

SELEÇÃO DE UM MODELO DE REGRESSÃO BINOMIAL PARA TAXA DE PREDACÃO DE *Euseius concordis* (CHANT, 1959)

Gilberto Rodrigues Liska¹, Erika Carla da Silveira², Paulo Rebelles Reis³
Marcelo Ângelo Cirillo⁴, Guido Gustavo Humada Gonzalez⁵

(Recebido: 02 de abril de 2014; aceito: 30 de julho de 2014)

RESUMO: O ácaro-vermelho *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Tetranychidae) tem se mostrado como um importante agente causador de dano na cultura do cafeeiro (*Coffea* spp.). O controle químico tem sido amplamente utilizado no controle desse ácaro, porém, a existência de efeitos adversos de sua aplicação tem gerado preocupação. Uma alternativa para esse método químico é o controle biológico por predadores naturais e entre eles ácaros de algumas espécies do gênero *Euseius* (Phytoseiidae) têm sido relatados como predadores eficientes no controle biológico de várias espécies de ácaros fitófagos, proporcionando altas taxas de predação. Diante do exposto, é de grande importância a precisão das informações geradas por um modelo matemático, uma vez que condicionam decisões, e os modelos lineares generalizados oferecem uma grande diversidade frente à taxa de predação. Objetivou-se, no presente trabalho, estudar a proporção de ataque do ácaro predador *Euseius concordis* (Chant, 1959) (Phytoseiidae) sobre a presa *O. ilicis*, selecionando um modelo de regressão binomial mais apropriado para representá-la, conforme os critérios AIC, BIC, teste da *Deviance* e envelope simulado. Os resultados apontam que o modelo Logit apresentou os melhores valores dos critérios de adequabilidade AIC, BIC e *Deviance*, sendo, portanto, o modelo mais adequado para explicar a relação predador/presa do ácaro *E. concordis*, em relação ao *O. ilicis*. O desempenho de *E. concordis* em densidades superiores a 4,3 ácaros/cm² é menor do que 50%. A partir da densidade 6,4 ácaros/cm², a taxa de predação do ácaro *E. concordis* apresentou ligeiro decréscimo e tendência de constância.

Termos para indexação: Modelos lineares generalizados, *Coffea arabica*, controle biológico, Phytoseiidae, Tetranychidae.

SELECTING A BINOMIAL REGRESSION MODEL ON THE PREDATION RATE OF *Euseius concordis* (CHANT, 1959)

ABSTRACT: The red spider *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Tetranychidae) has proven to be a major cause of problems in coffee (*Coffea* spp.). Chemical control has been widely used to control this mite, however, the existence of the adverse effects of its application has generated concern regarding its use. An alternative to this method is the biological control of pests by natural predators, among them mites of the genus *Euseius* (Phytoseiidae) have been reported as efficient predators in the biological control of various species of phytophagous mites providing high rates of predation. Given the above, it's of great importance to the accuracy of information obtained by a mathematical model, since they will condition decisions, and generalized linear models offer a wide diversity of models front predation rate. In this sense, the present study investigated the proportion of *Euseius concordis* (Chant, 1959) (Phytoseiidae) predatory mite attack on demand of prey *O. ilicis*, selecting the most appropriate binomial regression model to represent it, according to the AIC and BIC criteria, Deviance test and simulated envelope. The results indicate that the Logit model showed the best values AIC, BIC and Deviance test for suitability, therefore, the most suitable model to explain the relationship of predation/prey of the mite *E. concordis* in control of *O. ilicis*. The *E. concordis* performance in densities exceeding 4.3 mites/cm² is less than 50%. From the 6.4 density mites/cm² the predation rate of the mite *E. concordis* showed slight decrease and trend of constancy.

Index Terms: Generalized linear models, *Coffea arabica*, biological control, Phytoseiidae, Tetranychidae.

1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro (*Coffea* spp.), como outras plantas cultivadas, abriga uma diversidade de artrópodes, dos quais alguns são pragas que causam sérios danos. Entre as que se destacam como problemas na cultura do cafeeiro está o ácaro-vermelho *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae) (FRANCO et al., 2008; REIS; ZACARIAS, 2007).

O ácaro-vermelho-do-cafeeiro, como é conhecido no Brasil, vive na superfície superior das folhas que, quando atacadas, ficam recobertas

por uma delicada teia, tecida pelos próprios ácaros, e, nessa teia aderem detritos e poeira, dando às folhas um aspecto de sujeira. Para se alimentar, os ácaros perfuram as células e absorvem parte do conteúdo celular. Como consequência, as folhas perdem o brilho natural, tornam-se bronzeadas, o que dá um péssimo aspecto às plantas. O ataque, geralmente ocorre em reboleiras, mas pode atingir toda a lavoura (FRANCO et al., 2009; REIS; ZACARIAS, 2007).

O controle de *O. ilicis* tem sido realizado, principalmente, por meio da aplicação de produtos fitossanitários (REIS; ZACARIAS, 2007).

^{1,4,5}Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciências Exatas/DEX - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG gilbertoliska@hotmail.com, macuffla@gmail.com, gustavohumad@hotmail.com

^{2,3}Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/ EPAMIG - 37.200-000 - Lavras - MG - erika.silveira@yahoo.com.br, paulo.rebelles@epamig.ufla.br

A utilização desses produtos no controle de ácaros da família Tetranychidae tem causado, além do desenvolvimento de resistência, a eliminação dos inimigos naturais presentes na cultura (SATO et al., 2005, 2007). O controle químico, quando necessário, deve ser realizado com acaricidas que sejam seletivos, em especial aos ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae, mais comumente encontrados no café e relatados associados aos ácaros-praga (MINEIRO et al., 2006, 2009; SILVA et al., 2010; SPONGOSKI; REIS; ZACARIAS, 2005).

Algumas espécies de ácaros do gênero *Euseius* (Phytoseiidae) têm sido relatadas como predadoras eficientes no controle biológico de várias espécies de ácaros fitófagos, em diversos cultivos. Uma das espécies desse gênero é a *Euseius concordis* (Chant, 1959), já estudada no controle de ácaros na cultura dos citros (*Citrus* spp.) (KOMATSU; NAKANO, 1988; MORAES; LIMA, 1983). No Brasil, além dos relatos e dos estudos em pomares de citros, essa espécie tem sido encontrada em café, variando em número de uma região para outra. O ácaro *E. concordis* tem sido consideravelmente abundante nos cafezais de Minas Gerais e de São Paulo (FRANCO et al., 2008; MINEIRO et al., 2006, 2009; SILVA et al., 2010; SPONGOSKI; REIS; ZACARIAS, 2005).

A preservação dos inimigos naturais presentes em um cultivo é importante para programar o manejo ecológico de pragas. Diversos programas de controle biológico têm tido experiências de sucesso em todo o mundo (FERRERO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2007, 2009).

Haja vista a importância do predador *E. concordis* como alternativa eficiente no controle de pragas em diversas culturas, em particular do café (*Coffea* spp.), diversos modelos foram propostos na literatura (CARRILLO; PENÃ, 2012). Entre eles, os modelos lineares generalizados, propostos por Nelder e Wedderburn (1972), apresentam uma grande contribuição, no que tange à diversidade de modelos que podem ser construídos frente à distribuição da variável resposta. No caso, os modelos de regressão binomial se destacam nas situações em que a variável resposta assume apenas dois valores ou uma proporção. Dos possíveis modelos que podem ser propostos, existe a preocupação de selecionar aquele que forneça informações mais precisas acerca do problema exposto (EMILIANO; VIVANCO; MENEZES, 2014).

Realizou-se, este trabalho, afim de selecionar um modelo de regressão binomial adequado para indicar a relação predador/presa na predação de *E. concordis* sobre *O. ilicis* em café, viabilizando o controle biológico da praga e o fornecimento de informações mais precisas para a tomada de decisões.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condições Experimentais

Os estudos foram realizados no Centro de Pesquisa em Manejo Ecológico de Pragas e Doenças de Plantas - EcoCentro, da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG Sul de Minas, campus UFLA, em Lavras, MG, à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ de umidade relativa e 14 horas de fotofase.

Para a condução dos experimentos, foram realizadas criações do ácaro-praga *O. ilicis* e do predador *E. concordis* e mantidas no laboratório de Acarologia da EPAMIG Sul de Minas/EcoCentro. O ácaro-praga foi coletado em cafezais localizados no campus da UFLA. As folhas utilizadas como arena para criação do *O. ilicis* foram da cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica* L.), livre de agrotóxicos. Os ácaros predadores foram provenientes de cafezais da região de Santo Antônio do Amparo, MG.

Para as determinações do número de presas consumidas pelo predador - resposta funcional - uma fêmea adulta do ácaro predador foi confinada, por oito dias em arena confeccionada com disco de folhas de café de 3 cm de diâmetro, flutuando em água destilada, em placa de Petri de 15 cm de diâmetro por 2 cm de profundidade, sem tampa. Em cada placa foram colocadas oito arenas equidistantes umas das outras, segundo metodologia de Reis et al. (2003). Foram utilizadas somente as fases imaturas do *O. ilicis* como presa (exceto ovos), por serem as mais consumidas pelos fitoseídeos (REIS et al., 2003) e as mesmas foram colocadas nas quantidades de: 1, 2, 5, 10, 20, 30, 35, 45, 55, 70, 100, 125 ácaros por arena. Foram realizadas sete repetições para 1, 2, 5, 10, 20, 30, 35 ácaros/arena, quatro repetições para 45, três repetições para 55, 70, 100, 125, e avaliado o número de presas consumidas durante oito dias (REIS et al., 2007). O número de presas fornecido foi constante durante os oito dias e, para isso, foi feita a reposição diária das presas que foram predadas ou que morreram naturalmente ou na água, em número igual ao inicial. Diariamente, foram retirados os restos das presas e dos ovos predados.

Uma vez obtida a resposta funcional do predador que, por sua vez, pode assumir três diferentes formas (tipo I, tipo II e tipo III), conforme explicam Sarnelle e Wilson (2008), foram calculadas as proporções de presas consumidas, dada pela razão entre o número de presas atacadas ou consumidas (resposta funcional) e a densidade de presas fornecidas.

2.2 Modelos de regressão binomial e critérios de seleção

Foram considerados os modelos lineares generalizados propostos inicialmente por Nelder e Wedderburn (1972). Tais modelos são caracterizados pela distribuição da variável resposta pertencente à família exponencial, que é o componente aleatório do modelo; por um conjunto de variáveis independentes denominado de componente sistemático; pela função de ligação, que faz a ligação entre o componente aleatório e o componente sistemático.

Uma vez que a natureza dos dados do presente estudo é de proporção, foi considerado o modelo de regressão binomial em diferentes funções de ligação, com componente sistemático dado por $\eta_i = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{\sqrt{x_i}} \right)$, em que x_i representa a covariável número de presas oferecidas e β_0 e β_1 os parâmetros do modelo.

As funções de ligação utilizadas para o modelo de regressão binomial foram a logit, normal inversa e valor extremo (CORDEIRO; BARROSO; BOTTER, 2006). Com a incorporação dessas funções, respectivamente, os modelos são dados por:

$$\text{logit}(p) \Rightarrow \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\sqrt{x}} \quad (1)$$

$$\text{probit}(p) \Rightarrow \Phi^{-1}(p) = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\sqrt{x}} \quad (2)$$

$$\text{gompit}(p) \Rightarrow 1 - \exp\{-\exp(p)\} = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\sqrt{x}} \quad (3)$$

em que os modelos (1), (2) e (3) também são chamados de modelos Logit, Probit e Gompit, respectivamente.

As expressões (1), (2) e (3) podem ser invertidas com o objetivo de isolar p , que é a proporção de presas mortas pelo ácaro predador, resultando nos seguintes preditores:

$$p = \frac{\exp\left(\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\sqrt{x}}\right)}{1 + \exp\left(\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\sqrt{x}}\right)} \quad (4)$$

$$p = \Phi\left(\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\sqrt{x}}\right) \quad (5)$$

$$p = \log\left[-\log\left(1 - \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{\sqrt{x}}\right)\right] \quad (6)$$

Os parâmetros dos modelos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança (LEE; NELDER; PAWITAN, 2006). Uma vez obtidas as estimativas de máxima verossimilhança do modelo de regressão binomial, a validação do modelo foi feita, tendo por referência a *Deviance*, $D(\mathbf{y}; \hat{\boldsymbol{\mu}})$ e a técnica de envelope simulado para os resíduos.

Convém ressaltar que, em certas condições de regularidade, se o modelo corrente descreve bem os dados então, assintoticamente e aproximadamente, a *Deviance* tem distribuição qui-quadrado com $n - p$ graus de liberdade, sendo n o número de observações e p a quantidade de parâmetros considerados no modelo. A distribuição da *Deviance* é exata para modelos de regressão normal com função de ligação, identidade e variância conhecida (LEE; NELDER; PAWITAN, 2006). Diante desse fato, para uma melhor confirmação do ajuste do modelo, em relação ao efeito de sub ou superdispersão, estimou-se o parâmetro de dispersão, dado que, $Y_i \sim \text{Binomial}(n_i, p_i)$, em particular, $n_i = n$ (COLLET, 2003), utilizando a estatística qui-quadrado para cada modelo ajustado, conforme expressão (7).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - n\hat{p}_i)^2}{n\hat{p}_i(1-\hat{p}_i)} \quad (7)$$

Assim, a $\text{Var}(Y_i) = np_i(1-p_i)\sigma^2$, sendo $\sigma^2 = [1 + (n-1)\delta]$ e δ a correlação entre as observações, considerado como um fator de heterogeneidade. Dessa forma, segundo recomendações de Willians (1982) resulta nas estimativas (8)

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\chi^2}{n-p} ; \hat{\phi} = \frac{\hat{\sigma}^2 - 1}{n-1} \quad (8)$$

Obtida a estimativa do parâmetro de dispersão, caso seja diagnosticado um efeito de sub ou superdispersão, o mesmo foi incorporado em uma correção nos erros padrões (Ep) das estimativas dos parâmetros, de modo que as inferências nos testes de significâncias sejam reformuladas. Tal correção foi realizada em (9)

$$Ep_{\text{corrigido}} = \hat{\phi} \times Ep \quad (9)$$

Os critérios de informação de Akaike (AIC) e bayesiano (BIC), também foram utilizados na seleção do modelo. Segundo Emiliano, Vivanco e Menezes (2014), o modelo que apresentasse menor valor para esses critérios foi selecionado. Todos os resultados discutidos na próxima seção foram obtidos com o auxílio do software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, verifica-se que a predação (resposta funcional) de *E. concordis* aumentou em função do aumento da densidade de presa, com cerca de 100 a 80% de predação até a densidade 10 ácaros/arena de 3 cm de diâmetro. A resposta funcional seguiu o modelo não linear com uma assíntota, representada pela equação de Holling (ROCHA; REDAELLI, 2004). Desse modo, infere-se uma resposta funcional do tipo II, em que o número de presas consumidas por uma fêmea do predador apresenta um rápido acréscimo na taxa de predação em baixas densidades de presa e diminui ao ponto de estabilizar-se em altas densidades de presa. Resposta que, conforme Hassel (1978) é típica de artrópodes predadores e parasitoides.

Muitos trabalhos já realizados com fitoseídeos também apresentam uma resposta funcional do tipo II. Chant (1961) observou resposta do tipo I para o predador *Typhlodromus occidentalis* Nesbitt, 1951 (Phytoseiidae), quando alimentado de *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Tetranychidae). Reis et al. (2003) estudaram o efeito da densidade de presa nas respostas funcional e numérica das espécies *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma, 1972 e *Euseius alatus* De Leon, 1966 (Phytoseiidae) e relataram que o ácaro predador *I. zuluagai* apresentou resposta funcional do tipo I e *E. alatus*, resposta do tipo II.

Fantinou et al. (2012) mostraram, em seus estudos sobre a taxa de consumo, que a resposta

funcional do predador *Iphiseius degenerans* (Berlese, 1889) (Phytoseiidae), quando alimentado em densidades crescentes com *T. urticae* e *Eutetranychus orientalis* (Klein, 1936) (Tetranychidae), apresentou resposta funcional do tipo II, que é considerada comum para a maioria dos predadores fitoseídeos (SABELIS, 1986).

As estimativas de máxima verossimilhança dos parâmetros dos modelos de regressão binomial são apresentadas na Tabela 1. Os resultados mostram que o parâmetro associado à densidade de presas oferecidas para o predador *E. concordis* é significativo, em todos os modelos ajustados (Tabela 1).

Mantendo o foco na estimativa do parâmetro de dispersão, nota-se que sua estimativa é bem inferior a 1. Tal fato, sugere uma evidência de subdispersão, ou seja, $\text{Var}(Y_i)$ é menor em relação à variância esperada pelo modelo. Assim, torna-se necessária a realização da correção dos erros padrões das estimativas, conforme procedimento mencionado em (7) - (9). Com a aplicação dessa correção, conforme já esperado, nota-se que, de fato, os erros padrões apresentam uma redução em suas estimativas, porém a significância dos parâmetros não foram afetadas.

Tendo por base esse fato, ainda torna-se questionável a seleção do modelo, portanto justifica-se a continuidade na análise dos envelopes e modo a continuar a análise por meio da técnica de envelope simulado, critérios de informação e comparação do valores preditos e observados, respectivamente descritas a seguir. Dessa forma, há evidências estatísticas para que, de fato, um modelo binomial possa ser recomendável para explicar a relação predador/presa na predação de *E. concordis*.

A Figura 1 apresenta o gráfico de envelope simulado para cada modelo de regressão binomial ajustado e observa-se que a pressuposição de resposta binomial para a proporção de predação do ácaro *E. concordis* no controle do *O. ilicis* é adequada e os modelos Logit, Probit e Gompit apresentaram ajuste satisfatório, uma vez que os resíduos não cruzam o envelope gerado.

A *Deviance* do modelo Logit foi de $D(\mathbf{y}; \hat{\boldsymbol{\mu}}) = 2,619$ (10 graus de liberdade) que equivale ao *valor-p* = 0,989, o que indica que o ajuste do modelo é adequado.

Da mesma forma, a *Deviance* do modelo Probit foi de $D(\mathbf{y}; \hat{\boldsymbol{\mu}}) = 2,726$ (10 graus de liberdade) que equivale ao *valor-p* = 0,953, o que indica que o ajuste do modelo é adequado.

TABELA 1- Estimativas dos parâmetros dos modelos de regressão binomial ajustados aos dados de proporção de predação do *Euseius concordis* no controle do *Oligonychus ilicis*.

Modelo	Parâmetro	Estimativa	Ep	Ep _{corrigido}	Valor p	Valor p corrigido
Logit	β_0	-1,558	0,269	0,070	<0,0001	<0,0001
	β_1	8,294	1,928	0,502	<0,0001	<0,0001
	ϕ^*	0,260	-	-	-	-
Probit	β_0	-0,950	0,159	0,044	<0,0001	<0,0001
	β_1	5,008	1,137	0,529	<0,0001	<0,0001
	ϕ^*	0,274	-	-	-	-
Gompit	β_0	-1,444	0,180	0,064	<0,0001	<0,0001
	β_1	5,412	1,174	0,415	<0,0001	<0,0001
	ϕ^*	0,354	-	-	-	-

* Estimativa de ϕ utilizando a estatística qui-quadrado (7) e (8).

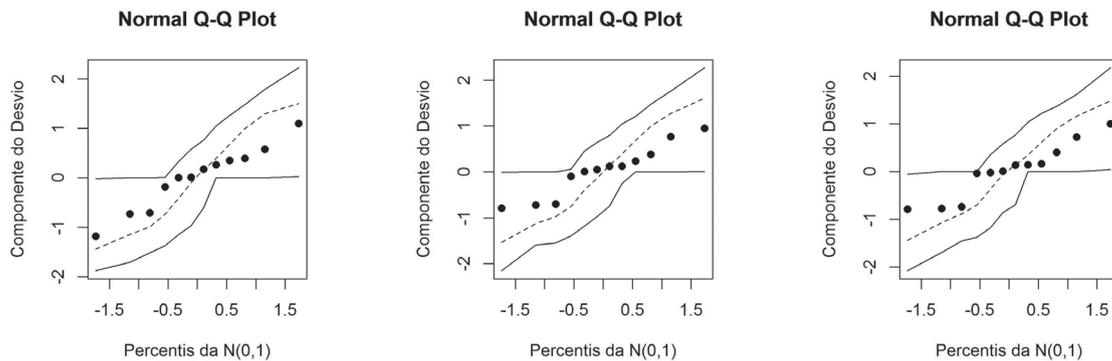


FIGURA 1- Gráficos normais de probabilidades referentes aos modelos Logit (esquerda), Probit (meio) e Gompit (direita) ajustados aos dados de proporção de ácaros.

A *Deviance* do modelo Gompit foi de $D(\mathbf{y}; \hat{\boldsymbol{\mu}}) = 3,245$ (10 graus de liberdade) que equivale ao *valor-p* = 0,975, o que indica que o ajuste do modelo é adequado (Tabela 2). O modelo Logit apresentou os menores AIC, BIC e *Deviance* dentre os modelos ajustados, logo é o modelo mais adequado para explicar a taxa de predação do ácaro *E. concordis*, no controle do *O. ilicis*.

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam os gráficos dos modelos Logit, Probit e Gompit, respectivamente. Os três modelos apresentaram comportamento

muito semelhantes, justificado pelos valores próximos dos critérios de adequabilidades, apresentados na Tabela 2, embora o modelo Logit seja considerado como sendo o modelo mais adequado. Observa-se que as bandas de confiança de 95% para as proporções preditas apresentaram boa cobertura em relação aos valores amostrados, o que indica a plausibilidade do modelo binomial com a componente sistemática descrita na seção 2.2.

Os valores preditos da proporção de predação, nas diferentes densidades de presas oferecidas com seus respectivos intervalos de confiança de 95%, estão apresentados na Tabela 3. Assim como nas Figuras 2, 3 e 4, os resultados são semelhantes para os três modelos de regressão binomial ajustados. Uma interpretação prática dos valores da Tabela 3 pode ser colocada da seguinte forma: para a densidade 70 de presas/

arena oferecidas do ácaro *O. ilicis*, a proporção pontual, ou taxa, esperada de predação do ácaro *E. concordis* é de 36%, cuja proporção intervalar, com 95% de confiança, é de [32%; 41%].

Observa-se, também na Tabela 3, que as amplitudes dos intervalos de confiança, para os valores preditos da proporção de predação, são semelhantes nos três modelos utilizados e todos apresentam amplitude média de 0,12.

TABELA 2 - Resultados do critério de informação de Akaike (AIC) e bayesiano (BIC), *Deviance* e teste *Deviance* (valor *p*) para os modelos de regressão binomial, em diferentes funções de ligação.

Modelo	AIC	BIC	<i>Deviance</i>	Teste <i>Deviance</i>
Logit	44,729	45,699	2,619	0,9890
Probit	44,780	45,750	2,756	0,9872
Gompit	45,184	46,154	3,245	0,9751

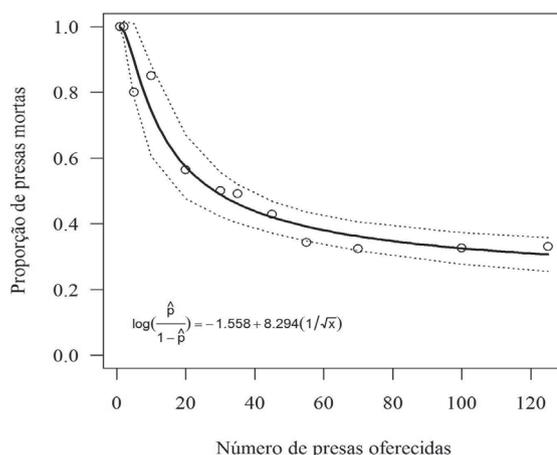


FIGURA 2 - Gráfico dos valores ajustados no modelo Logit.

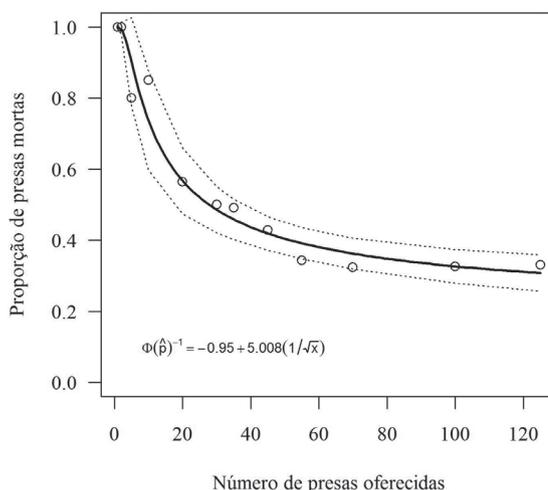


FIGURA 3 - Gráfico dos valores ajustados no modelo Probit.

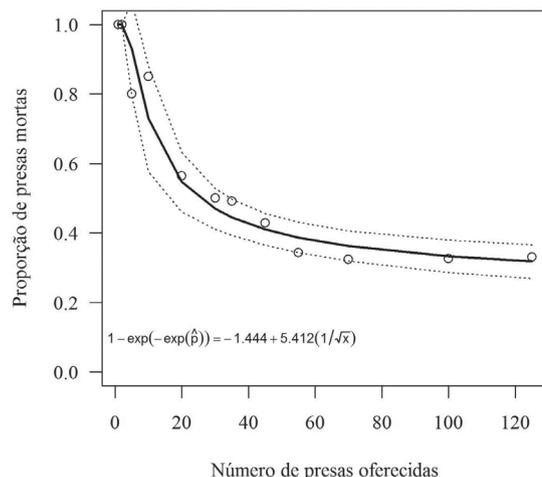


FIGURA 4 - Gráfico dos valores ajustados no modelo Gompit.

TABELA 3 - Estimativas das proporções (\hat{p}) de predação pelos modelos Logit, Probit e Gompit e seus respectivos intervalos de confiança de 95%.

Densidade (Nº de ácaros/arena de 3cm de diâmetro)	Logit		Probit		Gompit	
	\hat{p}	IC (95%)	\hat{p}	IC (95%)	\hat{p}	IC (95%)
1	1,00	[0,99; 1,00]	1,00	[1,00; 1,00]	1,00	[1,00; 1,00]
2	0,99	[0,96; 1,02]	1,00	[0,98; 1,01]	1,00	[1,00; 1,00]
5	0,90	[0,78; 1,01]	0,90	[0,78; 1,03]	0,93	[0,80; 1,06]
10	0,74	[0,61; 0,88]	0,74	[0,60; 0,88]	0,73	[0,58; 0,88]
20	0,57	[0,48; 0,67]	0,57	[0,47; 0,66]	0,55	[0,46; 0,63]
30	0,49	[0,42; 0,56]	0,49	[0,42; 0,55]	0,47	[0,41; 0,53]
35	0,46	[0,40; 0,52]	0,46	[0,40; 0,52]	0,45	[0,39; 0,50]
45	0,42	[0,37; 0,47]	0,42	[0,37; 0,47]	0,41	[0,37; 0,46]
55	0,39	[0,35; 0,44]	0,39	[0,35; 0,44]	0,39	[0,34; 0,43]
70	0,36	[0,32; 0,41]	0,36	[0,32; 0,41]	0,36	[0,32; 0,41]
100	0,33	[0,28; 0,37]	0,33	[0,28; 0,37]	0,33	[0,29; 0,38]
125	0,31	[0,26; 0,36]	0,31	[0,26; 0,36]	0,32	[0,27; 0,37]

4 CONCLUSÕES

A pressuposição de resposta binomial para a proporção de predação do ácaro *E. concordis*, no controle do *O. ilicis*, é satisfatória e, dentre os modelos propostos, o modelo Logit apresentou melhor ajuste ao problema exposto e é condizente com a situação real.

O desempenho de *E. concordis* em densidades superiores a 30 ácaros/3 cm de diâmetro de arena (4,3 ácaros/cm²) é menor do que 50%.

Em densidades superiores a 45 (6,4 ácaros/cm²), a taxa de predação do ácaro *E. concordis* apresenta ligeiro decréscimo e tendência de constância.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelas bolsas concedidas e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - CBP&D/CAFÉ, pelo suporte financeiro.

6 REFERÊNCIAS

- CARRILLO, D.; PENÃ, J. E. Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: *Tenuipalpidae*). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, p. 361-372, 2012.
- CHANT, D. A. The effect of prey density on prey consumption and oviposition in adults of *Typhlodromus* (T.) *occidentalis* Nesbitt (Acarina: Phytoseiidae) in the laboratory. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 39, p. 311-315, 1961.
- COLLET, D. **Modelling binary data**. 2nd ed. London: Chapman & Hall, 2003.
- CORDEIRO, G. M.; BARROSO, L. P.; BOTTER, D. A. Covariance matrix formula for generalized linear models with unknown dispersion. **Communications in Statistics - Theory and Methods**, Philadelphia, v. 35, p. 113-120, 2006.
- EMILIANO, P. C.; VIVANCO, M. J. F.; MENEZES, F. S. Information criteria: how do they behave in different models? **Computational Statistics & Data Analysis**, Cambridge, v. 69, p. 141-153, 2014.
- FANTINO, A. A. et al. Consumption rate, functional response and preference of the predaceous mite *Iphiseius degenerans* to *Tetranychus urticae* and *Eutetranychus orientalis*. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 58, p. 133-144, 2012.
- FERRERO, M. et al. Biological control of *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard and *Tetranychus urticae* Koch by *Phytoseiulus longipes* Evans in tomato greenhouses in Spain [Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae]. **Biological Control**, Orlando, v. 58, p. 30-35, 2011.
- FRANCO, R. A. et al. Dinâmica populacional de *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae) em cafeeiro e de fitoseídeos associados a ele. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 38-46, 2008.
- FRANCO, R. A. et al. Influência da infestação de *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae) sobre a taxa de fotossíntese potencial de folhas de cafeeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 2, p. 205-210, 2009.
- HASSEL, M. P. **The dynamics of arthropod predator-prey systems**. Princeton: Princeton University, 1978. 237 p.
- KOMATSU, S. S.; NAKANO, O. Estudo visando o manejo do ácaro da leprose em citros através do ácaro predador *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae). **Laranja**, Cordeirópolis, v. 9, p. 125-146, 1988.
- LEE, Y.; NELDER, J. A.; PAWITAN, Y. **Generalized linear models with random effects: unified analysis via H-likelihood**. London: Chapman & Hall, 2006. 396 p.
- MINEIRO, J. L. C. et al. Ácaros associados ao cafeeiro (*Coffea* spp.) no Estado de São Paulo, Brasil: parte I, Mesostigmata. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 37-46, 2009.
- MINEIRO, J. L.C. et al. Diversidade de ácaros (Arachnida: Acari) em *Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo, nos municípios de Jeriquara e Garça, Estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 1-15, 2006.
- MORAES, G. J.; LIMA, H. C. Biology of *Euseius concordis* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae) a predator of tomato russet mite. **Acarologia**, Paris, v. 24, n. 3, p. 251-255, 1983.
- NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society, Series A**, Belfast, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.
- OLIVEIRA, H. et al. Evaluation of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) as a biological control agent of the two-spotted spider mite on strawberry plants under greenhouse conditions. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 47, p. 275-283, 2009.
- OLIVEIRA, H. et al. A phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, Orlando, v. 42, p. 105-109, 2007.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 20 dez. 2013.
- REIS, P. R. et al. Effect of prey density on the functional and numerical response of two species of predaceous mites (Acari: Phytoseiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, p. 461-467, 2003.

- REIS, P. R. et al. Life history of *Amblyseius herbicolus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) on coffee plants. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 282-287, 2007.
- REIS, P. R.; ZACARRIAS, M. S. **Ácaros em cafeeiro**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 76 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 81).
- ROCHA, L.; REDAELLI, L. R. Functional response of *Cosmoclopius nigroannulatus* (Hem.: Reduviidae) to different densities of *Spartocera dentiventris* (Hem.: Coreidae) nymphae. **Brazilian Journal of Biology**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 2, p. 309-316, 2004.
- SABELIS, M. W. The functional response of predatory mites to the density of two-spotted spider mites. In: METZ, J. A. J.; DIEKMANN, O. (Ed.). **Dynamics of physiologically structured populations**. Berlin: Springer, 1986. p. 298-328.
- SARNELLE, O.; WILSON, A. E. Type III functional response in *Daphnia*. **Ecology**, Durham, v. 89, n. 6, p. 1723-1732, 2008.
- SATO, M. E. et al. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 1-8, 2005.
- SATO, M. E. et al. Seleções para resistência e suscetibilidade, detecção e monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* ao acaricida clorfenapir. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 89-95, 2007.
- SILVA, E. A. et al. Fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae) associados a cafezais e fragmentos florestais vizinhos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1146-1153, set./out. 2010.
- SPONGOSKI, S.; REIS, P. R.; ZACARIAS, M. S. Acarofauna da cafeicultura de cerrado em Patrocínio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 9-17, jan./fev. 2005.
- WILLIAMS, D. Extra binomial variation in logistic linear models. **Applied Statistics**, Malden, v. 31, p. 144-148, 1982.