

**PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DAS POPULAÇÕES ANUAIS E
MODELO FENOLÓGICO PARA O MANEJO DA
CIGARRINHA-DAS-PASTAGENS, *Deois flavopicta*
(HOMOPTERA: CERCOPIDAE)**

EDISON RYOITI SUJII

Este exemplar corresponde à versão final
da tese defendida pelo(a) candidato(a)
Edison Ryoiti Sujii
e aprovada pela Comissão Julgadora.

Maria Alice Garcia

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em
Ciências Biológicas da Universidade Estadual de
Campinas - UNICAMP como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas área
de Ecologia.

Professora Orientadora: Dra. MARIA ALICE GARCIA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

1994

Su42p

23887/BC

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL - UNICAMP

Sujii, Edison Ryoiti

Su42p Padrão de distribuição das populações anuais e modelo fenológico para o
manejo da cigarrinha-das-pastagens *Deois flavopicta* (Homoptera:
Cercopidae) / Edison Ryoiti Sujii. - [s.n.], 1994.

Orientador: Maria Alice Garcia.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Biologia.

1. Inseto - População. 2. Homoptero. 3. Cigarrinha (inseto).
4. Dormência. I. Garcia, Maria Alice. II Universidade Estadual de
Campinas. Instituto de Biologia. III Título.

UNIDADE	73C
N.º CHAMADA:	UNICAMP
	Su42p
V.	Ex.
TOMBO BC/	23887
PROC.	433/95
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,90
DATA	21/3/95
N.º CPD	

CM-00067402-6

DEDICATÓRIA

**Aos meus pais, Setsuko e Seiji, e
a minha família, Lúcia, Patricia e Cristina.**

AGRADECIMENTOS

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, pela oportunidade de realizar este treinamento e auxílio financeiro concedido.

Ao Centro Nacional de Pesquisa em Recursos Genéticos e Biotecnologia, CENARGEN, da EMBRAPA, na pessoa de suas chefias, Dr. Marcio de Miranda Santos, Dra. Maria José Amstalden M. Sampaio e Dra. Nanete Ribeiro de Oliveira, por colocar-me a disposição os recursos físicos, materiais e humanos do CENARGEN, na realização da tese.

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado, CPAC, da EMBRAPA na pessoa de suas chefias adjuntas, Dra. Maria Alice de Oliveira e Dr. Roberto Teixeira Alves, pela permissão para utilização dos recursos físicos (laboratórios, estação climatológica e área de pastagem) do centro para realização da tese.

A Dra. Maria Alice Garcia pela orientação, incentivo, amizade e ensinamentos em todas as etapas do treinamento. Especialmente por acreditar nas minhas propostas e capacidade para realizá-las, batalhando ao meu lado por essas causas.

A Dra. Eliana M.G. Fontes que, desde a proposta de realização desse treinamento até as discussões finais na co-orientação dessa tese, sempre apoiou todas as minhas iniciativas, demonstrando grande amizade e interesse pessoal pelo meu desenvolvimento profissional.

A todos os colegas do Laboratório de Ecologia da Área de Controle Biológico do CENARGEN, Carminha, Vinicius, Shirley, Sávio, Ermaine, Carlos, Gutemberg, Glaucia, Zilda e Raimundinha, pela ajuda na montagem e acompanhamento dos experimentos, convivência diária e discussões científicas, ou não.

A todos os colegas da Área de Controle Biológico e em especial ao Dr. Bonifácio Magalhães pelas sugestões na metodologia de análise e discussão dos resultados, além do constante incentivo.

A Irene Martins do Lab. Micologia do CENARGEN/ACB pelo isolamento e identificação dos fungos entomopatogênicos.

Ao apoio técnico do CENARGEN nas pessoas de Célia Cordeiro da Biometria nas análises estatísticas, Eugenia Bettiol da Biblioteca pelo levantamento bibliográfico de diversos assuntos discutidos na tese, a Adilson Werneck da Informática pela ajuda na computação gráfica e Cláudio Duarte da Difusão pela ajuda na confecção do material fotográfico.

Aos colegas do CPAC, Alexandre Barcellos e Lourival Vilela pela cessão e apoio para utilização de pastagens do CPAC e a Valdivino, José Luiz e José Lourenço pelas informações climáticas.

Aos professores do curso de pós-graduação em Ecologia da UNICAMP, principalmente, Woodruff Benson e João Vasconcelos que orientaram meus primeiros trabalhos em ecologia de populações e aspectos evolutivos relacionados.

A todos os colegas do curso de pós-graduação em Ecologia e Botânica e, em especial, a Luciana Passos (Lú), Rudi, Neguinho, Miriam, Maristela, Inara, Sirayama e Teresa que muito ajudaram a tornar minha estada e de minha família em Campinas, em um período tranquilo e muito agradável.

Aos colegas, Sérgio, Jarbas, Andréia, Cláudia, Malva, Martinho e Paulo Inácio, do Laboratório de Interações Inseto-Planta, LIIP, pela amizade e oportunidade de integração através da troca de experiências e de aprendizado, durante as conversas informais e discussões científicas no laboratório.

A minha esposa Lúcia, cuja presença e apoio constantes ajudaram-me a realizar e superar todas as etapas do treinamento com grande tranquilidade e pela ajuda na revisão dos manuscritos.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desse treinamento e que não foram citados nessas páginas.

ÍNDICE

Lista de Tabelas.....	vii
Lista de Figuras.....	viii
Resumo	x
Abstract	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos específicos.....	5
2. Descrição da área de estudo.....	6
2.1. Localização geográfica.....	6
2.2. Clima.....	6
2.3. Vegetação natural da região.....	6
2.4. Descrição das áreas de pastagens.....	7
3. Padrões de distribuição espacial e flutuação populacional anual da cigarrinha-das-pastagens.....	12
3.1. Introdução.....	12

3.2. Materiais e Métodos.....	14
3.2.1. População de ovos	14
3.2.2. População de ninfas.....	15
3.2.3. População de adultos	17
3.3. Resultados e Discussão.....	19
3.3.1. População de ovos no campo.....	19
3.3.2. Distribuição e flutuação populacional de ninfas	23
3.3.3. Variação populacional de adultos no espaço e no tempo.....	26
3.4. Conclusões.....	28
4. Efeito da temperatura e umidade sobre o término da diapausa e a densidade populacional da cigarrinha-das-pastagens.....	44
4.1. Introdução.....	44
4.2. Materiais e Métodos.....	46
4.2.1. Constante térmica e temperatura basal de ovos normais.....	46
4.2.2. Choque térmico a 15 °C.....	47
4.2.3. Modelagem dos dados.....	49

4.3. Resultados e Discussão.....	50
4.3.1. Constante térmica e temperatura basal de ovos normais.....	50
4.3.2. Choque térmico a 15 °C.....	51
4.3.3. Apresentação e validação do modelo fenológico.....	53
4.4. Conclusões.....	57
5. Considerações Finais.....	65
6. Literatura Citada.....	67
7. Apêndice.....	73

LISTA DE TABELAS

3.1. Caracterização dos locais de coleta de ovos.....	30
3.2. Características morfológicas do estágio ninfal.....	31
3.3. Correlação de Spearman entre locais de coleta e densidade de ovos.....	32
3.4. Índices de agregação da população total de ninfas nos picos populacionais.....	33
3.5. Distribuição espacial de ninfas por estágio nos picos populacionais.....	34
3.6. Distribuição espacial de adultos por data de coleta.....	35
4.1. Comparação das médias do experimento de choque térmico.....	58
4.2. Teste de Kolmogorov-Smirnov para a normalidade da distribuição das eclosões.....	59

LISTA DE FIGURAS

2.1. Localização geográfica das áreas de estudo.....	10
2.2. Padrão climático da área de estudo.....	11
3.1. Ajuste para uma distribuição binomial negativo para os dados de coletas de ovos	36
3.2. Desenvolvimento do aparelho reprodutivo de fêmeas dissecadas.....	37
3.3. Agrupamento de amostras de ninfas para estabilização das médias.....	38
3.4. Flutuação populacional de ninfas nos 3 picos populacionais.....	39
3.5. Período de eclosão e sincronismo das ninfas.....	40
3.6 Curvas de sobrevivência de ninfas.....	41
3.7. Flutuação populacional comparada de adultos para diferentes métodos de coleta.....	42
3.8. Regressão linear entre os métodos de coleta utilizados para a coleta de adultos.....	43
4.1. Análise de regressão para o cálculo da temperatura basal e constante térmica de ovos não diapáusicos.....	60
4.2. Distribuição das eclosões de ovos diapáusicos tratados e não tratados por choque térmico.....	61

4.3. Modelo para simulação do tempo médio em graus dia para eclosão de ovos diapáusicos que experimentam diferentes durações de choque térmico.....	62
4.4. Análise de regressão entre o tempo de exposição de ovos diapáusicos ao choque térmico e o desvio padrão do tempo médio para a eclosão.....	63
4.5. Curvas teóricas e observadas de eclosão das ninfas de primeiro pico populacional.....	64

RESUMO

Este trabalho apresenta informações sobre o padrão de distribuição e respostas ecofisiológicas da cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae), necessárias para a modelagem matemática de sua dinâmica populacional. As simulações resultantes desse modelo poderão auxiliar nas tomadas de decisão sobre medidas de controle desta importante praga de gramíneas cultivadas no Brasil Central.

A análise do padrão de distribuição espacial do inseto foi feita usando o índice de dispersão (variância/média), o valor de k da distribuição binomial, o índice de Morizita e o coeficiente de Morizita padronizado. Esses índices mostraram que *D. flavopicta* possui um padrão de distribuição fortemente agregado nos estágios de ovo e ninfa, que pode ser ajustado como uma distribuição de frequência do tipo binomial negativa. Os adultos tendem a se distribuir ao acaso, embora algumas amostras tenham apresentado distribuição uniforme ou fracamente agregada.

O padrão fortemente agregado de distribuição dos ovos é determinado pelo comportamento de oviposição das fêmeas e provavelmente pela distribuição dos sítios preferidos para as desovas. Esse padrão se mantém ao longo dos picos populacionais e não é alterado pelo acúmulo de ovos diapáusicos durante o segundo e terceiro picos populacionais (fevereiro a maio). Foi observada uma relação positiva entre a densidade de ovos e a cobertura do solo por gramínea e por palha. A compreensão dos fatores que determinam a escolha dos sítios de ovoposição pelas fêmeas será indispensável para a estratificação das amostragens de

ovos e elevação do nível de confiabilidade dos estimadores.

A secreção de espuma pelas ninfas para proteção contra dessecação e a baixa mobilidade de *D flavopicta* nesse estágio determinam um padrão geral de distribuição agregado na escala de amostragem estudada (0,0625 m²), principalmente para ninfas menores. A correlação positiva entre o número médio de ninfas por espuma e a proporção de ninfas pequenas na população sugere que as ninfas maiores dispersam-se para outras plantas. Esse comportamento pode estar relacionado tanto às condições ambientais como à qualidade do alimento.

Devido a sua capacidade de vôo, os adultos apresentam maior mobilidade e sua distribuição espacial é, na maioria das vezes, aleatória.

A coleta de ovos no solo mostrou que a densidade populacional antes do início do ciclo, durante a estação seca, foi 10 vezes maior que a observada após o primeiro pico populacional. A acumulação de ovos diapáusicos nos 3 picos populacionais, em proporções cada vez maiores, explicam essa variação observada na densidade de ovos. Devido a essa característica, o inseto apresenta grande potencial para explosões populacionais mesmo no primeiro pico populacional. A curva de sobrevivência de *D. flavopicta* mostrou uma mortalidade uniforme na fase ninfal, não havendo indicações de que algum inimigo natural possa ser fator de mortalidade relevante para a dinâmica populacional da cigarrinha.

As baixas temperaturas noturnas do solo (< 18° C) durante a estação seca quebram a diapausa dos ovos e tornam possível a sua eclosão em condições favoráveis. O estudo da constante térmica para o desenvolvimento de ovos não-diapáusicos mostrou que a temperatura de choque térmico de 15 °C está acima da temperatura limiar de desenvolvimento que é de

13,7°C para *D. flavopicta*. O tempo médio de desenvolvimento dos ovos pós-diapáusicos mostrou-se inversamente relacionado com o tempo de exposição a um regime de 23/15° C (Dia/Noite) e pode ser modelado por análise de regressão linear. Observações de campo mostraram que a data do início da estação chuvosa pode afetar o sincronismo das eclosões de ninfas devido ao término natural da diapausa durante a estação seca.

O monitoramento das condições climáticas e a alimentação do modelo com estes dados permitiu a simulação do momento e do sincronismo das eclosões das ninfas do primeiro pico populacional. A comparação entre a curva populacional de ninfas observadas no campo e a curva teórica fornecida pelo simulador permitiu validar o modelo, quanto a sua capacidade de prever a época de ocorrência e a densidade potencial de ninfas de *D. flavopicta* no campo.

Este modelo representa uma primeira aproximação a ser aperfeiçoada a partir do refinamento da metodologia para estimar os parâmetros ecofisiológicos e populacionais relacionados aos fatores demográficos.

ABSTRACT

This paper presents information on aspects of *Deois flavopicta's* (Homoptera: Cercopidae) distribution patterns and ecophysiological responses, which are relevant for the design of a mathematical model of the population dynamics of this pasture spittlebug. The resulting simulation helps decision making on control measures to be applied against this important pest of cultivated pastures in Central Brazil.

Analysis of spatial distribution pattern was made using the Dispersion Index (Variation/Mean), the k value of the binomial distribution, the Morizita Index and the Morizita Standardized Coefficient. These indexes showed that eggs and nymphae of *D. flavopicta* have a strongly aggregated distribution pattern, which may fit the Negative Binomial frequency distribution. The adults tend to distribute by chance, although some samples showed uniform or weakly contagious spatial distribution pattern.

The strongly aggregated pattern of egg distribution is determined by female oviposition behavior and, probably, by the distribution of the preferred oviposition sites. This pattern is maintained throughout the three annual generations of *D. flavopicta* and it is not changed by accumulation of diapause eggs during the second and third peak (February through May). A weak positive correlation between egg density and ground covering by grass or straw was observed. The patterns that determine the choice of oviposition sites by females will be relevant information for the stratification of egg samples, and for the improvement of the confidence level of the estimators.

Spittle secretion by the nymphae for protection against desiccation, and the low mobility of *D. flavopicta* in the nymphal stage determine the general pattern of aggregated distribution in the sample scale studied, even more so for small nymphs. The positive correlation between the average number of nymphs per spittle and the proportion of small nymphae in the population suggests that larger nymphae disperse to other host plants. This behavior may be related to environmental conditions or to food quality. Due to their flight ability, adults of *D. flavopicta* present higher mobility and thus are randomly distributed in most cases.

Soil egg sampling showed that population density during dry season, before the beginning of the active annual cycle, was ten times larger than that observed after the first population peak. The accumulation of diapausing eggs throughout the three population peaks, on ever increasing proportions, explains the variation on the observed egg density. Due to this, *D. flavopicta* presents a high potential for outbreaks, even in the first generation. The survivorship curve of this insect showed a uniform mortality during the nymphal stage, with no indication that natural enemies could be important mortality factors, relevant to population dynamics of *D. flavopicta*.

The low soil temperatures at night ($<18^{\circ}\text{C}$) during the dry season brake diapause and promote hatching of the eggs if they are exposed to favorable conditions. Studies of the thermal constant for development of non-diapausing eggs showed that temperature of 15°C is above the threshold temperature for development, which is $13,7^{\circ}\text{C}$ for *D. flavopicta*. The average developmental time of postdiapausing eggs is negatively correlated to the time of diapausing exposure to a temperature regime of $23/15^{\circ}\text{C}$ (Day/Night), and may be modelled by

linear regression analysis. Field observations showed that the delay of the rainy season may increase the synchronism of egg hatching due to the natural termination of diapause during dry season.

Monitoring weather conditions and feeding the model with these it was possible to simulate the time and synchronism of hatching for the first generation eggs. Comparison between nymphae population curves observed in the field and the theoretical curve provided by simulation validated the model in regard to its capacity to predict the time of occurrence and the potential density of *D. flavopicta's* nymphae population in the field.

This model represents the first approximation to be improved when more adjusted methodologies to estimate ecophysiological and population parameters related to demographic factors become available.

1. INTRODUÇÃO

A região de cerrados, que ocupa uma área de 203,7 milhões de hectares, apresenta grande vocação para a criação de gado bovino, principalmente na região Centro Oeste do Brasil. Nessa região concentra-se cerca de 53 milhões de bovinos, o que representa 33% do rebanho nacional. A área de pastagens cultivadas já atinge cerca de 30,8 milhões de hectares, enquanto a área com pastagens nativas é estimada em 79 milhões, totalizando aproximadamente 109 milhões de hectares (Rocha 1987 apud Scolari 1987).

As gramíneas do gênero *Brachiaria* são as predominantes entre as pastagens cultivadas nos cerrados. Entre estas, destaca-se a espécie *B. decumbens* introduzida nos anos 60 na região centro-sul. Pela sua característica de resistência à seca e adaptação a solos pobres, passou a ser utilizada intensamente e representa hoje uma expressiva parcela das pastagens cultivadas (Seiffert 1980). No entanto, *B. decumbens*, assim como outras espécies do gênero, é muito suscetível ao ataque do complexo de pragas conhecido como cigarrinhas-das-pastagens (Cosenza 1989).

As cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae) são atualmente as principais pragas das pastagens cultivadas nas regiões de cerrados, devido a sua ampla distribuição, potencial para atingir altos níveis populacionais e capacidade de danificar as pastagens (Valério & Nakano 1987). Esses insetos são originários do continente americano e têm distribuição principalmente neotropical (sul dos Estados Unidos, México, Américas Central e do Sul). No Brasil, cinco são as espécies mais importantes economicamente (uma delas com duas subespécies): *Zulia entreriana* Berg, *Deois flavopicta* Stål, *D. incompleta* Walker,

D. schach Fabricius, *Aeneolamia selecta selecta* Walker e *A. selecta transversa* Lallemand (Menezes *et al.* 1983).

Nas áreas de cerrado, a espécie mais importante é *D. flavopicta* (Botelho & Reis 1980 Cosenza & Naves 1980). Ela é encontrada nos estados do Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Distrito Federal e Espírito Santo (Menezes, 1982 e Menezes *et al.* 1983). Sua predominância no Distrito Federal, perfazendo 97,1 % dos indivíduos de cigarrinha coletados (Sá 1981), sua ampla distribuição e reconhecida importância econômica determinaram a escolha dessa espécie nesse estudo.

Os danos causados às gramíneas hospedeiras por *D. flavopicta* são provocados pela ação das ninfas, que sugam a seiva das plantas depauperando-as e pelos adultos que, além de sugarem a seiva, injetam toxinas provocando amarelecimento e secagem das folhas (Cosenza *et al.* 1983). Além do efeito fitotóxico, Naves (1980) cita o bloqueio vascular causado por essas substâncias como causa da "queima" das folhas e, em casos extremos, a morte da planta. Todos esses danos resultam em grande redução na capacidade de suporte das pastagens (Cosenza *et al.* 1983). Pastagens de *B. decumbens* expostas a *Z. entriperiana* na densidade de 25 cigarrinhas adultas/m², pelo período de 10 dias, tiveram sua produção de matéria seca na parte aérea reduzida em 30% (Valério & Nakano, 1988). *D. incompleta* em populações a partir de 40 adultos/m² reduz a produção de massa verde da gramínea em 25% na região de Belém/Pa (Silva, 1982) e *D. flavopicta*, em casa de vegetação, reduz em 40% a produção de matéria seca do capim quando populações de 13,3 adultos/m² permanecem sobre as plantas pelo período de 53 dias (Sujii *et al.*, 1993). Populações de cigarrinhas em densidades elevadas nas pastagens induzem a migração de indivíduos adultos para as culturas

de arroz e milho, provocando danos e justificando seu controle através do uso de produtos químicos (Carneiro & Cunha 1984, Souza & Nilakhe 1985).

As pastagens são consideradas culturas de baixo valor econômico por unidade de área, fator limitante para a adoção de métodos convencionais, como o químico, para o controle de pragas. Valério & Koller (1991) sugerem que isto seja favorável à implementação de estratégias de controle integrado de insetos-pragas. A aplicação de diferentes métodos de controle como manejo de pastagens, resistência de plantas, controle biológico, controle químico e métodos físicos, estudados isoladamente ou na forma de manejo integrado apresentam resultados variáveis e algumas vezes contrários (Alves 1986, Barbosa *et al.* 1984, Batista Filho 1988, Botelho & Sá 1980, Carneiro 1988, Cosenza *et al.* 1983 e 1989, Cosenza & Naves 1980, Hewitt 1986 e 1988, Hewitt & Nilakhe 1986, Koller 1988, Koller & Valério 1988, Menezes *et al.* 1983, Naves 1980, Ramiro *et al.* 1984, Reis *et al.* 1984a e b, Valério & Oliveira 1982, Villacorta 1980).

A base para o desenvolvimento de um programa de manejo da praga está no conhecimento da biologia e dinâmica populacional do inseto. *D. flavopicta* é uma espécie tropical que ocorre em 3 picos populacionais de outubro a maio, em sincronismo com a estação chuvosa e resiste à estação seca na forma de ovos diapáusicos. Outros grupos de insetos tropicais como besouros (Coleoptera: Chrysomelidae) (Medeiros & Vasconcellos-Neto 1994, Nakamura & Abbas 1987), borboletas do gênero *Ithomiinae* (Lepidoptera: Nymphalidae) (Freitas 1993, Vasconcellos Neto 1980, Young 1979), abelhas do gênero Euglossini (Hymenoptera: Apidae) (Janzen 1982) e Homópteros de diversas famílias (Wolda 1982), são alguns exemplos que apresentam variações sazonais em sua abundância, podendo ainda

apresentar fortes variações em suas populações anuais. Os fatores de regulação dessas populações são igualmente variáveis e podem ser bióticos, como inimigos naturais (Brown & Vasconcellos-Neto 1976) ou recursos alimentar (Wolda 1982), ou abióticos, como variações climáticas (Medeiros & Vasconcellos-Neto 1994) ou combinações desses fatores (Young 1979). A falta de informações sobre os fatores que regulam as populações das cigarrinhas-das-pastagens produzindo explosões populacionais é limitante para o desenvolvimento de estratégias de controle mais eficazes.

O desenvolvimento de um modelo matemático que simule a dinâmica populacional da cigarrinha-das-pastagens facilitará a proposição de novas estratégias de controle, assim como será uma ferramenta útil na orientação de tomadas de decisões quanto ao manejo da praga.

Visando a modelagem da dinâmica populacional de *D. flavopicta* foram desenvolvidos estudos sobre o efeito de fatores ambientais, como temperatura e umidade, sobre a população de ovos diapáusicos. Estes estudos tiveram por finalidade a construção de um modelo fenológico capaz de simular o surgimento da primeira geração anual assim como o sincronismo das eclosões das ninfas. Este modelo é de grande importância aplicada por maximizar a eficiência do manejo da praga através da previsão do momento em que o método de controle poderá ser mais eficiente, assim como a proporção provável da população que será controlada. A descrição e análise da distribuição espacial e flutuação populacional do inseto orientará a metodologia para os censos futuros das populações do inseto em seus diferentes estágios de desenvolvimento, os quais são a base para os estudos de sua demografia. Além disso, estes estudos indicarão os aspectos críticos a serem pesquisados para o entendimento da dinâmica populacional do inseto.

1.1. Objetivos específicos:

1.1.1. Descrever os padrões de distribuição temporal e espacial dos diferentes estágios de desenvolvimento de *D. flavopicta* para subsidiar a construção de um plano de amostragem adequado aos estudos de dinâmica populacional.

1.1.2. Construir curvas de sobrevivência do inseto visando examinar a importância provável dos fatores de mortalidade.

1.1.3. Estudar a importância de fatores climáticos sobre os ovos diapáusicos de *D. flavopicta*, descrevendo através de um modelo, a relação entre esses fatores, o início de ocorrência de ninfas do primeiro pico populacional e o sincronismo das eclosões dessas ninfas.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. Localização geográfica

O presente trabalho foi realizado no Distrito Federal na área nuclear dos cerrados brasileiros. Para os levantamentos de campo, foram utilizadas áreas de pastagens do Centro de Pesquisa Agropecuário do Cerrado - CPAC da EMBRAPA e Colégio Agrícola de Brasília - CAB. Estas áreas estão localizadas entre os paralelos 15° 35' e 15° 40' S e entre 47° 40' e 47° 45' W, a aproximadamente 10 km da cidade de Planaltina, a nordeste do Distrito Federal e a cerca de 40 Km do Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN/EMBRAPA. Os estudos em laboratório foram conduzidos na Área de Controle Biológico do CENARGEN (Figura 2.1).

2.2. Clima

O clima na região do Distrito federal pode ser caracterizado como Tropical de Altitude - Cw (Filgueiras & Pereira 1989) ou Temperado Chuvoso de Inverno Seco - Cwh₁ (Garrido *et al.* 1982), segundo a classificação de Köppen. A precipitação anual média é de 1.527 mm com 96% das chuvas concentradas de setembro a abril e uma estação seca no período de maio a agosto, quando as precipitações raramente ultrapassam 30 mm/mês. As temperaturas médias mensais apresentam pequena variação (19,7 a 23° C) em relação a amplitude térmica diária que frequentemente ultrapassa 10° C, devido ao efeito da altitude. As descrições das médias, mínimas e máximas mensais de umidade relativa do ar, temperatura do ar e precipitação, além da evapotranspiração potencial mensal, calculada em 85% da evaporação em Tanque Classe A

são apresentadas na Figura 2.2(a-c). Estes dados foram coletados na estação climatológica principal do CPAC no período de 1974 a 1993. Os dados climáticos utilizados no presente trabalho foram obtidos junto a área de climatologia do CPAC que possui uma estação principal situada a 1.000 m de altitude e uma subestação climática, denominada Chapada, localizada na cota de 1.175 m de altitude e distante cerca de 3 km da principal. Ambas as estações estão num raio de 6 km das áreas de pastagens utilizadas nesse trabalho.

2.3. Vegetação natural da região

A fisionomia predominante, que ocupa 67% da área e dá unidade aos cerrados, é de savana mais ou menos densa, com um dossel descontínuo formado por espécies arbóreas baixas (até 8 m) ou arbustivas. Estas plantas são tortuosas com ramificações irregulares e galhos retorcidos, geralmente com evidências de passagem de fogo. Os troncos possuem geralmente uma casca com cortiça grossa fendida ou sulcada. As folhas são freqüentemente coriáceas e as gemas apicais são protegidas por uma densa pilosidade. A estacionalidade climática confere um aspecto exuberante ao estrato herbáceo, geralmente contínuo com 50 a 70 cm de altura, durante a estação chuvosa (Adámoli *et al.* 1986, Ribeiro *et al.* 1983).

Na região do Distrito Federal ocorrem diversos tipos de vegetação como Mata de Galeria, Vereda, Cerrado (em suas diversas gradações), Campo Sujo e Campo Limpo (Ribeiro *et al.* 1983). A predominância de fisionomias como Campo Sujo, Campo Limpo e Cerrado senso restrito são relevantes devido ao estrato herbáceo contínuo e bem desenvolvido. Neste estrato predominam as gramíneas e leguminosas que, em conjunto, representam 38% em número de espécies, sendo que as gramíneas representam 52% dos indivíduos (Dias 1992,

Adámoli *et al.* 1986). Levantamentos feitos no Distrito Federal relatam a ocorrência de 270 espécies de gramíneas nativas distribuídas em cerca de 80 gêneros (Filgueiras 1991). Entre estas, encontram-se diversas hospedeiras originais das cigarrinhas-das-pastagens.

2.4. Descrição das áreas de pastagem estudadas

Neste estudo foram utilizadas duas áreas de pastagens com solos de características semelhantes. O solo do local é distrófico, com elevada acidez e altos teores de saturação de alumínio, seguindo o padrão geral observado em cerca de 90% dos Cerrados. O tipo de solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, que se caracteriza por ser bem drenado, possuir perfil profundo com horizontes A, B e C pouco diferenciados e apresentar baixa capacidade de troca catiônica (CTC) (Adámoli *et al.* 1986).

A pastagem do CPAC está a uma altitude aproximada de 1175 m, em um terreno praticamente plano (declividade < 3%), o que caracteriza uma formação denominada regionalmente como Chapada. Possui uma área aproximada de 40.000 m² (100 m X 400 m). Foi implantada em 1980/81 com a gramínea *Brachiaria ruziziensis*, tendo sofrido uma reforma em 1986/87 com a incorporação de calcário e adubação química (P₂O₅ e N). Nos limites desta pastagem estão uma área de pastagem nativa (cerrado bastante perturbado pelo pastejo), uma pastagem de *Andropogon gayanus* e outros 2 piquetes de *B. ruziziensis*.

A área do CAB está a uma altitude aproximada de 1.010 m e possui uma declividade média de 4%. É formada com a gramínea *B. decumbens* e utilizada continuamente pelo gado a mais de 8 anos. O longo período de uso associado ao ataque anual constante da cigarrinha-das-pastagens, sem a prática de reformas periódicas, provocou a degradação da pastagem com

áreas de baixa densidade na cobertura vegetal. A área estudada está limitada por duas outras áreas de *B. decumbens*, uma faixa de Mata de Galeria e uma área de culturas anuais irrigada por pivô central.

Uma área de 50 X 50 m foi demarcada com estacas dentro de cada uma das pastagens, onde foram feitas as coletas e os levantamentos populacionais.

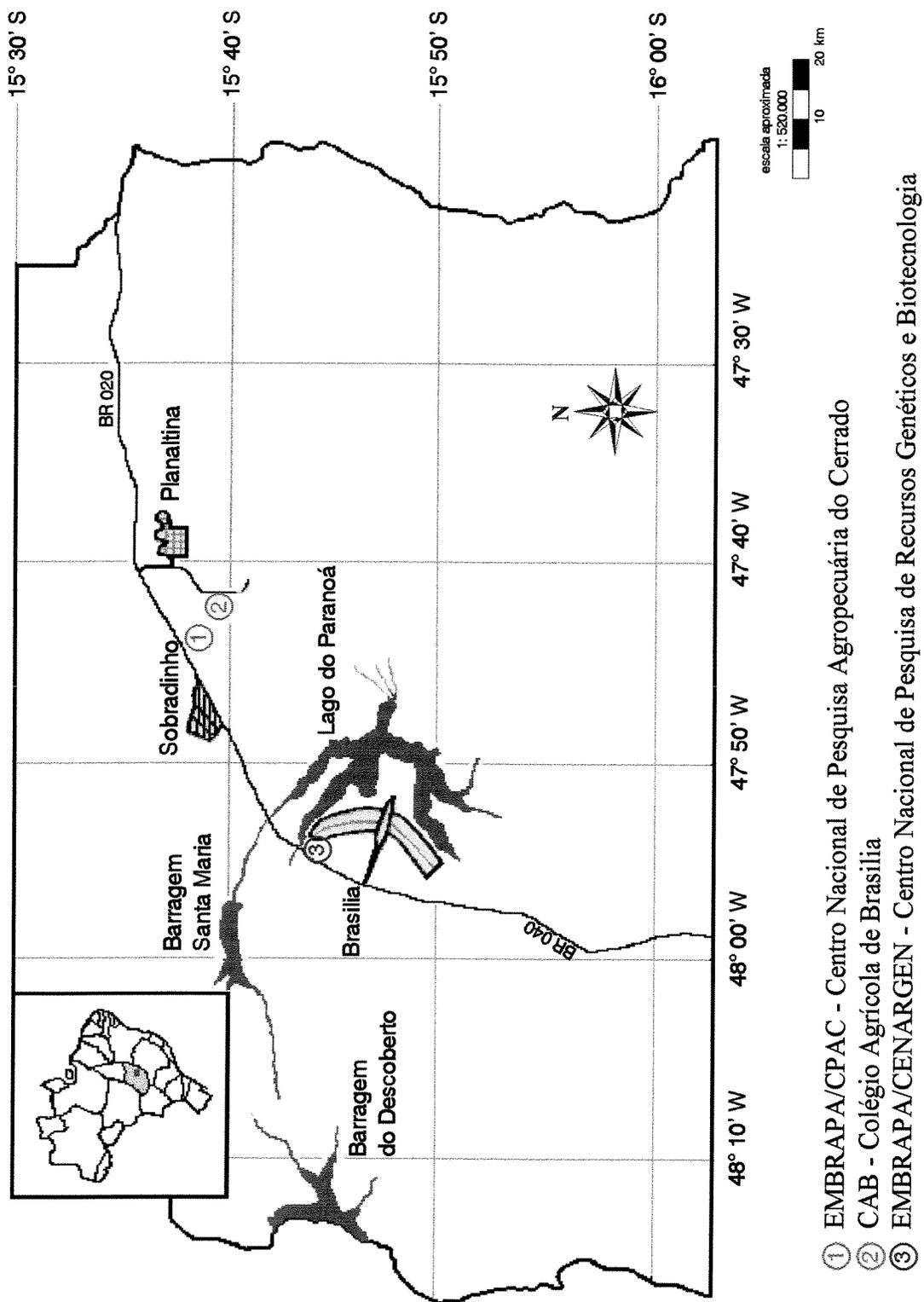


Figura 2.1. Mapa do Distrito Federal com a localização das áreas de estudo e da EMBRAPA/CENARGEN

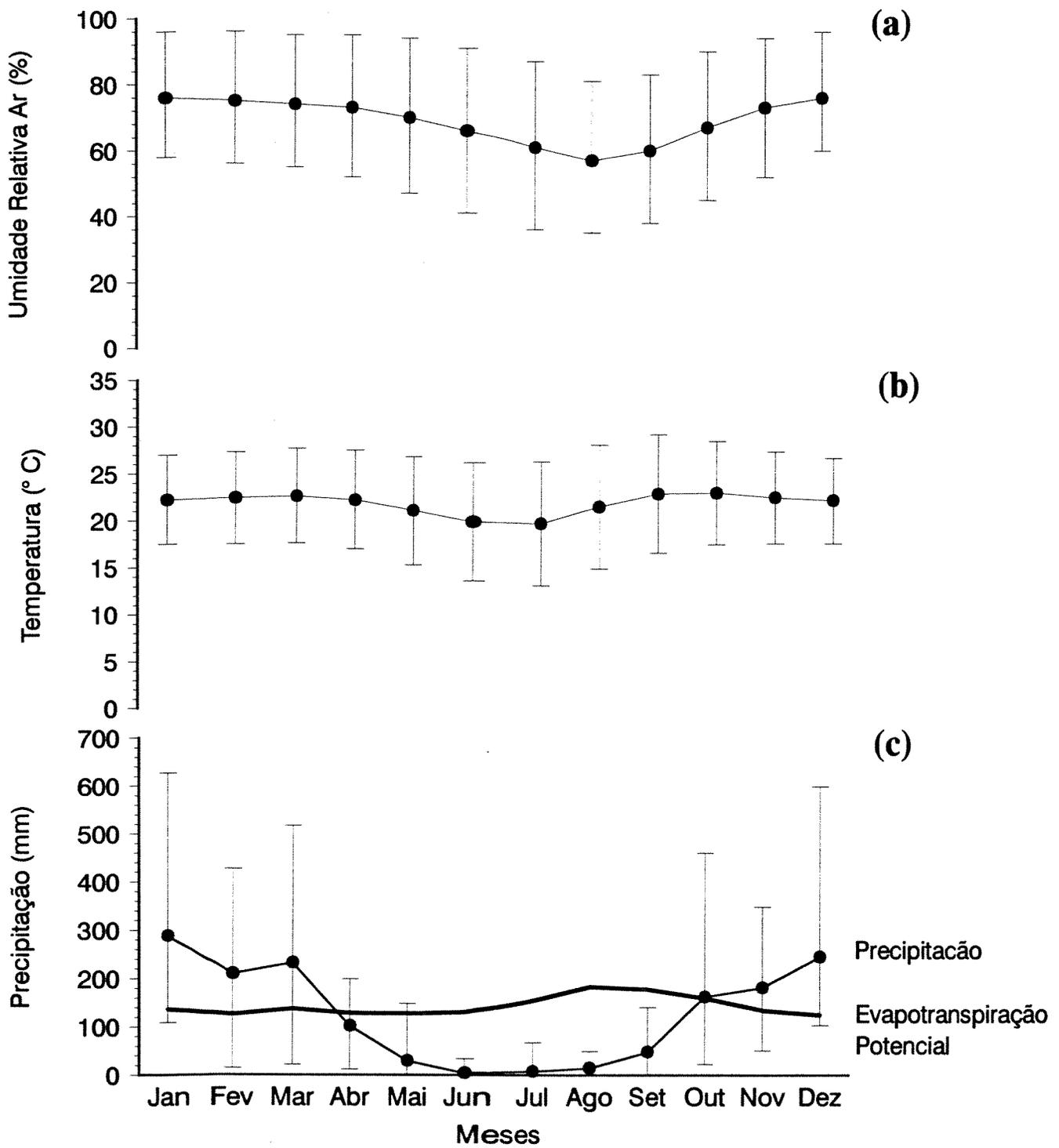


Figura 2.2 Variação climática mensal no Distrito Federal. Dados de média mensal, média das mínimas e média das máximas no período de 1974 a 1993, coletados na estação climática da EMBRAPA/CPAC.

3. PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL ANUAL DE *Deois flavopicta*.

3.1. INTRODUÇÃO

O comportamento, tamanho e mobilidade do organismo, assim como o seu habitat, são alguns fatores que orientam o método de amostragem de uma espécie. Da mesma forma, o tamanho da amostragem é determinado pelo nível de precisão exigido pelos objetivos do estudo e a disponibilidade de recursos em termos de tempo e dinheiro (Krebs 1989). No entanto, o conhecimento preliminar do ciclo de vida e padrão de distribuição espacial de uma população representam a base para o estabelecimento de um plano de amostragem que maximize a acurácia dos estimadores para os parâmetros da população (Southwood 1978).

Populações naturais, na maioria das vezes, apresentam padrão de distribuição agregada (Southwood 1978). Esse padrão de distribuição espacial pode ser resultado das respostas do organismo às variações espaciais e temporais do ambiente (Futuyma 1992), ou o resultado do comportamento do inseto (Southwood 1978). Estudos do padrão de agregação por estágio de desenvolvimento em diferentes épocas do ano, associando índices de agregação e distribuições de frequência com as variações bióticas e abióticas do ambiente, podem refletir alterações na dinâmica populacional e orientar pesquisas futuras (Southwood 1978).

Estudos sobre a fenologia da cigarrinha-das-pastagens no Distrito Federal mostram que o inseto ocorre de outubro a maio, em sincronismo com a estação chuvosa, apresentado 3 picos populacionais (Fontes *et al.* 1994, 1990). Neste período, as fêmeas colocam ovos diapáusicos em quantidades progressivamente maiores, principalmente a partir do segundo

pico populacional, atingindo valores próximos a 100% durante o terceiro pico populacional, que ocorre de março a maio. O acúmulo de ovos diapáusicos no solo e a morte das outras formas faz com que toda a população da cigarrinha-das-pastagens resista à estação seca na forma de ovos diapáusicos tanto no Distrito Federal como em outras regiões do Brasil central de clima semelhante (Fontes *et al.* 1994, 1990, Koller & Honer 1993, Melo *et al.* 1984).

O término da diapausa dos ovos e a eclosão de ninfas, iniciando um novo ciclo anual, ocorrem quando o déficit hídrico do solo é repostado, após as primeiras chuvas da estação (Fontes *et al.* 1990).

As ninfas são encontradas na base do capim ou em raízes expostas envoltas por uma espuma característica, enquanto os adultos são encontrados sobre a vegetação (Fontes *et al.* 1994).

Estudos realizados no Mato Grosso do Sul mostraram que as cigarrinhas-das-pastagens apresentam um padrão de distribuição fortemente agregado nas fases de ovo e ninfa e um padrão de distribuição espacial de adultos que variou de fracamente agregado a aleatório (Nilakhe 1982, Nilakhe *et al.* 1988, 1984).

Este trabalho descreve e analisa variações na distribuição espacial da cigarrinha-das-pastagens, *D. flavopicta* para a região do Distrito Federal, considerando os diferentes estágios de desenvolvimento e época de ocorrência do inseto no campo. A partir dessas informações foi proposta uma metodologia para estimar as densidades populacionais nos diferentes estágios de desenvolvimento do inseto. O acompanhamento da flutuação populacional e os estudos de fenologia servirão ainda, para orientar estudos futuros dirigidos à modelagem da dinâmica populacional.

3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1. População de ovos

Durante o mês de julho de 1993, antes do início do primeiro pico populacional de ninfas de *D. flavopicta*, foram escolhidos ao acaso, 40 pontos dentro da área de estudo do CAB. Uma amostra de solo de 25 X 25 cm e 5 cm de profundidade foi coletada em cada ponto escolhido. Os ovos do inseto foram separados da amostra de solo por filtração e lavagem através de um jogo de 3 peneiras com malha de 1,0; 0,5; e 0,06 mm de abertura. O material retido na peneira de 0,06 foi imerso em solução salina saturada com Cloreto de Sódio por 40 minutos para separação dos ovos por flotação. O material sobrenadante foi então lavado em água e a separação dos ovos feita manualmente sob microscópio estereoscópico. Esta metodologia é uma adaptação de metodologias propostas anteriormente para ovos de cercopídeos do gênero *Aeneolamia* (King 1975) e para a coleta de ovos de crisomelídeos do gênero *Cerotoma* (Waldbauer & Kogan 1973). O ponto de coleta de cada amostra foi caracterizado quanto à cobertura do solo com palha ("litter"), densidade da planta hospedeira e topografia. Essa última característica serviu para avaliar a capacidade de retenção de umidade no ponto de coleta (Tabela 3.1).

A segunda amostragem, realizada em dezembro de 1993, foi modificada devido ao elevado índice de agregação dos ovos (I_d), observado na primeira. O volume da amostra foi reduzido para 10 X 10 cm e 5 cm de profundidade e o número de amostras aumentado para 60 amostras. Este procedimento visou reduzir a variância das amostras e aumentar a precisão.

O padrão de distribuição espacial das populações de ovos em diferentes épocas do ano foi comparado através dos índices de agregação (I_d), calculado pela razão variância/média,

índice de Morizita (I_m), coeficiente de Morizita padronizado (I_{mp}) e expoente k da distribuição binomial, calculados pelo programa NEGBINOM (Krebs, 1989). Todos os índices utilizados fornecem indicações do padrão de distribuição espacial. A utilização de diferentes índices teve por objetivo comparar o grau de agregação das populações indicadas por estimadores mais independentes da densidade como I_m e I_{mp} e estimadores fortemente influenciados pela densidade populacional como o I_d e o valor de k . As formas de cálculo desses índices, assim como, alguns comentários sobre a faixa de variação e o seu significado biológico são apresentados no apêndice. O cálculo do tamanho da amostragem para diferentes níveis de confiabilidade foi feito considerando uma distribuição de frequência do tipo binomial negativa utilizando a equação proposta por Southwood (1978). A qualidade do ajuste foi testada por X^2 ($\alpha = 0,05$) utilizando o programa NEGBINOM (Krebs 1989).

3.2.2. População de ninfas

Censos semanais de ninfas foram realizados durante o primeiro pico populacional. A partir do segundo pico, o intervalo entre as amostragens passou a ser de 3 ou 4 dias (duas vezes por semana). Nestes censos, um quadrado de madeira com 25 cm de lado era lançado ao acaso, dentro da área de amostragem. O número de lançamentos do quadrado (amostras) foi fixado em 90. Esse valor foi estabelecido com base na estabilização das médias e erro padrão obtidos em amostragens progressivas a partir 50 lançamentos. Todas as ninfas encontradas dentro do quadrado eram registradas e classificadas quanto ao estágio de desenvolvimento. A classificação dos estágios de desenvolvimento ninfal foi feita com base nas características morfológicas externas, conforme descrição na Tabela 3.2. A partir do

segundo pico populacional, além do número de ninfas também foi contado o número de espumas por quadrado visando determinar o número médio de ninfas por espuma nos diferentes estádios de desenvolvimento.

Os tempo de duração do pico populacional foi determinado usando-se o número de dias em que o estágio ninfal foi observado no campo nas diferentes épocas do ano. O sincronismo das eclosões das ninfas nos diferentes picos populacionais foi comparado graficamente pelas curvas de eclosões acumuladas de ninfas de primeiro ínstar observadas no campo.

Para análise da distribuição espacial das populações de ninfas da cigarrinha-das-pastagens foram comparados os mesmos índices de agregação utilizados nas coletas de ovos. Estes índices foram calculados para as datas nas quais foi observada a maior densidade populacional de cada estágio ninfal. Isto permitiu a comparação do grau de agregação dos diferentes estágios em diferentes épocas do ano.

As ninfas coletadas durante as amostragens foram levadas para o laboratório, onde foram criadas em placas de Petri sobre plântulas de arroz com 3 ou 4 dias após germinadas. As placas de Petri, de 12 cm de diâmetro, tinham o fundo coberto com uma fina camada de algodão e papel filtro para manutenção da umidade. Cada placa recebia entre 20 e 25 ninfas. Diariamente, por um período mínimo de 7 dias as placas eram monitoradas visando detectar a ocorrência de parasitos ou entomopatógenos. Ninfas que apresentaram sinais de infecção por fungos eram enviadas para o laboratório de micologia da área de controle biológico do CENARGEN para isolamento e identificação.

3.2.3. População de adultos

Foram utilizados 2 métodos de amostragem (rede e gaiola), sendo esses comparados através de uma análise de regressão linear para relacionar as densidades observadas na mesma área para um mesmo dia de coleta ao longo dos picos populacionais.

Adultos dos 3 picos populacionais do período 1993/94 foram coletados com uma rede entomológica de varredura com 0,4 m de diâmetro de abertura e cabo de 1,05 m de comprimento. Inicialmente as amostragens foram feitas semanalmente. A partir do segundo pico populacional elas passaram a serem feitas 2 vezes por semana. A densidade absoluta do inseto foi estimada considerando a razão entre o número médio de adultos capturados por amostra e a área de 1,75 m² varrida pelo conjunto de 10 batidas de rede, equivalentes a uma amostra, conforme metodologia anteriormente utilizada por Melo & Silveira Neto (1983), Oliveira & Curt (1979) e Pacheco (1981).

Visando estabelecer uma comparação em relação ao recurso dispendido e precisão, simultaneamente, foi realizada outra amostragem na mesma área utilizando-se uma gaiola de coleta com 0,5 m² de área. A gaiola consistia de uma armação de ferro de 50 X 100 cm de fundo e 60 cm de altura. Esta armação era recoberta com tela de nylon, exceto no fundo e possuía uma abertura lateral vedada com zíper para a retirada dos insetos com auxílio de um pequeno puçá. O hábito dos adultos de permanecerem imóveis sobre as folhas alimentando-se e somente se movimentarem em pequenos saltos quando perturbados permite a captura por este método. Foram tomadas 20 amostras ao acaso por data de amostragem utilizando-se a gaiola.

As análises de distribuição espacial da população de adultos seguiu a mesma

metodologia usada para ovos e ninfas, considerando-se cada conjunto de 10 batidas de rede ou uma gaiola como uma unidade amostral.

A partir dos censos periódicos de ninfas e adultos foi determinada a taxa de sobrevivência de cada estágio de desenvolvimento pelo método Kiritani-Nakasuji-Manly - KNM (Manly 1990). Uma descrição sucinta do método é apresentada no apêndice. Estas taxas permitiram a construção da curva de sobrevivência do inseto para uma população padronizada, durante os diferentes picos populacionais considerando-se a duração de cada estágio. A duração total do estágio ninfal foi estimado pelo tempo médio entre o surgimento de ninfas de primeiro ínstar no início de cada pico e o surgimento dos primeiros adultos do mesmo pico. A duração de cada ínstar foi calculada pela proporção média da duração de cada ínstar em relação ao tempo total fornecida pelo método KNM. Considerando-se que a temperatura média de cada pico populacional variou entre 21,55 e 22,96 °C e a temperatura basal da fase ninfal é de 10,4 °C (Milanez *et al.* 1983), as curvas de sobrevivência das ninfas dos diferentes picos foram plotadas com a mesma duração para o estágio ninfal devido às diferenças nas temperaturas médias observadas serem menores que 10% entre si.

Fêmeas provenientes do campo foram dissecadas ao microscópio estereoscópico a fim de se caracterizar o seu estágio de desenvolvimento reprodutivo através da observação dos ovários. Esse procedimento viabilizou o método para determinação da curva populacional de fêmeas capazes de ovipor durante os picos populacionais. Esta taxa será utilizada em trabalhos futuros para a construção de um modelo de fertilidade que estime o potencial biótico do inseto em condições da campo.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. População de ovos no campo

A amostragem de ovos, realizada em julho, mostrou uma elevada densidade populacional $17,65 \pm 2,99$ (média \pm erro padrão) por amostra de 25 X 25 cm, o que equivale a cerca de 282 ovos/m². A análise da distribuição de frequência mostrou um padrão fortemente agregado com um índice de dispersão $I_d = 20,26$. O teste do X^2 para o ajuste dos dados a uma distribuição de frequência binomial negativa mostrou uma boa qualidade do ajuste (Figura 3.1.a), ($X^2 = 14,54$, $p > 25\%$, g.l.=15) e o coeficiente binomial, calculado pelo método da máxima verossimilhança, foi de $k = 0.8760$. Assim, uma amostragem com 95% de confiabilidade para essa população deveria ser composta de aproximadamente 479 amostras e, com 90% de confiabilidade, de 120 amostras. Considerando-se que o tempo médio gasto para a coleta e preparação de cada amostra foi de cerca de 2,5 horas, o tamanho da amostragem exigida mostrou-se bastante elevada em relação ao recurso tempo.

Para a amostragem de dezembro, a quantidade de solo coletado foi reduzida e o número pontos de amostra aumentado para 60, a média obtida foi de $0,25 \pm 0,09$, equivalente a 25 ovos /m², com um $I_d = 1,847$. Esses valores demonstram uma grande redução de densidade e sugerem uma redução no padrão de agregação. No entanto, este índice de agregação é sensível à variação na densidade. Índices não sensíveis às variações na densidade populacional, mostram para a primeira amostragem, o Índice de Morizita $I_m = 2,065$ e o Coeficiente de Morisita padronizado $I_{mp} = 0,5133$ e para a segunda $I_m = 4,571$ e $I_{mp} = 0,5167$, indicando que o padrão de distribuição tornou-se mais fortemente agregado.

Devido ao reduzido número de classes observadas na segunda coleta não foi possível

testar a qualidade do ajuste a uma distribuição binomial negativa. No entanto, as distribuições de frequências esperadas e observadas para um coeficiente $k = 0,30$ plotadas na Figura 3.1(b) sugerem que esse tipo de distribuição seja adequado. O tamanho da amostragem calculado para uma precisão de 95% é de 2932 amostras e, para 90%, de 733 amostras. O padrão fortemente agregado e a redução na densidade de ovos aumentaram o número de amostras exigidas em relação a amostragem anterior, tornando o método impraticável nessas condições.

A quantidade de palha e a cobertura vegetal foram os fatores melhor relacionados com a densidade de ovos nas duas amostragens segundo o coeficiente de correlação de Spearman (Tabela 3.3). Entretanto, a relação apresentou baixos valores de determinação que variaram com a época da amostragem. Esses resultados ainda não permitem a utilização desses fatores para orientar uma estratificação das amostragens futuras e otimizar a metodologia. No entanto, a técnica de amostragem poderá ser refinada através do conhecimento do comportamento de escolha dos locais de desova pelas fêmeas.

Apesar das limitações das estimativas obtidas até o momento, pode-se observar que a densidade populacional de ovos diapáusicos no solo antes do primeiro pico era aproximadamente 10 vezes maior que antes do segundo pico populacional. Esse fato representa um padrão anteriormente descrito por Fontes *et al.* (1990, 1994) e Koller (1991), que demonstraram haver uma predominância de ovos de desenvolvimento normal durante o primeiro pico populacional da cigarrinha e um aumento progressivo da proporção de ovos diapáusicos com o progresso da estação chuvosa, alcançando cerca de 100% de ovos diapáusicos ao final do período de infestação. O padrão menos agregado de distribuição de ovos encontrado durante a estação seca pode, portanto, ser resultante de posturas feitas em

diferentes picos populacionais em épocas do ano distintas (novembro a maio). Assim, as fêmeas de cada pico populacional podem encontrar diferentes condições físicas para a escolha dos locais de postura em função das variações sazonais do clima, da fenologia do capim e a própria ação da geração anterior de *D. flavopicta* sobre as plantas hospedeiras. As fêmeas do primeiro pico populacional, por outro lado, permanecem no campo por um período de menor de tempo (cerca de 30 dias em novembro/dezembro), experimentando menores variações do ambiente (clima e qualidade do alimento), com menores chances de alteração dos locais de postura. Dessa forma, toda a população de fêmeas faria posturas nos mesmos locais, o que produz um padrão mais agregado de distribuição espacial. Estudos complementares sobre o padrão de preferência das fêmeas por sítios de desova poderão comprovar esta hipótese.

Estudos que possibilitem a estratificação das amostragens através do conhecimento do comportamento de escolha dos locais de postura pelas fêmeas ou o desenvolvimento de outros métodos de separação ou contagem de ovos no solo, como ressonância magnética, são necessários para que sejam feitas estimativas corretas da densidade populacional de ovos no campo a partir de amostras de solo.

Uma outra técnica para estimativa do potencial biótico do inseto, quando a densidade esperada de ovos no solo for baixa inviabilizando-se a coleta por amostras de solo, é a construção de um modelo que reúna informações sobre as taxas de desenvolvimento reprodutivo das fêmeas coletadas periodicamente em cada pico populacional e suas respectivas taxas de fertilidade média. Esses dados seriam associados ao monitoramento da curva populacional de fêmeas e à qualidade do capim, produzindo uma função que corresponderia ao potencial biótico esperado:

$$PB(d) = N(\varphi_{\text{total}}) \times T(\varphi_{\text{maduras}}) \times O \text{ (média de ovos/\varphi)}$$

$$\sum_{d=1}^n PB(d) = F(pb)$$

$$\int F(pb) = \text{Número total de ovos esperado para o período}$$

Onde: $PB(d)$ = Potencial Biótico da população total de fêmeas por data de coleta

$N(\varphi_{\text{total}})$ = População de fêmeas recenseadas na data de coleta

$T(\varphi_{\text{maduras}})$ = Proporção de fêmeas reprodutivamente maduras

O (média de ovos/ φ) = Média de ovos postos por fêmea maduras na data de coleta

$$\sum_{d=1}^n PB(d) = \text{Potencial biótico acumulado do dia 1 a enésimo dia do pico}$$

$F(pb)$ = função contínua ajustada para o Potencial Biótico do inseto

A dissecação de algumas fêmeas durante o ano de 1993/94 mostrou que é possível identificar fêmeas com os ovários maduros e capazes de fazer posturas, viabilizando esta proposta (Figura 3.2.)

A estratégia de distribuição de risco de mortalidade (bet-hedging) foi observada em fêmeas de *D. flavopicta*, que fazem posturas com um número crescente de ovos diapáusicos à medida que a estação chuvosa progride (Fontes *et al.* 1994). Essa estratégia leva a uma acumulação de ovos diapáusicos no solo que estarão em sua maior densidade após o terceiro pico populacional. O acúmulo de ovos diapáusicos tornam elevado o potencial de explosão populacional de *D. flavopicta* mesmo no início do ciclo anual do inseto, primeiro pico populacional. A ocorrência de condições climáticas adversas durante as observações do presente estudo, temperaturas elevadas e chuvas irregulares com períodos de até 13 dias de estiagem, após o início da estação chuvosa, reduziram fortemente o tamanho do primeiro pico

populacional e parecem ter determinado a baixa densidade populacional dos picos seguintes. Este fenômeno pode ser observado na figura 3.4 onde a população de ninfas em outubro sofre um decréscimo acentuado entre o primeiro e o segundo ínstar.

O método mais adequado para o monitoramento da densidade de ovos durante a estação seca e que estima a população potencial para o primeiro pico parece ser a coleta estratificada de amostras de solo, devido às densidade elevadas em que os ovos diapáusicos são encontrados. Esta característica possibilita que níveis elevados de confiabilidade (> 90%) sejam alcançados com amostragens relativamente menores (≈ 100 amostras).

A utilização do modelo de fertilidade dos adultos para estimar o número de ovos deverá ainda ser testada. No entanto, este parece ser o método mais adequado para o ovos provenientes do segundo e terceiro pico populacionais, em função da facilidade de monitoramento da população de adultos e elevada variabilidade observada na densidade de ovos no solo.

3.3.2. Distribuição e flutuação populacional de ninfas

O número de 90 amostras por censo foi satisfatório em relação a precisão exigida e disponibilidade de tempo em cada saída a campo para o monitoramento da população (Figura 3.3). O erro padrão associado a média da coleta (90 amostras) apresentou larga variação (10,8 a 70,3%) em função da variação na densidade populacional (0,64 e 32,32 ninfas/m²).

Entretanto, durante os picos populacionais de ninfas em cada geração, o número médio de ninfas variou entre 19,5 e 32,3 ninfas/m² e o erro padrão variou entre 10,8 e 22,9% do valor da média.

Os censos periódicos de ninfas, classificadas por estágio durante o ano de 1993/94,

mostraram que a densidade populacional do inseto permaneceu baixa por todo o período (Figura 3.4), se comparado às médias de anos anteriores, quando atingiram densidades entre 50 ninfas/m² e mais de 200 ninfas/m², prejudicando fortemente as pastagens (Fontes *et al.* 1994). No entanto, a população desse inseto foi observado no campo por um período semelhante aos anos anteriores (outubro a maio). Dessa forma, tanto a época de ocorrência como a duração dos picos populacionais estão sincronizadas com a fenologia da gramínea hospedeira e com a estação chuvosa, independentemente da sua densidade populacional. As populações de ninfas mostraram-se mais sincronizadas no primeiro pico populacional quando acima de 90% das eclosões ocorreram em até 15 dias após o início do pico e se estenderam por 28 dias. Nos picos posteriores 90% das eclosões ocorreram após cerca de 25 dias e o período de eclosões estendeu-se por 39 e 49 dias (Figura 3.5). Cabe observar que as ninfas do primeiro pico populacional são provenientes de ovos diapáusicos do ano anterior. Este sincronismo observado nas eclosões do primeiro pico parece estar condicionado às variações climáticas experimentadas pelos ovos diapáusicos no campo. A manutenção de ovos diapáusicos sob temperatura e umidade constante, no laboratório, resultou em eclosões de ovos mais largamente distribuídas (61 a mais de 360 dias) (Fontes *et al.* 1994, Koller & Honer 1993, Pacheco 1981), que as eclosões observadas no campo. Fontes *et al.* (1991) mostraram que durante a estação seca, os ovos diapáusicos no campo experimentam condições meteorológicas capazes de alterar o desenvolvimento embrionário. Estudos comprovando essa interação e a modelagem matemática do mecanismo mostrando sua influência sobre o sincronismo da eclosão de ninfas são apresentados no capítulo 2.

A distribuição espacial das ninfas apresentou um padrão fortemente agregado em todos

os picos populacionais (Tabela 3.4) e é semelhante a resultados obtidos por Nilakhe (1983) para diferentes áreas e períodos do ano, em pastagens no Mato Grosso do Sul. As distribuições de probabilidade de frequência desses levantamentos puderam ser ajustadas como binomial negativa. No presente estudo, considerando uma área por amostra de 25 X 25 cm, o grau de agregação aparentemente não variou com o estágio ninfal (Tabela 3.5). No entanto, o número médio de ninfas por espuma apresenta uma variação correlacionada com o estágio de desenvolvimento das ninfas (coeficiente de Spearman $r = 0,52$), segundo o levantamento feito durante o segundo e o terceiro pico populacional. Isto sugere que indivíduos maiores se redistribuem em um maior número de espumas. Observações anteriores de Nilakhe (1982) em Mato Grosso do Sul com as espécies *D. flavopicta* e *Z. entreriana* mostram que cerca de 73 % das espumas com ninfas médias e 81% das espumas contendo ninfas grandes tinham apenas 1 indivíduo, enquanto que espumas com ninfas pequenas tinham em média 2,98 ninfas/espuma. Estas observações apóiam a hipótese de redistribuição das ninfas em função de seu tamanho. A menor densidade de ninfas maiores por espuma pode estar associado a um mecanismo de dispersão, que foi relatado por Oomen (1975). Este estudo mostrou uma redução na agregação das ninfas maiores de *Aeneolamia occidentalis*, em *Digitaria decumbens*, devido a sua movimentação para novos locais de alimentação.

Observações de campo com *D. flavopicta* durante o primeiro pico populacional de 1993, quando ocorreram temperaturas elevadas e precipitação bastante irregular, mostraram que ninfas maiores freqüentemente compartilhavam a mesma espuma. Provavelmente, nestas situações desfavoráveis esse comportamento reduz o risco de mortalidade por dessecação, contrabalanceando possíveis efeitos de competição intraespecífica. O acompanhamento de

coortes horizontais poderá avaliar o efeito de fatores ambientais, tais como clima e qualidade do alimento, sobre a dispersão de ninfas maiores, fornecendo informações importantes para a modelagem da dinâmica populacional de *D. flavopicta*.

As taxas de mortalidade de ninfas, calculadas pelo método KNM e plotadas numa curva de sobrevivência, considerando a duração de cada ínstar, se mantiveram praticamente constantes ao longo de todo o estágio ninfal, (Figura 3.6). Não houve, portanto, indicações de que algum estágio ninfal seja mais suscetível a fatores bióticos de mortalidade, como inimigos naturais ou qualidade do alimento, ou condições climáticas.

Das aproximadamente 2.500 ninfas de diferentes idades trazidas do campo e criadas em laboratório, apenas 2 ninfas de quinto ínstar do primeiro pico populacional (coleta de 24/11/93) morreram com infecção confirmada pelo fungo *Metarhizium anisopliae* Metsch (Deuteromycete: Moniliales). Não ocorreram outros patógenos ou parasitos ao longo dos três picos populacionais, o que sugere que estes inimigos naturais são irrelevantes para a dinâmica populacional de *D. flavopicta* na região. A observação de uma taxa de mortalidade constante em todas as fases de desenvolvimento ninfal sugere que as oscilações populacionais podem estar mais relacionadas a fatores abióticos como variações nas condições meteorológicas.

3.3.3. Variação populacional de adultos no espaço e no tempo

A população de adultos, seguindo o padrão das ninfas, foi baixa em relação a outros anos, atingindo densidades máximas em torno de 6,38 adultos/m² pelo método de coleta por gaiola e 16,57 adulto/m² por rede entomológica (Figura 3.7).

A análise de regressão entre os dados de densidade obtidos pelos dois métodos utilizados para a coleta (rede e gaiola) apresentou um coeficiente de determinação de 0,844

(excluindo-se um "Leverage"), demonstrando uma boa correlação entre as densidades estimadas (Figura 3.8). O uso do método de rede entomológica apresentou como vantagem, o fato de ser menos dispendioso em termos de tempo e apresentar um erro padrão associado ligeiramente menor. Estudos comparativos entre os dois métodos de coleta desenvolvidos por Nilakhe et al. (1984) para densidades mais elevadas de adultos também mostraram que o uso de rede entomológica é melhor.

Os índices de agregação para adultos sugerem, em geral, um padrão de distribuição ao acaso dos indivíduos, embora também tenham sido observadas amostras que apresentaram distribuições agregadas ou fracamente agregadas. Quando as distribuições se apresentaram agregadas, essas eram mais fracamente agregadas se comparadas com os índices de agregação de ovos e ninfas (Tabela 3.6). Nilakhe *et al.* (1984) usando a mesma metodologia de amostragem, ajustaram uma distribuição do tipo Poisson às amostras de adultos de *D. flavopicta* e *Z. enteriana*, sendo que as densidades populacionais variaram entre 0,8 e 29,7 indivíduos/m². No presente estudo, a densidade populacional foi sempre baixa, variando entre 1,3 e 6,38 adultos/m². Não houve correlação entre as densidades, ou fatores climáticos como temperatura, umidade relativa e precipitação, tanto do dia como dos 3 dias anteriores à coleta, com a variação no padrão de distribuição espacial observado. A maior mobilidade dos adultos, devido a capacidade de voo, explicam a distribuição fracamente agregada, ao acaso e regulares observadas. Estudos complementares sobre as variações espaciais na qualidade da gramínea como alimento, distribuição dos locais escolhidos para a postura e o comportamento de dispersão poderão explicar a variação no padrão de distribuição espacial de adultos.

3.4. CONCLUSÕES

O padrão fortemente agregado de distribuição dos ovos é determinado pelo comportamento de oviposição das fêmeas e provavelmente pela heterogeneidade espaço-temporal dos sítios escolhidos para as posturas. Aparentemente o comportamento de escolha dos sítios não muda durante os picos, de modo que o padrão agregado se mantém ao longo dos picos e não é alterado pelo acúmulo de ovos diapáusicos que elevam a densidade populacional no solo a partir de fevereiro de cada ano. Apesar dos baixos índices, a correlação positiva observada entre a densidade de ovos coletados e algum fatores físicos do ambiente como a cobertura do solo pela gramínea hospedeira e por palha sugerem que características locais podem ser utilizadas para estratificar as amostragens e aumentar a sua precisão. A amostragem de ovos no solo pelo método de "quadrats" mostrou-se adequada para estimar a densidade de ovos diapáusicos durante a estação seca, quando a densidade está elevada em função do acúmulo de ovos diapáusicos. Para a estimativa da população de ovos que produzirá o segundo e terceiro picos populacionais o modelo de fertilidade proposto parece ser mais adequado devido a facilidade de monitoramento da população de adultos.

O hábito das ninfas de secretarem espuma para proteção contra dessecação e a baixa mobilidade do inseto determinam um padrão de distribuição agregado na escala de amostragem estudada ($0,0625 \text{ m}^2$). Este padrão foi mais evidente para ninfas menores. A amostragem de ninfas com 90 "quadrats" por coleta apresenta um nível de erro padrão menor que 22% da média podendo ser usado para estimar o tamanho das populações de ninfas.

A criação sistemática de ninfas dos 3 picos populacionais mostrou que parasitóides ou entomopatógenos não são fatores de mortalidade importantes na dinâmica populacional de *D.*

flavopicta na região. No entanto, a curva de sobrevivência do inseto na fase ninfal apresentou uma mortalidade aproximadamente constante. Esse resultado mostra a necessidade de estudos adicionais sobre a importância de outros fatores de mortalidade, como predadores e variações meteorológicas na dinâmica populacional de *D. flavopicta*.

Os adultos foram observados em baixas densidades populacionais e apresentaram, em diferentes datas de coleta, variações no padrão de distribuição espacial de uniforme, ao acaso e agregado. Esta variação pode estar associada às baixas densidades observadas ou à maior mobilidade do adulto devido a sua capacidade de voo. Isto levaria a uma mudança no padrão de distribuição em função de variações ambientais ou movimentos migratórios. O uso de rede entomológica de varredura apresentou-se como um método viável para estimar a densidade absoluta de adultos.

As metodologias propostas para o monitoramento da população de *D. flavopicta*, permitem determinar as taxas de sobrevivência dos diferentes estágios de desenvolvimento do inseto, assim como o potencial biótico, dentro dos níveis de confiabilidade exigidos para a modelagem de sua dinâmica populacional. Esses resultados direcionam os estudos futuros para a identificação dos fatores de mortalidade e a influência dos fatores ambientais (bióticos e abióticos) sobre o potencial biótico do inseto.

Tabela 3.1. Caracterização dos locais de coleta de ovos de cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta*, para correlação com as densidades populacionais observadas.

Classe	Retenção de umidade (Umidade)
1	Ligeira elevação do terreno facilitando a drenagem
2	Declividade predominante na área
3	Curvas de nível ou valas que favorecem o acúmulo de água
Classe	Cobertura por restos vegetais (Proteção do solo)
1	Solo nu, ausência de palha entre as plantas
2	Presença de palha com manchas de solo exposto
3	Solo totalmente coberto por palha
Classe	Cobertura pela Gramínea (Planta hospedeira)
1	Baixa densidade de plantas, abaixo de 50% da área coberta
2	Boa cobertura vegetal com poucas áreas descobertas
3	Alta densidade de plantas, sem áreas descobertas

Tabela 3.2. Descrição do critério para classificação de ninfas de *Deois flavopicta* no campo, segundo o estágio de desenvolvimento.

Estágio	Descrição
N 1	Ninfas de primeiro ínstar, comprimento do corpo \approx 1 a 2 mm, corpo com coloração fortemente avermelhada.
N 2	Ninfas de segundo ínstar, comprimento do corpo \approx 2 a 3,5 mm, perda de coloração avermelhada, passando a cor característica amarelada a partir do abdômem.
N 3	Ninfas de terceiro e quarto ínstar, comprimento do corpo \approx 3,5 a 6 mm, surgimento de botões alares na parte posterior do tórax e início de esclerotização do tórax que assume coloração mais escura (marrom).
N 4	Ninfas de quinto ínstar, comprimento do corpo \approx 6 a 11 mm, região do tórax com esclerotização marrom intensa, desenvolvimento dos botões alares e diferenciação externa de órgãos sexuais.

Tabela 3.3. Coeficientes de correlação de Spearman entre as características ambientais (umidade do solo, cobertura de palha e densidade de cobertura de capim) dos locais de coleta em área de pastagem de *Brachiaria decumbens* no Colégio Agrícola de Brasília e a abundância de ovos de cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta*.

	Umidade	Palha	Capim
1ª coleta ¹	0,040	0,418	0,392
2ª coleta ²	0,127	0,174	0,233

¹ julho de 1993

² dezembro de 1993

Tabela 3.4. Padrão de distribuição espacial da população total de ninfas de *Deois flavopicta* por data de coleta no período de 1993/94.

Data	Ninfas/m ² ¹ ± ep ²	I _d ³	I _m ⁴	I _{mp} ⁵	k ⁶
1º pico populacional					
06/10	13,9 ± 3,0	2,62	2,86	0,51	0,48
20/10	13,6 ± 3,2	3,38	3,80	0,52	0,22
03/11	14,4 ± 2,4	2,15	2,28	0,51	0,55
10/11	15,8 ± 1,9	1,90	1,90	0,50	1,72
2º pico populacional					
19/12	7,8 ± 1,4	1,53	2,09	0,50	0,69
27/12	15,8 ± 2,4	1,99	2,00	0,50	0,81
10/01	30,0 ± 4,2	2,45	1,81	0,50	1,16
27/01	32,2 ± 1,9	2,64	1,81	0,50	1,17
3º pico populacional					
07/03	14,7 ± 3,2	2,89	3,34	0,51	0,37
18/03	11,7 ± 2,6	3,24	4,07	0,52	0,50
24/03	9,1 ± 2,4	3,45	5,37	0,52	0,30
07/04	6,0 ± 1,4	1,63	2,57	0,51	0,51

¹ Densidade média de ninfas/m²

² ep = erro padrão associado à média

³ I_d = Índice de agregação (variância/média)

⁴ I_m = Índice de Morizita

⁵ I_{mp} = Coeficiente de Morizita Padronizado

⁶ k = expoente da distribuição binomial

Tabela 3.5. Padrão de distribuição espacial de ninfas de *Deois flavopicta* por estágio de desenvolvimento no período de 1993/94.

Data	Estádio	Ninfas/m ² ¹	I _d ²	I _m ³	I _{mp} ⁴	k ⁵
1º pico populacional						
06/10	N 1	13,92	2,62	2,86	0,51	0,48
20/10	N 2	9,12	2,95	4,47	0,52	0,23
03/11	N 3	7,84	1,34	1,71	0,50	1,27
10/11	N 4	12,32	1,35	1,46	0,50	2,20
2º pico populacional						
19/12	N 1	7,52	1,55	2,20	0,50	0,65
27/12	N 2	9,44	1,75	2,29	0,50	0,64
10/01	N 3	20,80	2,58	2,53	0,51	0,69
27/01	N 4	18,56	2,22	2,05	0,50	1,16
3º pico populacional						
07/03	N 1	5,28	2,29	4,97	0,52	0,28
18/03	N 2	6,24	3,62	7,87	0,53	0,23
24/03	N 3	3,84	1,35	2,54	0,50	0,61
07/04	N 4	3,52	1,39	2,84	0,50	0,50

¹ Densidade média de ninfas/m²

² I_d = Índice de agregação (variância/média)

³ I_m = Índice de Morizita

⁴ I_{mp} = Coeficiente de Morizita Padronizado

⁵ k = expoente da distribuição binomial

Tabela 3.6 Padrão de distribuição espacial de adultos de *Deois flavopicta* por data de coleta no período de 1993/94.

Data	Adultos/m ² ¹ ± ep ²	I _d ³	I _m ⁴	I _{mp} ⁵	k ⁶
1º pico populacional					
10/11	1,75 ± 0,45	0,917	0,879	-0,778	---
17/11	6,25 ± 0,88	0,989	0,996	-0,010	---
24/11	4,25 ± 1,03	1,988	1,569	0,504	1,62
01/12	2,13 ± 2,18	1,100	1,105	0,071	15,0
08/12	1,25 ± 1,35	0,947	0,889	-0,495	---
2º pico populacional					
20/01	1,13 ± 0,55	2,216	3,889	0,534	0,34
24/01	4,63 ± 0,88	1,324	1,171	0,222	5,50
27/01	4,00 ± 0,68	0,947	0,968	0,495	---
31/01	5,88 ± 0,80	0,863	0,944	-0,129	---
03/02	4,00 ± 0,75	1,211	1,129	0,144	7,31
07/02	4,50 ± 0,93	1,497	1,270	0,341	3,47
10/02	5,88 ± 0,90	1,132	1,055	0,091	17,4
14/02	6,38 ± 1,25	1,960	1,365	0,502	2,56
17/02	3,25 ± 0,88	1,870	1,662	0,503	2,54
21/02	4,80 ± 0,90	1,380	1,195	0,260	4,83
24/02	6,00 ± 1,10	1,728	1,227	0,499	4,14
28/02	6,38 ± 1,18	1,753	1,286	0,500	3,27
03/03	2,50 ± 0,60	1,158	1,158	0,108	1,84
10/03	1,75 ± 0,50	1,218	1,319	0,149	1,94

¹ Densidade média de adultos/m²

² ep = erro padrão associado à média

³ I_d = Índice de agregação (variância/média)

⁴ I_m = Índice de Morizita

⁵ I_{mp} = Coeficiente de Morizita Padronizado

⁶ k = expoente da distribuição binomial

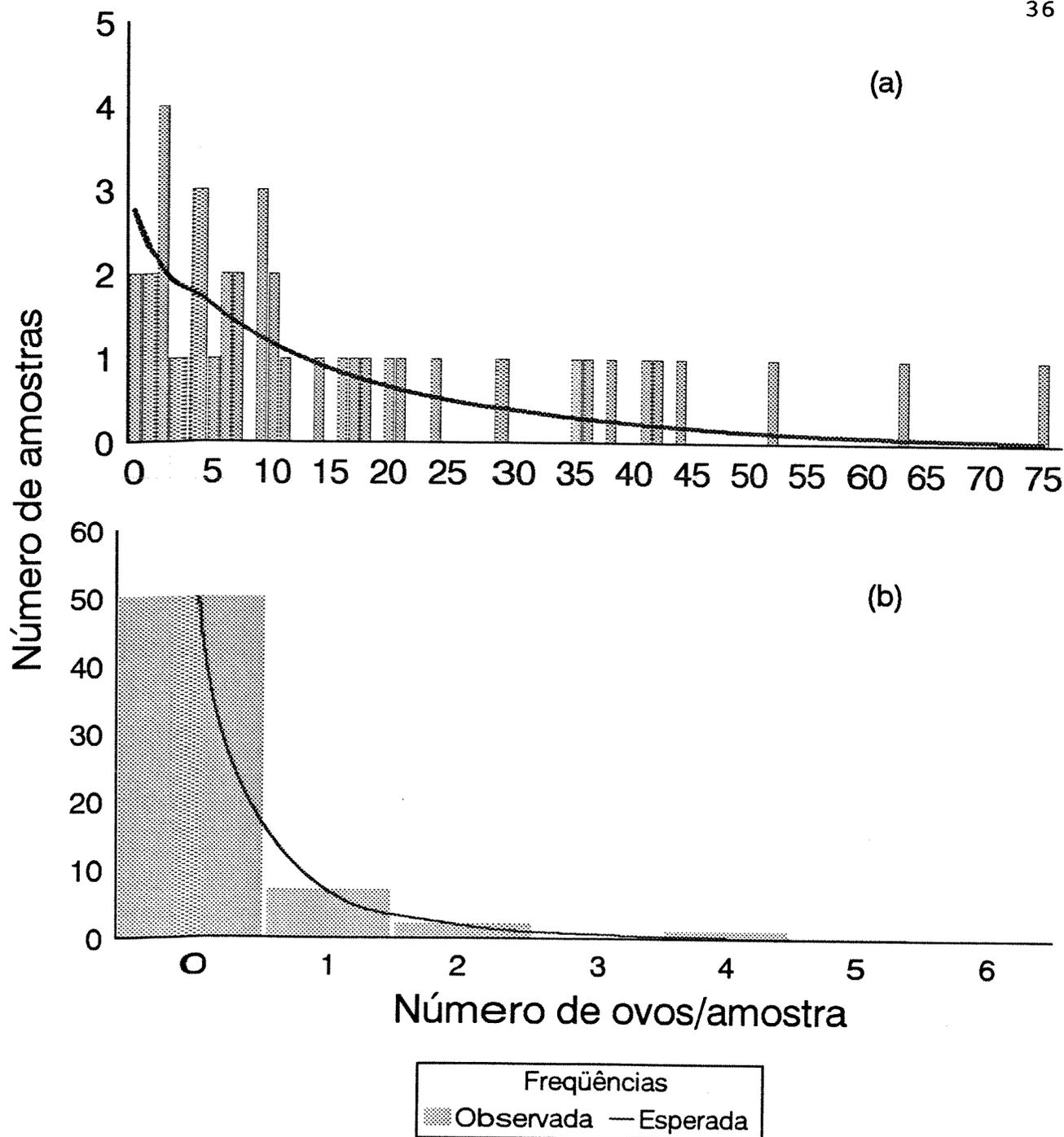


Figura 3.1. Distribuição de frequência observada e esperada para o ajuste dos dados de coleta de ovos de *Deois flavopicta* a uma distribuição binomial negativa. (a) coleta em julho de 1993 (b) coleta em dezembro de 1993

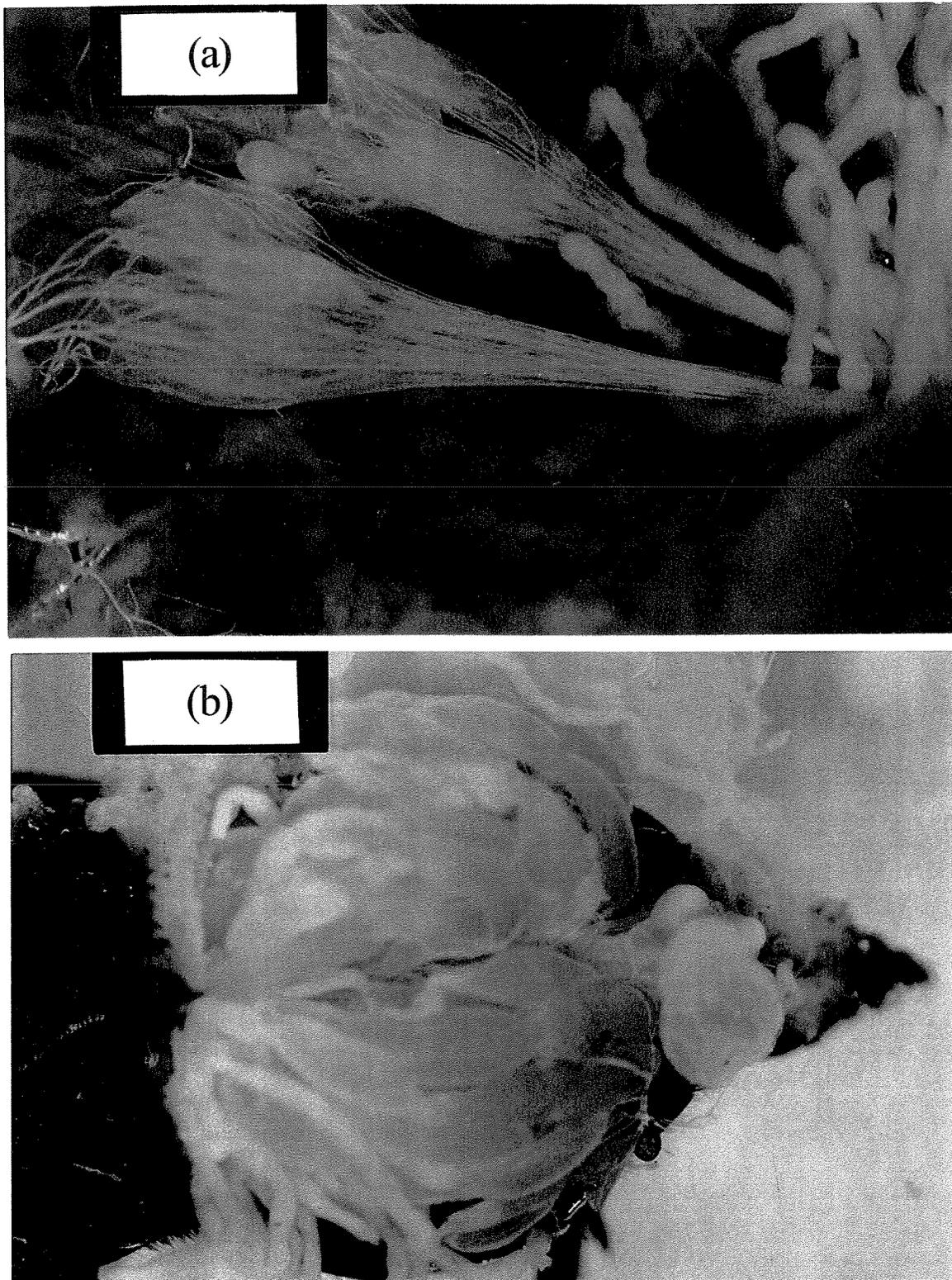


Figura 3.2. Vista dorsal ao microscópio estereoscópico de fêmea de Cigarrinhas-das-pastagens, *Deois flavopicta*, dissecada. (a) fêmea jovem com aparelho reprodutivo não desenvolvido. (b) fêmea madura com óvulos bastante desenvolvidos nos ovariolos.

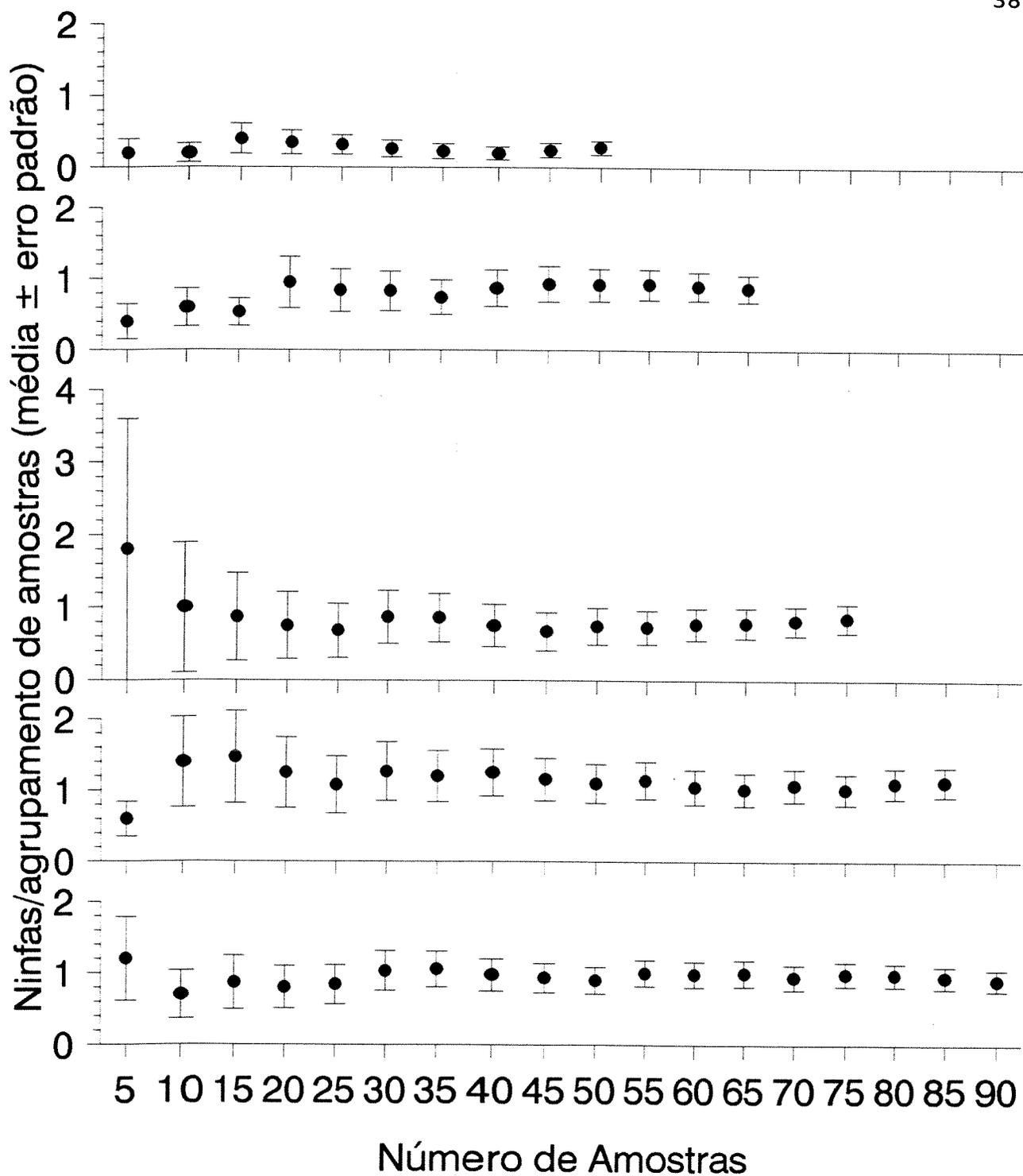


Figura 3.3. Agrupamento ao acaso sem reposição de diferentes números de amostras por coleta, para verificar a estabilização das médias. Dados plotados em média \pm erro padrão de ninfas de *Deois flavopicta*.

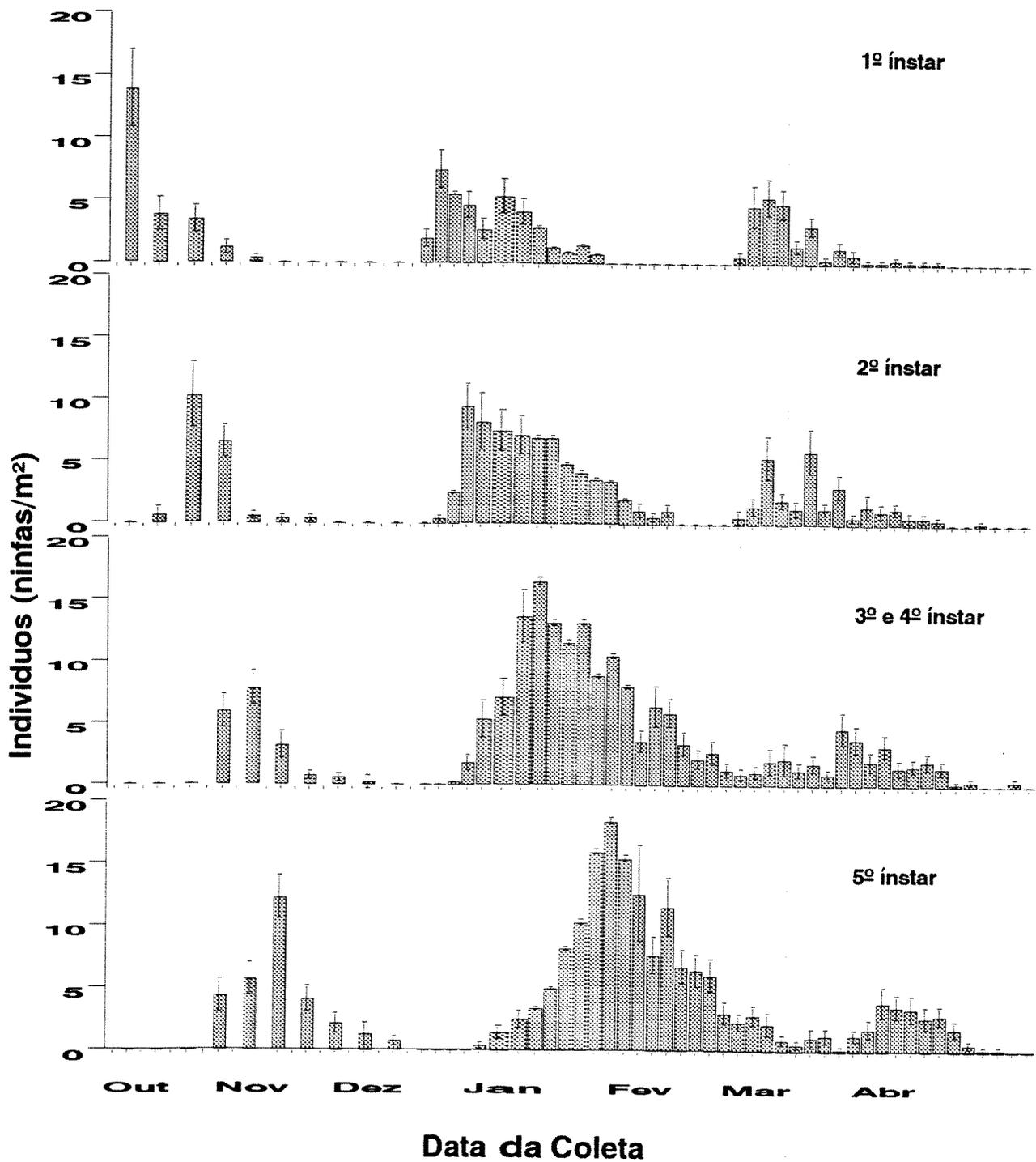


Figura 3.4. Flutuação populacional de ninfas de *Deois flavopicta*, por estágio de desenvolvimento, no período 1993/94. Densidade média por $m^2 \pm$ erro padrão por amostra..

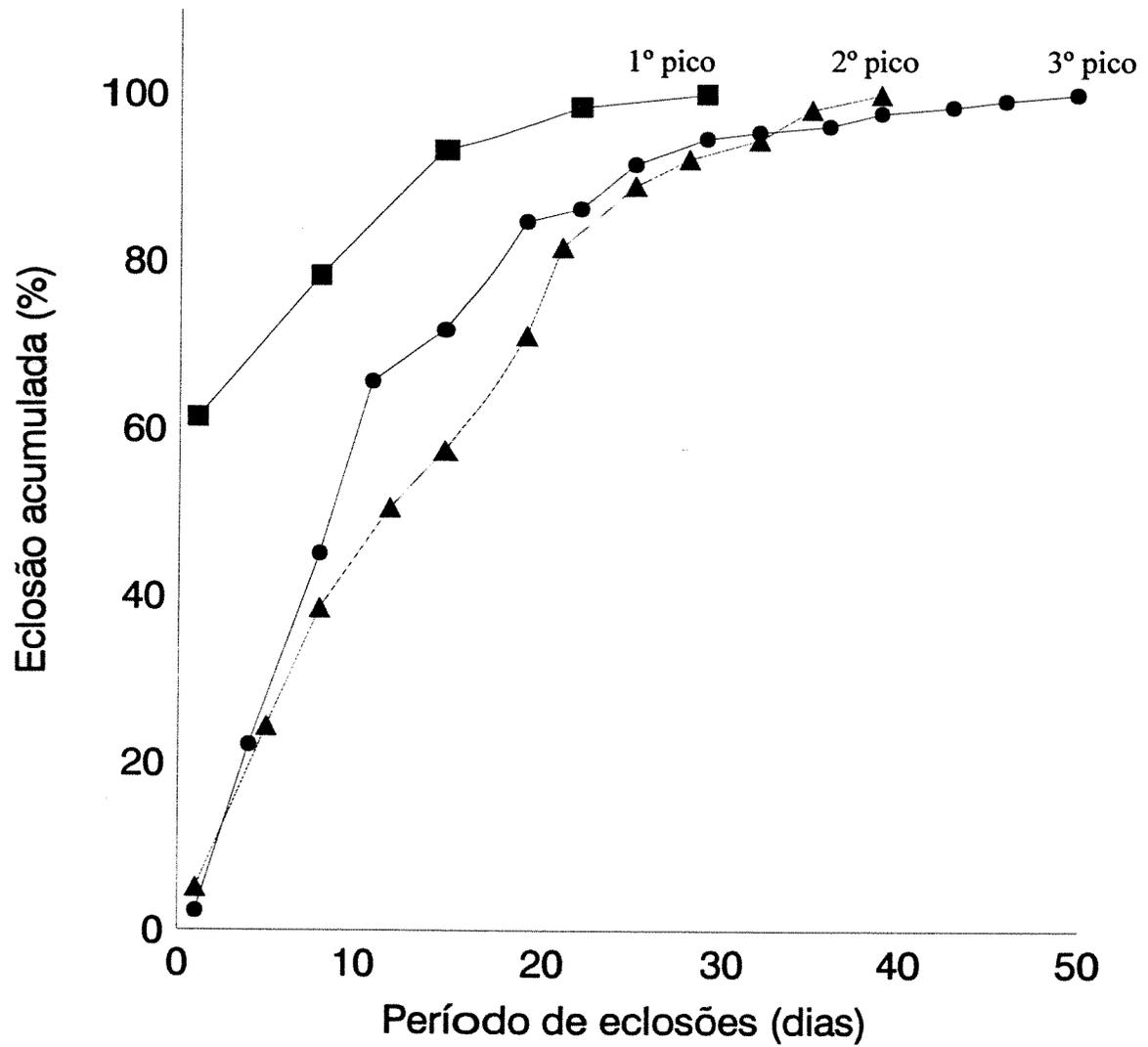


Figura 3.5. Eclosão acumulada de ninfas do primeiro ínstar dos 3 picos populacionais de *Deois flavopicta*.

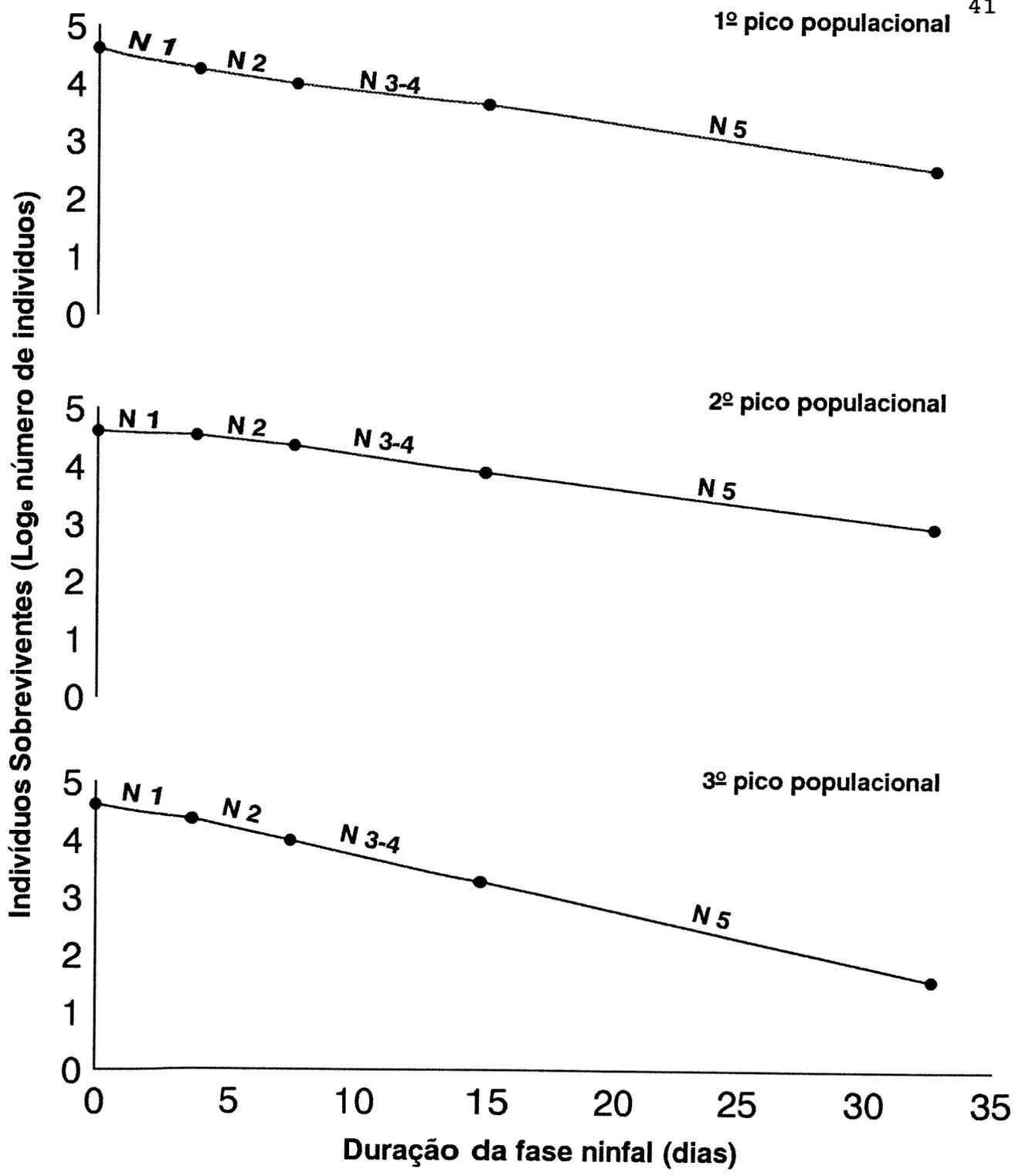


Figura 3.6. Curva de sobrevivência de ninfas de *Deois flavopicta* durante os três picos populacionais. População inicial de ninfas padronizadas em 100 indivíduos.

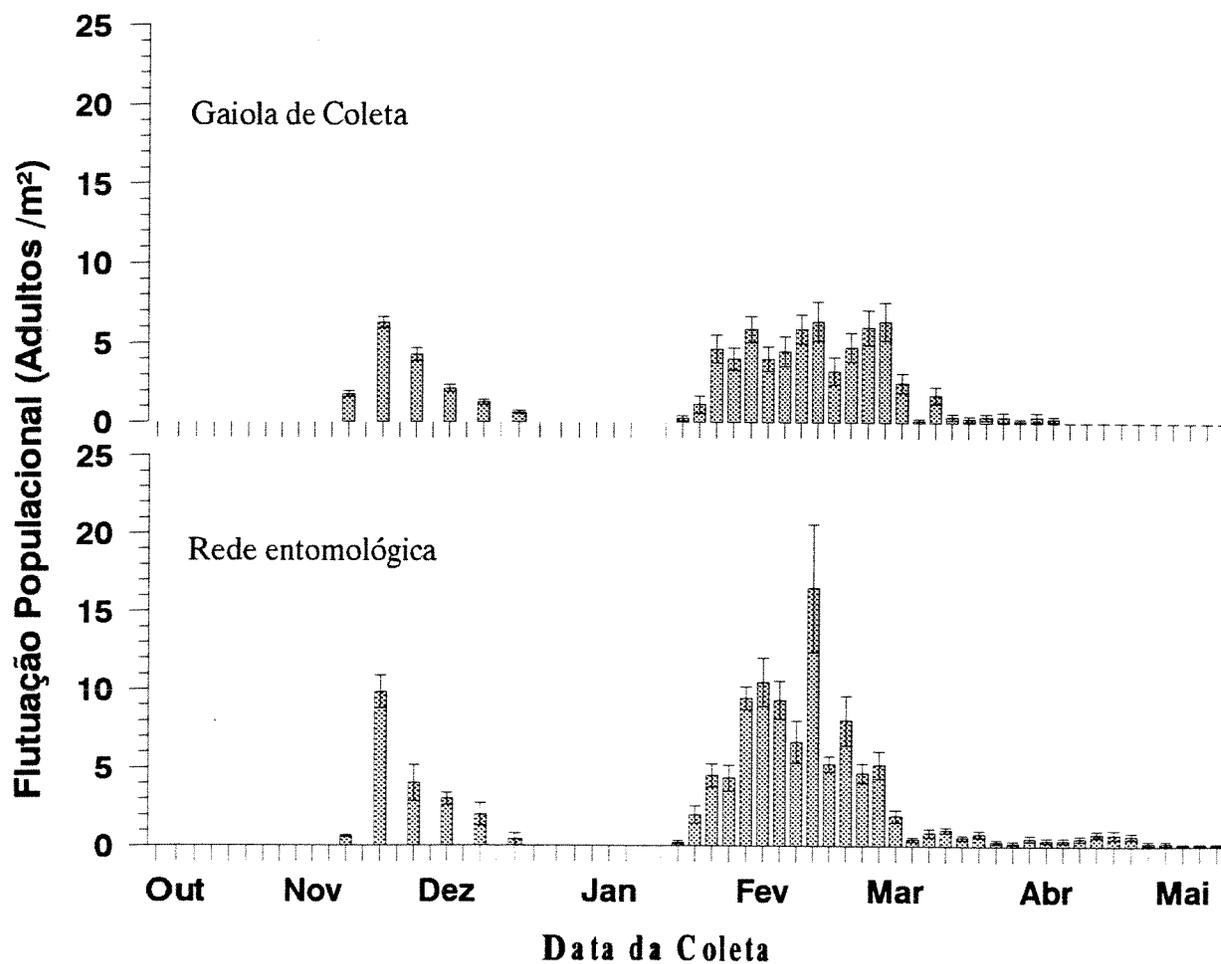


Figura 3.7. Flutuação populacional comparada de adultos de cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta*, no período 1993/94, utilizando gaiola e rede entomológica para a coleta dos indivíduos.

4. EFEITO DA TEMPERATURA E UMIDADE SOBRE O TÉRMINO DA DIAPAUSA DOS OVOS E DENSIDADE POPULACIONAL DE *Deois flavopicta*.

4.1. INTRODUÇÃO

O conhecimento dos mecanismos que regulam a fenologia dos insetos é um requisito básico para os estudos de sua dinâmica populacional. Populações reguladas por fatores independentes ou dependentes de densidade podem ser igualmente afetadas pela época de ocorrência e o sincronismo dos indivíduos em relação ao seu ciclo de vida (Andrewartha & Birch 1954, Lack 1954, Nicholson 1933). Mesmo insetos que ocorrem em regiões tropicais podem apresentar forte variação sazonal em abundância, independente das variações relativamente pequenas no fotoperíodo e temperatura se comparados a regiões temperadas (Tauber *et al.* 1986). Dessa forma, eventos capazes de provocar alterações no metabolismo e conseqüentemente no ciclo de vida do inseto (como término da diapausa) podem ser essenciais para a compreensão das flutuações sazonais de suas populações.

A principal praga das pastagens no Brasil é o complexo de espécies conhecido por cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae). Esta importância é devida a sua ocorrência generalizada, altos níveis populacionais e severidade dos danos provocados (Valério & Nakano, 1987). A espécie mais importante na região de Cerrados do Brasil Central é *Deois (Acanthodeois) flavopicta* (Stål) 1854 (Botelho & Reis 1980, Cosenza & Naves 1980).

A cigarrinha *D. flavopicta* ocorre em três picos populacionais bem definidos que vão de outubro a maio em sincronia com a estação chuvosa e o período de maior desenvolvimento do capim (Fontes 1991, Fontes *et al.* 1990, 1989b, Koller & Honer 1993, Melo & Silveira Neto 1983, Milanez *et al.* 1981, Reis *et al.* 1980, Sujii *et al.* 1991). No período de maio a setembro o inseto resiste às condições adversas da estação (seca e baixas temperaturas) na forma de ovos diapáusicos, conforme a descrição de diapausa proposta por Tauber *et al.* (1986), (Cosenza *et al.* 1989, Cosenza & Naves 1980, Fontes *et al.* 1990, 1989a, Koller & Honer 1993, Pacheco 1981). Os ovos diapáusicos são postos, durante toda a estação chuvosa, em diferentes proporções e com programação para diferentes durações da diapausa. Esse comportamento produz uma estratégia de distribuição de risco de mortalidade (bet-hedging) descrita por Fontes *et al.* (1994).

Estudos anteriores sobre a indução da diapausa demonstraram que alguns fatores ambientais como qualidade nutricional da gramínea (Sujii *et al.* 1990), fotoperíodo, precipitação e evaporação (Koller & Honer 1993) estão negativamente correlacionados com o aumento na frequência de ovos diapáusicos nas desovas de *D. flavopicta*, principalmente a partir do segundo pico populacional em janeiro. A quebra da dormência e a retomada do desenvolvimento embrionário dos ovos diapáusicos não é determinada pela umidade e fotoperíodo experimentados pelos ovos durante sua incubação (Fontes 1991, Fontes *et al.* 1989a, Pires *et al.* 1991). Por outro lado, temperaturas inferiores a 18° C quebram a diapausa e permitem a retomada do desenvolvimento dos ovos da cigarrinha-das-pastagens quando expostos a alta umidade (Fontes 1991, Fontes *et al.*, 1993, 1990, Pires *et al.* 1993). Esse comportamento sazonal de *D. flavopicta* torna claro que o entendimento dos fatores que

regulam o término da diapausa representam a chave para a construção de um modelo fenológico capaz de permitir simulações sobre a época de ocorrência inseto no campo e as densidades populacionais esperadas.

Baseados nos estudos acima citados, foi testado o efeito de baixas temperaturas do solo, que normalmente ocorrem na estação seca ($\approx 15^\circ \text{C}$) sobre os ovos diapáusicos para a construção de um modelo capaz de simular a época e a densidade em que *D. flavopicta* ocorre na região centro-oeste do país. Este modelo, associado a informações sobre os fatores de mortalidade e o potencial biótico do inseto, são fundamentais para um manejo adequado das pastagens visando o controle da cigarrinha.

4.2. MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1. Constante térmica e temperatura basal de ovos normais

A partir de adultos de primeiro pico populacional (novembro/dezembro), coletados no campo com uma rede entomológica de varredura, foram montadas gaiolas contendo 25 casais para a obtenção de ovos. As gaiolas eram constituídas de um cilindro plástico transparente com cerca 21 cm de comprimento por 10 cm de diâmetro. O cilindro era fechado em sua parte superior por uma tela de "nylon" e posto sobre uma bandeja de alumínio contendo uma camada de aproximadamente 1,0 cm de agar (20 g de agar e 0,45 g ZnSO por litro de água) que serviu como substrato para as oviposições. Visando oferecer uma melhor superfície de apoio ao inseto, o agar foi sulcado com auxílio de uma espátula formando quadrículos de cerca de 0,5 cm². No interior da gaiola foram oferecidas aos insetos plântulas de *Brachiaria decumbens* cujas raízes estavam imersas em um pequeno recipiente de vidro ou Erlenmeyer

revestido de papel alumínio contendo água (modificado de Koller 1991, Magalhães *et al.* 1987 e Valério 1993,). Os ovos foram coletados do agar com o auxílio de um estilete dois ou três dias após a montagem das gaiolas e em seguida lavados em solução de hipoclorito de sódio a 0,5%. Após esse processo, foram colocados para incubar em placas de Petri forradas com uma fina camada de algodão coberta com papel filtro umedecido.

Cada placa de Petri recebeu 30 (trinta) ovos escolhidos ao acaso da população obtida, sendo que grupos de 5 placas foram incubados em câmaras de germinação do tipo BOD reguladas para 20, 22, 25 e 28° C e fotofase de 13 horas.

A temperatura limiar de desenvolvimento e a constante térmica dos ovos foram calculadas a partir da regressão linear entre o inverso do tempo de desenvolvimento de cada ovo e a temperatura na qual foi incubado, segundo o método da hipérbole retangular e análise de regressão linear (Silveira Neto *et al.* 1976).

4.2. Choque térmico a 15° C

Ovos diapáusicos foram obtidos a partir de adultos do terceiro pico populacional (abril/maio) segundo a mesma metodologia descrita acima. Um total de 2.000 (dois mil) ovos diapáusicos foram distribuídos ao acaso em número de 50 por placa de Petri e conjuntos de 5 placas por tratamento (250 ovos), correspondendo a 8 tratamentos. Estes ovos, expostos a umidade de contato nas placas, foram submetidos a temperatura de 23/15° C (dia/noite). Por ser 15° C a temperatura mais baixa do solo durante a estação seca na região, estes tratamentos foram designados de "choque térmico". Foi atribuído a cada tratamento um período de: 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32 e 64 dias que equivalem a 6; 12; 24; 48; 96; 192; 384 e 768 horas a 15° C. Após a exposição ao choque térmico cada tratamento foi transferido para uma incubadora à

temperatura constante de 28° C, mantendo-se a umidade de contato. Um conjunto de 5 placas (total de 250 ovos) não sofreu choque térmico e foi incubado desde o início do experimento a 28° C, servindo como controle.

O fotoperíodo utilizado durante toda a duração do experimento foi de 12,5 horas de fotofase, uma vez que esse é o valor médio que ocorre na região durante o período do experimento.

A intervalos regulares de 2 dias todas as placas eram verificadas. As ninfas eclodidas e as respectivas cascas dos ovos eram removidas, sendo que a umidade da placa era repostas com auxílio de uma pisceta. Ovos com alteração característica de cor (esbranquiçado ou pretos) e forma (achatados) eram considerados inviáveis e descartados. Os tempos de desenvolvimento embrionário observados foram corrigidos em graus dias acima da temperatura limiar de desenvolvimento, visando corrigir o fato dos tratamentos serem temporais e para tornar os dados comparáveis entre si. Essa medida também permitiu a distinção e retirada dos ovos de desenvolvimento normal das amostras, já que esses ovos eclodem antes de 30 dias e não resistem à estação seca e portanto não influem na dinâmica populacional da estação seguinte (Fontes *et al.* 1993). Foram testados, por análise de variância, o efeito do tratamento (choque térmico) sobre a viabilidade dos ovos e o efeito da separação por placas na eclosão dos ovos. A distribuição de frequência do tempo de incubação dos ovos foi ajustada como normal e testada por Kolmogorov-Smirnov pela probabilidade de Liliefors (Wilkinson 1990). Foi feita uma análise de variância para comparar o efeito dos diferentes tratamentos sobre o tempo médio de eclosão das ninfas provenientes de ovos dipáusicos.

4.3. Modelagem dos dados

Os tempos médios para eclosão das ninfas do experimento acima foram ajustados por análise de regressão linear, para simular o período provável de ocorrência das eclosões das ninfas no primeiro pico populacional.

O desvio padrão associado ao tempo médio para as eclosões das ninfas foi relacionado com o tempo de exposição ao choque térmico através de uma regressão linear.

O bom ajustamento do padrão de eclosão das ninfas a uma distribuição normal permitiu usar os estimadores: tempo médio e desvio padrão para calcular a variável padronizada Z (Snedcor & Cochran 1980). Desta forma foi possível obter a frequência teórica acumulada das eclosões de ninfas, em graus dia acima de $13,7^{\circ} \text{C}$, considerando o choque térmico experimentado pelos ovos diapáusicos.

O modelo foi validado através do monitoramento das condições climáticas da região e de populações naturais no campo. Os dados climáticos foram obtidos nas estações climatológicas do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado - CPAC, da EMBRAPA, situadas num raio de 6 km das áreas de coleta e acompanhamento das eclosões de ninfas do primeiro instar, no início da estação chuvosa. As estação climática principal do CPAC encontra-se a cerca de 1.000 m de altitude enquanto que a secundária está a 1.175 m de altitude. As ninfas de primeiro instar foram recenseadas através de amostragens semanais utilizando 90 quadrados de 25x25 cm escolhidos ao acaso em duas áreas de pastagem de *Brachiaria ruziziensis* e *B. decumbens* localizadas respectivamente no CPAC e Colégio Agrícola de Brasília - CAB. Todas as análises estatísticas, acima citadas, foram feitas com o programa SYSTAT da SYSTAT Inc. (Wilkinson 1990).

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Constante térmica e temperatura basal de ovos normais

Os ovos de *D. flavopicta* apresentam dois padrões distintos de desenvolvimento embrionário. O primeiro com ovos de desenvolvimento não diapáusico com a maioria (97%) das ninfas eclodindo entre 10 a 20 dias, sendo que alguns indivíduos de desenvolvimento prolongado demoram até 60 dias. O segundo com ovos diapáusicos, cuja incubação pode estender-se por um período de 60 a 360 dias, apresentando um período de quiescência antes da eclosão das ninfas (Fontes *et al.*, 1989a-1989b e 1990). Durante a diapausa, a atividade metabólica decresce progressivamente até um estado de dormência do embrião, que posteriormente reassume o seu desenvolvimento após um período de quiescência (Tauber *et al.* 1986).

A análise de regressão entre a temperatura de incubação e o inverso do tempo para a eclosão das ninfas, proveniente de ovos de *D. flavopicta* do primeiro pico populacional (novembro/dezembro), mostrou um coeficiente de determinação de 93,4%. A constante térmica observada no presente estudo foi de 167,86 graus dia e a temperatura basal de 13,7°C (Figura 4.1). Essa constante térmica assemelha-se ao dado de 160,06 graus dia obtido na região de Piracicaba, SP por Magalhães *et al.* (1983). Esse resultado demonstra que a temperatura do solo durante a estação seca no Brasil Central permanece geralmente acima da temperatura limiar, não representando portanto um fator limitante. As observações de Reis *et al.* (1980) sobre a flutuação populacional da cigarrinha em diversas regiões de Minas Gerais apóiam a hipótese de que o início do surgimento do primeiro pico populacional é regulado pelas primeiras precipitações capazes de repor o déficit hídrico do solo.

4.3.2. Choque térmico a 15° C

O acompanhamento das eclosões de ninfas provenientes de ovos postos por fêmeas de terceiro pico e expostos ao choque térmico, confirmou a presença de ovos com desenvolvimento não diapáusico que eclodiram em até 60 dias, segundo a caracterização feita por Fontes *et al.* (1990). Estes ovos foram retirados das amostras por se tornarem inviáveis quando mantidos durante período superior a 8 semanas em condições secas como as que ocorrem no Brasil Central de maio a setembro (Fontes *et al.* 1993). A percentagem de ovos de desenvolvimento não diapáusico, em cada tratamento variou de 1,84% a 12,0% com média de 7,28% sugerindo que em locais onde as condições ambientais permaneçam favoráveis ao desenvolvimento do inseto, há um aumento em seu voltinismo, prolongando o período de ocorrência ao longo do ano. Este mecanismo conhecido como distribuição de risco de mortalidade ("bet-hedging") (Cohen 1966), foi identificado em *D. flavopicta* por Fontes *et al.* (1994). A observação de que aproximadamente 7% dos ovos do terceiro pico populacional não são diapáusicos mostram que, em condições favoráveis, o inseto pode produzir um novo pico populacional, alterando o seu voltinismo. Esta plasticidade fenológica parece estar relacionada com a variabilidade genética da população, o que permite a exploração do ambiente de acordo com as variações climáticas de cada região. Levantamentos populacionais realizados em regiões com ausência ou baixa sazonalidade no regime pluviométrico mostraram a ocorrência da cigarrinha por um período mais longo do ano, com aumento na sobreposição dos picos populacionais (Melo & Silveira Neto 1983, Menezes *et al.* 1983, Reis *et al.* 1980).

A percentagem de ovos diapáusicos que se tornaram inviáveis variou entre 11,8 e

18,5% e não foi significativamente diferente entre as amostras. A análise de variância das taxas transformadas pela função arcoseno mostrou que não houve influência do tratamento sobre a viabilidade dos ovos ($F = 0,536$ $p = 0,821$).

A análise do efeito das placas sobre a eclosão dos ovos mostrou não haver diferenças significativas entre o tempo médio para eclosão entre as placas de cada tratamento. No tratamento 8 (64 dias de choque térmico) a análise de variância inicial apresentou diferenças significativas a nível de 5% de probabilidade devido a variância muito estreita dos dados e a presença de quatro pontos discrepantes ("outliers"). A retirada desses 4 pontos do total de 214 ovos das 5 placas comprovou não haver diferenças significativas entre as médias das placas. Esse resultado permitiu que cada ovo fosse tratado como uma unidade experimental, independente da placa. A análise de variância comparando os tempos médios corrigidos em graus dia de cada tratamento mostrou diferenças significativas para eclosão das ninfas. A comparação das médias pelo teste de Tukey mostrou que a partir de 8 dias de choque térmico há alteração no padrão de eclosão com diferenças significativas (Tabela 4.1). Isto sugere que nas regiões ou anos em que houver um período mais prolongado de baixas temperaturas noturnas ($< 15^{\circ} \text{C}$) os ovos permanecerão quiescentes e prontos para o desenvolvimento embrionário final, assim que as condições de umidade se tornarem favoráveis. Isto permitiria a exploração de recursos mais cedo e com maior sincronismo da população, o que representa densidades populacionais relativamente mais altas. Por outro lado, esta estratégia de vida representa um risco de extinção local mais elevado se comparadas às condições climáticas mais amenas, como as que predominam no Brasil Central, onde as eclosões estariam dispersas por um período mais prolongado e os riscos de mortalidade distribuídos, conforme proposto

por Fontes *et al.* (1994).

4.3.3. Apresentação e Validação do modelo

A distribuição de frequência de eclosão das ninfas dos diferentes tratamentos ao longo do tempo, mostram que, em condições ótimas para o desenvolvimento embrionário, a maior duração do choque térmico resulta em maior sincronização de eclosões e redução do tempo médio necessário ao desenvolvimento dos ovos (Figura 4.2 a-e).

A partir desse dado foi desenvolvido um modelo que simula o decréscimo em graus dia, do tempo necessário para a eclosão das ninfas, com o aumento na duração do choque térmico. A partir de aproximadamente 39 dias ocorre uma estabilização e o surgimento de um patamar na curva (Figura 4.3). Nas regiões de ocorrência *D. flavopicta*, mais ao sul do país onde o inverno é mais prolongado e rigoroso, o modelo exige observações complementares sobre o efeito das baixas temperaturas na quebra da diapausa. Estas observações deverão se concentrar no período de 32 a 64 dias para confirmar a estabilização da curva e aumentar o seu intervalo de confiança.

O tempo médio de desenvolvimento embrionário simulado pelo modelo possui uma distribuição de frequência associada que pode ser considerada normal com base no teste de Kolmogorov-Smirnov (Tabela 4.2). Isto sugere que o desvio padrão reflete a sincronização das eclosões. Portanto, é possível obter a distribuição de probabilidade de eclosão dos ovos, para qualquer choque térmico, através da transformação da quantidade de unidades de calor acima da temperatura basal (graus dia) do tratamento na variável normal padronizada Z .

O desvio padrão apresentou uma tendência de diminuição em função do aumento do período de exposição dos ovos ao choque térmico refletindo um aumento de sincronização das

eclosões, principalmente nos tratamentos mais prolongados 32 e 64 dias.

A análise de regressão linear para os desvios padrão das distribuições do tempo de desenvolvimento embrionário apresentou um coeficiente de determinação de 90,7% com uma forte influência (leverage) exercida pelos dados do tratamento de 64 dias sobre o ajuste da regressão (Figura 4.4). A ausência de dados sobre tratamentos intermediários entre 32 e 64 dias tornam o nível de confiabilidade baixo nessa região de curva. Dessa forma, para aplicação do modelo em regiões de inverno mais intenso e prolongado como os que ocorrem ao sul do Brasil Central, deverão ser coletados dados adicionais para aumentar a precisão e a área de aplicação do modelo.

Os ovos diapáusicos possuem uma programação genética para diferentes durações numa ampla faixa de variação (Koller 1991, Fontes *et al.* 1989), sendo que após o término natural da diapausa os ovos permaneceriam quiescentes aguardando condições favoráveis de temperatura e umidade para a eclosão das ninfas (Fontes *et al.* 1990). No Brasil Central, a temperatura do solo geralmente permanece acima da temperatura limiar inferior, permitindo a eclosão dos ovos em qualquer época do ano. O fator ambiental crítico para a eclosão dos ovos entre julho e setembro é a umidade do solo, que nesse período não está disponível para os ovos da cigarrinha. Dessa forma, o início do período chuvoso é um fator que contribui para a determinação da época de ocorrência do primeiro pico populacional da cigarrinha-das-pastagens.

Para a validação do modelo proposto para a região de cerrados do Brasil Central foi feito um levantamento das temperaturas mínimas do solo observadas na estação seca de 1993. Os dados climáticos das duas estações do CPAC mostraram que durante o período seco de

1993 (maio a agosto) não ocorreram temperaturas do solo inferiores a 18° C, indicando que os ovos diapáusicos durante essa estação não foram submetidos às temperaturas noturnas de 15° C. Nessas condições de ausência de choque térmico o modelo por simulação prevê $2.056,28 \pm 357,57$ (média \pm desvio padrão) graus dia acima de 13,7° C (temperatura limiar) para a eclosão dos ovos pós-diapáusicos.

A primeira chuva intensa (17,5 mm no CPAC e 10,0 mm no CAB) capaz de repor o solo acima da capacidade de campo, nível de umidade mínimo para a retomada do desenvolvimento dos ovos (Pires *et al.* 1993), ocorreu em 20 de setembro de 1993.

Considerando a constante térmica de 167,56 graus dia para os ovos as eclosões deveriam iniciar em média no dia 8 de outubro. O monitoramento das eclosões de ninfas no campo confirmaram esse dado com as primeiras observações de ninfas no dia 6..

Baseado na temperatura média diária do solo, foram construídas curvas considerando a quantidade de graus dia acima da temperatura basal acumulada para cada estação climática do CPAC a partir de 17 de abril de 1993 (final do 3° pico populacional) até o dia anterior a cada levantamento de ninfas no campo, criando um modelo teórico de eclosões acumuladas para cada estação climática. Utilizando-se os dados de censos semanais foi possível plotar a curva acumulada de ninfas de primeiro instar observadas no campo (Figura 4.5).

A comparação das curvas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov mostra que não há diferenças significativas entre as curvas das eclosões observadas entre as duas áreas (CPAC x CAB $p = 0,82$), e entre as áreas e a curva de eclosão teórica simulada pelo modelo, a partir dos dados das estações principal e secundária ($p=0,820$ para o CAB e o CPAC). Estes resultados indicam um bom ajustamento do modelo para a região do Distrito Federal

compreendida pelas estações do CPAC e mostram que não há necessidade de coleta de dados locais (na própria área) para uma simulação das eclosões confiável a nível de 95% de probabilidade.

As observações de campo no ano de 1993 mostraram que, além das baixas temperaturas do solo durante a estação seca, a época de início das chuvas pode representar um fator de sincronização dos ovos. O início tardio da estação chuvosa (20 de setembro) encontrou acima de 60% dos ovos com sua diapausa naturalmente terminada e prontos para eclodir, independente da ausência de choque térmico neste ano. Assim, o choque térmico parece ter maior importância para regiões com temperaturas de solo mais baixas no período de maio a setembro e ausência de uma estação seca bem definida. Observações feitas por Oomen (1975), para *Aeneolamia occidentalis* e *Prosapia simulans* (Cercopidae) no México, mostraram que os indivíduos do primeiro pico populacional parecem ocorrer mais sincronizados e serem mais numerosos em áreas com um início brusco da estação chuvosa. Essas observações apoiam a hipótese de que em regiões, ou anos, em que houver um prolongamento da estação seca seguido de precipitações intensas e temperaturas elevadas, as populações do primeiro pico são mais sincrônicas e mais densas. A modelagem dessa função permite portanto, fazer previsões sobre a época de ocorrência e sincronismo (densidade) das ninfas do primeiro pico populacional e é uma ferramenta valiosa no manejo da praga.

4.4. CONCLUSÕES

A temperatura noturna de 15°C está acima da temperatura basal, quebra a dormência dos ovos diapáusicos e altera o progresso do desenvolvimento embrionário desses ovos.

O tempo médio em graus dia para a eclosão das ninfas assim como a sincronismo das eclosões pode ser previsto através de um modelo ajustado por regressão linear quando os ovos diapáusicos são expostos à baixas temperaturas por períodos que variam de zero a aproximadamente 39 dias. A partir de 39 dias de exposição o tempo médio para eclosão das ninfas torna-se constante, formando um patamar.

O intervalo entre o término da diapausa e o início da estação chuvosa, assim como a umidade do solo no período, influenciam o sincronismo dos ovos e a densidade de ninfas de primeiro instar do primeiro pico populacional.

Tabela 4.1.: Análise de Variância e Teste de Homocedasticidade das variância do tempo para eclosão de ninfas de *Deois flavopicta* provenientes de ovos diapáusicos submetidos a diferentes períodos de choque térmico (23/15 °C dia/noite) comparando os diferentes tratamentos. Cada ovo foi considerado uma unidade experimental. Dados padronizados para 14,3° C acima da temperatura basal de 13,7° C para análises estatísticas.

Tratamento (dias)	Média ± Erro Padrão (dias) (dias)	Tukey (p<0,05)	Número de ovos
T0 (0,0)	141,36 ± 1,703	a	184
T1 (0,5)	142,52 ± 1,769	a	193
T2 (1,0)	142,70 ± 1,671	a	190
T3 (2,0)	138,33 ± 1,588	a	190
T4 (4,0)	135,10 ± 1,691	a	181
T5 (8,0)	127,60 ± 1,946	b	193
T6 (16,0)	102,88 ± 1,577	c	198
T7 (32,0)	67,22 ± 1,849	d	110
T8 (64,0)	48,97 ± 0,211	e	214

Teste de Bartlett para Homocedasticidade $X^2 = 654,41$ $p = 0$

Análise de Variância (ANOVA) $F=311,72$ $P \ll 0,001$

Tabela 4.2.: Teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade das distribuições de frequências do tempo de desenvolvimento embrionário de ovos diapáusicos de *D. flavopicta* submetidos a diferentes períodos de choque térmico (23/15° C dia/noite).

Tratamento	Desvio Máximo D	Probabilidade de Lilliefors (bilateral)
0 (0 dia)	0,100	0,000
1 (0,5 dia)	0,073	0,016
2 (1 dia)	0,118	0,000
3 (2 dias)	0,108	0,000
4 (4 dias)	0,117	0,000
5 (8 dias)	0,066	0,044
6 (16 dias)	0,081	0,004
7 (32 dias)	0,181	0,000
8 (64 dias)	0,182	0,000

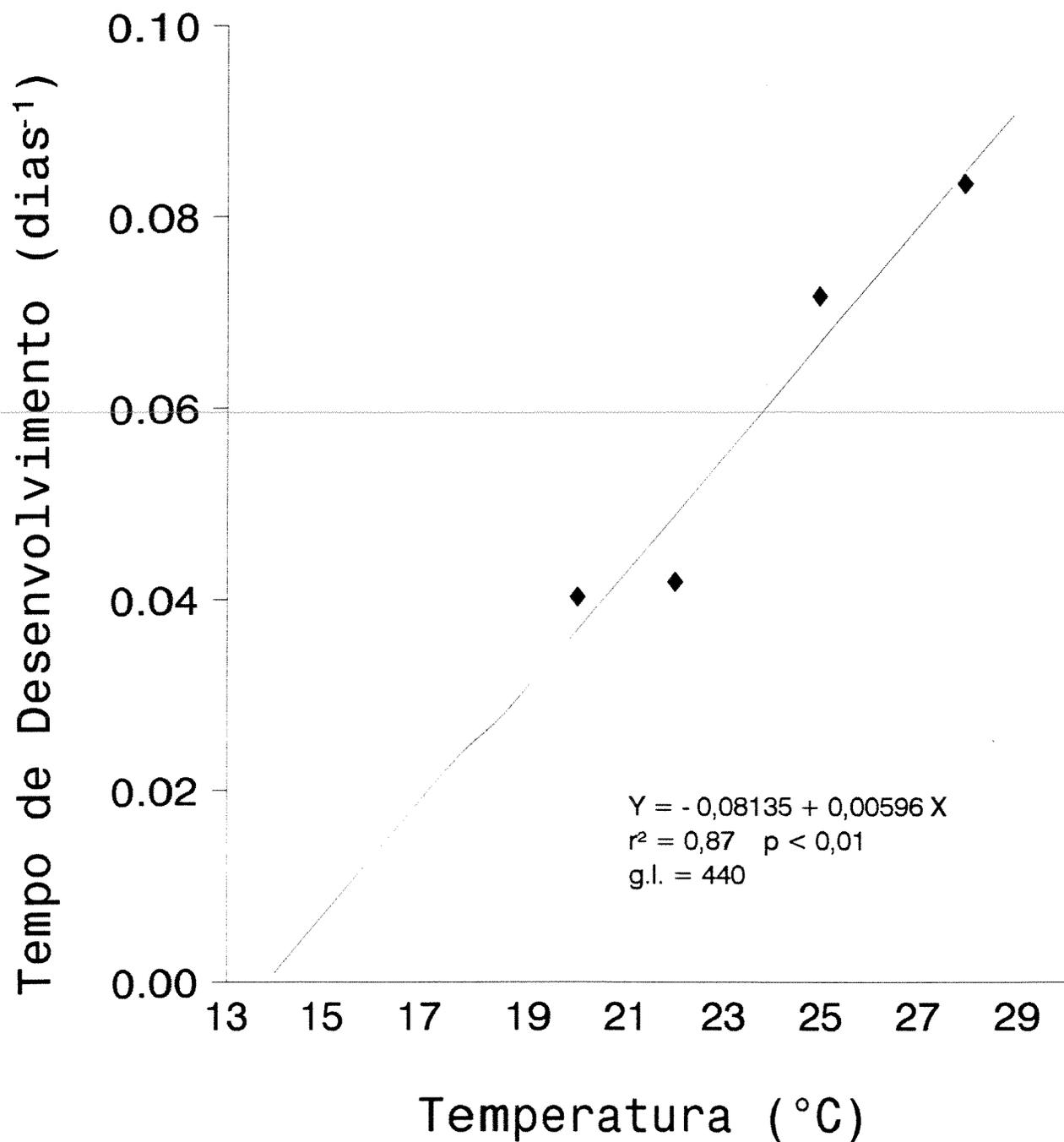


Figura 4.1. Análise de regressão entre o inverso do tempo de desenvolvimento embrionário até a eclosão de ninfas pela temperatura de incubação. Ovos provenientes de fêmeas de *Deois flavopicta* do primeiro pico populacional (novembro/dezembro).

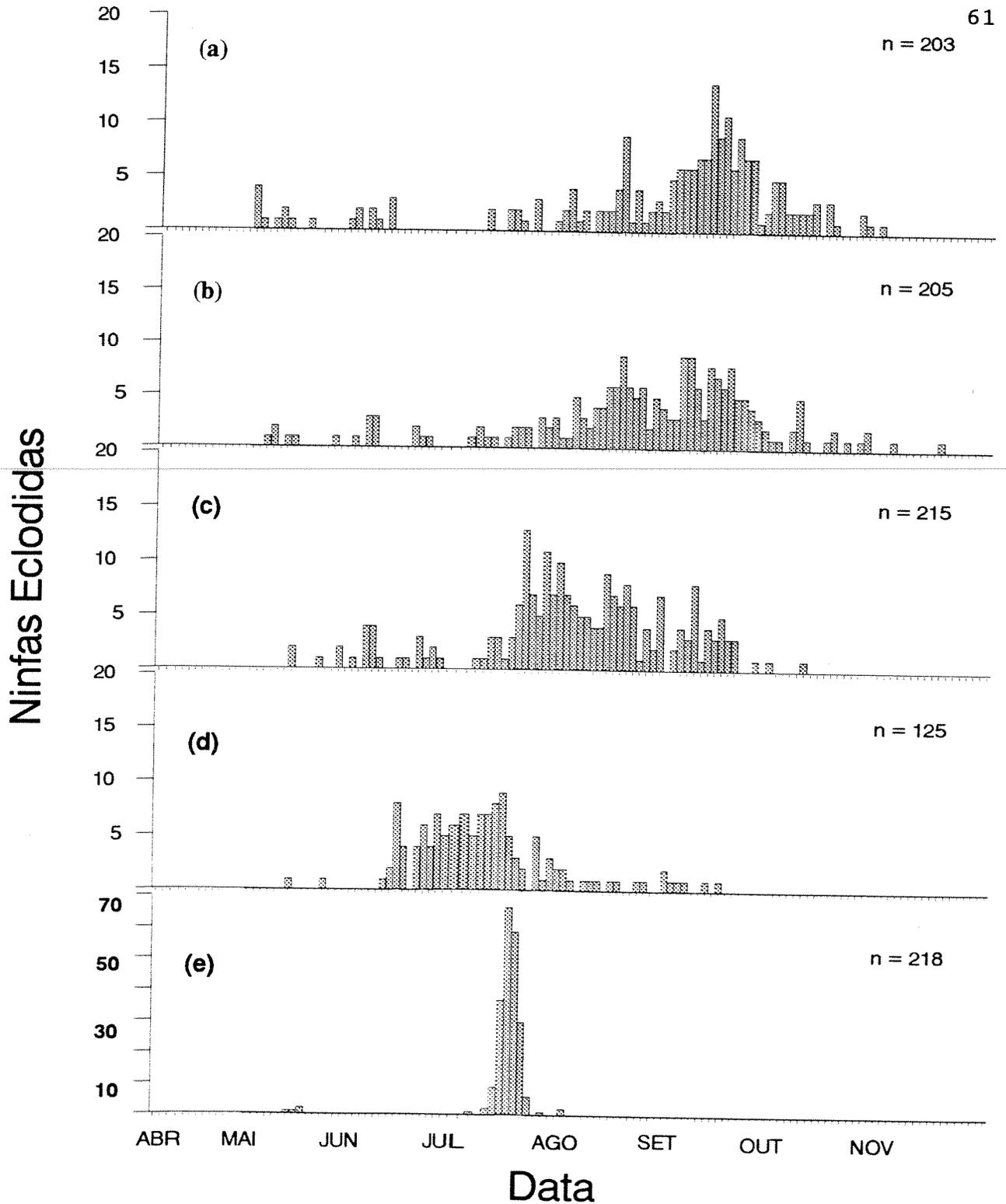


Figura 4.2. Distribuição de frequência das eclosões de ovos diapáusicos de *Deois flavopicta*, submetidos a diferentes períodos de choque térmico (23/15° C dia/noite). (a) Ausência de choque térmico, (b) 8 dias de choque térmico, (c) 16 dias de choque térmico, (d) 32 dias de choque térmico, (e) 64 dias de choque térmico.

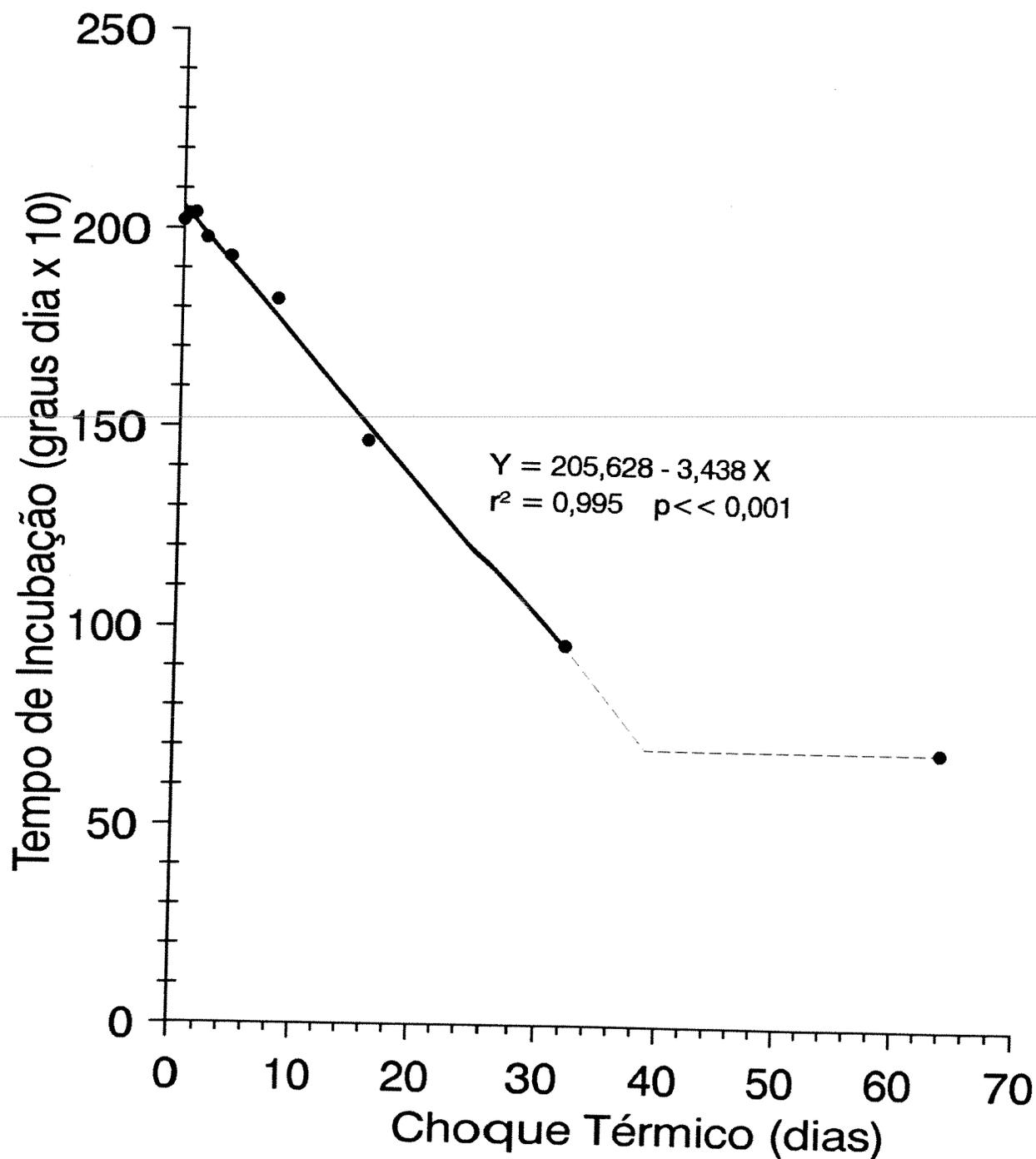


Figura 4.3. Modelo teórico para descrever o tempo médio de eclosão dos ovos diapáusicos de *Deois flavopicta* baseado no tempo de exposição ao choque térmico (23/15 °C dia/noite). A análise de regressão somente ajusta a região inclinada da curva.

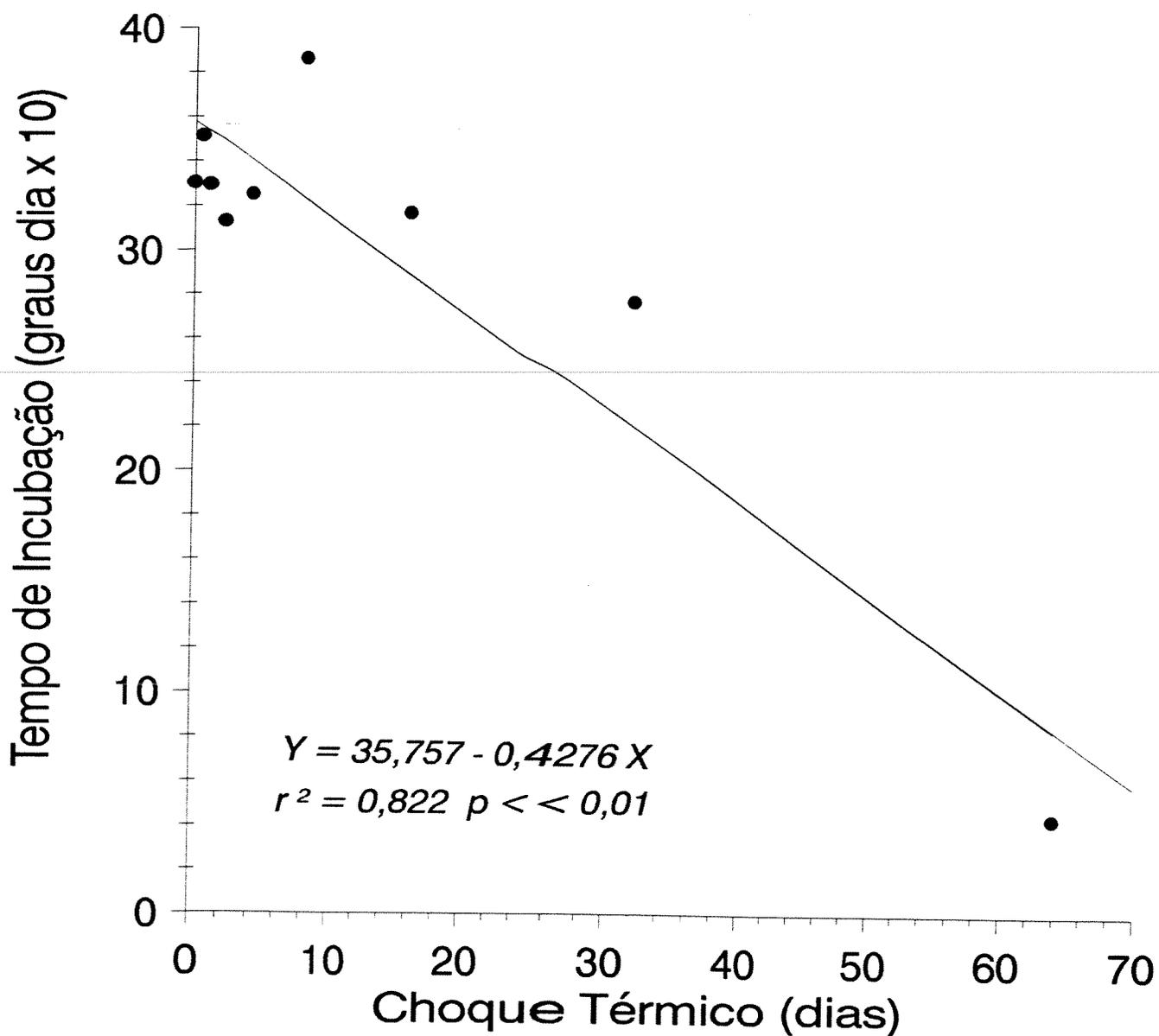


Figura 4.4. Análise de regressão entre o desvio padrão do tempo médio de eclosão dos ovos diapáusicos de *Deois flavopicta* e o tempo de exposição ao choque térmico (23/15° C dia/noite).

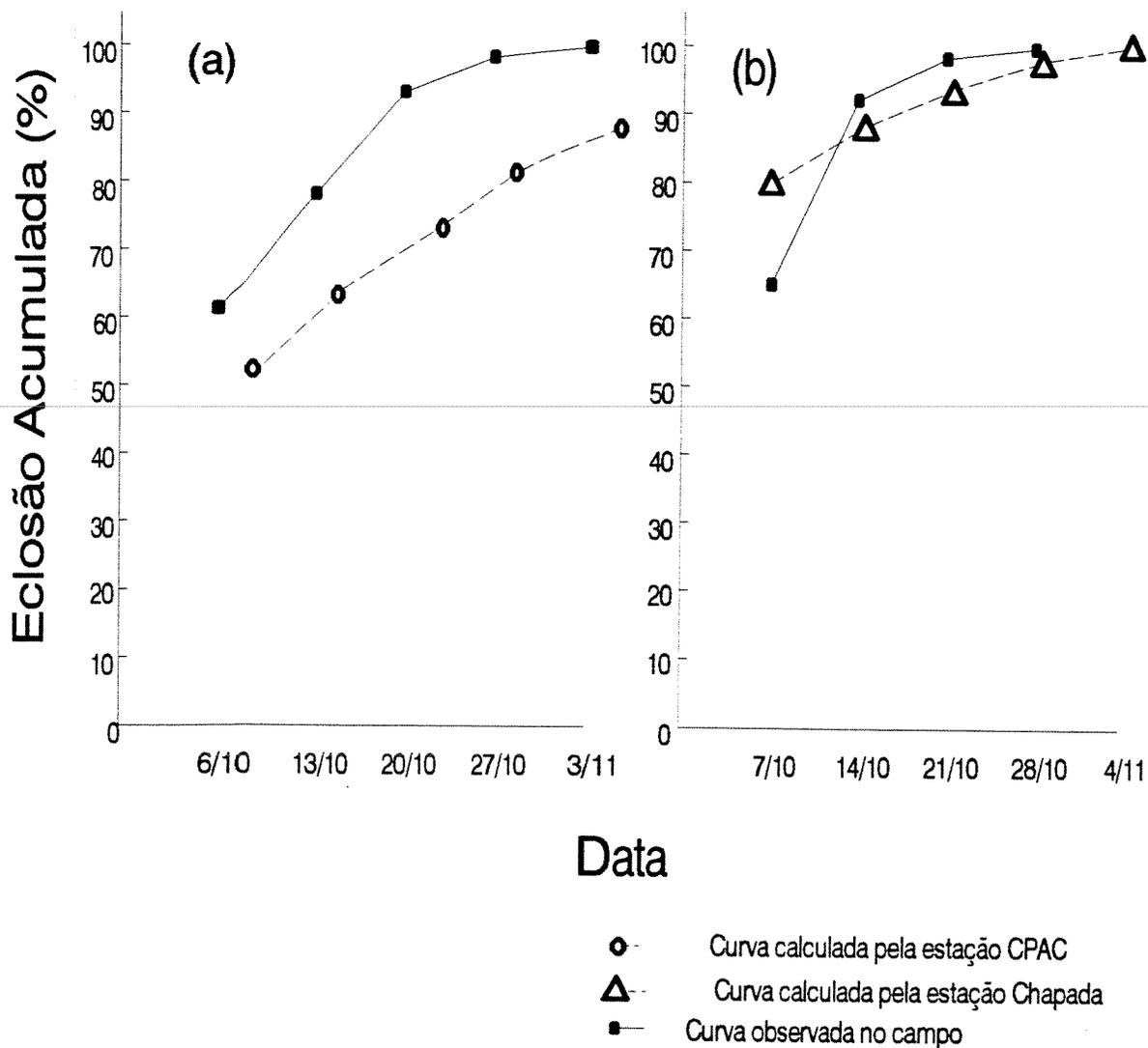


Figura 4.5. Ecloração acumulada teórica e observada de ninfas provenientes de ovos diapáusicos de *Deois flavopicta* em dois locais no Distrito Federal no período 1993/94. (a) Pastagem de *Brachiaria decumbens* no Colégio Agrícola de Brasília/CAB, (b) Pastagem de *B. ruziziensis* no Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado/CPAC.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento da influência de fatores ambientais como clima, qualidade do alimento e inimigos naturais sobre a flutuação populacional de *D. flavopicta*, é essencial para o desenvolvimento de um modelo matemático de sua dinâmica. As simulações resultantes desse modelo orientarão estratégias futuras de controle, além de auxiliar na tomada de decisões sobre o manejo da praga.

O presente trabalho modela a fenologia do inseto permitindo a simulação da época de ocorrência de ninfas do primeiro pico populacional e o sincronismo das eclosões o que, por sua vez, reflete as densidades esperadas do inseto no campo. Desse modo, o modelo pode propiciar a aplicação de métodos de controle sobre os estádios mais suscetíveis da praga (primeiro e segundo ínstaes) com uma expectativa da percentagem de indivíduos que serão atingidos.

A aplicação desse modelo exige no entanto que novos modelos, ou sub-modelos, sejam desenvolvidos e integrados formando um modelo maior. Estes modelos deverão simular a quantidade de ninfas que alcançarão o estágio adulto, determinando se o limiar econômico de dano será alcançado e as condições nas quais o potencial biótico dessa população poderá produzir futuras explosões populacionais.

As metodologias mais adequadas para o monitoramento das populações dos diferentes estágios da cigarrinha-das-pastagens foram indicadas ou sugeridas neste estudo a partir da descrição e análise de sua distribuição espacial. Estas metodologias permitirão, através de estudos de demografia, a estimativa das taxas de sobrevivência e os diferentes fatores de mortalidade com maior precisão. A coleta e criação de ninfas mostraram a inexistência de

inimigos naturais como parasitóides ou entompatógenos relevantes para a dinâmica populacional de *D. flavopicta* na região. No entanto, a ocorrência de uma taxa de mortalidade constante na fase ninfal mostra a importância da quantificação dos fatores de mortalidade, tais como predadores e alterações meteorológicas. Esses estudos deverão ser ampliados para todos os estágios de desenvolvimento do inseto visando a construção da tabela de vida e curva de sobrevivência.

O desenvolvimento de um sub-modelo de fertilidade para as fêmeas é outro componente a ser desenvolvido a partir do monitoramento da população de ovos e sua correlação com a população de fêmeas nos picos anteriores. Estudos sobre o movimento de dispersão/migração de adultos e a influência de fatores ambientais como clima e alimento sobre o potencial biótico das fêmeas são a base para a construção desse modelo.

Dessa forma, foi apresentada a estrutura do modelo geral para a dinâmica populacional de *D. flavopicta* e o sub-modelo que simula a época de ocorrência e o sincronismo das eclosões de ninfas no primeiro pico. O desenvolvimento do modelo completo exigirá, ainda, os estudos propostos, que por sua vez poderão suscitar o surgimento de novas questões. De fato, além de uma ferramenta auxiliar na tomada de decisões sobre o manejo da praga, a modelagem da dinâmica populacional tem também esta função de direcionar a pesquisa, buscando o entendimento mais amplo da dinâmica populacional.

6. LITERATURA CITADA

- Andrewartha, H.G. & L.C. Birch. 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago.
- Adámoli, J.J., J. Macedo, L.G. Azevedo & J. Madeira Neto. 1986. Caracterização da região dos cerrados, p. 33-74 In: Goedert, W.J.(coord.) Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Nobel, São Paulo e EMBRAPA, Brasília, 422 p.
- Alves, S.B. 1986. Controle biológico de pragas de pastagens. In: Peixoto, A.M, J.C. Moura & V.P. de Faria. ed. Pastagens: fundamentos da exploração racional. FEALQ, Piracicaba, p.387-408.
- Barbosa, F.R., W.M. Moreira & C. Czepak. 1984. *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill: Promissor agente de controle biológico para a cigarrinha-das-pastagens *Deois flavopicta* (Stal, 1854). EMGOPA, Goiânia, 17 p. (EMGOPA-DDI. Boletim de pesquisa, 2).
-
- Batista Filho, A. 1988. Cigarrinha das pastagens. In: CRUZ, B.P.B. ed. Pragas das culturas e controle biológico. Fundação Cargil, Campinas, p.78-87
- Beck, S.D. 1983. Insect Thermoperiodism. Ann. Rev. Entomol. 28:91-108.
- Botelho, W. & P.R.Reis. 1980. Cigarrinhas-das-pastagens Homoptera- Cercopidae em *Brachiaria decumbens* sob diferentes cargas animais. In: _____. Projeto Bovinos; Cigarrinha das pastagens, relatório 1974/79. EPAMIG, Belo Horizonte, p.101-111.
- Botelho, W. & J.L.C. de Sá. 1980. Ocorrência de mosca sirfida *Salpingogaster nigra* Schiner (Diptera: Syrphidae) predando ninfas de cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae) e alguns dados biológicos observados. In: _____. Projeto Bovinos; Cigarrinha das pastagens, relatório 1974/79. EPAMIG, Belo Horizonte, p.17-22.
- Brown Jr., K.S. & J. Vaconcellos-Neto. 1976 Predation on aposematic ithomiine butterflies by tsnsgers (*Pipraeidae melanonota*). Biotropica, 8(2):136-141
- Carneiro, M. F. 1988. Eficiência de diferentes cepas de *Metarhizium anisopliae* no controle de *Deois flavopicta*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 23(7):685-689.
- Carneiro, M.F. & H.F. da Cunha. 1984. Avaliação de danos e controle da Cigarrinha-das-pastagens (*Deois flavopicta*) na cultura do milho. EMGOPA, Goiânia, 14 p. (EMGOPA. Boletim de Pesquisa, 07).
- Cohen, D. 1966. Optimizing reproduction in a randomly varying enviroment. Journal of Theoretical Biology 12:119-129.
- Cosenza, G.W., R.P. de Andrade, D.T. Gomes & C.M.C. da Rocha. 1989. Resistência de gramíneas forrageiras a cigarrinha-das-pastagens. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 24(8):961-968.
- Cosenza, G.W., R.P. de Andrade, D.T. Gomes & C.M.C. da Rocha. 1983. O controle integrado das cigarrinhas-das-pastagens. Brasília, EMBRAPA, 6 p. (EMBRAPA. Comunicado Técnico, 17).
- Cosenza, G.W. 1981. Biologia da cigarrinha-das-pastagens (*Deois flavopicta*). EMBRAPA-CPAC, Brasília, DF, 4 p. (EMBRAPA-CPAC, Pesquisa em Andamento, 5).

- Cosenza, G.W. & M.A. Naves. 1980. O controle da cigarrinha das pastagens. EMBRAPA/CPAC, Brasília., 4 p. (EMBRAPA/CPAC, Comunicado Técnico, 6).
- Dias, B.F. de S. 1992. Cerrados: uma caracterização. p.11-26 In: Dias, B.F.deS.(coord.) Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação das recursos naturais renováveis. FUNATURA-IBAMA, Brasília, 97 p.
- Filgueiras, T.S. 1991. Gramíneas do Cerrado. In: Encontro de Botânicos do Centro-Oeste,1, Brasília, 1991, Palestras ..., Brasília, s. ed., p. 75
- Filgueiras, T.S. & B.A.S. Pereira. 1989. Efeito de uma geada sobre a flora do cerrado na Reserva Ecológica do IBGE. Cadernos de Geociências, IBGE, Brasília, 2:67-70.
- Fontes, E.M.G.¹, C.S.S. Pires & E.R. Sujii. 1994 . Mixed risk-spreading strategies and the population dynamics of a brazilian pasture pest, *Deois flavopicta*. Journal of Economic Entomology (no prelo)
- Fontes, E.M.G., C.S.S. Pires, D.F. Gomes, & E.R. Sujii. 1993. O papel da umidade e da temperatura na manutenção e término da dormência dos ovos de *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae). p.72. In: Resumos Cong. Bras. Entomologia, 14, Piracicaba, 807 p.
- Fontes, E.M.G. 1991. Life strategy of pasture spittlebug: Implication for population management and control. In: Intern. Plant Protection Congress, 12, Rio de Janeiro, 1991, Resumos ..., Rio de Janeiro, s. ed., s.p.
- Fontes, E.M.G., C.S.S. Pires, L.H.C. Lima & S.O. Ferreira. 1991. Efeito de baixas temperaturas sobre a quebra da diapausa de ovos da cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta* (Homoptera:Cercopidae). In: Cong. Bras. de Entomologia, 13, Recife, 1991. Resumos ..., Recife, SEB, p.107.
- Fontes, E.M.G., C.S.S. Pires, E.R. Sujii & L.H.C. Lima. 1990. Estratégia de vida da cigarrinha-das-pastagens *Deois flavopicta*: Implicações para seu controle biológico com fungos entomopatogênicos. In: Simpósio de Controle Biológico 2, Brasília, 1990. Resumos ..., EMBRAPA, Brasília, p.107.
- Fontes, E.M.G., S.J. Rocha, D. Navia & W. Sihler. 1989a. Padrão de eclosão de ovos diapáusicos de cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta* (Homoptera:Cercopidae). In: Cong. Bras. de Entomologia, 12, Belo Horizonte, 1989. Resumos ..., Belo Horizonte, SEB, p.97.
- Fontes, E.M.G., S.J. Rocha, D. Navia, W. Sihler & I.C. Bezerra. 1989b. Fenologia da Cigarrinha-das-pastagens no Distrito Federal: Implicações para seu manejo. In: Cong. Bras. de Entomologia, 12, Belo Horizonte, 1989. Resumos ..., Belo Horizonte, SEB, p.97.
- Freitas, A.V.F. 1993. Byology and population dynamics of *Placidula euryanassa*, a relict ithomiine butterfly (Nymphalidae: Ithomiinae). Journal of the Lepidopterists Society, 47(2):87-105.
- Futuyma, D.J. 1992. Biologia evolutiva. 2ª ed. Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, Ribeirão Preto, SP, 646 p.
- Garrido, W.E., L.G. de Azevedo & M. Jarreta Junior. 1982. O clima da região dos cerrados em relação à agricultura. EMBRAPA/CPAC, Planaltina, DF, 37 p. (EMBRAPA/CPAC. Circular Técnica, 9).

¹ Eliana M.G. Fontes, EMBRAPA/CENARGEN ACB/Controle Biológico, Caixa Postal 02372, Brasília, DF, 70849.970 Brazil.

- Hewitt, G.B. 1988. Grazing management as a means of regulating spittlebug (Homoptera:Cercopidae) members in Central Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 23(7):697-707.
- _____. 1986. Environmental factors affecting spittlebug egg survival during the dry season in Central Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 12(2):1237-1243.
-

- Hewitt, G.B. & S.S. Nilakhe. 1986. Environmental factors affecting the survival of eggs and early instar nymphs of spittlebugs *Zulia entreriana* and *Deois flavopicta* during the rainy season in central Brazil, *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 15(1):61-76.
- Janzen, D.H., P.J. De Vries, M.L. Higgins & L.S. Kimsey. 1982. Seasonal and site variation in Costa Rican euglossine bees at chemical baits in lowland deciduous and evergreen forests. *Ecology*, 63(1):66-74
- King, A.B.S. 1975. Factor affecting the phenology of the first brood of the sugar-cane froghopper *Aeneolamia varia* saccharina (Dist.) (Homoptera, Cercopidae) in Trinidad. *Bull. Ent. Res. (Trinidad)* 65:359-372.
- Koller, W.W. 1991. Cigarrinha-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae): porcentagem de ovos diapáusicos ovipositados em diferentes datas do período de infestação e sua relação com condições climáticas que procederam cada oviposição. Tese de Doutorado, UFPr, Curitiba, 160 p.
- Koller, W.W. & M.R. Honer. 1993. Correlações entre fatores climáticos e a dinâmica de produção de ovos diapáusicos de duas espécies de cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 22(3):597-612.
- Koller, W.W. 1988. Tratos culturais em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf: Efeitos sobre os ovos, ninfas e adultos de cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 17(2):409-418.
- Koller, W.W. & J.R. Valério. 1988. Efeito da remoção da palha acumulada ao nível do solo sobre a população de cigarrinha (Homoptera: Cercopidae) em pastagens de *Brachiaria decumbens*. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 17(1):209-215.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins, New York, 654 p.
- Lack, D. 1954. *The natural regulation of animal numbers*. Oxford University Press, London.
- Magalhães, B.P., J.R.P. Parra & A. de B. Silva. 1987. Técnica de criação e biologia de *Deois incompleta* em *Brachiaria*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 22(2): 137-144.
- Magalhães, B.P., J.R.P. Parra & M.L. Haddad. 1983. Influência da temperatura e da umidade relativa sobre ovos da cigarrinha das pastagens. In: *Cong. Brasileiro de Agrometeorologia*, 3, Campinas, Fundação Cargil, 1983. Resumos ..., Campinas, Fundação Cargil, p.170-171.
- Manly, B.F.J. 1990. *Stage structured populations: sampling, analysis and simulation*. London. Chapman & Hall 187 p.
- Medeiros, L. & J. Vasconcellos-Neto. 1994. Host plant and seasonal abundance patterns of some brazilian chrysomelidae. p. 185-189. In: Jolivet, P.H., M.L. Cox & E. Petitpierre (eds.) *Novel aspects of the biology of Chrysomelidae*, Kluwer Academic Press, Netherlands.
- Melo, L.A.S., S. Silveira Neto; N.A. Villa Nova & P.R. Reis. 1984. Influência de elementos climáticos sobre a população de cigarrinha das pastagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19(1):9-19.
- Melo L.A.S., & S. Silveira Neto. 1983. Tipos de amostragem e evolução populacional das cigarrinhas-das-pastagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 18(2):1303-1309.

- Menezes M. de; M.K. El Khadi, J.M. Pereira & M.A.M. Ruiz. 1983. Bases para o controle integrado das cigarrinhas-das-pastagens na região sudeste da Bahia. CEPLAC-CEPEC, Ilhéus, 33 p.
- Menezes, M. de. 1982. As cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae) na região sul da Bahia: identificação, distribuição e plantas hospedeiras. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus, 42 p. (CEPLAC/CEPEC. Boletim técnico, 104).
- Milanez, J.M.; Milde, L.C.E. & Parra, J.R.P. 1983. Estimativa da constante térmica das cigarrinhas-das-pastagens *Zulia entreriana* (Berg, 1879) e *Deois* (Acanthodeois) *flavopicta* (Stal, 1854) (Homoptera: Cercopidae) em condições de campo. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 12(2):151-163.
- Nakamura, K. & I. Abbas. 1987. Preliminary life table of the spotted tortoise beetle *Aspidomorpha miliaris* (Coleoptera: Crhysomelide) in Sumatra. Res. Popul. Ecol. 29:229-236.
- Naves, M.A. 1980. As cigarrinhas-das-pastagens e sugestões para o seu controle. (Contribuição ao manejo integrado das pragas das pastagens). EMBRAPA/CPAC, Brasília, 11 p. (EMBRAPA/CPAC. Circular técnica, 3).
- Nicholson, A.J. 1933. The balance of animal populations. J. Anim. Ecol. 2:132-178.
- Nilakhe, S.S. & C.M. Buainaim. 1988. Observations on movement of spittlebug adults. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 23(2):123-134.
- Nilakhe, S.S.; G.B. Hewitt, G.O. Paschoal, C.M. Buainaim & A.R.R. Souza. 1987. Influence of collection method and collection time on survival, sexual proportion and number of spittlebug captured. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 22(9/10):929-34, 1987.
- Nilakhe, S.S., A.A. da Silva & J.A.G. Souza Filho. 1984. Sampling procedures for spittlebug adults in pastures of *Brachiaria decumbens*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 19(9):1065-1074.
- Nilakhe, S.S. 1982. Amostragem de ninfas de cigarrinhas-das-pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. EMBRAPA/CNPQC, Campo Grande, 67 p. (EMBRAPA. Boletim de Pesquisa, 2).
- Oliveira M.A.S. & J.C. Curt. 1979. Dinâmica da população e controle biológico da cigarrinha-das-pastagens em *Brachiaria decumbens* em Rondônia, EMBRAPA-UEPAT, Porto Velho, 13 p. (EMBRAPA-UEPAT, Comunicado Técnico, 7).
- Oomen, P.A. 1975. A population study of the spittle bugs *Aeneolamia occidentalis* (Walk.) and *Prosapia simulans* (Walk.) (Homoptera: Cercopidae) in Mexican Pangola pastures. Z. Ang. Entomol. 79(3):225-238.
- Pacheco, J.M. 1981. Aspectos da biologia e ecologia de *Deois* (Acanthodeois) *flavopicta* (Stal, 1854) (Homoptera: Cercopidae) na região de São Carlos, São Paulo, Brasil. UFSCar, São Carlos, 111 p. Tese de Doutorado
- Pires C.S.S., D.F. Gomes, E.M.G. Fontes & R.M.A. Andrade. 1993. Fatores que induzem a quebra de dormência dos ovos de *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae): umidade do solo. In: Cong. Bras. Entomologia 14, Piracicaba, 1993. Resumos..., Piracicaba, SEB, p.82
- Pires, C.S.S., E.M.G. Fontes, L.H.C. Lima & D.F. Gomes. 1991. Influência do fotoperíodo sobre o término da diapausa de *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae). In: Cong. Bras. de Entomologia, 13, Recife, 1991. Resumos ..., Recife, SEB, p.203.

- Reis, P.R., W. Botelho, L.A.S. Melo & J. Kakida. 1984a. Cigarrinha-das-pastagens, *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera:Cercopidae), no norte do Estado de Minas Gerais; I - Controle de adultos com inseticidas em pulverização. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 13(2) p.213-224.
- Reis, P.R., W. Botelho, L.A.S. Melo & J. Kakida. 1984b. Cigarrinha-das-pastagens, *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera:Cercopidae), no norte do Estado de Minas Gerais; II - Controle de ninfas com inseticidas granulados. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 13(2):225-236.
- Reis P.R., S. Silveira Neto, W. Botelho & L.A.C. Gaieras. 1980. Flutuação populacional das cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae) e condições climáticas que influenciam sua ocorrência. Projeto Bovinos, Cigarrinhas-das-pastagens, Relatório 1974-1979, EPAMIG, Belo Horizonte. p.60-65
- Ribeiro, J.F., S.M. Sano, J. Macedo & J.A. da Silva. 1983. Os principais tipos fitofisionômicos da região dos cerrados. EMBRAPA/CPAC, Planaltina, DF; (EMBRAPA/CPAC. Boletim de Pesquisa, 21)
- Sá, L.A.N. de. 1980. Cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae): distribuição geográfica e variabilidade genética. UNICAMP, Campinas, 119 p. Tese de mestrado
-
- Scolari, D.D.G. 1988. Análise econômica da produção de carne bovina na região dos cerrados. Revista de Economia e Sociologia Rural, 26(4):405-428.
- Seiffert, N.F. 1980. Gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria*. EMBRAPA/CNPGC, Campo Grande, 83 p. (EMBRAPA/CNPGC. Circular técnica, 1)
- Silva, A. de B. 1982. Determinação de danos da cigarrinha-das-pastagens (*Deois incompleta*) a *Brachiaria decumbens* e *B. humidicola*. EMBRAPA/CPATU, Belém, (EMBRAPA/CPATU. Circular técnica, 27).
- Snedcor, G.W. & W.G. Cochran 1980. Statistical methods. 7ª ed. Iowa State University, Iowa, 507 p.
- Souza, A.R.R. & S.S. Nilakhe. 1985. Avaliação de danos e controle químico das cigarrinhas-das-pastagens em culturas de arroz. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 14(2):177-188.
- Southwood T.R.E. 1978. Ecological Methods. 2ª ed. Chapman & Hall, London, 524 p.
- Sujii, E.R., D.F. Gomes, E.M.G. Fontes, & C.S.S. Pires. 1993. Efeito de diferentes densidades populacionais de *Deois flavopicta* (Stal, 1854) (Homoptera: Cercopidae) sobre a produção de *Brachiaria decumbens*. II. Adultos. In: Cong. Bras. de Entomologia, 14, Piracicaba, 1993. Resumos ..., Piracicaba, SEB, p.622
- Sujii, E.R., E.M.G. Fontes, C.S.S. Pires & D.N.M. Ferreira. 1991. Seria o valor nutritivo da planta hospedeira um dos indicadores do ambiente para postura de ovos diapáusicos em *Deois flavopicta*? In: Cong. Bras. de Entomologia, 13, Recife, 1991. Resumos ..., Recife, SEB, p.126
- Tauber, M.J., C.A. Tauber & S. Masaki. 1986. Seasonal Adaptations of Insects. Oxford University Press, New York, 411 p.
- Valdbauer G.P. & M. Kogan 1975. Position of bean leaf Beetle eggs in soil near soybeans determined by a refined sampling procedure. Environmental Entomology 4:375-380.
- Valério, J.R. 1993. Obtenção de ovos de cigarrinhas (Homoptera: Cercopidae) em AGAR-AGUA. An. Soc. Entomol. Brasil 22(3):583-590.

- Valerio, J.R. 1989. Constatação de bainha salivar e pontos de sucção resultantes da alimentação de *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera:Cercopidae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 18(2):169-174.
- Valerio, J.R. & W.W. Koller. 1991. Integrated Pest Management for Pasture Spittlebug: A proposal. In: Intern. Plant Protection Congress, 12, Rio de Janeiro, 1991, Resumos ..., Rio de Janeiro, s. ed., s.p.
- _____. 1988. Danos causados pelo adulto da cigarrinha *Zulia entreriana* na produção e qualidade de *Brachiaria decumbens*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília., 23(5):447-453.
- Valerio, J.R. & O. Nakano. 1987. Danos causados pelo adulto de cigarrinha-das-pastagens *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) em plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf mantidas em diferentes níveis de umidade. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 16(2):341-250.
- Valerio, J.R. & O. Nakano. 1988. Locais de alimentação e distribuição vertical de adultos da cigarrinha *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera:Cercopidae) em plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 17(2):519-529
-
- Valerio, J.R. & A.R. Oliveira. 1982. Cigarrinha-das-pastagens: espécies e níveis populacionais no Estado do Mato Grosso do Sul e Sugestões para seu controle. Campo Grande, EMBRAPA/CNPGC, 1982. (EMBRAPA/CNPGC. Circular técnica, 9).
- Vasconcellos-Neto, J. 1980. Dinâmica de populações de Ithomiinae (Lep.: Nymphalidae) em Sumaré - SP. UNICAMP, Campinas, 206 p. Tese de mestrado.
- Villacorta, A. 1980. Susceptibilidade de ninfas de *Deois flavopicta* (Stal, 1854) (Homoptera: Cercopidae) a diferentes isolamentos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 9(1):33-38.
- Wilkinson, L. 1990. SYSTAT: The System for statistics: Statistics. Evanston, Illinois, SYSTAT Inc. 676 p.
- Woulda, H. 1990. Estacionalidad de los Homoptera de la isla de Barro Colorado. p. 403-414. in: Leigh Jr., E.G., A.S. Rand & D.M. Windsor. Ecologia de un Bosque tropical: ciclos estacionales y cambios a largo plazo. Smithsonian, Colombia, 546 p.

7. APÊNDICE

7.1. Índice de dispersão (I_d)

Fórmula: $I_d = \text{Variância}/\text{Média}$

Este índice varia de zero a ∞ . Quando a média é igual à variância da amostra a distribuição é ao acaso. Valores abaixo de 1 indicam uma distribuição uniforme e valores acima de 1 indicam uma distribuição agregada.

7.2. Coeficiente k da distribuição binomial negativa

Cálculo pelo método da máxima verossimilhança onde o valor de k é estimado por tentativa e erro para amostras com mais de 20 quadrats.

Fórmula: $(N)\text{Log}_e(1 + \text{média}/k) = \sum_{i=0}^{\infty} [A_x / (k + x)]$

Onde: N = número total de quadrats

média = média observada

k = expoente binomial negativo

A_x = Somatório de 1 a ∞ do número de quadrats contendo x indivíduos

i = contador (0, 1, 2, ...)

O grau de agregação está inversamente relacionado com este índice. Números menores próximos a zero indicam forte grau de agregação da população. Valores de $k > 8$ tendem a aproximar a distribuição para Poisson indicando tendência de distribuição aleatória.

7.3. Índice de dispersão de Morizita (I_m)

$$\text{Fórmula: } I_m = n \left\{ \frac{[\sum x^2 - \sum x]}{[(\sum x)^2 - \sum x]} \right\}$$

Onde: n = tamanho da amostragem

$\sum x$ = Somatório do conteúdo dos quadrats

$\sum x^2$ = Soma dos quadrados do conteúdo dos quadrats

Este índice é igual a zero quando o número de indivíduos observados é idêntico em todos os quadrats. Assume o valor igual a 1 quando a distribuição dos indivíduos ocorre ao acaso e é o número de indivíduos observados (n) quando todos os indivíduos observados estavam no mesmo quadrat (máxima agregação).

7.4. Índice de dispersão de Morizita padronizado (I_{mp})

O cálculo do índice de Morizita padronizado é feito a partir da combinação entre a fórmula do I_m utilizada acima e o uso de fórmula para o Índice Agregado (M_c) e o Índice Uniforme (M_u). A fórmula a ser utilizada vai depender da relação entre estes índices e são apresentadas por Krebs(1989).

O índice de Morizita padronizado varia de -1 a +1 com 95% de confiabilidade na região entre -0,5 e +0,5. O padrão aleatório é indicado pelo valor zero, valores acima de zero indicam distribuições agregadas enquanto que valores negativos indicam padrões uniformes de distribuição.

7.4. Método Kiritani, Nakasuji e Manly (KNM)

O método KNM descreve e analisa populações estruturadas por estágio de desenvolvimento e estima os seguintes parâmetros da população: número de indivíduos entrando no estágio, duração do estágio e taxa de sobrevivência/mortalidade dos indivíduos do estágio.

A relação entre parâmetros da população e frequências por estágio da população é feita através das equações.

$$\theta = -\text{Log}_e (A_q^* / A_1^*) / (B_q^* / B_1^*), \quad \text{estima o parâmetro de sobrevivência,}$$

$$W_j = A_{j+1}^* / A_j^*, \quad \text{a taxa de sobrevivência por estágio-específico para o estágio } j,$$

$$a_j = -\text{Log}_e (W_j) / \theta, \quad \text{a duração de cada estágio}$$

$$M_j = A_j^* \theta, \quad \text{o número entrando no estágio } j,$$

Para resolver as equações acima as variáveis A_j , D_j e B_j podem ser determinadas pelo método trapezoidal onde as amostragens são feitas a períodos de tempo (t) igualmente espaçadas e t_0 e t_n são iguais a zero.

$$A_j^* = h \sum_{i=1}^n F_{ij} = \text{área sob a curva frequência-estágio } F_{ij} \text{ para estágio } j, j+1, \dots, q \text{ combinados}$$

$$D_j^* = h \sum_{i=1}^n t F_{ij} = \text{área sob a curva tempo-frequência-estágio } tF_{ij}$$

$$B_j^* = D_j^* / A_j^*$$

onde: $h = (t_n - t_1) / (n - 1)$ e $t = \text{tempo}$

$F_{ij} = \text{frequência da amostra para o número no estágio } j \text{ ou acima no tempo } t_i$