



Universidade Federal do Tocantins
***Campus* Universitário de Gurupi**
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

ADRIANA GONÇALVES OLIVEIRA

**ESTRUTURA DO HABITAT AFETA O DESEMPENHO REPRODUTIVO DE
ÁCAROS PREDADORES E INTERAÇÕES TRITRÓFICAS EM TEIA
ALIMENTAR DE PINHÃO-MANSO**

**GURUPI - TO
MARÇO 2018**



Universidade Federal do Tocantins
***Campus* Universitário de Gurupi**
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

ADRIANA GONÇALVES OLIVEIRA

**ESTRUTURA DO HABITAT AFETA O DESEMPENHO REPRODUTIVO DE
ÁCAROS PREDADORES E INTERAÇÕES TRITRÓFICAS EM TEIA
ALIMENTAR DE PINHÃO-MANSO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Renato de Almeida Sarmiento

GURUPI - TO
MARÇO 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

O48e Oliveira, Adriana Gonçalves .

Estrutura do habitat afeta o desempenho reprodutivo de ácaros predadores e interações tritróficas em teia alimentar de pinhão-manso.. / Adriana Gonçalves Oliveira. – Gurupi, TO, 2018.
51 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2018.

Orientador: Renato de Almeida Sarmiento

1. Fitness. 2. Forrageamento . 3. Dieta mista. 4. ácaro predador. I.
Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



ADRIANA GONÇALVES OLIVEIRA

Estrutura do habitat afeta o desempenho reprodutivo de ácaros predadores e interações tritróficas em teia alimentar de pinhão-manso.

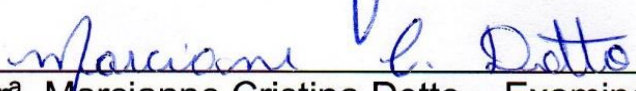
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais em 09/03/2018 foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data da aprovação: 09/03/2018.

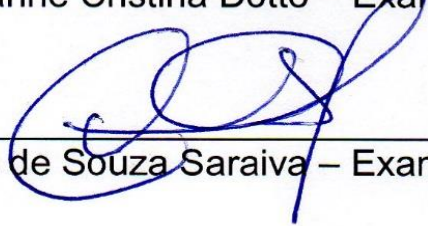
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Renato de Almeida Sarmiento – Orientador - UFT



Prof^a. Dr^a. Marcianne Cristina Dotto – Examinadora – UFT



Prof. Dr. Althiéris de Souza Saraiva – Examinador – IF Goiano

Gurupi (TO).
2018.

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTO

Primeiramente, ao meu bom Deus, agradeço. Sem fé e amor não chegamos à lugar algum. Obrigada Senhor!

Ao Professor Dr. Renato de Almeida Sarmento pelos ensinamentos, paciência e oportunidade de ser membra do grupo de Pesquisa em Ecologia Funcional e Aplicada.

À Universidade Federal do Tocantins – UFT, ao programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Pesquisa (CNPq) pela bolsa concedida no período da realização do projeto de pesquisa.

À minha amada mãe Francisca Gonçalves e o meu pai Osias Oliveira (*in memorian*) por terem me ensinando sempre a lutar mesmo quando não tinha mais forças para continuar; que sempre me apoiaram para a realização deste sonho. Esta conquista é também de vocês. Meus sinceros agradecimentos.

Ao meu namorado Luciano Soares, meu muito obrigado, pois sem você não seria possível à realização deste sonho. Esta conquista também é sua.

Às minhas amadas irmãs que sempre estiveram comigo, Kelciane Gonçalves Oliveira, Francisca Gonçalves Oliveira e Sandra Gonçalves Oliveira. Esta conquista é para vocês e por vocês.

A todos os meus familiares, obrigada por torcerem por mim.

À Renata Vieira Marques pelos ensinamentos e pela paciência, sempre serei grata. Também agradeço a Thaysa Ferreira por sempre estar disposta a ajudar.

Às amigas Vanessa Duarte, Ivonete Ferreira e família e, a todos àqueles que contribuíram para minha formação. Não há conquistas sem batalhas e vocês foram fundamentais nessa trajetória.

A todos os membros do grupo de Pesquisa em Ecologia Funcional e Aplicada, agradeço.

RESUMO

A complexidade estrutural do habitat é considerada um fator importante que influencia a dinâmica populacional e a organização trófica dos artrópodes na natureza. Com o aumento da estrutura do habitat, aumenta-se a ocorrência de fontes alternativas de alimento e os organismos podem aumentar o seu fitness ao se alimentar de uma dieta mista. Por outro lado, ao forragear em busca de misturar sua alimentação e incrementar seu fitness, o predador se expõe a interações que podem não ser benéficas, a exemplo da predação intraguilda. O presente trabalho foi dividido em dois capítulos. No primeiro capítulo foi investigada a capacidade do ácaro *Euseius concordis* em percorrer grandes distâncias para misturar sua dieta, ao passo que foi verificado a existência de custos envolvidos para obter a dieta. No segundo capítulo foi avaliada a ocorrência de predação intraguilda recíproca entre duas espécies de ácaros predadores *Iphiseiodes zuluagai* e *E. concordis*, os quais são considerados potenciais agentes de controle biológico em diversas culturas. Os resultados indicam que *E. concordis* não forrageou longas distâncias de modo a misturar sua dieta. Além disso, *I. zuluagai* e *E. concordis* interagiram por meio da predação intraguilda recíproca. Finalmente, este estudo demonstra que a estrutura do habitat está ligada diretamente com a dinâmica populacional do artrópode. Esses resultados podem ser aplicados a outros sistemas de cultivos, tanto florestais quanto agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: *Fitness*, forrageamento, predação, dieta mista

ABSTRACT

The structural complexity of the habitat is considered an important factor that influences the population dynamics and the trophic organization of arthropods in nature. As the habitat structure increases, alternative sources of food increase and organisms can increase their fitness by eating a mixed diet. On the other hand, when foraging in search of mixing their food and increasing their fitness the predator is exposed to interactions that may not be beneficial, such as intraguild predation. The present work, divided in two chapters, the first chapter investigated the ability of the mite *Euseius concordis* to travel great distances to mix their diet, while it was verified the existence of costs involved to obtain the diet. In the second chapter, the occurrence of reciprocal intraguild predation between two predatory mite species *Iphiseiodes zuluagai* and *E. concordis*, which are considered as potential biological control agents, was evaluated. The results indicate that *E. concordis* did not forage long distances in order to mix their diet. In addition, *I. zuluagai* and *E. concordis* interacted through reciprocal intraguild predation. Finally, this study demonstrates that the habitat structure is directly linked to the population dynamics of arthropods.

KEY-WORDS: *Fitness*, foraging, predation, diet mixed

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	08
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
CAPÍTULO I: Forrageamento em busca de dieta mista altera o desempenho do ácaro predador <i>Euseius concordis</i>	15
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	16
1. INTRODUÇÃO	17
2. MATERIAL E MÉTODOS	19
3. RESULTADOS	22
4. DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
7. FIGURAS E LEGENDAS	30
CAPÍTULO II: Coexistência de ácaros predadores que interagem por predação intraguilda recíproca é influenciada pela estrutura do habitat	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1. INTRODUÇÃO	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	37
3. RESULTADOS	40
4. DISCUSSÃO	41
5. CONCLUSÕES	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
7. FIGURAS E LEGENDAS	48
CONCLUSÕES GERAIS	51

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I:

FIGURA 1: Proporção média (\pm Erro padrão) de predadores que se alimentam de ovos de presa em ambos os lados durante dois dias. Ns indica que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F após GLM, $P > 0,05$30

FIGURA 2: Oviposição total do ácaro predador *E. concordis* (\pm Erro padrão) quando alimentado com ovos de *T. bastosi*, *P. latus*, ou mistura de ovos das duas espécies. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos. Teste usado Ch^2 após GLM, $P < 0,05$31

CAPÍTULO II:

FIGURA 1: (a) Número de ovos (média \pm Erro padrão) após 48h produzidos pelo ácaro predador *I. zuluagai* quando alimentado com protoninfas de *E. concordis*. (b) Número de ovos (média \pm SE) após 48h produzidos pelo ácaro predador *E. concordis* quando alimentado com protoninfas de *I. zuluagai*. Letras diferentes em cima das barras indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Chi^2 após o GLM, $P < 0,05$50

FIGURA 2: Número médio de ácaros predadores (A) adultos, (B) imaturos e ovos (C) dos ácaros de *E. concordis* (círculo) e *I. zuluagai* (triângulo) sozinhos (linha pontilhada) ou uma mistura dos dois predadores (linha contínua) em folhas de pinhão manso. Teste usado Ch^2 após GLM, $P < 0,05$51

INTRODUÇÃO GERAL

A complexidade estrutural do habitat é considerada um fator importante que influencia a dinâmica populacional e a organização trófica dos organismos na natureza (PRICE *et al.*, 1980; KAREIVA, 1987; MCCOY & BELL 1991; HUNTER & PRICE, 1992; DÖBEI & DENNO, 1994; SIEMANN, 1998; RYPSTRA *et al.*, 1999; BEHMER 2009). Especialmente para os inimigos naturais é conhecido que a estrutura do habitat pode afetar a conservação das espécies em ecossistemas naturais e manejados (CROMARTIE, 1981; ALTIERI & LETOURNEAU, 1982; SHEEHAN, 1986; ANDOW, 1991; LANDIS *et al.*, 2000; SUNDERLAND & SAMU, 2000; SYMONDSON *et al.*, 2002 ROSENHEIM & HARMON, 2006). Portanto, ao incrementar os efeitos da estrutura do habitat em níveis tróficos mais elevados, é possível compreender como níveis tróficos inferiores podem ser afetados (MCCOY & BELL, 1991; HUNTER & PRICE 1992; DENNO *et al.*, 2002).

A complexidade relativa de um habitat é determinada pelo número de diferentes elementos estruturais por unidade de área (MCCOY & BELL, 1991; DE BRUIJN *et al.*, 2006). Além disso, a estrutura do habitat pode variar de complexa a simples em várias escalas espaciais dependendo do ponto de vista observado. De uma escala maior para menor, pode-se citar: o ecossistema (englobando diferentes habitats), o habitat (com um tipo específico de habitat) e, em uma escala menor, plantas ou partes de uma planta (LANGELLOTTO & DENO, 2004). De um modo geral, um habitat diverso promove uma variedade maior de microclimas, aumento de fontes alternativas de alimento e um maior número de locais para colonização de populações robustas (CARTER *et al.*, 1999).

Com o aumento da estrutura do habitat os organismos podem aumentar o seu *fitness* ao se alimentar de uma dieta mista (MODY *et al.*, 2007). Várias hipóteses tentam explicar o motivo para se consumir uma dieta mista, por exemplo. Uma hipótese seria que os animais misturam sua dieta para diluir as toxinas presentes em um ou mais componentes da dieta (TOFT & WISE, 1999). Outra explicação seria que diferentes espécies de presas contêm diferentes quantidades de nutrientes e que os predadores artrópodes misturam sua dieta para corrigir desequilíbrios nutricionais específicos (MAYNTZ *et al.*, 2005). Marques *et al.* (2015) observaram que os

predadores forrageiam ativamente a fim de misturar sua dieta (dois tipos de presas naturais às que ocorram no campo). Estes autores estudaram o ácaro predador *Euseius concordis* Chant (Acari: Phytoseiidae) e, como dieta foram fornecidos o ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) e o ácaro *Tetranychus bastosi* Tuttle, Baker & Sales (Acari: Tetranychidae). Estes ácaros ocorrem em inúmeras plantações inclusive na cultura do pinhão-manso *Jatropha curcas* L. (SARMENTO *et al.*, 2011; PEDRO-NETO *et al.*, 2013; SARAIVA *et al.*, 2016). O ácaro predador *E. concordis* teve maior taxa de oviposição ao se alimentar de uma dieta mista composta pelas duas espécies de ácaros fitófagos supramencionados e, o referido ácaro predador *E. concordis* forrageou ativamente em busca de misturar sua dieta (MARQUES *et al.*, 2015).

No entanto, sabe-se que para misturar sua dieta, os predadores precisam percorrer distâncias em busca de uma variedade alimentar (MODY *et al.*, 2007). Alguns estudos consideram a separação espacial de componentes da dieta (MODY *et al.*, 2007; BEHMER *et al.*, 2003), porém não mostram se existe uma distância máxima que os animais estão dispostos a percorrer para misturar sua dieta. Provavelmente, existe uma distância onde o custo energético em forragear para misturar a dieta do ácaro predador ultrapassa a compensação de misturar a dieta para melhorar o *fitness*. Neste contexto, no primeiro capítulo deste estudo, foi investigada a capacidade do ácaro *E. concordis* em percorrer grandes distâncias para misturar sua dieta, ao passo que foi verificada a existência de custos envolvidos para obter tal dieta.

Por outro lado, ao forragear em busca de misturar sua alimentação e incrementar seu *fitness*, o ácaro predador se expõe a interações que podem não ser benéficas para o mesmo, a exemplo da predação intraguilida. A predação intraguilida é uma mistura de competição e predação, e ocorre quando uma espécie se alimenta de outra espécie que usa os mesmos recursos (POLIS & HOLT, 1992). Esse tipo de interação pode afetar negativamente o controle biológico, porque um predador alimenta-se do outro, podendo ocorrer uma diminuição de inimigos naturais no campo (RAMAKERS 1980; YANINEK & HANNA, 2003; MESSELINK *et al.*, 2008;).

É conhecido que ácaros predadores são frequentemente usados para o controle biológico (HUFFAKER & KENNETT, 1953; RAMAKERS 1980; NOMIKOU *et*

al., 2001; YANINEK & HANNA, 2003; MESSELINK *et al.*, 2008; JANSSEN & SABELIS 2015) e, que a predação intraguilida é comum entre ácaros predadores (SCHAUSBERGER & CROFT, 2000; MONTSERRAT *et al.*, 2006; FERREIRA *et al.*, 2011; MONTSERRAT *et al.*, 2012). Deste modo, hipotetiza-se que no sistema aqui, o ácaro predador *E. concordis* ao forragear em busca de uma diversificação alimentar, pode aumentar as chances de se encontrar com outros predadores que ocorrem na natureza como, por exemplo, o ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae).

O estudo sobre a estrutura do habitat é imprescindível, dado que as estruturas das plantas podem reduzir o encontro entre os predadores reduzindo conseqüentemente as taxas de predação entre eles, o que seria benéfico para o controle biológico natural (FERREIRA *et al.*, 2011). Além disso, a estrutura do habitat pode reduzir os efeitos da predação intraguilida (JANSSEN *et al.*, 2007), reduzindo a força da interação entre o predador intraguilida e a presa intraguilida. Por essa razão, no segundo capítulo deste estudo, foi verificado se os ácaros predadores *E. concordis* e *I. zuluagai* interagem por meio da predação intraguilida recíproca. Adicionalmente, foi avaliada a dinâmica das populações dos ácaros predadores *E. concordis* e *I. zuluagai* em folhas de pinhão-manso alimentados com pólen e mel com o intuito de verificar se as estruturas foliares (nervuras, tricomas, etc.) e a diversificação alimentar (néctar e pólen) afetam a dinâmica dos referidos ácaros predadores.

Diante do exposto, o trabalho apresentado poderá contribuir para o incremento da produção florestal. Ao preconizar os sistemas agroflorestais em detrimento de monocultura estaremos aumentando a complexidade do habitat e garantindo a maior coexistência das espécies envolvidas no sistema. O equilíbrio dos sistemas agroflorestais poderá contribuir para uma maior abundância e diversidade de inimigos naturais (SYMONDSON *et al.*, 2002 ROSENHEIM & HARMON, 2006). Conseqüentemente, o controle biológico será mais efetivo garantindo assim uma melhor produção florestal.

Referências Bibliográficas

ALTIERI, M. A.; LETOURNEAU, D. K. Vegetation management and biological control in agroecosystems. **Crop Protection**, v.1, p.405–430, 1982.

BEHMER, S. T.; COX, E.; RAUBENHEIMER, D.; SIMPSON, S. J. Food distance and its effect on nutrient balancing in a mobile insect herbivore. **Animal Behaviour**, v.66, p.665–675, 2003.

BEHMER, S. T. Insect herbivore nutrient regulation. **Annual Review of Entomology**, p.54, v.165–187, 2009.

CROMARTIE JR, W. J. The environmental control of insects using crop diversity. **Press Raton**, v.1, p.223–251, 1981.

DENNO, R. F.; GRATTON, C.; PETERSON, M. A.; LANGELLOTTO, G. A., FINKE, D. L.; HUBERTY, A. F. Bottom-up forces mediate natural-enemy impact in a phytophagous insect community. **Ecology**, v.83, p.1443–1458, 2002.

DÖBEL, H.G.; DENNO, R. F. Predator–planthopper interactions. **Chapman and Hall**, v.80, p.325–399, 1994.

FERREIRA, J.A.M., CUNHA, D.F.S., PALLINI, A., SABELIS, M.W., JANSSEN, A. Leaf domatia reduce intraguild predation among predatory mites. **Ecological Entomology**, v.36, p.435-441, 2011.

HUFFAKER, C. B. & KENNETT, C. E. Developments toward biological Control of Cyclamen Mite on Strawberries in California. **Journal of Economic Entomology**, v.46, p.802-812, 1953.

HUNTER, M. D.; PRICE, P. W. Playing chutes and ladders: heterogeneity and diversity at three trophic levels in natural communities. **Ecology**, v.73, p.724–732, 1992.

JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Alternative food and biological control by generalist predatory mites: the case of *Amblyseius swirskii*. **Experimental and Applied Acarology**, v.65, p.413-418, 2015.

JANSSEN., A.; SABELIS, M. W.; MAGALHÃES, S.; MONTSERRAT, M.; VAN DER HAMMEN, T. Habitat structure affects intraguild predation. **Ecology**, v.88, p.2713-2719, 2007.

KAREIVA, P. Habitat fragmentation and the stability of predator–prey interactions. **Nature**, v.326, p.388–391, 1987.

LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, v.45, p.175–201, 2000.

LANGELLOTTO, G. A.; DENNO, R. F. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. **Oecologia**, v.139, p.1-10, 2004.

MARQUES, R. M.; SARMENTO, R. A.; LEMOS, F.; PEDRO-NETO, M.; SABELIS, M. W.; VENZON, M.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Active prey mixing as an explanation for polyphagy in predatory arthropods: synergistic dietary effects on egg production despite a behavioral cost. **Functional Ecology**, v.29, p.1317–1324, 2015.

MAYNTZ, D.; RAUBENHEIMER, D.; SALOMON, M.; TOFT, S.; SIMPSON, S. J. Nutrient-specific foraging in invertebrate predators. **Science**, v.307, p.111–113, 2005.

MESSELINK, G. J.; VAN MAANEN, R.; VAN STEENPAAL, S. E. F.; JANSSEN, A. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: two pests are better than one. **Biological Control**, v.44, p.372–379, 2008.

MCCOY, E. D.; BELL, S. S. Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic. **Chapman and Hall**, v.58, p. 3–27, 1991.

MODY, K.; UNSICKER, S. B.; LINSENMAYER, K. E. Fitness related dietmixing by intraspecific host-plant-switching of specialist insect herbivores. **Ecology**, v.88, p.1012–1020, 2007.

MONTERRAT, M.; JANSSEN, A.; MAGALHÃES, S.; SABELIS, M. W. To be an intra-guild predator or a cannibal: is prey quality decisive. **Ecological Entomology**, v.31, p. 430-436, 2006.

MONTSERRAT, M.; MAGALHAES, S.; SABELIS, M.W.; DE ROOS, A. M.; JANSSEN, A. Invasion success in communities with reciprocal intraguild predation depends on the stage structure of the resident population. **Oikos**, v.121, p.67-76, 2012.

NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SCHRAAG, R.; SABELIS, M. W. Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. **Experimental and Applied Acarology**, v.25, p.271-291, 2001.

PEDRO-NETO, M.; SARMENTO, R. A.; DE OLIVEIRA, W. P., PICANCO, M. C.; ERASMO, E. A. L. Biologia e tabela de vida do _acaros-vermelho *Tetranychus bastosi* em pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.48, p.353–357, 2013.

POLIS, G. A.; HOLT, R. D. Intraguild predation - the dynamics of complex trophic interactions. **Trends in Ecology & Evolution**, v.7, p.151-154, 1992. PRICE, P. W.; BOUTON, C. E.; GROSS, P.; MCPHERON, B. A.; THOMPSON, J. N.; WEIS, A. E. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. **Annual Review of Ecology Systematics**, v.11, p.41–65, 1980.

RAMAKERS, P. M. J. Biological control of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) with *Amblyseius spp.* (Acari: Phytoseiidae). **Bulletin SROP**, v.3, p.203-207, 1980.

RYPSTRA, A. L., CARTER, P. E.; BALFOUR, R. A.; MARSHALL, S. D. Architectural features of agricultural habitats and their impact on the spider inhabitants. **Journal Arachnol**, v.27, p.371–377, 1999.

ROSENHEIM, J. A.; HARMON J. P. The influence of intraguild predation on the suppression of a shared prey population: an empirical reassessment. **Netherlands**, v. 34, p. 1–20, 2006.

SARAIVA, A. S.; SARMENTO, R. A.; PEDRO-NETO, M.; TEODORO, A. V.; ERASMO, E. A. L.; BELCHIOR, D. C. V.; AZEVEDO, E. B. Glyphosate sub-lethal toxicity to non-target organisms occurring in *Jatropha curcas* plantations in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v.70, p.179-187, 2016.

SARMENTO, R. A.; RODRIGUES, D. M.; FARAJI, F.; ERASMO, E. A. L.; LEMOS, F.; TEODORO, A. V.; KIKUCHI, W. T.; SANTOS, G. R.; PALLINI, A. Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, n.53, p.203-214, 2011.

SHEEHAN, W. Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification: a selective review. **Environ Entomol**, v.15, p.456–461, 1986.

SIEMANN, E. Experimental tests of effects of plant productivity and diversity on grassland arthropod diversity. **Ecology**, v.79, p.2057–2070, 1998.

SUNDERLAND, K.; SAMU, F. Effects of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders: a review. **Entomol Exp Appl**, v.95, p.1–13, 2000.

SCHAUSBERGER, P. & CROFT, B. A. Nutritional benefits of intraguild predation and cannibalism among generalist and specialist phytoseiid mites. **Ecological Entomology**, v.25, p.473-480, 2000.

SYMONDSON, W. O. C.; SUNDERLAND, K. D.; GREENSTONE, M. H. Can generalist predators be effective biocontrol agents. **Annu Rev Entomol**, v.47, p.561–594, 2002.

.

TOFT, S.; WISE, D. H. Growth, development and survival of a generalist predator fed single-and mixed species diets of a different quality. **Oecologia**, v.119, p.191–197, 1999.

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., and Langewald, L. (eds.), **Biological control in IPM systems in Africa**, CABI Publishing, Wallingford, UK, p. 61, 2003.

Forrageamento em busca de dieta mista afeta o desempenho do ácaro predador *Euseius concordis*

RESUMO

O ácaro predador *E. concordis* é conhecido por deslocar-se em busca de alimento diversificado, o que pode levar ao aumento de seu desempenho reprodutivo. Porém, para misturar sua dieta *E. concordis* precisa percorrer grandes distâncias, dado que as presas estão em locais diferentes da planta. O objetivo deste trabalho foi investigar a capacidade do ácaro predador *E. concordis* em percorrer grandes distâncias para misturar sua dieta e verificar a existência de custos envolvidos na obtenção da referida dieta. Para tanto, 30 ovos do ácaro *P. latus* foram transferidos para uma folha de pinhão-manso e 30 ovos do ácaro *T. bastosi* foram transferidos para outra folha de pinhão-manso. As folhas de pinhão-manso foram interligadas por uma ponte de 16 cm. Em seguida um indivíduo de *E. concordis* foi colocado sobre a ponte e após 24 e 48h foi avaliado a proporção de forrageamento e a oviposição do referido ácaro. Os resultados mostraram que *E. concordis* para atravessar a ponte de um lado para o outro, de modo a misturar sua dieta, o custo seria maior do que aquilo que o organismo obteria de vantagem misturando a mesma. Além disso, dieta mista, composta de *P. latus* e *T. bastosi*, quando oferecida a longa distância (percurso entre as duas placas) não aumentou a oviposição do ácaro predador *E. concordis*. Em resumo, este trabalho mostra que o ácaro predador *E. concordis* não forrageou longas distâncias em busca de misturar sua dieta, sugerindo possível estratégia para poupar energia

PALAVRAS-CHAVE: *Fitness*, habitat, forrageamento, Phytoseiidae

ABSTRACT

The predatory mite *E. concordis* is known to move in search of diverse food, which can lead to the increase of its reproductive performance. However, to mix your diet, *E. concordis* needs to travel long distances, since the prey are in different locations of the plant. The objective of this work was to investigate the ability of the predatory mite *E. concordis* to travel great distances to mix their diet and to verify the existence of costs involved in obtaining said diet. To that end, 30 *P. latus* mite eggs were transferred to a jatropha leaf and 30 *T. bastosi* mite eggs were transferred to another physic nut leaf. The physic nut leaves were interconnected by a 16 cm bridge. Then an individual of *E. concordis* was placed on the bridge and after 24 and 48h the proportion of foraging and oviposition of said mite was evaluated. The results showed that *E. concordis* to cross the bridge from one side to the other, in order to mix their diet, the cost would be greater than what the organism would obtain of advantage by mixing it. In addition, mixed diet, composed of *P. latus* and *T. bastosi*, when offered at long distance (path between the two plates) did not increase the oviposition of the predatory mite *E. concordis*. In summary, this work shows that the predatory mite *E. concordis* did not forage long distances in order to mix its diet, suggesting a possible strategy to save energy.

KEY WORDS: *Fitness*, habitat, foraging, Phytoseiidae

1. INTRODUÇÃO

Predadores artrópodes normalmente consomem mais de uma espécie de presa, fenômeno denominado de polifagia (SABELIS, 1992). Evidências teóricas mostram que os artrópodes têm o fitness aumentando ao se alimentar de uma dieta mista (MODY *et al.*, 2007) e, várias hipóteses tentam explicar o motivo para se consumir uma dieta mista. A primeira explicação afirma que os animais precisam misturar sua dieta para diluir as toxinas presentes em um ou mais componentes da dieta (TOFT & WISE, 1999). A segunda hipótese prediz que diferentes espécies de presas contêm diferentes quantidades de nutrientes e que os predadores artrópodes misturam sua dieta para corrigir desequilíbrios nutricionais específicos (MAYNTZ *et al.*, 2005).

São escassas as evidências que mostram os predadores forrageando em busca de misturar sua dieta ao se alimentar de vários tipos de presas encontradas naturalmente. Alguns estudos têm mostrado artrópodes corrigindo ativamente os desequilíbrios nutricionais em sua dieta, no entanto, tais estudos utilizam-se de dietas semiartificiais ou presas criadas especificamente para conter diferentes quantidades de nutrientes (MAYNTZ *et al.*, 2005; RAUBENHEIMER *et al.*, 2007; DUSSUTOUR & SIMPSON, 2009; JENSEN *et al.*, 2012).

Marques *et al.* (2015), ao estudar o ácaro predador *E. concordis*, pertencente à família Phytoseiidae, utilizou como presa *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) e *Tetranychus bastosi* Tuttle, Baker & Sales (Acari: Tetranychidae). Estes ácaros ocorrem em inúmeras plantações inclusive na cultura do pinhão-manso *Jatropha curcas* L. (SARMENTO *et al.*, 2011; PEDRO-NETO *et al.*, 2013). O ácaro predador *E. concordis* apresenta hábito alimentar generalista, que inclui na sua dieta ácaros de diversas famílias, pólen, néctar e exsudados de plantas (Marques *et al.*, 2015). *E. concordis* apresentou maior taxa de oviposição ao se alimentar de uma dieta mista composta pelas duas espécies de presas citadas acima; também, forrageou ativamente em busca de misturar sua dieta (MARQUES *et al.*, 2015).

É conhecido que *P. latus* ataca as folhas apicais da planta, enquanto *T. bastosi* é encontrado principalmente em folhas mais velhas, no terço mediano da planta (SABELIS & BAKKER 1992; LOPES, 2009; VENZON *et al.*, 2009; FRANCO *et al.*, 2010; CRUZ *et al.*, 2013). Portanto, os predadores precisam percorrer grandes

distâncias para misturar sua dieta. Deste modo, alguns estudos consideram a separação espacial de componentes da dieta (BEHMER *et al.*, 2003; MODY *et al.*, 2007). Contudo, estes trabalhos não mostram a existência de uma distância máxima que os artrópodes estão dispostos a percorrer para misturar sua dieta. Diante do exposto, hipotetiza-se que existe uma distância onde o custo energético em forragear ultrapassa a compensação de misturar a dieta para melhorar o *fitness*. Assim, neste trabalho objetivou-se investigar a capacidade de *E. concordis* percorrer grandes distâncias para misturar sua dieta e verificar se existem custos envolvidos para obter tal dieta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Ecologia Funcional e Aplicada da Universidade Federal do Tocantins (UFT), *Campus* de Gurupi, em condições controladas de temperatura $28 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$, com fotoperíodo de 12 horas.

2.1 Produção de Plantas

A semeadura do pinhão-manso foi realizada em vasos plásticos com capacidade de 4L, mantidos em casa de vegetação. Os vasos continham solo e substrato para a germinação de sementes na proporção 2:1. As plântulas foram mantidas sem aplicação de agrotóxicos e irrigadas diariamente. Após 90 dias, com os primeiros pares de folhas verdadeiras totalmente expandidas, as plantas foram transferidas para o laboratório e acondicionadas em sala climatizada (fotoperíodo de 12h, temperatura de $28 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de 65-70%).

2.2 Criação Estoque de Ácaros

2.2.1 Criação de ácaro predador

O ácaro predador *E. concordis* foi coletado em lavoura experimental de pinhão-manso da UFT – *Campus* de Gurupi, na região do Sul do Estado do Tocantins ($11^\circ45'47''\text{S}$, $49^\circ02'57''\text{W}$).

Após a coleta, *E. concordis* foi levado ao laboratório de Ecologia Funcional e Aplicada, onde estabeleceu-se criação estoque. Para manutenção dos ácaros, arenas foram confeccionadas a partir de disco plástico ($\varnothing = 7,5$ cm) flexível, as quais foram fixadas ao centro de uma caixa Gerbox[®], de modo a permitir a flutuação do material plástico sobre água destilada. Sobre as arenas, foram colocados fios de algodão cobertos por pedaços de plásticos em formato de prisma que servem de abrigo para sua oviposição. O manuseio de *E. concordis* ocorreu através de pincel com cerdas finas e firmes com formato ligeiramente afinado, com apoio de microscópio estereoscópio (Mikros[®]).

Para alimentação de *E. concordis*, foi utilizado pólen de *Ricinus communis* (*ad libitum*) (MCMURTRY & SCRIVEN, 1964). O pólen de *R. communis* foi coletado a partir de plantas saudáveis, sem aplicação de agrotóxicos, localizadas em ambiente

urbano segundo metodologia de Gravena *et al.* (1994). O pólen foi conservado em tubos de microcentrífuga Eppendorf® a $\pm 6^{\circ}\text{C}$.

2.2.2 Criação de ácaros fitófagos

Os ácaros fitófagos *T. bastosi* e *P. latus* foram coletados a partir de plantas de pinhão-manso, infestadas, em lavoura experimental já estabelecida na UFT – *Campus* de Gurupi. Após a coleta, o ácaro *T. bastosi* foi transferido para plantas saudas com 90 dias de idade. As plantas de pinhão-manso contendo *T. bastosi* foram mantidas a temperatura de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e renovadas sempre que necessário, de modo a não privar os ácaros de alimento.

Após coleta, os espécimes de *P. latus* foram transferidos para folhas jovens e limpas de pinhão-manso, de modo a estabelecer criação em laboratório. As folhas jovens de pinhão-manso, que servem de alimento para os ácaros, foram postas sobre esponja úmida e circundada por algodão hidrófilo de modo a evitar a fuga dos ácaros e manter a turgência das folhas. A cada três dias, as folhas foram renovadas para garantir a alimentação de *P. latus*. A criação de *P. latus* foi estabelecida em sala climatizada com fotoperíodo de 12h, temperatura de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 65-70%.

2.2 Dieta Mista Oferecida em Locais Distantes

Nesta parte do trabalho foi investigado se havia custo energético do predador quando este se desloca por longas distâncias para obter alimento. Além disso, também foi investigado se o predador forrageia em uma ponte de plástico com 16 cm de comprimento, o dobro do comprimento reportado por Marques *et al.* (2015) em estudo anterior, foi investigado se há custo energético do predador quando este se desloca por longas distâncias para obter alimento.

As arenas experimentais consistiram de duas placas de Petri ($\varnothing = 9\text{ cm}$), com uma fina camada de algodão hidrófilo. Cada placa continha uma folha ($\pm 5\text{ cm}$), a qual foi ligada à outra folha de pinhão-manso por meio de uma ponte de plástico com 16 cm de comprimento. Trinta fêmeas adultas de *P. latus* foram transferidas para uma folha, ao passo que a outra folha recebeu trinta fêmeas adultas de *T. bastosi*.

Após 24 horas, todas as fêmeas adultas de ambas às espécies foram removidas, permanecendo, apenas, trinta ovos de cada espécie em suas respectivas arenas. No experimento foram utilizados apenas ovos de *P. latus* e *T. bastosi*, pelos seguintes motivos: as presas não se deslocassem de um lado para o outro; devido os estágios móveis das duas presas poderem interagir entre si após mudar de lugar; pelo fato dos estágios móveis das presas apresentarem comportamento anti-predador e isso é afetado pela dieta do predador (MATHIS & SMITH 1993; VENZON *et al.*, 2000; PERSONS *et al.*, 2001; VAN MAANEN *et al.*, 2015); o uso da presa no estágio imóvel impede os indivíduos de influenciar a vulnerabilidade uns dos outros (LESNA & SABELIS, 1999).

Uma fêmea adulta de *E. concordis* (9 dias de idade) foi colocada ao centro da ponte. Para o tratamento controle foi utilizado arenas semelhantes entre si, com as mesmas espécies de presas (*P. latus* ou *T. bastosi*) em cada lado. O ensaio experimental ocorreu em sala climatizada (28 ± 2 ° C, 65-70% U.R. e 12 horas de fotoperíodo). Cada tratamento foi constituído de 20 repetições. Ao final de 24 e 48h, foi contabilizado a proporção de ácaros de *E. concordis* que se alimentaram de ambos os lados (*P. latus* ou *T. bastosi*) e a sua oviposição. A proporção de ácaros predadores que se alimentaram em ambos lados foi analisado através do modelo linear generalizado (GLM) com distribuição de erro quasibinomial. A oviposição média de *E. concordis* foi analisada usando modelo linear generalizado (GLM) com distribuição de erro de Poisson. Todas as análises foram feitas com o software estatístico R (R 2013). Os tratamentos foram comparados através de uma simplificação do modelo por combinação de níveis de tratamento.

3. RESULTADOS

A proporção de predadores que consumiram presas em ambos os lados das placas não diferiu significativamente entre os tratamentos (Figura 1, GLM: $F_{2,57} = 0,98$, $P > 0,05$). Quando oferecido presas de espécies diferentes ou presas das mesmas espécies em ambos os lados, *E. concordis* predou na mesma proporção. Logo, observa-se que *E. concordis* não misturou sua dieta, ou seja, o ácaro não aumentou sua capacidade de forrageamento em ambos lados, quando continham espécies diferentes nas duas arenas.

A oviposição de *E. concordis* foi significativamente afetada (Figura 2, GLM, $Chi^2 = 7,78$, $d.f = 2$, $P < 0,05$). A taxa de oviposição foi menor quando *E. concordis* se alimentou de uma dieta que continha apenas *T. bastosi*. Por outro lado, não houve diferença significativa quando *E. concordis* se alimentou de dieta mista ou dieta com apenas ovos de *P. latus* (Figura 2).

4. DISCUSSÃO

Dieta mista composta de *P. latus* e *T. bastosi* quando oferecida em maior distância, não resultou no aumento de oviposição do *E. concordis*. Isto provavelmente deve-se ao fato de *E. concordis* não ter forrageando em uma distância maior em busca de misturar sua dieta. Sabe-se que, em curtas distâncias, *E. concordis* aumenta seu desempenho reprodutivo ao se alimentar de dieta mista. Além disso, *E. concordis* é conhecido por forragear ativamente em busca de misturar sua deita até certa distância (MARQUES *et al.*, 2015). A partir do estudo realizado por Marques *et al.* (2015) foi possível adicionar *E. concordis* a uma lista crescente de ácaros predadores que maximizam sua performance reprodutiva através de alimentação mista (MAYNTZ *et al.* 2005; RAUBENHEIMER *et al.*, 2007; DUSSUTOUR & SIMPSON 2009; JENSEN *et al.*, 2012).

A maioria dos estudos de dieta mista reportados na literatura trata-se de dietas artificiais ou presas que são manipuladas para conter diferentes níveis de nutrientes ou toxinas (MAYNTS *et al.*, 2005; RAUBENHEIMER *et al.*, 2007; DUSSUTOUR & SIMPSON 2009; JENSEN *et al.*, 2012). Por outro lado, estudos que reportam a dieta mista, composta de presas que co-ocorrem no campo são limitados na literatura (MARQUES *et al.*, 2015). Deste modo, os resultados observados no presente estudo adicionam importantes informações neste contexto. Pois o sistema abordado por Marques *et al.* (2015) e este trabalho mostram a dieta mista composta de presas que co-ocorrem no campo.

Dado que a oviposição de *E. concordis* foi menor quando o ácaro predador se alimentou de dieta simples (apenas *T. bastosi*) (Figura 2), sugere-se que isto pode estar relacionado às toxinas de defesa desconhecidas presentes em *T. bastosi* (MAYNTZ *et al.*, 2005). Além disso, é conhecido que ácaros predadores, como estratégia, ao se alimentar de uma dieta mista sofrem menos com os efeitos adversos das toxinas ao misturar sua alimentação (FREELAND & JANZEN 1974).

É importante ressaltar que, nem sempre, os organismos encontram alimento com diferentes composições nutricionais no mesmo local, ao passo que se torna necessário o deslocamento pelo ambiente em busca de recursos para misturar sua dieta (VENZON *et al.*, 2000; PERSONS & RYPSTRA 2001; LEFCHECK *et al.* 2013). Existem vários estudos, reportados na literatura, sobre artrópodes que forrageiam para misturar sua dieta (MAYNTZ *et al.*, 2005; RAUBENHEIMER *et al.*, 2007

DUSSUTOUR & SIMPSON 2009). Ferreira (2011), reportam que ácaros predadores apresentam melhor desempenho reprodutivo ao misturar sua dieta. Em estudo com outros artrópodes, por exemplo, gafanhotos Behmer *et al.*, (2003) mostraram que a distância entre os diferentes tipos de alimento não teve efeito significativo na quantidade de proteína e carboidratos ingeridos.

Entretanto, é provável que exista uma distância máxima que os animais percorrem para obter dieta mista. Após certa distância, o custo associado para obter essa dieta ultrapassa os benefícios obtidos pela mesma. Os resultados aqui obtidos sugerem que o aumento da distância percorrida por *E. concordis* foi suficiente para induzir custos que reduziram sua capacidade de oviposição quando submetido à dieta mista. Porém, possivelmente com o prolongamento do tempo de consumo da dieta o aumento da taxa de oviposição poderá aparecer novamente. Experimentos posteriores devem ser focados na avaliação (maior período, por exemplo, quatro dias) da taxa de oviposição de *E. concordis* quando alimentado com dieta mista separada pela mesma distância. Finalmente, este estudo adiciona importantes informações sobre uma dieta composta por presas naturais. Existem poucos estudos científicos sobre isso e o nosso trabalho vem mostrando que com o aumento da distância o predador vai preferir se alimentar de uma presa localizada mais próxima e se especializar nela.

5. CONCLUSÃO

O ácaro predador *E. concordis* não forrageou longas distâncias de modo a misturar sua dieta.

Dieta mista composta de *P. latus* e *T. bastosi* quando oferecida a longa distância não aumentou a oviposição de *E. concordis*.

Este trabalho sugere que, em ambientes onde as presas estejam localizadas em locais distantes umas das outras, o ácaro predador, irá preferir se alimentar de uma presa localizada mais próxima e se especializar nela.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEHMER, S. T.; COX, E.; RAUBENHEIMER, D.; SIMPSON, S. J. Food distance and its effect on nutrient balancing in a mobile insect herbivore. **Animal Behaviour**, v.66, p.665–675, 2003.

CRUZ, W. P.; SARMENTO, R. A.; TEODORO, A. V.; PEDRO NETO M.; IGNÁCIO M. Driving factors of the communities of phytophagous and predatory mites in a physic nut plantation and spontaneous plants associated. **Experimental and Applied Acarology**, v.60, p.509–519, 2013.

DE BRUIJN, P.J. A.; EGAS, M.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Pheromone- induced priming of a defensive response in Western flower thrips. **Journal of Chemical Ecology**, v.32, p.1599–1603, 2006.

DUSSUTOUR, A. & SIMPSON, S. J. Communal nutrition in ants. **Current Biology**, v.19, p.740–744, 2009.

FERREIRA, V. A. Desempenho de ácaros predadores sob diferentes fontes alimentares em pinhão-mansão. Dissertação (Mestrado em Entomologia) UFV-MG. 2011.

FRANCO, R. A.; REIS, P. R.; ZACARIAS, M. S.; OLIVEIRA, D. C. Influência da teia de *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) sobre os fitoseídeos predadores associados. **Neotropical Entomology**, v.39, p.97–100, 2010.

FREELAND, W. J. & JANZEN, D. H. Strategies in herbivory by mammals: the role of plant secondary compounds. **The American Naturalist**, v.108, p.269–289, 1974.

GRAVENA, S.; BENETOLI, I.; MOREIRA, P .H. R.; YAMAMOTO, P. T. *Euseius citrifolius* Denmark e Muma predation on citrus leprosis mite *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). Anais... **Sociedade Entomológica do Brasil** v.23, p.209-218, 1994.

JENSEN, K; MAYNTZ, D.; TOFT, S.; CLISSOLD, F. J.; HUNT, J.; RAUBENHEIMER, D. Optimal foraging for specific nutrients in predatory beetles. **Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences**, v.279, p.2212–2218, 2012.

LESNA, I.; SABELIS, M. W. Diet-dependent female choice for males with “good genes” in a soil predatory mite. **Nature**, v.401, p.581–584, 1999.

LOPES, E. N. Bioecologia de *Polyphagotarsonemus latus* em acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas*). Tese de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2009.

MARQUES, R. V.; SARMENTO, R. A.; LEMOS, F.; PEDRO-NETO, M.; SABELIS, M. W.; VENZON, M.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Active prey mixing as an explanation for polyphagy in predatory arthropods: synergistic dietary effects on egg production despite a behavioral cost. **Functional Ecology**, v.29, p.1317–1324, 2015.

MARQUES, C. D. C., DE OLIVEIRA, C. H. C. M., DE OLIVEIRA, C. R. F., MATIOLI, A. L., LIMA, N... Biology and life table of predator mite *Euseius concordis* (Chant, 1959)(Acari: Phytoseiidae) on physic nut. **Revista Caatinga**, p.28(2), v.249-255, 2015.

MATHIS, A.; SMITH, R. J. F. Chemical labeling of Northern pike (*Esox lucius*) by the alarm pheromone of fathead minnows (*Pimephalesromelas*). **Journal of Chemical Ecology**, v.19, p.1967–1979, 1993.

MAYNTZ, D.; RAUBENHEIMER, D.; SALOMON, M.; TOFT, S, SIMPSON, S. J. Nutrient-specific foraging in invertebrate predators. **Science**, v.307, p.111-113, 2005.

MODY, K.; UNSICKER, S. B.; LINSENMAIR, K. E. Fitness related dietmixing by intraspecific host-plant-switching of specialist insect herbivores. **Ecology**, v.88, p.1012–1020, 2007.

MCMURTRY, J. A.; SCRIVEN, G. T. Studies on the feeding, reproduction, and development of *Amblyseius hibisci* (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. **Annual Entomology Society**, n. 57, p.649-655, 1964.

PERSONS, M. H.; RYPSTRA, A. L. Wolf spiders show graded antipredator behavior in the presence of chemical cues from different sized predators. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, p.2493–2504, 2001.

PEDRO-NETO, M.; SARMENTO, R. A.; DE OLIVEIRA, W. P., PICANCO, M. C.; ERASMO, E. A. L. Biologia e tabela de vida do acaro-vermelho *Tetranychus bastosi* em pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.48, p.353–357, 2013.

PERSONS, M. H.; WALKER, S. E.; RYPSTRA, A. L.; MARSHALL, S. D. Wolf spider predator avoidance tactics and survival in the presence of diet-associated predator cues (Araneae: Lycosidae). **Animal Behaviour**, v.61, p.43–51, 2001.

RAUBENHEIMER, D.; MAYNTZ, D.; SIMPSON, S. J.; TOFT, S. Nutrient-specific compensation following diapause in a predator: implications for intraguild predation. **Ecology**, v.88, p.2598–2608, 2007.

SABELIS, M. W.; BAKKER F. M. How predatory mites cope with the web of their tetranychid prey: a functional view on dorsal chaetotaxy in the Phytoseiidae. **Experimental and Applied Acarology**, v.16, p.203–225, 1992.

SABELIS, M.W. Predatory arthropods. Natural Enemies: The Population Biology of Predators, Parasites and Diseases (ed. M.J. Crawley), p. 225–264, 1992.

SARMENTO, R. A.; RODRIGUES, D. M.; FARAJI, F.; ERASMO, E. A. L.; LEMOS, F.; TEODORO, A. V. Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v.53, p.203–214, 2011.

TOFT, S., WISE D.H. Growth, development and survival of a generalist predator fed single- and mixed species diets of a different quality. **Oecologia**, v. 119, p. 191–197, 1999.

VAN MAANEN, R.; BROUFAS, G.; DE JONG, P.; AGUILAR-FENOLLOSA, E.; REVYNTI, A.; SABELIS, M. W. Predators marked with chemical cues from one prey have increased attack success on another prey species. **Ecological Entomology**, v.40, p.62–68, 2015.

VENZON, M.; JANSSEN, A.; PALLINI, A.; SABELIS, M. W. Diet of a polyphagous arthropod predator affects refuge seeking of its thrips prey. **Animal Behaviour**, v.60, p.369–375, 2000.

VENZON, M.; LEMOS, F.; SARMENTO, R. A.; ROSADO, M. C.; PALLINI, A. Predação por coccinélideos e crisopídeo influenciada pela teia de *Tetranychus evansi*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1086–1091, 2009.

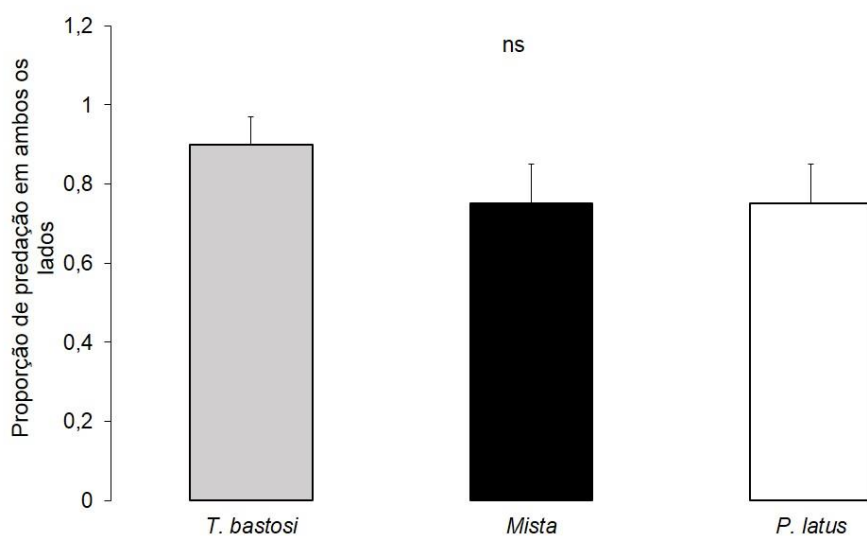


Figura 1. Proporção média (\pm Erro padrão) de predadores que se alimentam de ovos de presa em ambos os lados durante dois dias. ns indica que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F após GLM, $P > 0,05$.

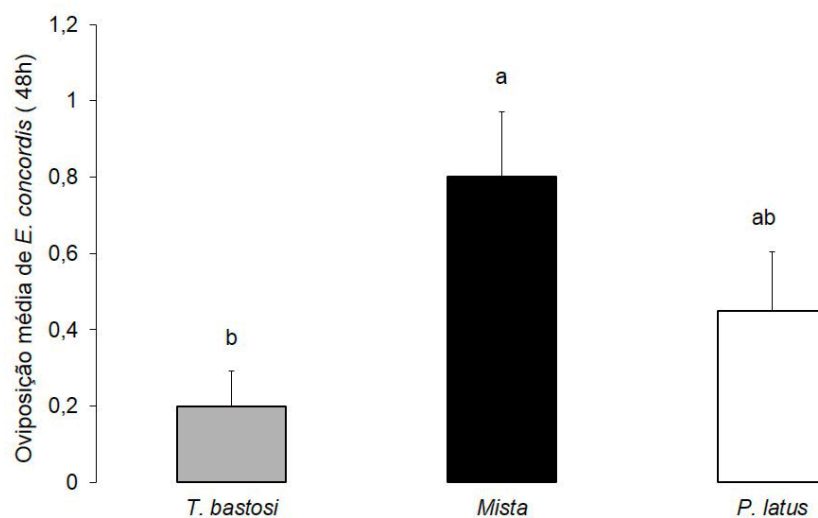


Figura 2. Oviposição média do ácaro predador *E. concordis* (\pm erro padrão) quando alimentado com ovos de *T. bastosi*, *P. latus* ou mistura de ovos das duas espécies. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos. Teste usado Ch^2 $P < 0,05$.

Coexistência de ácaros predadores que interagem por predação intraguilida recíproca é influenciada pela estrutura do habitat

RESUMO

Predação intraguilida, é a mistura de competição e predação, ocorre quando uma espécie se alimenta de outra espécie que usam os mesmos recursos. Neste trabalho foi investigado a ocorrência de predação intraguilida entre duas espécies de ácaros predadores, *I. zulaguai* e *E. concordis*, os quais estão sendo estudados como potenciais agentes de controle biológico de duas pragas da cultura do pinhão-manso e de outras culturas importantes. O estudo foi dividido em dois experimentos: no primeiro experimento foi avaliada a existência de predação intraguilida recíproca entre os ácaros predadores, bem como, a taxa de oviposição de *I. zulaguai* e *E. concordis* ao alimentarem-se de protoninfas (de ambas as espécies). O segundo experimento determinou a dinâmica populacional dos dois ácaros predadores em folhas de pinhão manso quando alimentados com pólen e mel. A avaliação ocorreu a cada dois dias (48h) até que uma das espécies fosse extinta. Os resultados obtidos mostraram que *E. concordis* e *I. zulaguai* interagem por meio da predação intraguilida recíproca. A coexistência dos ácaros predadores que interagem por meio deste tipo de predação é aumentada pelas estruturas espaciais presentes nas folhas das plantas (formato da folha entre outras), bem como pela diversificação de fontes alimentares.

PALAVRAS-CHAVE: controle biológico, dinâmica populacional, sistema experimental, Phytoseiidae, recurso compartilhado

ABSTRACT

Predation intraguild, is the mixture of competition and predation, occurs when one species feeds on another species that use the same resources. In this work we investigate the occurrence of intraguild predation between two species of predatory mites *I. zulaguai* and *E. concordis*, which are being studied as potential agents of biological control of two pests of Physic nut and other important agricultural crops. The study was divided into two experiments, namely. In the first experiment, the existence of reciprocal intraguild predation among predatory mites was evaluated, as well as the oviposition rate of *I. zulaguai* and *E. concordis* when feeding on protoninfas (both species). The second experiment demonstrates the population dynamics of the two predatory mites in sets in Physic nut leaves when fed with pollen and honey. The evaluation occurred every two days (48h) until one of the species was extinct. The results showed that *E. concordis* and *I. zulaguai* interact through reciprocal intraguild predation, whereas the coexistence of predatory mites interacting through this type of predation is increased by the spatial structures present in the leaves of the plants (leaf format among others), as well as diversification of food sources.

KEY WORDS: biological control, population dynamics, experimental system, Phytoseiidae and shared resource.

1. INTRODUÇÃO

Predação intraguilda é a mistura de competição e predação, a qual ocorre quando uma espécie se alimenta de outra espécie que utilizam os mesmos recursos (POLIS & HOLT, 1992). Essas duas interações determinam a estrutura e a composição dos ecossistemas (CHASE *et al.*, 2002; HILLERISLAMBERS & DIECKMANN, 2003). Nas últimas décadas estudos sobre predação intraguilda receberam uma atenção especial por ocorrer em muitos ecossistemas, podendo moldar a dinâmica da população e a estrutura da comunidade (POLIS *et al.*, 1989; ROSENHEIM *et al.*, 1995; POLIS & WINEMILLER 1996; HOLT & POLIS 1997; MORIN 1999; ROSENHEIM 2007).

O modelo teórico da predação intraguilda considera usualmente três parâmetros: i) o recurso compartilhado; ii) a presa intraguilda; iii) o predador intraguilda. Essa teoria prevê que as diferentes espécies podem coexistir apenas se a presa intraguilda for o melhor competidor do recurso compartilhado (HOLT & POLIS, 1997), contudo a coexistência tem parâmetro limitado a níveis intermediários de produtividade (HOLT & POLIS, 1997; DIEHL & FEISSEI, 2000; MYLIUS *et al.*, 2001). A divergência da teoria e realidade buscou fatores para aumentar a coexistência das espécies envolvidas na predação intraguilda, tais como: variação do tempo, presas alternativas e estrutura espacial (MYLIUS *et al.*, 2001; AMARASEKARE 2007; HOLT & HUXEL 2007; JANSSEN 2007; RUDOLF 2007; VANCE-CHALCRAFT *et al.*, 2007).

Cabe salientar que a predação intraguilda não é importante apenas para determinar a coexistência das espécies, mas também para uma perspectiva aplicada. Por exemplo, nos agroecossistemas, muitos organismos predadores podem se interagir através da predação intraguilda (ROSENHEIM *et al.*, 1995). Em teoria a predação intraguilda deveria prejudicar o controle biológico, porém na prática isto não ocorre frequentemente (JANSSEN *et al.*, 2006). Em trabalhos anteriores, foi observada ocorrência de predação intraguilda em um sistema de cultivo em que as possibilidades de controle biológico estavam em estudo (SARMENTO *et al.*, 2011, MARQUES *et al.*, 2015).

Ácaros predadores são frequentemente usados para o controle biológico (HUFFAKER & KENNETT, 1953; RAMAKERS 1980; NOMIKOU *et al.*, 2001; YANINEK & HANNA, 2003; MESSELINK *et al.*, 2008; JANSSEN & SABELIS 2015),

ao passo que a predação intraguilida é uma interação que ocorre comumente entre esses ácaros (SCHAUSBERGER & CROFT, 2000; MONTSERRAT *et al.*, 2006; FERREIRA *et al.*, 2011; MONTSERRAT *et al.*, 2012) e, portanto, pode interromper o controle biológico com múltiplas espécies de ácaros predadores. No presente trabalho estudamos a interação de duas espécies de ácaros predadores: *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma e *Euseius concordis* Chant. Estes dois Predadores predam ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) e o ácaro *Tetranychus bastosi* Tuttle, Baker & Sales (Acari: Tetranychidae) em plantas de *Jatropha curcas* no Brasil (SARMENTO *et al.*, 2011). Estes predadores estão em estudo como potenciais agentes de controle biológico para essas duas pragas. Portanto, verificamos se os dois predadores estão envolvidos na predação intraguilida e se isso resulta na exclusão de uma das espécies, conforme previsto pela teoria. Além disso, existem fatores que determinam se o predador é vulnerável ou não à predação intraguilida, tais como: o estágio de vida ou o tamanho do indivíduo (CLAESSEN *et al.*, 2002; DE ROOS *et al.*, 2002). Caso ocorra predação intraguilida, estes fatores determinam quem será o predador ou a presa intraguilida (CHOH *et al.*, 2012; MONTSERRAT *et al.*, 2012). Em geral, indivíduos de vários estágios ocorrem na mesma planta e, conseqüentemente interagem entre si. Nesses sistemas, ambas as espécies podem ter estágios vulneráveis ou não no mesmo habitat e podem atacar os estágios mais vulneráveis um do outro (CHOH *et al.*, 2012; MONTSERRAT *et al.*, 2012). Quando este fato acontece, pode estar ocorrendo a predação intraguilida recíproca.

Para que ocorra a predação intraguilida o predador não deve apenas matar a outra espécie, mas também consumir a presa (POLIS *et al.*, 1989). Esta avaliação se dá através da análise de sobrevivência, reprodução ou desenvolvimento do predador intraguilida quando alimentado com a presa intraguilida (FONSECA *et al.*, 2017). Neste contexto, o presente trabalho investigou a interação de *E. concordis* e *I. zuluagai* os quais são predadores de diversas pragas agrícolas dentre elas dos ácaros praga *Polyphagotarsonemus latus* e *Tetranychus bastosi* em plantas de pinhão-mansão no Brasil (SARMENTO *et al.*, 2011). O pinhão-mansão é considerada como fonte substituível de recursos não renováveis para a produção de biocombustíveis (SARMENTO *et al.*, 2011; NÓBREGA *et al.*, 2011) e bioquerosene. Estudos em andamento investigam *E. concordis* e *I. zuluagai* como potenciais agentes de controle

biológico para os ácaros fitófagos supramencionados. Assim, o objetivo do presente trabalho foi verificar se *E. concordis* e *I. zuluagai* interagem por meio da predação intraguilda. Adicionalmente, foi avaliada a dinâmica das populações de *E. concordis* e *I. zuluagai* em folhas de pinhão-manso, alimentados com pólen e mel. Também, foi verificado se as estruturas foliares de pinhão-manso (nervuras, tricomas, etc.) e a diversificação alimentar (néctar e pólen) afetam a dinâmica dos ácaros predadores em estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Sistema Experimental

O sistema experimental consistiu no estudo de duas espécies de ácaros predadores (*E. concordis*, *I. zulaguai*) e pólen de mamona *R. communis* (Reis et al., 1998) como recurso compartilhado. Os ácaros estudados possuem um ciclo de vida composto por cinco estágios: ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adultos. Esses ácaros pertencem à família Phytoseiidae, são onívoros e possuem como fonte alternativa de alimentação, o pólen de *R. communis*. Estes ácaros predadores também se alimentam dos ácaros fitófagos *P. latus* e *T. bastosi*, os quais são importantes pragas de várias culturas, por exemplo, a cultura do pinhão-mansão (SARMENTO *et al.*, 2011). O pinhão-mansão é considerada como fonte substituível de recursos não renováveis para a produção de biocombustíveis (SARMENTO *et al.*, 2011; NÓBREGA *et al.*, 2011) e bioquerosene.

2.2 Criação de Ácaros Predadores

Espécimes de *E. concordis* e *I. zulaguai* foram coletados a partir de lavouras experimentais de pinhão-mansão da UFT – Campus de Gurupi - Tocantins (11°45'47"S, 49°02'57"W). Após a coleta, os ácaros predadores foram levados para o laboratório de Ecologia Funcional e Aplicada, onde foi estabelecida uma criação massal em arenas de plásticos. As arenas consistiam em discos de plástico ($\varnothing = 7.5$ cm) flexíveis e foram fixadas ao centro de uma caixa de Gerbox[®] flutuando em água destilada em sala climatizada 28 ± 2 °C, 65-70% de umidade relativa e fotoperíodo de 12h. Sobre as arenas, foram colocados fios de algodão cobertos por pedaços de plásticos em formato de prisma que servem de abrigo para sua oviposição. Para a alimentação de *E. concordis* e *I. zulaguai* foi utilizado pólen de *R. communis* em pequenas quantidades diárias (McMurtry & Scriven, 1964). Também, o mel de *Apis mellifera* foi adicionado por se tratar de um alimento rico em energia sendo essencial para o ácaro *I. zulaguai*. O pólen de *R. communis* foi coletado a partir de plantas saudáveis, sem aplicação de Agrotóxicos (Gravena, *et al.* 1994). Após coleta, o pólen foi conservado em tubos de microcentrífuga Eppendorf[®] a ± 6 °C. O manuseio de *E. concordis* e *I. zulaguai* ocorreu através de pincel com cerdas finas e firmes com formato ligeiramente afinado, com apoio de microscópio estereoscópio (Mikros[®]). A limpeza da arena foi

realizada semanalmente, sendo os ácaros transferidos para arena limpa, de modo que não houvesse desenvolvimento de micro-organismos indesejáveis.

2.3 Predação Intraguilda Entre Ácaros Predadores Adultos.

Marques *et al* (2015) observou que poderia haver uma possível tendência de predação intraguilda interespecífica entre ácaros predadores adultos quando ocupavam o mesmo espaço. Aqui nós realizamos um novo experimento onde avaliamos a taxa de oviposição dos adultos de *I. zuluagai* e *E. concordis* alimentados com protoninfas de ambas as espécies ou sem alimento.

O experimento foi realizado em arenas plásticas ($\varnothing = 7,5$ cm) como descrito acima (item 2.2). Para verificar se os ácaros adultos das duas espécies de predadores matavam e se alimentavam de imaturos da outra espécie, uma fêmea de *I. zuluagai* ou *E. concordis* (9 dias após a oviposição) e 30 protoninfas da outra espécie foram colocadas na arena experimental. Como tratamento controle, foi colocada em uma arena apenas uma fêmea de *E. concordis* ou *I. zuluagai* sem alimento. Ao final de 48h foi observado o número de ovos ovipositados pelas fêmeas adultas de cada espécie de ácaro predador. Cada tratamento constituiu-se de 10 repetições. O número de ovos foi analisado por meio de modelo lineares generalizados (GLM) e uma distribuição de erro de Poisson. Todas as análises foram realizadas a partir do software estatístico R (R 2010).

2.4 Dinâmica Populacional de *I. zuluagai* e *E. concordis* em Folhas com Pólen e Mel.

Este experimento avaliou a dinâmica populacional de *E. concordis* e *I. zuluagai*, num ambiente contendo as estruturas das folhas e também alimento alternativo, como pólen e mel. Isto, dado que a persistência de predadores em um determinado habitat pode variar em função da estrutura e diversidade de fontes de alimento presentes no habitat (FERREIRA, 2010). O experimento foi realizado em folhas de pinhão-manso ($\varnothing = 5$ cm). As folhas foram colocadas em caixa de Gerbox[®] com espuma fixada ao meio e saturada com água destilada para evitar a fuga do ácaro predador. Primeiramente, foram colocadas 10 fêmeas (com 9 dias de idade desde a fase de ovo) de cada espécie de predador (*E. concordis* e *I. zuluagai*) em arenas de plástico

separadamente (item 2.2) e oferecido pólen e mel. Após 6 dias de exposição, todas as fases de cada predador estavam presentes nas arenas.

Adicionalmente, os espécimes de *E. concordis* e *I. zulaguai* foram transferidos para uma folha de pinhão-manso limpa, postas em caixas Gerbox[®], de modo que as duas espécies pudessem interagir por meio da predação. Nas folhas, foram oferecidos $1,5 \times 10^3$ g de pólen de *R. communis* diariamente e $3,7 \times 10^2$ g por semana. O número de ovos, imaturos e adultos dos dois predadores foram avaliados a cada dois dias até uma das espécies entrar em extinção. Como tratamento controle, em cada folha de pinhão-manso, foi colocada apenas uma espécie de ácaro predador. Cada tratamento constituiu-se de 10 repetições. A dinâmica dos ácaros predadores nas folhas foi analisada através do modelo linear de efeitos mistos (LME). Todas as análises foram realizadas a partir do software estatístico R (R, 2010).

3. RESULTADOS

3.1 Predação intraguilda entre ácaros predadores adultos

A oviposição do ácaro predador *I. zuluagai* foi significativamente maior na presença de protoninfas do ácaro *E. concordis* quando comparado com o tratamento sem alimento (Figura 1A, GLM, d.f. = 1, 38, $Ch^2 = 9.0$, d.f. = 1, $P < 0,05$). Por outro lado, a oviposição do ácaro *E. concordis* também foi significativamente maior na presença de protoninfas do ácaro *I. zuluagai* (Figura 1B, GLM, $Ch^2 = 4.3$, d.f. = 1, $P < 0,05$). A partir das informações acima podemos mostrar que os ácaros predadores *E. concordis* e *I. zuluagai* interagem através da predação intraguilda recíproca.

3.2 Dinâmica Populacional de *I. zuluagai* e *E. concordis* em folhas com pólen e mel.

As populações de ambas as espécies de ácaros predadores adultos persistiram na folha de pinhão-manso quando estavam sozinhos alimentando-se de pólen e mel durante todo o experimento (Figura 2A). No sexto dia, após juntar os dois ácaros predadores na mesma folha, o ácaro predador *E. concordis* entrou em extinção antes do décimo sexto dia, ao passo que o ácaro predador *I. zuluagai* persistiu na folha em todas as fases como mostrado nos gráficos (Figuras 2A, B e C). Todos os estágios foram extintos ao mesmo tempo, confirmando que *I. zuluagai* atacou todos os estágios do ácaro predador *E. concordis* (Figuraa 2A, B e C). Para cada espécie, ocorreu um efeito significativo da interação entre o tempo e o tratamento (sozinho ou juntos) no número de ácaros adultos (LME, *E. concordis*: $Ch^2 = 19,7$, df = 1, $P < 0,05$; *I. zuluagai*: $Ch^2 = 5,85$, df = 1, $P < 0,05$).

4. DISCUSSÃO

As espécies *E. concordis* e *I. zuluagai* interagem através de predação intraguilida recíproca. Isto fica evidente a partir dos resultados observados, dado que os adultos de ambas espécies de ácaros predadores, não somente matam a outra espécie, como também se alimentam uma das outras. Fato observado em virtude do significativo aumento na reprodução de *E. concordis* e *I. zuluagai* quando alimentados com dieta composta de estádios imaturos da outra espécie (Figura. 1).

De fato, a predação intraguilida tem sido comumente reportada em estudos com ácaros predadores (SCHAUSBERGER & CROFT 1999; HATHERLY *et al.*, 2005; MONTERRAT *et al.*, 2006; FERREIRA *et al.*, 2011), outros artrópodes (POLIS *et al.*, 1989; WISSINGER e MCGRADY, 1993; WOODWARD e HILDREW 2002) e vertebrados (TITELMAN *et al.*, 2007; BRUCE 2008; IRIGOIEN & DE ROOS 2011). Adicionalmente, em sistemas que envolvem a predação intraguilida geralmente os predadores se alimentam das fases imaturas da outra espécie, sendo menos comum atacar os adultos (TITELMAN *et al.*, 2007; IRIGOIEN & DE ROOS 2011). Mais recentemente, Marques *et al.* (2015) observaram que *I. zuluagai* ataca não somente as fases imaturas de *E. concordis* como também a fase adulta. Cabe ressaltar que os adultos de *I. zuluagai* são maiores que *E. concordis*, e isso pode tornar adultos de *E. concordis* mais vulneráveis à predação por adultos de espécies maiores (NEW 1992).

Foi observado que a coexistência de *E. concordis* e *I. zuluagai* foi maior em folhas de pinhão-manso do que em arenas artificiais de plástico, conforme reportado por Marques *et al.* (2015) para as mesmas espécies de ácaros do presente estudo. Provavelmente, isto deve-se ao fato da folha de pinhão-manso conter mais estruturas (nervuras, tricomas) em comparação com arenas de plástico. Além disso, sabe-se que as estruturas das plantas podem reduzir o encontro entre os predadores e conseqüentemente as taxas de predação (RODA, NYROP & DICKE 2000; FERREIRA *et al.*, 2011; SCHMIDT 2014). Também, a estrutura do habitat pode reduzir os efeitos da predação intraguilida (JANSSEN *et al.*, 2007), reduzindo a força de interação entre o predador intraguilida e a presa intraguilida. Provavelmente, no presente estudo, as estruturas foliares, como tricomas, podem ter afetado a coexistência dos predadores.

MARQUES *et al.* (2015), Observou que há coexistência de *E. concordis* e *I. zuluagai* quando ambos estavam na mesma planta e alimentavam-se somente de pólen (*R. communis*). Os referidos autores Marques *et al.* (2015), observaram ainda que *I. zuluagai* não permaneceu em plantas somente com pólen, sem a presença de *E. concordis*. Assim, os autores sugeriram que a possível causa da extinção de *I. zuluagai* em plantas não foi devido à interação com o outro ácaro predador, mas, sim, pela falta de componentes nutricionais em sua dieta, nutrientes estes que podem estar contidos nos nectários florais. Nesta mesma perspectiva, os resultados aqui apresentados (com folhas de pinhão-manso) corroboram com o que foi reportado por Marques *et al.* (2015). Uma vez que, quando a dieta foi composta por mel e pólen, *I. zuluagai* não entrou em extinção, ao contrário de *E. concordis* (Figura 2). Deste modo, sugere-se que as estruturas das folhas de pinhão-manso, juntamente com a diversificação alimentar, podem determinar a coexistência ou exclusão de espécies que estão envolvidas na predação intraguilida.

Neste trabalho foi mostrado que, embora as duas espécies de ácaros predadores em estudo, estejam envolvidas na predação intraguilida, estas podem coexistir na mesma planta por um longo período e a coexistência pode ser aumentada de acordo o aumento da complexidade da estrutura do habitat. Finalmente, uma das estratégias utilizadas para aumentar a permanência desses indivíduos seria a diversificação da vegetação na área cultivada que pode favorecer esses predadores, devido a disponibilidade e a abundância de alimentos alternativos como pólen e néctar (LANDIS *et al.*, 2000, GURR *et al.*, 2003; IRIGOIEN & DE ROOS 2011). Em resumo, mostramos que a relação trófica entre *E. concordis* e *I. zuluagai* pode ser afetada pela complexidade estrutural do habitat que se encontram.

5. CONCLUSÃO

Os ácaros predadores *E. concordis* e *I. zulagui* interagem por meio da predação intraguilda recíproca.

A coexistência dos ácaros predadores que interagem por meio da predação intraguilda recíproca é aumentada pelas estruturas espaciais presentes nas folhas das plantas e pela diversificação de fontes alimentares.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARASEKARE, P. Trade-offs, temporal variation, and species coexistence in communities with intraguild predation. **Ecology**, v.88, p.2720-2728, 2007.

BRUCE, R.C. Intraguild interactions and population regulation in plethodontid salamanders. **Herpetol. Monogr.** v.22, p.31-53, 2008.

CHASE, R. D.; ABRAMS, P. A.; GROVER J, DIEHL, S.; HOLT, R. D.; RICHARDS, S.; CASE, T.; WILSON, W.; NISBET, R.; CHESSON, P. **The influence between predation and competition: a review and synthesis.** *Ecol Lett* , v.5, p.302–315, 2002.

CHOH, Y., IGNACIO, M., SABELIS, M.W. & JANSSEN, A. Predator-prey role reversals, juvenile experience and adult antipredator behaviour. **Scientific Reports**, v.2, p.723-728, 2012

CLAESSEN, D., VAN OSS, C., DE ROOS, A.M., PERSSON, L. The impact of size-dependent predation on population dynamics and individual life history. **Ecology**, v.83, p.1660-1675, 2002.

DE ROOS A.M., LEONARDSON K., PERSSON L. AND MITTELBACH G.G. Ontogenetic niche shifts and flexible behavior in size-structured populations. **Ecol. Monogr.** v,72, p.271-292, 2002.

DIEHL, S. & FEISSEL, M. Effects of enrichment on three-level food chains with omnivory. **The American Naturalist**, v.155,p. 200-218. 2000

FERREIRA, A. V. Desempenho de Ácaros Predadores sob Diferentes Fontes de Alimento Pinhão-Manso. v.2, p. 30-39, 2010.

FERREIRA, J.A.M., CUNHA, D.F.S., PALLINI, A., SABELIS, M.W., JANSSEN, A. Leaf domatia reduce intraguild predation among predatory mites. **Ecological Entomology**, v.36, p.435-441, 2011.

FONSECA, M. M.; MONTSERRAT, M.; GUZMÁN, C.; TORRES-CAMPOS, I., PALLINI, A.; JANSSEN, A. **How to evaluate the potential occurrence of intraguild predation**, v.15, p. 200-218, 2011.

GERSON, U. Biology and control of the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae). **Experimental Applicata Acarology**, v.13, p.163-178, 1992.

GRAVENA, S.; BENETOLI, I.; MOREIRA, P. H. R.; YAMAMOTO, P. T. *Euseius citrifolius* Denmark e Muma predation on citrus leprosis mite *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). **Sociedade Entomológica do Brasil** n.23, p.209-218, 1994.

GURR, G. M.; WRATTEN, S.D.; LUNA, J. M. Multi-function agricultura biodiversity: pest management and other benefits. **Bas. Appl. Ecol**,v. 4, p.107-116, 2003.

HATHERLY, I. S.; BALE, J. S.; WALTERS, K .F. A. Intraguild predation and feeding preferences in three species of phytoseiid mite used for biological control. **Experimental & Applied Acarology**, v.37, p.43-55, 2005.

HILLERISLAMBERS, R. & DIECKMANN, U. **Competition and predation in simple food webs: intermediately strong trade-offs maximize coexistence**. Proc R Soc Lond, v.3, p. 270:2591–2598, 2003.

HOLT, R. D. & POLIS, G. A. **A theoretical framework for intraguild predation**. Am. Nat., v.149, p.745–764, 1997.

HOT, R. D. & HUXEL, G. R. Alternative prey and the dynamics of intraguild predation: theoretical perspectives. **Ecology**, v.88, p.2706-2712, 2007.

HOOG, B. N.; WANG, X. G.; LEVY, K.; MILLS, N. J.; DAANE., K. M. Complementary effects of resident natural enemies on the suppression of the introduced moth *Epiphyas postvittana*. **Biological Control**, v.64, p.125-131, 2013.

HUFFAKER, C. B. & KENNETT, C. E. Developments toward biological Control of Cyclamen Mite on Strawberries in California. **Journal of Economic Entomology**, v.46, p.802-812, 1953.

IRIGOIEN, X. & DE ROOS, A. The role of intraguild predation in the population dynamics of small pelagic fish. **Marine Biology**, v.158, p.1683-1690, 2011.

JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Alternative food and biological control by generalist predatory mites: the case of *Amblyseius swirskii*. **Experimental and Applied Acarology**, v.65, p.413-418, 2015.

JANSSEN, A.; SABELIS, M. W.; MAGALHÃES, S.; MONTSERRAT, M.; VAN DER HAMMEN, T. Habitat structure affects intraguild predation. **Ecology**, v.88, p.2713-2719, 2007.

LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pest in agriculture. **Ann.Rev. Entomol.** v.45, p.175-201, 2000.

MARQUES, R. M.; SARMENTO, R. A.; LEMOS, F.; PEDRO-NETO, M.; SABELIS, M. W.; VENZON, M.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Active prey mixing as an explanation for polyphagy in predatory arthropods: synergistic dietary effects on egg production despite a behavioral cost. **Functional Ecology**, v.29, p.1317–1324, 2015.

MESSELINK, G. J.; VAN MAANEN, R.; SEBASTIAAN, E. F.; VAN STEENPA, A. L.; JANSSEN, A. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. **Biological Control**, v.44, p.372-379, 2008.

MONTSERRAT, M.; JANSSEN, A.; MAGALHÃES, S.; SABELIS, M. W. To be an intra-guild predator or a cannibal: is prey quality decisive. **Ecol. Entomol**, v.31, p. 430-436, 2006.

MONTSERRAT, M.; GUZMAN, C.; SAHUN, R. M.; BELDA, J. E.; HORMAZA, J. I. Pollen supply promotes, but high temperatures demote, predatory mite abundance in avocado orchards. **Agr Ecosyst Environ**, v.164, p.155–161, 2013.

MONTSERRAT, M.; MAGALHAES, S.; SABELIS, M.W.; DE ROOS, A. M.; JANSSEN, A. Invasion success in communities with reciprocal intraguild predation depends on the stage structure of the resident population. **Oikos**, v.121, p.67-76, 2012.

MORIN, P. J. Productivity, intraguild predation, and population dynamics in experimental food webs. **Ecology**, v.80, p. 752-760, 1999.

MCMURTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annu Rev Entomol**, v.42, p.291–321, 1997.

MCMURTRY, J. A.; SCRIVEN., G. T. Studies on the feeding, reproduction, and development of *Amblyseius hibisci* (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. **Annual Entomology Society of Amstedan**, v.57, p.649-655, 1964.

MYLIUS, S. D.; KLUMPERS, K.; DE ROOS, A. M. PERSSON, L. Impact of intraguild predation and stage structure on simple communities along a productivity gradient. **The American Naturalist**, v.158, p.259-276, 2001.

NEW, T.R. **Insects as predators**. New South Wales Univerity Press, 1992.

NÓBREGA, J. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; NASCIMENTO., J. J. V. R.; GOUVEIA NETO, G.C. Efeito de tipos de adubação e lâminas de água salina em folhas de pinhão-mansó em condições de campo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, p.63-67, 2011.

NOMIKOU, M.; JANSSEN, A.; SCHRAAG, R.; SABELIS, M. W. Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. **Experimental and Applied Acarology**, v.25, p.271-291, 2001.

POLIS, G. A. & HOLT R. D. Intraguild predation - the dynamics of complex trophic interactions. **TREE**, v.7 p. 151-154, 1992.

POLIS, G. A. & WINEMILLER K. O. Food webs. **Integration of patterns & dynamics**. **Chapman & Hall**, New York, USA, 1996.

POLIS, G. A.; MYERS, C. A.; HOLT, R. D. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v.20, p.297-330, 1989.

RAMAKERS, P. M. J. Biological control of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) with *Amblyseius* spp. (Acari: Phytoseiidae). **Bulletin SROP**, v.3, p.203-207, 1980.

REIS, P. R.; CHIAVEGATO, L. G.; ALVES, E. B. Biologia de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Etomologica Brasileira**, v.27, p.185-191, 1998.

ROSENHEIM, J. A. Intraguild predation: new theoretical and empirical perspectives. **Ecology**, v.88, p.2679-2680, 2007.

ROSENHEIM, J. A.; KAYA, H. K.; EHLER, L. E.; MAROIS, J. J.; JAFFEE, B. A. Intraguild predation among biological control agents - Theory and evidence. **Biol. Contr**, v.5: p.303-335, 1995.

RUDOLF, V. H. W. The interaction of cannibalism and omnivory: consequences for community dynamics. **Ecology**, v.88, p.2697-2705, 2007.

SABELIS, M. W. How to analyse prey preference when prey density varies? A new method to discriminate between effects of gut fullness and prey type composition. **Oecologia**, v.82, p.289-298, 1990.

SARMENTO, R. A.; RODRIGUES, D. M.; FARAJI, F.; ERASMO, E. A. L.; LEMOS, F.; TEODORO, A. V.; KIKUCHI, W. T.; DOS SANTOS, G. R.; PALLINI, A. Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v.53, p.203-214, 2011.

SCHAUSBERGER, P. & CROFT, B. A. Predation and discrimination between con- and heterospecific eggs among specialist and generalist phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). **Environmental Entomology**, v.28, p.523-528, 1999.

SCHAUSBERGER, P. & CROFT, B. A. Nutritional benefits of intraguild predation and cannibalism among generalist and specialist phytoseiid mites. **Ecological Entomology**, v.25, p.473-480, 2000.

TITELMAN, J.; GANDON, L.; GOARANT; A. and Nilsen T. Intraguild predatory interactions between the jellyfish *Cyanea capillata* and *Aurelia aurita*. **Mar. Biol.** v.152, p.745-756, 2007.

VANCE-CHALCRAFT, H. D.; ROSENHEIM, J. A.; VONESH, J.;R., OSENBERG, G. W.; SIH, A. The influence of intraguild predation on prey suppression and prey release: a meta-analysis. **Ecology**, v.88, p.2689-2696, 2007.

WISSINGER S. & MCGRADY J. Intraguild predation and competition between larval dragonflies: direct and indirect effects on shared prey. **Ecology**, v.74, p.207-218, 1993.

WOODWARD, G. & HILDREW, A. G. Body-size determinants of niche overlap and intraguild predation within a complex food web. **Journal of Animal Ecology**, v.71, p.1063-1074. 2002.

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., and Langewald, L. (eds.), **Biological control in IPM systems in Africa**, CABI Publishing, Wallingford, UK, p. 61, 2003.

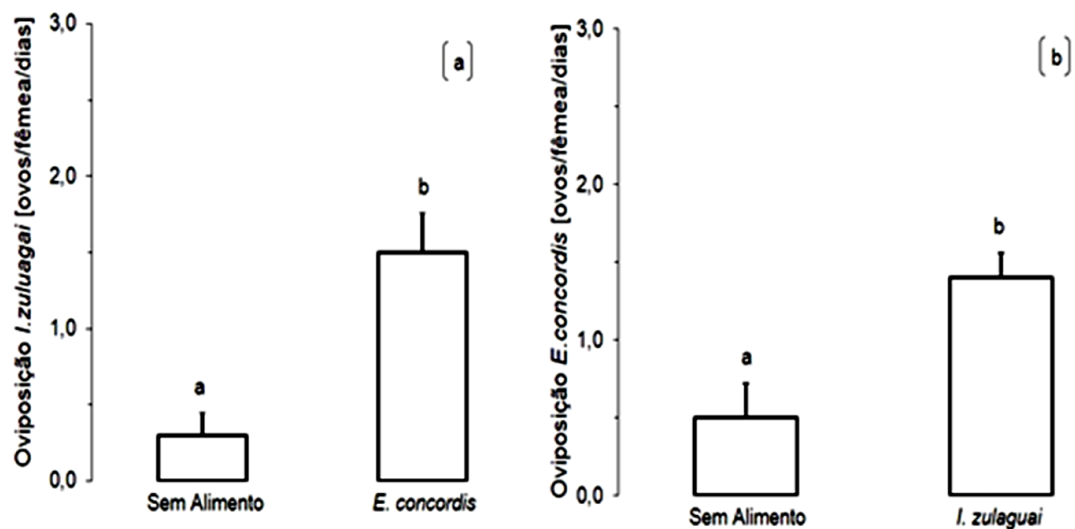


Figura 1 (a) Número de ovos (média \pm Erro padrão) após 48h produzidos pelo ácaro predador *I. zuluagai* quando alimentado com protoninfas de *E. concordis*. (b) Número de ovos (média \pm SE) após 48h produzidos pelo ácaro predador *E. concordis* quando alimentado com protoninfas de *I. zuluagai*. Letras diferentes em cima das barras indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Chi^2 após o GLM, $P < 0,05$.

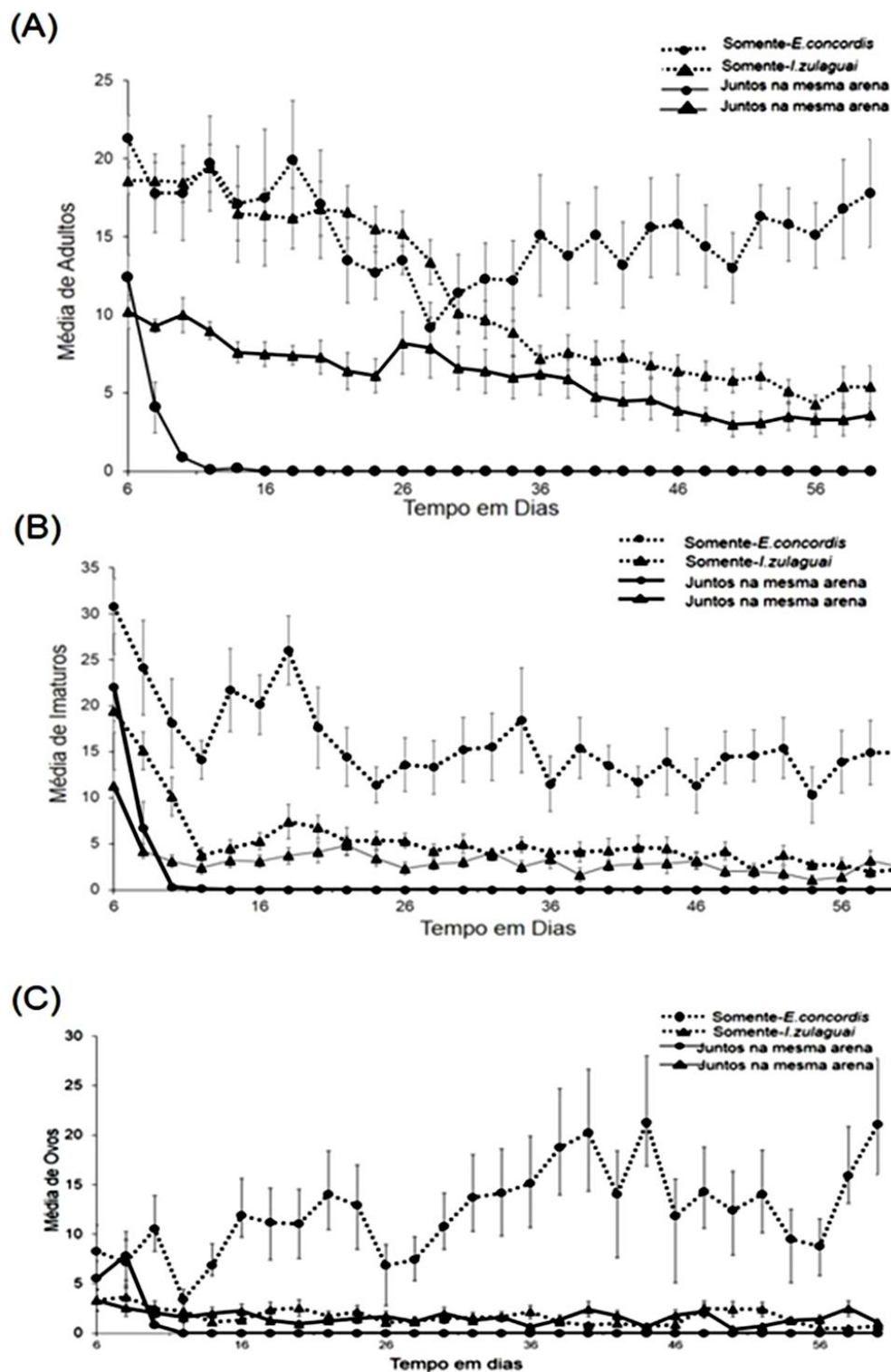


Fig. 2. Número médio de ácaros predadores (A) adultos, (B) imaturos e ovos (C) dos ácaros de *E. concordis* (círculo) e *I. zulagui* (triângulo) sozinhos (linha pontilhada) ou uma mistura dos dois predadores (linha contínua) em folhas de pinhão manso. Teste usado Ch^2 após GLM, $P < 0,05$.

CONCLUSÕES GERAIS

Em ambientes com habitat mais estruturado, como nos sistemas agroflorestais, poderá aumentar a coexistência de inimigos naturais. Conseqüentemente, o controle biológico será mais eficiente do que quando aplicado em monoculturas.