

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

ADRIANO SOARES RÊGO

**BIOLOGIA COMPARADA E MECANISMOS RESPONSÁVEIS PELAS
DENSIDADES POPULACIONAIS DE *Mononychellus tanajoa* (BONDAR) E *Euseius ho*
DeLEON (ACARI: TETRANYCHIDAE: PHYTOSEIIDAE)**

São Luís - MA
2010

ADRIANO SOARES RÊGO

Engenheiro Agrônomo

**BIOLOGIA COMPARADA E MECANISMOS RESPONSÁVEIS PELAS
DENSIDADES POPULACIONAIS DE *Mononychellus tanajoa* (BONDAR) E *Euseius ho*
DeLEON (ACARI: TETRANYCHIDAE: PHYTOSEIIDAE)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da
Universidade Estadual do Maranhão, para a
obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro

São Luís - MA

2010

Rêgo, Adriano Soares.

Biologia comparada e mecanismos responsáveis pelas densidades populacionais de *Mononychellus tanajoa* (Bondar) e *Euseius ho* (De Leon) (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae) / Adriano Soares Rêgo. – São Luís, 2010.

120 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro

1.Ácaro-verde. 2.Ácaro predador. 3.Controle biológico. 4.Biologia. 5.Sazonalidade. 6.Variáveis ambientais. I.Título

CDU: 632.937:595.42

ADRIANO SOARES RÊGO

**BIOLOGIA COMPARADA E MECANISMOS RESPONSÁVEIS PELAS
DENSIDADES POPULACIONAIS DE *Mononychellus tanajoa* (BONDAR) E *Euseius ho*
DeLEON (ACARI: TETRANYCHIDAE: PHYTOSEIIDAE)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da
Universidade Estadual do Maranhão, para a
obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Aprovado em: _____/_____/_____

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro – UEMA

Prof. Dra. Ester Azevedo da Silva – UEMA

Prof. Dr. Renato de Almeida Sarmiento – UFT

São Luís - MA

2010

*“Bem-aventurado o homem que acha
sabedoria, e o homem que adquire
conhecimento...”*

(Provérbios de Salomão, 3: 13)

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus Todo Poderoso, pois sem ELE nada disso teria sido possível. Obrigado PAI por ter providenciado TUDO o que me foi necessário nestes dez anos longe do conforto de casa (Pinheiro).

Aos meus pais, Maria das Neves Soares Rêgo e Joaquim José do Rêgo, que propiciaram valores inestimáveis à minha formação e fizeram de TUDO para dar uma boa educação para seus filhos.

A Kaciara e Maena – irmãs e conselheiras de todas as horas - e Emily (sobrinha) pelo amor, confiança, incentivo.

Ao meu irmão Marcio pela amizade, incentivo, orações e principalmente pela confiança.

Ao Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro por me iniciar no estudo da Acarologia, pelo estímulo, paciência, amizade, orientação e oportunidades oferecidas. Levarei para sempre o exemplo de profissionalismo, dedicação e compromisso com a pesquisa.

A Prof. Dra. Ester Azevedo da Silva pelas sugestões, estímulo, confiança e por ter participado da banca de defesa da minha dissertação.

Ao Dr. Renato de Almeida Sarmiento pelas sugestões nos artigos e por ter participado da banca de defesa da dissertação.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Agroecologia da UEMA pelos ensinamentos.

A Anilde Maciel e Évila Costa pela amizade, companheirismo e pelo auxílio no experimento de campo, principalmente nas longas caminhadas em Miranda do Norte, e laboratório.

Aos amigos de longas datas (Graduação e Mestrado) que me acompanham em todos os momentos de alegria, Paulo Monroe, Marlon da Costa e Carlos Lima.

As amigas que tenho grande admiração e orgulho, Kátia Pereira, Michela Costa, Gerbeli Salgado.

Às famílias Barros, Costa, Abreu e Martins pela acolhida, incentivo e carinho ao longo dessa longa jornada em São Luís, meu eterno agradecimento.

Aos “amigos-irmãos”, que há tempos tiveram um sonho e hoje são vencedores, Wellington Barros, Welinton Martins, Willian Martins, Jorlan Abreu, Rangel Costa, Rodrigo Costa, Alan Costa, Antônio Júnior, Ciro e Heiter Neto. (Galera de “Pinheiro City”).

Aos amigos, que torceram a distância para o sucesso deste trabalho, obrigado galera!

Aos agricultores do Assentamento Tico-Tico pela disponibilização das áreas de estudo.

À Universidade Estadual do Maranhão pelas inúmeras oportunidades oferecidas e pela realização do Mestrado em Agroecologia.

À Fundação de Amparo a Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a finalização dessa jornada.

SUMÁRIO

	Pág
RESUMO	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL.....	14
CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO	16
ÁCAROS ESTUDADOS	18
ESBOÇO DOS CAPÍTULOS	21
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 2 – Aspectos Biológicos e Taxa de Crescimento de <i>Mononychellus tanajoa</i> (Bondar) (Acari: Tetranychidae) e <i>Euseius ho</i> DeLeon (Acari: Phytoseiidae)	30
Resumo	31
Abstract.....	32
Introdução	33
Material e Métodos	34
Análise Estatística	37
Resultados	37
Discussão	38
Agradecimentos.....	42
Referências	43
Figura 1.....	48
Tabela 1.....	49

Figura 2.....	50
CAPÍTULO 3 – Mecanismos responsáveis pela densidade populacional do ácaro- verde da mandioca <i>Mononychellus tanajoa</i> (Bondar) (Acari: Tetranychidae).....	
Resumo	53
Abstract	54
Introdução	55
Material e Métodos	56
Resultados	59
Discussão	60
Agradecimentos.....	63
Referências	64
Legenda.....	68
Figura 1a.....	69
Figura 1b.....	70
Figura 1c.....	71
Figura 2.....	72
Figura 3a.....	73
Figura 3b.....	74
Figura 3c.....	75
Figura 3d.....	76

CAPÍTULO 4 – Mecanismos responsáveis pela densidade populacional do ácaro predador <i>Euseius ho</i> (Acari: Phytoseiidae)	78
Resumo	79
Abstract.....	80
Introdução	81
Material e Métodos	82
Resultados	85
Discussão	86
Agradecimentos.....	89
Referências	90
Legenda.....	96
Figura 1.....	97
Figura 2.....	98
Figura 3a.....	99
Figura 3b.....	100
Figura 3c.....	101
Figura 3d.....	102

ANEXO – NORMAS DAS REVISTAS

Neotropical Entomology (Capítulo 2)

Experimental and Applied Acarology (Capítulo 3 e 4)

RESUMO

O Estado do Maranhão, Brasil, é caracterizado por uma paisagem agrícola dominada por pequenas propriedades rurais nas quais os agricultores utilizam a agricultura de corte e queima para a produção de diversas culturas de subsistência como a mandioca. O cultivo da mandioca, além de assegurar uma importante fonte de renda, está relacionado à segurança alimentar de agricultores familiares do estado do Maranhão. A mandioca é atacada por diversos herbívoros, dentre os quais o ácaro-verde da mandioca *Mononychellus tanajoa*, considerado praga chave da cultura e responsável por elevadas perdas em produtividade de raízes. Ácaros predadores da família Phytoseiidae são considerados os inimigos naturais mais efetivos no controle biológico de ácaros fitófagos em cultivos em casa de vegetação e no campo. *Euseius ho* é a principal espécie de ácaro predador encontrada em cultivos de mandioca na região de Miranda do Norte - MA. Variáveis ambientais abióticas como temperatura, umidade relativa e precipitação também influenciam populações tanto de ácaros fitófagos quanto de predadores no campo. O presente estudo investigou em laboratório e em condições de campo a importância do ácaro predador *E. ho* para o controle biológico do ácaro-verde *M. tanajoa* bem como a contribuição relativa de variáveis ambientais abióticas para as densidades populacionais de *M. tanajoa* e *E. ho*. *Euseius ho* apresentou os períodos de incubação, larva, protoninfa e deutoninfa, bem como o período de ovo-adulto, menores do que os de *M. tanajoa*. Ademais, o ácaro predador *E. ho* apresentou uma elevada taxa instantânea de crescimento (r_1), embora menor do que a de *M. tanajoa*. A densidade populacional de *M. tanajoa* aumentou ao longo do tempo enquanto que a densidade populacional de *E. ho* manteve-se constante durante o ciclo de cultivo da mandioca. A maior parte da variância para a densidade populacional de *M. tanajoa* foi explicada pela precipitação e umidade relativa, seguidas pela densidade de *E. ho* e a temperatura. *Euseius ho* apresentou baixa densidade populacional ao longo do ano com picos populacionais no final do período chuvoso e início do período seco. A temperatura foi a variável abiótica que explicou a maior parte da variância para a densidade populacional de *E. ho*, seguida pela densidade de *M. tanajoa*, precipitação e umidade relativa. Conclui-se, portanto, que o ácaro predador *E. ho* contribuiu para a regulação populacional do ácaro-verde *M. tanajoa*, porém os principais mecanismos que explicaram a densidade populacional tanto de *M. tanajoa* quanto de *E. ho* foram variáveis ambientais abióticas.

Palavras-chave: Biologia comparada. Controle biológico natural. Densidade populacional. Fitoseídeo. Sazonalidade. Variáveis ambientais

ABSTRACT

The State of Maranhão, Brazil, is characterized by an agricultural landscape dominated by smallholder farms where slash and burn practices are used to produce staple crops such as cassava. The cultivation of cassava is key for food security and is a source of income to farmers in the Maranhão state. Cassava is attacked by several herbivores, among which the cassava green mite *Mononychellus tanajoa*, is considered a key pest, responsible for high losses in root yields. Predatory mites of the family Phytoseiidae are considered the most effective natural enemies for biological control of phytophagous mites in crops in greenhouses and in the field. *Euseius ho* is the main species of predatory mite found in cassava fields in the region of Miranda do Norte - MA. Abiotic environmental variables such as temperature, relative humidity and rainfall also influence both the populations of phytophagous mites and predatory mites in the field. We conducted laboratory and field experiments to determine the importance of the predatory mite *E. ho* as a biological control agent of the cassava green mite *M. tanajoa* as well as the relative contribution of abiotic environmental variables for the population densities of *M. tanajoa* and *E. ho*. *Euseius ho* had lower periods of incubation, larvae, protonymph and deutonymph as well as the period from egg to adult in comparison to those of *M. tanajoa*. Furthermore, the predatory mite *E. ho* had a high instantaneous rate of increase (r_i), yet lower than that observed for cassava green mite *M. tanajoa*. Population densities of *M. tanajoa* increased over time while the population density of *E. ho* remained constant over the cycle of cassava. Most of the variance for the population density of *M. tanajoa* was explained by rainfall and relative humidity, followed by the density of *E. ho* and temperature. *Euseius ho* populations occurred in low densities throughout the year and peaked at the end of the rainy season and early dry season. The temperature was the abiotic variable that explained most of the variance for the population density of *E. ho*, followed by the density of *M. tanajoa*, rainfall and relative humidity in cassava. In conclusion, the predator mite *E. ho* contributed to the regulation of cassava green mite *M. tanajoa*, but the main mechanisms explaining the population densities of *M. tanajoa* and *E. ho* were environmental abiotic variables.

Keywords: Comparative biology. Natural biological control. Population density. Phytoseiid. Seasonality. Environmental variables

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1. INTRODUÇÃO GERAL

A mandioca *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) é uma importante fonte alimentar e fornece cerca de 50% dos requerimentos calóricos para mais de 500 milhões de pessoas (EL-SHARKAWY, 2003). Estima-se que 70 milhões de pessoas nos trópicos obtêm mais de 500 cal/ dia a partir do amido armazenado nas raízes de mandioca (COCK, 1985). O cultivo da mandioca ocorre ao nível do mar até altitudes acima de 1800 m (COCK, 1985). Na agroindústria, a mandioca também é utilizada para a produção de amido, farinha e ração animal (COLOMBO *et al.*, 1998). A cultura da mandioca foi provavelmente domesticada de populações selvagens de *M. esculenta* ssp. *flabellifolia* (Pohl) Cipferri ao longo da margem sul da bacia Amazônica (OLSEN; SCHAAL, 1999, 2001) e é propagada vegetativamente por agricultores.

As raízes da mandioca constituem uma das mais importantes fontes de energia e é base da alimentação em muitos países (HENRY; HERSHEY, 2002; HILLOCKS, 2002; ONWUEME, 2002; EL-SHARKAWY, 2003), com produção em regiões subtropicais e tropicais da África, América Latina e Ásia entre 30°N e 30°S, apresentando uma área cultivada superior aos 13 milhões de hectares, com a África e Ásia representando mais de 70% da área plantada (EL-SHARKAWY, 1993). Diferente de outros cultivos, a mandioca pode se desenvolver com fornecimento mínimo de insumos e é capaz de produzir sobre condições desfavoráveis, tais como, em solos de baixa fertilidade, ácidos e em períodos de seca (COLOMBO *et al.*, 1998; FREGENE *et al.*, 2000). Todos estes atributos colocam a mandioca em importante posição em sistemas de cultivos tradicionais nos trópicos, particularmente na subsistência de agricultores familiares que a cultivam em pequena escala e consorciada com uma variedade de cultivos anuais ou espécies perenes (COCK, 1985; ALVES, 2002).

Na África e nas Américas, a mandioca é frequentemente consorciada com grãos e legumes (MUTSAERS *et al.*, 1993; ALVES, 2002). No estado do Maranhão, Brasil, a mandioca é cultivada em pequenas propriedades rurais nas quais os agricultores utilizam a agricultura de corte e queima para a sua produção. O cultivo da mandioca assegura uma importante fonte de renda e está relacionado à segurança alimentar de agricultores familiares desempenhando importante papel socioeconômico em várias regiões do estado do Maranhão.

A mandioca é atacada por diversos herbívoros, dentre os quais o ácaro-verde da mandioca *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae). *Mononychellus tanajoa*

pode causar perdas em produtividade de raízes de até 80% (BYRNE *et al.*, 1982; YANINEK *et al.*, 1990). Os danos causados pelo ataque do ácaro-verde afetam o desenvolvimento da planta, podendo ocorrer redução e deformação das folhas em plantas severamente atacadas, além de encurtamento dos entrenós e morte do ápice dos ramos (BELLOTTI *et al.*, 1983; FLECHTMANN, 1989; YANINEK *et al.*, 1989). O baixo retorno econômico, o longo ciclo da cultura e os limitados recursos dos produtores de mandioca são fatores que inviabilizam o uso de produtos químicos no controle de *M. tanajoa* (BELLOTTI *et al.*, 1999).

Os ácaros predadores da família Phytoseiidae são considerados os inimigos naturais mais efetivos no controle biológico de ácaros praga e representantes desse grupo são empregados no controle biológico de ácaros fitófagos em plantas ornamentais, hortaliças, frutíferas, cultivos em casa de vegetação e no campo (DE MORAES, 1992; WATANABE, 1994; MONTEIRO, 2002; GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003). O fato de algumas espécies terem hábitos alimentares preferenciais sobre ácaros tetraniquídeos, ciclos de vida curtos, elevada sobrevivência e possibilidade de criação massal os tornam interessantes como agentes de controle biológico de ácaros fitófagos (VAN LENTEREN, 2003). Em ambientes naturais, os fitoseídeos são importantes em prevenir surtos populacionais de ácaros fitófagos (EDLAND; EVANS, 1998).

Um dos maiores programas de controle biológico do mundo foi realizado no continente africano para controlar o ácaro-verde *M. tanajoa* que é considerado uma praga exótica nos países que compõem o cinturão de cultivo de mandioca na África (YANINEK, 1988). *Mononychellus tanajoa* foi acidentalmente introduzido na África em 1971 e rapidamente se propagou ao longo das áreas de cultivo de mandioca na África subsahariana, provocando perdas de até 80% na produtividade de raízes (YANINEK, 1988; YANINEK; HANNA 2003). O ácaro-verde é predado por um complexo de ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae, incluindo espécies Neotropicais oriundas do nordeste do Brasil, tais como *Neoseiulus idaeus* Denmark e Muma, *Typhlodromalus aripo* DeLeon, *T. manihot* Moraes (GNANVOSSOU *et al.*, 2005) e espécies de ácaros predadores nativos entre as quais *Euseius fustis* (Pritchard; Backer) e *T. saltus* (Denmark; Matthyse) (ONZO *et al.*, 2003). Das espécies de ácaros predadores introduzidas na África, *T. aripo* conseguiu se estabelecer e propagar rapidamente nos países que compõem o cinturão-verde de cultivo de mandioca e tornou-se o mais efetivo inimigo natural de *M. tanajoa* no continente Africano (HANNA; TOKO, 2001, YANINEK; HANNA, 2003).

As principais vantagens do controle biológico sobre o controle químico na regulação de populações de *M. tanajoa* são devidas ao fato dos produtores não incorrerem em custos de produção adicionais (pesticidas e fertilizantes), prevenção da poluição ambiental associada ao uso indevido do controle químico e proteção dos organismos não-alvos (AGBOTON, 2008). O conhecimento dos aspectos biológicos e ecológicos de ácaros fitoseídeos (GNANVOSSOU; HANNA; DICKE, 2003) bem como de ácaros fitófagos é essencial para o sucesso do controle biológico.

A sazonalidade é outro fator que pode afetar o comportamento de populações de artrópodes através de mudanças nas condições ambientais prevalentes e variação temporal de recursos (WOLDA, 1988; NESTEL; DICKSCHEN; ALTIERI, 1994). Fatores relacionados ao tempo e clima afetam tanto a densidade populacional como a distribuição de várias espécies (STENSETH *et al.*, 2003). Em nível local, variáveis ambientais abióticas bem como interações entre esses fatores, podem influenciar a dinâmica populacional de artrópodes fitófagos e inimigos naturais.

A variação sazonal de variáveis climáticas tais como a precipitação, temperatura e umidade relativa podem ser importantes causas de mudanças na densidade populacional de artrópodes (CORNELL; HAWKINS, 1995). Em climas tropicais, variações sazonais de variáveis ambientais podem atingir níveis extremos e afetar a habilidade dos organismos em sobreviver, principalmente ácaros predadores da família Phytoseiidae (ZUNDEL *et al.*, 2007). As mudanças sazonais nas condições climáticas, principalmente temperatura, umidade relativa e precipitação afetam a sobrevivência de artrópodes, tais como os ácaros, em todas as zonas climáticas (LEATHER; WALTERS; BALE, 1993).

2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no Assentamento Tico-Tico, localizado na zona rural do Município de Miranda do Norte (3° 36' 44,70" S, 44° 34' 07,51" O, elevação 44 m, Figura 1), Maranhão, Brasil. O experimento de campo foi realizado em quatro sítios de estudo em mandioca cultivada em agricultura de corte e queima (Figuras 1, 2). A região de estudo é caracterizada por períodos chuvoso (janeiro a junho) e seco bem definidos (julho a dezembro). A temperatura média da região é de aproximadamente 27°C com pouca variação sazonal ao longo do ano. Outra característica marcante nos sítios de estudo foi a alta umidade relativa durante os períodos chuvoso e seco.



Figura 1. Sítios de estudo cultivados com mandioca no Assentamento Tico-Tico em Miranda do Norte – MA. Fonte: Google Earth.



Figura 2. Detalhe da planta e cultivo de mandioca na região de estudo.

3. ÁCAROS ESTUDADOS

Os ácaros pertencem à classe Arachnida, subfilo Chelicerata e filo Arthropoda, e se caracterizam por apresentar exoesqueleto quitinoso e pernas articuladas (KRANTZ, 1978; HICHMAN; ROBERTS; LARSON, 2003; RUPPERT; FOX; BARNES, 2005). A subclasse Acari é dividida nas superordens Anactinotrichida (Parasitiformes e Opilioacariformes) e Actinotrichida (Acariformes). Anactinotrichida é subdividida nas ordens Ixodida, Mesostigmata, Holothyrida e Metastigmata, enquanto que Actinotrichida é subdividida nas ordens Prostigmata, Oribatida e Astigmata (EVANS, 1992; DE MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Os ácaros podem ser divididos de acordo com seu comportamento e habitats que ocupam. Algumas espécies são predadoras, outras se alimentam de microrganismos, matéria orgânica em decomposição, diferentes partes vegetais ou parasitam vertebrados e invertebrados. Representantes de diferentes grupos são encontrados em diversos ecossistemas terrestres e aquáticos (FLECHTMANN; MORAES, 1996).

Os ácaros de maior importância agrícola pertencem às ordens Prostigmata e Mesostigmata (EVANS, 1992). Na ordem Prostigmata, destacam-se as famílias Eriophyidae, Tarsonemidae, Tenuipalpidae e Tetranychidae, nas quais estão presentes as espécies de ácaros fitófagos mais importantes (DE MORAES; FLECHTMANN, 2008). Na ordem Mesostigmata, os ácaros predadores da família Phytoseiidae são os mais importantes e eficientes inimigos naturais de ácaros fitófagos em diversos sistemas agrícolas (McMURTRY *et al.*, 1970; DE MORAES, 1991; McMURTRY; CROFT, 1997; DE MORAES, 2002).

Os tetraniquídeos são ácaros fitófagos de coloração variável, podendo ser esverdeada (*Tetranychus*, *Schizotetranychus*, *Mononychellus*), verde intensa (*Eutetranychus*), alaranjada (*Tetranychus*, *Oligonychus*) ou vermelha (*Panonychus*) (DE MORAES; FLECHTMANN, 2008). Os ácaros pertencentes à família Tetranychidae se alimentam através da inserção dos estiletos nos tecidos das folhas e sucção do conteúdo celular extravasado. Os tetraniquídeos são conhecidos por tecerem teias sobre as folhas nas quais se alimentam (FLECHTMANN, 1975). *Mononychellus tanajoa*, bem como outras espécies de tetraniquídeos passam pelos estádios de ovo, larva, ninfa (protoninfa e deutoninfa) e adulto (Figura 3).

Os estádios ativos de *M. tanajoa* são delimitados por períodos de imobilidade ou quiescente (protocrisálida, deutocrisálida e teliocrisálida) de duração variável (DE MORAES; FLECHTMANN, 2008). O estágio de ovo de *M. tanajoa* é, geralmente, esférico, como nas

espécies de *Tetranychus* Dufour, *Oligonychus* Berlese e outras espécies de *Mononychellus* Wainstein. A larva, ao nascer, é incolor e translúcida, sub-esférica, de tamanho aproximadamente igual ao do ovo, destacam-se duas manchas oclares vermelhas. Após o início da alimentação, mudam gradativamente de cor. O estágio de protoninfa é maior e mais oval que o larval, escurecendo a medida que se alimenta. A deutoninfa é pouco maior que a protoninfa, sua cor é basicamente verde nas espécies cujas fêmeas também são verdes (DE MORAES; FLECHTMANN, 2008).

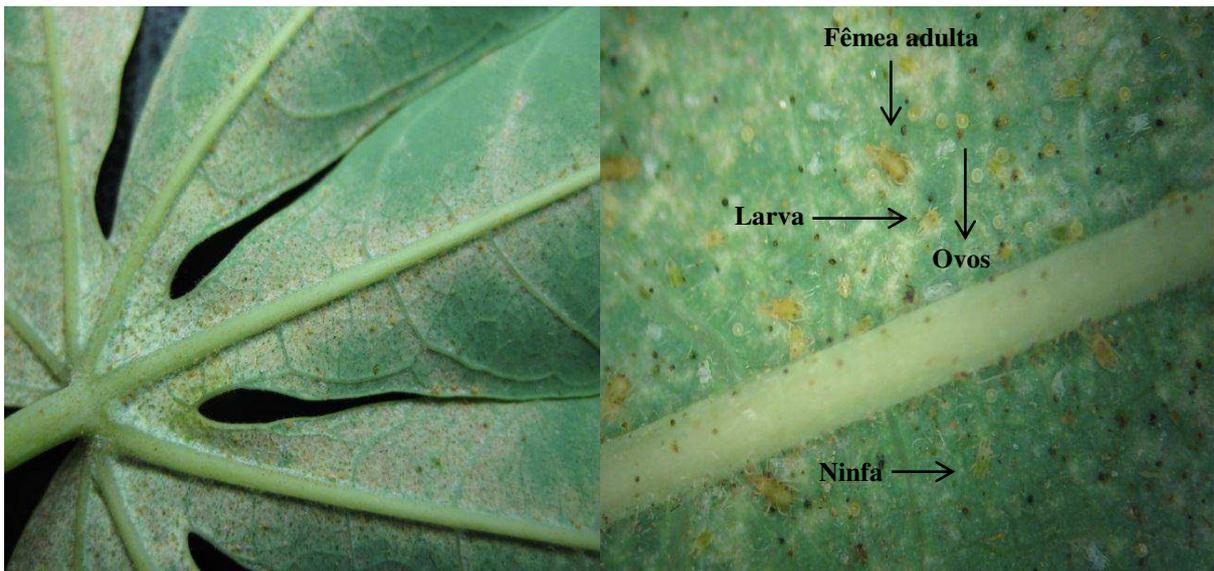


Figura 3. Colônia do ácaro-verde *M. tanajoa* em folha de mandioca.

Os ácaros predadores mais promissores na regulação de populações de ácaros fitófagos no campo pertencem às famílias Phytoseiidae, Stigmaeidae, Tydeidae e Iolinidae (McMURTRY; HUFFAKER; VAN DE VRIE, 1970; DE MORAES 1991; DUSO *et al.*, 2004; DE MORAES *et al.*, 2004). São conhecidas em todo mundo cerca de 2.200 espécies de Phytoseiidae, das quais 130 já foram registradas no Brasil (DE MORAES *et al.*, 2004). Cerca de 20 espécies de ácaros predadores são produzidas e comercializadas por diversas empresas em vários países (GERSON; WEINTRAUB, 2007). Dentre os ácaros predadores da família Phytoseiidae, os gêneros *Phytoseiulus* Evans e *Neoseiulus* Hughes são amplamente utilizados em programas de manejo integrado de pragas em diferentes cultivos (DE MORAES, 2002; GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003).

Os Phytoseiidae são comumente encontrados nas partes aéreas das plantas desempenhando importante papel no controle biológico de ácaros fitófagos (McMURTRY; CROFT, 1997). O desenvolvimento das fases imaturas de fitoseídeos normalmente ocorre em

uma semana (DE MORAES; FLECHTMANN, 2008) e seu desenvolvimento passa pelas fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto (SANDERSON; McMURTRY, 1984). Em geral, a fase de ovo é a mais demorada das fases imaturas, durando de 2-3 dias a temperaturas próximas de 25°C (DE MORAES; FLECHTMANN, 2008). Os ácaros fitoseídeos apresentam coloração palha, marrom ou avermelhada, em geral com único escudo dorsal com até 24 pares de setas e com quelíceras em forma de pinça (DE MORAES, 2002).

Os ácaros predadores da família Phytoseiidae podem se alimentar, desenvolver e reproduzir sobre uma ampla diversidade de recursos tais como pólen, fungos, exsudato de plantas, insetos e secreções adocicadas (honeydew) (BRUCE-OLIVER; HOY; YANINEK, 1996; PRATT; SCHAUSBERGER; CROFT, 1999; VAN RIJN; TANIGOSHI, 1999). No entanto, alguns alimentos permitem a sobrevivência de fitoseídeos, mas não favorecem a oviposição (McMURTRY; CROFT, 1997; DE MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Dentre os ácaros fitoseídeos, o gênero *Euseius* se destaca pela grande riqueza de espécies (DE MORAES *et al.*, 2004). Os fitoseídeos do gênero *Euseius* são classificados como predadores generalistas do tipo IV por serem especializados no uso de pólen de diversas espécies de plantas como alimento bem como ácaros fitófagos das famílias Tetranychidae, Tarsonemidae, Tenuipalpidae e Eriophyidae (MUMA, 1971; McMURTRY; CROFT, 1997).

No Brasil, espécies como *Euseius citrifolius* Denmark e Muma (DE MORAES; McMURTRY, 1981), *E. concordis* (Chant) (DE MORAES; LIMA, 1983) e *E. alatus* DeLeon (MELO *et al.*, 2009) são amplamente estudadas no controle biológico de populações de ácaros fitófagos em diversos agroecossistemas. O ácaro predador *Euseius ho* DeLeon apresenta uma ampla distribuição geográfica no Brasil, com ocorrência nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e São Paulo. *Euseius ho* também ocorre em países como a Argentina, Colômbia, Peru, Equador, Jamaica, México e Porto Rico (DE MORAES *et al.*, 2004).

O ácaro predador *E. ho* (Figura 4) é a espécie de fitoseídeo mais comum associada a *M. tanajoa* em cultivos de mandioca na região de Miranda do Norte, Maranhão (Capítulos 2, 3 e 4). A literatura científica reporta poucos estudos relacionados a *E. ho*, limitando-se a registros de ocorrência em diversos habitats, dessa forma o estudo aprofundado sobre parâmetros biológicos, ecológicos e dinâmica populacional de *E. ho* em agroecossistemas considerados tradicionais torna-se essencial para compreender os diversos mecanismos que norteiam as interações predador-presa em condições controladas ou de campo.

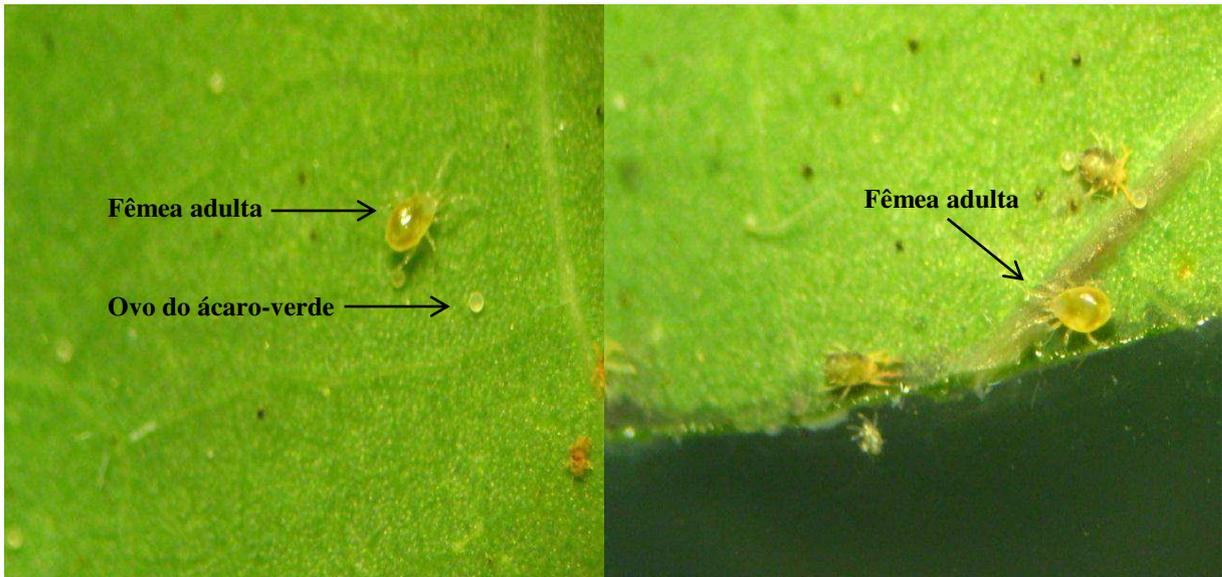


Figura 4. Ácaro predador *E. ho* em folha de mandioca.

4. ESBOÇO DOS CAPÍTULOS

No capítulo 2, foi determinada a contribuição do ácaro predador *Euseius ho* para o controle biológico do ácaro-verde *Mononychellus tanajoa* através da comparação de seus parâmetros biológicos e taxas de crescimento populacional em laboratório. O ácaro predador *E. ho* apresentou os períodos de incubação, larva, protoninfa e deutoninfa menores do que os de *M. tanajoa* bem como o período de ovo a adulto. O ácaro predador *E. ho* apresentou uma taxa instantânea de crescimento (r_i) elevada, embora menor do que a de *M. tanajoa*. Os resultados sugerem que o ácaro predador *E. ho* pode ajudar a regular populações de *M. tanajoa*.

No capítulo 3, foi investigada a importância de variáveis ambientais abióticas (precipitação, temperatura e umidade relativa) e biótica (abundância de *E. ho*) sobre a densidade de *M. tanajoa*. A densidade populacional de *M. tanajoa* aumentou ao longo do tempo enquanto que a abundância de *E. ho* manteve-se constante. A maior parte da variância para a densidade de *M. tanajoa* foi explicada pela precipitação e umidade relativa, seguidas pela densidade do ácaro predador *E. ho* e a temperatura. Conclui-se que, embora o ácaro predador *E. ho* contribuiu para regular a população do ácaro-verde, os principais mecanismos que explicaram a abundância de *M. tanajoa* foram variáveis ambientais abióticas.

No capítulo 4, foram avaliados os principais fatores ambientais de natureza biótica e abiótica sobre a densidade populacional do ácaro predador *E. ho* em mandioca. *Euseius ho* apresentou baixa densidade populacional ao longo do ano com picos populacionais no final do período chuvoso e início do período seco. A temperatura foi a variável abiótica que explicou a maior parte da variância para a densidade populacional de *E. ho*, seguida pela densidade de *M. tanajoa*, precipitação e umidade relativa. As variáveis ambientais abióticas e biótica contribuíram para a baixa ocorrência de *E. ho* no campo.

REFERÊNCIAS

- AGBOTON, V. B. **Ecology and molecular characterization of *Neozygites tanajoae* (Entomophthorales: Neozygiteaceae) a fungal pathogen of the cassava green mite.** 2008. 94 f. Faculty of Agricultural Sciences, Dissertation, Georg-August-University Göttingen, Germany.
- ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. In: HILLOCKS, R. J.; TRESH, J. M.; BELLOTTI, A.C. (ed.). **Cassava: biology, production and utilization.** UK and New York, USA: CABI Publishing Oxon, 2002. p. 67–89.
- BELLOTTI, A. C.; REYES, J. A.; GUERREIRO, J. M.; FERNANDEZ, F. O. Ácaros presentes en el cultivo de la yuca. In: Reyes AJ (ed.). **Yuca: control integrado de plagas.** Cali, Colombia: CIAT, 1983. p. 283-303.
- BELLOTTI, A.C.; SMITH, L.; LAPONTE, L.S. Recent advances in cassava pest management. **Annual Review of Entomology**, v. 44, p. 343-370, 1999.
- BRUCE-OLIVER, S. J.; HOY, M. A.; YANINEK, J. S. Effect of food sources associated with cassava in Africa on the development, fecundity and longevity of *Euseius fustis* (Pritchard and Baker) (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 20, p. 73-85, 1996.
- BYRNE, D. H.; GUERRRERO, J. M.; BELLOTTI, A. C.; GRACEN, V. E. Yield and plant growth responses of *Mononychellus* mite resistant and susceptible cassava cultivars under proteted v. infested condition. **Crop Science**, v. 22, p. 486-90, 1982.
- COCK, J. H. **Cassava: New Potential for a Neglected Crop.** Boulder, Colorado: Westview Press, 1985. 192p.
- COLOMBO, C.; SECOND, G.; CHARRIER, A.; VALLE, T. L. Genetic diversity characterization of cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz). I. RAPD markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 21, p. 105-113, 1998.
- CORNELL, H. V.; HAWKINS, B. A. Survival patterns and mortality sources of herbivorous insects: some demographic trends. **American Naturalist**, v. 145, p. 563-593, 1995.
- DE MORAES, G. J.; McMURTRY, J. A. Biology of *Amblyseius citrifolius* (Denmark and Muma) (Acarina Phytoseiidae). **Hilgardia**, v. 49, p. 1-29, 1981.

DE MORAES, G. J.; LIMA, H. C. Biology of *Euseius concordis* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae) a predator of the tomato russet mite. **Acarologia**, v. 24, p. 251-255, 1983.

DE MORAES, G. J. Controle biológico de ácaros fitófagos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, p. 56-62, 1991.

DE MORAES, G.J. Perspectiva para o uso de predadores no controle de ácaros fitófagos no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.27, p. 263-270, 1992.

DE MORAES, G.J. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 225-237

DE MORAES, G. J.; McMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A.; CAMPOS, C. B. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, Auckland, v. 434, p. 1-494, 2004.

DE MORAES, G. J; FLECHTMANN, C. W. H **Manual de Acarologia**: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 74p.

DUSO, C.; POZZEBON, A.; CAPUZZO, C.; MALAGNINI, V.; OTTO, S.; BORGIO, M.; Grape downy mildew spread and mite seasonal abundance in vineyards: effects on *Tydeus caudatus* and its predators. **Biological Control**, v. 32, p. 143-154, 2004.

EDLAND T.; EVANS, G. O. The genus *Typhlodromus* (Acari: Mesostigmata) in Norway. **European Journal of Entomology**, v. 95, p. 275-295, 1998.

EL-SHARKAWY, M. A.; DE TAFUR, S. M.; CADAVID, L. F. Photosynthesis of cassava and its relation to crop productivity. **Photosynthetica**, v. 28, p. 431-438, 1993.

EL-SHARKAWY, M. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, v. 53, p. 621-641, 2003.

EVANS, G.O. **Principles of Acarology**. Wallingford: CAB International. 1992. 563p.

FLECHTMANN, C.H.W. **Elementos de Acarologia**. São Paulo: Livraria Nobel S.A. 1975. 344p.

FLECHTMANN, C.H.W. **Ácaros de importância agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel, 1989. 189p.

FLECHTMANN, C. H. W.; MORAES, G. J. Estudo da diversidade de espécies de ácaros do Estado de São Paulo (versão preliminar), 1996. 9p. Disponível em <http://www.biota.org.br/info/historico/workshop/revisoes/acaros.pdf>, Acessado em 23/10/2010.

FREGENE, M.; BERNAL, A.; DUQUE, M.; DIXON, A.; TOHME, J. AFLP analysis of African cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm resistant to the cassava mosaic disease (CMD). **Theoretical and Applied Genetics** , v. 100, p. 678-685, 2000.

GERSON, U.; SMILEY, R. L.; OCHOA, R. **Mites (Acari) for pest control**. Oxford: Blackwell Science, 2003. 539 p.

GERSON, U.; WEINTRAUB, P. G. Mites for the control of pests in the protected cultivation. **Pest Management Science**, Sussex, v. 63, p. 658-676, 2007.

GNANVOSSOU, D.; HANNA, R.; DICKE, M. Infochemical-mediated niche use by the predatory mites *Typhlodromalus manihoti* and *T. aripo* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 16, p. 523-535, 2003.

GNANVOSSOU, D.; HANNA, R.; YANINEK, J. S.; TOKO, M. Comparative life history traits of three neotropical phytoseiid mites maintained on plant-based diets. **Biological Control**, v. 35, p. 32-39, 2005.

HANNA, R.; TOKO M. Cassava green mite biological control in Africa: project overview and summary of progress. In: HANNA, R; TOKO, M. (eds.), **Proceedings of the regional meeting of the cassava green mite biocontrol project**. Cotonou, Benin: IITA 2001. p. 4-22.

HENRY, G.; HERSHEY, C. Cassava in South America and the Caribbean. In: HILLOCKS, R. J.; TRESH, J. M.; BELLOTTI, A.C. (ed.). **Cassava: biology, production and utilization**. UK and New York, USA: CABI Publishing Oxon, 2002. p. 17-40.

HICHMAN Jr, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A, 2003. 846p.

HILLOCKS, R. J. Cassava in Africa. In: HILLOCKS, R. J.; TRESH, J. M.; BELLOTTI, A.C. (ed.). **Cassava: biology, production and utilization**. UK and New York, USA: CABI Publishing Oxon, 2002. p. 40-54.

KRANTZ, G.W. **A Manual of Acarology**. 2 ed. Corvallis: Oregon State University Book Stores Inc. 1978. 509p.

LEATHER, S. R.; WALTERS, K. F. A.; BALE, J. S. **The Ecology of Insect Overwintering**. UK: Cambridge University Press, 1993.

McMURTRY, J. A.; HUFFAKER, C. B.; VAN DE VRIE, M. Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. I. Tetranychidae enemies: their biological characters and the impact of spray practices. **Hilgardia**, v. 40, p. 331-390, 1970.

McMURTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 42, p. 291-321, 1997.

MONTEIRO, L. B. Manejo integrado de pragas em macieira no Rio Grande do Sul II: uso de *Neoseiulus californicus* para o controle de *Panonychus ulmi*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, p. 395-405, 2002.

MUTSAERS, H. J. W.; EZUMAH, H. C.; OSIRU, D. S. O. Cassava-based intercropping: a review. **Field Crops Research**, v. 34, p. 431-457, 1993.

MUMA, M. H. Food habits of Phytoseiidae (Acarina: Mesostigmata) including common species on Florida citrus. **Florida Entomologist**, v. 54, p. 21-34, 1971.

NESTEL, D.; DICKSCHEN, F.; ALTIERI, M.A. Seasonal and spatial pupulation loads of a tropical insect: the case of the coffee leaf-miner in Mexico. **Ecological Entomology**, v. 19, p. 159-167, 1994.

ONWUEME, I. C. Cassava in Asia and the Pacific. In: HILLOCKS, R. J.; TRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (ed.). **Cassava: biology, production and utilization**. UK and New York, USA: CABI Publishing Oxon, 2002. p. 55-65.

OLSEN, K. M.; SCHAAL, B. Evidence on the origin of cassava: phylogeography of *Manihot esculenta*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 96, p. 5586-5591, 1999.

OLSEN, K. M.; SCHAAL, B. Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and its wild relatives: further evidence for southern Amazonian origin of domestication. **American Journal of Botany**, v. 88, p. 131-142, 2001.

ONZO, A.; HANNA, R.; ZANNOU, I.; SABELIS, M. W.; YANINEK, J. S. Dynamics of refuge use: diurnal, vertical migration by predatory and herbivorous mites within cassava plant. **Oikos**, v. 101, p. 59-69, 2003.

PRATT, P. D.; SCHAUSBERGER, P.; CROFT, B. A. Prey-food types of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) and literature versus experimentally derived prey-food estimates for five phytoseiid species. **Experimental and Applied Acarology**, v. 23, p. 551-565, 1999.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. 7 ed. São Paulo: Roca, 2005. 1145p.

SANDERSON, J. P.; McMURTRY, J. A. Life history studies of the predaceous mite *Phytoseiulus hawaiiensis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 35, p. 227-234, 1984.

STENSETH, N. C.; OTTERSEN, G.; HURRELL, J. W.; MYSTERUD, A.; LIMA, M., CHAN, K. S. YOCCOZ, N. G.; ADLANDSVIK, B. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: The North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. **Proceedings of the Royal Society of London B Biological Sciences**, v. 270, p. 2087-96, 2003.

VAN LENTEREN, J. C. **Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures**. Wallingford: CABI, 2003. 327p.

VAN RIJN, P. C. J.; TANIGOSHI, L. K. Pollen as food for the predatory mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): dietary range and life history. **Experimental and Applied Acarology**, v. 23, p. 785-802, 1999.

WATANABE, M. A.; MORAES, G. J.; GASTALDO, I. Jr.; NICOLELLA, G. Controle biológico do ácaro rajado com ácaros predadores fitoseídeos (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) em culturas de pepino e morango. **Scientific Agriculture**, vol. 51, p. 75-81, 1994.

WOLDA, H. Insect seasonality: why? **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 19, p. 1-18, 1988.

YANINEK, J. S. Continental dispersal of the cassava green mite, an exotic pest in africa, and implications for biological control. **Experimental and Applied Acarology**, v. 4, p. 211-224, 1988.

YANINEK, J. S; MORAES, G. J; MARKHAM, R. H. **Handbook on the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* in Africa**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, 1989. 140p.

YANINEK, J. S; GUTIERREZ, A. P; HERREN, H. R. Dynamic of *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) in África: Effects on dry matter production and allocation in cassava. **Environmental Entomology**, v.6, p. 1767-1772, 1990.

YANINEK, J. S.; HANNA, R. Cassava green mite in Africa: a unique example of successful classical biological control of a mite pest on a continental scale. In: NEUENSCHWANDER, P.; BORGEMEISTER, C.; LANGEWALD, L. (eds.), **Biological control in IPM systems in Africa**, Wallingford, UK: CABI Publishing, 2003. p. 61-75.

ZUNDEL, C.; HANNA, R.; SCHEIDEGGER, U.; NAGEL, P. Living at the threshold: Where does the neotropical phytoseiid mite *Typhlodromalus aripo* survive the dry season? **Experimental and Applied Acarology**, v. 41, p. 11-26, 2007.

CAPÍTULO 2

**Aspectos biológicos e taxa de crescimento de
Mononychellus tanajoa (Bondar) (Acari: Tetranychidae) e
Euseius ho DeLeon (Acari: Phytoseiidae)**

Aspectos Biológicos e Taxa de Crescimento de *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) e *Euseius ho DeLeon* (Acari: Phytoseiidae)

ADRIANO S. RÊGO¹, ÉVILA C. COSTA¹, ANILDE G.S. MACIEL¹, ESTER A. SILVA², ADENIR V. TEODORO¹

¹Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caixa Postal 3004, São Luís, MA, Brasil

²Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caixa Postal 09, São Luís, MA, Brasil

RESUMO - O ácaro-verde *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) é uma importante praga da mandioca *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) e ácaros predadores da família Phytoseiidae são os principais inimigos naturais de ácaros fitófagos. Foram comparados alguns parâmetros biológicos e a taxa de crescimento de *M. tanajoa* e de seu principal inimigo natural na região de estudo (Miranda do Norte, Maranhão, Brazil) o ácaro predador *Euseius ho*. Os experimentos foram conduzidos em laboratório em discos foliares de mandioca. Todos os estádios de desenvolvimento de *M. tanajoa* foram oferecidos como alimento para *E. ho*. *Euseius ho* apresentou os períodos de incubação, larva, protoninfa e deutoninfa, bem como o período de ovo-adulto, menores do que os de *M. tanajoa*. Ademais, o ácaro predador *E. ho* apresentou uma elevada taxa instantânea de crescimento (r_i), embora menor do que a observada para o ácaro-verde *M. tanajoa*. Os resultados sugerem que o ácaro predador *E. ho* contribui na regulação de populações de *M. tanajoa* no campo.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro-verde da mandioca, ácaro predador, biologia, controle biológico

ABSTRACT - The cassava green mite *Mononychellus tanajoa* is an important pest of cassava *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) in the Northeastern state of Maranhão, Brazil. Predatory mites of the family Phytoseiidae are the main natural enemies of pest mites and are found inhabiting cassava plants. We compared some biological aspects and the growth rate of *M. tanajoa* and its main natural enemy in the study region (Miranda do Norte, Maranhão, Brazil), the predatory mite *Euseius ho*. All experiments were conducted in the laboratory on leaf discs made of cassava leaves. Predatory mites were fed with all developmental stages of *M. tanajoa*. *Euseius ho* had lower periods of incubation, larvae, protonymph and deutonymph as well as the period from egg to adult in comparison to those of *M. tanajoa*. Furthermore, the predatory mite *E. ho* had a high instantaneous rate of increase (r_i), yet lower than that observed for cassava green mite *M. tanajoa*. The laboratory results suggest that the predatory mite *E. ho* may help to regulate populations of *M. tanajoa* in the field.

KEY WORD: Biological control, biology, cassava green mite, predatory mite

A mandioca *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) é cultivada em diversas regiões tropicais e subtropicais do mundo, constituindo uma das mais importantes fontes de energia e base da alimentação de muitos povos (Hillocks 2002, El-Sharkawy 2003, Suja *et al* 2010). No estado do Maranhão, Brasil, a mandioca é cultivada em agricultura itinerante de corte e queima por pequenos agricultores. O cultivo da mandioca, além de assegurar uma importante fonte de renda, está relacionado à segurança alimentar de agricultores familiares desempenhando importante papel socioeconômico em várias regiões maranhenses.

A cultura da mandioca é afetada por diversos problemas fitossanitários, dentre os quais o ataque do ácaro-verde, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae). O ácaro-verde é considerado praga chave e responsável por elevadas perdas de produtividade em cultivos de mandioca (Byrne *et al* 1983, Yaninek & Herren 1988, Yaninek *et al* 1989, Yaninek *et al* 1990). O ácaro-verde ataca as brotações, gemas e folhas novas de plantas de mandioca reduzindo a taxa fotossintética e a matéria seca das raízes (Flechtmann 1989, Yaninek *et al* 1989). Diversas medidas de controle são utilizadas para controlar o ácaro-verde incluindo o uso de pesticidas e variedades resistentes (Hahn *et al* 1989, Yaninek & Hanna 2003) e agentes de controle biológico (Yaninek *et al* 1993, Yaninek & Hanna 2003, Delalibera Jr & Hajek 2004a, Delalibera Jr *et al* 2004b, Hanna *et al* 2005)

Ácaros predadores da família Phytoseiidae são os mais importantes e eficientes inimigos naturais de ácaros fitófagos (McMurtry *et al* 1970, De Moraes 1991, McMurtry & Croft 1997, De Moraes 2002). Dentre os ácaros fitoseídeos, destacam-se as espécies do gênero *Euseius*, o qual compreende aproximadamente 150 espécies (De Moraes *et al* 2004). Os fitoseídeos do gênero *Euseius* são classificados como predadores generalistas do tipo IV por se alimentarem de pólen de diversas espécies de plantas bem como de ácaros fitófagos das famílias Tetranychidae, Tarsonemidae, Tenuipalpidae e Eriophyidae (Muma 1971, McMurtry & Croft 1997).

No Brasil, espécies como *Euseius citrifolius* Denmark e Muma (De Moraes & McMurtry, 1981), *E. concordis* (Chant) (De Moraes & Lima, 1983) e *E. alatus* DeLeon (Melo *et al* 2009) são amplamente estudadas para o controle de ácaros fitófagos. O ácaro predador *Euseius ho* DeLeon apresenta uma ampla distribuição geográfica no Brasil, com ocorrência nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e São Paulo. *Euseius ho* também ocorre em países como a Argentina, Colômbia, Peru, Equador, Jamaica, México e Porto Rico (De Moraes *et al* 2004).

Na região de Miranda do Norte, Maranhão, Brasil, *E. ho* é a espécie de ácaro predador mais abundante em cultivos de mandioca. No entanto, não existem estudos relacionados à biologia, ecologia e dinâmica populacional de *E. ho* em agroecossistemas de mandioca. Tais estudos são essenciais para a determinação da importância de ácaros predadores no controle biológico de ácaros praga. Neste estudo, foram avaliados comparativamente alguns parâmetros biológicos e a taxa de crescimento dos ácaros *M. tanajoa* e *E. ho* em condições de laboratório.

Foi testada a seguinte hipótese:

Embora generalista, o ácaro-predador *E. ho* pode contribuir para o controle biológico natural do ácaro-verde da mandioca *M. tanajoa*.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Artrópodes da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) à temperatura ambiente (cerca de $27 \pm 10^\circ\text{C}$).

Criação de manutenção. O ácaro predador *E. ho* foi criado em arenas confeccionadas com folhas de mandioca (5 cm de diâmetro) colocadas para flutuar em água destilada em placas de Petri sem tampa (10 cm de diâmetro por 1,5 cm de profundidade). Foram colocados fios de algodão recobertos com uma lamínula (18 x 18 mm) sobre os discos foliares para servir de

abrigo aos ácaros predadores. Todas as fases de desenvolvimento do ácaro-verde (ovos, larvas, ninfas, adultos) foram oferecidas como fonte de alimento ao ácaro predador *E. ho*. O ácaro-verde *M. tanajoa* foi criado em plantas de mandioca em casa de vegetação e em discos de folhas de mandioca (3 cm de diâmetro) no laboratório. As folhas foram utilizadas como fonte de alimento e arena para o ácaro-verde (Reis *et al* 1997).

Estudos biológicos. A duração dos períodos embrionários e pós-embrionários foi determinada tanto para *M. tanajoa* quanto para *E. ho*.

Desenvolvimento embrionário - A duração do período embrionário foi avaliada em arenas confeccionadas com folhas de mandioca de 5 e 3 cm de diâmetro para o ácaro predador *E. ho* e para o ácaro-verde *M. tanajoa*, respectivamente. Os discos foram postos para flutuar em placa de Petri sem tampa (10 cm diâmetro x 1,5 cm de profundidade) contendo água destilada. Cada disco teve um orifício central para a passagem de um alfinete entomológico preso ao fundo da placa de Petri com o auxílio de uma cola à base de silicone (Brascoved, Brascola Ltda, Joinville, Brasil) permitindo que os discos se movimentassem de acordo com o nível da água (Reis *et al* 1998). Fêmeas do ácaro-verde *M. tanajoa* (5 fêmeas/ arena) foram confinadas por um período de quatro horas em discos foliares de mandioca para obtenção de ovos da mesma idade. Posteriormente, os ovos foram observados diariamente às 8 e 16 horas para determinação da viabilidade. Fêmeas do ácaro predador (5 fêmeas e 1 macho/ arena) no início do período reprodutivo (3,5-4 dias), provenientes da criação de manutenção, foram confinadas com machos por um período de oito horas em discos foliares de mandioca para obtenção de ovos da mesma idade. Posteriormente, os ovos foram individualizados em arenas e observados diariamente às 8 e 16 horas para a determinação da viabilidade.

Desenvolvimento pós-embrionário - Larvas recém-eclodidas de *E. ho* e de *M. tanajoa* foram individualizadas em discos foliares de mandioca, e observadas diariamente às 8 e 16 horas. Foi calculada a duração de cada fase imatura (larva, protoninfa, deutoninfa) para ambas as

espécies de ácaros além dos períodos de protocrisálida, deutocrisálida e teliocrisálida para *M. tanajoa*. Os períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição também foram determinados para fêmeas adultas de *E. ho* e *M. tanajoa*.

Taxa de crescimento populacional - A taxa instantânea de crescimento (r_i) foi utilizada para comparar o aumento populacional do ácaro predador *E. ho* e do ácaro-verde *M. tanajoa*. O r_i foi calculado com dados de reprodução e mortalidade utilizando a seguinte fórmula:

$$r_i = \ln(N_f / N_0) / \Delta t,$$

Onde: N_f é o número final de indivíduos, N_0 é o número inicial de indivíduos, Δt é a variação de tempo (duração do experimento - 7 dias) (Stark *et al* 1997, Walthall & Stark 1997a).

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) é uma medida direta de crescimento populacional em determinado período de tempo (Walthall & Stark 1997b) enquanto que a taxa intrínseca de crescimento (r_m), é uma estimativa da capacidade de crescimento de uma população e expressa o número de fêmeas adicionadas à população por fêmea por dia (Carey 1993). A principal vantagem do cálculo do r_i em relação ao do r_m é a não necessidade de confecção da tabela de vida de fertilidade (Stark & Banks 2003).

A taxa instantânea de crescimento é positivamente correlacionada com a taxa intrínseca de crescimento (r_m), assim, um valor positivo de r_i significa crescimento da população, $r_i = 0$ indica que a população está estável, enquanto que um valor negativo de r_i indica declínio da população (Walthall & Stark 1997b).

As taxas de crescimento para *E. ho* e *M. tanajoa* foram calculadas através da contagem do número de ovos, estádios imaturos e adultos diariamente durante sete dias. Quatro fêmeas adultas do ácaro predador e do ácaro-verde foram colocadas separadamente em arenas de 5 e 3 cm diâmetro confeccionadas de folhas de mandioca, respectivamente. Foram utilizados ácaros no início do período reprodutivo, ou seja, fêmeas de 3,5-4 dias de idade para *E. ho* e de 9-10 dias de idade para o *M. tanajoa*. Em cada arena do ácaro predador e do ácaro-verde foi

adicionado um macho proveniente da criação de manutenção para fertilização contínua das fêmeas. Os machos tanto do ácaro-verde como do ácaro predador foram repostos quando necessário durante o período de avaliação (7 dias).

Análise estatística

Os períodos de desenvolvimento de imaturos, períodos de ovo a adulto, os períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição e as taxas instantâneas de crescimento (r_i) de *M. tanajoa* e *E. ho* foram comparados através do teste t (Sokal & Rohlf 1995).

Resultados

Período embrionário - O período de incubação observado para *E. ho* foi de $1,5 \pm 0,03$ dias com uma viabilidade de ovos de 95,12%, enquanto *M. tanajoa* apresentou um período de incubação mais longo ($4,7 \pm 0,01$ dias) com uma viabilidade de 95,93%. A duração do período embrionário de *E. ho* foi menor do que o observado para *M. tanajoa* ($df = 487$; $t = 85,79$; $P < 0,01$) (Figura 1).

Período pós-embrionário - O ácaro predador *E. ho* apresentou um menor período de desenvolvimento em comparação com o ácaro-verde *M. tanajoa* (Figura 1). A duração do estágio de larva de *E. ho* ($0,6 \pm 0,03$ dias) foi menor do que o de *M. tanajoa* ($1,0 \pm 0,02$ dias) ($df = 174$; $t = 9,15$; $P < 0,001$). Da mesma forma, a duração do estágio de protoninfa de *E. ho* ($0,7 \pm 0,03$ dias) foi menor do que o de *M. tanajoa* ($0,9 \pm 0,02$ dias) ($df = 132$; $t = 5,59$; $P < 0,001$). A duração do tempo de desenvolvimento do estágio de deutoninfa de *E. ho* ($0,7 \pm 0,02$ dias) também foi menor do que o de *M. tanajoa* ($1,0 \pm 0,02$ dias) ($df = 108$; $t = 5,95$; $P < 0,001$). O período de ovo-adulto do ácaro predador *E. ho* ($4,4 \pm 0,08$ dias) foi, conseqüentemente, menor que o de *M. tanajoa* ($10,3 \pm 0,02$ dias) ($df = 105$; $t = 42,84$; $P < 0,001$).

Não houve diferença entre os períodos de pré-oviposição ($df = 76$; $t = 0,48$; $P > 0,05$) e pós-oviposição ($df = 42$; $t = 0,48$; $P > 0,05$) para *E. ho* e *M. tanajoa*. Os períodos de pré-oviposição e pós-oviposição para o ácaro predador *E. ho* foram de $1,2 \pm 0,06$ e $2,6 \pm 0,10$ dias respectivamente, enquanto para o ácaro-verde *M. tanajoa* foram de $1,2 \pm 0,05$ e $2,5 \pm 0,16$ dias, respectivamente (Tabela 1). O período de oviposição de *E. ho* ($21,7 \pm 0,22$ dias) foi maior do que o de *M. tanajoa* ($16,3 \pm 0,28$ dias) ($df = 42$; $t = 15,11$; $P < 0,05$) (Tabela 1).

O número de ovos/ fêmea e o número de ovos/ fêmea/ dia para o ácaro-verde *M. tanajoa* foi $84,4 \pm 4,22$ e $5,3 \pm 0,19$ enquanto para o ácaro predador *E. ho* foi de $47,3 \pm 0,85$ e $2,1 \pm 0,03$, respectivamente. Os parâmetros número de ovos/ fêmea ($df = 42$; $t = 8,61$; $P < 0,0001$) e número de ovos/ fêmea/ dia ($df = 42$; $t = 16,30$; $P < 0,0001$) foram maiores para o ácaro-verde *M. tanajoa* em comparação com *E. ho* (Tabela 1). O ácaro-verde *M. tanajoa* apresentou maior taxa instantânea de crescimento ($0,42$) do que o ácaro predador *E. ho* ($0,35$) ($df = 49$; $t = 3,96$; $P < 0,0001$) (Figura 2).

Discussão

Embora classificado como generalista, o ácaro predador *E. ho* contribui para o controle biológico do ácaro-verde da mandioca em condições de laboratório.

O ácaro predador *E. ho* se alimentou e se reproduziu sobre o ácaro-verde *M. tanajoa* como presa. Os ácaros fitoseídeos selecionam as espécies de presas nas quais podem obter elevado sucesso reprodutivo (Gnanvossou *et al* 2003). O ácaro predador *E. ho* apresentou ciclo de desenvolvimento (ovo-adulto) menor do que o observado para o ácaro-verde *M. tanajoa* (Figura 1). De fato, a duração de todos os estádios imaturos de *E. ho* (período de incubação, larva, protoninfa e deutoninfa) foi menor do que os de *M. tanajoa* (Figura 1). O ácaro predador *E. ho* por ser uma espécie generalista do tipo IV (McMurtry & Croft 1997), especializada no uso de pólen de diversas espécies de plantas como alimento, mostrou um

elevado potencial para regular populações do ácaro-verde *M. tanajoa* em condições controladas de laboratório, fato que, possivelmente, o torna um importante agente de controle biológico natural do ácaro-verde em cultivos de mandioca. Bruce-Oliver *et al* (1996), avaliaram o efeito de vários recursos alimentares sobre o desenvolvimento, fecundidade e longevidade de *E. fustis* associado a mandioca na África. *Euseius fustis* completou seu ciclo de desenvolvimento quando alimentado sobre *M. tanajoa*, *Oligonychus gossypii* (Zacher), pólen de milho, mamona e mandioca. Pólen de mamona e milho quando oferecidos separadamente a *E. fustis* produziram elevada fecundidade e maior longevidade do que *M. tanajoa* testado sozinho como alimento.

Um bom candidato para controlar populações de ácaros fitófagos deve possuir, entre outras características, uma alta taxa de desenvolvimento e oviposição quando alimentado sobre sua presa (Sabelis 1985). Embora o presente estudo tenha ocorrido em experimentos de não-preferência alimentar, o ácaro predador *E. ho* apresentou um elevado potencial reprodutivo quando alimentado com o ácaro-verde *M. tanajoa* indicando que este predador é adaptado a tal presa. O longo período de oviposição observado para o ácaro predador *E. ho* ($21,7 \pm 0,22$ dias) aliado ao seu curto período de desenvolvimento ($4,4 \pm 0,08$ dias) pode favorecer o controle biológico do ácaro-verde haja vista que durante o período de desenvolvimento de *M. tanajoa* ($10,3 \pm 0,02$ dias) pode-se ter duas gerações de *E. ho*. Estudo realizado em condições de laboratório avaliando o período de desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de *E. stipulatus* alimentado com sete tipos de pólenes (amêndoa, maçã, damasco, cereja, pêra, ameixa e noqueira) revelou que o tempo de desenvolvimento de ovo-adulto variou de $8,38 \pm 0,08$ a $9,58 \pm 0,11$ dias para fêmeas e de $8,23 \pm 0,12$ e $9,07 \pm 0,12$ dias para machos entre os diversos pólenes testados. A longevidade das fêmeas variou de $11,53 \pm 1,22$ a $51,38 \pm 2,45$ dias, enquanto que a fecundidade variou de $22,84 \pm 2,30$ a $43,61 \pm 3,78$ ovos/fêmea (Bouras & Papadoulis 2005).

O ácaro predador *E. ho* apresentou uma taxa instantânea de crescimento (r_i) elevada (0,35) embora menor do que o de *M. tanajoa* (0,42). Durante os experimentos, *E. ho* foi confinado com *M. tanajoa* em pequenos discos foliares (5 cm de diâmetro), os quais podem ter facilitado a localização da presa pelo ácaro predador, contribuindo para a sua elevada taxa de crescimento. Estudos têm mostrado que a taxa de predação de outras espécies de fitoseídeos aumenta quando criados sobre folhas infestadas com tetraniquídeos que produzem pouca teia, como *M. tanajoa* (McMurtry & Croft 1997, Vantornhout *et al* 2004). O controle biológico de ácaros tetraniquídeos em condições de campo depende de diversos fatores que podem influenciar a sobrevivência e persistência de ácaros predadores, tais como as relações entre plantas hospedeiras, fatores relacionados ao clima (variações sazonais de variáveis ambientais) e interação com outros artrópodes (Kennedy & Storer 2000, Pratt *et al* 2002, Zundel *et al* 2009). Populações de pragas podem ser manejadas através da preservação e aumento local da comunidade de inimigos naturais por meio do controle biológico por conservação (Letourneau & Altieri 1999; Landis *et al* 2000). Entretanto, é essencial o conhecimento da biologia e ecologia da praga e de seus inimigos naturais para se ter êxito neste tipo de controle biológico (Landis *et al* 2000). O ácaro predador *E. ho*, por ser generalista, pode se beneficiar do consórcio de mandioca com espécies de plantas provedoras de alimento (pólen) tais como o milho (*Zea mays*), abóbora (*Cucurbita moscata*) e ervas espontâneas. De fato, na região onde o estudo foi realizado, agricultores utilizam tais culturas em consórcio com mandioca. A habilidade de ácaros predadores generalistas em utilizarem pólen ou presas alternativas para se desenvolver, reproduzir e sobreviver é provavelmente a chave para o estabelecimento e persistência de *E. ho* em cultivos de mandioca.

Os resultados deste trabalho sugerem que o ácaro predador *E. ho* é um agente de controle biológico do ácaro-verde *M. tanajoa*. No entanto, estudos complementares em

condições de campo são necessários para se determinar a importância de *E. ho* na regulação de populações de *M. tanajoa*.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa de estudo. Esta pesquisa foi apoiada pelos projetos: PNPd/CAPES (PNPD0132080), CNPq (474994/2009-0) e FAPEMA (APP-00991/09).

Referências

- Bouras S L, Papadoulis G T H (2005) Influence of selected fruit tree pollen on life history of *Euseius stipulates* (Acari: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 36: 1-14.
- Bruce-Oliver S J, Hoy M A, Yaninek J S (1996) Effect of some food sources associated with cassava in Africa on the development, fecundity and longevity of *Euseius fustis* (Pritchard and Baker) (Acari: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 20: 73-85.
- Byrne D H, Bellotti A C, Guerrero J M (1983) The cassava mites. *Trop Pest Manag* 29: 378-394.
- Carey J R (1993) Applied demography for biologists with special emphasis on insects. Oxford University Press.
- Delalibera Jr I, Hajek A E (2004a) Pathogenicity and specificity of *Neozygites tanajoae* and *Neozygites floridana* (Zygomycetes: Entomophthorales) isolates pathogenic to the cassava green mite. *Biol Control* 30: 608-616.
- Delalibera Jr I, Hajek A E, Humber R A (2004b) *Neozygites tanajoae* sp. nov., a pathogen of the cassava green mite. *Mycologia* 96: 1002-1009.
- De Moraes G J, McMurtry J A (1981) Biology of *Amblyseius citrifolius* (Denmark and Muma) (Acarina Phytoseiidae). *Hilgardia* 49: 1-29.
- De Moraes G J, Lima H C (1983) Biology of *Euseius concordis* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae) a predator of the tomato russet mite. *Acarologia* 24: 251-255.
- De Moraes G J (1991) Controle biológico de ácaros fitófagos. *Inf Agropec* 15: 56-62.
- De Moraes G J (2002) Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores. In: Parra J R P; Botelho P S M, Corrêa-Ferreira B S, Bento J M S (eds.). Controle biológico: parasitóides e predadores. São Paulo, Manole, 4: 225-237.

- De Moraes G J, McMurtry J A, Denmark H A, Campos C B (2004) A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. *Zootaxa*, Auckland, 434: 1-494.
- EL-Sharkawy M A (2003) Cassava biology and physiology. *Plant Mol Biol* 53: 621-641.
- Flechtmann C H W (1989) *Ácaros de importância agrícola*. São Paulo, Nobel, 189p.
- Gnanvossou D, Yaninek JS, Hanna R, Dicke M (2003) Effects of prey mite species on life history of the phytoseiid predators *Typhlodromalus manihoti* and *Typhlodromalus aripo* *Exp Appl Acarol* 30: 265-278.
- Hahn S K, Isoba J C G, Ikotun T (1989) Resistance breeding in root and tuber crops at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. *Crop Prot* 8: 147-168.
- Hanna R, Onzo A, Lingeman R, Sabelis M W, Yaninek J S (2005) Seasonal cycles and persistence of an acarine predator-prey system on cassava in Africa. *Pop Ecol* 47: 107-117.
- Hillocks R J (2002) Cassava in Africa. In: Hillocks RJ, Tresh JM, Bellotti AC (eds) *Cassava: Biology, Production and Utilization*. UK and New York, USA, CABI Publishing Oxon, 40-54p.
- Kennedy GG, Storer N P (2000) Life systems of polyphagous arthropod pests in temporally unstable cropping systems. *Annu Rev Entomol* 45: 467-493.
- Landis D A, Wratten S D, Gurr G M (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu Rev Entomol* 45: 175-201.
- Letourneau D K; Altieri M A (1999) Environmental management to enhance biological control in agroecosystems. In: Bellows TS & Fisher TW (eds) *Handbook of Biological Control*. San Diego, USA, Academic Press, 319-354p.
- McMurtry J A, Huffaker C B, Van de Vrie M (1970). Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. I. Tetranychidae enemies: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia* 40: 331-390.

- McMurtry J A, Croft B A (1997) Life styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu Rev Entomol* 42: 291-321.
- Melo J W S, Domingos C A, Gondim Junior M G C, De Moraes G J (2009) Pode *Euseius alatus* DeLeon (Acari: Phytoseiidae) preda *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em coqueiro? *Neotrop Entomol* 38: 139-143.
- Muma M H (1971) Food habits of Phytoseiidae (Acarina: Mesostigmata) including common species on Florida citrus. *Fla Entomol* 54: 21-34.
- Pratt P D, Rosetta R and Croft B A (2002) Plant-related factors influence the effectiveness of *Neoseiulus fallacis* (Acari:Phytoseiidae), a biological control agent of spider mites on landscape ornamental plants . *J Econ Entomol* 95: 1135-1141.
- Reis P R, Alves E B (1997) Biologia do ácaro predador *Euseius alatus* DeLeon (Acari: Phytoseiidae). *An Soc Entomol Brasil* 26: 359-361.
- Reis P R, Chiavegato L G & Alves E B (1998) Biologia de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27: 185-191.
- Sabelis M W (1985) Predation on spider mites. In: Hell W, Sabelis M W (eds) *Spider mites- their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier, vol 1B, 103–129p.
- Stark J D Tanigoshi L, Bounfour M & Antonelli A (1997) Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicol Environ Saf* 37: 273-279.
- Stark J D, Banks J E (2003) Population - level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Ann Rev Entomol* 48: 505-519.
- Sokal R R, Rohlf F J (1995) *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. New York, NY, Freeman, USA.

- Suja G, John S K, Sreekumar J, Srinivas T (2010) Short-duration cassava genotypes for crop diversification in the humid tropics: growth dynamics, biomass, yield and quality. *J Sci Food Agric* 90: 188-198.
- Vantornhout I, Minnaert H L, Tirry L, De Clercq P (2004) Effect of pollen, natural prey and factitious prey on the development of *Iphiseius degenerans*. *BioControl* 49: 627-644.
- Walthall W K & Stark J D (1997a) Comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effect. *Ecotoxicol Environ Saf* 37: 45-52.
- Walthall W K & Stark J D (1997b) Comparison of two population - level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (rm) and instantaneous (ri) rates of increase. *Environ Toxicol Chem* 16: 1068-1073.
- Yaninek J S, Herren H R (1988) Introduction and spread of the cassava green mite, *Mononycheilus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae), an exotic pest in Africa and the search for appropriate control methods: a review. *Bull Entomol Res* 78: 1-13.
- Yaninek J S, Moraes G J, Markham R H (1989) Handbook on the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* in Africa. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, 140p.
- Yaninek J S, Gutierrez A P, Herren H R (1990) Dynamics of *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae) in Africa: impact on dry matter production and allocation in cassava, *Manihot esculenta*. *Environ Entomol* 19: 1767-1772.
- Yaninek J S, Onzo A, Ojo J B (1993) Continent-wide releases of neotropical phytoseiids against the exotic cassava green mite in Africa. *Exp Appl Acarol* 17: 145-160.
- Yaninek J S, Hanna R (2003) Cassava green mite in Africa: a unique example of successful classical biological control of a mite pest on a continental scale. In: Neuenschwander P, Borgemeister C, Langewald L (eds.) *Biological control in IPM systems in Africa*. Wallingford, UK, CABI Publishing, 61-75p.

Zundel C, Nagel P, Hanna R, Korner F, Scheidegger U (2009) Environment and host-plant genotype effects on the seasonal dynamics of a predatory mite on cassava in sub-humid tropical Africa. *Agric For Entomol* 11: 321-331.

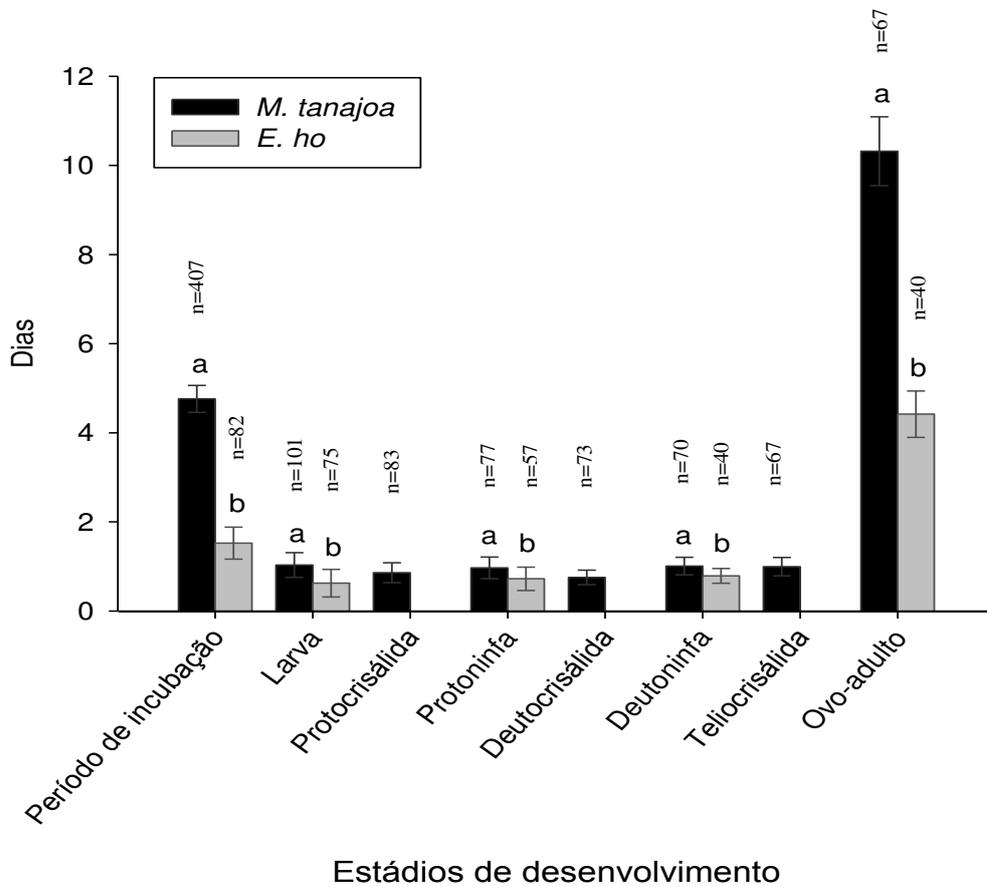


Figura 1. Duração dos estádios embrionários e pós-embrionários do ácaro-verde *M. tanajoa* e do ácaro predador *E. ho*. Médias (em dias) \pm EP da média são apresentadas (teste t; $P < 0,05$).

Tabela 2. Duração dos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, número de ovos por fêmea, número de ovos por fêmea por dia e viabilidade dos ovos de *M. tanajoa* e *E. ho*.

Parâmetros reprodutivos	<i>Mononychellus tanajoa</i>		<i>Euseius ho</i>	
	Duração (dias) \pm EP ²	N ¹	Duração (dias) \pm EP	N ¹
Período de pré-oviposição	1,2 \pm 0,05a	56	1,2 \pm 0,06a	32
Período de oviposição	16,3 \pm 0,28b	22	21,7 \pm 0,22a	22
Período de pós-oviposição	2,5 \pm 0,16a	22	2,6 \pm 0,10a	22
Nº ovos/ fêmea	84,4 \pm 4,22a	22	47,3 \pm 0,85b	22
Nº ovos/ fêmea/ dia	5,3 \pm 0,19a	22	2,1 \pm 0,03b	22
Viabilidade de ovos	95,93	442	95,34	86

¹ Número de observações

² Média (em dias) \pm erro padrão da média são apresentados

Diferentes letras, na mesma linha, denotam diferença estatística entre as espécies de ácaros (teste t; P < 0,05).

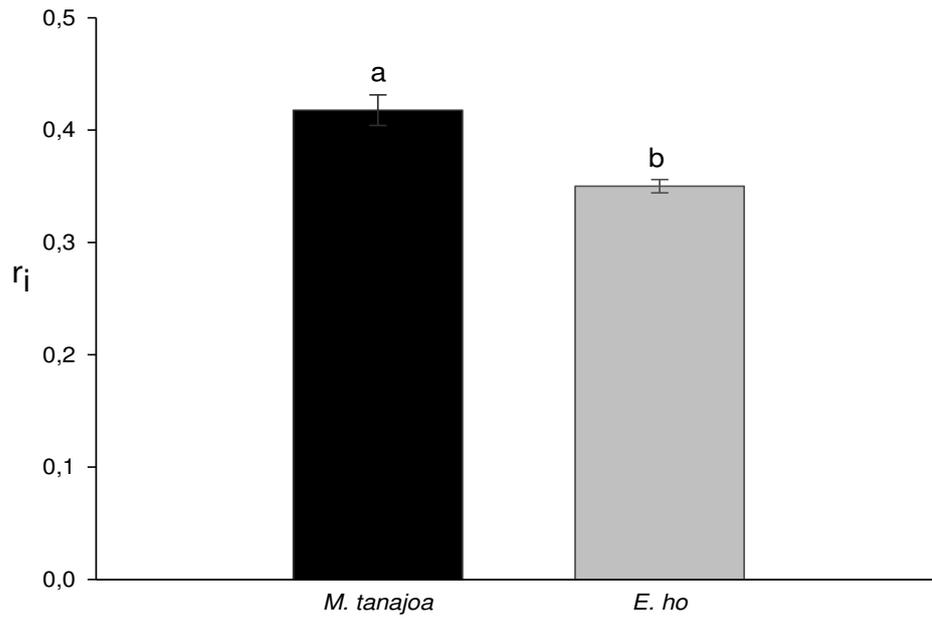


Figura 1. Taxas instantâneas de crescimento (r_i) de *M. tanajoa* e *E. ho*. Médias \pm Erro padrão da média são apresentados (teste t; $P < 0,05$). $n=22$ para ambas as espécies.

CAPÍTULO 3

**Mecanismos responsáveis pela densidade populacional do
ácaro-verde da mandioca *Mononychellus tanajoa* (Bondar)
(Acari: Tetranychidae)**

Mecanismos responsáveis pela densidade populacional do ácaro-verde da mandioca
***Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae)**

Adriano S. Rêgo¹, Anilde da G.S. Maciel¹, Évila de C. Costa¹, Renato de A. Sarmiento²,
Adenir V. Teodoro¹

¹Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Caixa Postal 3004, São Luís, MA, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins (UFT), Caixa postal 66, Gurupi, TO, Brasil

Resumo – A paisagem agrícola do Estado do Maranhão é dominada por pequenas propriedades rurais nas quais os agricultores utilizam a agricultura de corte e queima para a produção de diversas culturas de subsistência como a mandioca *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). O ácaro-verde *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) é considerado uma praga-chave da mandioca e pode ser regulado por ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae. Além de ácaros predadores fitoseídeos, variáveis ambientais abióticas também podem contribuir para regular populações de ácaros fitófagos no campo. As densidades populacionais de *M. tanajoa* e do ácaro predador mais comum encontrado na região de estudo, *Euseius ho* DeLeon (Acari: Phytoseiidae), foram avaliadas ao longo do ciclo de cultivo de mandioca em quatro sítios de estudo. Foi determinada a importância relativa de variáveis ambientais abióticas (precipitação, temperatura e umidade relativa) e biótica (densidade de *E. ho*) sobre a densidade de *M. tanajoa*. A densidade populacional de *M. tanajoa* aumentou enquanto que a densidade de *E. ho* manteve-se constante ao longo do tempo. A maior parte da variância para a densidade populacional de *M. tanajoa* foi explicada pela precipitação e umidade relativa, seguidas pela densidade de *E. ho* e a temperatura. Conclui-se que, embora o ácaro predador *E. ho* contribuiu para regular a população do ácaro-verde, os principais mecanismos que explicaram a densidade de *M. tanajoa* em condições de campo foram variáveis ambientais abióticas.

Palavras chave: Ácaro fitófago, ácaro predador, controle biológico, dinâmica populacional.

Abstract - Smallholder agriculture dominates the producing landscape of the Northeastern Brazilian state of Maranhão. Slash and burn practices are still used by the majority of smallholders to cultivate several crops including cassava, *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). The cassava green mite *Mononychellus tanajoa* is a key pest of cassava and may be kept in check by naturally occurring predatory mites of the family Phytoseiidae. In addition to predatory mites, abiotic environmental variables may also contribute to regulate pest mite populations in the field. We evaluated the population density of both *M. tanajoa* and the most common predatory mite found in the study region, *Euseius ho* DeLeon (Acari: Phytoseiidae), over the cultivation cycle (11 months) of cassava in four study sites. In addition, we determined the relative importance of the biotic (density of *E. ho*) and abiotic environmental variables (rainfall, temperature and relative humidity) to the density of *M. tanajoa*. The density of *M. tanajoa* increased whereas the density of *E. ho* remained constant throughout time. Hierarchical partitioning analyses revealed that most of the variance for the density of *M. tanajoa* was explained by rainfall and relative humidity followed by *E. ho* density and temperature. We conclude that although the predatory mite *E. ho* contributed to regulate cassava green mite populations the main mechanisms explaining *M. tanajoa* densities were abiotic environmental variables.

Key-words: Biological control, phytophagous mite, predatory mites, population dynamics.

Introdução

A mandioca *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) é cultivada em diversas regiões tropicais e subtropicais do mundo constituindo uma das mais importantes fontes de energia e base da alimentação de muitos povos (Hillocks 2002, El-Sharkawy 2003, Suja *et al* 2010). A mandioca é atacada por diversos artrópodes fitófagos, dentre os quais o ácaro-verde *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae). O ácaro-verde é considerado praga-chave da mandioca e é encontrado na face inferior das folhas, principalmente em condições de elevada temperatura e baixa umidade relativa (Samways 1979, Farias 1991). Os sintomas do ataque do ácaro-verde se manifestam nas brotações, gemas e em folhas novas apresentando manchas cloróticas em torno das nervuras, com posterior amarelecimento generalizado e deformações do limbo, seguidos de bronzeamento e queda das folhas a partir do ápice (Bellotti *et al.* 1983, Veiga 1985, Byrne *et al.* 1983). As perdas na produtividade de raízes podem chegar a 80% (Yaninek; Hanna 2003).

O baixo retorno econômico, o longo ciclo da cultura e os limitados recursos dos produtores de mandioca são fatores que inviabilizam o uso de pesticidas no controle de *M. tanajoa* (Bellotti *et al.* 1999). O controle biológico natural de ácaros fitófagos é considerado um importante serviço ambiental provido por ácaros predadores, principalmente os da família Phytoseiidae. Os fitoseídeos têm a capacidade de suprimir populações de ácaros praga, principalmente tetraniquídeos (Easterbrook *et al.* 2001; Prischmann *et al.* 2002; Colfer *et al.* 2004; Jung *et al.* 2004). O ácaro predador *Euseius ho* DeLeon é classificado como uma espécie generalista do tipo IV, especializada no uso de pólen de diversas espécies de plantas como alimento (McMurtry; Croft 1997). *Euseius ho* é a espécie mais comum associada a *M. tanajoa* em cultivos de mandioca na região onde o estudo foi conduzido (Rêgo *et al.* não

publicado), no entanto devido ao seu hábito alimentar generalista, pode não ser um agente de controle biológico eficiente.

Adicionalmente a inimigos naturais, fatores relacionados ao tempo e clima também afetam tanto a densidade populacional e a distribuição de várias espécies de artrópodes fitófagos (Stenseth et al. 2003). Em nível local, variáveis ambientais abióticas bem como interações entre esses fatores, podem influenciar a dinâmica populacional de artrópodes fitófagos e inimigos naturais. A variação sazonal de variáveis climáticas tais como precipitação, temperatura e umidade podem ser as mais importantes causas de mudanças na densidade de artrópodes (Cornell; Hawkins, 1995).

Neste estudo, foi determinada a importância relativa de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação) e bióticas (densidade de *E. ho*) sobre a densidade de *M. tanaioa*.

Foi testada a seguinte hipótese:

Embora ácaros predadores generalistas contribuam para o controle biológico natural de ácaros praga, variáveis ambientais abióticas como a temperatura, umidade relativa e a precipitação podem ser mais importantes na regulação populacional de ácaros fitófagos.

Material e Métodos

Região de estudo

O experimento foi realizado em quatro sítios de estudo localizados na zona rural do Município de Miranda do Norte (3° 36' 44,70" S, 44° 34' 07,51" O, elevação 44 m), Maranhão, Brasil. Os sítios de estudo não receberam nenhum tipo de tratamento químico ou biológico durante a condução dos estudos de campo. Em cada sítio de estudo, foram selecionadas ao acaso 10 plantas de mandioca, localizadas a uma distância de 5 metros das margens para evitar efeito de borda. Foram coletadas seis folhas por planta de mandioca (2

folhas do terço superior, 2 folhas do terço médio e 2 folhas do terço inferior) em cada avaliação totalizando 60 folhas por sítio de estudo. As folhas amostradas foram acondicionadas em sacos de papel, armazenadas em caixa térmica, e levadas ao laboratório para contagem direta de *M. tanajoa* e *E. ho* em todos os folíolos com o auxílio de um microscópio estereoscópico (Stemi DV4, Zeiss, Alemanha). As avaliações foram feitas mensalmente durante o ciclo de cultivo da mandioca na região (fevereiro a dezembro de 2009).

Cálculo da densidade de ácaros por folha

O número total de ácaros por folha de mandioca foi calculado considerando todos os estádios móveis de *M. tanajoa* e *E. ho* (ovos, larvas, ninfas e adultos). Os estádios de crisálida (protocrisálida, deutocrisálida, e teliocrisálida) de *M. tanajoa* foram contabilizados como ninfas.

O número de ácaros por folha foi convertido em densidade por unidade de área (ácaros por cm^2) haja vista que folhas de mandioca variam em tamanho e número de folíolos ao longo do ciclo de cultivo. A determinação da área foliar foi realizada através do método gravimétrico por meio da escolha ao acaso de 15 folhas de mandioca por mês (do total de 60 folhas por sítio de estudo) e posterior desenho do contorno das folhas em papel, corte e pesagem. Uma área conhecida de papel (1cm^2) foi recortada e pesada em balança analítica de precisão (Modelo BL320H, Shimadzu, Brasil) para estimar o peso por cm^2 . A densidade de ácaros por cm^2 foi obtida pela multiplicação do número de folhas amostradas por planta pela área média determinada para cada sítio de estudo em cada mês, obtendo a área total estimada por planta. Em seguida, o número de ácaros por planta foi dividido pela área total estimada obtendo a densidade de ácaros por unidade de área (ácaros por cm^2).

Variáveis ambientais

As variáveis ambientais temperatura e umidade relativa foram medidas mensalmente durante o ciclo de cultivo da mandioca usando um termo-higrômetro digital (Modelo 910.15 CHP, Alla Brasil) posto sobre o solo durante 10 minutos em todos os sítios de estudo. A precipitação pluviométrica mensal para a cidade de Miranda do Norte foi obtida a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (<http://www6.cptec.inpe.br/proclima/>).

Análise estatística

Análises de variância para medidas repetidas com soma dos quadrados do tipo I foram usadas para comparar as densidades populacionais do ácaro-verde *M. tanajoa* e do ácaro predador *E. ho* ao longo do período de estudo. Análises de variância seguidas pelo teste de Tukey foram usadas para comparar as densidades do ácaro-verde e do ácaro predador em cada mês. As análises foram conduzidas com o programa Statistica 7,0 (StatSoft Inc.1984 – 2004).

Análises de partição hierárquica foram utilizadas para avaliar a contribuição relativa de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa, precipitação) e biótica (densidade de *E. ho*) sobre a densidade populacional do ácaro-verde ao longo do ciclo da cultura da mandioca. A análise de partição hierárquica estima a percentagem da variância explicada de cada variável em contribuições conjuntas e independentes com todas as outras variáveis, considerando todos os possíveis modelos em uma regressão multivariada (Mc Nally 1996, 2000; Heikkinen et al. 2004, 2005). As análises de partição hierárquica foram realizadas usando o programa R (Mc Nally; Walsh 2004) e os pacotes “hier.part” e “gtools” (R 2.10.1, R Development Core Team 2010).

Regressões lineares entre as variáveis abióticas e biótica foram realizadas usando o programa SigmaPlot 11.0 (Systat Software Inc). As densidades populacionais de *M. tanajoa* e *E. ho* foram transformadas através $\log(x + 1)$ para obtenção de uma distribuição normal.

Resultados

O ácaro-verde *M. tanajoa* apresentou maior densidade populacional ($0,138 \pm 0,011$ ácaros/ cm^2) em comparação ao ácaro predador *E. ho* ($0,001 \pm 0,0002$ ácaros/ cm^2) ao longo do ciclo de cultivo da mandioca (Fig. 1a, $F_{1,78} = 251,96$, $P < 0,05$). A densidade de ambas as espécies aumentou ao longo do ciclo da cultura, com maiores níveis populacionais na época seca do ano (julho a dezembro) (Fig. 1b, $F_{10,780} = 11,132$, $P < 0,05$).

A interação entre as espécies de ácaros e o tempo foi significativa (Fig. 1c; $F_{10,780} = 11,227$, $P < 0,05$). Exceto para o mês de fevereiro e abril, a densidade populacional de *M. tanajoa* foi maior do que a densidade populacional de *E. ho* ao longo do ciclo de cultivo da mandioca (Fig. 1c; Fev: $F_{1,78} = 0,001$, $P > 0,05$; Mar: $F_{1,78} = 4,835$, $P < 0,05$; Abr: $F_{1,78} = 3,819$, $P > 0,05$; Mai: $F_{1,78} = 8,310$, $P < 0,01$; Jun: $F_{1,78} = 13,122$, $P < 0,0001$; Jul: $F_{1,78} = 25,208$, $P < 0,0001$; Ago: $F_{1,78} = 32,097$, $P < 0,0001$; Set: $F_{1,78} = 18,641$, $P < 0,0001$; Out: $F_{1,78} = 29,957$, $P < 0,0001$; Nov: $F_{1,78} = 52,363$, $P < 0,0001$; Dez: $F_{1,78} = 32,075$, $P < 0,0001$).

A maior parte da variância explicada (71,97%) para abundância de *M. tanajoa* foi relacionada aos efeitos independentes enquanto que os efeitos em conjunto explicaram menores porções de variância (28,03%; Fig. 2). A variável ambiental abiótica precipitação apresentou o maior valor total (independente + conjunto), e também a maior contribuição independente (54,03%) sobre a densidade de *M. tanajoa*, seguidas pela umidade relativa (12,11%), densidade de *E. ho* (4,87%) e temperatura (0,96%). Os valores de contribuição relativa das variáveis quando em conjunto para a precipitação, umidade relativa, densidade de *E. ho* e temperatura foram de 12,60, 11,04, 3,44 e 0,95% respectivamente.

A densidade do ácaro-verde diminuiu de forma linear com o aumento da precipitação (Fig. 3a; $F_{1,9} = 6,383$, $R^2 = 0,415$, $P < 0,05$) enquanto que não foi correlacionada com as outras variáveis ambientais: umidade relativa (Fig. 3b; $F_{1,9} = 0,016$, $R^2 = 0,001$; $P > 0,05$), densidade de *E. ho* (Fig. 3c; $F_{1,9} = 0,315$, $R^2 = 0,033$; $P > 0,05$) e temperatura (Fig. 3d; $F_{1,9} = 0,007$, $R^2 = 0,0001$; $P > 0,05$).

Discussão

O ácaro predador *E. ho* contribuiu para a regulação da população do ácaro-verde da mandioca, porém os principais mecanismos que explicaram a densidade de *M. tanajoa* em condições de campo foram variáveis ambientais abióticas.

A região de estudo é caracterizada por chuvas intensas durante a estação chuvosa, o que pode influenciar negativamente populações do ácaro-verde da mandioca. De fato, a precipitação foi a variável ambiental abiótica que explicou a maior fração da variância para a densidade de *M. tanajoa* (Fig. 2). Ademais, foi observada uma correlação negativa entre a densidade de *M. tanajoa* e a precipitação, ou seja, houve uma redução na densidade do ácaro-verde com o aumento da intensidade de chuvas (Fig. 3a). Estudos sobre a dinâmica populacional de *M. tanajoa* e do ácaro predador *Typhlodromalus aripo* (Onzo et al. 2005; Hanna et al. 2005) mostraram uma redução da população do ácaro fitófago em períodos de elevada precipitação, no entanto a densidade de *T. aripo* não foi afetada pela precipitação.

O efeito da precipitação sobre a população de *M. tanajoa* ocorreu, provavelmente, devido ao efeito mecânico da chuva sobre os folíolos, gemas e brotações de plantas de mandioca. Em cultivos de mandioca na África foi observada uma redução na densidade populacional de *M. tanajoa*, menos de um ácaro por folha, em diversos meses durante o período chuvoso (Yaninek et al. 1989). Da mesma forma, a abundância do ácaro-vermelho-do-café *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) foi reduzida em períodos de

maior precipitação em cafeeiros (Franco et al. 2008). Na região onde o estudo foi conduzido, foi registrada uma precipitação média de 348,5 mm/ mês durante o período chuvoso do ano (janeiro a junho), fato que contribuiu para a baixa densidade de *M. tanajoa* durante este período (Fig. 1b).

A variável ambiental abiótica umidade relativa também explicou altas frações da variância para a densidade populacional de *M. tanajoa* (Fig. 2). Foi registrado um valor médio de 80% de umidade relativa ao longo do ciclo da mandioca nos sítios de estudo. No entanto, não foi observada relação entre a umidade relativa e a densidade de *M. tanajoa* (Fig. 3b). A umidade é um importante fator climático que influencia a ocorrência de artrópodes no campo (Zundel et al. 2009; Zhou et al. 2010). Bonato et al. (1995), estudando os efeitos da umidade relativa sobre o ácaro-verde *M. progresivus* Doreste e o ácaro-vermelho do algodoeiro *Oligonychus gossypii* (Zacher) em mandioca, observaram que umidades relativas abaixo de 30% e acima de 90% afetaram negativamente o desenvolvimento, fecundidade e sobrevivência de ambas as espécies de ácaros. No entanto, essas espécies não completaram seu ciclo de vida a 90% de umidade relativa. A umidade relativa de 60% não afetou os principais parâmetros da tabela de vida tanto de *M. progresivus* quanto de *O. gossypii*.

As menores frações da variância para a densidade populacional de *M. tanajoa* foram explicadas pela variável biótica densidade de *E. ho* e pela variável abiótica temperatura (Fig. 2). Uma explicação para baixa contribuição do ácaro predador *E. ho* é a sua baixa densidade populacional ao longo do ano. Os ácaros do gênero *Euseius* são caracterizados como predadores do tipo IV, ou seja, são predadores generalistas especializados em usar pólen de diversas espécies de plantas como alimento (Muma 1971; McMurtry; Croft 1997). Além da baixa produção de pólen por plantas de mandioca, observações preliminares de laboratório revelaram que *E. ho* não completa o seu ciclo quando alimentado com este pólen. No entanto, foram observadas diversas espécies de ervas espontâneas pertencentes principalmente às

famílias Asteraceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Poaceae, Cyperaceae (Observação pessoal) nos sítios de estudo. *Euseius ho*, por ser uma espécie polinífaga, pode ter utilizado espécies de plantas espontâneas como reservatório de recurso alimentar (pólen) no período de floração justificando sua baixa densidade em plantas de mandioca. Portanto, uma maneira de melhorar a abundância de *E. ho* em cultivos de mandioca pode ser através do consórcio com espécies provedoras de pólen como plantas espontâneas ou cultivos agrícolas que produzem pólen em abundância. De fato, agricultores da região normalmente cultivam mandioca consorciada com culturas agrícolas produtoras de pólen como milho, feijão e abóbora. Estudos de redesenho de agroecossistemas da região por meio da adição ou manutenção de diversidade funcional de cultivos agrícolas ou plantas espontâneas necessitam ser conduzidos com o intuito de favorecer o controle biológico natural em cultivos de mandioca.

A temperatura é um fator abiótico crítico que regula sistemas fisiológicos, desenvolvimento, ocorrência sazonal e dinâmicas populacionais de insetos e ácaros (Logan et al. 1976; Huffaker et al. 1999). No entanto, a densidade populacional de *M. tanajoa* ao longo do ciclo de cultivo da mandioca foi pouco influenciada pela temperatura (Fig. 2). A região de estudo é caracterizada por apresentar pouca oscilação de temperatura ao longo do ano, condição ideal para o desenvolvimento e reprodução de ácaros fitófagos tetraniquídeos. A elevação da temperatura normalmente reduz o ciclo dos ácaros tetraniquídeos, aumenta a taxa de oviposição e o número de ovos por fêmea (Vasconcelos et al. 2004).

Os resultados indicam que a densidade populacional de *M. tanajoa* foi influenciada ao longo do ciclo de cultivo da mandioca principalmente por variáveis ambientais abióticas, sobretudo a precipitação e a umidade relativa. No entanto, o ácaro predador *E. ho* também contribuiu para regular populações de *M. tanajoa* em cultivos de mandioca.

Agradecimentos

Aos agricultores do Assentamento Tico-Tico pela disponibilização das áreas de estudo. À professora Ester A. Silva pela identificação do ácaro predador e à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa de estudo. Esta pesquisa foi apoiada pelos projetos: PNPd/CAPES (PNPD0132080), CNPq (474994/2009-0) e FAPEMA (APP-00991/09).

Referências

- Bellotti AC, Reyes JA, Guerreiro JM, Fernandez FO (1983) Acaros presentes en el cultivo de la yuca. In: Reyes AJ (ed) Yuca: control integrado de plagas. CIAT, Cali, Colombia, pp 283-303
- Bellotti AC, Smith L, Laponte LS (1999) Recent advances in cassava pest management. *Annu Rev Entomol* 44:343-370
- Bonato O, Mapangou-Divassa S, Gutierrez J (1995) Influence of relative humidity on life-history parameters of *Mononychellus progresivus* and *Oligonychus gossypii* (Acari: Tetranychidae). *Popul Ecol* 24:841-845
- Byrne D H, Bellotti A C, Guerrero J M (1983) The cassava mites. *Trop Pest Manag* 29:378-394
- Colfer RG, Rosenheim JA, Godfrey LD, Hsu CL (2004) Evaluation of large-scale releases of western predatory mite for spider mite control in cotton. *Biol Control* 30:1-10
- Cornell HV, Hawkins BA (1995) Survival patterns and mortality sources of herbivorous insects: some demographic trends. *Am Nat* 145:563-593
- Easterbrook MA, Fitzgerald JD, Solomon MG (2001) Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (*Amblyseius*) (Acari: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 25:25-36
- EL-Sharkawy MA (2003) Cassava biology and physiology. *Plant Mol Biol* 53:621-641
- Farias ARN (1991) Insetos e ácaros associados à cultura da mandioca no Brasil e meios de controle. Cruz das Almas, EMBRAPA-CNPMPF, pp 47 (Circular Técnica-EMBRAPA-CNPMPF, 14)

- Franco RA, Reis PR, Zacarias BFA, Neto MP (2008) Dinâmica populacional de *Oligonychus ilicis* (Mcgregor, 1917) (Acari: Tetranychidae) em cafeeiro e de fitoseídeos associados a ele. *Coffee Science* 3:38-46
- Hanna R, Onzo A, Lingeman R, Sabelis MW, Yaninek JS (2005) Seasonal cycles and persistence of an acarine predator-prey system on cassava in Africa. *Pop Ecol* 47:107-117
- Heikkinen RK, Luoto M, Virkkala R, Rainio K (2004) Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural-forest mosaic. *J Appl Ecol* 41:824-835
- Heikkinen RK, Luoto M, Kuussaari M, Pöyry J (2005) New insights into butterfly-environment relationships using partitioning methods. *Proc R Soc B* 272:2203-2210
- Hillocks R J (2002) Cassava in Africa. In: Hillocks RJ, Tresh JM, Bellotti AC (eds) *Cassava: biology, production and utilization*. CABI Publishing Oxon, UK and New York, USA, pp 40-54
- Huffaker CA, Berryman A, Turchin P (1999) Dynamics and regulation of insect populations. In: Huffaker CB, Gutierrez AP, Wiley (eds) *Ecological entomology* 2nd, New York, pp 269-305
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. <http://www6.cptec.inpe.br/proclima/>
Acesso: 22 de março de 2010
- Jung C, Han S, Lee J-H (2004) Release strategies of *Amblyseius womersleyi* and population dynamics of *Amblyseius womersleyi* and *Tetranychus urticae*. II. Test of two release rates on apple. *Appl Entomol Zool* 39:477-484
- Logan JA, Wollkind DJ, Hoyt SC, Tanigoshi LK (1976) An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods. *Environ. Entomol.* 5:1133-1140
- McMurtry JA, Croft BA (1997) Life styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu Rev Entomol* 42:291-321

- McNally R (1996) Hierarchical partitioning as an interpretative tool in multivariate inference. *Aust J Ecol* 21:224-228
- McNally R (2000) Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: The distinction between-and reconciliation of - “predictive” and explanatory models. *Biodivers Conserv* 9:655-671
- McNally R, Walsh CJ (2004) Hierarchical partitioning public-domain software. *Biodivers Conserv* 13:659-660
- Muma MH (1971) Food habits of Phytoseiidae (Acarina: Mesostigmata) including common species on Florida citrus. *Fla Entomol* 54:21-34
- Onzo A, Hanna R, Sabelis MW, Yaninek JS (2005) Temporal and spatial dynamics of an exotic predatory mite and its herbivorous mite prey on cassava in Benin, West Africa. *Environ Entomol* 34:866-874
- Prischmann DA, Croft BA, Luh HK (2002) Biological control of spider mites on grape by phytoseiid mites (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae): emphasis on regional aspects. *J Econ Entomol* 95:340-347
- R Development Core Team (2010) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>. Vienna, Austria
- Samways, MJ. 1979. Immigration, population growth and mortality of insects and mites on cassava in Brazil. *Bull Entomol Res* 69:491-505
- StatSoft Inc. (1984–2004) Statistica for Windows (Software-system for data-analyses), Version 7.0. Tulsa, USA
- Stenseth NC, Ottersen G, Hurrell JW, Mysterud A, Lima M, Chan KS, Yoccoz NG, Adlandsvik B (2003) Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: The North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *Proc R Soc Lond B* 270:2087-96

- Systat Software Inc. SigmaPlot for Windows (Development and Testing Procedures). Version 11.0
- Suja G, John SK, Sreekumar J, Srinivas T (2010) Short-duration cassava genotypes for crop diversification in the humid tropics: growth dynamics, biomass, yield and quality. *J Sci Food Agric* 90:188-198
- Vasconcelos GJN, Silva FR da, Gondim MG CJ, Barros R, Oliveira JV (2004) Effects of different temperatures on the development and reproduction of *Tetranychus abacae* Baker and Pritchard (Acari: Tetranychidae) on *Musa* sp. cv. Prata. *Neotrop Entomol* 33:149-154
- Veiga, A.F.S.L. 1985. Aspectos bioecológicos e alternativas de controle do ácaro verde da mandioca *Mononychellus tanajoa* (Bondar, 1938) (Acarina: Tetranychidae) no Estado de Pernambuco. Tese de Doutorado, Esalq/USP, Piracicaba, pp 137
- Yanine JS, Moraes GJ, Markham RH (1989) Handbook on the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* in Africa. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, pp 140
- Yaninek JS, Hanna R (2003) Cassava green mite in Africa: a unique example of successful classical biological control of a mite pest on a continental scale. In: Neuenschwander P, Borgemeister C and Langewald L (eds) *Biological control in IPM systems in Africa*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp 61-75
- Zhou Z-S, Guo J-Y, Chen H-S, Wan F-H (2010) Effect of humidity on the development and fecundity of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae). *BioControl* 55:313-319
- Zundel C, Nagel P, Hanna R, Korner F, Scheidegger U (2009) Environment and host-plant genotype effects on the seasonal dynamics of a predatory mite on cassava in sub-humid tropical Africa. *Agric For Entomol* 11:321-331

Legendas

Fig. 1a Densidade populacional de *M. tanajoa* e *E. ho* ao longo do ciclo de cultivo da mandioca. Médias \pm erro padrão da média são apresentados. Diferentes letras denotam diferença estatística entre as espécies de ácaros ($P < 0,05$).

Fig. 1b Densidade populacional de ácaros (*M. tanajoa* e *E. ho*) ao longo do tempo. Médias \pm erro padrão da média são mostrados. Diferentes letras denotam diferença estatística ($P < 0,05$) entre os meses.

Fig. 1c Densidades populacionais de *M. tanajoa* e *E. ho* ao longo do tempo. Médias \pm erro padrão da média são mostrados. Asteriscos representam diferenças significativas entre as densidades de *M. tanajoa* e *E. ho* para cada mês de acordo com análises de variância seguidas por teste de média ($P < 0,05$).

Fig. 2 Análises de partição hierárquica mostrando os efeitos conjunto e independente (em percentagem da variância explicada) de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação) e biótica (densidade de *E. ho*) para densidade populacional de *M. tanajoa*.

Fig. 3a Relação entre a densidade populacional de *M. tanajoa* e a precipitação ao longo do ciclo de cultivo da mandioca ($y = 0,204 - 0,0004x$, $F_{1,9} = 6,383$, $R^2 = 0,415$, $P < 0,05$).

Fig. 3b Relação entre a densidade populacional de *M. tanajoa* e a umidade relativa ao longo do ciclo de cultivo da mandioca ($y = 0,223 - 0,001x$, $F_{1,9} = 0,016$, $R^2 = 0,001$; $P > 0,05$).

Fig. 3c Relação entre a densidade populacional de *M. tanajoa* e a densidade de *E. ho* ao longo do ciclo de cultivo da mandioca ($y = 0,154 - 16,020x$, $F_{1,9} = 0,315$, $R^2 = 0,033$; $P > 0,05$).

Fig. 3d Relação entre a densidade populacional de *M. tanajoa* e a temperatura ao longo do ciclo de cultivo da mandioca ($y = 0,154 - 0,0005x$, $F_{1,9} = 0,007$, $R^2 = 7,579 \cdot 10^{-5}$; $P > 0,05$).

Fig. 1a

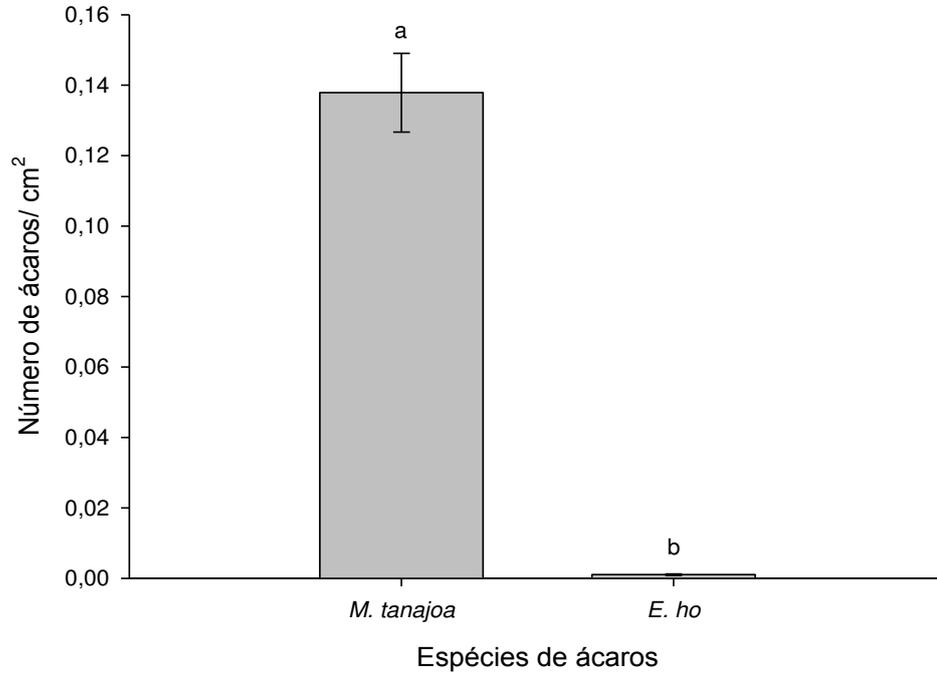


Fig. 1b

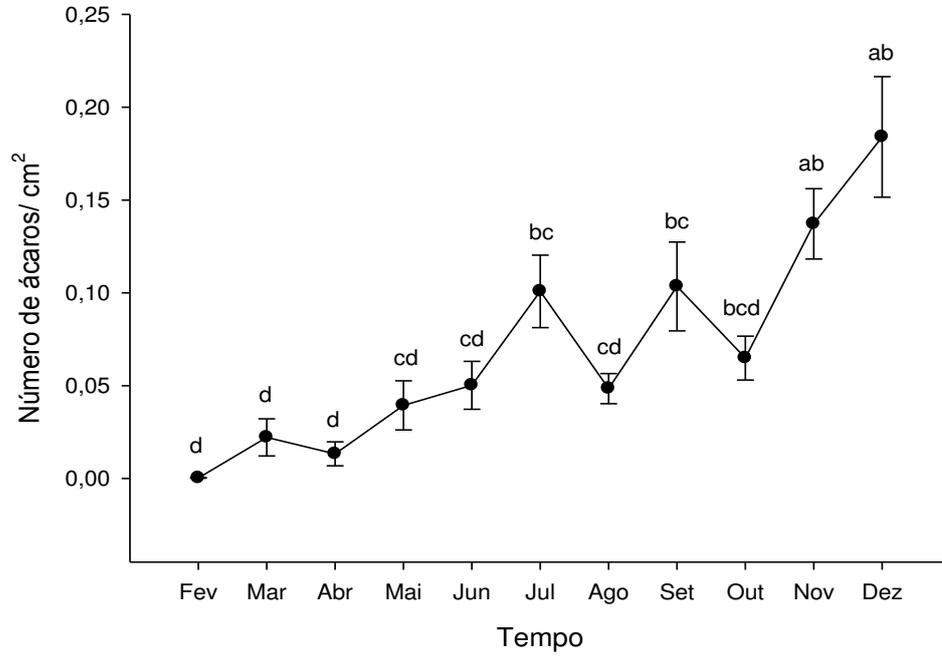


Fig. 1c

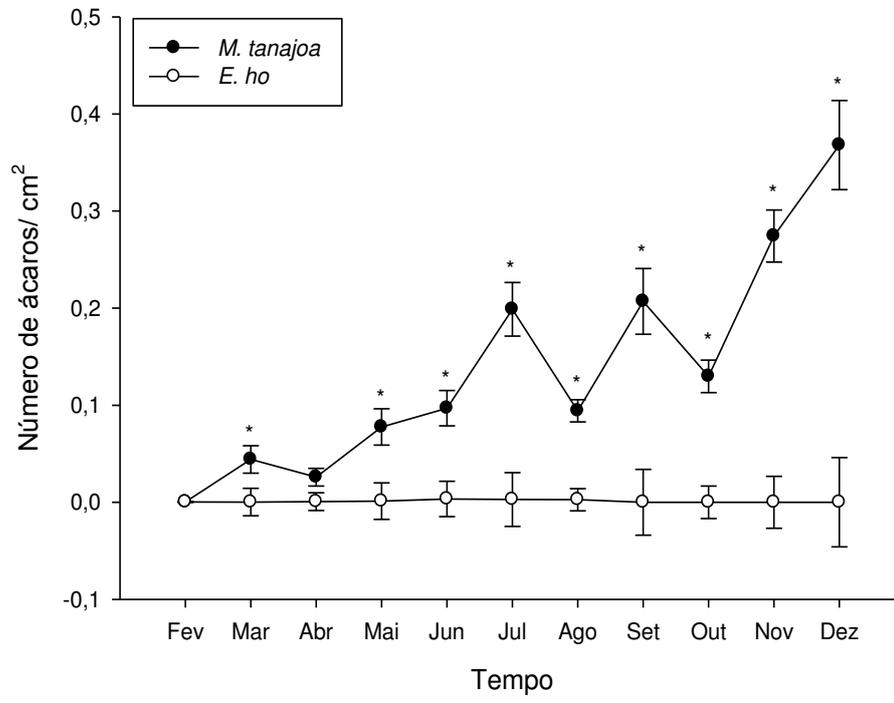


Fig. 2

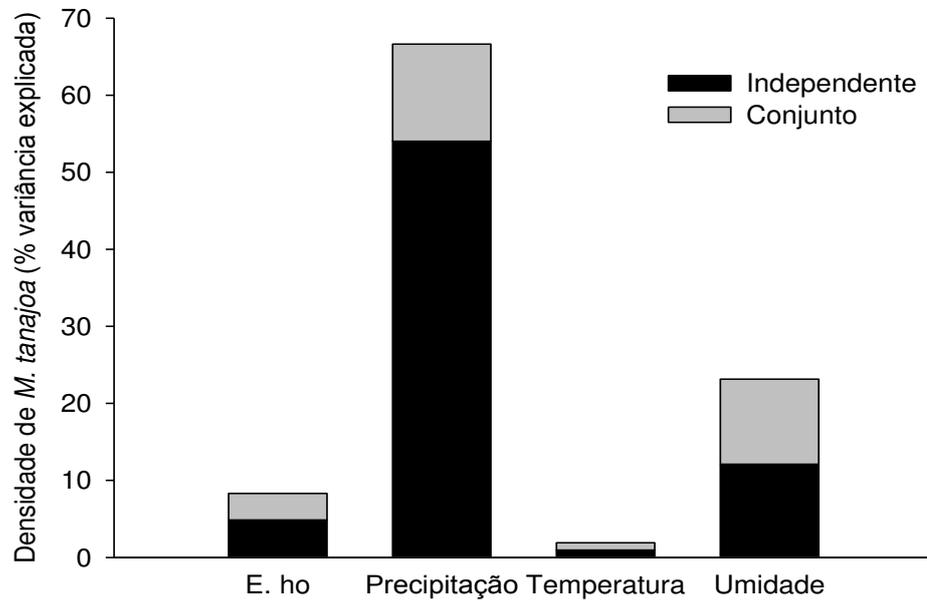


Fig. 3a

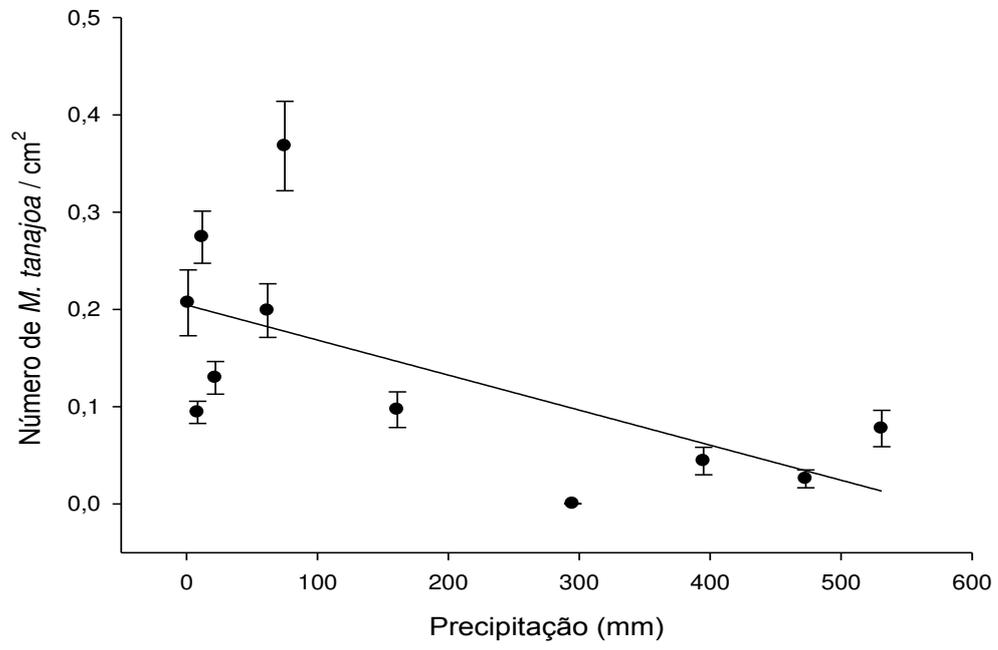


Fig. 3b

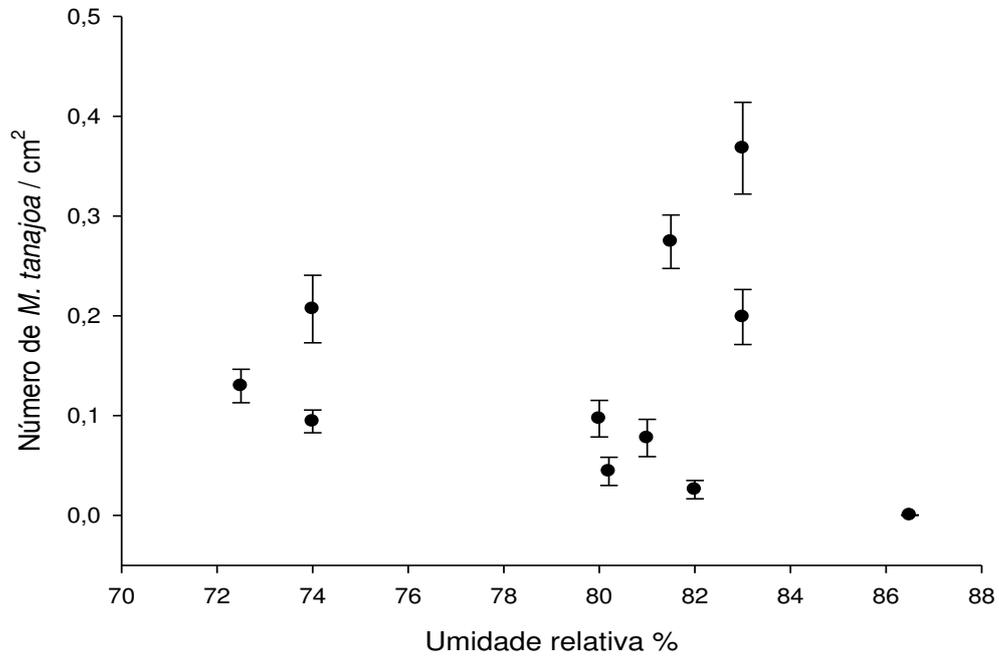


Fig. 3c

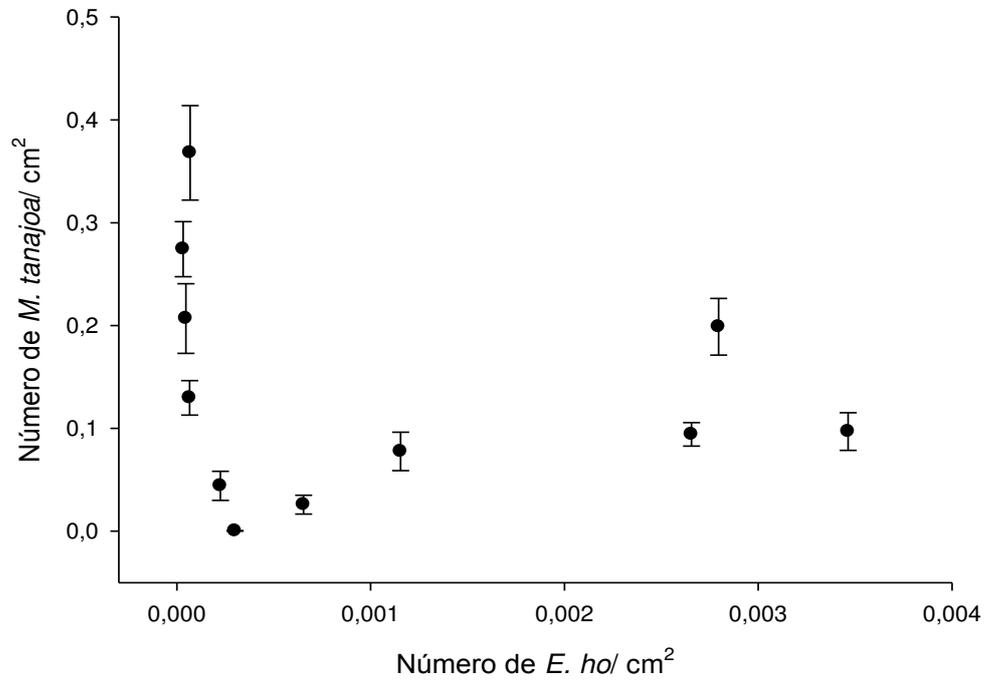
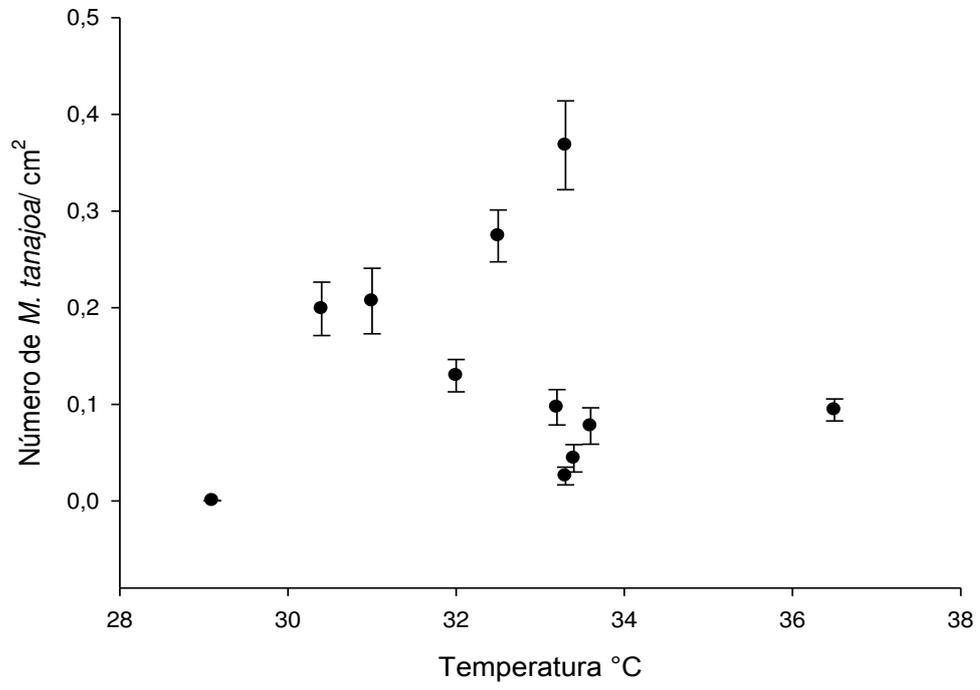


Fig. 3d



CAPÍTULO 4

**Mecanismos responsáveis pela densidade populacional do
ácaro predador *Euseius ho* DeLeon (Acari: Phytoseiidae)**

**Mecanismos responsáveis pela densidade populacional do ácaro predador *Euseius ho*
DeLeon (Acari: Phytoseiidae)**

Adriano S. Rêgo¹, Anilde G.S. Maciel¹, Évila C. Costa¹, Ester A. Silva² e Adenir V. Teodoro¹

¹Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA), Caixa Postal 3004, São Luís, MA, Brasil

²Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA),
Caixa Postal 09, São Luís, MA, Brasil

Resumo – Ácaros predadores da família Phytoseiidae são os mais importantes e eficientes inimigos naturais de ácaros fitófagos em diversos cultivos agrícolas. O ácaro predador fitoseídeo *Euseius ho* é a espécie mais comum associada ao ácaro-verde *Mononychellus tanajoa* em cultivos de mandioca na região de Miranda do Norte, Maranhão, Brasil. A importância relativa de variáveis ambientais abióticas (precipitação, temperatura e umidade relativa) e biótica (densidade de *M. tanajoa*) para a densidade populacional de *E. ho* foi avaliada ao longo do ciclo de cultivo da mandioca em quatro sítios de estudo. *Euseius ho* apresentou baixa densidade populacional ao longo do ano com picos populacionais no final do período chuvoso e início do período seco. A temperatura foi a variável abiótica que explicou a maior parte da variância para a densidade populacional de *E. ho*, seguida pela densidade de *M. tanajoa*, precipitação e umidade relativa em cultivos de mandioca.

Palavras chave: Controle biológico, fitoseídeo, sazonalidade, variáveis ambientais, densidade populacional

Abstract - Predatory mites of the family Phytoseiidae are the most important and efficient natural enemies of phytophagous mites in several crops. The phytoseiid mite *Euseius ho* is the most common species associated with the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* in cassava fields in the region of Miranda do Norte, Maranhão, Brazil. The relative importance of abiotic (rainfall, temperature and relative humidity) and biotic environmental variables (density of *M. tanajoa*) for the population density of *E. ho* was evaluated during the cycle of cassava in four study sites. *Euseius ho* populations occurred in low densities throughout the year and peaked at the end of the rainy season and early dry season. The temperature was the abiotic variable that explained most of the variance for the population density of *E. ho*, followed by the density of *M. tanajoa*, rainfall and relative humidity in cassava.

Key-words: Biological control, Phytoseiidae, seasonality, environmental variables, populational density

Introdução

A cultura da mandioca é uma das mais importantes fontes de energia e base da alimentação em muitos países tropicais e subtropicais (Henry; Hershey 2002; Hillocks 2002; Onwueme 2002; El-Sharkawy 2003). No estado do Maranhão, Brasil, a mandioca é, geralmente, cultivada em pequenas propriedades agrícolas e está relacionada à segurança alimentar de agricultores familiares.

O ataque do ácaro-verde *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) é considerado o principal problema fitossanitário da cultura da mandioca em regiões Neotropicais (Bellotti et al 1987) e na África (Yaninek 1988). O ácaro-verde *M. tanajoa* ataca as brotações, gemas e folhas novas de plantas de mandioca reduzindo a taxa fotossintética e a matéria seca das raízes (Byrne et al. 1983; Yaninek et al. 1989; Yaninek; Hanna 2003). O baixo retorno econômico, o longo ciclo da cultura da mandioca e os limitados recursos dos agricultores familiares são fatores que inviabilizam o uso de pesticidas no controle do ácaro-verde (Bellotti et al. 1999).

Ácaros predadores da família Phytoseiidae são os mais importantes e eficientes inimigos naturais de ácaros fitófagos (McMurtry et al. 1970; De Moraes 1991; McMurtry; Croft 1997; De Moraes 2002) em diversos cultivos agrícolas (Easterbrook et al. 2001; Prischmann et al. 2002; Colfer et al. 2004; Jung et al. 2004). Dentre os ácaros fitoseídeos, destacam-se as espécies do gênero *Euseius*, o qual compreende aproximadamente 150 espécies (Moraes et al. 2004). Os fitoseídeos do gênero *Euseius* são classificados como predadores generalistas do tipo IV por se alimentarem de pólen de diversas espécies de plantas bem como ácaros fitófagos, principalmente, os das famílias Tetranychidae, Tarsonemidae, Tenuipalpidae e Eriophyidae (Muma 1971; McMurtry; Croft 1997).

No Brasil, espécies como *Euseius citrifolius* Denmark e Muma (De Moraes & McMurtry, 1981), *E. concordis* (Chant) (De Moraes & Lima, 1983) e *E. alatus* DeLeon (Melo *et al* 2009) são amplamente estudadas para o controle de ácaros fitófagos. O ácaro predador *Euseius ho* DeLeon apresenta uma ampla distribuição geográfica no Brasil, com ocorrência nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e São Paulo. *Euseius ho* também ocorre em países como a Argentina, Colômbia, Peru, Equador, Jamaica, México e Porto Rico (De Moraes *et al* 2004). O ácaro predador *Euseius ho* é a espécie mais comum associada a *M. tanajoa* em cultivos de mandioca localizados na região de Miranda do Norte, Maranhão (Rêgo *et al.* não publicado).

Em climas tropicais, variações sazonais de variáveis ambientais podem atingir níveis extremos e afetar a habilidade dos organismos em sobreviver, principalmente ácaros predadores da família Phytoseiidae (Zundel *et al.* 2007). As mudanças sazonais nas condições climáticas, principalmente, temperatura, umidade relativa e precipitação afetam a sobrevivência de artrópodes em todas as zonas climáticas (Leather *et al.* 1993).

Neste estudo, foi avaliada a importância relativa de fatores ambientais de natureza biótica e abiótica sobre a densidade populacional do ácaro predador *E. ho*.

Foi testada a seguinte hipótese:

A densidade populacional de *E. ho* ao longo do tempo é explicada pela variação sazonal de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação) e biótica (densidade populacional do ácaro-verde *M. tanajoa*).

Material e Métodos

Região de estudo

O experimento foi realizado em quatro sítios de estudo localizados na zona rural do Município de Miranda do Norte (3° 36' 44,70" S, 44° 34' 07,51" O, elevação 44 m),

Maranhão, Brasil. Os sítios de estudo não receberam nenhum tipo de tratamento químico ou biológico durante a condução dos estudos de campo. Em cada sítio de estudo, foram selecionadas ao acaso 10 plantas de mandioca, localizadas a uma distância de 5 metros das margens para evitar efeito de borda. Foram coletadas seis folhas por planta de mandioca (2 folhas do terço superior, 2 folhas do terço médio e 2 folhas do terço inferior) em cada avaliação totalizando 60 folhas por sítio de estudo. As folhas amostradas foram acondicionadas em sacos de papel, armazenadas em caixa térmica, e levadas ao laboratório para contagem direta de *M. tanajoa* e *E. ho* em todos os folíolos com o auxílio de um microscópio estereoscópico (Stemi DV4, Zeiss, Alemanha). As avaliações foram feitas mensalmente durante o ciclo de cultivo da mandioca na região (fevereiro a dezembro de 2009).

Cálculo da densidade de ácaros por folha

O número total de ácaros por folha de mandioca foi calculado considerando todos os estádios móveis de *M. tanajoa* e *E. ho* (ovos, larvas, ninfas e adultos). Os estádios de crisálida (protocrisálida, deutocrisálida, e teliocrisálida) de *M. tanajoa* foram contabilizados como ninfas.

O número de ácaros por folha foi convertido em densidade por unidade de área (ácaros por cm^2) haja vista que folhas de mandioca variam em tamanho e número de folíolos. A determinação da área foliar foi realizada através do método gravimétrico por meio da escolha ao acaso de 15 folhas de mandioca por mês (do total de 60 folhas por sítio de estudo) e posterior desenho do contorno das folhas em papel, corte e pesagem. Uma área conhecida de papel (1cm^2) foi recortada e pesada em balança analítica de precisão (Modelo BL320H, Shimadzu, Brasil) para estimar o peso por cm^2 . A densidade de ácaros por cm^2 foi obtida pela multiplicação do número de folhas amostradas por planta pela área média determinada para

cada sítio de estudo em cada mês, obtendo a área total estimada por planta. Posteriormente, o número de ácaros por planta foi dividido pela área total estimada obtendo-se a densidade de ácaros por unidade de área (ácaros por cm^2).

Variáveis ambientais

As variáveis ambientais temperatura e umidade relativa foram medidas mensalmente durante o ciclo de cultivo da mandioca usando um termo-higrômetro digital (Modelo 910,15 CHP, Alla Brasil) posto sobre o solo durante 10 minutos em todos os sítios de estudo. A precipitação pluviométrica mensal para a cidade de Miranda do Norte foi obtida a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www6.cptec.inpe.br/proclima/>).

Análise estatística

A densidade populacional do ácaro predador *E. ho* ao longo do tempo foi avaliada por meio de análise de variância com soma dos quadrados do tipo I seguidas por teste de Tukey usando o programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc.1984-2004).

A contribuição relativa de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa, precipitação) e biótica (densidade de *M. tanajoa*) sobre a densidade do ácaro predador *E. ho* foi determinada através de análise de partição hierárquica. A análise de partição hierárquica estima a percentagem da variância explicada de cada variável em contribuições conjuntas e independentes com todas as outras variáveis, considerando todos os possíveis modelos em uma regressão multivariada (Mc Nally 1996, 2000; Heikkinen et al. 2004, 2005). As análises de partição hierárquica foram realizadas usando o programa R (Mc Nally; Walsh 2004) e os pacotes “hier.part” e “gtools” (R 2.10.1, R Development Core Team 2010).

Regressões lineares foram conduzidas entre a densidade populacional de *E. ho* e as variáveis abióticas e biótica estudadas usando o programa SigmaPlot 11 (Systat Software Inc). A densidade de *E. ho* foi transformada através de $\log(x + 1)$ para obtenção de uma distribuição normal.

Resultados

O ácaro predador *E. ho* apresentou uma baixa densidade populacional ao longo do ciclo de cultivo da mandioca ($0,001 \pm 0,0002$ ácaros/ cm^2). A densidade populacional do ácaro predador *E. ho* aumentou durante o período chuvoso, apresentando um pico populacional pronunciado no mês de junho ($0,003 \pm 0,001$ ácaros/ cm^2), final do período chuvoso. O número de *E. ho* continuou elevada nos meses de julho ($0,002 \pm 0,0006$ ácaros/ cm^2) e agosto ($0,002 \pm 0,0006$ ácaros/ cm^2) correspondendo ao início do período seco respectivamente, no entanto foi verificada uma redução drástica no número de *E. ho* no decorrer da estação seca (Fig. 1; $F_{10,429} = 3,882$, $P < 0,0001$).

A maior parte da variância explicada (64,61%) foi relacionada à contribuição independente das variáveis (temperatura, densidade de *M. tanajoa*, precipitação e umidade relativa) em relação à contribuição conjunta (35,39%) para a densidade populacional de *E. ho* (Fig. 2). A variável ambiental abiótica temperatura apresentou o maior valor total (independente + conjunto), e também a maior contribuição independente (30,77%) sobre a densidade de *E. ho*, seguidas pela densidade de *M. tanajoa* (15,38%), precipitação (13,85%) e umidade relativa (4,61%). Os valores de contribuição em conjunto para a densidade de *M. tanajoa*, precipitação, temperatura e umidade relativa foram de 13,86, 12,31, 4,61 e 4,61%, respectivamente.

A densidade populacional de *E. ho* não foi correlacionada com nenhuma variável ambiental: temperatura ($F_{1,9} = 0,806$, $R^2 = 0,082$, $P > 0,05$), densidade de *M. tanajoa* ($F_{1,9} =$

0,970, $R^2 = 0,097$, $P > 0,05$), precipitação ($F_{1,9} = 0,090$, $R^2 = 0,009$, $P > 0,05$) e umidade relativa ($F_{1,9} = 0,004$, $R^2 = 0,004$, $P > 0,05$).

Discussão

Variáveis ambientais abióticas e biótica influenciaram a densidade populacional do ácaro predador *E. ho* ao longo do ano em cultivos de mandioca.

O ácaro predador *E. ho* apresentou uma baixa densidade populacional ao longo do ciclo de cultivo da mandioca com picos populacionais pronunciados no final do período chuvoso e início do período seco (Fig. 1). A densidade populacional do ácaro predador *E. ho* foi influenciada principalmente pela temperatura (Fig. 2). A região de estudo é caracterizada por apresentar períodos chuvoso e seco bem definidos, com pouca variação sazonal da temperatura durante o ano (média anual de 27°C). Diversos estudos relatam o efeito da temperatura sobre ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae (Broufas; Koveos 2001; Ferrero et al. 2007; De Vasconcelos et al. 2008; Lee; Gillespie 2011). Por exemplo, Gotoh et al. (2004) observaram que entre temperaturas de 15 a 35°C, a taxa de eclosão de larvas de *Amblyseius californicus* (*Neoseiulus*) foi maior que 97,3% e a viabilidade de ninfas foi de 81,6%, no entanto, com o aumento da temperatura para 37,5°C nenhuma larva eclodiu e sob temperatura de 40°C não houve oviposição. Altas temperaturas ao longo do ano podem ter comprometido principalmente o estágio de ovo, considerado um estágio muito sensível à desidratação (Bakker et al. 1993; Croft et al. 1993; van Houten et al. 1995; De Courcy Williams et al. 2004), com reflexos na densidade populacional de *E. ho* em plantas de mandioca.

Houve uma relação densidade-dependente em que populações de *E. ho* aumentaram com a abundância de *M. tanajoa* no período chuvoso (fevereiro a junho) e início do período seco (julho e agosto), mas não no decorrer da estação seca. Apesar da baixa densidade

populacional, *E. ho* contribuiu para o controle biológico do ácaro-verde explicando 4,87% da variância para a densidade populacional de *M. tanajoa* de acordo com as análises de partição hierárquica (Rêgo et al. não publicado). No presente estudo, a densidade populacional de *M. tanajoa* explicou 15,38% da variância para a densidade de *E. ho* (Fig. 2). A baixa contribuição de *M. tanajoa* para a abundância de *E. ho* pode ser justificada pelo hábito alimentar generalista do ácaro predador *E. ho* (Tipo IV), especializado em usar pólen de diversas espécies de plantas como alimento (McMurtry; Croft 1997), ou por estar associado à outras espécies de presas.

Durante o período chuvoso houve um aumento gradual na densidade populacional de *E. ho* nos sítios de estudo, atingindo o ápice no final da estação chuvosa (Fig. 1). De fato, a precipitação explicou 13,85% da variância para a densidade de *E. ho* (Fig. 2). O efeito da precipitação sobre o ácaro predador *E. ho* pode ser devido à formação de condições microclimáticas adequados nos cultivos de mandioca que aliada à elevada umidade relativa na região de estudo contribuiu para atenuar os efeitos negativos da temperatura sobre *E. ho*. O efeito da chuva sobre a densidade populacional de *E. ho* pode estar relacionado com o período de floração de diversas espécies de ervas espontâneas pertencentes principalmente às famílias Asteraceae, Euphorbiaceae, Malvaceae (Observação pessoal). Embora o pólen das ervas espontâneas encontradas nos sítios de estudo não tenham sido testados como alimento para *E. ho*, alguns trabalhos evidenciam que espécies do gênero *Euseius* podem utilizar pólen de espécies vegetais como alimento (De Moraes; Lima 1983, Daud; Feres 2004).

A sobrevivência de ácaros predadores é muitas vezes afetada negativamente pela baixa umidade relativa durante o período seco do ano (Zundel et al. 2009). No entanto, para a região de estudo a umidade relativa não foi fator limitante para o ácaro predador *E. ho* ao longo do ciclo da mandioca devido a elevada umidade relativa registrada nos sítios de estudo (80% de UR). A maioria dos ácaros predadores prefere uma faixa de umidade relativa entre 70 a 90%

para completar seu ciclo de desenvolvimento (Gerson et al. 2003). A umidade relativa registrada nos sítios de estudo explicou a menor fração da variância sobre a densidade populacional de *E. ho* em relação às demais variáveis estudadas (Fig. 2). Outros estudos têm mostrado o efeito da umidade relativa sobre a eclosão de ovos, sobrevivência, desenvolvimento e reprodução de ácaros predadores (Croft et al. 1993; Schausberger, 1998; De Courcy Williams et al. 2004; Walzer et al. 2007; Ferrero et al. 2010).

Em conclusão, a abundância de *E. ho* ao longo do ano em cultivos de mandioca foi explicada majoritariamente pela variável abiótica temperatura, seguida pela densidade do ácaro-verde *M. tanajoa* e pela precipitação

Agradecimentos

Aos agricultores do Assentamento Tico-Tico pela disponibilização das áreas de estudo e à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa de estudo. Esta pesquisa foi apoiada pelos projetos: PNPd/CAPES (PNPD0132080), CNPq (474994/2009-0) e FAPEMA (APP-00991/09).

Referências

- Bakker FM, Klein ME, Mesa NC, Braun AR (1993) Saturation deficit tolerance spectra of phytophagous mites and their phytoseiid predators on cassava. *Exp Appl Acarol* 17:97-113
- Bellotti AC, Mesa N, Serrano M, Guerrero JM, Herrera CJ (1987) Taxonomic inventory and survey activity for natural enemies of cassava green mites in the Americas. *Insect Sci Appl* 8:845-849
- Bellotti AC, Smith L, Lapointe LS (1999) Recent advances in cassava pest management. *Annu Rev Entomol* 44: 343-370
- Broufas GD, Koveos DS (2001) Development, survival and reproduction of *Euseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) at different constant temperatures. *Exp Appl Acarol* 25:441-460
- Byrne DH, Bellotti AC, Guerrero JM (1983) The cassava mites. *Trop Pest Manag* 29: 378-394
- Colfer RG, Rosenheim JA, Godfrey LD, Hsu CL (2004) Evaluation of large-scale releases of western predatory mite for spider mite control in cotton. *Biol Control* 30:1-10
- Croft BA, Messing RH, Dunley JE, Strong WB (1993) Effects of humidity on eggs and immatures of *Neoseiulus fallacis*, *Amblyseius andersoni*, *Metaseiulus occidentalis* and *Typhlodromus pyri* (Phytoseiidae): implications for biological control on apple, caneberry, strawberry and hop. *Exp Appl Acarol* 17:451-459
- Daud RD; Feres RJF (2004) O valor de *Mabea fistulifera* Mart. (Euphorbiaceae), planta nativa do Brasil, como reservatório para o predador *Euseius citrifolius* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Rev Bras Zool* 21:453-458
- De Courcy Williams ME, Kravar-Garde L, Fenlon JS, Sunderland KD (2004) Phytoseiid mites in protected crops: the effect of humidity and food availability on egg hatch and

- adult life span of *Iphiseius degenerans*, *Neoseiulus cucumeris*, *N. californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 32:1-13
- De Moraes GJ, McMurtry JA (1981) Biology of *Amblyseius citrifolius* (Denmark and Muma) (Acarina Phytoseiidae). *Hilgardia* 49:1-29
- De Moraes GJ; Lima HC (1983) Biology of *Euseius concordis* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae) a predator of the tomato russet mite. *Acarologia* 24:251-255
- De Moraes GJ (1991) Controle biológico de ácaros fitófagos. *Inf Agropec* 15: 56-62
- De Moraes GJ (2002) Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores. In: Parra JRP; Botelho PSM; Corrêa-Ferreira B S; Bento J M S. (ed.). *Controle biológico: parasitóides e predadores*. Manole, São Paulo, pp 225-237
- De Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA, Campos CB (2004) A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. *Zootaxa*, Auckland, 434:1-494.
- De Vasconcelos GJN, De Moraes GJ, Delalibera Jr I, Knapp M (2008) Life history of the predatory mite *Phytoseiulus fragariae* on *Tetranychus evansi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) at five temperatures. *Exp Appl Acarol* 44:27-36
- Easterbrook MA, Fitzgerald JD, Solomon MG (2001) Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (*Amblyseius*) (Acari: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 25:25-36
- EL-Sharkawy MA (2003) Cassava biology and physiology. *Plant Mol Biol* 53:621-641
- Ferrero M, De Moraes GJ, Kreiter S, Tixier M-S, Knapp M (2007) Life tables of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* feeding on *Tetranychus evansi* at four temperatures (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Exp Appl Acarol* 41:45-53

- Ferrero M, Gigot C, Tixier M-S, van Houten YM, Kreiter S (2010) Egg hatching response to a range of air humidities for six species of predatory mites. *Entomol Exp Appl* 135:237-244
- Gerson U, Smiley RL, Ochoa R (2003) *Mites (Acari) for pest control*. Blackwell, Oxford, UK
- Gotoh T, Yamaguchi K, Mori K (2004) Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 32:15-30
- Heikkinen RK, Luoto M, Virkkala R, Rainio K (2004) Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural-forest mosaic. *J Appl Ecol* 41:824-835
- Heikkinen RK, Luoto M, Kuussaari M, Pöyry J (2005) New insights into butterfly-environment relationships using partitioning methods. *Proc R Soc B* 272:2203-2210
- Henry G, Hershey C (2002) Cassava in South America and the Caribbean. In: Hillocks RJ, Tresh JM, Bellotti AC (eds) *Cassava: biology, production and utilization*. CABI Publishing Oxon, UK and New York, USA, pp 17-40
- Hillocks RJ (2002) Cassava in Africa. In: Hillocks RJ, Tresh JM, Bellotti AC (eds) *Cassava: biology, production and utilization*. CABI Publishing Oxon, UK and New York, USA, pp 40-54
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. <http://www6.cptec.inpe.br/proclima/>
Acesso em 22 de Março de 2010
- Jung C, Han S, Lee J-H (2004) Release strategies of *Amblyseius womersleyi* and population dynamics of *Amblyseius womersleyi* and *Tetranychus urticae*. II. Test of two release rates on apple. *Appl Entomol Zool* 39:477-484
- Leather SR, Walters KFA, Bale JS (1993) *The Ecology of Insect Overwintering*. Cambridge University Press, U.K

- Lee H-S, Gillespie DR (2011) Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures Exp Appl Acarol 53:17-27
- McMurtry JA, Huffaker CB, Van de Vrie M (1970) Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. I. Tetranychidae enemies: their biological characters and the impact of spray practices. Hilgardia 40: 331-390
- McMurtry JA, Croft BA (1997) Life styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. Annu Rev Entomol 42:291-321
- McNally R (1996) Hierarchical partitioning as an interpretative tool in multivariate inference. Aust J Ecol 21:224-228
- McNally R (2000) Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: The distinction between-and reconciliation of - “predictive” and explanatory models. Biodivers Conserv 9:655-671
- McNally R, Walsh CJ (2004) Hierarchical partitioning public-domain software. Biodivers Conserv 13:659-660
- Melo JWS, Domingos CA, Gondim Junior MGC, De Moraes GJ (2009) Pode *Euseius alatus* DeLeon (Acari: Phytoseiidae) preda *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em coqueiro? Neotrop Entomol 38: 139-143
- Muma MH (1971) Food habits of Phytoseiidae (Acarina: Mesostigmata) including common species on Florida citrus. Fla Entomol 54:21-34
- Onwueme IC (2002) Cassava in Asia and the Pacific. In: Hillocks RJ, Tresh JM, Bellotti AC (eds.) Cassava: biology, production and utilization. CABI Publishing Oxon, UK and New York, USA, pp 55-65
- Prischmann DA, Croft BA, Luh HK (2002) Biological control of spider mites on grape by phytoseiid mites (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae): emphasis on regional aspects. J Econ Entomol 95:340-347

- R Development Core Team (2010) R: a language and environment for statistical computing.
R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria
- Schausberger P (1998) The influence of relative humidity on egg hatch in *Euseius finlandicus*,
Typhlodromus pyri and *Kampimodromus aberrans* (Acari, Phytoseiidae). J. Appl Entomol
122: 497-500
- Systat Software Inc. SigmaPlot for Windows (Development and Testing Procedures). Version
11.0
- StatSoft Inc. (1984–2004) Statistica for Windows (Software-system for data-analyses),
Version 7.0. Tulsa, USA
- van Houten YM, van Rijn PCJ, Tanigoshi LK, van Stratum P, Bruin J (1995) Pre-selection of
predatory mites to improve control of western flower thrips in greenhouse crops during the
winter season. Entomol Exp Appl 74:225-234
- Walzer A, Castagnoli M, Simoni S, Liguori M, Palevsky E, Schausberger P (2007)
Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus*
californicus: survival, development and reproduction. Biological Control 41:42-52
- Yaninek JS, Onzo A (1988) Survey of Cassava Green Mite in the People's Republic of Benin,
January 1988. IITA (International Institute of Tropical Agriculture), Report, pp 30
- Yaninek JS, Moraes GJ, Markham RH (1989) Handbook on the cassava green mite
Mononychellus tanajoa in Africa. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture,
pp 140
- Yaninek JS, Hanna R (2003) Cassava green mite in Africa: a unique example of successful
classical biological control of a mite pest on a continental scale. In: Neuenschwander, P.,
Borgemeister, C., and Langewald, L. (eds.), Biological control in IPM systems in Africa,
CABI Publishing, Wallingford, UK, pp 61-75

Zundel C, Hanna R, Scheidegger U, Nagel P (2007) Living at the threshold: Where does the neotropical phytoseiid mite *Typhlodromalus aripo* survive the dry season? *Exp Appl Acarol* 41:11-26

Zundel C, Nagel P, Hanna R, Korner F, Scheidegger U (2009) Environment and host-plant genotype effects on the seasonal dynamics of a predatory mite on cassava in sub-humid tropical Africa. *Agric For Entomol* 11:321-331

Legendas

Fig. 1 Densidade populacional de *E. ho* ao longo do tempo. Médias \pm erro padrão da média são mostrados. Diferentes letras denotam diferença estatística entre os meses ($P < 0,05$).

Fig. 2 Análises de partição hierárquica mostrando os efeitos conjunto e independente (mostrados como percentagem da variância explicada) das variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação) e biótica (densidade de *M. tanajoa*) para a densidade populacional de *E. ho*.

Fig. 3a Relação entre a densidade populacional de *E. ho* e a densidade de *M. tanajoa* ao longo do ciclo de cultivo da mandioca ($y = 0,001 - 0,003x$, $F_{1,9} = 0,970$, $R^2 = 0,097$, $P > 0,05$).

Fig. 3b Relação entre a densidade populacional de *E. ho* e a temperatura ao longo do ciclo de cultivo da mandioca ($y = 0,005 - 0,001x$, $F_{1,9} = 0,806$, $R^2 = 0,082$, $P > 0,05$).

Fig. 3c Relação entre a densidade populacional de *E. ho* e a precipitação ao longo do ciclo de cultivo da mandioca ($y = 0,001 - 6,400 \cdot 10^{-6}x$, $F_{1,9} = 0,090$, $R^2 = 0,009$, $P > 0,05$).

Fig. 3d Relação entre a densidade de *E. ho* e a umidade relativa ao longo do ciclo de cultivo da mandioca ($y = 0,001 - 6,215 \cdot 10^{-6}x$, $F_{1,9} = 0,004$, $R^2 = 0,004$, $P > 0,05$).

Fig. 1

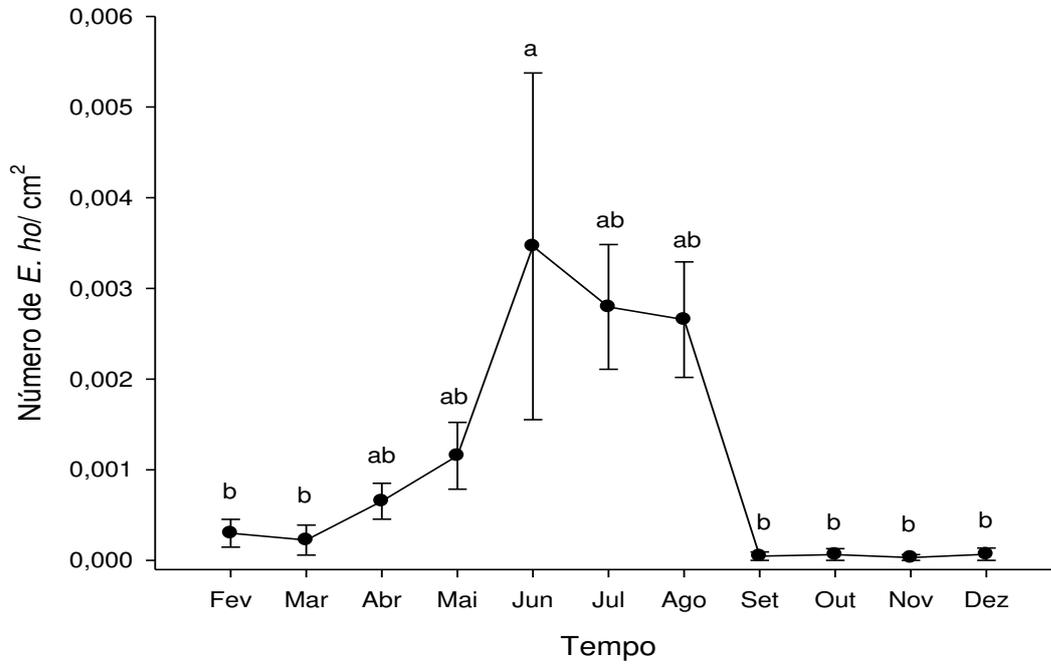


Fig. 2

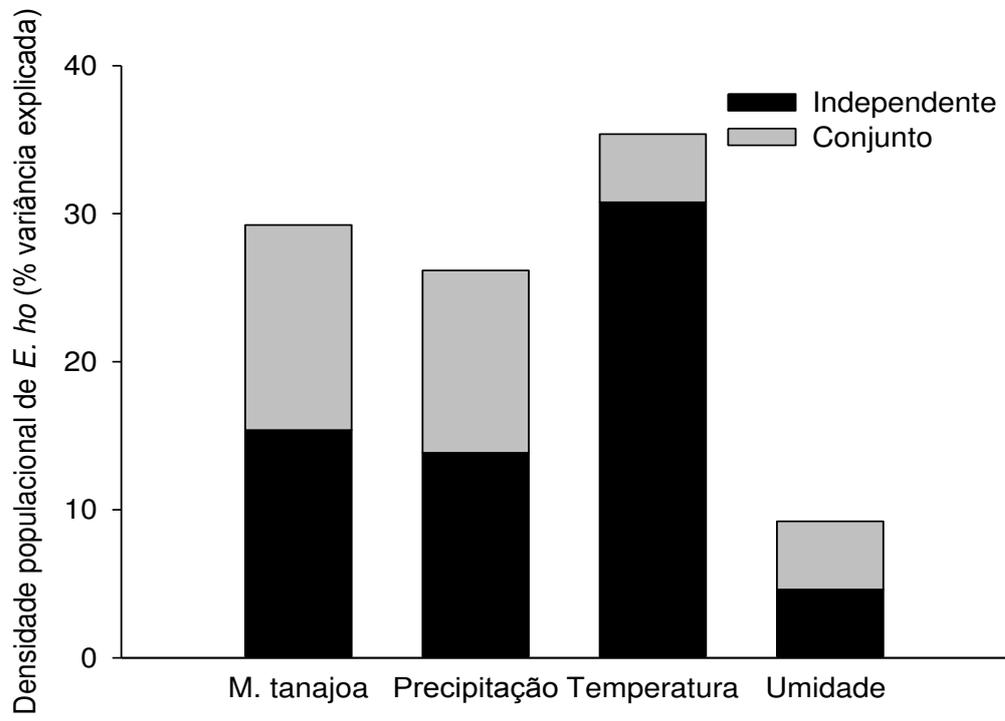


Fig. 3a

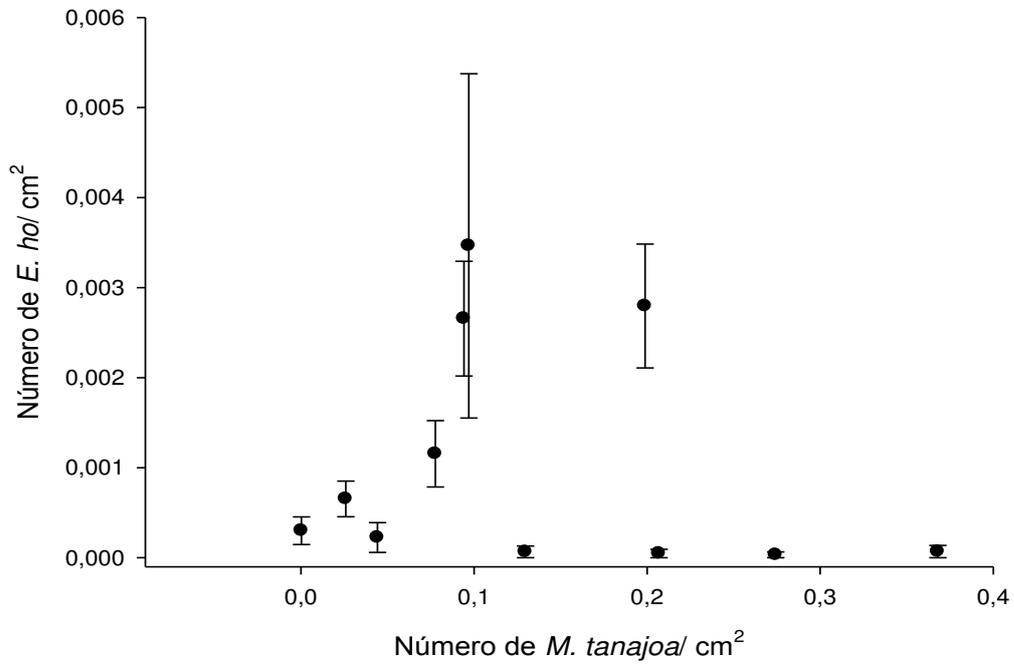


Fig. 3b

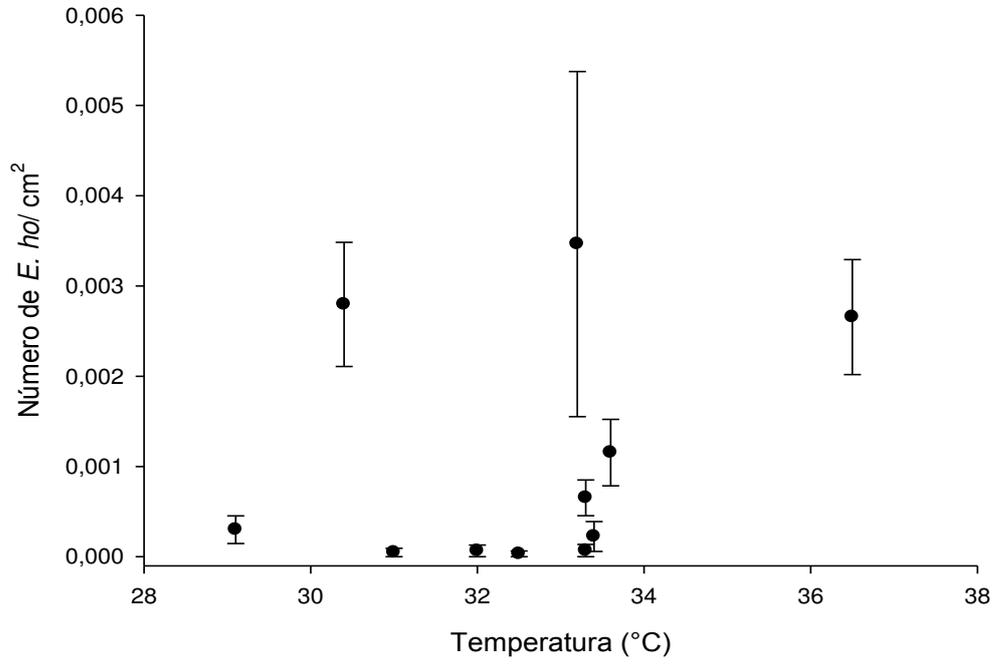


Fig. 3c

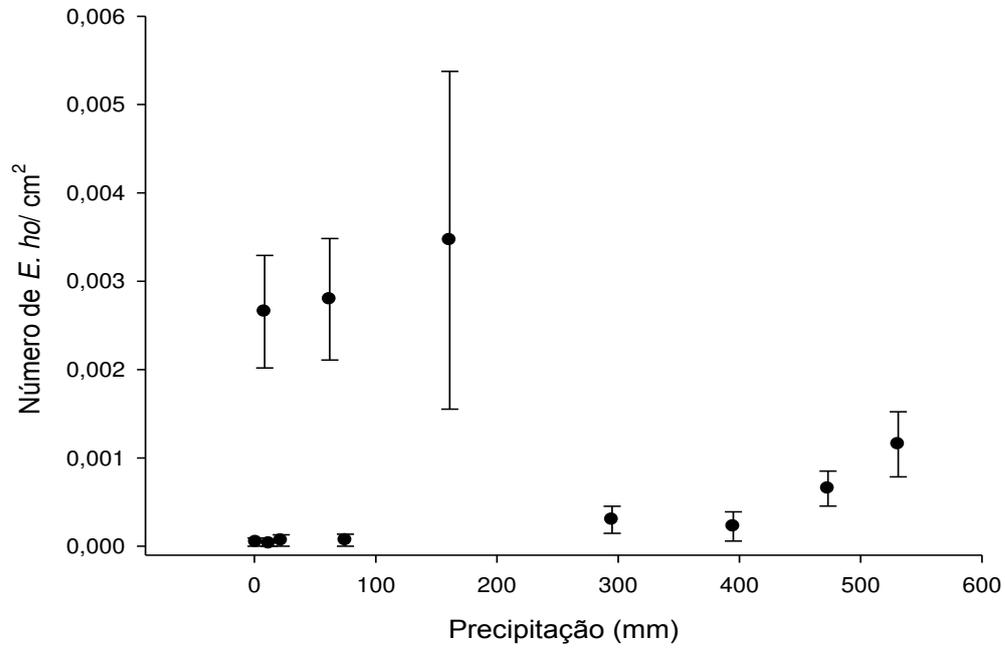
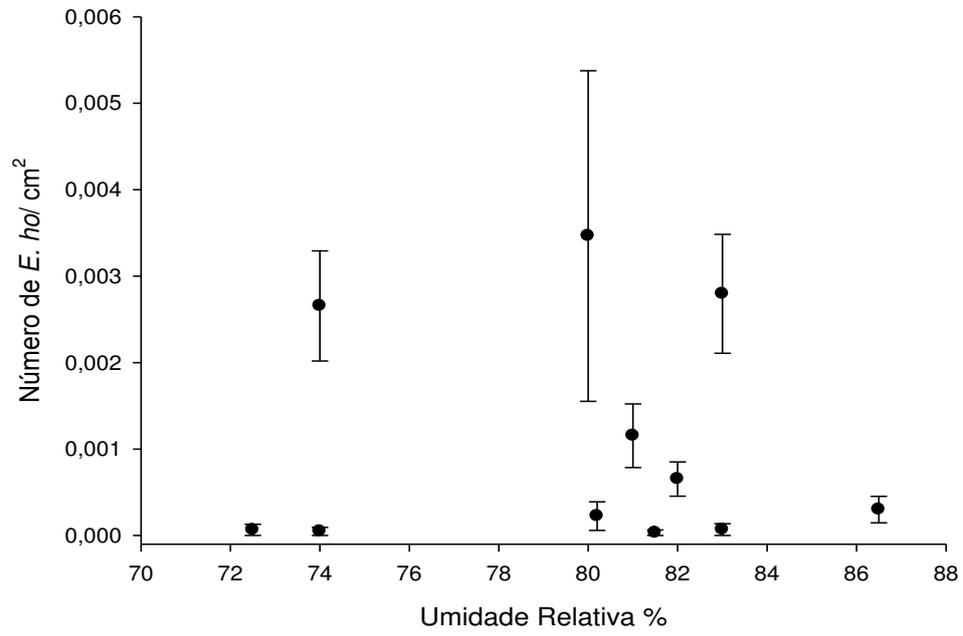


Fig. 3d



ANEXOS – *Normas das Revistas*

Neotropical Entomology

Publica artigos originais que contribuam significativamente para o conhecimento da Entomologia. Artigos já publicados ou submetidos a outras revistas não são aceitos. Os artigos devem ser científicos. Documentos com conteúdo tecnológico com bioensaios de eficácia de métodos de controle de insetos e ácaros não são aceitos. Os manuscritos são peer-reviewed e aceite para publicação é baseada nas recomendações do conselho editorial e revisores.

Seções

“Fórum”, “Ecologia, comportamento” e “Bionomics”, “Sistemática, Morfologia e Fisiologia”, “Controle biológico”, “Gestão de Pragas”, “Saúde Pública”, Nota Científica”.

Idiomas

Manuscrito deverá ser escrito em Inglês.

Formato

Os manuscritos podem ser publicados como artigos científicos, notas científicas e artigos de fórum.

Apresentação

Todos os manuscritos devem ser submetidos eletronicamente utilizando o formulário disponível em <http://submission.scielo.br/index.php/ne/about>. O manual do usuário está disponível em http://seb.org.br/downloads/Guia_submission_20070606.pdf

Forma e preparação de manuscritos

Artigos (textos e tabelas) devem ser apresentados como o MS Word 2003 ou o processador de textos de outros mais recentes. Definir tamanho de papel em A4 e margens de 2,5 cm; número de todas as linhas e páginas do documento. Use fonte Times New Roman 12 e espaçamento duplo.

Página inicial. Justificar o nome e o endereço postal e eletrônico do autor correspondente no canto superior direito da página. Centro de justificar o título, com iniciais maiúsculas (exceto

preposições e artigos). Nomes científicos no título devem ser seguidos pelo nome do autor (não mencionar o ano) e, pela ordem e família entre parênteses. Os nomes dos autores devem ser de centro- justificada sob o título em letras maiúsculas pequenas, apenas o primeiro e último nomes dos autores devem ser escritos na íntegra. “Em seguida, os autores lista de filiação”, incluindo e-mail e endereços de e-mail, números de telefone deve ser usado por mais de um endereço.

Page 2 . Abstract. O resumo deve ser de fácil compreensão e não requer referência ao corpo do artigo. Somente os resultados muito importantes devem ser apresentados no resumo, não deve conter quaisquer abreviações ou dados estatísticos. RESUMO Tipo seguido por um hífen e do texto. O resumo deve ser um ponto de longa duração e não deve exceder 250 palavras. Passar uma linha e PALAVRAS-CHAVE tipo em letras maiúsculas. Tipo de 3-5 palavras separadas por vírgulas, estas palavras podem não ser no título.

Texto principal

Introdução. O subtítulo "Introdução" deve ser omitido. A introdução deve contextualizar claramente o problema investigado e trazer a hipótese científica que está sendo testado, assim como os objetivos da pesquisa.

Material e Métodos deve fornecer informações suficientes para a pesquisa a ser replicado. Por favor, inclua o delineamento estatístico e, se necessário, o nome do programa utilizado para análise.

Resultados e Discussão podem ser agrupados ou em seções separadas. Nos resultados, os valores médios devem ser seguidos pelo erro padrão da média eo número de observações. Use um decimal para os valores médios e dois décimos por erros padrão. As conclusões devem ser indicadas no final da discussão.

Agradecimentos devem ser concisos e conter o reconhecimento de pessoas em primeiro lugar, e depois a instituições ou patrocinadores.

Referências. Sob o título tipo de referências, em ordem alfabética, uma por parágrafo, sem espaço entre elas. Os autores sobrenomes são escritos por extenso, seguido pelas iniciais de

capital. Use uma vírgula para separar os nomes dos autores. Adicione o ano de referência após os nomes dos autores, entre parênteses. Abreviar os títulos das fontes bibliográficas, sempre iniciando com letras maiúsculas.

Use abreviaturas revista segundo as fontes BIOSIS Serial (www.library.uiuc.edu/biotech/j-abbrev.html abbrev # ou <http://www.library.uq.edu.au/faqs/endnote/biosciences.txt>).

Abreviação de títulos de periódicos brasileiros devem seguir os requisitos de cada jornal. Por favor, evitar citações de dissertações, teses e materiais de extensão. Não cite materiais de circulação restrita (tais como documentação e relatórios de pesquisa institucional), monografias, relatórios de pesquisa parcial ou resumos de trabalhos apresentados em reuniões científicas.

Exemplos:

Suzuki KM, Almeida SA, Sodré LMK, Pascual ANT, Sofia SH (2006) A similaridade genética entre os machos de *Euglossa truncata* Rebelo & Moure (Hymenoptera: Apidae). *Neotrop Entomol* 35: 477-482.

Malavasi A, Zucchi RA (2000) Moscas -das- frutas de Importância Econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto, Holos Editora, 327p.

Oliveira-Filho AT Ratter JT (2002) fisionomias da vegetação lenhosa e flora do bioma cerrado, p.91 -120. Em Oliveira PS Marquis RJ (eds) Os cerrados do Brasil: ecologia e história natural de uma savana neotropical . New York, Columbia University Press, 398p.

Tabelas. As tabelas devem ser feitas separadamente, uma por página, após a seção Referências. Por favor, tabelas de números consecutivamente com números arábicos na mesma ordem em que são referidos no texto. Notas de rodapé devem ter números de telefone. Use a palavra "mesa" na íntegra o texto (exemplo: Tabela 1). Exemplo de um título de tabela: Tabela 1 Média (\pm EP) de duração e sobrevivência de larvas e pupas de *neotropicus Cirrospilus* criados em *Phyllocnistis citrella* larvas. Temp.: 25 ± 1 °C, UR: 70% e fotofase : 14h .

Figuras. Inserir a lista de números após as tabelas. Use a abreviatura "Fig." no título e no texto (como o da Figura 3). As figuras devem estar em jpg, gif ou formato EPS. Use figuras originais ou com alta resolução. Sempre que possível, os gráficos deverão ser enviados em Excel. Exemplo de um título de figura:

Fig. 1 Distribuição Populacional de *Mahanarva fimbriolata* em São Carlos, SP, 2002-2005.

No texto, as citações.

Os nomes científicos. Escreva os nomes científicos na íntegra, seguido pelo nome do autor (por insetos e ácaros), quando são mencionadas no resumo e no corpo do texto. Por exemplo: *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Use o nome genérico abreviado (por exemplo: *S. frugiperda*) No resto do documento, exceto em tabelas e figuras, onde o nome deve ser integral.

Referências. Escreva o nome do autor passado com capital inicial, seguido pelo ano da publicação (por exemplo, Martins, 1998). Mais do que uma publicação são ordenadas cronologicamente, separados por vírgulas (por exemplo: Martins 1998, Garcia 2002, 2005, Wilson 2008). Use "e" de dois autores (tais como a Martins & Gomes 2004). Por favor, utilize itálico "*et al*" para mais de dois autores (como em Avila *et al* 2009).

Notas Científicas

Os manuscritos que reportar ocorrências de interações tróficas ou novos métodos para o estudo dos insetos e ácaros podem ser submetidos. As instruções são as mesmas dos artigos científicos. No entanto, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão e são escritos sem legendas. O resumo deve ser inferior a 100 palavras e texto não superior a 1.000 palavras. Figuras ou tabelas podem ser incluídas se extremamente necessária, mas não exceder o limite de duas figuras ou tabelas por nota.

As notas científicas que registrar uma nova necessidade de pragas introduzidas no Brasil para seguir as normas da Portaria Interministerial 290, de 15/April/1996, disponível em <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=883>.

Comentários (Forum)

Extensos artigos interpretativos ou sobre tópicos atuais em Entomologia são publicadas nesta seção. Artigos controversos são bem-vindos e devem apresentar os dois no momento do aceite e opiniões controvertidas. Neotropical Entomology e seu Corpo Editorial não se responsabilizam pelas opiniões expressas nesta secção. Os artigos a serem incluídos aqui devem ser em Inglês.

Taxas de impressão

A taxa de impressão é E.U. 24 dólares (24 dólares) por página impressa para os membros da SEB (primeiro autor), com uma taxa de inscrição paga, e E.U.\$36 (trinta e seis reais) para não-membros. Figuras coloridas devem ser inseridas quando estritamente necessário. Cada página colorida custará E.U.\$75 (setenta e cinco dólares) para os membros e E.U.\$90 (noventa reais) para não-membros. Não serão fornecidos. Os artigos publicados estão disponíveis para livre consulta e download no site da SciELO (ne [www.scielo.br /](http://www.scielo.br/)).

Mais informações

Luis Fernando CÔnsoli ESALQ/ USP-Entomologia.

Av. Pádua Dias 11

13418-900 - Piracicaba - SP - Brasil

Tel.: 55 (19) 3429 4199

e -mail: editor.ne@seb.org.br

EXPERIMENTAL AND APPLIED ACAROLOGY

Authors - Manuscript Guidelines Journals | Instructions for Authors

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

MANUSCRIPT SUBMISSION

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

TITLE PAGE

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)

- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.

Note: If you use Word 2007, do not create the equations with the default equation editor but use the Microsoft equation editor or MathType instead.

Save your file in doc format. Do not submit docx files.

Word template

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

LaTeX macro package

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

SCIENTIFIC STYLE

Please always use internationally accepted signs and symbols for units, SI units.

SCIENTIFIC STYLE

Genus and species names should be in italics.

SCIENTIFIC STYLE

Please use the standard mathematical notation for formulae, symbols etc.:

- Italic for single letters that denote mathematical constants, variables, and unknown quantities
- Roman/upright for numerals, operators, and punctuation, and commonly defined functions or abbreviations, e.g., cos, det, e or exp, lim, log, max, min, sin, tan, d (for derivative)
- Bold for vectors, tensors, and matrices.

REFERENCES

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1993).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

Journal article

- Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8
- Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted: Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329
- *Article by DOI*
- Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086
- *Book*
- South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London
- *Book chapter*
- Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- *Online document*
- Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007
- *Dissertation*
- Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

EndNote style

TABLES

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

ARTWORK

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

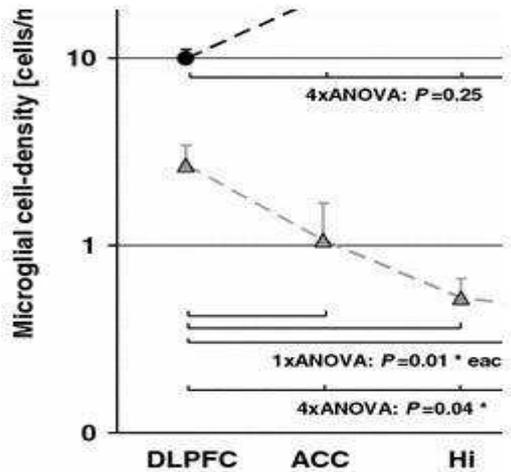
Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



Definition: Black and white graphic with no shading.

Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

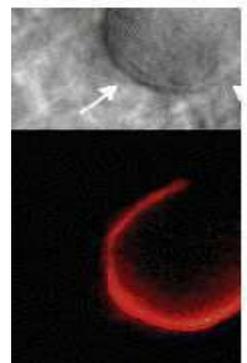
All lines should be at least 0.1 mm (0.3pt) wide.

Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.

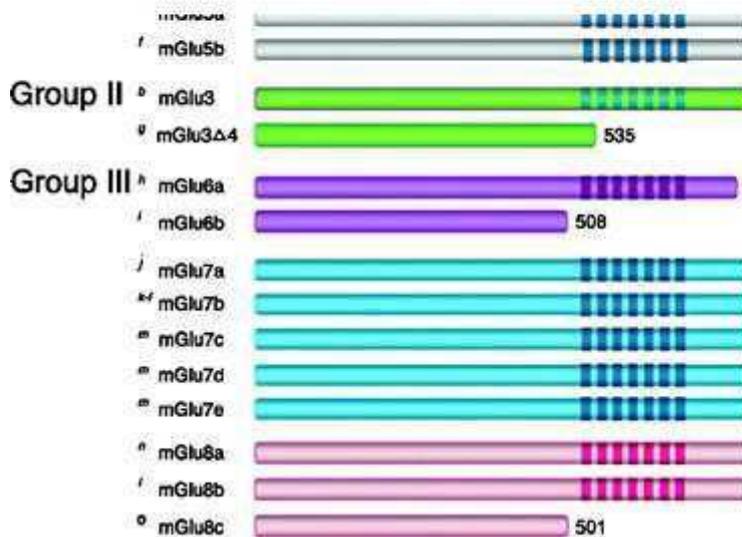
Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.



Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.

Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.

No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.

Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.

To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

Springer Open Choice**Copyright transfer**

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, they agree to the Springer Open Choice Licence.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.