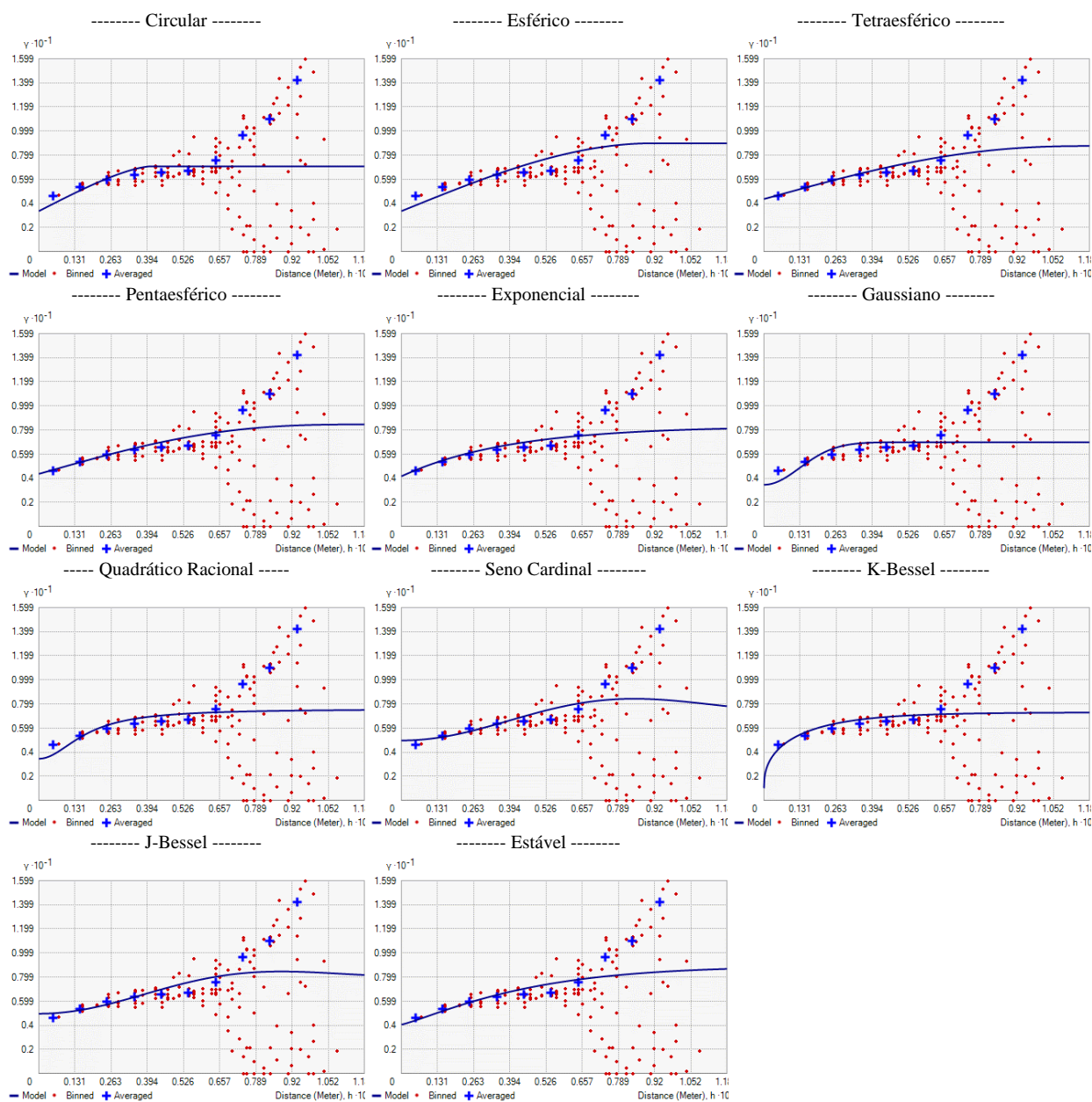
Apêndice C – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Primeira Avaliação.



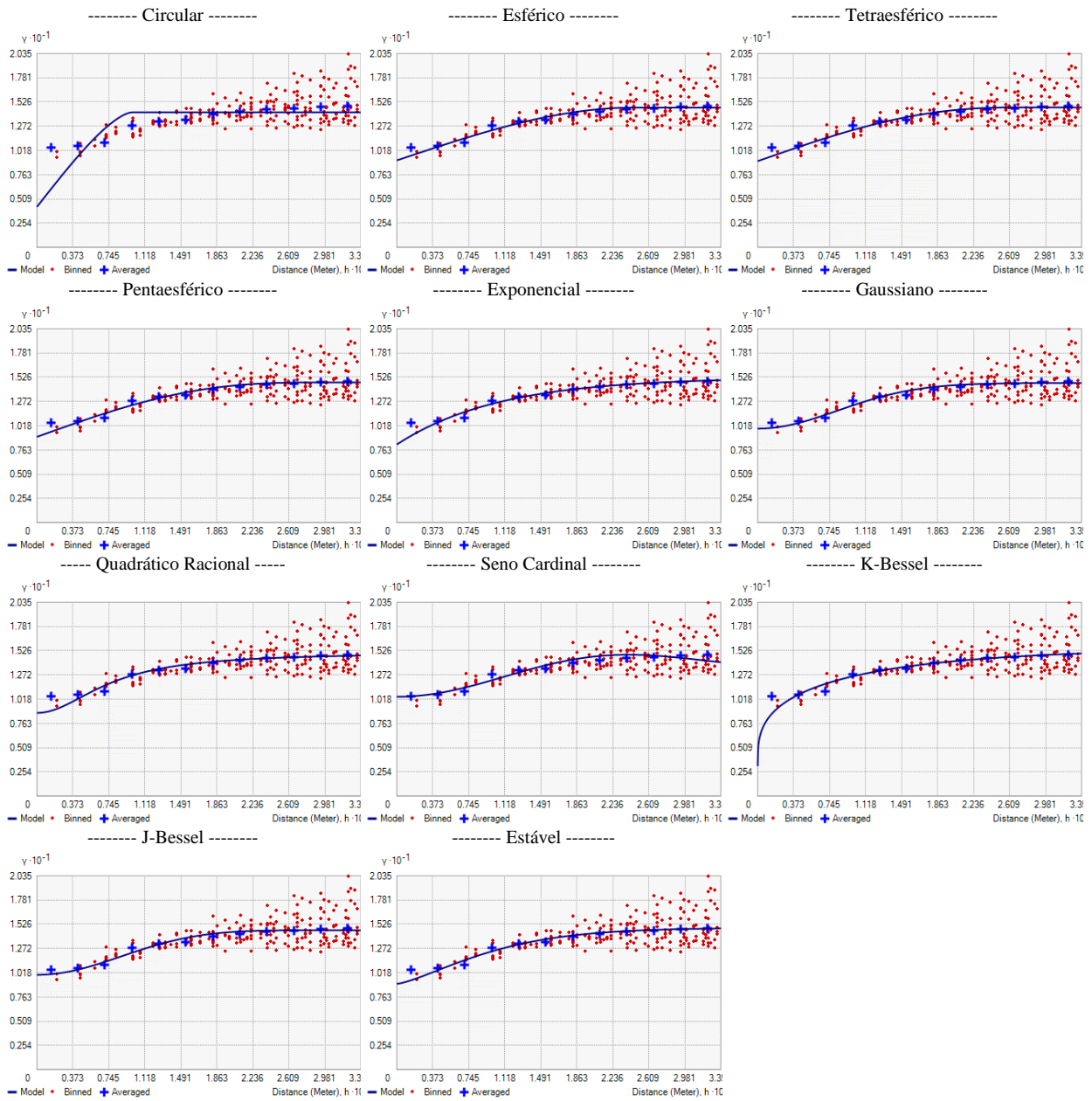
Apêndice D – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Segunda Avaliação.



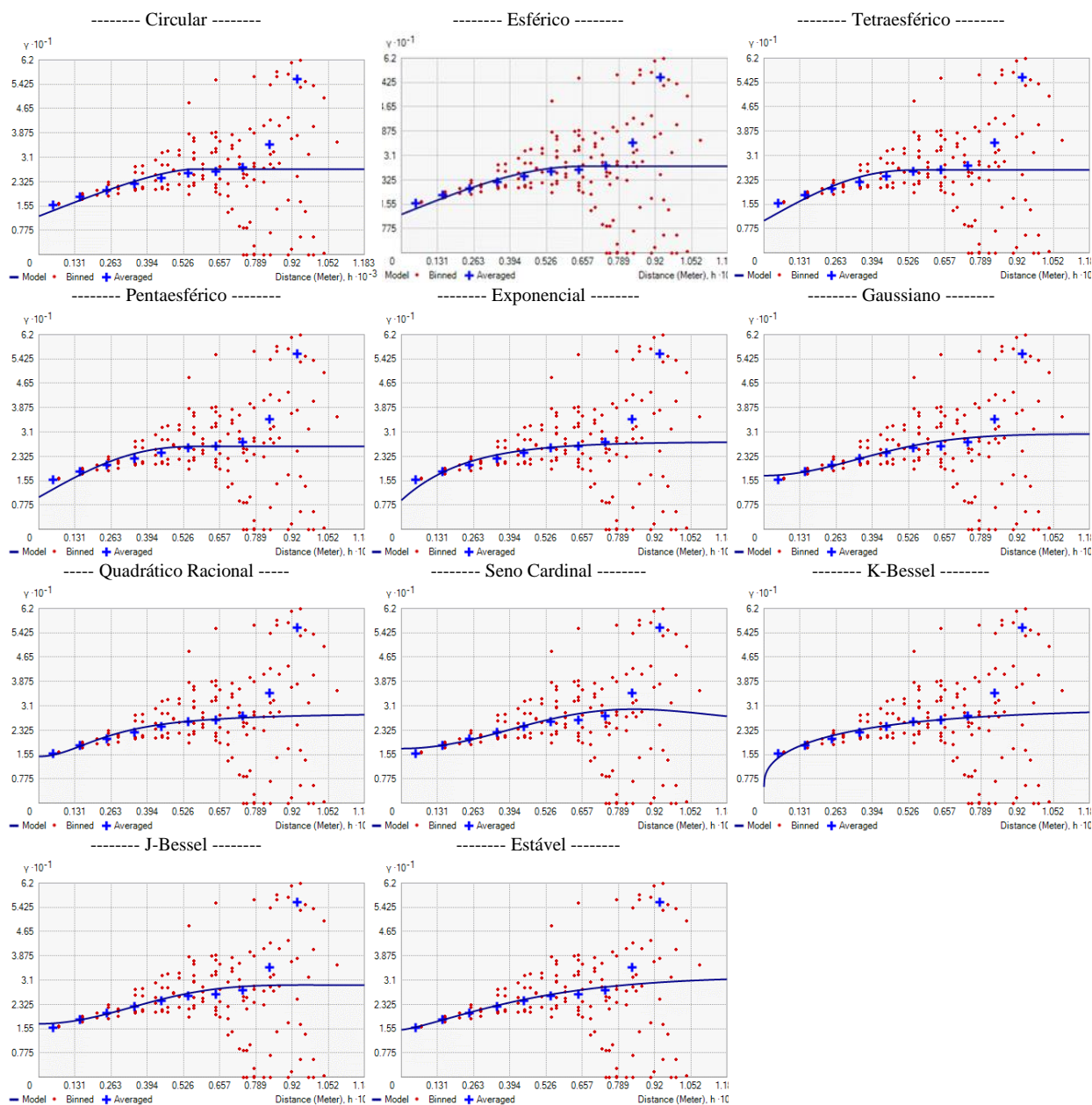
Apêndice E – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Terceira Avaliação.



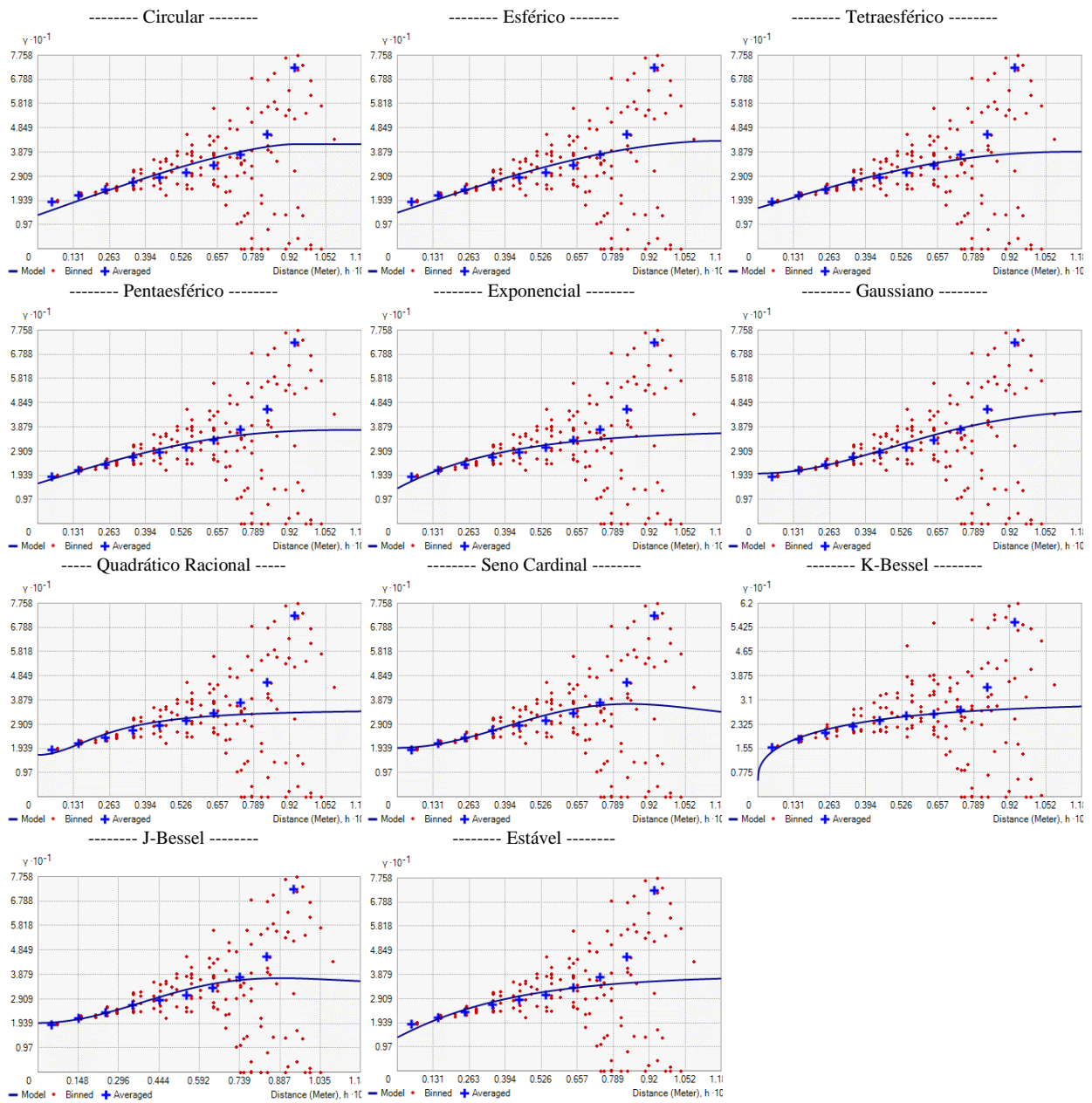
Apêndice F – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Quarta Avaliação.



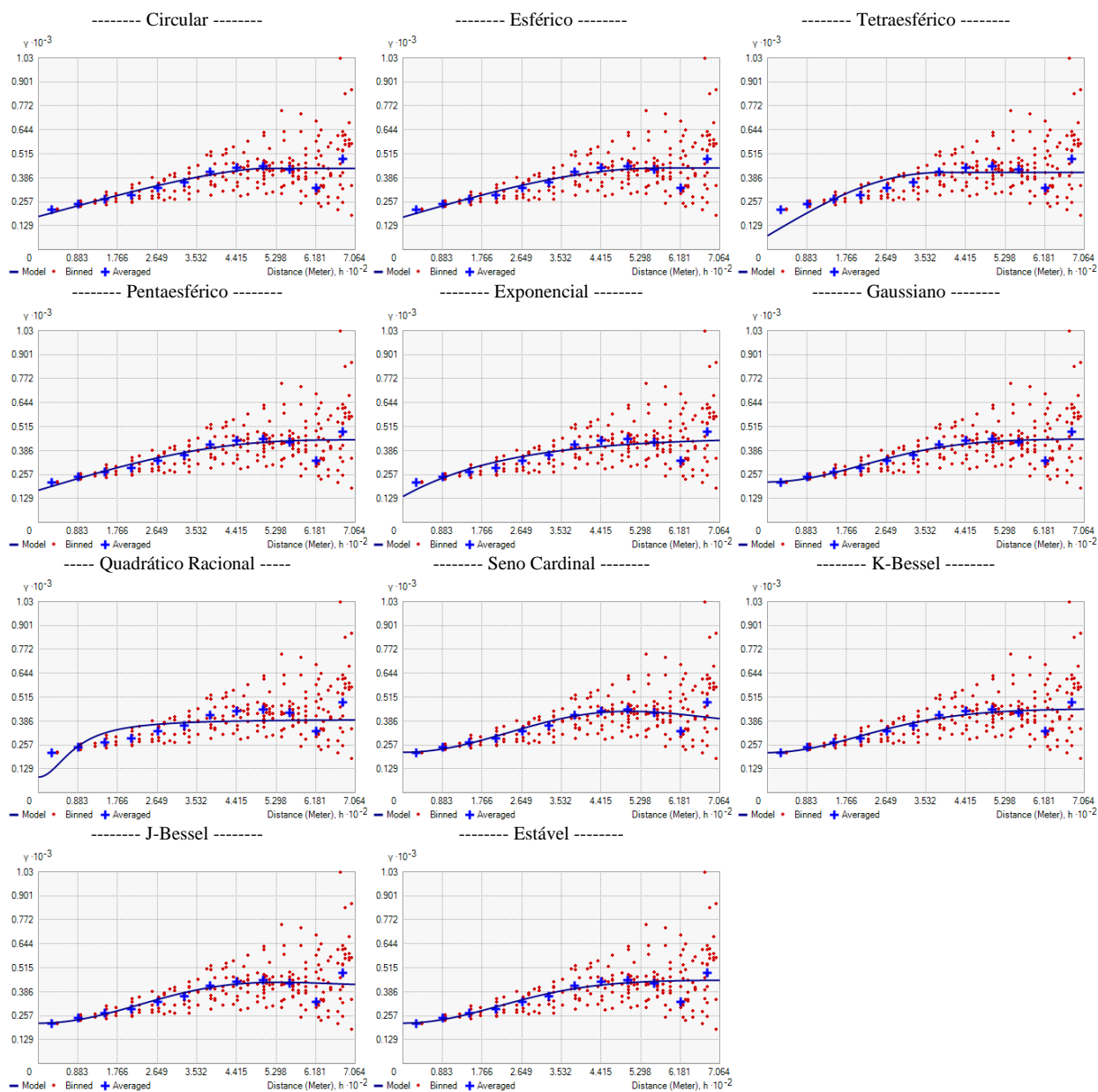
Apêndice G – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Quinta Avaliação.



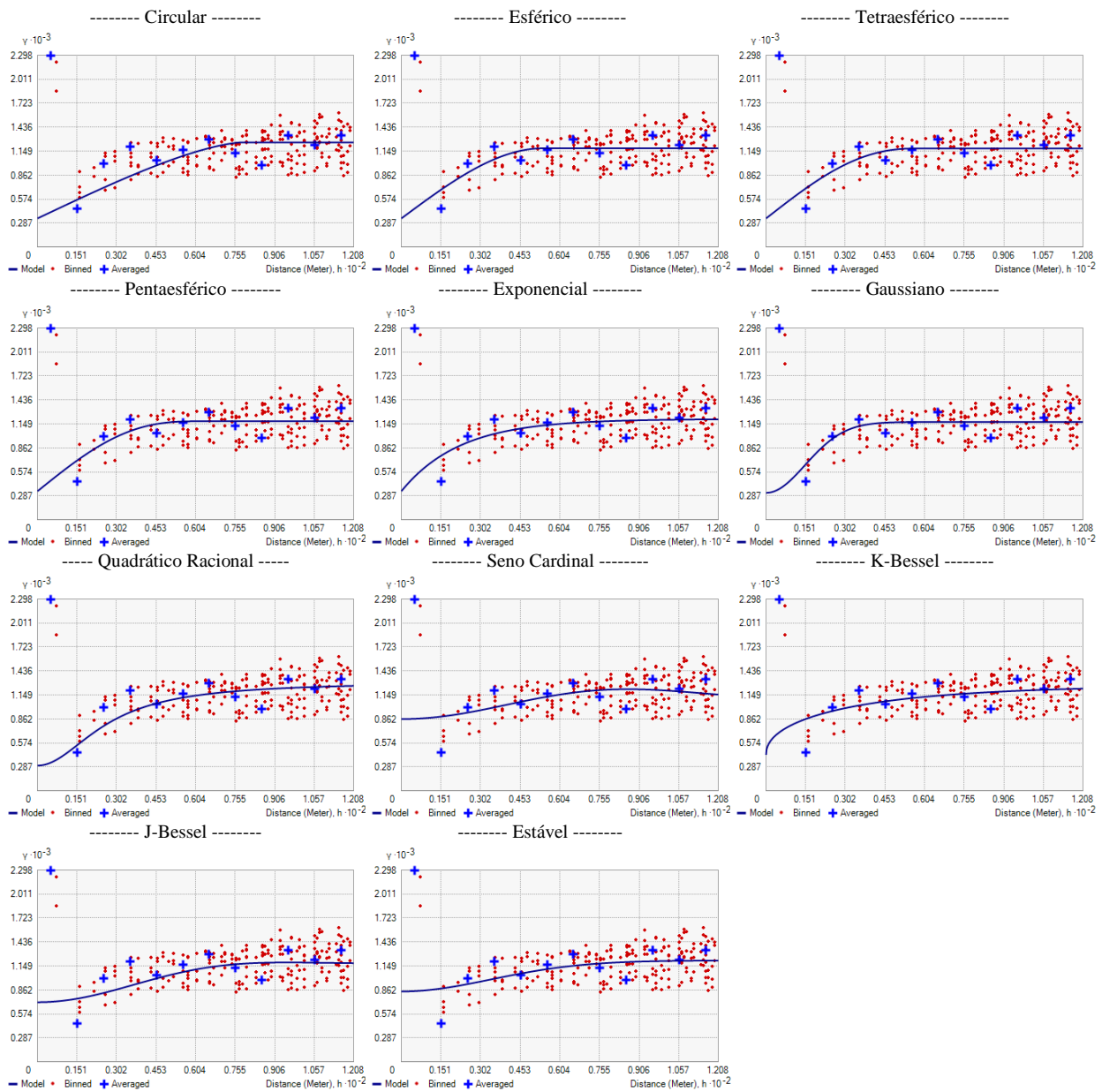
Apêndice H – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Sexta Avaliação.



Apêndice I – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Sétima Avaliação.



Apêndice J – Semivariogramas experimentais e modelos teóricos de semivariogramas ajustados pelo método dos Mínimos Quadrados Ponderados, oriundos dos valores amostrados da espécie *Tibraca limbativentris* na Entressafra 2013.



ApêndiceL. Efeito pepita (C0), variável estrutural (C1), alcance (a), função gamma (Γ) e índice de dependência espacial (IDE) estimados para os modelos teóricos de semivariogramas Circular (C), Esférico (E), Tetraesférico (T), Pentaesférico (P), Exponencial (Ex), Gaussiano (G), Quadrático Racional (QR), Seno Cardinal (SC), J-Bessel (JB), K-Bessel (KB), Estável (Es) nas diferentes avaliações nas lavouras. Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Modelo	C ₀	C ₁	a	Γ	IDE	C ₀	C ₁	a	Γ	IDE
Entressafra 2012						Pré-Semeadura 2012				
C	678,25	745,26	55,31		52,35	348,67	165,42	95,61		32,16
E	342,43	1081,2	51,38		75,96	337,97	158,75	121,33		31,19
T	312,43	1107,4	53,09		78,01	148,86	349,43	91,41		68,83
P	779,70	622,98	65,22		44,39	158,86	328,76	72,07		65,44
Ex	688,25	1288,3	264,15		65,18	319,92	198,12	173,08		38,29
G	904,22	480,33	54,07		34,68	119,57	477,96	135,52		78,97
RQ	405,61	1260,3	144,12		75,67	99,57	492,21	205,51		83,24
SC	0	841,54	34,12		100	381,71	99,12	173,08		20,63
KB	900,48	538,65	63,22	10	37,41	350,85	152,12	124,47	2	31,53
JB	924,22	551,91	101,82	5,11	37,32	262,66	226,52	104,22	10	46,50
Es	904,22	490,33	54,07	2	35,15	232,66	287,59	173,23	0,7	55,29
Estádio V3						Estádio V6				
C	1,72	1,66	183,07		49,11	2,30	1,73	444,46		42,90
E	1,67	1,88	383,07		52,95	2,27	1,77	500,35		43,87
T	1,76	3,06	883,04		63,48	2,26	1,80	563,28		44,31
P	0,75	4,39	665,01		85,40	2,26	1,82	624,17		44,59
Ex	0,75	3,89	915,02		83,83	2,02	2,23	664,88		52,47
G	1,06	5,67	785,14		83,87	1,56	2,23	206,62		58,91
RQ	1,19	3,01	794,78		72,26	1,36	2,54	345,21		65,20
SC	1,96	2,45	1183,10		55,55	2,62	1,20	664,88		31,37
KB	2,10	3,95	1183,10	10	65,28	0,54	3,74	664,88	0,15	87,30
JB	1,07	2,25	177,72	0,06	67,77	2,57	1,46	664,88	5,30	36,23
Es	1,10	3,18	1013,01	0,79	74,29	0,32	3,87	664,88	0,50	92,46
Estádio V9						Estádio R2				
C	3,35	3,71	404,32		52,52	4,26	9,92	97,70		69,98
E	3,35	5,63	910,71		62,66	9,14	5,54	244,79		37,74
T	4,35	4,40	1183,10		50,25	9,06	5,64	270,10		38,39
P	4,35	4,10	1183,10		48,49	9,01	5,71	294,15		38,78
Ex	4,15	4,16	1183,10		50,05	8,21	7,06	318,24		46,23
G	3,45	3,53	316,90		50,55	9,87	4,79	202,38		32,67
RQ	3,45	4,12	753,51		54,43	8,74	6,33	335,39		42,01
SC	4,96	2,84	1183,10		36,42	10,44	3,62	335,39		25,76
KB	1,01	6,28	483,07	0,20	86,16	3,16	12,44	335,39	0,15	79,72
JB	4,95	3,21	1183,10	1,46	39,35	9,96	4,68	335,39	10,00	31,96
Es	4,05	4,86	1183,10	1,18	54,52	9,01	5,87	244,79	1,36	39,43

ApêndiceM. Efeito pepita (C0), variável estrutural (C1), alcance (a), função gamma (Γ) e índice de dependência espacial (IDE) estimados para os modelos teóricos de semivariogramas Circular (C), Esférico (E), Tetraesférico (T), Pentaesférico (P), Exponencial (Ex), Gaussiano (G), Quadrático Racional (QR), Seno Cardinal (SC), J-Bessel (JB), K-Bessel (KB), Estável (Es) nas diferentes avaliações nas lavouras. Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Modelo	C ₀	C ₁	a	Γ	IDE	C ₀	C ₁	a	Γ	IDE	
			Estádio R4						Estádio R6		
C	12,24	14,95	554,46		54,98	13,50	28,39	927,29		67,77	
E	12,24	15,32	652,23		55,58	14,50	28,75	1183,10		66,48	
T	10,24	16,14	559,48		61,18	16,33	22,59	1183,10		58,05	
P	10,24	16,19	612,31		61,25	16,11	21,43	1183,10		57,09	
Ex	9,24	18,58	688,51		66,79	14,13	23,28	1183,10		62,22	
G	17,11	13,24	832,14		43,61	20,12	26,22	1183,10		56,59	
RQ	14,87	13,99	1183,10		48,46	16,80	18,36	1183,10		52,21	
SC	17,39	10,30	1183,10		37,19	19,63	14,43	1183,10		42,37	
KB	5,18	25,02	1183,10	0,19	82,86	6,89	27,19	1183,10	0,31	83,33	
JB	17,03	12,36	1183,10	6,19	42,05	19,55	16,60	1183,10	1,77	45,92	
Es	15,13	16,99	1183,10	1,30	52,91	13,50	24,87	1183,10	1,03	64,81	
			Estádio R9						Entressafra 2013		
C	178,24	258,45	501,28		59,17	343,19	911,73	78,22		72,64	
E	174,83	263,45	569,03		60,18	344,02	840,14	53,54		70,94	
T	174,94	340,98	406,82		66,12	341,19	838,43	57,87		71,11	
P	173,08	270,58	706,39		61,34	343,16	837,62	62,10		70,90	
Ex	139,42	317,43	706,39		69,51	341,01	864,67	67,16		71,92	
G	217,28	231,34	520,32		51,56	323,19	848,88	36,46		72,44	
RQ	84,33	312,03	361,07		78,79	303,19	1101,12	116,28		78,41	
SC	217,67	181,63	706,39		45,11	859,99	293,85	120,82		27,85	
KB	215,98	236,71	552,11	10	52,32	431,55	834,84	120,82	0,22	65,92	
JB	216,95	208,33	706,34	2,16	49,05	714,22	468,29	120,82	3,81	39,59	
Es	217,28	232,34	520,32	2,01	51,67	843,19	370,95	85,61	1,96	30,50	

Apêndice N. Ficha de campo para amostragem sequencial adultos de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz irrigado.

Lavoura <1,5 ha				Lavoura >1,5ha, Estádio (V3-V6)			
N ¹	H ₀ ²	NAC ³	H ₁ ⁴	N ¹	H ₀ ²	NAC ³	H ₁ ⁴
0	-		4	0	-		8
1	-		6	1	-		9
2	-		7	2	-		11
3	-		9	3	-		12
4	2		10	4	-		14
5	3		11	5	-		15
6	4		13	6	1		16
7	6		14	7	2		18
8	7		16	8	3		19
9	9		17	9	5		21
10	10		19	10	6		22
11	12		20	11	8		23
12	13		22	12	9		25
13	15		23	13	10		26
14	16		24	14	12		28
15	17		26	15	13		29
16	19		27	16	15		31
17	20		29	17	16		32
18	22		30	18	18		33
19	23		32	19	19		35
20	25		33	20	20		36

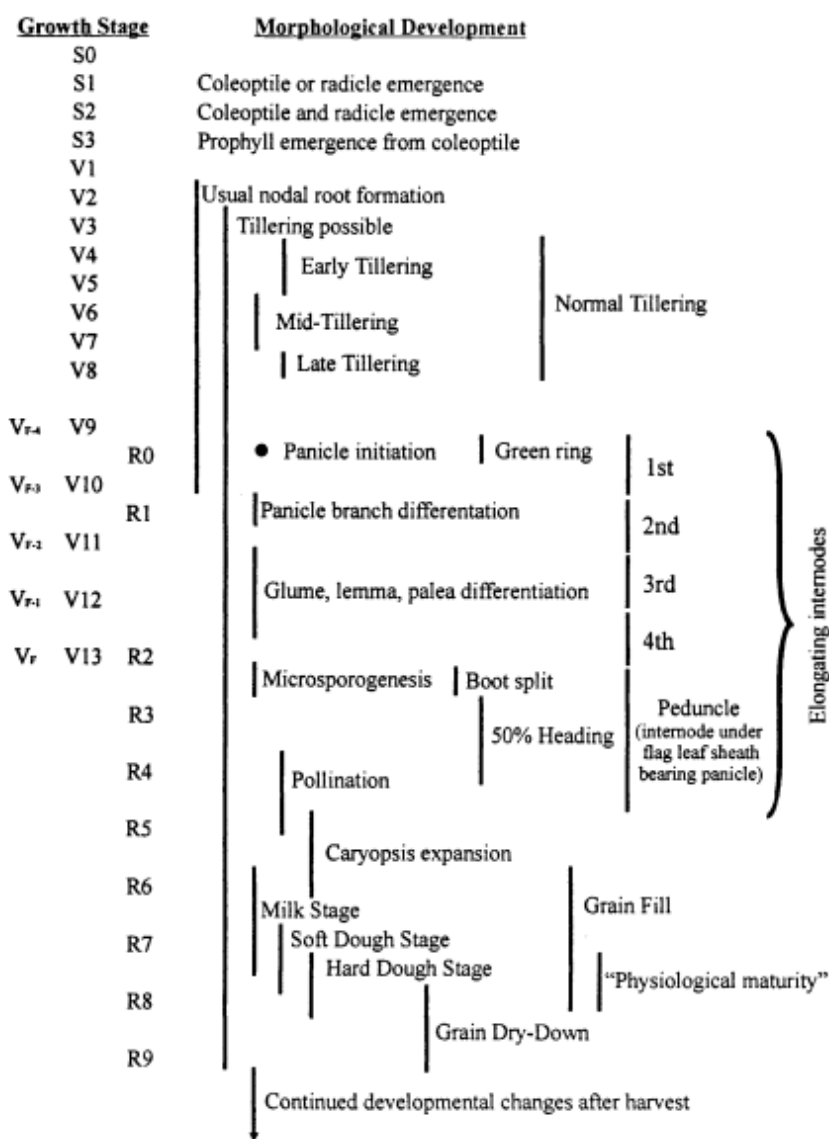
Lavoura >1,5ha, Estádio (V9-R2)				Lavoura >1,5ha, Estádio (R3-R7)			
N ¹	H ₀ ²	NAC ³	H ₁ ⁴	N ¹	H ₀ ²	NAC ³	H ₁ ⁴
0	-		7	0	-		6
1	-		8	1	-		7
2	-		10	2	-		9
3	-		11	3	-		10
4	-		12	4	-		12
5	-		14	5	1		13
6	2		15	6	3		14
7	3		17	7	4		16
8	5		18	8	5		17
9	6		19	9	7		19
10	8		21	10	8		20
11	9		22	11	10		22
12	10		24	12	11		23
13	12		25	13	13		24
14	13		27	14	14		26
15	15		28	15	15		27
16	16		29	16	17		29
17	18		31	17	18		30
18	19		32	18	20		32
19	20		34	19	21		33
20	22		35	20	23		34

¹Numero de unidades amostrais; ²Limite inferior (não controlar); ³Número acumulado de percevejo-do-colmo m²; ⁴Limite superior (Controlar).

ANEXO

ANEXO A –Estádios e alterações morfológicas da cultura do arroz.

RICE DEVELOPMENTAL TIME LINE



Fonte: COUNCE, P. A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. *Crop Science*, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.