

JOANNY KELLY SILVA DOS SANTOS MARTINS

**INTERAÇÕES ECOLÓGICAS ASSOCIADAS A *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*
(MARTIUS E CHOISE) (CONVOLVULACEAE) EM UMA ÁREA DE
CAATINGA NO NORDESTE DO BRASIL**

RECIFE-PE
2015

JOANNY KELLY SILVA DOS SANTOS MARTINS

**INTERAÇÕES ECOLÓGICAS ASSOCIADAS A *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*
(MARTIUS E CHOISE) (CONVOLVULACEAE) EM UMA ÁREA DE
CAATINGA NO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Ecologia.

Orientadora: Dr^a. Jarcilene Silva de Almeida Cortez
(Universidade Federal de Pernambuco)

RECIFE-PE
2015

Interações ecológicas associadas a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* (Martius e Choise) (convolvulaceae) em uma área de Caatinga no Nordeste do Brasil

Joanny Kelly Silva dos Santos Martins

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Ecologia.

Dissertação apresentada e _____ em ____/____/____

Orientadora:

Prof^a Dra Jarcilene Silva de Almeida Cortez (UFPE)

Examinadores:

Dra. Ana Virginia de Lima Leite (UFRPE)

Dra. Tarcila Correia de Lima Nadia (UFPE)

Dr. Jean Carlos Santos (UFU)

Suplente:

Dr. Geraldo Luiz Gonçalves Soares (UFRGS)

DEDICATÓRIA

Ao meu maravilhoso e grandioso DEUS.

À minha tão amada mãe, Rosário.

Ao amor da minha vida, meu esposo José Filho.

À minha querida e dedicada avó, Eliza.

*E à minha segunda mãe e sogra Marinez,
dedico.*

“A fé e a razão constituem como que duas asas pelas quais o espírito humano se eleva para a contemplação da verdade”

Papa João Paulo II

“A razão é própria do homem e a fé, um dom que o Criador concede ao homem. Por isso, não deve haver oposição entre elas. Pelo contrário. A fé unida à inteligência e à razão propaga-se com maior facilidade. Sem a razão, pode se transformar em fanatismo...”

... A fé e a ciência não estão em lados opostos, mas comungam de um mesmo objetivo comum: a verdade”

Pe. Reginaldo Manzotti

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por ter me concedido a sabedoria e inteligência necessária para cumprir mais essa etapa de minha vida. Sempre guiando os meus passos não me deixando cair.

Aos meus pais e minha querida voinha, pela força e pelo apoio, especialmente a minha mãe Maria do Rosário por me amar tanto e caminhar comigo em todos os momentos de minha vida, principalmente os mais difíceis. A senhora é a melhor mainha do mundo.

Ao meu esposo José Filho, por todo amor, por me incentivar o tempo todo e apoiar as minhas decisões, sempre me compreendendo durante as várias vezes que precisei me ausentar, além de suportar com muita paciência minhas bruscas mudanças de humor durante o mestrado. Eu amo você.

A minha sogra Marinez, por ser como uma mãe pra mim, e em tantos momentos de estresse sempre me confortar com palavras sábias.

A minha orientadora Jarcilene, por ter me segurado quando eu caí de paraquedas, para ser sua orientanda. Além de extremamente competente como profissional, foi muito mais que isso, foi amiga, parceira... como uma mãe. Obrigada Jarcy, por ter feito parte da concretização de mais um sonho em minha vida.

As minhas queridas amigas Andréia e Luciana por ter me acompanhado e trabalhando comigo durante todas as minhas coletas de campo, me fazendo entender o que é de fato trabalhar em equipe. Vocês foram peças essenciais para a concretização deste trabalho.

As minhas irmãs de coração Edivania e Eloize, pelo simples fato de terem surgido em minha vida e me fazer entender o sentido de verdadeiras amizades, vocês foram como anjos em minha vida. Ao meu amigo Pedro pela amizade, pelos bate-papos, sem falar das determinações dos Hymenoptera do meu trabalho.

A toda equipe do LIM: Antônio, Fernanda, Fernando, Débora, Cacilda, Hiran, Silvia, Lígia, Gyslainne, Bruno, Erika, Ranilsson e George pelo compartilhamento de conhecimento e por aguentar o mal cheiro de naftalina dos meus insetos no laboratório.

A Zezinho do Laboratório de Interação Panta-Animal, pelo apoio e determinações dos meus Hymenoptra-Formicidae.

Ao Dr. Arno Antônio Lise pela boa vontade e rapidez nas identificações das aranhas deste trabalho.

Ao professor Thiago pelo grande auxílio nas análises estatísticas e por me indicar o professor Arno Lise para identificar as aranhas.

Ao professor Marcelo Kokubum (UFCG) por me ajudar a encontrar as estagiárias voluntárias (Andréia e Luciana) que tanto me ajudaram na concretização deste trabalho.

A Dr Sheila Fernandes por me auxiliar na redação do meu trabalho e com as identificações de Diptera e Coleoptra.

Aos membros da minha banca, os doutores Jean, Ana Virgínea e Tarcila por contribuir de maneira tão importante para a otimização deste trabalho.

E por fim a Fazenda Tamanduá pelo apoio e logística, especialmente a Pierre pelo acolhimento, pelas tardes de longas conversas e ao casal seu Jorge e Dona Cleonice por sempre me receber como filha em seu lar durante as coletas de campo, sem falar da deliciosa comida paraibana servida (acho que sou suspeita pra falar disso).

A todos o meu muito sincero OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1.Introdução geral.....	16
2.Fundamentação teórica.....	19
2.1. Teias tróficas: Interações planta-animal.....	19
2.2. Influência do mutualismo planta-formiga sobre o mutualismo planta-polinizador.....	20
2.3. Influência da herbivoria sobre a polinização.....	23
Referências bibliográficas.....	26
Artigo 1: Influência da Florivoria e do Patrulhamento de Formigas Associadas a Nectários Extraflorais Sobre a Taxa de Visitação de Polinizadores em <i>Ipomoea carnea</i> subs. <i>fistulosa</i> (Martius e Choise) (Convolvulaceae)	37
Introdução.....	40
Material & Métodos.....	41
Área de trabalho.....	41
O sistema de estudo.....	42
Atributos florais de <i>Ipomoea carnea</i> subs. <i>fistulosa</i> e registro da florivoria natural.....	42
Experimento I: Florivoria X frequência de visitantes florais.....	43
Experimento II: Formigas X frequência de visitantes florais.....	43
Quantificação do número de visitas dos do visitantes florais nos experimentos I e II.....	43
Coleta de visitantes florais e formigas visitantes dos Nectários extraflorais.....	44
Análises estatísticas.....	44
Resultados.....	45
Atributos florais de <i>Ipomoea carnea</i> subs. <i>fistulosa</i>	45
Registro da Florivoria natural.....	45
Polinizadores e formigas dos Nectários extraflorais.....	46
Efeito da florivoria sobre os polinizadores.....	48
Efeito do patrulhamento de formigas dos NEFs sobre os polinizadores.....	50
Discussão.....	52
Referências bibliográficas.....	55

Artigo 2: Aspectos fenológicos, herbivoria e artropodofauna associada a <i>Ipomoea carnea</i> subs. <i>fistulosa</i> em uma área de Caatinga.....	61
Introdução.....	64
Material e Métodos.....	65
Área de estudo.....	65
O sistema de estudo.....	65
Estudo da fenologia e da florivoria natural	66
Coleta da artropodofauna associada à <i>Ipomoea carnea</i> subs. <i>fistulosa</i>	66
Análise da artropodofauna.....	66
Análises estatísticas.....	66
Resultados.....	67
Fenologia.....	67
Análise da Artropodofauna.....	68
Guilda de herbívoros e herbivoria floral.....	69
Visitantes florais.....	72
Predadores.....	75
Relação entre todos os níveis tróficos.....	78
Discussão.....	80
Considerações Finais.....	83
Agradecimentos.....	83
Referências Bibliográficas.....	84
ANEXO I.....	89
ANEXO II.....	99

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1: Influência da Florivoria e do Patrulhamento de Formigas Associadas a Nectários Extraflorais Sobre a Taxa de Visitação de Polinizadores em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* (Martius e Choise) (Convolvulaceae)

- Figura 1.** Atributos florais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*. a) Exteriorização da flor para fora das folhagens b) Tubo floral reto alargando-se gradualmente em direção ao ápice c) Corola com grande área para plataforma de pouso, e internamente coloração mais escura no fundo do tubo, nas linhas de soldadura das cinco pétalas indicado pela seta. 45
- Figura 2.** Correlação linear de Pearson entre o número de insetos e o de peças florais (flores, botões e frutos) herbivoradas por inflorescência de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de Caatinga, na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba. 46
- Figura 3.** Imagem esquemática dos tratamentos de florivoria simulada em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*: Tratamento 1-50% da corola removida, Tratamento 2-100% da corola removida, Flores íntegras- não danificadas. 49
- Figura 4.** Diferenças na frequência dos visitantes florais em de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* submetidas a três tratamentos de florivoria simulada (Flores intactas= sem danos; Tratamento 1= 50% da corola removida; Tratamento 2= 100% da corola removida) (ANOVA aleatorizada em blocos: $F_{1,58}=64,15$, Teste Tukey $ab = p<0,001$; $ac = p<0,001$; $bc = p<0,001$) na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba. 49
- Figura 5.** Variação temporal da frequência de visitantes florais em três tratamentos de herbivoria simulada (Flores intactas- sem danos; Tratamento 1 - 50% da corola removida; Tratamento 2- 100% da corola removida) em flores de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*. 50
- Figura 6.** Diferenças na frequência de visitantes florais em flores ausência e presença de formigas visitando os NEFs- Nectários extraflorais (ANOVA aleatorizada em blocos: ($F_{1,58}= 106,5$, $p<0,001$); Teste Tukey $p<0,001$) em flores de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*. 51
- Figura 7.** Variação temporal da frequência de visitantes florais em flores de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* na presença e ausência de formigas associadas aos NEFs- Nectários extraflorais. Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba. 51
- Figura 8.** Variação temporal do comportamento de esquiva por abelhas em flores de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* com patrulhamento de formigas associadas aos NEFs- Nectários extraflorais. Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba. 52

Artigo 2: Aspectos fenológicos, herbivoria e artropodofauna associada a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em uma área de Caatinga

- Figura 1.** Precipitação pluviométrica de Santa Terezinha, PB antes e durante o período de coleta de dados. Fonte: (Fonte: www.cptec.inpe.br). 65
- Figura 2.** Emissão de botões, flores e frutos e sazonalidade de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* (Convolvulaceae) em área de Caatinga na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba. 67
- Figura 3.** Regressão Linear Simples entre o número de frutos totais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica mensal em área de Caatinga na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba. 68
- Figura 4.** Regressão Linear Simples entre o número de frutos imaturos de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica mensal em área de Caatinga na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba. 68
- Figura 5.** Abundância de herbívoros associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica da cidade de Santa Terezinha, PB. Regressão Linear (F=9.6171, p=0.0208). 71
- Figura 6.** Variação temporal e sazonal da florivoria de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de Caatinga na Fazenda Tamanduá em Santa Terezinha, Paraíba. 72
- Figura 7.** Representação percentual das espécies de visitantes florais, em diferentes categorias de dominância, amostrados de Agosto de 2014 a Março de 2015 em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, Santa Terezinha, Paraíba. 74
- Figura 8.** Abundância de visitantes florais associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica, Santa Terezinha, Paraíba. 74
- Figura 9.** Regressão linear entre a abundância e riqueza de Hymenoptera visitantes florais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e a precipitação pluviométrica, Santa Terezinha, Paraíba. 75
- Figura 10.** Representação percentual das espécies de predadores, em diferentes categorias de dominância, amostrados em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, Santa Terezinha, Paraíba. 76
- Figura 11.** Variação da abundância de predadores associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica ao longo do período de amostragem. 78
- Figura 12.** Variação sazonal na abundância de artrópodes associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de caatinga. 79
- Figura 13.** Variação na abundância de predadores conforme o número de presas. a) Número de predadores em geral aumentando conforme o número de herbívoros em geral aumenta. b) Número de formigas associadas a nectários extraflorais aumentando conforme o número de herbívoros florais aumenta. 79

LISTA DE TABELAS

Artigo 1: Influência da Florivoria e do Patrulhamento de Formigas Associadas a Nectários Extraflorais Sobre a Taxa de Visitação de Polinizadores em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* (Martius e Choise) (Convolvulaceae)

Tabela 1. Frequência de abelhas visitantes florais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* coletadas entre agosto de 2014 e março de 2015 em área de caatinga. Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba. 47

Tabela 2. Frequência de formigas visitantes dos nectários extraflorais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* coletadas entre agosto de 2014 e março de 2015 em área de caatinga. Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba. 48

Artigo 2: Aspectos fenológicos, herbivoria e artrópodo-fauna associada a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em uma área de Caatinga

Tabela 1. Número de espécies e indivíduos de artrópodes por táxon associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* amostrados em uma área de caatinga, Santa Terezinha, Paraíba. 68

Tabela 2. Distribuição em guildas, dominância e constância de herbívoros florais e foliares registrados em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de Caatinga, Santa Terezinha, Paraíba. 69

Tabela 3. Recursos utilizados pelos herbívoros categorizados como constantes e mais abundantes de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de caatinga, em Santa Terezinha, Paraíba. 71

Tabela 4. Visitantes florais da ordem Hymenoptera em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de caatinga, Santa Terezinha, Paraíba. 73

Tabela 5. Predadores associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de caatinga, Santa Terezinha, Paraíba. 76

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento da riqueza e abundância dos polinizadores, herbívoros, formigas e predadores de insetos associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, bem como avaliar os efeitos indiretos da florivoria e a influência do patrulhamento de formigas associadas aos nectários extraflorais sobre os polinizadores. Este trabalho foi realizado em oito meses de coleta (agosto de 2014 a março de 2015) na Fazenda Tamanduá, no município de Santa Terezinha, PB. Foi quantificado o número de visitas de polinizadores em flores com e sem patrulhamento de formigas e em flores com florivoria simulada. O número de herbívoros por inflorescência e a ocorrência de florivoria foi registrado em um experimento realizado das 5h às 17h. Os artrópodes foram coletados mensalmente para registro da riqueza e abundância. E a variação temporal da florivoria e produção de botões, flores e frutos foi registrada mensalmente. Os resultados do efeito do dano floral e presença de formigas mostraram que ambos provocam decréscimo no número de visitas totais. Isso pode ser justificado pelo fato de que o dano floral consistiu na perda de atributos florais importantes. Adicionalmente abelhas podem avaliar o padrão de simetria da flor à distância e detectar predadores corroborando com a hipótese de que predadores, tal como formigas, retiram polinizadores dos sistemas planta-polinizador. Estes efeitos para *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* podem ser considerados de risco, uma vez que é um espécie autoincompatível e depende da atividade dos polinizadores para que a sua fecundação ocorra. A composição da fauna de artrópodes associados a espécie vegetal em estudo foi representada por cinco grupos: Araneae, Coleoptera, Hymenoptera, Diptera e Hemiptera. O sistema multitrófico estudado se mostrou complexo, apresentando uma grande riqueza de artrópodes associados e variadas guildas dentre os níveis tróficos. Durante a estação seca na caatinga *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, é uma das poucas espécies que persistem com folhas e flores, fato que faz com que as populações de *I. carnea* constituam grandes manchas indicadoras de recursos para os herbívoros presentes. Esta pode ter sido uma das principais causas para que a abundância de herbívoros e taxa de herbivoria floral tenha sido mais alta nos meses com menor precipitação. De maneira geral os dados sugerem que abundância de herbívoros respondeu a qualidade e disponibilidade dos recursos vegetais, refletindo nos demais níveis tróficos como em um modelo *bottom-up* de cascata trófica.

PALAVRAS-CHAVE: Interações multitróficas, Mutualismo e antagonismo, Efeito *bottom-up*.

ABSTRACT

The objective of this study was to survey the richness and abundance of pollinators, herbivores, ants and other predators associated to *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, addition to assessing the indirect effects of florivory and the influence of patrolling ants associated with extrafloral nectaries on pollinators. The study was conducted during eight months (August/2014 – March/2015) at the Fazenda Tamanduá, municipality of Santa Terezinha, Paraíba state, Brazil. It was quantified the number of pollinator visits in flowers with and without patrolling ants and flowers with simulated florivory. The number of herbivores per inflorescence and the occurrence of florivory were recorded in an experiment conducted from 5 am to 5 pm. Arthropods were collected monthly to record the richness and abundance. The temporal variation of florivory and production of buds, flowers and fruits were recorded monthly. The results of the effect of the damage and the presence of floral ants showed that both cause a decrease in the total number of visits. This can be explained by the fact that the floral damage was the loss of important floral attributes. Additionally, bees can evaluate the pattern of flower symmetry distance and detect predators corroborating the hypothesis that predators such as ants, remove pollinators of plant-pollinator systems. These effects may be considered risky for *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, since it is a self-incompatible species and depends on the activity of pollinators for its fertilization. The composition of the arthropod fauna associated with plant species under study was represented by five groups: Araneae, Coleoptera, Hymenoptera, Diptera and Hemiptera. The highest abundance of herbivores occurred in months with low rainfall. The florivory rates were high, and more severe in the dry season. The number of ants associated to extrafloral nectaries increased directly with the abundance of herbivores over months. The multitrophic system studied showed complex, featuring a high richness of associated arthropods and various guilds among the trophic levels. During the dry season in the caatinga, *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* is one of the few species that persist with leaves and flowers, this enables the populations of *I. carnea* constitute major indicator spots resources for present herbivores. This may have been one of the main causes for the abundance of herbivores and floral herbivory rate was higher in the months with less precipitation. Overall the data suggest that abundance of herbivores was related to the quality and availability of plant resources, reflecting on other trophic levels as in a *bottom-up* model of trophic cascade.

KEY-WORDS: Multitrophic interactions, mutualism and antagonism, bottom-up effect.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Plantas com flores são recursos extremamente ricos na natureza, atraindo simultaneamente uma grande variedade de organismos tanto mutualistas (e.g., polinizadores) quanto antagonistas, como herbívoros, pilhadores e predadores de sementes (KARBAN & BALDWIN, 1997; CARIVEAU et al., 2004), enfrentando assim um *trade-off* na atratividade destes organismos (GALEN, 1999; CARIVEAU et al., 2004).

A interação entre flores e seus polinizadores é um processo ecologicamente importante, por se tratar de um mecanismo essencial para que a reprodução sexual cruzada ocorra (ASHMAN et al., 2004a). Essas interações afetam uma variedade de processos ecológicos e evolutivos (OLLERTON, 1996; ASHMAN, 2004), e são cruciais para o funcionamento dos ecossistemas terrestres (KEVAN, 1999).

Entre os mais variados grupos de polinizadores, abelhas são os principais prestadores desse serviço para as angiospermas (NEFF & SIMPSON, 1992; BIESMEIJER & SLAA, 2006), tendo papel definitivo na reprodução das plantas. Já a herbivoria pode desempenhar papel importante tanto na reprodução individual quanto na diversidade de plantas, sendo responsável por grande parte da riqueza vegetal e complexidade de interações existentes nos sistemas terrestres (OHGUSHI, 2005).

A grande diversidade de espécies vegetais característica das comunidades tropicais, tem sido atribuída a padrões espaciais de mortalidade de sementes e plantas jovens, resultante da ação de herbívoros (DEL-CLARO, 2004a). Assim a herbivoria pode desempenhar um importante papel na dinâmica populacional de plantas, provocando um incremento na taxa de mortalidade das espécies ou uma alteração nas relações competitivas entre as espécies (EHRLÉN, 1995).

Segundo Coley e Barone (1996), os herbívoros normalmente selecionam as partes das plantas que apresentam estruturas compostas por celulose e açúcares, consumindo preferencialmente as folhas jovens e as flores. Deste modo, uma pressão intensa de herbivoria pode consumir uma elevada proporção de tecidos fotossintéticos. Além disso, uma intensa herbivoria das partes reprodutivas pode prejudicar a fecundação e o desenvolvimento de frutos e sementes. Logo, a herbivoria pode afetar o crescimento, desenvolvimento e recrutamento das plantas (DEL-CLARO & OLIVEIRA, 2000).

A florivoria pode ser definida como um dano causado por um consumidor a qualquer estrutura de uma flor ou botão floral (BURGESS, 1991). Estes danos podem reduzir e inviabilizar ou até mesmo, aumentar a produção de sementes, dependendo de

onde ocorram (MCCALL, 2008). Esses efeitos sobre a aptidão do indivíduo podem ocorrer diretamente, através do consumo de toda flor ou partes das flores, ou indiretamente, pela modificação da qualidade e quantidade dos atributos florais importantes para a polinização (KRUPNICK & WEIS, 1999; MOTHERSHEAD & MARQUIS, 2000; LEAVITT & ROBERTSON, 2006), sendo os efeitos indiretos menos estudados do que os efeitos diretos (KARBAN & STRAUSS, 1993).

Os florívoros são comuns em sistemas naturais e em alguns casos até ultrapassam outros herbívoros em forma de magnitude e impacto, pois afetam a polinização, gerando consequências para a evolução do sistema sexual (MCCALL & IRWIN, 2006).

Vários estudos mostraram que grande parte da biomassa floral é alocada para estruturas de atração para os polinizadores, como as pétalas e o néctar (PLEASANTS & CHAPLIN, 1983; STANTON & PRESTON, 1988a). Desse modo, quando a herbivoria ocorre em áreas produtoras de recurso como perfume, néctar, óleos e resinas, ou até mesmo as anteras ou o estigma sofrem danos, a qualidade da polinização biótica tende a cair, prejudicando assim a produção de frutos e sementes (JOHNSON et al., 1995; FISCHER et al., 1997; CANELA & SAZIMA, 2003).

Portanto, herbívoros podem decrescer a aptidão da planta tanto por efeitos diretos (MARQUIS, 1984; QUESADA et al., 1995; STRAUSS et al., 1996; LEHTILA & STRAUSS, 1999; AVILA-SAKAR et al., 2003), como por efeitos indiretos sobre o sucesso reprodutivo da planta (OHGUSHI, 2005). A exemplo de efeitos diretos da florivoria tem-se a redução do número de frutos e sementes por perda tecidual ou custos fisiológicos dos danos causados (KARBAN & STRAUSS, 1993; KRUPNICK & WEIS 1999; MCCALL, 2008).

Como exemplo de efeito indireto, a herbivoria pode provocar alterações nos tecidos reprodutivos acessórios, tais como brácteas, pétalas e sépalas, causando modificações nos traços florais e redução no sucesso reprodutivo indiretamente por meio do decréscimo nas visitas de polinizadores (STRAUSS, 1997; LEHTILA & STRAUSS 1999; MOTHERSHEAD & MARQUIS, 2000; MCCALL & IRWIN 2006; CARDEL & KOPTUR, 2010; BOTTO-MAHAN et al., 2011;) já que, há uma ligação direta entre a qualidade dos traços da flor e a quantidade e duração da visitação de insetos visitantes florais (SUÁREZ et al., 2009). Adicionalmente, estes danos florais podem afetar o comportamento de polinizadores através de estímulos químicos induzidos pelo dano (KESSLER E HALITSCHKE, 2009; HALITSCHKE et al., 2011; LUCAS-BARBOSA et al., 2011), podendo repelir ou mesmo atrair insetos visitantes florais (GOYRET et al.,

2007) por alteração na produção de componentes voláteis da flor (THEIS et al., 2009; HALITSCHKE et al., 2011).

Em resposta à pressão de herbivoria, as plantas podem apresentar mecanismos de defesas físicas, químicas e bióticas (MELO & SILVA-FILHO, 2002). As defesas físicas podem ocorrer, por exemplo, por meio de depósitos cuticulares lipídicos contra a ação de insetos herbívoros, ou por tricomas, que dificultam a oviposição sobre a superfície das folhas. As defesas químicas incluem diversas substâncias tóxicas que podem promover repelência e toxidez, podendo levar o herbívoro à morte (MELO & SILVA-FILHO, 2002). Por fim, a defesa biótica está associada à produção de recompensas alimentares, entre as quais, néctar secretado em glândulas especializadas que atraem parceiros mutualistas (HEIL & MCKEY, 2003). Um desses casos de interação envolve plantas que possuem nectários extraflorais (NEFs) e formigas que forrageiam em busca de néctar (ELIAS, 1983). Se por um lado o benefício obtido pela formiga pode ser facilmente detectado, por outro, a eficiência da proteção contra a herbivoria é de difícil constatação e nem sempre ocorre (SCHEMSKE, 1980). No entanto, geralmente o forrageamento das formigas sobre os NEFs é benéfico para as plantas, devido à predação dos herbívoros presentes nas folhas, prevenindo possíveis danos à planta e aumentando sua aptidão (KOPTUR, 1994). Apesar disso, o impacto do comportamento agressivo das formigas sobre a aptidão das plantas em relação aos seus polinizadores é praticamente desconhecido tanto nas regiões temperadas quanto nas regiões tropicais (DEL-CLARO et al., 2009).

Desta forma o estudo de interações multitróficas desempenha papel fundamental na compreensão dos processos ecológicos que envolvem as espécies. Seus resultados indicam variações sazonais possivelmente capazes de afetar a abundância e a diversidade das espécies em um determinado ambiente natural (BOUCHER, 1985; DEL CLARO, 2004a; THOMPSON, 2005).

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento da riqueza e abundância dos polinizadores, herbívoros, formigas e demais predadores de insetos associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, bem como avaliar os efeitos indiretos da florivoria e a influência do patrulhamento de formigas associadas aos nectários extraflorais sobre os polinizadores.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Teias tróficas: Interações planta-animal

Na natureza, os seres vivos se relacionam ou interagem entre si e com o ambiente físico (*e. g.* ar, solo, água.), para promover a troca de energia e nutrientes por meio das relações tróficas, formando as cadeias tróficas, também denominadas de cadeia alimentar ou de alimento (RICKLEFS, 2010). Por conseguinte, nos ecossistemas naturais, os insetos fazem parte dessas cadeias, cada qual desempenhando suas funções.

As plantas como produtores representam a fonte de energia para toda a rede de consumidores e o seu sucesso reprodutivo interfere direta e indiretamente na estruturação das cadeias tróficas (efeito bottom-up) (ALMEIDA-CORTEZ, 2005). Com isso, as interações que as plantas realizam com animais, tanto para polinização (SILVA & TOREZAN-SILINGARDI, 2009) quanto para proteção contra herbívoros (OLIVEIRA & PIE 1998; DEL-CLARO, 2004; OLIVEIRA & FREITAS, 2004) são fundamentais para a manutenção das comunidades.

A evolução das interações entre animais e plantas pode ser melhor compreendida quando se considera a fenologia dos eventos vegetativos e reprodutivos das plantas (MORELLATO & LEITÃO FILHO, 1996). O registro da variação das características fenológicas reúne informações sobre a dinâmica das espécies vegetais, permitindo reconhecer as diferentes estratégias de floração e com isso, as formas de organização temporal dos recursos disponíveis para os animais polinizadores, dispersores e herbívoros (GENTRY, 1974; VAN SCHAIK et al., 1993). Além disso, permite a melhor compreensão de como esses recursos influenciam na variação temporal dessa fauna interagente (KUBOTA, 2003).

Os herbívoros ou consumidores primários são capazes de reduzir a capacidade fotossintetizante das plantas e facilitar a entrada de patógenos, além de reduzir a quantidade e a qualidade dos recursos a serem utilizados para o desenvolvimento e a viabilidade das sementes (CRAWLEY, 1983; ALMEIDA-CORTEZ, 2005; JANZEN, 1971). Com isso, a ação dos herbívoros tem o potencial de causar um impacto negativo no valor adaptativo (fitness) das plantas (COLEY, 1983), que em resposta desenvolvem defesas químicas, físicas, fenológicas (MARQUIS & BRAQUER, 1994; DEL-CLARO & SANTOS, 2000; ALMEIDA-CORTEZ, 2005) e bióticas, como associações com espécies de formigas (JANZEN, 1966; BOUCHER et al., 1982; FALCÃO et al., 2003; DEL CLARO, 2004). As formigas utilizam-se da superfície de plantas como substrato de forrageamento para a procura de presas, assim como de substâncias provenientes de

exsudações e secreções de insetos sugadores da ordem Hemiptera e néctar, tanto floral quanto de nectários extraflorais (DEL- CLARO & TOREZAN-SILINGARDI, 2009).

Os nectários extraflorais (NEFs) são glândulas presentes nas partes aéreas das plantas (KEELER & KAUL, 1984; MORELLATO & OLIVEIRA, 1994; FALCÃO et al., 2003) responsáveis pela secreção de néctar, mas que não estão envolvidas diretamente com a polinização (FIALA & MASCHWITZ, 1991). A secreção dos NEFs é uma substância rica em açúcares, principalmente frutose e sacarose, aminoácidos, vitaminas, água e outros compostos orgânicos (BAKER et al., 1978). A função ecológica desses nectários permanece controversa há décadas, mas muitos estudos têm demonstrado sua importância na defesa de plantas contra herbívoros (e.g. BENTLEY, 1977a; HORVITZ & SCHEMSKE, 1984; KOPTUR, 1984; FUENTE & MARQUIS, 1999).

A maioria dos estudos frequentemente experimenta, de forma separada, pressões seletivas exercidas simultaneamente por múltiplas interações, como mutualismo e antagonismo, no entanto a polinização, a herbivoria, a defesa por recursos, e as interações entre presa e predador devem ocorrer simultaneamente em um sistema multitrófico.

De acordo com Putman (1994), embora se possam estudar separadamente cada componente de um sistema, na realidade eles se encontram todos interligados, formando a grande cadeia da existência do universo. Num contexto ecológico, é fato que um organismo ou população de uma espécie não ocorre isoladamente. Os indivíduos, na verdade, fazem parte de um sistema complexo e interdependente com outros organismos, de tal maneira que a dinâmica de todos é afetada mutuamente. No entanto, estudar essas cadeias tróficas constitui-se em um trabalho complexo. Em pesquisas entomológicas o que se observa é o estudo de três pontos dessa teia, geralmente estudos com planta (produtor primário), inseto fitófago (consumidor primário) e a influência dessa interação no predador ou parasitóide (consumidor secundário). Ou seja, estudo de populações em situações experimentais são ainda fragmentadas e simplificadas, nas quais diversas interações podem não estar presentes.

2.2. Influência do mutualismo planta-formiga sobre o mutualismo planta-polinizador

As interações entre formigas e plantas têm sido estudadas intensamente nas últimas três décadas. No início desses estudos, muitos pesquisadores afirmaram que formigas atraídas pelos nectários extraflorais (NEFs) protegem a planta, mas falharam em mostrar, experimentalmente, evidências que suportassem tais conclusões (BENTLEY,

1977). Entretanto, em 1966, JANZEN apresentou os primeiros dados experimentais na América Central que demonstraram efetivamente uma relação obrigatória entre *Acacia cornigera* (Fabaceae) L. e *Pseudomyrmex ferruginea* F. Smith (1877) (Formicidae, Hymenoptera). A planta oferece espaço físico para construção de ninhos (domácias), alimento na forma de corpos protéicos (também conhecidos com corpos Beltianos) e açúcares provenientes dos NEFs em troca de proteção contra herbívoros.

Oliveira et al. (1987) foram os primeiros a apresentar essas evidências experimentais em plantas com NEFs no cerrado brasileiro. Muitos experimentos de exclusão de formigas na região dos trópicos demonstram que as formigas podem de fato beneficiar as plantas reduzindo os impactos da herbivoria (COSTA et al., 1992; DEL CLARO, et al., 1996; OLIVEIRA, 1997). Contudo, a magnitude desses benefícios pode variar grandemente devido às variações temporais e espaciais de alguns fatores que influenciam as interações, como abundância e riqueza dos insetos herbívoros (O'DOWD & CATCHPOLE, 1983; DEL CLARO, 2004) e abundância e identidade das formigas (HORVITZ E SCHEMSKE, 1984; O'DOWD & CATCHPOLE, 1983; RASHBROOK et al., 1992). Del-Claro et al. (1996) em estudo com *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae) no cerrado brasileiro demonstraram que as formigas visitantes dos NEFs reduziram a herbivoria de folhas, botões e flores, o que resultou em um aumento significativo na produção de sementes. Nesse sistema, as formigas foram eficientes na remoção do principal herbívoro, o coleóptero *Macrodactylus pumilio* Burm. (Scarabeidae). Entretanto, os resultados encontrados dois anos mais tarde na mesma área de estudo mostraram que a presença das formigas não resultou novamente em maior sucesso reprodutivo para as plantas devido à baixa abundância do coleóptero (QUEIROZ, 1998). Bronstein (1998) discute que a presença de outro nível trófico, como os herbívoros, altera as consequências das interações mutualísticas entre plantas e formigas devido às variações na abundância e riqueza desses animais ao longo do tempo, além das variações de comportamento e modos de alimentação entre a diferentes espécies (MARQUIS & BRAKER, 1994; DEL CLARO & OLIVEIRA, 2000). Com isso, as plantas com NEFs normalmente associam-se com guildas de espécies de formigas onívoras que mudam em composição e abundância no tempo e espaço (BENTLEY, 1976), o que pode comprometer a magnitude dos benefícios recebidos pelo parceiro mutualista (BRONSTEIN, 1998).

Variações similares nos benefícios têm sido encontradas em outros estudos de interações formiga-planta (BEATTIE, 1985; CUSHMAN, 1991; CUSHMAN &

ADDICOTT, 1991; FALCÃO et al., 2003). Cabe ressaltar que em alguns casos o benefício da associação pode também não ser evidenciado (O'DOWD & CATCHPOLE, 1983; RASHBROOK et al. 1992). O trabalho desenvolvido por O'dowd e Catchpole (1983) não demonstrou evidências significativas de proteção das formigas contra os predadores de sementes em Asteraceae. Os autores discutiram que fatores como a atratividade da secreção dos NEFs, a disponibilidade de recursos alternativos, a densidade e a localização dos ninhos das formigas, as características intrínsecas desses animais, a densidade dos predadores de sementes e os fatores abióticos contribuíram para a variação temporal e espacial da intensidade e fidelidade do atendimento das formigas às plantas. Com esse trabalho, os autores sugeriram que é inviável a generalização da hipótese de proteção das formigas para todas as plantas com NEFs. Esses resultados foram corroborados por Rashbrook et al. (1992) que também não detectaram efeitos positivos na interação entre formigas e *Pteridium aquilinum* (Polypodiaceae). Nesse caso, os autores sugeriram que a baixa densidade de formigas foi o fator limitante para a ocorrência do mutualismo.

No entanto, apesar da grande maioria dos estudos abordarem os benefícios para a planta há aqueles que indicam o oposto, como os casos em que polinizadores e dispersores de sementes que evitam flores e frutos devido à presença de formigas (HORVITZ & SHEMSKE, 1984). Além disso, levando em consideração o comportamento agressivo das formigas, associado ao seu hábito carnívoro, somado ao sítio de forrageamento próxima das flores, o patrulhamento de formigas atraídas pelos recursos oferecidos nos NEFs pode afastar potenciais polinizadores (WAGNER & KAY, 2002; HEIL & MCKEY, 2003), devido a simples presença das formigas nas flores, por estas serem predadoras potenciais e criarem um cenário de risco quando presentes, provocando alterações comportamentais nos visitantes florais (BELO et al., 2011).

Em geral, a influência de outras espécies e de outros níveis tróficos sobre o mutualismo tem recebido pouca atenção, particularmente quando comparada com outros tipos de interações (BRONSTEIN & BARBOSA, 2002). Portanto, o impacto do comportamento de formigas e demais predadores sobre a aptidão das plantas é praticamente desconhecido tanto nas regiões temperadas quanto nas regiões tropicais (DEL-CLARO et al., 2009). Adicionalmente, embora a presença de formigas em flores seja conspícua, até onde vai nosso conhecimento, poucos estudos foram desenvolvidos para verificar qual o papel desses animais nas relações mutualísticas entre polinizadores

e plantas com flores de regiões tropicais (ROMERO & VASCONCELLOS NETO, 2004; MORSE, 2007; GONÇALVES-SOUZA et al., 2008).

2.3. Influência da herbivoria sobre a polinização

Populações naturais de plantas com flores vivenciam interações simultâneas tanto mutualistas (e.g., polinizadores) quanto com antagonistas, como herbívoros, pilhadores e predadores de sementes (KARBAN & BALDWIN, 1997; CARIVEAU et al., 2004).

A herbivoria pode ter uma influência importante tanto na reprodução da planta quanto no seu crescimento populacional (LOUDA, 1983; MARQUIS, 1984). Herbívoros foliares e florais podem reduzir a aptidão da planta e afetar a sua polinização. Os principais efeitos provocados por herbívoros foliares que poderiam afetar a efetividade dos polinizadores são atraso do período de floração (MARQUIS, 1988; FRAZEE & MARQUIS, 1994; JUENGER & BERGELSON, 1997), redução do número de flores (KARBAN & STRAUSS, 1993; QUESADA et al., 1995; JUENGER & BERGELSON, 1997; LEHTILÄ & STRAUSS, 1999; MOTHERSHEAD & MARQUIS, 2000), decréscimo no tamanho da flor (STRAUSS et al., 1996; STRAUSS, 1997; MOTHERSHEAD & MARQUIS, 2000) e redução na qualidade ou quantidade da recompensa ao polinizador (QUESADA et al., 1995; STRAUSS et al., 1996; MOTHERSHEAD & MARQUIS, 2000). Efeitos variáveis têm sido detectados em estudos sobre influências de herbivoria foliar sobre a produção de pólen. Dependendo do tempo despendido na alimentação e da intensidade, herbívoros podem reduzir (QUESADA et al., 1995; ÁVILA-SAHAR et al., 2003), não exercer efeito algum (ÁVILA-SAKAR et al., 2003) ou aumentar a produção de pólen nas plantas (ÁVILA-SAKAR & STEPHENSON, 2006). Danos foliares podem ainda afetar o comportamento de polinizadores através de estímulos químicos induzidos pelo dano (KESSLER & HALITSCHKE, 2009; HALITSCHKE et al., 2011, LUCAS-BARBOSA et al., 2011).

Além da herbivoria foliar, as plantas recebem danos em outros tecidos, como sementes (LOUDA, 1983; CARIVEAU et al., 2004), raízes (BLOSSEY & HUNT-JOSHI, 2003; HLADUN & ADLER, 2009) e flores (KRUPNICK & WEIS, 1999; WOLFE, 2002; MCCALL & IRWIN, 2006; MCCALL, 2008; OGURO & SAKAI, 2009).

Florivoria é qualquer dano causado por consumidores em brotos florais em desenvolvimento ou em flores maduras antes da formação da cobertura das sementes e inclui danos às brácteas, sépalas, pétalas, estames, pistilos, assim como pólen e óvulos (MCCALL & IRWIN, 2006). Tal consumo pode em alguns casos causar danos quase que

completos na produção de sementes da planta (WOLFE, 2002; RIBA-HERNANDEZ & STONER, 2005), além de possuir efeitos diferentes nos órgãos vegetais em diferentes estágios de desenvolvimento (OGURO & SAKAI, 2009).

Há duas maneiras pelas quais florívoros podem decrescer a aptidão da planta: eles podem destruir tecidos reprodutivos primários, tais como pistilos, anteras e ovários, assim reduzindo diretamente o número de gametas (MARON et al., 2002; WISE & CUMMINS, 2002; ALTHOFF et al., 2005). Alternativamente, florívoros podem danificar tecidos reprodutivos acessórios, tais como brácteas, pétalas e sépalas, causando modificações nos traços florais (e.g., simetria) e redução no sucesso reprodutivo indiretamente por meio do decréscimo nas visitas de polinizadores (MCCALL & IRWIN, 2006; CARDEL & KOPTUR, 2010; BOTTO-MAHAN et al., 2011); ou de forma direta como resultado dos custos fisiológicos dos danos causados (KARBAN & STRAUSS, 1993; KRUPNICK & WEIS, 1999; ADLER, 2000; MCCALL, 2008).

Danos a pétalas ou sépalas podem alterar a aparência tanto de flores individuais como de inflorescências, as quais também podem impedir a visita de polinizadores (KARBAN & STRAUSS, 1993; MCCALL, 2008). No entanto, a maioria dos estudos enfocam os efeitos provocados pela perda da simetria da corola, já que a preferência dos polinizadores pode variar em corolas com simetria radial ou bilateral (WIGNALL et al. 2006). Assim, Lehrer et al. (1995) testaram a preferência inata de abelhas por diferentes padrões apresentados em papéis cartões e uma de suas conclusões foi que os padrões mais simétricos são mais atrativos do que os padrões menos simétricos ou não simétricos. Experimento manuseando flores naturais de *Epilobium angustifolium* (Onagraceae) para obter flores simétricas e assimétricas foi realizado por Moller (1995). Neste estudo foram criadas flores assimétricas cortando 2,0mm de uma das duas pétalas inferiores, e flores simétricas cortando 1,0 e 2,0mm de ambas as pétalas inferiores. O número de visitas de *Bombus terrestris* (Apidae) a estes grupos foi comparado e os dois tipos de flores simétricas foram mais visitados do que as flores assimétricas, demonstrando que *Bombus terrestris* usa a simetria da pétala e talvez também o tamanho como guia para sua escolha. Um terceiro tipo de experimento foi realizado por Giurfa et al. (1996) no qual abelhas foram treinadas a diferenciarem padrões de simetria bilateral de padrões assimétricos através do recebimento de recompensas, os autores também concluíram que a simetria é uma característica floral percebida pelos polinizadores. Uma vez que o papel da simetria das flores já foram bem elucidados, torna-se necessário estudos que enfoquem a influência da perda de atributos florais na atratividade de polinizadores.

A herbivoria é responsável por grande parte da riqueza vegetal e complexidade de interações existentes nos sistemas terrestres (OHGUSHI, 2005), mesmo assim os efeitos da florivoria foram pouco estudados até o momento, apesar de estudos mostrarem serem relativamente comuns na natureza (MCCALL & IRWIN, 2006). Além disso, muitos estudos avaliam o papel da simetria na preferência de herbívoros e polinizadores, e poucos estudos foram realizados em ambientes tropicais (ISHINO et al., 2011) em se tratando de perdas de atributos florais visuais (e.g. corola grande e vistosa, plataforma de pouso e guias de néctar) decorrente da ação dos herbívoros e suas implicações para atratividade de polinizadores, independentemente da perda de simetria floral.

Assim este trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo teve por objetivo testar as seguintes hipóteses: H1-Flores danificadas são menos visitadas por polinizadores; H2-O patrulhamento de formigas associadas aos nectários extraflorais (NEFs) reduz o número de visitas dos polinizadores.

O segundo capítulo teve por objetivo testar as hipóteses: H1- Há uma maior taxa de herbivoria floral no período de estiagem; H2 – Há uma relação direta entre o aumento de florívoros e o aumento de formigas associadas aos Nectários extraflorais das flores e botões; H3- O aumento de artrópodes predadores é diretamente proporcional ao aumento de herbívoros presentes na planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, L.S. Alkaloid uptake increases fitness in a hemiparasitic plant via reduced herbivory and increased pollination. **The American Naturalist**, v.156, p.92–99. 2000.
- ALMEIDA-CORTEZ, J. S. Herbivoria e mecanismos de defesa vegetal. In: Nogueira, R.J. M. C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Org.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife, 2005, v.1 , p. 389-396.
- ALTHOFF, D.M., SEGRAVES, K.A., PELLMYR, O. Community context of an obligate mutualism: pollinator and florivore effects on *Yucca Wlamentososa*. **Ecology**, v.86, p. 905–913. 2005.
- ASHMAN, T. **Flower Longevity**. p. 349-362. IN Noodén, L. D. Plant Cell Death Processes. Elsevier Academic Press. 2004. 392 pp.
- ASHMAN, T. L.; KNIGHT, T. M.; STEETS, J. A. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** V. 36, p. 467-497. 2004.
- ATKINS, M. D. **Insects in perspective**. New York: Macmillan Publishing, 1978, 513 p.
- AVILA-SAKAR, G., & STEPHENSON, A.G. Effects of the spatial pattern of leaf damage on growth and reproduction: Whole plants. **International Journal of Plant Sciences**, v. 167, p. 1021-1028. 2006.
- AVILA-SAKAR, G., S. M., SIMMERS, & A. G., STEPHENSON. The interrelationships among leaf damage, anther development, and pollen production in *Cucurbita pepo* ssp. *texana* (Cucurbitaceae). **International Journal of Plant Sciences**, v. 164, p.395-404. 2003.
- BAKER, D.A.; HALL, J.L. & THORPE, J.R. A study of the extrafloral nectaries of *Ricinus communis*. **New Phytologist**, v. 81, p.129-137. 1978.
- BEATTIE, A.J. The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms. Cambridge. UK: Cambridge University Press. 1985.
- BELO, R. M.; MOUTINHO, M. F.; SICSU, P.; FRIGERI, E. Formigas diminuem a quantidade de visitantes florais em *Cordia curassavica* (Boraginaceae). In: **Livro do curso de campo Ecologia da Mata Atlântica** (MACHADO, G.; OLIVEIRA, A. A.; PRADO, P. I., Eds). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.
- BELT, T. **The naturalist on Nicaragua**. London: *E. Bumpus*. 1874. p.300.
- BENTLEY, B.L. 1977a. The protective function of ants visiting the extrafloral nectaries of *Bixa orellana*. **J. Ecol.** v.65, p. 27-38. 1976.

BENTLEY, B.L. Plants bearing extrafloral nectaries and the associated ant community interhabitat differences in the reduction of herbivore damage. **Ecology**, v. 57, p. 815-820. 1976.

BIESMEIJER, J. C.; SLAA, E. J. The structure of eusocial bee assemblages in Brazil. *Apidologie*, n. 37, p. 240-258, 2006.

BLOSSEY B, HUNT-JOSHI T. 2003. Belowground herbivory by insects: Influence on plants and aboveground herbivores. **Annu. Rev. Entomol**, v. 48, p. 521-547. 1976.

BOTTO-MAHAN, C., RAMÍREZ, P.A., OSSA, C.G., MEDEL, R. et al. 2011. Floral herbivory affects female reproductive success and pollinator visitation in the perennial herb *Alstroemeria ligata* (Alstroemeriaceae). **International Journal of Plant Sciences**, v.172, n. 9, p.1130–1136. 1976.

BOUCHER, D.H. *The Biology of Mutualism: Ecology and Evolution*. Beckenham. Kent. Croom Helm, 1985.

BOUCHER, D.H., JAMES, S., KEELER, K.H. *The Ecology of Mutualism*. **Ann. Rev. Ecol. Syst**, v.13, p. 315-347, 1982.

BRONSTEIN, J.L. & P. BARBOSA. Multitrophic/multispecies mutualistic interactions: the role of non-mutualists in shaping and mediating mutualisms, p. 44-66. In T. TSCHARNTKE & HAWKINS, B.A. (eds.), **Multitrophic Level Interactions**. Cambridge, Cambridge University Press, 587p, 2002.

BRONSTEIN, J.L. The contribution of ant-plant protection studies to our understanding of mutualism. **Biotropica**, v. 30, p. 150-161, 1998.

BURGESS, K. H. **Florivory: the ecology of flower feeding insects and their host plants**. 1991. 224 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Harvard University, Cambridge, 1991.

CANELA, M.B.F. & SAZIMA, M. *Aechmea pectinata*: a hummingbird-dependent bromeliad with inconspicuous flowers from the rainforest in south-eastern Brazil. **Annals of Botany**, v. 92, p.731-737. 2003.

CARDEL, Y. & S. KOPTUR. Effects of florivory on the pollination of flowers: an experimental field study with a perennial plant. **International Journal of Plant Science**, v. 171, n. 3, p.283–292. 2010.

CARIVEAU, D., IRWIN, R.E., BRODY, A.K., GARCIA-MAYEYA, L.S., & VON DER OHE, A. Direct and indirect effects of pollinators and seed predators to selection on plant and floral traits. **Oikos**, v. 104, p.15–26. 2004.

- COLEY, P.D. Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. **Ecological Monographs**, v. 53, p. 209-233. 1983.
- COLEY, P.D.; BARONE, J.A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.27, p.305-335. 1996.
- CORNELISSEN T & STILING P. Sex-biased herbivory: a meta-analysis of the effects of gender on plant-herbivore interactions. **Oikos**, v.111, p.488–500. 2005.
- COSTA, F. M. C. B.; A. T. OLIVEIRA-FILHO & P. S. OLIVEIRA. The role of extrafloral nectaries in *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in limiting herbivory: an experiment of ant protection in cerrado vegetation. **Ecological Entomology**, v.17, p.363-365. 1992.
- CRAWLEY, M.J. Herbivores and plant population dynamics. In: DAVI, A.J.; HUTCHINGS, D.M.J. (Eds). **Plant Population Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1987.
- CUSHMAN, J.H. & ADDICOTT, J.F. Conditional interactions in ant-plant-herbivore mutualisms. In: Huxley, C.R., Cutler, D.F. (eds), **Ant-plant interactions**. Oxford Univ. Press, Oxford, 1991, pp.92-103.
- CUSHMAN, J.H. Host-plant mediation of insect mutualisms: variable outcomes in herbivore-ant interactions. **Oikos**, v.61, p. 138-144, 1991.
- DEL – CLARO, K. A importância do comportamento de formigas em interações formigas e trips em *Peixota tomentosa* (Malpighiaceae), no cerrado. **Revista de Etologia**, (n. especial), p. 3 - 10. 1998.
- DEL CLARO, K.; OLIVEIRA, P.S.; RICO-GRAY, V.; BARBOSA, A.A.A.; BONET, A.; SCARANO, F.R.; GARZON, F.J.M.; VILLARNOVO, G.C.; COELHO, L; SAMPAIO, M.V.; QUESADA, M.; MORRIS, M.R.; RAMIREZ, N.; MARCAL JUNIOR, O.; MACEDO, R.H.; MARQUIS, R.J.; MARTINS, R. P.; RODRIGUES & S.C.; LUTTGE, U. 2008. Tropical Biology and Natural Resources: Historical Pathways and Perspectives. In: **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK. 2009.
- DEL-CLARO, K. & OLIVEIRA, P.S. Conditional outcomes in a Neotropical treehopper-ant association: temporal and species-specific variation in ant protection and homopteran fecundity. **Oecologia**. v.124, n. 2, p.156-165. 2000.
- DEL-CLARO, K. & SANTOS J. C. A função dos nectários extra-florais em plantas do Cerrado. In: **Tópicos Atuais em Botânica**, pp.84-89. T. B. Cavalcanti & B. M. T. Walter (eds.). Sociedade Botânica do Brasil e Embrapa, Brasília. 2000.

- DEL-CLARO, K. & TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Insect-plant interactions: new pathways to a better comprehension of ecological communities in Neotropical savannas. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 2, p. 159-164, 2009.
- DEL-CLARO, K. & TOREZAN-SILINGARDI, H.M. Insect-Plant Interactions: New Pathways to a Better Comprehension of Ecological Communities in Neotropical Savannas. **Neotropical Entomology**, v. 38, p.159-164. 2009.
- DEL-CLARO, K.; BERTO, V. & REU, W. Herbivore deterrence by visiting ants increases fruitset in an extrafloral nectary plant *Qualea multiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation. **Journal of Tropical Ecology**, v.12, p. 887-892. 1996.
- DEL-CLARO, K; BERTO, V.; REU, W. Herbivore deterrence by visiting ants increases fruitset in an extrafloral nectary plant *Qualea multiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation. **Journal of Tropical Ecology**, V.12, P. 887-892, 1996.
- EHRLÉN, J. Demography of the perennial herb *Lathyrus vernus*. II. Herbivory and population dynamics. **Journal of Ecology**, v. 83, p. 297–308. 1995.
- ELIAS, T.S. Extrafloral nectaries: their structure and distribution. Pp: 174-203 In: BENTLEY, B.L. & ELIAS, T.S. (eds.). **The biology of nectaries**. Columbia University Press, New York. 1983.
- FAEGRI K & VAN DER PIJL. L. **The principles of pollination ecology**. 2.ed. Oxford: Pergamon Press. 1976.
- FALCÃO, P.F., PINNA, G.F.M., LEAL, I.R. & ALMEIDA-CORTEZ, J.S. Morphology and anatomy of extrafloral nectaries in *Solanum stramonifolium* Dunal. (SOLANACEAE). **Canadian Journal of Botany**, v.81, p.859-864, 2003.
- FIALA, B., MASCHWITZ, U. & Y.P. THO. The association between *Macaranga* and ants in South East Asia. In: HUXLEY, C.R.; CUTLER, D. F. (eds), **Interactions between ants and plants**, pp. 263-270. Oxford University Press, Oxford. 1991.
- FISHER, S.; FISCHER, T. & CAREW, T. Multiple overlapping processes underlying short-term synaptic enhancement. **T.I.N.S.**, v.20, p. 170-7. 1997.
- FRAZEE J, MARQUIS R. Environmental contribution to floral trait variation in *Chamaecrista fasciculata* (Fabaceae: Caesalpinioideae). **Am J Bot**, v. 81, p.206–215. 1994.
- FUENTE, M.A. & MARQUIS, R.J. The role of ant-tended extrafloral nectaries in the protection and benefit of a Neotropical rainforest tree. **Oecologia**, v.118, p.192-202, 1999.

- GALEN C. Why do flowers vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. **Bioscience**, 49: 631–640. 1999.
- GENTRY, H.A. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, v.6, p.64-68. 1974.
- GIURFA M, VOROBYEV M, KEVAN P, & MENZEL R. 1996. Detection of coloured stimuli by honeybees: minimum visual angles and receptor specific contrasts. **J Comp Physiol A**, v.178, p.699–709.
- GONCALVES-SOUZA, T.; OMENA, P. M.; SOUZA, J. C. & ROMERO, G. Q. Trait mediated effects on flowers: artificial spiders deceive pollinators and decrease plant fitness. **Ecology**, v.89, n. 9, p.2407–2413. 2008.
- GOYRET, J.; MARKWELL, P. M. & RAGUSO, R. A. The effect of decoupling olfactory and visual stimuli of the foraging behaviour of *Manduca sexta*. **J. Exp. Behav.** v. 210, p.1398-1405. 2007.
- HALITSCHKE, R.; J. HAMILTON, & A. KESSLER. Herbivore-induced plant vaccination. Part III: Herbivore-specific elicitation of phytochemistry as a mechanism to compensate for herbivory. **New Phytologist** (in press). 2011.
- HEIL, M. & MCKEY, D. Protective ant-plant interactions as model systems in ecological and evolutionary research. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.34, p. 425-453. 2003.
- HLADUN, K.R. & L.S. ADLER. Influence of leaf herbivory, root herbivory and pollination on plant performance in *Cucurbita moschata*. **Ecological Entomology**, v. 34, p.144-152. 2009.
- HORVITZ, C.C. & SCHEMSKE, D.W. Effects of ants and an attended herbivore on seed production of a Neotropical herb. **Ecology**, v. 65, n.5, p.1369-1378, 1984.
- ISHINO, M.N.; SIBIO, P.R. & ROSSI, M.N. Leaf trait variation on *Erythroxylum tortuosum* (Erythroxylaceae) and its relationship with oviposition preference and stress by a host-specific leaf miner. *Austral Ecology*, vol. 36, p. 203-211. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1442-9993.2010.02139.x>> Acesso em: janeiro de 2013.
- JANZEN, D. H. Sweep samples of tropical foliage insects: description of study sites, with data on species abundances and size distributions. **Ecology**, v.54, p.659-686. 1973a.
- JANZEN, D. H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. **Evolution**, v. 21, p.620-37. 1967 a.
- JANZEN, D. H. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. **Evolution**, v.20, n.3, p.249-275. 1966.

- JANZEN, D. H.; M. ATAROFF, M. FARIÑAS, S. E. REYES, N. RINCÓN, A. SOLER, P. SORIANO, & M. VERA. Changes in the arthropod community along an elevational transect in the Venezuela Andes. (in press). 1975.
- JANZEN, D.H. Seed predation by animals. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.2, p.465-492. 1971.
- JOHNSON, R.L.; GRENIER, J.K. & SCOTT, M.P. Patched overexpression alters wing disc size and pattern: transcriptional and post-transcriptional effects on hedgehog targets. **Development**, v.121, n.12, p. 4161--4170. 1995.
- JUENGER, T. & J. BERGELSON. Resource and pollen limitation of compensation to herbivory in scarlet gilia, *Ipomopsis aggregata*. **Ecology**, v.78, p.1684-1695. 1997.
- KARBAN, R. & BALDWIN, I. T. Book review: **Induced responses to herbivory**. ed. KARBAN, R. & BALDWIN, I. T. The University of Chicago Press, Chicago, 1997.
- KARBAN, R. & STRAUSS SY. Effects of herbivores on growth and reproduction of their perennial host, *Erigeron glaucus*. **Ecology**, v.74, p.39-46. 1993.
- KEELER, K.H. & KAUL. R.B. Distribution of defense nectaries in Ipomoea (Convolvulaceae). **Amer. J. Bot.** v. 71, n. 10, p.1364-1372. 1984.
- KESSLER, A. & HALITSCHKE, B.R. Testing the potential for conflicting selection on floral chemical traits by pollinators and herbivores: Predictions and case study. **Functional Ecology**, v.23, p. 901-902. 2009.
- KEVAN, P. G. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.74, p.373-393. 1999.
- KNIGHT, T.M.; MCCOY, M.W.; CHASE, J.M.; MCCOY, K.A. & HOLT, R.D. Trophic cascades across ecosystems. **Nature**, v. 437, p.880-883. 2005.
- KOPTUR, S. Outcrossing and pollinator limitation of fruit set: breeding systems of Neotropical Inga trees (Fabaceae: Mimosoideae). **Evolution**, v. 38, n. 5, 1984.
- KRUPNICK, G. A. & WEIS, A. E. 1998. Floral herbivore effect on the sex expression of an andromonoecious plant, *Isomeris arborea* (Capparaceae). **Plant Ecology**, v.134, p.151- 162.
- KUBOTA, U. Fenologia da comunidade de Asteraceae, variação temporal e determinantes locais de riqueza de insetos endófagos de capítulos. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biologia - Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP. 2003.

LEAVITT, H. & ROBERTSON, L.C. Petal herbivory by chrysomelid beetles (*Phyllotreta* sp.) is detrimental to pollination and seed production in *Lepidium papilliferum* (Brassicaceae). **Ecological Entomology**, v.31, n.657 - 660. 2006.

LEHRER, M.; HORRIDGE, G.A.; ZHANG, S.W. & GADAGKAR, R. Shape vision in bees: innate preference for flower-like patterns. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B**, v. 347, n.123–137. 1995.

LEHTILA, K. & STRAUSS, S. Effects of foliar herbivory on male and female reproductive traits of wild radish, *Raphanus raphanistrum*. **Ecology**, v.80, p. 116-124. 1999.

LEMPA K.; MARTEL J.; KORICHEVA J.; HAUKIOJA E.; OSSIPOV V.; OSSIPOVA S. & PIHLAJA K. Covariation of fluctuating asymmetry, herbivory and chemistry during birch leaf expansion. **Oecologia**, v.122, p.354-360. 2000.

LUCAS-BARBOSA D.; VAN LOON, J.J.A. & DICKE, M. The effects of herbivore-induced plant volatiles on interactions between plants and flower-visiting insects. **Phytochemistry**, v.72, p.1647–1654. 2011.

MARON, J.L.; COMBS, J.K. & LOUDA, S.M. Convergent demographic effects of 46 insect attack on related thistles in coastal vs. continental dunes. **Ecology**, v.83, p.3382–3392. 2002.

MARQUIS, R. J. Phenological variation in the Neotropical understory shrub *Piper arieianum*: causes and consequences. **Ecology**, v.69, p.1552–1565. 1988.

MARQUIS, R.J. & BRAKER, H.E. 1994. Insect-plant interactions. Ecology and Natural History of a Tropical Rain Forest. In: L.MCDADE, K.L. BAWA, H.A. HESPENHEIDE, and G.S. HARTSHORN, eds. Chicago: University of Chicago Press. pp. 261-281.

MARQUIS, R.J. Leaf herbivores decrease Fitness of a tropical plant. **Science**, 226:537–539. 1984.

MCCALL, A.C & IRWIN, R.E. Florivory: the intersection of pollination and herbivory. **Ecology Letters**, v.9, p.1351–1365. 2006.

MCCALL, A.C. Florivory affects pollinator visitation and female fitness in *Nemophila menziesii*. **Oecologia**, v.155, p.729–737. 2008.

MOLLER A.P. & ERIKSSON M. Pollinator preference for symmetrical flowers and sexual selection in plants. **Oikos**, v.73, p.15–22. 1995.

MOONEY, K. A.; HALITSCHKE, R. KESSLER, A. & AGRAWAL, A. A. Evolutionary tradeoffs in plants mediate the strength of trophic cascades. **Science**, v. 327, p.1642-1644. 2010.

- MORELLATO, L.P.C. & LEITÃO FILHO, H.F. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian forest. **Biotropica**, v.28, p.180-191. 1996.
- MORELLATO, L.P.C. & OLIVEIRA, P.S. Extrafloral nectaries in the tropical tree *Guarea macrophylla* (Meliaceae). **Can. J. Bot.**, v.72, p.157 - 160. 1994.
- MORSE, D. H. Predator upon a flower: **life history and fitness in a crab spider**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA. 2007.
- MOTHERSHEAD, K. & MARQUIS, R.J. Fitness impacts of herbivory through indirect effects on plant–pollinator interactions in *Oenothera macrocarpa*. **Evolution**, v.81, p.30–40. 2000.
- NASCIMENTO, E.A. & DEL-CLARO, K. Ant visitation to extrafloral nectaries decreases herbivory and increases fruit set in *Chamaecrista debilis* (Fabaceae) in a Neotropical savanna. **Flora**, v.205, p.754-756. 2010.
- NEFF, J. L. & SIMPSON, B. B. Bees, pollination systems and planta diversity. In: LASALLE & GAULD (eds) **Hymenoptera and Biodiversity**. CAB International, Wallingfort, p. 143-167. 1992.
- O'DOWD, D. J. & CATCHPOLE, E. A. Ants and extrafloral nectaries: no evidence for plant protection in *Helichrysum* ssp. – ant interactions. **Oecologia**, v. 59, n. 2, p. 191-200, 1983.
- OGURO, M. & SAKAI, S. Floral herbivory at different stages of flower development changes reproduction in *Iris gracilipes* (Iridaceae). **Plant Ecology**, v.202, p. 221-234. 2009
- OHGUSHI, T. Indirect interaction webs: herbivore-induced indirect effects through trait change in plants. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 36, p. 81-105. 2005.
- OLIVEIRA, P.S. & FREITAS A.V.L. Ant-Plant-Herbivore Interactions in the Neotropical Cerrado. **Savanna.Natur wissen schaften**, v.91, p.557-570. 2004.
- OLIVEIRA, P.S. & PIE, M.R. Interaction between ants and plants bearing extrafloral nectaries in cerrado vegetation. **An. Soc. Entomol. Bras.**, v.27, p.161-176, 1998.
- OLIVEIRA, P.S. The ecological function of extrafloral nectaries: herbivore deterrence by visiting ants and reproductive output in *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). **Functional Ecology**, v.11, p.323-330. 1997.
- OLIVEIRA, P.S.; SILVA, A.F. & MARTINS, A.B. Ant foraging on extrafloral nectaries of *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation: ants as potential antiherbivore agents. **Oecologia**, v.74, p.228-230, 1987.

OLLERTON, J. Reconciling ecological processes with phylogenetic patterns: the apparent paradox of plant-pollinator systems. **Journal of Ecology**, v.84, p.767-769. 1996.

PAREJA, M.; QVARFORDT, E. & WEBSTER, B. et al. Herbivory by a phloem-feeding insect inhibits floral volatile production. **PLoS ONE**, v.7, n.2, p.e31971. 2012.

PLEASANTS, J.M. & CHAPLIN, S. Nectar production rates of *Asclepias quadrifolia*: causes and consequences of individual variation. **Oecologia**, v.59, p.232-238. 1983.

PUTMAN, R. J. Community ecology. Chapman & Hall, London. 1994.

QUESADA, M.; BOLLMAN, K.A. & G. STEPHENSON. Leaf damage decreases pollen production and hinders pollen performance in *Cucurbita texana*. **Ecology**, v. 76, p.437-443. 1995.

RASHBROOK, N. K; COMPTON, S. G. & LAWTON, J. H. Ant-herbivore interactions: reasons for the absence of benefits to a fern with foliar nectaries. **Ecology**, v.75, p.2167-2174. 1992.

RIBA-HERNÁNDEZ, P. & STONER, K.E. Massive Destruction of *Symphonia globulifera* (Clusiaceae) Flowers by Central American Spider Monkeys (*Ateles geoffroyi*). **Biotropica**, v.37, 2: 274-278. 2005.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. 6ª edição. Guanabara Koogan. 546p. 2010.

ROBERTSON, I.C. & MAGUIRE, D.K. Crab spiders deter insect visitations to slickspot peppergrass flowers. **Oikos**, v.109, p.577-582. 2005.

ROMERO, G. Q. & VASCONCELLOS-NETO, J. Beneficial effects of flower-dwelling predators on their host plant. **Ecology**, v.85, p.446-457. 2004.

ROMERO, G.Q.; ANTIQUEIRA, P.A.P., & KORICHEVA, J. A Meta-Analysis of Predation Risk Effects on Pollinator Behaviour. **PLoS ONE**, v.6, n.6, p.e20689. 2011.

ROMERO, G.Q.; KORICHEVA, J. Contrasting cascade effects of carnivores on plant fitness: a meta-analysis. **Journal of Animal Ecology**, v.80, p.696–704. 2011.

RUTTER, M.T. & RAUSHER, M.D. Natural selection on extrafloral nectar production in *chamaecrista fasciculata*: the costs and benefits of a mutualism trait. **Evolution**, v.58, n. 12, p. 2657-2668. 2004.

SCHEMSKE, D.W. Evolution of floral display in the Orchid *Brassavola nodosa*. **Evolution**. V.34, n.3, p.489-493.1980.

SCHMITZ, O.J. Direct and indirect effects of predation and predation risk in oldfield interaction webs. **The American Naturalist**, v.151, p.327-342. 1998.

SILVA, C. I. & TOREZAN-SILINGARDI, H. M. Reproduction biology of tropical plants. In International Commission on Tropical Biology and Natural Resources(eds) DEL-DEL-STANTON, M.L. & PRESTON, R.E. Ecological consequences and phenotypic correlates of petal size variation in wild radish, *Raphanus sativus* (Brassicaceae). **Am J Bot**, v.75, p. 528-539. 1988a.

STOCKS, R.; MCPEEK, M.A. & MITCHELL, J. L. Evolution of prey behaviour in response to changes in predatory regime: damselflies in fish and dragonfly lakes. **Evolution**, v.57, p.574-585. 2003.

STRAUSS, S.Y; CONNER, J.K & RUSH, S.L. Foliar herbivory affects floral characters and plant attractiveness to pollinators: Implications for male and female plant fitness. **The American Naturalist**, v.147, p.1098–1107. 1996.

STRAUSS, SY. 1997. Floral characters link herbivores, pollinators, and Plant Fitness. **Ecology**, v.78, n.6, p. 1640–1645. 1997.

THEIS N.; KESLER, K. & ADLER, L.S. Leaf herbivory increases floral fragrance in male but not female *Cucurbita pepo* subsp. *texana* (Cucurbitaceae). **Flowers**, v.96, n.5, p.897-903. 2009.

THOMPSON, F. C. (editor) Biosystematic Database of World Diptera. Version 7.5. 2005. Disponível em:< <http://www.sel.barc.usda.gov/names>> Acesso em Setembro de 2014).

THOMPSON, J. N. Evolutionary ecology and the conservation of biodiversity. **Tree**. v. 11, n. 7, p. 300-303. 1996.

VAN SCHAIK, C.P., TERBORGH, J. W. & WRIGHT, S. J. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.24, p.353-377. 1993.

VON WETTSTEIN. Uber die compositen der osterreichisch-ungarischen. Flora mit zuckerabscheidenden Hullschuppen. Situngsberivhte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschanften, **Mathematisch-Naturwissnschaftleche**, v.1, n.97, p. 570-589. 1889.

WAGNER, D. & A. KAY. Do extraoral nectaries distract ants from visiting owers? An experimental test of an overlooked hypothesis. **Evolutionary Ecology Research**, v.4, p.293–305. 2002.

WIGNALL, A. E.; HELLING, A. M.; CHENG, K. & HERBERSTEIN, M. E. Flower Symmetry Preferences in Honeybees and their Crab Spider Predators. **Ethology**, v.112, p.510-518. 2006.

WISE, M.J. & CUMMINS, J.J. Nonfruiting hermaphroditic flowers as reserve ovaries in *Solanum carolinense*. **The American Midland Naturalist Journal**, v.148,p. 236-245. 2002.

WOLFE, L.M. Why alien invaders succeed: support for the escape-from-enemy hypothesis. **The American Naturalist**, v.160, p.705–711. 2002.

WOOTTON, J. T. The nature and consequences of indirect effects in Ecological communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.25, p.443–466. 1994.

Artigo 1

**INFLUÊNCIA DA FLORIVORIA E DO PATRULHAMENTO DE FORMIGAS
ASSOCIADAS A NECTÁRIOS EXTRAFLORAIS SOBRE A TAXA DE
VISITAÇÃO DE POLINIZADORES EM *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*
(MARTIUS E CHOISE) (CONVOLVULACEAE)**

Normas para publicação em Annals of the Entomological Society of America

(Anexo I)

J.S. Almeida-Cortez, Ph.D.
Laboratório de Interações Multitróficas
Departamento de Botânica-CCB.
Universidade Federal de Pernambuco
Fone/Fax: 81 2126-8348
E-mail: cortez_jarcy@yahoo.com

**Influência da florivoria e do patrulhamento de formigas associadas a nectários
extraflorais sobre a taxa de visitação de polinizadores em *Ipomoea carnea* subs.
fistulosa (Martius e Choise) (Convolvulaceae)**

J.K.S.S. Martins ¹, A.G. Carneiro ², L.S. Souza ³, J.S. Almeida-Cortez ⁴

¹Laboratório de Interações Multitróficas (UFPE), Depto. de Biologia, Universidade
Federal Rural de Pernambuco;

²Graduanda do curso de Ciências Biológicas, Depto. de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Campina Grande;

³Graduanda do curso de Ciências Biológicas, Depto. de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Campina Grande;

⁴ Laboratório de Interações Multitróficas, Depto. de Biologia, Universidade Federal de
Pernambuco.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da florivoria e do patrulhamento de formigas nos NEFs-nectários extraflorais sobre a frequência dos visitantes florais, utilizando a espécie *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* como sistema de estudo, em uma área de Caatinga. Os atributos florais da espécie foram caracterizados. O efeito da florivoria sobre a frequência dos visitantes florais foi avaliado e a influência da presença de formigas associadas aos NEFs sobre a taxa de visita de polinizadores. Além disso, a taxa de florivoria natural foi registrada e realizada a coleta de visitantes florais e formigas ao longo de oito meses. Os resultados do efeito do dano floral e presença de formigas mostraram que ambos provocam decréscimo no número de visitas totais. Isso pode ser justificado pelo fato de que o dano floral consistiu na perda de atributos florais importantes. Estes efeitos para *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* podem afetar o sucesso reprodutivo, uma vez que é uma espécie autoincompatível e depende da atividade dos polinizadores para que a sua fecundação ocorra.

PALAVRAS-CHAVE: Mutualismo, Antagonismo, Predadores, Defesa biótica, herbivoria

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of florivory and of the patrolling ants associated to EFNs-extrafloral nectaries, on the frequency of floral visitors, using the specie *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* in Caatinga area as study system. The floral attributes of the species were characterized. The effect of florivory on the frequency of floral visitors was evaluated and the influence of the presence of ants associated with EFN on the rate of visits of pollinators. In addition to natural florivory rate was recorded and performed the collection of floral visitors and ants over eight months. The results showed that the effect of florivory and the presence of ants cause decrease in the total number of visits. The explanation could be due the loss of important floral attributes caused by the floral damage. In addition, bees can distantly evaluate the pattern of flower symmetry and detect predators. These effects for *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* may be considered risky, since it is a self-incompatible species and depends on the pollinators activityfor its fertilization.

KEY-WORDS: Mutualism, Antagonism, Predators, Biotic defense, Herbivory

INTRODUÇÃO

A dinâmica da teia alimentar é fortemente relacionada às interações consumidor-recurso, em que todas as formas de vida são tanto consumidoras quanto consumidas. Relações dos tipos predador-presa, herbívoro-planta e parasita-hospedeiro são exemplos clássicos dessas interações (Paine 1980, Marquis 1984). Os impactos em cascata podem ser transmitidos de um predador através da presa até o produtor primário (efeito *top-down*) ou primeiramente do produtor primário afetando indiretamente o predador de topo (efeito *bottom-up*). Os efeitos de uma espécie sobre outra, mediados por uma terceira espécie são denominados efeitos indiretos (Wootton 1994) e possuem importância para a estrutura e produtividade das comunidades ecológicas sendo, portanto, muito estudados por ecólogos para elucidar sua prevalência na natureza (Paine 1980, Polis *et al.*, 2000, Suttle 2003, Terborgh & Estes 2010).

A florivoria é um tipo de interação que ocorre, geralmente, entre plantas e insetos e está associada a danos em estruturas com potencial reprodutivo, que vão desde botões florais até flores em antese (McCall & Irwin 2006). Vários estudos mostraram que grande parte da biomassa floral é alocada para estruturas de atração para os polinizadores, como as pétalas e o néctar (Pleasants & Chaplin 1983, Stanton & Preston 1988a). Desse modo, quando a herbivoria ocorre em áreas produtoras de recurso como perfume, néctar, óleos e resinas, ou até mesmo as anteras ou o estigma sofrem danos, a qualidade da polinização biótica tende a cair, pois a atração visual torna-se prejudicada (Fischer *et al.*, 1997, Canela & Sazima 2003). Isso ocorre devido a modificação da qualidade e quantidade dos atributos florais importantes para a polinização (Krupnick & Weis 1999, Mothershead & Marquis 2000, Leavitt & Robertson 2006), já que várias espécies de abelhas, principal grupo relacionado à polinização, tendem a evitar flores que apresentam pétalas e /ou estames com danos (Krupnic *et al.*, 1999).

Em resposta à pressão de herbivoria, as plantas desenvolveram mecanismos de defesas (Melo & Silva-Filho 2002). Entre os quais podemos destacar a defesa biótica como sendo a que está associada à produção de recompensas alimentares, como os nectários extraflorais, os quais atraem parceiros mutualistas (Heil & Mckey 2003). Os nectários extraflorais (NEFs) podem ser visitados por insetos predadores, como as formigas, que buscam secreções açucaradas produzidas por eles. Geralmente o forrageamento das formigas sobre os NEFs é benéfico para as plantas, devido à predação dos herbívoros presentes, prevenindo possíveis danos à planta e aumentando sua aptidão (Koptur 1994). No entanto, apesar da grande maioria dos estudos abordarem os

benefícios para a planta, há aqueles que indicam o oposto, como os casos em que polinizadores e dispersores de sementes que evitam flores e frutos devido à presença de formigas (Horvitz & Shemske 1984). Além disso, levando em consideração o comportamento agressivo das formigas, associado ao seu hábito carnívoro e ao sítio de forrageamento próxima das flores, o patrulhamento de formigas atraídas pelos recursos oferecidos nos NEFs pode afastar potenciais polinizadores (Wagner & Kay 2002, Heil & Mckey 2003), pois a presença de predadores (e.g. formigas) nas flores, criam um cenário de risco para os visitantes florais, provocando alterações comportamentais nos mesmos (Belo *et al.*, 2011).

Em geral a influência de outras espécies e de outros níveis tróficos sobre o mutualismo tem recebido pouca atenção, particularmente quando comparada com outros tipos de interações (Bronstein & Barbosa 2002). Tanto o impacto da florivoria quanto do comportamento de formigas sobre os visitantes florais é praticamente desconhecido em regiões temperadas e tropicais (Del-Claro *et al.*, 2009).

Portanto o presente trabalho tem por objetivo testar as seguintes hipóteses: H1- Flores danificadas são menos visitadas por polinizadores; H2-O patrulhamento de formigas associadas aos nectários extraflorais (NEFs) reduz o número de visitas dos polinizadores. Para tanto foi utilizada a espécie *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* como sistema de estudo.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de trabalho

O trabalho foi desenvolvido entre os meses de agosto de 2014 a março de 2015 na Fazenda Tamanduá, situada no município de Santa Teresinha (PB), (coordenadas 7° 2'20" S e 37° 26'43" W) com altitude média de 240 metros. Nessa região há predominância de Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 1997) com presença de afloramentos rochosos. Clima semi-árido do tipo BSh segundo a classificação de Köppen (1948). De acordo com Araújo (2000), a área de estudo se caracteriza por uma estação seca e outra chuvosa, com precipitações médias anuais em torno de 600 mm, e início da estação seca em maio, podendo se estender até janeiro. Tem como predominância a formação da Caatinga, com clima quente e seco (Prado 2003).

O sistema de estudo

Ipomoea carnea subsp. *fistulosa* (Martius e Choisy) pertence à família monofilética Convolvulaceae, amplamente distribuída nos trópicos, sendo predominantes em ambientes de áreas abertas como Cerrado e Caatinga (Junqueira & Simão-Bianchini 2006). Esta espécie é um arbusto perene, nativa da América do Sul, e ocorrendo em grande quantidade em áreas de Caatinga (Milet-Pinheiro & Schlindwein 2008). Apresenta flores efêmeras, com antese diurna (Maimoni-Rodella & Yanagizawa 2007).

Quanto ao sistema reprodutivo apresenta autoincompatibilidade, não ocorrendo produção de frutos quando submetidas a tratamentos de apomixia, autopolinização espontânea e autopolinização manual de acordo com Paz (2011) e Proctor *et al* (1996).

Esta espécie é polinizada por uma variedade de abelhas, tais como, *Ancylocelis*, *Ceratina*, *Melitoma*, *Ptilothrix*, *Trigona*, *Apis* e outras (Schlising 1970, Kiill & Ranga 2003). Atrai várias espécies de formigas devido à presença de nectários extraflorais, sendo dois localizados na face abaxial das folhas, e cinco na base das sépalas de flores e nos botões (Paz 2011), que de acordo com Frey (1995) têm função defensiva contra herbivoria, mas apesar disso Keeler (1975) registrou uma alta taxa de florivoria para esta espécie na Bolívia e na Costa Rica, pelo Coleoptera *Megacerus alternatus*. Desta forma esta espécie foi escolhida para o presente estudo, por apresentar um sistema de autoincompatibilidade, sendo a interação com os polinizadores obrigatória para sua fecundação, bem como nectários extraflorais, com patrulhamento de formigas e taxa de herbivoria floral considerável. Todos estes fatores tornam esta espécie um bom modelo para estudar a influência da florivoria e do patrulhamento por formigas na visita dos polinizadores. A espécie em estudo apresenta seus ramos e raízes emaranhadas, formando uma única mancha populacional, dificultando a distinção de indivíduos, e por esta razão quando necessário foi utilizado como unidade amostral o número de ramos.

Atributos florais e registro da florivoria natural

O diâmetro da corola foi mensurado em 30 flores e o tamanho das flores foi classificado de acordo com Machado & Lopes (2004). A tipificação da forma floral seguiu Faegri & Van Der Pijl (1979).

A fim de registrar a florivoria natural e número de flores e botões por inflorescência, um experimento foi conduzido coletando aleatoriamente 6 inflorescências de diferentes ramos a cada hora, das 05 às 17h, totalizando 78 inflorescências ao final do experimento. As inflorescências foram coletadas em sacos de papel de 10,5x25cm, e

posteriormente foi quantificado o número de insetos presentes nas inflorescências, o de flores, botões e frutos totais e com algum tipo de dano.

Experimento I: Florivoria X visitas de polinizadores

A taxa de visitas de polinizadores em flores danificadas e intactas foi avaliada através de um experimento em que 30 botões florais foram isolados em 10 ramos um dia antes da antese, sendo um trio de botões em cada ramo. Após abertas, as flores foram danificadas com o auxílio de uma tesoura, de modo que em cada trio, uma das flores teve cerca de 50% da corola removida, mantendo o tubo floral; a segunda flor teve 100% da corola removida, ficando apenas com os órgãos reprodutivos expostos; e a terceira flor permaneceu intacta (Fig 3), todas as formigas presentes nas inflorescências foram eliminadas e a resina Tangle Foot® foi aplicada a 20 cm da inflorescência para que a presença e ausência de florivoria fossem as únicas variáveis isoladas. Para permitir a observação e amostragem dos três tratamentos simultaneamente no mesmo dia, o experimento foi repetido em 3 dias consecutivos, totalizando 30 flores em cada tratamento (adaptado de Freitas & Alves, 2008; Malerbo-Souza & Halak, 2009).

Experimento II: Formigas X visitas de polinizadores

O efeito das formigas visitantes dos nectários extraflorais sobre os polinizadores foi avaliado isolando 30 botões florais em 10 ramos um dia antes do experimento, sendo um trio de botões em cada ramo, assim 5 ramos foram designados ao grupo controle e 5 para o grupo tratamento, neste as formigas e todas as estruturas do ambiente ou de outras plantas que possibilitem a subida das formigas foram removidas manualmente e uma resina Tangle Foot®, foi aplicada a 20 cm da inflorescência. Esta resina é atóxica e não afeta as plantas, atuando como uma barreira física impedindo o acesso de formigas à planta (Del-Claro *et al.* 1996). Para permitir a observação e amostragem dos dois tratamentos simultaneamente no mesmo dia, o experimento foi repetido em 2 dias consecutivos, totalizando 30 flores em cada tratamento (adaptado de Freitas & Alves 2008, Malerbo-Souza & Halak 2009).

Quantificação do número de visitas dos visitantes florais nos experimentos I e II

As observações para quantificar o número de visitas em cada flor do trio foram realizadas por dois observadores simultaneamente, de modo que cada um observou 5 trios, quantificando o número de visitas em cada trio de flores por 10 minutos, pelo

método “Janela de observação”, onde cada janela teve 10 min, totalizando 50 min de cada hora (adaptado de Freitas & Alves 2008, Malerbo-Souza & Halak 2009). Cada pouso na flor foi considerado como uma visita (Malagodi-Braga & Kleinert 2007, Polatto & Alves Jr. 2008) e cada recuo foi considerado uma esquiva. As observações ocorreram das 6 as 13h, de modo que a cada hora foi dado um intervalo de 10 minutos para evitar a influência do coletor no local. As observações totalizaram 42 horas no experimento de florivoria e 28 horas no experimento de patrulhamento de formigas.

Coleta de visitantes florais e formigas visitantes do Nectários extraflorais

Visitantes florais e formigas foram coletados com rede entomológica e manualmente, respectivamente, ao longo de oito meses (agosto de 2014 a março de 2015) para registro das espécies. A frequência das espécies foi calculada através da fórmula $F = \text{n}^\circ \text{ de meses em que a espécie X foi coletada} / \text{n}^\circ \text{ total de meses de coleta} \times 100$, e classificadas conforme Silveira Neto et al (1976) em constante > 50%, acessória > 25-50% e acidental < 25%. O comportamento e recurso coletado pelos visitantes florais constantes foi observada em 15 visitas de cada espécie.

Análises estatísticas

A relação entre o número de peças florais predadas por inflorescência e insetos encontrados em cada período foi analisada através do teste de correlação linear de Pearson. As diferenças no número de visitas entre os tratamentos de florivoria e patrulhamento de formigas, foi testada através de uma Análise de Variância (ANOVA) aleatorizada em blocos. Antes das análises, as variações foram testadas pelo teste de Shapiro-Wilk e quando necessário, os dados foram transformados em log para sua normalização. As análises estatísticas foram testadas a 5% de significância, através do software livre R 3.1.1

RESULTADOS

Atributos florais

As flores são axilares e estão reunidas em inflorescências do tipo cimeira com média de $20,47 \pm 14,24$ botões por inflorescência ($n=78$ inflorescências), variando de 1 a 59 botões em distintos estágios de desenvolvimento. A disponibilidade de flores por inflorescência variou de 1 a 8 flores com uma média de $2,23 \pm 1,47$ flores por inflorescências. As flores são exteriorizadas para fora da folhagem (Fig 1a), actinomorfas, gamopétalas do tipo campanuladas com tubo reto alargando-se gradualmente em direção ao ápice (Fig 1c), mas permitindo que grande parte da corola possa ser utilizada como plataforma de pouso, evidencia-se internamente coloração mais escura no fundo do tubo, nas linhas de soldadura das cinco pétalas e nas porções centrais das pétalas com formato triangular (Fig 1 b, c), que atuam como guias de néctar. A corola apresenta em média $93,46 \pm 5$ mm de diâmetro, o tubo floral tem em média $30,88 \pm 6$ mm altura e $9,42 \pm 2$ mm de diâmetro ($n=30$), exibem cor variando entre rosa-magenta e púrpura.

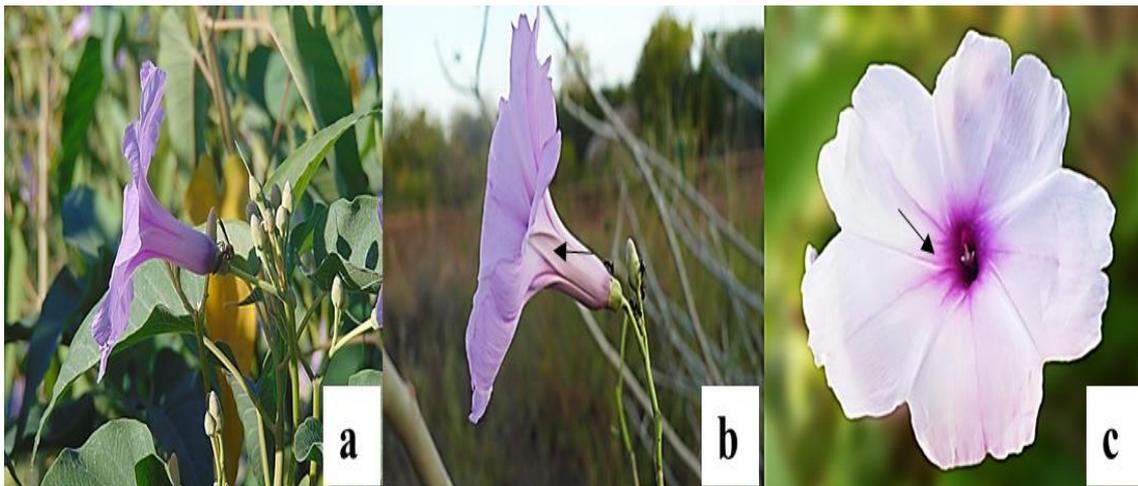


Fig 1. Atributos florais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*. a) Exteriorização da flor para fora das folhagens b) Tubo floral reto alargando-se gradualmente em direção ao ápice c) Corola com grande área para plataforma de pouso, e internamente coloração mais escura no fundo do tubo, nas linhas de soldadura das cinco pétalas indicado pela seta.

Registro da florivoria natural

Foi analisado um total de 145 flores e 1.331 botões florais, em 78 inflorescências, registrando uma média de $2,23 \pm 1,47$ flores por inflorescências e em média $20,47 \pm 14,24$ botões por inflorescência. Flores com algum tipo de herbivoria totalizaram 90,3% e botões totalizaram 7,3%.

A média de flores totais no período da manhã foi $2,45 \pm 1,7$ e o de botões $16,02 \pm 14,1$, a de flores herbivoradas foi $2,17 \pm 1,7$ (86% - $n=86$) e de botões herbivorados foi $1 \pm 1,9$ (6,8% - $n=561$). No período da tarde a média de flores totais por inflorescência foi $1,9 \pm 1,09$ e a média de botões por inflorescência foi de $25,6 \pm 12,7$, e a média de flores e botões predados por inflorescência foi de $1,9 \pm 1$ (96,6% - $n=59$) e $1,9 \pm 1,7$ (7,7% - $n=770$), respectivamente.

O número total de insetos coletados nas inflorescências foi 355, sendo 169 (47,60%) coletados de manhã e 186 (52,39%) coletados a tarde. Os coleópteros representaram um total de 345 (97,18%), o restante (2,81%) foi representado por formigas.

Não houve relação positiva e significativa entre flores (Manhã: $p=0,2756$, Tarde: $p=0,1702$), botões (Manhã: $p=0,4820$. Tarde: $p=0,476$), frutos (Manhã: $p=0,5215$. Tarde: $p=0,1369$) herbivorados e número de insetos por inflorescência quando calculados separadamente nos dois períodos do dia. Mas houve correlação significativa entre o número de insetos coletados e número total de flores, botões e frutos (Manhã: $r=0,2715$; $GL=74$; $p=0,0176$; Tarde: $r=0,2465$; $GL=68$; $p=0,0396$) (Fig 2).

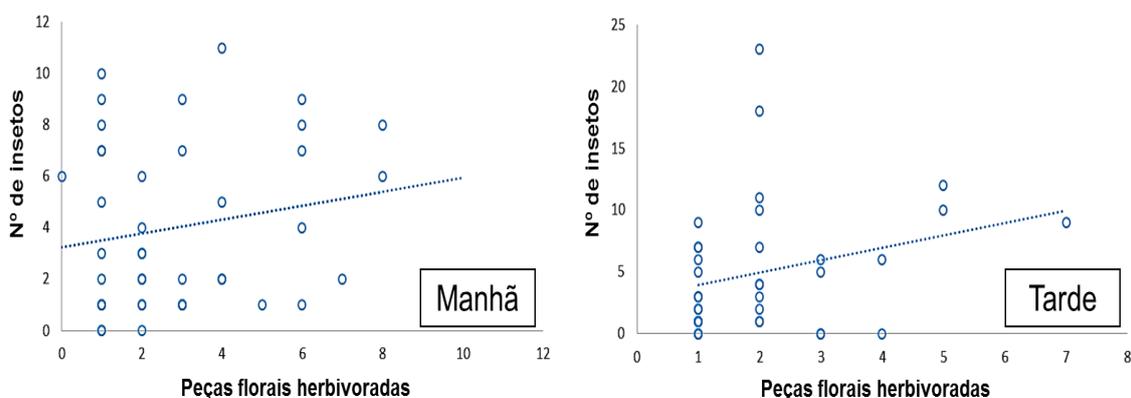


Fig 2. Correlação linear de Pearson entre o número de insetos e o de peças florais (flores, botões e frutos) herbivoradas por inflorescência de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de Caatinga, na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba.

Polinizadores e formigas visitantes dos Nectários extraflorais

Um total de 28 espécies de abelhas visitaram as flores e 17 espécies de formigas visitaram os nectários extraflorais (Tabela 1 e 2). Todas as abelhas atuaram como polinizadores. As espécies *Megachilinae* sp6 (87,5%), *Apis mellifera* (75%) e *Xylocopa frontalis* (75%) foram classificadas como constantes.

Os formicídeos foram representados por três subfamílias, Formicinae, Myrmicinae e Pseudomyrmecinae. As espécies constantes pertencem a subfamília Formicinae, entre estas estão *Camponotus crassus* (100%), *Dorymyrmex* sp.1 (75%) *Dorymyrmex* sp.2 (75%), *Camponotus* sp.1 (62,5%), *Camponotus* sp.3 (62,5%).

Tabela 1. Frequência de abelhas visitantes florais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* (Convolvulaceae) coletadas entre agosto de 2014 e março de 2015 em área de caatinga. Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba.

SUBFAMÍLIAS	MORFOESPÉCIES	FREQUÊNCIA%	CATEGORIA
Apinae	<i>Apis mellifera</i>	75	Polinizador
	Apinae sp	12,5	Polinizador
	<i>Xylocopa frontalis</i>	75	Polinizador
Halictinae	<i>Augochlora</i> sp.1	12,5	Polinizador
	<i>Habralictus</i> sp.1	50	Polinizador
	<i>Habralictus</i> sp.2	12,5	Polinizador
	<i>Habralictus</i> sp.3	12,5	Polinizador
	<i>Oragapostemon</i> sp.1	12,5	Polinizador
	<i>Paroxystoglossa</i> sp.1	25	Polinizador
	<i>Paroxystoglossa</i> sp.2	12,5	Polinizador
	<i>Pseudoaugochlora</i> sp.	50	Polinizador
Megachilinae	<i>Megachile</i> sp.1	25	Polinizador
	<i>Megachile</i> sp.2	50	Polinizador
	<i>Megachile</i> sp.2	12,5	Polinizador
	Megachilinae sp.1	37,5	Polinizador
	Megachilinae sp.2	37,5	Polinizador
	Megachilinae sp.3	12,5	Polinizador
	Megachilinae sp.4	25	Polinizador
	Megachilinae sp.5	50	Polinizador
	Megachilinae sp.6	87,5	Polinizador
	Megachilinae sp.7	25	Polinizador
Megachilinae sp.8	37,5	Polinizador	
Megachilinae sp.9	12,5	Polinizador	
Megachilinae sp.10	12,5	Polinizador	

	Megachilinae sp.11	12,5	Polinizador
Panurginae	Panurginae sp.1	37,5	Polinizador
	Panurginae sp.2	37,5	Polinizador
	Panurginae sp.3	25	Polinizador

Tabela 2. Frequência de formigas visitantes dos nectários extraflorais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* (Convolvulaceae) coletadas entre agosto de 2014 e março de 2015 em área de caatinga. Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba.

SUBFAMÍLIAS	MORFOESPÉCIES	FREQUÊNCIA%
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp.1	25
	<i>Camponotus crassus</i>	100
	<i>Camponotus</i> sp.1	62,5
	<i>Camponotus</i> sp.2	50
	<i>Camponotus</i> sp.3	62,5
	<i>Camponotus</i> sp.4	50
	<i>Camponotus</i> sp.5	25
	<i>Dorymyrmex</i> sp.1	75
	<i>Dorymyrmex</i> sp.2	75
	<i>Dorymyrmex</i> sp.3	25
Myrmicinae	<i>Cephalotes pusillus</i>	37,5
	<i>Crematogaster</i> sp.1	37,5
	<i>Crematogaster</i> sp.2	12,5
	<i>Solenopsis</i> sp.1	75
	<i>Solenopsis</i> sp.2	12,5
	<i>Solenopsis</i> sp.3	12,5
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	37,5

Efeito da florivoria sobre os polinizadores

Foram registradas 1.194 visitas de abelhas, sendo 1.141 nas flores controle e 53 visitas distribuídas entre as flores com tratamento de dano mecânico (Figs 3 e 4), mas houve apenas uma esquila de abelha em relação a uma flor do tratamento 2. A florivoria simulada (dano mecânico) afetou a frequência dos visitantes florais, havendo diferença

significativa no número de visitas totais entre flores intactas e tratamentos (ANOVA aleatorizada em blocos: $F_{1,58}=64,15$, $p<0,001$; Teste Tukey $ab = p<0,001$; $ac = p<0,001$; $bc = p<0,001$) (Fig 4). As frequências de visitas de polinizadores observadas em cada série temporal encontram-se na Fig 5.

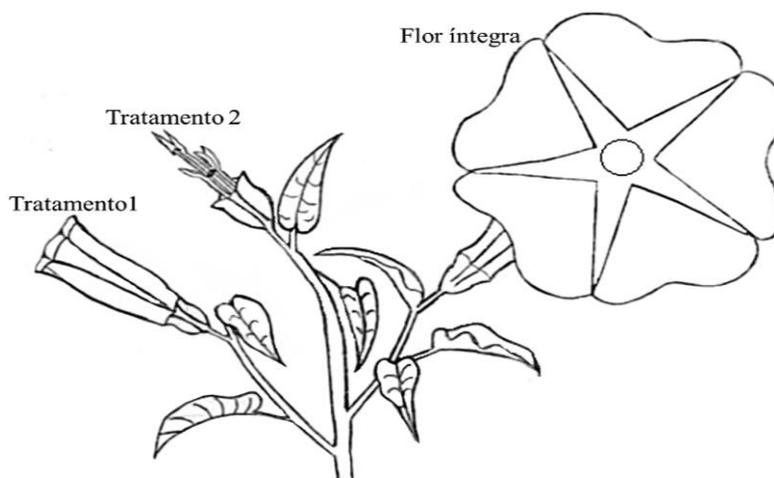


Fig 3 Imagem esquemática dos tratamentos de florivoria simulada em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*: Tratamento 1-50% da corola removida, Tratamento 2-100% da corola removida, Flores íntegras- não danificadas.

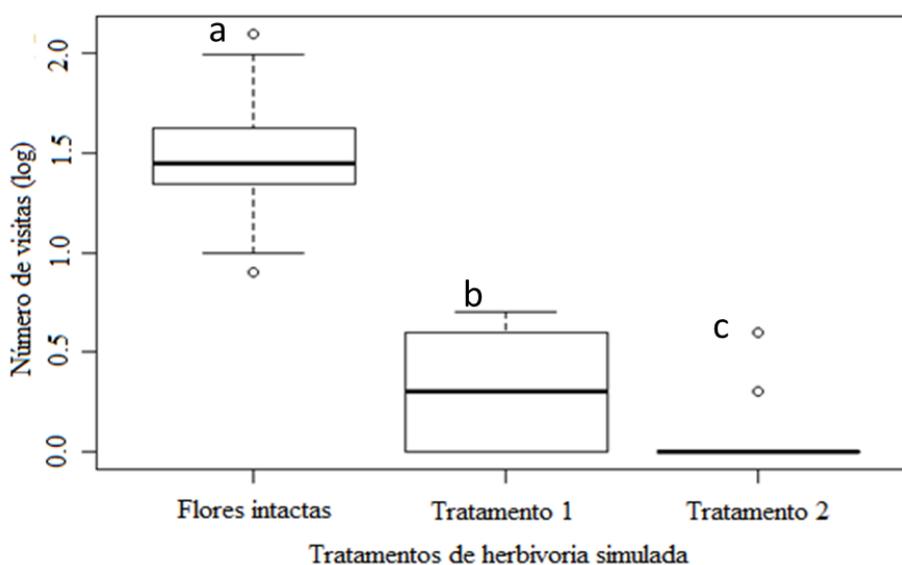


Fig 4 Diferenças na frequência dos visitantes florais em de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* submetidas a três tratamentos de florivoria simulada (Flores intactas= sem danos; Tratamento 1= 50% da corola removida; Tratamento 2= 100% da corola removida) (ANOVA aleatorizada em blocos: $F_{1,58}=64,15$, Teste Tukey $ab = p<0,001$; $ac = p<0,001$; $bc = p<0,001$) na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba.

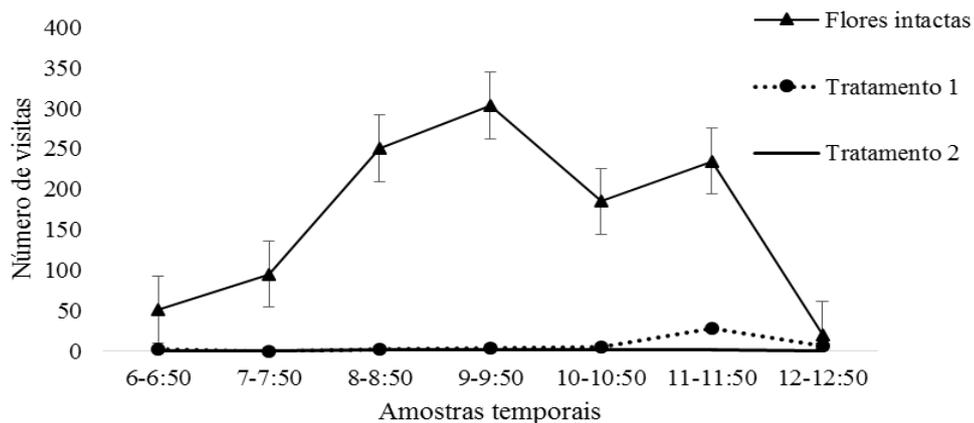


Fig 5 Variação temporal da frequência de visitantes florais em três tratamentos de herbivoria simulada (Flores intactas- sem danos; Tratamento 1 - 50% da corola removida; Tratamento 2- 100% da corola removida) em flores de *Ipomoea carnea subs. fistulosa*.

Efeito do patrulhamento de formigas dos NEFs os polinizadores

Apenas abelhas visitaram as flores de *I. carnea subs. fistulosa* durante o experimento. As formigas apresentaram um comportamento bastante agressivo durante suas visitas às flores, sendo que, em muitas ocasiões, os visitantes florais sobrevoavam as flores e desistiam do pouso devido à sua presença. Em outros casos, os visitantes pousavam na flor, mas logo eram afugentados pelas formigas. O número total de visitas em flores de ramos com formigas foi de 248, enquanto nos ramos sem formigas foi de 737.

A diferença no número de visitas às flores de ramos com e sem formigas foi significativa (ANOVA aleatorizada em blocos: $F_{1,58} = 106,5$, $p < 0,001$) (Fig 6), mostrando que a presença de formigas nas flores de *Ipomoea carnea subs. fistulosa* afeta negativamente a ocorrência de visitantes florais. Adicionalmente ocorreram 54 comportamentos de esquivas. A variação temporal de visitas e de esquivas está disposta nas Figs 7 e 8, respectivamente.

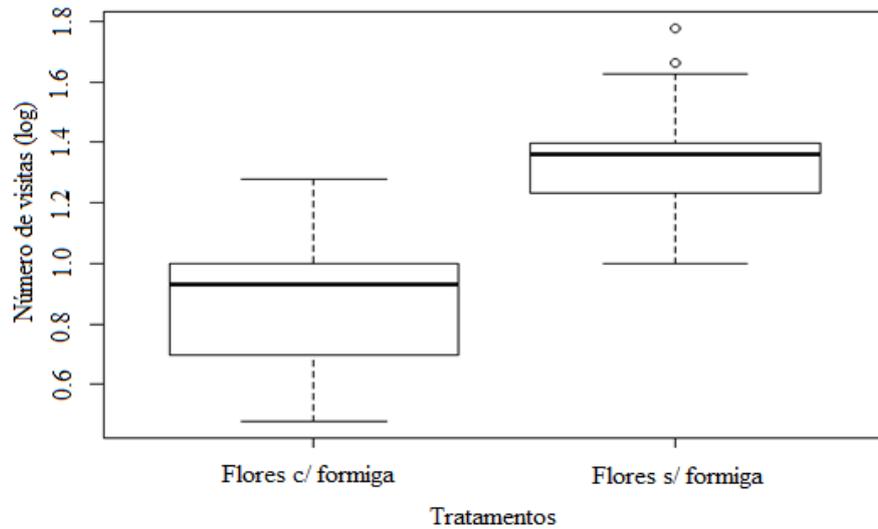


Fig 6. Diferenças na frequência de visitantes florais em flores ausência e presença de formigas visitando os NEFs- Nectários extraflorais (ANOVA aleatorizada em blocos: ($F_{1,58} = 106,5$, $p < 0,001$); Teste Tukey $p < 0,001$) em flores de *Ipomoea carnea subs. fistulosa*.

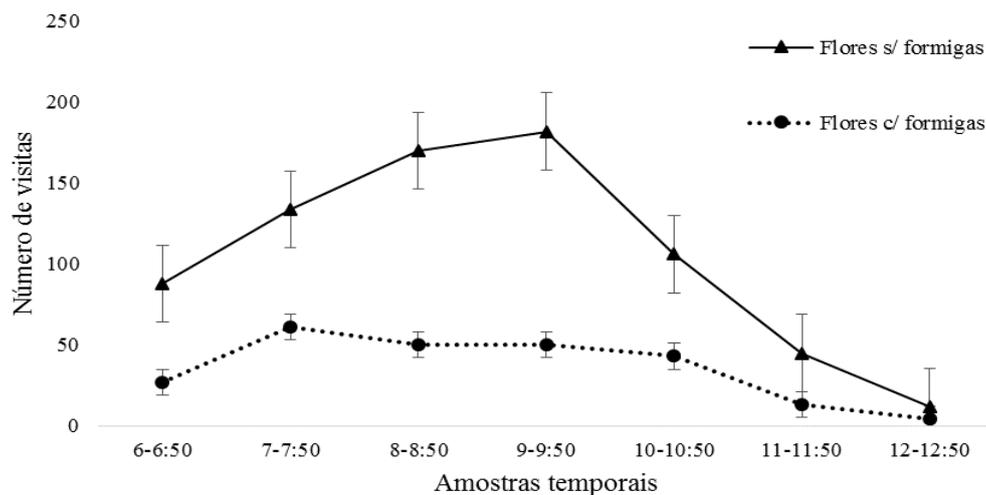


Fig 7. Variação temporal da frequência de visitantes florais em flores de *Ipomoea carnea subs. fistulosa* na presença e ausência de formigas associadas aos NEFs- Nectários extraflorais. Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba.

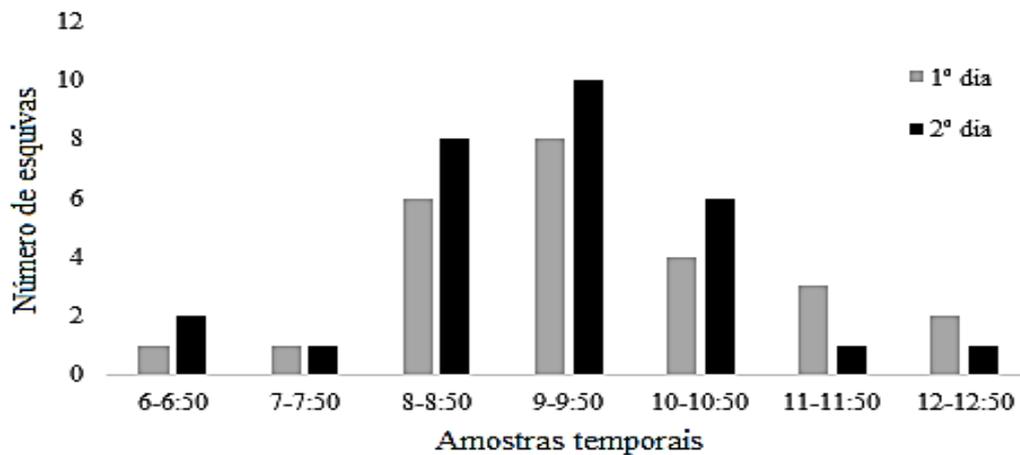


Fig 8. Variação temporal do comportamento de esquivas por abelhas em flores de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* com patrulhamento de formigas associadas aos NEFs-Nectários extraflorais. Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba.

DISCUSSÃO

Os dados obtidos indicaram que *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* é uma espécie melitófila, de polinização promíscua, uma vez que várias espécies de abelhas participam do processo de polinização e têm fácil acesso aos recursos florais (Percival 1969, Faegri & Van Der Pijl 1980).

A abertura de pequeno número de flores por inflorescência por dia é observado para outras convolvuláceas da caatinga (Piedade 1998), como também para convolvuláceas de outras formações vegetais como *Merremia dissecta* e *Merremia cissoides* (Maimoni-Rodella & Rodella 1986/87), *Ipomoea hederifolia*, *I. quamoclit* (Machado & Sazima 1987), *Ipomoea aristolochiaefolia* (Maimoni-Rodella 1991), *Ipomoea acuminata* (Maimoni-Rodella & Rodella 1992). A exteriorização das flores fora da folhagem confere estratégia de exposição comum entre as convolvuláceas, sendo relatadas para outras espécies da família (Maimoni-Rodella & Rodella 1986, 1986/87, Machado & Sazima 1987, Piedade 1998). A exteriorização das inflorescências aumenta a atratividade para os visitantes. Associado a isso, características tais como presença de plataforma de pouso, nectário parcialmente escondido, corola com cores vistosas, presença de guias de néctar e antese diurna, indicam polinização por abelhas. Estas características são registradas para outras espécies de *Ipomoea* como *I. bahiensis* (Pacheco-Filho 2010) e *I. asarifolia* (Kiill & Ranga 2003).

Os resultados do efeito do dano floral (i.e. perda parcial ou total da corola) mostraram que a florivoria decresce o número de visitas totais. Observando o

comportamento das abelhas visitantes, identifica-se um alto grau de reconhecimento tanto de traços florais quanto do risco de predação, o que influenciou no resultado das taxas de visitação. Insetos desta ordem são reconhecidos por sua alta capacidade de reconhecimento de sinais visuais, como forma, simetria, coloração e também sinais olfatórios das flores que estes visitam (Helling *et al.* 2004, Wignall 2006).

O menor número de visitas dos polinizadores às flores danificadas pode ser justificado pelo fato de que o dano floral em *I. carnea* subs. *fistulosa* consistiu na perda de atributos florais importantes característicos do gênero *Ipomoea*, como corola com cores vistosas, guias de néctar e da plataforma de pouso, que são componentes de atratividade para polinizadores, pois indicam disponibilidade de recursos florais de alta qualidade. O dano floral, muitas vezes provocado por florívoros, além de reduzir a atividade de polinização de insetos visitantes florais (McCall 2008) podem afetar outros comportamentos destes polinizadores, como a preferência de alguns destes insetos em ovipor sobre flores sem danos nos estigmas (Horn & Holland 2010).

A influência do dano floral sobre o comportamento de esquiva dos insetos de forma geral poderia ser explicada pela menor qualidade das flores de plantas que sofreram estes efeitos (Strauss 1997, Lehtila & Strauss 1999, Mothershead & Marquis 2000, Narbona & Dirzo 2010) fazendo com que as flores se tornassem menos atrativas e dessa forma mais evitadas.

Quanto as formigas visitantes dos NEFs, apesar de apresentar função defensiva contra herbivoria como descrito por Frey (1995), a espécie em estudo apresentou altas taxas de florivoria na área de estudo, tornando-se necessário a realização de mais estudos que enfoquem o benefício líquido da associação entre plantas e formigas, pois para este sistema de estudo, apesar da presença de formigas consistir em um estratégia de defesa biótica contra herbivoria, estas afetaram o sistema planta-polinizador. A possível explicação para redução de visitas diante um potencial predador, é que abelhas podem avaliar o padrão de simetria da flor à distância (Leonard *et al.* 2010) e detectar predadores (Abbott 2010, Defrize *et al.* 2010). Com a aproximação da abelha à flor, as formigas podem ser eficientemente detectadas (Defrize *et al.* 2010) e a abelha pode desistir de completar a visita. Após a escolha da flor, o visitante já despendeu tempo e energia em busca de seu recurso. Portanto, o comportamento de refugar flores antes de acessar os nectários ocorre em resposta à percepção do predador por abelhas, o que corrobora com o sistema de reconhecimento predador-presa (e.g., Dukas 2001, Suttle 2003). As interações entre formigas e plantas são bem documentadas no que diz respeito aos benefícios vindos

desta interação, no entanto a consequência dessas interações multitróficas pode resultar em maior ou menor sucesso reprodutivo da planta, pois formigas que forrageiam em NEFs atacam e afugentam os visitantes florais, polinizadores ou não. Adicionalmente, as flores com a presença do predador (formiga) influenciou o comportamento de esquiva das abelhas, diferentemente do dano floral onde foi registrado apenas um comportamento de esquiva. Possivelmente essa maior resposta comportamental de esquiva diante de um predador em potencial seja devido à forte pressão exercida pela predação em si, em que a capacidade de detectar e evitar estes riscos permite que insetos visitantes florais diminuam a probabilidade de serem capturados, aumentando assim a aptidão de polinizadores como um todo (Abbot & Dukas 2009, Ings & Chittka 2009). Por outro lado, danos florais apesar de em alguns casos alterarem a qualidade do recurso consumido (Krupnick *et al.* 1999), podem não ter um efeito tão forte, evolutivamente, quanto às interações do tipo predador presa. A estreita relação entre predador, planta e seus polinizadores apresentada neste trabalho, corrobora com a hipótese de que predadores, tal como formigas, afugentam polinizadores dos sistemas plantas-polinizadores (Romero & Korableva 2011). Estes efeitos para *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* podem ser considerados de risco, uma vez que é uma espécie com sistema autoincompatível (Martins 1970, Proctor *et al.*, 1996) e depende da atividade das abelhas para que a sua fecundação ocorra (Schlising 1970, Kiill & Ranga 2003), o mesmo se aplica a espécies com este mesmo sistema de fecundação. No entanto, mais estudos que contemplem tanto outros ecossistemas quanto outras espécies de predadores, plantas e visitantes florais são necessários para ampliar a compreensão de interações indiretas e, principalmente, entender os fatores que levam a variações nos resultados dessas relações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott KR (2010) Background evolution in camouflage systems: A predator-prey/pollinator-flower game. *Journal of Theoretical Biology* 262: 662-678.
- Althoff DM, Segraves KA, Pellmyr O (2005) Community context of an obligate mutualism: pollinator and florivore effects on *Yucca filamentosa*. *Ecology* 86: 905–913.
- Antoniassi NAB, Ferreira EV, Santos CEP, Arruda LP, Campos JLE, Nakazato L, Colodel EM (2007) Intoxicação espontânea por *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa* (Convolvulaceae) em bovinos no Pantanal Matogrossense. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 27(10): 415-418.
- Beattie A (1985) The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms. Cambridge University. Press, New York.
- Belo RM (2011) Formigas diminuem a quantidade de visitantes florais em *Cordia curassavica* (Boraginaceae)? *Prática de Pesquisa em Ecologia de Mata Atlântica*, Disponível em: <<http://ecologia.ib.usp.br/curso/2011/pdf/PO2-G1.pdf>> Acesso 25 Fev 2014.
- Belt T (1874) *The naturalist on Nicaragua*. London: E. Bumpus. p.300.
- Blossey B, Hunt-Joshi TR (2003) Belowground herbivory by insects: influence on plants and aboveground herbivores. *Annu Rev Entomol* 48:521–547.
- Botto-Mahan C, Ramirez PA, Ossa CG, Medel R, Ojeda-Camacho M, Gonzalez AV (2011) The functional role of flower nectar guides in the perennial herb *Alstroemeria ligula* (Alstroemeriaceae). *Int J Plant Sci.* 172: 1130–1136.
- Burgess KH (1991) *Florivory: the ecology of flower feeding insects and their host plants*. Tese de Doutorado. Harvard University, Cambridge.
- Cardel Y, Koptur S (2010) Effects of florivory on the pollination of flowers: an experimental field study with a perennial plant. *International Journal of Plant Science* 171(3):283–292.
- Cariveau D, Irwin RE, Brody AK, Garcia-Mayeya LS, Von Der OHE (2004) A Direct and indirect effects of pollinators and seed predators to selection on plant and floral traits. *Oikos* 104:15–26.
- Cornelissen T, Stiling P (2005) Sex-biased herbivory: a meta-analysis of the effects of gender on plant-herbivore interactions. *Oikos* 111:488–500.
- Defrize J, They M, Casas J (2010) Background colour matching by a crab spider in the field: a community sensory ecology perspective. *J Exp Biol.* 213:1425-1435

- Del-Claro K (1998) A importância do comportamento de formigas em interações: Formigas e trips em *Peixotoa tomentosa* (Malpighiaceae), no cerrado. *Revista de Etologia* 1: 3-10.
- Del-Claro K, Berto V, Reu W (1996) Herbivore deterrence by visiting ants increases fruitset in an extrafloral nectary plant *Qualea multiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation. *Journal of Tropical Ecology* 12:887-892.
- Dukas R (2001) Effects of perceived danger on flower choice by bees. *Ecology Letters* 4:327-333.
- Faegri K, Van Der Pijl L (1980) *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, Oxford.
- Falcão PF, Pinna GFM, Leal IR, Almeida-Cortez JS (2003) Morphology and anatomy of extrafloral nectaries in *Solanum stramonifolium* Dunal. (SOLANACEAE). *Canadian Journal of Botany* 81:859-864.
- Freitas BM, Alves JE (2008) Efeito do número de visitas florais de abelha melífera (*Apis mellifera* L.) na polinização de goiabeira (*Psidium guajava* L.) cv. *Paluma*. *Revista Ciência Agrônômica* 34(1):148-154.
- Frey R (1995) *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin: Taxonomy, biology and ecology, reviewed and inquired. *Journal of Tropical Ecology* 36(1):21-48.
- Galen C (1999) Why do flowers vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. *Bioscience* 49:631-640.
- Gonçalves-Souza T, Omena PM., Souza JC, Romero GQ (2008) Trait-mediated effects on flowers: artificial spiders deceive pollinators and decrease plant fitness. *Ecology* 89:2407-2413.
- Heil M, Mckey LC (2003) Protective ant-plant interactions as model systems in ecological and evolutionary research. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 425-453.
- Heiling AM, Herberstein ME (2004) Floral quality signals lure pollinators and their predators. *Annales Zoologici Fennici*. 41:421-428.
- Horn KC, Holland N (2010) Discrimination among floral resources by an obligately pollinating seed-eating moth: host-marking signals and pollination and florivory cues. *Evolutionary Ecology Research* 12:119-129.
- Horvitz CC, Shemske DW (1984) Effects of ants and attended herbivory on seed production of a neotropical herb. *Ecology* 65:1369-1378.

Ishino MN, De Sibio PR, Rossi MN (2011) Leaf trait variation on *Erythroxylum tortuosum* (Erythroxylaceae) and its relationship with oviposition preference and stress by a host-specific leaf miner. *Austral Ecology* 36:203-211.

Junqueira MER, Simão-Bianchini R (2006) O gênero *Evolvulus* L. (Convolvulaceae) no município de Morro do Chapéu, BA, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20(1):152-172.

Karban R, Baldwin IT (1997) *Induced responses to herbivory*. University of Chicago Press, Chicago, Ill.

Karban R, Strauss SY (1993) Effects of herbivores on growth and reproduction of their perennial host, *Erigeron glaucus*. *Ecology* 74:39-46.

Keeler KH (1975) *Ipomoea carnea* Jacq. (Convolvulaceae) in Costa Rica. *Brenesia* 5:1-5.

Kessler A, Halitschke R (2009) Testing the potential for conflicting selection on floral chemical traits by pollinators and herbivores: predictions and case study. *Functional Ecology* 92: 901-912.

Kessler A, Halitschke R, Poveda K (2011) Herbivory-mediated pollinator limitation: negative impacts of induced volatiles on plant–pollinator interactions. *Ecology* 92:1769-1780.

Kiill LHP, Ranga NT (2003) Ecologia da polinização de *Ipomoea asarifolia* (Ders.) Roem. & Schult. (Convolvulaceae) na região semi-árida de Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica* 17: 355-362.

Krupnick GA, Wies AE (1999) The effect of floral herbivory on male and female reproductive success in *Isomeris arborea*. *Ecology* 80:135-149.

Lehrer M, Horridge G A, Srinivasan M V, Gadagkar R (1995) Shape vision in bees: innate preference for flower-like patterns. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 347:123–137.

Lehtila KP, Strauss SY (1997) Leaf damage by herbivores affects attractiveness to pollinators in wild radish, *Raphanus raphanistrum*. *Oecologia* 111:396-403.

Lempa K, Martel J, Koricheva J, Haukioja E, Ossipov V, Ossipova S, Pihlaja K (2000) Covariation of fluctuating asymmetry, herbivory and chemistry during birch leaf expansion. *Oecologia* 122:354-360.

Leonard A, Dornhaus A, Papaj DR (2010) Flowers help bees cope with uncertainty: signal detection and the function of floral Complexity. *The Journal of Experimental Biology* 214:113-121.

Louda SM (1978) Seed predation and seedling mortality in the recruitment of a shrub, *Haplopappus venetus* (Asteraceae), along a climatic gradient. *Ecology* 64(3):511-

- 521Lucas-Barbosa D, van Loon JJA, Gols R, van Beek TA, Dicke M (2012) Reproductive escape: annual plant responds to butterfly eggs by accelerating seed production. *Functional Ecology*. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/1365-2435.12004>> Acessado 30 Out 2014
- Machado I C, Lopes AV (2004) Floral traits and pollination systems in the caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany* 94: 365-376.
- Machado ICS, Sazima M (1987) Estudo comparativo da biologia floral em duas espécies invasoras: *Ipomoea hederifolia* e *I. quamoclit* (Convolvulaceae). *Revista Brasileira de Biologia* 47:425-436.
- Maimoni-Rodella RCS, Rodella RA (1992) Biologia floral de *Ipomoea acuminata* Roem. Et Schult. (Convolvulaceae). *Revista Brasileira de Botânica* 15:129-133.
- Maimoni-Rodella R C S, Rodella R A (1986/87) Biologia floral de *Merremia cissoides* (Lam.) Hall F. (Convolvulaceae). *Naturalia* 11(12):117-123.
- Maimoni-Rodella RCS (1991) Biologia floral de *Ipomoea aristolochiaefolia* (H.B.K) Don. (Convolvulaceae). *Turrialba* 41:344-349.
- Maimoni-Rodella RCS, Yanagizawa Y (2007) Floral biology and breeding system of three *Ipomoea* weeds. *Planta Daninha* 25(1):35-42, 2007.
- Malagodi-Braga K S (2002). Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duchesne-Rosaceae). 104p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Malerbo-Souza DT, Halak AL (2008) Polinização das laranjeiras. In: PINTO, A.S.; Zaccaro, R.P. (orgs). Produção de mudas e manejo fitossanitário dos citros. Piracicaba: CP2, 133 p.
- Maron JL, Vilá M, Bommarco R, Elmendore S, Beardsley P (2004) Rapid evolution of an invasive plant. *Ecological Monographs* 74:261–280.
- Marquis RJ (1984) Leaf herbivores decrease fitness of a tropical plant. *Science* 226:537-539.
- Mccall AC (2008) Florivory affects pollinator visitation and female fitness in *Nemophila menziesii*. *Oecologia* 155:729–737.
- Mccall AC, Irwin RE (2006) Florivory: the intersection of pollination and herbivory. *Ecology Letters* 9:1351-1365.
- Milet-Pinheiro PE, Schlindwein C (2005) Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures? *Revista Brasileira de Zoologia* 22:853–858.

- Moller AP (1995) Leaf-mining insects and fluctuating asymmetry in *Ulmus glabra* leaves. *Journal of Animal Ecology* 64:697-707.
- Mothershead KR, Marquis J (2000) Fitness impacts of herbivory through indirect effects on plant-pollinator interactions in *Oenothera macrocarpa*. *Ecology* 81:30-40.
- Narbona E, Dirzo ER (2010) A reassessment of the function of floral nectar in *Croton suberosus* (Euphorbiaceae): a reward for plant defenders and pollinators. *American Journal of Botany* 97:672-679.
- Oliveira C A, Barbosa JD, Duarte MD, Cerqueira VD, Riet-Correa F (2009) Intoxicação por *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa* (Convolvulaceae) em caprinos na Ilha do Marajó, Pará. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 29(7):583-588.
- Pacheco-Filho AJS (2010) Ecologia da polinização e biologia reprodutiva de *Ipomoea bahiensis* Willd. no semi-árido brasileiro. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Ceará. Ceará. 90p.
- Paine RT (1980). Food webs: linkage, interaction strength, and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology* 49: 667-685.
- Pareja M, Qvarfordt E, Webster B, Mayon P, Pickett J et al (2012). Herbivory by a Phloem-Feeding Insect Inhibits Floral Volatile Production. *PLoS ONE* 7(2):doi: 10.1371/journal.pone.0031971.
- PERCIVAL MS (1969) *Floral Biology*. Pergamon Press, London.
- Piedade L H (1998) Biologia da polinização e reprodutiva de sete espécies de Convolvulaceae na caatinga no sertão de Pernambuco. Tese de doutorado. Instituto de Botânica da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 123 p.
- Polatto LP, Alves Jr VV (2008) Utilização dos recursos florais pelos visitantes em *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) K. Schum. (Bignoniaceae). *Neotrop Entomol.* 37:389-398.
- Prado D E (2003) As caatingas da América do Sul. In: Leal Ir, Tabarelli M, Silva J M C. (Org.). *Ecologia e conservação da caatinga*. Ed. Universitária da UFPE, Recife. Pp. 3-73.
- Proctor M, Yeo P, Lack A (1996) *The Natural History of Pollination*. Timber Press, Oregon.
- Riba-Hernandez P, Stoner KE (2005) Massive destruction of *Symphonia globulifera* (Clusiaceae) flowers by Central America spider monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Biotropica* 37:274-278.
- Robertson IC, Maguire DK (2005) Crab spiders deter insect visitations to slickspot peppergrass flowers. *Oikos* 109:577-582.

- Romero GQ, Antiqueira PAP, Koricheva J (2011) A Meta-Analysis of predation risk effects on pollinator behavior. *Plos One* 6, doi: e20689.
- Romero GQ, Koricheva J (2011) Contrasting cascade effects of carnivores on plant fitness: a meta-analysis. *Journal of Animal Ecology* 80:696-704.
- Schlising RA (1970) Sequence and Timing of Bee Foraging in Flowers of *Ipomoea* and *Aniseia* (Convolvulaceae). *Ecology* 51(6):1061-1067.
- Schmitz OJ (1998) Direct and indirect effects of predation and predation risk in oldfield interaction webs. *The American Naturalist*. 151, 327-342.
- Strauss SY (1997) Floral characters link herbivores, pollinators, and plant fitness. *Ecology* 78:1640-1645.
- Suttle KB (2003) Pollinators as mediators of top-down effects on plants. *Ecology Letters* 6:688-694.
- Terborgh J, Estes JA (Eds.) (2010) *Trophic Cascades: Predators, Prey, and the Changing Dynamics of Nature*. Island Press, Washington D.C., USA.
- Vidal WN, Vidal MRR (2000) *Botânica – Organografia: quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos*. 4ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 124 p.
- Wagner D, Kay A (2002) Do extrafloral nectaries distract ants from visiting flowers? An experimental test of an overlooked hypothesis. *Evolutionary Ecology Research* 4:293–305.
- Washitani I, Okayama Y, Sato K, Takahashi H, Ohgushi T (1996) Spatial variation in female fertility related to interactions with flower consumers and pathogens in a forest metapopulation of *Primula sieboldii*. *Res. Popul. Ecol.* 38:249–256. 1996.
- Wignall AE, Helling AM, Cheng K, Herberstein M (2006) E. Flower Symmetry Preferences in Honeybees and their Crab Spider Predators. *Ethology* 112: 510-518.
- Wise MJ, Cummins JJ (2002) Nonfruiting hermaphroditic flowers as reserve ovaries in *Solanum carolinense*. *The American Midland Naturalist Journal* 148:236–245.
- Wolfe LM (2002) Why alien invaders succeed support for the escape-from-enemy hypothesis. *The American Naturalist* 160:705-711.
- Wootton JT (1994) The nature and consequences of indirect effects in ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 25:443–466.

Artigo 2

ASPECTOS FENOLÓGICOS, HERBIVORIA E ARTROPODOFAUNA ASSOCIADA A

***Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* (Convolvulaceae) EM UMA ÁREA DE CAATINGA**

Normas para publicação em Arthropod-Plant Interactions

(Anexo II)

Aspectos fenológicos, herbivoria e artropodofauna associada a *Ipomoea carnea* subs.
fistulosa (Convolvulaceae) em uma área de Caatinga

J.K.S.S. Martins ¹, A.G. Carneiro ², L.S. Souza ³, J.S. Almeida-Cortez ⁴

¹Laboratório de Interações Multitróficas (UFPE), Depto. de Biologia, Universidade
Federal Rural de Pernambuco;

²Graduanda do curso de Ciências Biológicas, Depto. de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Campina Grande;

³Graduanda do curso de Ciências Biológicas, Depto. de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Campina Grande;

⁴ Laboratório de Interações Multitróficas, Depto. de Biologia, Universidade Federal de
Pernambuco.

J.S. Almeida-Cortez, Ph.D. Fone/Fax: 81 2126-8348

E-mail: cortez_jarcy@yahoo.com

Resumo

A maioria das teias alimentares é formada por pelo menos três níveis tróficos: produtores, herbívoros e os inimigos naturais dos herbívoros. Como os insetos herbívoros constituem alimento para predadores e parasitoides, a abundância de herbívoros e a qualidade ou disponibilidade da planta podem afetar o terceiro nível trófico. Assim esse trabalho objetivou avaliar a relação entre disponibilidade de recursos vegetais e taxa de florivoria com a artrópodo-fauna associada a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, em uma área de Caatinga. Para isso, foi realizado o registro mensal da florivoria e emissão de botões, flores e frutos. Os artrópodes foram coletados mensalmente para registro da riqueza e abundância. O número de ramos foi utilizado como unidade amostral devido a espécie em estudo apresentar raízes emaranhadas dificultando a distinção entre indivíduos. Foi registrado um total de 5.736 indivíduos e 165 espécies de artrópodes. Entre os grupos amostrados, os herbívoros totalizam 72,87%, os visitantes florais representaram 4,23% e os predadores 22,89%. As maiores abundâncias de herbívoros ocorreram nos meses com baixas precipitações. As taxas de florivoria foram altas no período de estiagem. Houve um aumento na abundância de formigas associadas a nectários extraflorais diretamente proporcional a abundâncias de herbívoros. O sistema estudado é complexo, apresentando alta riqueza de artrópodes associados e variadas guildas dentre os níveis tróficos. De maneira geral, os dados sugerem que abundância de herbívoros respondeu a disponibilidade dos recursos florais, refletindo nos demais níveis tróficos como em um modelo *bottom-up* de cascata trófica.

PALAVRAS-CHAVE: Nectários Extraflorais, interações multitróficas, efeito *bottom-up*, semiárido.

Abstract

Most food webs are formed by at least three trophic levels: producers, herbivores and natural enemies of herbivores. As herbivorous insects constitute food for predators and parasitoids, the abundance of herbivores and the quality and plant availability can affect the third trophic level. So this study aimed to evaluate the relationship between availability of plant resources and florivory rate with the arthropods associated with *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, in a Caatinga area. For this, it conducted the monthly record of florivory and issuance of buds, fruits and flowers. Arthropods were collected monthly to record the richness and abundance. The number of branches was used as the sampling unit because the species studied display tangled roots hampered the distinction between individuals. A total of 5,736 individuals and 165 species of arthropods were recorded. Among the sampled groups, herbivores totaling 72.87%, flower visitors accounted for 4.23% and 22.89% predators. The greatest abundance of herbivores occurred in months with low rainfall. The florivory rates were high in the dry season. There was an increase in the abundance of ants associated with extrafloral nectaries directly proportional to the abundance of herbivores. The system studied is complex, with high richness associated with arthropods and various guilds from the trophic levels. Overall the data suggest that abundance of herbivores respond to the availability of floral resources, reflecting on other trophic levels as in a bottom-up model of trophic cascade.

KEY-WORDS: Extrafloral Nectaries, multitrophic interactions, bottom-up effect, semiarid.

Introdução

As interações multitróficas constituem sistemas onde várias espécies interagem simultaneamente e a evolução dessas interações resulta do desenvolvimento de adaptações cada vez mais sofisticadas, capazes de promover associações como uma forma de sobrevivência dos organismos interagentes (Thompson 1999). As plantas como produtores representam a fonte de energia para toda a rede de consumidores e o seu sucesso reprodutivo interfere direta e indiretamente na estruturação das cadeias tróficas (efeito *bottom-up*) (Folkard e Smith 1995; Rzanny et al. 2013). Com isso, as interações entre plantas e animais, tanto para polinização (Silva e Torezan-Silingardi 2009) quanto para proteção contra herbívoros (Oliveira e Pie 1998; Oliveira e Freitas 2004; Del Claro 2004) são fundamentais para a manutenção das comunidades.

A evolução das interações entre animais e plantas pode ser melhor compreendida quando se considera a fenologia dos eventos vegetativos e reprodutivos das plantas (Morellato e Leitão Filho 1996). O registro da variação das características fenológicas reúne informações sobre a dinâmica das espécies vegetais, permitindo reconhecer as diferentes estratégias de floração e com isso, as formas de organização temporal dos recursos disponíveis para polinizadores, herbívoros e conseqüentemente predadores (Gentry 1974; Van Schaik et al. 1993). Além de permitir melhor compreensão de como esses recursos influenciam na variação temporal dessa fauna interagente (Kubota 2003).

A maioria das teias alimentares é formada por pelo menos três níveis tróficos: produtores, herbívoros e os inimigos naturais dos herbívoros. Como os insetos herbívoros constituem alimento para predadores e parasitoides, a abundância de herbívoros e a disponibilidade de recursos vegetais podem afetar o terceiro nível trófico (Price et al. 1980; Clancy e Price 1986; Woods et al. 1996; Washburn et al. 1987; Washburn et al. 1987; Mopper e Whithan 1992; Trumbule e Denno 1995; Washburn et al. 1987; Kemp e Mood 1984; Bentz et al. 1995; Englishloeb et al. 1997). As condições ambientais podem intensificar o ataque por herbívoros, como por exemplo, em solos secos com baixa quantidade de nutrientes disponíveis (Edwards e Wratten 1981; Crawley 1983; Gullan e Cranston 2007). Plantas que sofrem estresse hídrico ou nutricional, em geral, constituem melhor fonte de alimento do que aquelas não-estressadas, por possuírem maior disponibilidade de nitrogênio solúvel e menor concentração de compostos de defesa (White 1984).

Assim, este trabalho teve por objetivo testar as seguintes hipóteses utilizando um sistema multitrófico com base em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*: H1- Há uma maior taxa de herbivoria floral no período de estiagem; H2 – Há uma relação direta entre o aumento de floríferos, o aumento de formigas associadas aos Nectários extraflorais e precipitação pluviométrica; H3- O aumento de artrópodes predadores é diretamente proporcional ao aumento de herbívoros presentes na planta; H4- A abundância de polinizadores é maior nos meses de mais alta precipitação pluviométrica.

Material e Métodos

Área de estudo

Os estudos foram realizados na Fazenda Tamanduá que está situada no Município de Santa Terezinha (7°2'20" de latitude Sul e 37°26'43" de longitude Oeste), microrregião da cidade de Patos, Estado da Paraíba, no Nordeste do Brasil. Esta cidade está localizada no sertão das Espinharas, a 7° Sul do equador e a 400 km do litoral e do ponto mais oriental do continente sul americano, a uma altitude média de 240 metros. Esta região está inserida no semiárido nordestino, portanto, marcada pelas secas, bem como pelas chuvas inconstantes distribuídas irregularmente ao longo de todo ano. O período de amostragem se estendeu de agosto de 2014 a março de 2015. Os maiores índices de precipitação pluviométrica ocorrem entre janeiro e abril e o restante do ano consiste em estiagem, tendo como média anual das precipitações pluviométricas 600 mm (Fig 1). A estação seca inicia-se, geralmente, em maio e prolonga-se até janeiro. Tem como predominância a formação da Caatinga, com clima quente e seco (Prado 2003).

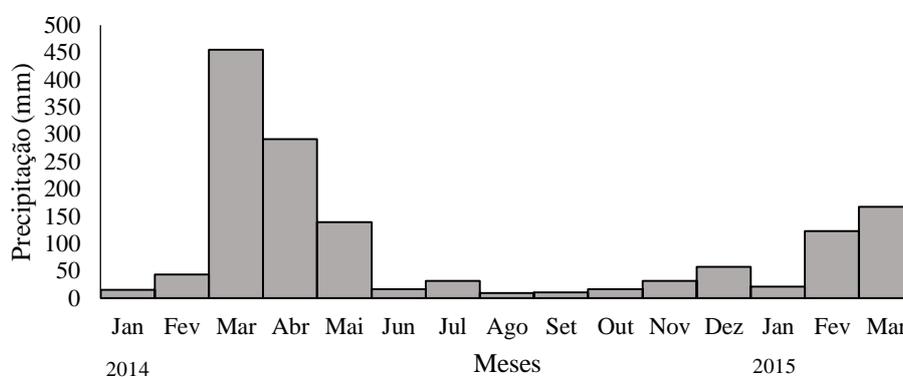


Fig 1. Precipitação pluviométrica de Santa Terezinha, PB antes e durante o período de coleta de dados. Fonte: (Fonte: www.cptec.inpe.br).

O sistema de estudo

Ipomoea carnea subsp. fistulosa (Martius e Choisy) é uma espécie arbustiva pertencente à família Convolvulaceae, amplamente distribuída nos trópicos com predominância em ambientes abertos (Junqueira e Simão-Bianchini 2006). Apresenta antese diurna (Maimoni-Rodella e Yanagizawa 2007) e é polinizada por uma variedade de abelhas, tais como, *Ancylocelis*, *Ceratina*, *Melitoma*, *Ptilothrix*, *Trigona*, *Apis* entre outras (Schlising 1970; Kiill e Ranga 2003). Atrai várias espécies de formigas e outros artrópodes predadores devido à presença de NEFs-Nectários Extraflorais, sendo dois localizados na face abaxial das folhas, e cinco na base das sépalas de flores e nos botões (Paz 2011), que de acordo com Frey (1995) têm função defensiva contra herbivoria, mas apesar disso Keeler (1975) registrou uma alta taxa de herbivoria. Além disso, esta espécie consiste em uma das poucas que persistem floridas e com folhas no período de estiagem na área de estudo. A espécie em estudo apresenta seus ramos e raízes emaranhadas, formando uma única mancha populacional, dificultando a distinção de indivíduos, e por esta razão quando necessário foi utilizado como unidade amostral o número de ramos.

Variação temporal da disponibilidade de botões, flores e frutos e da florivoria natural

Para registrar quantitativamente a taxa de herbivoria floral ao longo do período de estudos foi quantificado mensalmente o número de botões (imaturos e maduros), flores e frutos totais (imaturos e maduros), bem como o número dos mesmos com algum tipo de dano em 30 ramos diferentes selecionados aleatoriamente no dia da contagem. Cada ramo apresentou cerca de 5 metros de distância um do outro.

*Coleta da artropodofauna associada à *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa**

Polinizadores, herbívoros (florívoros e folívoros), predadores de frutos e predadores de outros insetos foram coletados durante oito meses (agosto de 2014 a março de 2015) para registro da riqueza e abundância, com coletas realizadas mensalmente em dois dias consecutivos das 5h às 14h, com intervalos de 10 minutos a cada hora. Os espécimes foram coletados manualmente e com uso de redes entomológicas, onde posteriormente os hexápodes foram montados em alfinetes entomológicos e devidamente etiquetados. Já os aracnídeos foram armazenados em meio líquido (álcool a 70%). Coleoptera, Diptera e Hemiptera foram identificados com uso de chaves de identificação. Os Hymenoptera (não Formicidae e Formicidae) e Araneae foram identificados por especialistas. O recurso coletado pelos herbívoros foi registrado no momento da coleta, e os mesmos foram classificados quanto a guilda em mastigadores e sugadores pelo aparelho bucal. Os visitantes florais foram classificados como polinizadores quando contactavam anteras e estigma e como pilhadores quando coletava os recursos florais sem contatar os órgãos reprodutivos durante a visita ou quando “roubavam” os recursos florais por vias ilegítimas.

Análise da artropodofauna

A artropodofauna foi caracterizada de acordo com o número de espécies, gêneros e famílias dos espécimes coletados.

A frequência das espécies foi calculada através da fórmula $F = n^\circ \text{ de meses em que a espécie X foi coletada} / n^\circ \text{ total de meses de coleta} \times 100$, e classificadas conforme Silveira Neto et al. (1976) em constante > 50%, acessória > 25-50% e acidental < 25%. A dominância das espécies foi definida de acordo com as categorias estabelecidas de Friebe (1983), sendo eudominante > 10%, dominante > 5-10%, subdominante > 2-5%, recessiva = 1-2% e rara < 1%. $D\% = (i/t) \cdot 100$, onde i é o total de indivíduos de uma espécie e t o total de indivíduos coletados.

Análises estatísticas

A fenologia foi analisada através do teste de Rayleigh (estatística circular), usando o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007). As relações entre eventos fenológicos reprodutivos e precipitação pluviométrica foram testados através de Regressão Linear Simples.

Para testar a relação entre formigas associadas aos nectários extraflorais e abundância de herbívoros foi utilizado o teste de correlação linear de Pearson. A relação entre taxa de herbivoria, abundância de herbívoros e precipitação pluviométrica, foi testada através de uma regressão linear múltipla. Para avaliar as relações entre as abundâncias de cada nível trófico entre si e com a precipitação pluviométrica foi utilizado o teste de regressão linear simples. As análises estatísticas foram testadas a 5% de significância, através do software livre R 3.1.1

Resultados

Varição temporal da disponibilidade de botões, flores e fruto e da florivoria natural

As maiores produções de flores e botões ocorreram em meses de baixa precipitação entre agosto de 2014 e janeiro de 2015, já os frutos foram produzidos em maior quantidade nos períodos de alta precipitação pluviométrica.

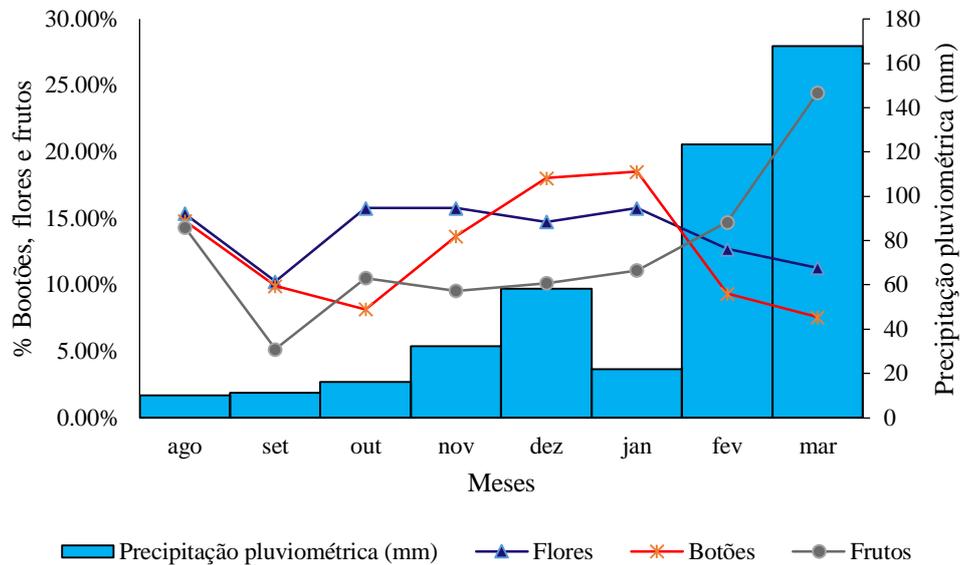


Fig 2. Emissão de botões, flores e frutos e sazonalidade de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* (Convolvulaceae) em área de Caatinga na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba.

Não houve relação significativa entre o número de flores, botões e precipitação pluviométrica ($p > 0.05$), mas houve relação positiva e significativa entre número de frutos totais e precipitação pluviométrica ($F=12.28$, $p=0.0129$) (Fig 3). E quando analisados separadamente houve relação significativa entre o número de frutos imaturos e precipitação mensal ($F=7.0762$, $p=0.0366$) (Fig 4). Porém não houve relação entre frutos maduros ($F=0.0089$, $p=0.9252$), botões imaturos ($F=2.1312$, $p=0.1932$), botões maduros ($F=0.1869$, $p=0.6815$) e a precipitação pluviométrica.

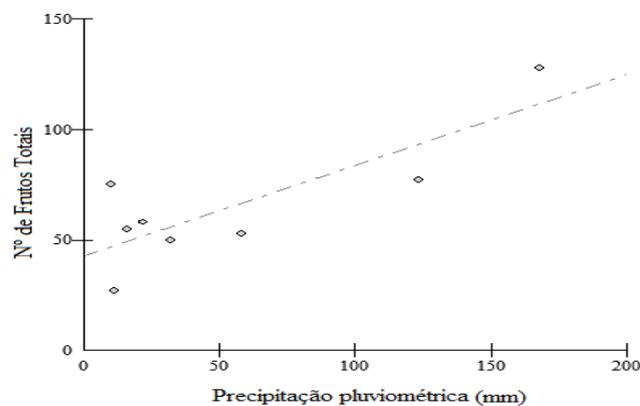


Fig 3. Regressão Linear Simples entre o número de frutos totais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica mensal em área de Caatinga na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba.

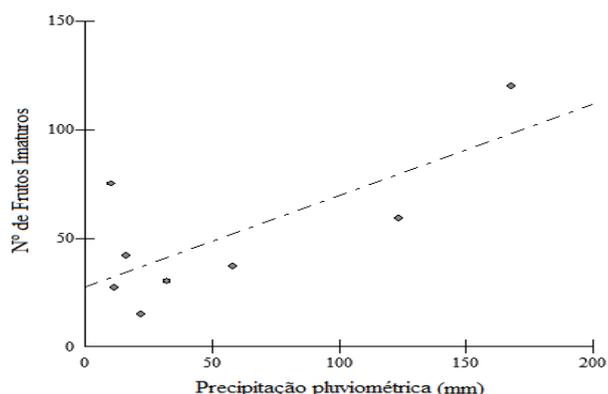


Fig 4. Regressão Linear Simples entre o número de frutos imaturos de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica mensal em área de Caatinga na Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha, Paraíba.

Análise da Artropodofauna

A composição da fauna de artrópodes associados à espécie vegetal em estudo foi representada por cinco grupos sendo um grupo da ordem Araneae e quatro grupos de hexápodes pertencentes às seguintes ordens: Coleoptera, Hymenoptera, Diptera e Hemiptera. Durante o período de estudo foi registrado um total de 5.736 indivíduos, correspondendo a 153 espécies de insetos e 12 espécies de aranhas, totalizando 165 espécies (Tabela 1). Entre os grupos amostrados, os herbívoros totalizam 72,87 %, os visitantes florais representaram 4,23% e os predadores 22,89 %.

Tabela 1. Número de espécies e indivíduos de artrópodes por táxon associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* amostrados em uma área de caatinga, Santa Terezinha, Paraíba.

ORDEM	Nº de espécies	Espécies (%)	Nº de indivíduos	Indivíduos (%)
Coleoptera	65	39,39	4.286	74,72
Hymenoptera	52	31,51	1.264	22,04
Diptera	21	12,72	75	1,31
Hemiptera	15	9,09	47	0,82
Araneae	12	7,27	64	1,12
TOTAL	165	100	5.736	100

Guilda de herbívoros e herbivoria floral

Um total de 4.180 indivíduos de insetos herbívoros foi coletado, distribuídos em duas ordens, Coleoptera e Hemiptera pertencentes a 14 famílias (Tabela 2), dentre os quais 1.873 herbívoros foliares e 2.307 corresponde a herbívoros florais.

A ordem Coleoptera foi a mais representativa em abundância e riqueza de espécies, correspondendo a 92,92% dos herbívoros amostrados e dentro da ordem se destacou a família Chrysomelidae com 42 espécies e 3.033 indivíduos (Tabela 2). Dentre as guildas de herbívoros, 98,32% foram mastigadores e apenas 5,93% foram sugadores. As espécies mais abundantes foram *Diabrotica speciosa* (n=1.358), *Charidotella sexpunctata* (n=1.372) e *Conotelus* sp (n=975) (Tabela 2). Com relação a constância das espécies, *Bothrotus canaliculatus* (87,5%), *Diabrotica speciosa* (100%), *Psylliodes* sp 4 (75%), *Charidotella sexpunctata* (100%) e *Conotelus* sp (75%) foram consideradas constante. A frequência

das demais espécies estão dispostas na tabela 2. O uso dos recursos vegetais utilizados pelas espécies constantes e mais abundantes está disposto na Tabela 3.

Houve influência da sazonalidade sobre a abundância de herbívoros (foliar e floral) ($F=9.6171$, $p=0.0208$) (Fig 5), de modo que nos meses com menor precipitação ocorreram as maiores abundâncias de herbívoros.

Tabela 2. Distribuição em guildas, dominância e constância de herbívoros florais e foliares registrados em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de Caatinga, Santa Terezinha, Paraíba.

ORDEM/FAMÍLIA	ABUNDÂNCIA					
	Flor	Folha	Total	D%	F%	Guilda
COLEPTERA/CHRYSOMELIDAE						
Cryptocephalinae						
Cryptocephalinae sp. 1	0	1	1	0,02	12,5	M
Cryptocephalinae sp. 2	1	0	1	0,02	12,5	M
Cryptocephalinae sp. 3	1	0	1	0,02	12,5	M
Cryptocephalinae sp. 4	1	2	3	0,07	25	M
Cryptocephalinae sp. 5	0	2	2	0,04	37,5	M
<i>Temnodachrys</i> sp.1	0	3	3	0,07	25	M
Eumolpinae						
Eumolpinae sp.1	1	0	1	0,02	12,5	M
Eumolpinae sp.2	1	0	1	0,02	12,5	M
Eumolpinae sp. 3	0	2	2	0,04	12,5	M
Eumolpinae sp. 4	0	5	5	0,11	12,5	M
<i>Eumolpus</i> sp. 1	2	0	2	0,04	25	M
<i>Rhyparidella</i> sp. 1	0	2	2	0,04	25	M
Galerucinae						
<i>Diabrotica speciosa</i>	1225	175	1400	33,49	100	M
<i>Diabrotica</i> sp. 2	0	1	1	0,02	12,5	M
Alticinae						
<i>Psylliodes convexior</i>	1	0	1	0,02	12,5	M
<i>Psylliodes isatidis</i>	2	0	2	0,04	12,5	M
<i>Psylliodes</i> sp.3	3	36	39	0,93	37,5	M
<i>Psylliodes</i> sp.4	28	25	53	1,26	25	M
<i>Psylliodes</i> sp. 5	5	0	5	0,11	12,5	M
Cassidinae						
Cassidinae Sp. 1	0	3	3	0,07	25	M
<i>Chelymorpha nigricollis</i>	0	1	1	0,02	12,5	M
<i>Charidotella sexpunctata</i>	0	1372	1372	32,82	100	M
Bruchinae						
Bruchinae sp. 1	0	3	3	0,07	12,5	M
Bruchinae sp. 2	1	1	2	0,04	12,5	M
Bruchinae sp. 3	8	4	12	0,28	50	M
Bruchinae sp. 4	0	32	32	0,76	37,5	M
Bruchinae sp. 5	0	3	3	0,07	25	M
Bruchinae sp. 6	0	3	3	0,07	12,5	M
Bruchinae sp. 7	3	6	9	0,21	25	M
Bruchinae sp. 8	1	0	1	0,02	12,5	M
Bruchinae sp. 9	5	4	9	0,21	50	M
Bruchinae sp. 10	2	22	24	0,57	37,5	M
Bruchinae sp. 11	1	0	1	0,02	12,5	M
Bruchinae sp. 12	0	1	1	0,02	12,5	M
Bruchinae sp.13	0	1	1	0,02	12,5	M
Bruchinae sp. 14	1	0	1	0,02	12,5	M

Bruchinae sp 15	0	1	1	0,02	12,5	M
Bruchinae sp. 16	1	1	2	0,04	25	M
Bruchinae sp. 17	1	0	1	0,02	12,5	M
<i>Pachybrachis</i> sp. 1	0	1	1	0,02	12,5	M
<i>Callosobruchus</i> sp.1	2	1	3	0,07	37,5	M
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	6	6	12	0,28	50	M
<i>Callosobrocus</i> sp. 1	3	5	8	0,19	37,5	M
TENEBRIONIDAE						
Lagriinae						
<i>Lagria villosa</i>	0	3	3	0,07	37,5	M
Pimeliinae						
<i>Bothrotes canaliculatus</i>	19	31	50	1,19	87,5	M
Tenebrioninae						
Tenebrioninae sp. 3	0	2	2	0,04	25	M
CANTHARIDAE						
Cantharidae sp. 1	0	6	6	0,14	37,5	M
Cantharidae sp. 2	1	1	2	0,04	25	M
Cantharidae sp. 3	0	5	5	0,11	37,5	M
CURCULIONIDAE						
Entiminae						
<i>Eusomus</i> sp.1	0	10	10	0,23	37,5	M
APIONIDAE						
Apionidae sp.1	0	5	5	0,11	25	M
Apionidae sp. 2	1	1	2	0,04	25	M
Apionidae sp. 3	1	0	1	0,02	12,5	M
CERAMBYCIDAE						
Lamiinae						
<i>Hippopsis tuberculata</i>	0	2	2	0,04	25	M
<i>Ambonus interrogationis</i>	1	0	1	0,02	12,5	M
NITIDULIDAE						
Cillaeinae						
<i>Conotelus</i> sp	975	0	975	23,32	75	M
SCARABAEIDAE						
Dynastinae						
<i>Cyclocephala lurida</i>	1	0	1	0,02	12,5	M
LAMPYRIDAE						
Lampyrinae						
<i>Cratomorphus</i> sp. 1	3	12	15	0,35	50	M
HEMIPTERA/LYGAEIDAE						
Lygaeidae sp.1	0	1	1	0,02	12,5	S
Lygaeidae sp.2	0	5	5	0,11	25	S
Lygaeidae sp.3	0	2	2	0,04	25	S
CICADELIDAE						
Cicadelidae sp.1	0	1	1	0,02	12,5	S
Cicadelidae sp.2	0	1	1	0,02	12,5	S
MEMBRACIDAE						
Membracidae sp.1	0	9	9	0,21	25	S
Membracidae sp.2	0	1	1	0,02	12,5	S
COREIDAE						
Coreidae sp.1	0	2	2	0,04	12,5	S
Pentatomidae						
Pentatomidae sp.1	0	1	1	0,02	12,5	S

BERYTIDAE						
Berytidae sp.1	0	1	1	0,02	12,5	S
TOTAL	2308	1827	4135	100		

D: Dominância, F: frequência, M: Mastigador, S: Sugador

Tabela 3. Recursos utilizados pelos herbívoros categorizados como constantes e mais abundantes de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de caatinga, em Santa Terezinha, Paraíba.

ESPÉCIES	RECURSO CONSUMIDO					
	Folha	Pétala	Antera	Estigma	Pólen	Botão
<i>Diabrotica speciosa</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Charidotella sexpunctata</i>	X					
<i>Conotelus</i> sp.			X	X	X	
<i>Bothrotes canaliculatus</i>		X				X
<i>Psylliodes</i> sp. 4			X	X	X	X

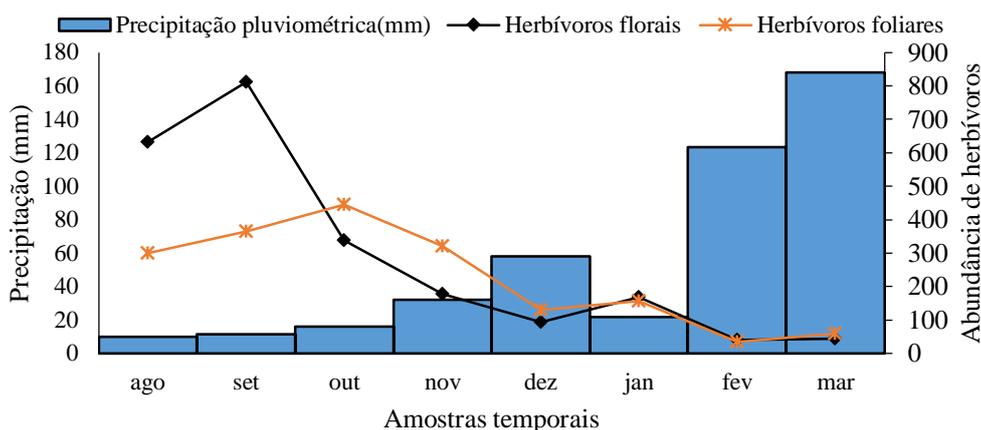


Fig 5. Abundância de herbívoros associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica da cidade de Santa Terezinha, PB. Regressão Linear ($F=9.6171$, $p=0.0208$).

Os herbívoros florais totalizaram 33 espécies pertencentes a sete famílias, Chrysomelidae, Nitidulidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae, Lampyridae, Cantharidae e Apionidae (Tabela 2). Chrysomelidae foi a família mais representativa em riqueza (25 espécies) e a mais abundante ($n=1.306$), perfazendo 56,61% do total de herbívoros florais ($n=2.308$). A segunda família mais abundante foi Nitidulidae com apenas uma espécie e abundância de 975 indivíduos representando 42,24% dos florívoros totais, e as demais famílias representaram 1,16 % do total amostrado.

As espécies *Diabrotica speciosa* ($n=1.225$ - Chrysomelidae) e *Conotelus* sp. ($n=975$ - Nitidulidae) foram as mais abundantes e classificadas como constantes com frequências de 100% e 87,5%, respectivamente.

Quanto a herbivoria floral foi analisado (Fig 6) um total de 488 flores, 3.226 botões e 515 frutos, distribuídos em 240 ramos ao longo de 8 meses. Flores com algum tipo de herbivoria totalizaram 55,73% ($n=272$), botões totalizaram 3,99% ($n=129$), e frutos 5,63% ($n=29$). A taxa de herbivoria floral foi afetada

pela precipitação pluviométrica e pela abundância de herbívoros florais, ocorrendo maiores taxas de peças florais herbivoradas (flores, botões e frutos) nos meses de maior estresse hídrico e maior abundância de herbívoros florais ($F=6,4865$, $p=0,0413$).

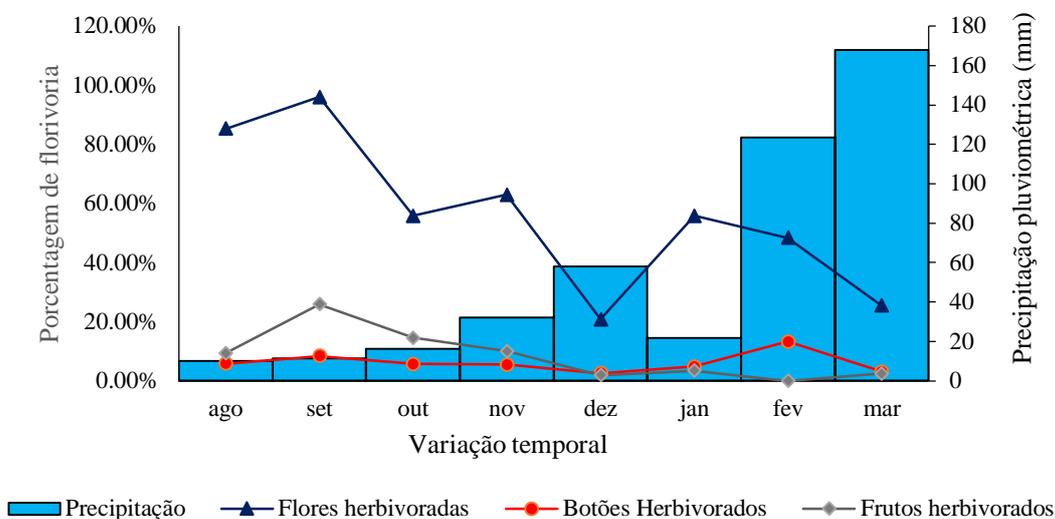


Fig 6. Variação temporal e sazonal da florivoria de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de Caatinga na Fazenda Tamanduá em Santa Terezinha, Paraíba.

Visitantes florais

A composição da fauna de visitantes florais amostrada na área de estudo foi representada por dois grupos de insetos pertencentes às ordens Hymenoptera e Diptera. Durante o período de estudo foi registrado um total de 287 indivíduos, correspondendo a 47 espécies (Hymenoptera=28; Diptera=19).

A ordem Hymenoptera foi a mais representativa em riqueza de espécies com 59,57%, sendo representada apenas por espécies de abelhas. As espécies *Megachilinae* sp. 6 ($F=87,5\%$) e *Apis mellifera* ($F=75\%$) foram categorizadas como constantes (Tabela 4).

Quanto ao modo de coleta de recursos florais todos os dípteros acessaram o néctar floral por vias ilegítimas, sendo, portanto, classificados como pilhadores, e todos os himenópteros foram classificados como polinizadores.

Em relação à dominância das espécies amostradas foi observada somente três espécies categorizadas como eudominantes: *Apis mellifera* (1.758), *Megachilinae* sp.5 e *Megachilinae* sp. 6 com 14,98%, 12,89% e 11%, respectivamente. Apenas a espécie *Habralictus* sp1 foi caracterizada como dominante. Ocorreram poucas espécies subdominantes ou recessivas e o maior valor encontrado foi para as espécies raras, com 45% do total amostrado (Fig 7).

Tabela 4. Visitantes florais da ordem Hymenoptera em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de caatinga, Santa Terezinha, Paraíba.

ORDEM/FAMÍLIA	N	D%	F%	CATEGORIA
HYMENOPTERA/APIDAE				
<i>Apis mellifera</i>	43	14.98	75	Polinizador
<i>Pseudoaugochlora</i> sp	5	1.74	50	Polinizador
<i>Megachile</i> sp1	4	1.4	25	Polinizador
<i>Habralictus</i> sp1	19	6.62	50	Polinizador
<i>Habralictus</i> sp2	2	0.7	12.5	Polinizador
Megachilinae sp1	6	2.1	37.5	Polinizador
Megachilinae sp2	6	2.1	37.5	Polinizador
Megachilinae sp3	1	0.34	12.5	Polinizador
Megachilinae sp4	2	0.69	25	Polinizador
Megachilinae sp5	37	12.89	50	Polinizador
Megachilinae sp6	31	11	87.5	Polinizador
<i>Panurginae</i> sp1	9	3.1	37.5	Polinizador
<i>Panurginae</i> sp2	5	1.74	37.5	Polinizador
<i>Oragapostemon</i> sp1	2	0.69	12.5	Polinizador
<i>Megachile</i> sp2	13	4.5	50	Polinizador
<i>Xylocopa frontalis</i>	11	3.83	75	Polinizador
<i>Augochlora</i> sp1	1	0.34	12.5	Polinizador
<i>Panurginae</i> sp3	3	1.04	25	Polinizador
Megachilinae sp7	2	0.69	25	Polinizador
<i>Habralictus</i> sp3	1	0.34	12.5	Polinizador
<i>Paroxystoglossa</i> sp1	3	1.04	25	Polinizador
<i>Megachile</i> sp2	1	0.34	12.5	Polinizador
Megachilinae sp8	4	1.39	37.5	Polinizador
<i>Paroxystoglossa</i> sp2	1	0.34	12.5	Polinizador
Megachilinae sp10	2	0.69	12.5	Polinizador
Megachilinae sp11	1	0.34	12.5	Polinizador
Apinae sp	1	0.34	12.5	Polinizador
Megachilinae sp9	1	0.34	12.5	Polinizador
DIPTERA/MUSCIDAE				
Muscidae sp1	4	1.39	37.5	Pilhador
Muscidae sp2	1	0.34	12.5	Pilhador
Muscidae sp3	1	0.34	12.5	Pilhador
Muscidae sp4	1	0.34	12.5	Pilhador
Muscidae sp5	5	1.74	37.5	Pilhador
Muscidae sp6	5	1.74	37.5	Pilhador
Muscidae sp7	3	1.04	37.5	Pilhador
Muscidae sp8	2	0.7	37.5	Pilhador
Muscidae sp9	6	2.09	37.5	Pilhador
Muscidae sp10	8	2.78	37.5	Pilhador
Muscidae sp11	2	0.7	12.5	Pilhador
Muscidae sp12	3	1.04	12.5	Pilhador
Muscidae sp13	6	2.09	12.5	Pilhador
Muscidae sp14	2	0.7	25	Pilhador
Muscidae sp15	3	1.04	12.5	Pilhador
Muscidae sp16	1	0.34	12.5	Pilhador
Muscidae sp17	1	0.34	12.5	Pilhador
Muscidae sp18	4	1.4	12.5	Pilhador
Muscidae sp19	12	4.2	12.5	Pilhador
TOTAL	287	100		

N: Número de indivíduos, D: Dominância, F: Frequência

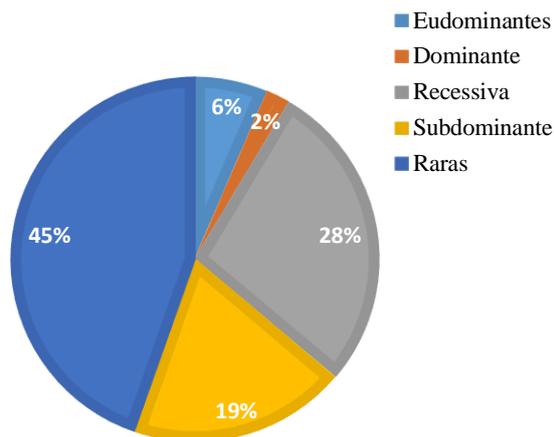


Fig 7. Representação percentual das espécies de visitantes florais, em diferentes categorias de dominância, amostrados de Agosto de 2014 a Março de 2015 em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, Santa Terezinha, Paraíba.

A riqueza e a abundância de visitantes florais em geral foram maiores no período chuvoso, especialmente entre fevereiro e março, com a maior riqueza de espécies registrada no mês de fevereiro e a maior abundância de indivíduos em março de 2015 (Fig 8 e 9).

A abundância (Regressão linear: $F=5,9341$, $p=0,0496$) e riqueza mensal (Regressão Linear: $F=8,5011$, $p=0,0263$) de Hymenoptera variaram ao longo do período de amostragem conforme a precipitação pluviométrica. Para os dípteros a riqueza ($F=0,0593$, $p=0,8095$) e abundância ($F=0,189$, $p=0,8900$) não variou conforme a precipitação pluviométrica.

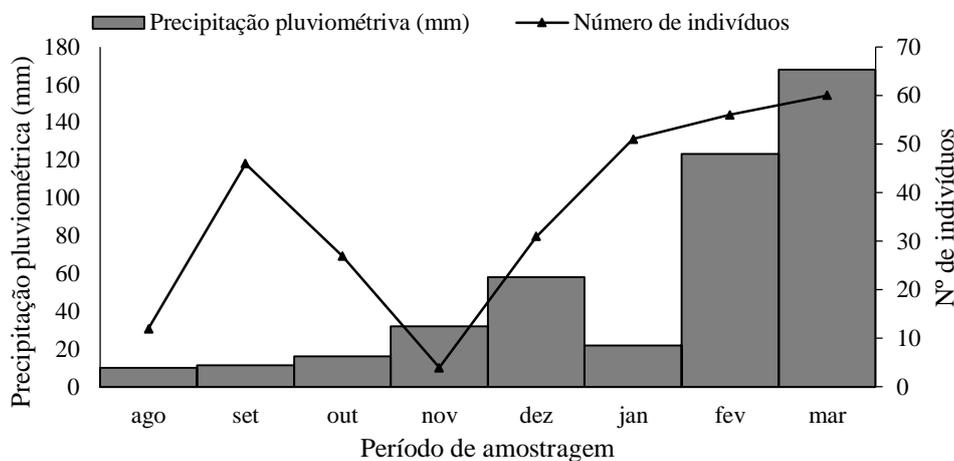


Fig 8. Abundância de visitantes florais associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica, Santa Terezinha, Paraíba.

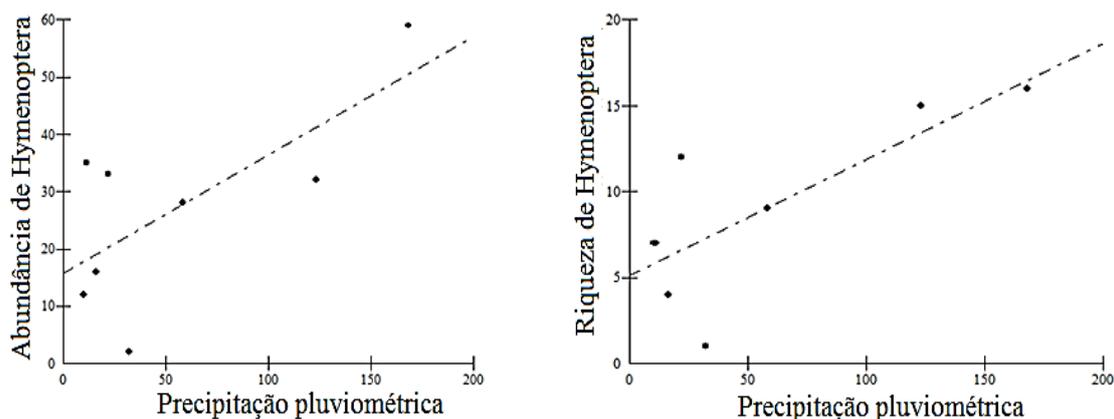


Fig 9. Regressão linear entre a abundância e riqueza de Hymenoptera visitantes florais de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e a precipitação pluviométrica, Santa Terezinha, Paraíba.

Predadores

Foram coletados 3.313 artrópodes predadores nas inflorescências de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, distribuídas em cinco ordens: Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera, Diptera e Araneae e 50 espécies/morfoespécies (Tabela 5).

A ordem mais representativa em abundância e riqueza foi Hymenoptera com 79,89% de indivíduos coletados e 48% das espécies registradas. Para o total de 1049 himenópteros coletados, 821 foram Hymenoptera Formicidae (formigas) e 228 Hymenoptera não Formicidae (vespas). Todos os himenópteros foram coletados forrageando em nectários extraflorais (na base das flores), as aranhas e hemípteros foram coletadas forrageando nas flores (na corola), os coleópteros foram coletados forrageando nos botões florais, e os dípteros nas folhas.

As espécies mais abundantes foram *Camponotus crassus* (n= 356), *Solenopsis* sp.1 (n=207) e *Coleomegilla maculata* (n=106) (Tabela 5).

Com relação a constância foram categorizadas como constantes, as morfoespécies da família Formicidae (Hymenoptera): *Camponotus crassus* (F=100%), *Solenopsis* sp.1(75%), *Dorymyrmex* sp.1(75%), *Dorymyrmex* sp.2 (75%), *Camponotus* sp.1 (62,5%) e *Camponotus* sp.3 (62,5%); da família Vespidae (Hymenoptera): *Polybia ignobilis* (75%), *Polybia* sp. 1(75%) e Eumeninae sp.1 (75%); da família Coccinelidade (Coleoptera): *Coleomegilla maculata* (87%) e Coccinelidae sp.2 (62,5%); e da família Thomisidae (Araneae): *Misumenops pallidus* (100%). Quanto a dominância, as espécies *Camponotus crassus* (D=27,11%) e *Solenopsis* sp.1 (D=15,76%) foram eudominantes. E as espécies *Dorymyrmex* sp. 1 (D=5,25%), *Dorymyrmex* sp. 2 (5,10%) e *Zeta* sp (5,55%). A representação percentual da dominância das espécies predadoras está disposta na Fig 10 e a frequência das demais espécies estão dispostas na Tabela 5.

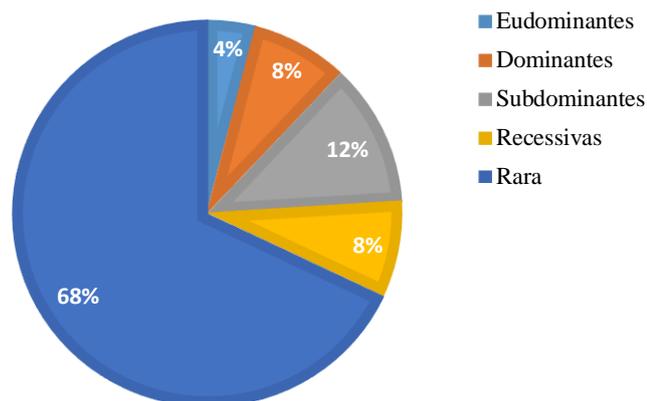


Fig 10. Representação percentual das espécies de predadores, em diferentes categorias de dominância, amostrados em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, Santa Terezinha, Paraíba.

Tabela 5. Predadores associados a *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa* em área de caatinga, Santa Terezinha, Paraíba.

ORDEM/ FAMÍLIA	N	D%	F%
HYMENOPTERA-FORMICIDAE			
<i>Solenopsis</i> sp.1	207	15,76	75
<i>Brachymyrmex</i> sp.1	5	0,38	25
<i>Camponotus</i> sp.1	58	4,41	62,5
<i>Camponotus</i> sp.2	5	0,31	50
<i>Camponotus</i> sp.3	17	1,29	62,5
<i>Crematogaster</i> sp.1	3	0,22	37,5
<i>Dorymyrmex</i> sp.1	69	5,25	75
<i>Dorymyrmex</i> sp.2	67	5,10	75
<i>Camponotus crassus</i>	356	27,11	100
<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	4	0,30	37,5
<i>Cephalotes pusillus</i>	13	0,99	37,5
<i>Solenopsis</i> sp.2	1	0,07	12,5
<i>Camponotus</i> sp.4	5	0,31	50
<i>Solenopsis</i> sp.3	1	0,07	12,5
<i>Camponotus</i> sp.5	3	0,22	25
<i>Crematogaster</i> sp.2	2	0,15	12,5
<i>Dorymyrmex</i> sp.3	2	0,15	25
HYMENOPTERA NÃO-FORMICIDAE			
Chalcididae			
<i>Conura</i> sp	1	0,07	12,5
Pompilidae			
Pompilidae sp.1	1	0,07	12,5
Vespidae			
<i>Zeta</i> sp	73	5,55	100
<i>Polybia ignobilis</i>	29	2,20	75
<i>Polybia</i> sp.2	29	2,20	37,5
<i>Polybia</i> sp.1	63	4,79	75
Eumeninae sp.1	32	2,43	75

COLEOPTERA			
Coccinellidae			
<i>Hippodamia convergens</i>	13	0,99	50
Coccinellidae sp.1	13	0,99	50
Coccinellidae sp.2	16	1,21	62,5
<i>Psyllobora</i> sp	23	1,75	37,5
<i>Coleomegilla maculata</i>	106	8,07	87,5
Coccinellidae sp.3	3	0,22	37,5
<i>Cycloneda sanguinea</i>	2	0,15	12,5
HEMIPTERA			
Geocoridae			
Geocoridae sp	1	0,07	12,5
Nabidae			
Nabidae sp	2	0,15	12,5
Reduviidae			
Reduviidae sp.1	4	0,30	37,5
Reduviidae sp.2	1	0,07	12,5
Reduviidae sp.3	14	1,06	37,5
ARANEAE			
Anyphaenide			
Anyphaenide sp	1	0,07	12,5
Araneidae			
<i>Eriophora edax</i>	1	0,07	12,5
Oxyopidae			
<i>Peucetia</i> sp	1	0,07	12,5
Pisauridae			
Pisauridae sp	2	0,15	12,5
Thomisidae			
<i>Misumenops pallidus</i>	36	2,74	100
<i>Misumenops pallens</i>	7	0,53	25
Salticidae			
Salticidae sp.1	2	0,15	25
Salticidae sp.2	5	0,38	50
Salticidae sp.3	3	0,22	37,5
Salticidae sp.4	1	0,07	25
Salticidae sp.5	3	0,22	25
DIPTERA			
Asilidae			
Asilinae sp.1	2	0,15	12,5
Tabanidae			
Tabanidae sp.1	3	0,22	12,5
TOTAL	1313	100	

N: Número de indivíduos, D: Dominância, F: Frequência

As maiores abundâncias e riqueza de predadores ocorreram nos meses com baixa precipitação, entre agosto e outubro de 2014 (Fig 11), no entanto a maior riqueza registrada durante o período de amostragem ocorreu no mês de maior precipitação pluviométrica em março de 2015. Mas não houve relação significativa entre a abundância e a precipitação mensal (Regressão linear: $F=3,5160$, $p=0,1082$), bem como entre riqueza e precipitação mensal (Regressão linear: $F=1.5288$, $p=0,2621$).

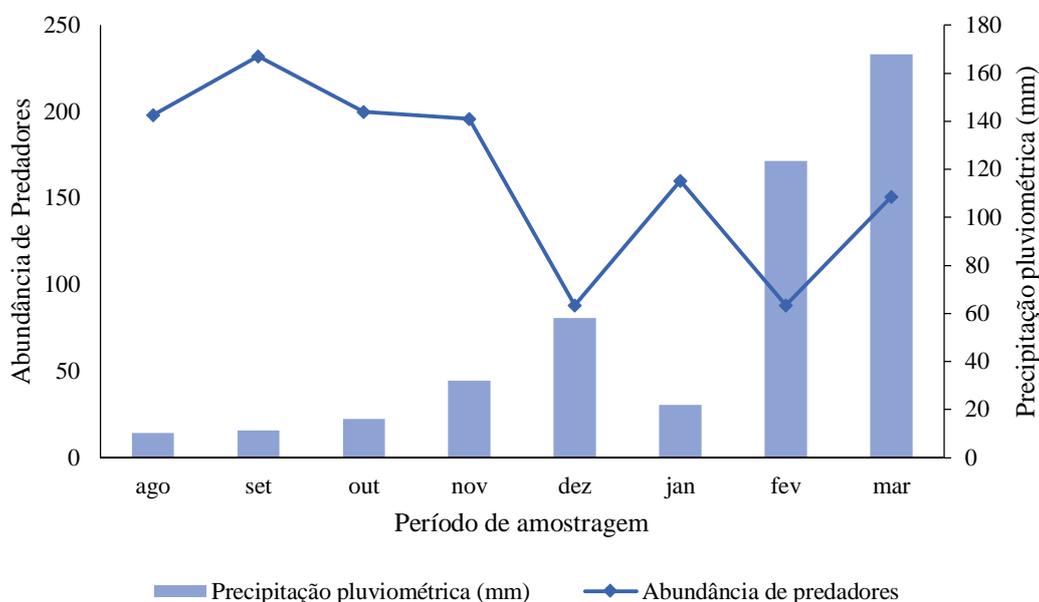


Fig 11. Variação da abundância de predadores associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* e precipitação pluviométrica ao longo do período de amostragem.

Relação entre todos os níveis tróficos

O sistema multitrófico de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* é composto por polinizadores, herbívoros e predadores, dentre os quais formigas, vespas, aranhas, percevejos e joaninhas. A sazonalidade foi evidente ao longo do período de amostragem (Fig 12).

A abundância dos herbívoros e predadores em geral (formigas, vespas, aranhas e percevejos) foram maiores no período seco entre os meses de agosto e novembro (Fig 12). A abundância mensal de predadores variou conforme a abundância de herbívoros em geral (Regressão Linear: $F=16,0771$, $p=0,0074$) (Fig 13a), com maior número de indivíduos nos meses que apresentaram maior número de herbívoros, sugerindo que a disponibilidade de presas (herbívoros) afetou a comunidade de predadores.

Quando analisados separadamente, dentre os predadores apenas as aranhas apresentaram maior abundância nos meses com maior precipitação pluviométrica, coincidindo com as maiores abundâncias de polinizadores entre os meses de fevereiro e março. E o número de formigas associadas a nectários extraflorais foi maior nos meses com maior abundância de herbívoros florais (Regressão Linear: $F=18,51$, $p=0,0055$) (Fig 13b).

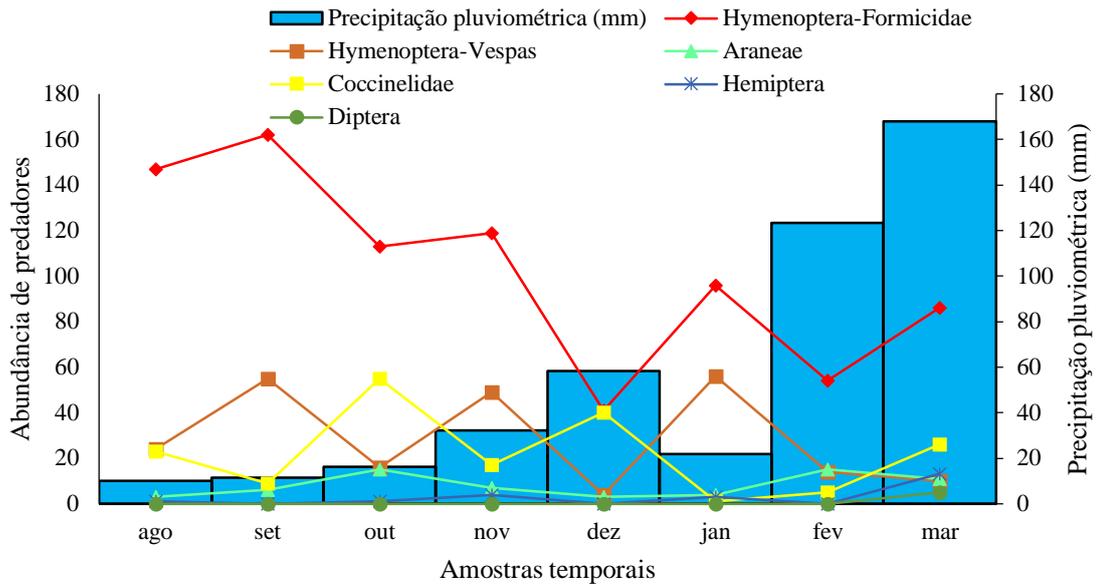


Fig 12. Variação sazonal na abundância de artrópodes associados a *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa* em área de caatinga

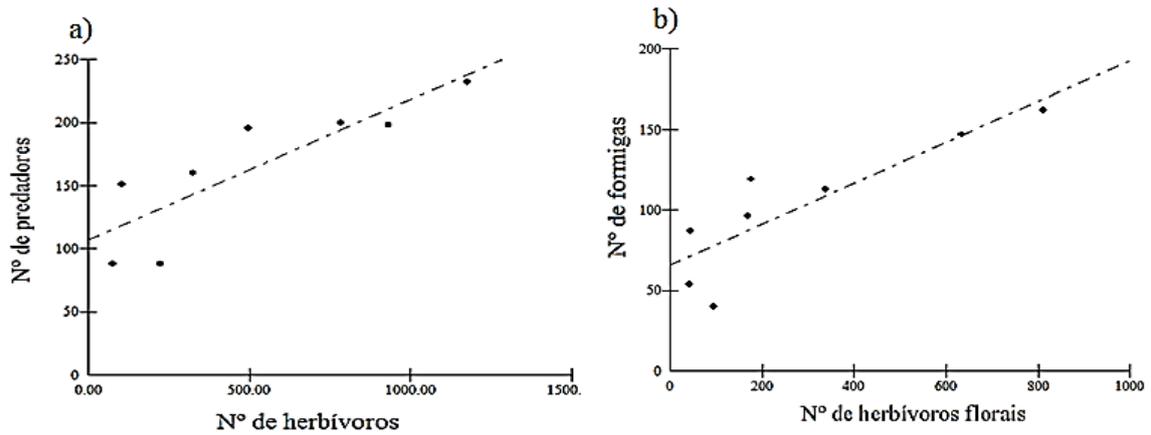


Fig 13. Variação na abundância de predadores conforme o número de presas. A) Número de predadores em geral aumentando conforme o número de herbívoros em geral aumenta. b) Número de formigas associadas a nectários extraflorais aumentando conforme o número de herbívoros florais aumenta.

Discussão

O sistema multitrófico estudado se mostrou bastante complexo, apresentando uma grande riqueza de artrópodes associados e variadas guildas dentre os níveis tróficos.

A floração e produção de botões ocorreu ao longo de todo período de estudo, no entanto ocorreram de maneira acentuada ao longo da estação seca, coincidindo com o observado para outras convolvuláceas da região (Piedade 1998), bem como para outras espécies da caatinga (Machado et al. 1997). As guildas de insetos herbívoros estudados, especialmente de florívoros, acompanhou a sazonalidade na oferta de recursos vegetais reprodutivos como botões, flores e frutos. Estudos mostram que as interações entre plantas e animais estão constantemente associadas à sazonalidade dos eventos vegetativos e reprodutivos das plantas, devido à grande disponibilidade de recursos para a fauna de herbívoros, polinizadores e dispersores de sementes nesses períodos (Fournier 1976; Frankie et al. 1974).

Dentre os herbívoros a família Chrysomelidae foi a mais numerosa, e acerca dela há um grande número de trabalhos relacionados diretamente com espécies do gênero *Ipomoea* (Keeler 1975; Crawley 1983; Deval e Thien 1989; Frey 1995). No presente trabalho essa família foi representada por um grande número de subfamílias. A subfamília Galerucinae apresentou apenas duas morfoespécies, entre estas *Diabotrica speciosa* foi a espécie mais abundante, que de acordo com Haji (1981) e Gassen (1989) é uma praga polífaga que afeta diversas culturas no Brasil, dessa maneira estudos detalhados sobre o papel destes insetos para as populações de *I. carnea* subs. *fistulosa* podem ser fontes potenciais de controle biológico e devem ser realizados no futuro.

O Cassidinae *Charidotella sexpunctata* foi o herbívoro foliar mais abundante. Danos causados por cassidíneos a espécies do gênero *Ipomoea* já foram registrados em outros trabalhos como Fidalgo (1997) em *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, Paleari (1997) em *I. asarifolia* e Nora (1993) em *I. batatas*. Esta subfamília de Crisomelídeos é a mais especializada em plantas tóxicas (Jolivet 1988) alimentando-se de poucos gêneros vegetais.

O dano causado a botões florais por espécies da subfamília Alticinae também foi registrado por Santos e Del-Claro (2001) para uma espécie de Rubiaceae no cerrado, mas não foram encontrados registros de outras ocorrências destes herbívoros para o gênero *Ipomoea*.

Quanto a família Nitidulidae nas flores de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, embora alguns trabalhos apontem espécies desta família como sendo alguns dos principais polinizadores (Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger 1988), em *I. carnea* subs. *fistulosa* a espécie do gênero *Conetelus* consumiram grande quantidade de grãos de pólen chegando até mesmo a danificar as anteras. Espécies da família Nitidulidae foram responsáveis por danos em flores de *Amphilophium vauthieri* (Bignoniaceae), em uma floresta semidecídua de Campinas (SP), prejudicando a frutificação dessas lianas (Amaral 1992). E para tantas outras espécies a família Nitidulidae podem consumir frutos, sementes e pólen (Kupinick et al. 1999), no entanto ainda não havia sido registrado a presença da família em flores de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*.

A subfamília Eulmopinae (Chrysomelidae) contém o maior número de espécies fitófagas do mundo. A maioria de suas espécies está associada diretamente com a predação foliar quando adultos e, quando em fase larval, nas raízes ou mesmo nas folhas (Xing-Peng e Cheng 2007). Entretanto, para este trabalho coleópteros desta família foram encontrados dentro das flores de *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*,

diferindo da literatura onde na grande maioria dos casos é considerada simplesmente predadora foliar. No Brasil existem poucos relatos de herbivoria por eumolpíneos mas, são conhecidas suas notórias associações com plantações de cacau (*Theobroma cacao* L.) na região sul da Bahia (Ferronato 2000), e eles são considerados como pragas desta cultura.

A subfamília Bruchinae destaca-se por ser um dos principais grupos de insetos que predam sementes durante o desenvolvimento larval (Janzen 1969, Johnson 1981). Já bruquíneos adultos são conhecidos por se alimentar apenas de pólen e néctar (Johnson et al. 1995) e no presente trabalho foi a subfamília com o maior número de morfoespécies, no entanto todas classificadas como raras. A predação de sementes por bruquíneos já foi registrada para a família Convolvulaceae por Johnson (1981) e Johnson et al. (1995).

Durante a estação seca na caatinga *Ipomoea carnea* subs. *fistulosa*, é uma das poucas espécies que persistem com folhas e flores, fato que faz com que as populações de *I. carnea* constituam grandes manchas fornecedoras de recursos para os herbívoros presentes. Esta pode ter sido uma das principais causas para que a abundância de herbívoros associados a esta espécie tenha sido mais alta nos meses com menor precipitação. O que corrobora com a hipótese de concentração de recursos proposta por Root (1973), em que os herbívoros seriam atraídos diferencialmente para áreas com maior disponibilidade de recursos. A ocorrência de plantas hospedeiras em grandes concentrações ou em alta abundância relativa deve atrair um maior número de insetos herbívoros, se comparada com locais onde ocorrem hospedeiros relativamente menos agregados. Esta hipótese foi apoiada com base nos estudos do comportamento de várias espécies de insetos (Douwes 1968; Tahvanainen e Root 1972; Wilson e Janzen 1972; Cromartie 1975; Ralph 1977; Meijden 1979; Raupp e Denno 1979). Os recursos podem também estar concentrados em função do tempo (Solomon 1981). Assim, a fenologia da planta afeta o ataque por herbívoros, pois o número de flores por planta funciona como indicador da disponibilidade de recursos (Howe e Westley 1988). Do mesmo modo que a densidade de plantas, indivíduos com maior número de flores representariam manchas com maior quantidade de recursos, afetando a presença de insetos herbívoros (Schmitt 1983). Um padrão similar da abundância de herbívoros também foi encontrado por outros autores (Douwes 1968; Tahvanainen e Root 1972; Wilson e Janzen 1972; Ralph 1977; Meijden 1979; Raupp e Denno 1979; Schmitt 1983). Isto pode ser devido ao fato de que manchas com maior quantidade de recursos (i.e. com maior número de flores) são indicadoras da qualidade da planta hospedeira, e os herbívoros visitantes podem estar respondendo à esta variável. Além disso, muitos insetos herbívoros localizam a planta através de pistas olfativas (Solomon 1981), assim flores mais agregadas poderiam ser mais facilmente localizadas. Entretanto, seriam necessários experimentos neste sistema para melhor entendimento desta questão.

Associado a persistência da espécie *I. carnea* subs. *fistulosa* nos períodos secos, de acordo com Mattson e Haack (1987a, b) o estresse hídrico é o fator mais importante na explosão populacional de insetos. Isso por que de maneira geral as plantas produzem toxinas sob estresse, reduzindo a produção de aleloquímicos de alto custo metabólico e direcionando recursos para a produção de aleloquímicos baratos (Rhoades 1979). Padrão de abundância de herbívoros similar foi observado por Austarå e Midtgaard (1987), com *Neodiprion sertifer* (Geoffrey) (Hymenoptera: Diprionidae) sobre *Pinus sylvestris* L. (Pinaceae) após chuva ácida; Cates et al. (1983), com *Choristoneura occidentalis* (Freeman) (Lepidoptera: Tortricidae) sobre *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco (Pinaceae) após exposição à estiagem; Coleman

e Jones (1988) com *Plagioderia versicolora* (Laicharting, 1781) (Coleoptera: Chrysomelidae) sobre *Populus deltoides* Bartr. ex Marsh (Salicaceae) após exposição a ozônio. Vários autores (Edwards e Wratten 1981; Crawley 1983; Gullan e Cranston 2007) demonstraram que fatores como condições nutricionais e mudanças climáticas podem proporcionar alterações súbitas na qualidade de plantas, afetando grandemente os insetos. Plantas sob estresse hídrico ou nutricional são consideradas mais susceptíveis ao ataque por herbívoros.

A análise da abundância da fauna de visitantes florais amostrada evidenciou um predomínio de espécies raras, ou seja, um número reduzido de espécies representado por um grande número de indivíduos e um elevado número de espécies com apenas um indivíduo. A maioria das espécies contribuiu com apenas um indivíduo, padrão semelhante foi registrado por Lopes et al. (2007). Segundo Andena et al. (2005), esse padrão é esperado para amostragens realizadas em ecossistemas neotropicais. Lopes et al. (2007) em estudos com antófilos no Rio Grande do Sul não registraram nenhuma espécie categorizada como eudominante ou dominante e semelhante a esse estudo também amostraram um grande número de espécies raras. De acordo com Andena et al. (2009), fatores locais como interações entre populações, competição e interferência de áreas vizinhas podem influenciar e determinar a riqueza de espécies de abelhas em cada área.

Dentre os predadores, Formicinae foi a subfamília dominante, tanto em número de espécies e abundância, seguida de Myrmicinae, esse padrão de distribuição é característico de ambientes mais abertos (Marinho et al. 2002; Leal 2002, 2003b).

Estudos recentes têm mostrado que a abundância e riqueza das associações formigas-plantas são particularmente significativas na região tropical (Oliveira e Oliveira-Filho 1991; Rico-Gray 1993; Del-Claro et al. 1996; Oliveira e Pie 1998). A atividade das formigas sobre a vegetação pode gerar uma enorme variedade de interações formigas-plantas-herbívoros (Beattie 1985; Davidson e Mckey 1993; Bronstein 1998; Del-Claro 2004). As análises de abundância, fenologia e herbívoros associados a *I. carnea* subs. *fistulosa* na caatinga indicam que esta espécie parece se enquadrar nessa discussão, haja vista que nos meses com menor precipitação ocorreram as maiores abundâncias de herbívoros e conseqüentemente de formigas associadas a nectários extraflorais. A abundância de mutualismos entre formigas e plantas é particularmente notável em habitats tropicais (Bronstein 1998). Porém, outros artrópodes podem competir com as formigas pelos NEFs como vespas predadoras, o mesmo foi observado por O'Dowd (1979) e Heil et al. (2003).

A abundância de aranhas e polinizadores responderam positivamente a precipitação pluviométrica, onde ambos os grupos tróficos apresentaram maiores abundâncias no período chuvoso, o que pode gerar redução do fitness das abelhas como potenciais polinizadores, e por isso este aspecto deve ser melhor investigado futuramente.

De maneira geral os dados sugerem que abundância de herbívoros respondeu a disponibilidade dos recursos vegetais, refletindo nos demais níveis tróficos como em um modelo *bottom-up* de cascata trófica (Folkard e Smith 1995; Rzanny et al. 2013).

Considerações finais

Ipomoea carnea subs. *fistulosa* apresentou altos níveis de florivoria, principalmente na estação seca. O dano floral afetou a dinâmica dos polinizadores. E a estratégia de defesa biótica, ou seja, a associação com formigas afetou o comportamento, portanto a dinâmica do polinizadores nas flores de *I. carnea*. Além disso, *I. carnea* subs. *fistulosa* durante o período de estiagem é uma importante fonte de recursos vegetais para a fauna de artrópodes da área, não só a de herbívoros e consequentemente de predadores, mas também para os visitantes florais e potenciais polinizadores da flora local. O sistema *I. carnea* subs. *fistulosa* é bastante complexo, com polinizadores, herbívoros, e várias espécies de artrópodes predadores, incluindo formigas, moscas, percevejos, vespas e aranhas, e até mesmo vespa parasitoides, fazendo desta espécie um excelente modelo ecológico para o estudo das interações multitróficas.

Entretanto, torna-se necessária a realização de trabalhos que enfoquem o benefício líquido da associação desta espécie, que vive em associação com várias espécies de predadores forrageando nas flores, bem como, de estudos que avaliem os efeitos diretos destas interações sobre a aptidão de *I. carnea* subs. *fistulosa*.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da UFRPE e a CAPES pelo apoio financeiro. A fazenda Tamanduá pelo apoio logístico. Ao Biólogo Pedro Santos Neto e ao Dr. José Domingos Ribeiro Neto pelas identificações de abelhas e formigas, respectivamente. E ao Dr. Arno Antônio Lise pelas determinações das aranhas.

Referências Bibliográficas

- Amaral MEC (1992) Ecologia floral de dez espécies da tribo Bignoniaceae (Bignoniaceae), em uma floresta semidecídua no município de Campinas. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Andena SR, Carpenter J M, Pickett KM (2009) Phylogenetic analysis of species of the neotropical social wasp *Epipona* Latreille, 1802 (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae, Epiponini). *ZooKeys* 20: 385-398.
- Andena SR, Mechi MR, & Bego LR (2005) A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. *Revista Brasileira de Zoociências*, 7:55-91.
- Antoniassi NAB, Ferreira EV, Santos C EP, Arruda L P, Campos JLE, Nakazato L, Colodel EM (2007) Intoxicação espontânea por *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa* (Convolvulaceae) em bovinos no Pantanal Matogrossense. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 27(10):415-418.
- Austarå O, Midtgaard F (1987) A preliminary experiment on the fecundity of *Neodiprion sertifer* reared on *Pinus sylvestris* grown in forest soil of various acidity. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2:365-367.
- Ayres M, Ayres Júnior M, Ayres DL & Santos AA (2007) Bioestat – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Ong Mamiraua. Belém, PA.
- Beattie AJ (1895) The evolutionary ecology of antplant interactions. Cambridge University Press, Cambridge. 1985.
- Bronstein JL (1998) The contribution of ant-plant protection studies to our understanding of mutualism. *Biotropica* 30:150-161.
- Clancy KM, Price PW (1988) Temporal variation in three tropic- level interactions among willow sawflies and parasites. *Ecology* 67:1601-1607.
- Coleman JS, Jones CG (1988) Plant stress and insect performance: Cottonwood, Ozone and a leaf beetle. *Oecologia* 76:57-61.
- Cotarelli VM, Vieira AOS (2009) Herbivoria floral em *Chamaecrista trachycarpa* (Vog.) H. S. Irwin e Barneby, em uma área de campo natural (Telêmaco Borba, PR, Brasil). *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde* 30(1):91-98.
- CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 01 de abril de 2015.
- Crawley MJ (1983) *Herbivory: The Dynamics of Animal-Plant Interactions*. Blackwell Science, Oxford.
- Cronartie JR WJ (1975) The effect of stand size and vegetational background on the colonization of cruciferous plants by herbivorous insects. *Journal of Applied Ecology* 12:517-533.
- Davidson DW, Mckey D (1993) The evolutionary ecology of symbiotic ant-plant relationships. *Journal of Hymenoptera Research* 2:13-83.
- Del-Claro K (2004) Multitrophic Relationships, Conditional Mutualisms, and the Study of Interaction Biodiversity in Tropical Savannas. *Neotropical Entomology* 33:665-672.
- Del-Claro K, Berto V, Reu W (1996) Herbivore deterrence by visiting ants increases fruitset in an extrafloral nectary plant *Qualea multiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation. *Journal of Tropical Ecology* 12: 887-892.

- Devall MS, Thien LB (1989) Factors influencing the reproductive success of *Ipomoea pes-caprae* (Convolvulaceae) around the Gulf of Mexico. *American Journal of Botany* 76(12): 1821-1831.
- Douwes P (1968) Host selection and host finding in the egg-laying female *Cidaria albulata* L. (Lepidoptera: Geometridae). *Opuscula Entomologica* 33:233-379.
- Edwards PJ, Wratten SD (1981) *Ecologia das interações entre insetos e plantas*. São Paulo, EDUSP. v. 27, 71p.
- English-Loeb G, Dufey SS (1997) Drought stress in tomatoes: Changes in plant chemistry and potential nonlinear consequences for insect herbivores. *Oikos* 79:456-468.
- Ferronato ML (2000) Aprimoramento de atributos comercialmente desejáveis em *Aster* sp cultivar White Master através do uso de reguladores do crescimento vegetal. Curitiba, Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- Fidalgo AO (1997) *Ecologia floral de duas espécies invasoras de Ipomoea (Convolvulaceae)*. Tese de Mestrado. Unicamp, Campinas.
- Folkard NFG, Smith JNM (1995) Evidence for bottomup effects in the boreal forest: do passerine birds respond to large-scale experimental fertilization? *Can. J. Zool.* 73: 2231-2237.
- Gassen DN (1989) *Insetos subterrâneos prejudiciais às culturas no sul do Brasil*. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 49p.
- Gentry HA (1974) Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6:64-68.
- Gullan PJ, Gullan PJ, Cranston OS (2007) *Os insetos: um resumo de entomologia*. Editora Roca Ltda, São Paulo, 440 p.
- Haji NFP (1981) *Biologia, dano e controle do adulto de Diabrotica speciosa (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) na cultura da batatinha (Solanum tuberosum L.)*. Tese de Doutorado. Piracicaba: ESALQ, 53p.
- Heil M, HilPERT A, Krüger R, Linsenmair KE (2003) Competition among visitors to extrafloral nectaries as a source of ecological costs of an indirect defence. *Journal of Tropical Ecology* 20:201-208.
- Howe HE, Westley LC (1988) *Ecological relationships of plants and animals*. Oxford University Press. New York. 1988.
- Janzen DH (1971) Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2:465-492.
- Johnson CD (1981) Seed beetle host specificity and the systematics of the Leguminosae, p. 995-1027. In: Polhill RM, Raven PH (editors). *Advances in Legume Systematics*.
- Jolivet P (1988) Food habits and food selection of Chrysomelidae: bionomic and evolutionary perspectives. Pp 1-24. In: Jolivet P, Petitpierre E, Hsiao TH (eds) *The Biology of the Chrysomelidae*. NL-Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Keeler KH (1975) *Ipomoea carnea* Jacq. (Convolvulaceae) in Costa Rica. *Brenesia* 5:1-5.
- Kemp WP, Mood UL (1984) Relationships between regional soils and foliage characteristics and western spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) outbreak frequency. *Environmental Entomology* 13:1291-1297.
- Kiill LHP, Ranga NT (2003) *Ecologia da Polinização de Ipomoea asarifolia (Ders.) Roem e Schult. (Convolvulaceae) na região semi-árida de Pernambuco*. *Acta Bot. Bras.* 17(3)
- Krupnick GA, Wies AE (1999) The effect of floral herbivory on male and female reproductive success in *Isomeris arborea*. *Ecology* 80:135-149.

- Kubota U (2003) Fenologia da Comunidade de Asteraceae, variação temporal e determinantes locais de riqueza de insetos endófitos de capítulos. Dissertação de Mestrado. Unicamp. p.82.
- Leal IR (2002) Diversidade de formigas no estado do Pernambuco. Pp 483-492. In: Silva JM, Tabarelli M (orgs.) Atlas da Biodiversidade de Pernambuco, Editora Massangana e SECTIMA, Recife.
- Leal IR (2003b) Diversidade de formigas em diferentes unidades da paisagem da Caatinga, p.435-460. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JM. (eds.), Ecologia e conservação da Caatinga. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 802p.
- Lopes LA, Blochtein B, Ott AP (2007) Diversidade de insetos antófilos em áreas com reflorestamento de eucalipto, município de Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoológica* 97(2):181-193.
- Maimoni-Rodella RCS, Yanagizawa Y (2007) Floral biology and breeding system of three *Ipomoea* weeds. *Planta Daninha* 25:35-42.
- Marinho CGS, Zanetti R., Delabie JHC, Schlindwein MN, Ramos LS (2002) Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de Cerrado de Minas Gerais. *Neotropical Entomology* 3:187-195
- Martin FW (1970) Self- and interespecific incompatibility in the Convolvulaceae. *Botanical Gazette* 131(2):130-144.
- Mattson WJ, Haack RA (1987a) The role of drought stress in provoking outbreaks of phytophagous insects. In: Barbosa P, Schultz J. eds. *Insect Outbreaks: Ecological and Evolutionary Perspectives*. Academic Press, Orlando, FL.
- Mattson WJ, Lawrence RK, Haack RA, Herms DT, Charles P J (1987b) Plant defensive strategies for different insect feeding guilds in relation to plant ecological strategies and intimacy of host association.
- Meijden E, Van Der (1979) Herbivore exploitation of a fugitive plant species: local survival and extinction of the cinnabar moth and ragwort in a heterogeneous environment. *Oecologia* 42: 307-323.
- Milet-Pinheiro C, Paulo C, Schlindwein C (2008) Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e plantas em uma área do Agreste pernambucano, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 52:625-636.
- Mooper S, Whithan TG (1992) The plant stress paradox: effects on pinyon sawfly sex ratios and fecundity. *Ecology* 73:515-525.
- Morellato LPC, Leitão-Filho HF (1996) Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian Forest. *Biotropica* 28:180-191.
- Nora I (1989) Comparação do ciclo de vida de *Botanochara impressa* Panzer, (Coleoptera, Chrysomelidae, Cassidinae) em *Ipomoea* spp. Curitiba: UFPR, 1993. 60P. Dissertação Mestrado.
- O'dowd DJ (1979) Foliar nectar production and ant activity on a neotropical tree. *Ochroma pyramidale*. *Oecologia* 4(3):233-248.
- Ohnson CD, Zona S, Nilsson JA (1995) Bruchid beetles and palm seeds: recorded relationships. *Principes* 39: 25-35.
- Oliveira OS, Freitas AVL (2004) Ant-plant-herbivore interactions in the neotropical cerrado savana. *Naturwissenschaften* 91:557-570.
- Oliveira OS, Pie MR (1998) Interaction between ants and plants bearing extrafloral nectaries in cerrado vegetation. *An. Soc. Entomol. Bras.* 27:161-176.

- Oliveira PS, Oliveira-Filho AT (1991) Distribution of Extrafloral nectaries in the woody flora of tropical communities in Western Brazil. p. 163-175. In: Price P W. et al. (Org.), Plant-Animal Interactions: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions, J.Wiley e Sons, Inc. 639p.
- Paleari LM (1997) Partilha de Recursos entre *Botanochara sedecimpustulata* (Fabricius, 1781) e *Zatrephina lineata* (Fabricius, 1787) (Coleoptera, Chrysomelidae, Cassidinae), em *Ipomoea asarifolia* (Convolvulaceae), na Ilha de Marajó, Pará, Brasil. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas.
- Prado DE (2003) As caatingas da América do Sul. In: Leal I R, Tabarelli M, Silva JMC. (Org.). Ecologia e conservação da caatinga. Ed. Universitária da UFPE, Recife. Pp. 3-73.
- Price PW, Bouton CE, Gross P, et al (1980) Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insects, herbivores and natural enemies. Annual Review of Ecology and Systematics 11: 41-65.
- Ralph C P (1997) Effect of host plant density on population of a specialized seed sucking bug, *Oncopeltus fasciatus*. Ecology 58:799-809.
- Raupp MJ, Denno RE (1979) The influence of patch size on a guild of sap-feeding insects that inhabit the salt marsh grass *Spartina patens*. Environmental Entomology 8:412-417.
- Rey R (1995) *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa* (Martius ex Choisy) Austin: Taxonomy, biology and ecology, reviewed and inquired. Journal of Tropical Ecology 36(1):21-48.
- Rhoades DF (1979) Evolution of plant chemical defense against herbivores. Pages 3-54. In: Rosenthal GA, Janzen DH. eds. Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press, New York.
- Rico-Gray V (1993) Use of plant-derived food resources by ants in the dry tropical lowlands of coastal Veracruz, Mexico. Biotropica 25:301-315.
- Root RB (1973) Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). Ecol Monogr 43:95-124.
- Rzanny M, Kuu A, Voigt W (1973) Bottom-up and top-down forces structuring consumer communities in an experimental grassland. Oikos 122:967-976.
- Santo S JC, Del-Claro K (2001) Interação entre formigas, herbívoros e nectários extraflorais em *Tocoyena formosa* (Cham. e Schlecht.) K. Schum. (Rubiaceae) na vegetação do cerrado. Rev. Bras. Zool. 3(1):77-92.
- Schlising RA (1970) Sequence and timing of bee foraging in flowers of *Ipomoea* and *Aniseia* (Convolvulaceae). Ecology 51:1961-1067.
- Schnitt J (1983) Flowering plant density and pollinator visitation in *Sellecio*. Oecologia 60:97-102.
- Silberbauer-Gottsberger I, Gottsberger G (1988), A polinização de plantas do Cerrado. Rev. Bras. Biol. 48:651-663
- Silva CI, Torezan-Silingardi H M (2009) Reproduction biology of tropical plants. In International Commission on Tropical Biology and Natural Resources (eds) Del-Claro K, Oliveira P S, Rico-Gray V, Ramirez A, Barbosa A A A, Bonet A, Scarano F R, Consol F L I, Morales Garzon F J, Nakajima J N, Costello J A, Sampaio M V, Quesada M, Morris M R, Rios M P, Ramirez N, Marcal Jr O, Macedo R H F,

- Marquis R J, Martins R P, Rodrigues S C, Luttge U. In Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK.
- Solomon BP (1981) Response of a host specific herbivore to resource density, relative abundance and phenology. *Ecology* 62:1205-1214.
- Tahvanainen JO, Root RB (1972) The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotrera cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia* 10:321- 346.
- Thomazini MJ, Thomazini APBW (2002) Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no sudeste acreano. Rio Branco: Embrapa Acre, 41p.
- Thompson JN (1996) Evolutionary ecology and the conservation of biodiversity. *Tree* 11(7):300-303.
- Thompson JN (1999) The Evolution of Species Interactions. *Science* 284:2113-2118.
- Trumble RB, Denno RF (1995) Light intensity, host-plant irrigation, and habitat-related mortality as determinants of the abundance of azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). *Environmental Entomology* 24:898-908.
- Van Schaik CP, Terborgh JW, Wright SJ (1993) The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24:353-377.
- Washburn JO, Grace JK, Frankie GW (1987) Population response of *Mesembryanthesi* and *Pulvinaria delotoi* (Homoptera: Coccidae) to nitrogen and water conditions of their host plant. *Environmental Entomology* 16:286- 295.
- White TCR (1969) Index to measure weather-induced stress of trees associated with outbreaks of psyllids in Australia. *Ecology* 50:905-909.
- Wilson DE, Janzen DH (1972) Predation on Schee/ea palm seeds by bruchid beetles: seed density and distance from the parent palm. *Ecology* 53:954-959.
- Woods JO, Carr TJ, Price PW, Stevens LE & Cobb NS (1996) Growth of Coyote Willow and the attack and survival of a mid-rib galling sawfly, *Euura* sp. *Oecologia* 108:714-722.
- Xing-Peng LI, Cheng De LI (2007) Checklist of Eumolpinae (Coleoptera, Chrysomelidae) from Maershan region including one new record species from China. *Journal of Forestry Research* 18(1): 65-68.

ANEXO I. NORMAS PARA SUBMISSÃO NA REVISTA *ANNALS OF THE ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA*

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

SUBMIT YOUR MANUSCRIPT

You can submit your manuscript using our online submission system, [ScholarOne](#).

MANUSCRIPT PREPARATION

Order of Elements

Order of Elements are as follows: title page; Abstract and key words; introduction (no heading); Materials and Methods; Results; Discussion (or Results and Discussion); Acknowledgments; References Cited; footnotes; tables; figure legends; and figures.

The introduction should clearly state the basis of your study along with the background of the problem and a statement of purpose. The Materials and Methods section should include a clear and concise description of the study design, experimental execution, materials, and method of statistical analysis. Results should be clearly differentiated from the interpretation of your findings in the Results section or within the Results and Discussion. Cite tables and figures in numerical order as they should appear in the text. Include suggestions for direction of future studies, if appropriate.

Title Page

The title page should include the name, complete address, phone number, fax number, and e-mail address of corresponding author.

Include a running head of <65 characters, including author names. *Example:* Smith and Jones: Biological Control of *C. capitata* (no period). For more than two authors, use the senior author's name followed by et al. *Example:* Smith et al.: Biological Control of *C. capitata* (no period).

Include the section of the journal.

The title should be concise and informative. Include either the ESA approved common name of the subject or its scientific name, but not both. Common names used in the title must be listed in the [ESA Common Names of Insects & Related Organisms](#). Do not include authors of scientific names in the title. Do not capitalize the following words in the title or subheadings: a, an, and, as, at, be, by, for, in, of, on, per, to, the. Insert (Order: Family) immediately after the name of the organism.

Affiliation line includes a complete address. If appropriate, designate current addresses for all authors by numbered footnotes (superscripted numbers) placed at the bottom of the title page. *Example:*

¹Department of Entomology, University of Colorado, 345 East 7th Street, Denver, CO 78095.

Include all authors' names below the title. Footnote numbers are placed outside commas in multi-authored articles.

Abstract

On a separate page, provide an abstract of fewer than 250 words. Give scientific name and authority at first mention of the subject organism. Do not cite references, figures, tables, probability levels, or results. Refer to results only in the general sense.

Keywords

Place three to five keywords, separated by commas, on a line below the abstract. Use only singular words/nouns. Spell out scientific names (e.g., spell out *Aedes albopictus* instead of *Ae. albopictus*).

Do not combine different subjects as one key word (e.g., "pesticides and grass," should be two separate keywords, "pesticide, grass." Do not use scientific names and common name at the same time as one key word [e.g., use "coffee, *Coffea Arabica*" (as 2 key words) instead of coffee (*Coffea Arabica*).

Optional foreign language abstract: All articles will have an English abstract. However, to encourage international communication, authors may include a second abstract in a language other than English. (Spanish, French, German, Russian, Portuguese, Chinese, or Japanese are accepted.) It is the author's responsibility to provide an accurate, and grammatically correct non-English version. Do not repeat the keywords.

Heading Levels

First-level headings are centered and boldfaced on their own line. Initial capital letters. Used to divide the manuscript into major sections (e.g., Materials and Methods, Results).

Second-level headings are flush left, boldface, and are also on their own line with initial capital letters. Second-level headings are rarely used except in taxonomic articles where multiple levels of headings may be necessary.)

Third-level headings are boldfaced, paragraph indented, have initial capital letters, and are followed by a period. Third-level headings are used to divide first-level sections into smaller sections.

Fourth-level headings are italicized (but not boldfaced), paragraph indented, have initial capital letters, follow immediately after a third-level heading or start a new paragraph, and are followed by a period. Fourth-level headings are used to divide third-level sections into smaller sections.

In-Text Citations

Single Author

(Smith 1993)

Two Authors

(Smith and Jones 1993)

Multiple Citations

(Smith 1996, Smith et al. 1997, Jones 1998)

Multiple Publications by Same Author(s)

(Smith et al. 1995a, 1995b, 1997; Jones 1996)

Personal Communications

(Jones 1988; L. J. Smith, personal communication). Obtain and forward (at submission) a letter of permission to use citations to personal communications (from those other than authors).

Unpublished Data

(L.J.S., unpublished data) for one author or (unpublished data) for all authors. Obtain and forward (at submission) a letter of permission to use citations to unpublished data (from those other than authors).

In Press

(Smith 1997) for in press, cite projected year of publication.

Software

(PROC GLM, SAS Institute 1999) for software user's manual.

Manufacturers

In parentheses, provide manufacturer's name and location (city, state) and model number of relevant materials and equipment. Example: (Model 3000, LI-COR, Lincoln, NE). Use generic names when possible (e.g., self-sealing plastic bags).

Reporting Requirements for Statistical Tests

All data reported (except for descriptive biology) must be subjected to statistical analysis. Descriptive biology should include information such as sample sizes and number of replications. Authors are responsible for the statistical method selected and for the accuracy of their data. Authors should be able to justify the use of a particular statistical test when requested by an editor. Results of statistical tests may be presented in the text, in tables, and in figures. Statistical methods should be described in Materials and Methods with appropriate references. Experimental designs should also be described fully in Materials and Methods. Descriptions should include information such as sample sizes and number of replications. See specific section in this style guide for suggestions on formatting statistical results. Only *t*-tests and analyses of variance require no citation. Cite the computer program user's manual in the References Cited.

Probit/logit

When presenting results of probit/logit analysis, these columns should be included in tables (in this order, left to right); *n*, slope + SE, LD (or LC) (95% CL), and chi-square. When a ratio of one LD versus another is given, it should be given with its 95% CI.

Statistical tests to show what model best fits data intended to estimate the 99.9986% level of effectiveness should be presented to justify use of any model, including the probit model. Thus, we do not recommend use of the Probit 9 without tests to show that the probit model fits the data.

Analysis of Variance or *t*-test

When presenting the results of analysis of variance or a *t*-test, specify *F* (or *t*) values, degrees of freedom, and *P* values. This information may be placed in parentheses in the text. Example: (*F* = 9.26; *df* = 4, 26; *P* < 0.001). If readability of the text is affected by the presence of repeated parenthetical statistical statements, place them in a table.

Regression

In regressions, specify the model, define all variables, and provide estimates of variances for parameters and the residual mean-square error. Italicize variables in equations and text.

Variance and sample size

Include an estimate of the variance and sample size for each mean regardless of the method chosen for unplanned multiple comparisons. The use of Duncan's Multiple Range Test (DMRT) is not acceptable as a *mean separation test* as it is no longer commonly accepted as a method for *post hoc* mean separation analysis.

Model Analysis

At the beginning of the manuscript, authors should state clearly the goals of their model construction and analysis. Evaluation by reviewers depends upon these goals and the type of model. Authors should attempt to describe the main conclusions, limitations, and sensitivity of results to assumptions. For stochastic models, describe the variability in the results.

Modeling Guidelines

The following guidelines pertain to any mathematical model calculated for purposes other than statistical analysis. Authors must adequately describe both model structure and model analysis. Authors must explain and justify original equations and computer programs or justify the selection of a published software package used in the computation of models. Model structure and steps in the analysis must be described in the Materials and Methods section. Without presenting extensive computer code, the text must permit an understanding of the model that would allow most mathematically inclined scientists to duplicate the work. Present all equations that represent the

biology of the system being modeled. Unless their derivation is self-evident, show how the equations were derived and mention the underlying assumptions. Express how the equations are solved over time and space. Provide references for standard techniques (e.g., matrix manipulation, integration). Define all variables and parameters in each equation and describe their units (e.g., time, space, and mass). In the Materials and Methods or Results section, present the range of parameter values included in the model, and describe the uncertainty in or range of validity of these values.

Equations

Consult *Mathematics into Type* for correct formatting of equations and mathematical variables. Italicize all mathematical variables. Center more complex equations on a separate line.

$$R = A \text{ bartype} + B \log_{10} (f) \\ (2)$$

Reporting Taxonomy

Follow the *International Code of Zoological Nomenclature*, 4th ed., for taxonomic style. Center the heading that indicates the name of the taxon in bold type. Center figure numbers in parentheses under the main heading; do not use bold type. Start all synonymies at the left margin with runovers indented. Include authors and date. References must appear in References Cited section. Use telegraphic style throughout descriptions.

Taxonomy Headings

Use only acceptable 3rd-level subheadings such as:

- Male
- Female
- Material Examined
- Type Material
- Distribution
- Etymology
- Biology
- Discussion

Avoid using Description as a subheading.

Dates

Use Roman numerals I through XII to designate month of collection. Use Arabic numerals 00 through 99 to designate collection years in the 20th century. Do not abbreviate other years, including the 21st century. Express data in this format: day-month (use a Roman numeral)-year. Example: 2-V-97.

Locality Other than Principal Types

Start with the largest area followed by successively smaller areas separated by colons. Capitalize countries. Arrange data for each locality in the following order: count of specimens and sex or stage (as applicable), city or vicinity, date, collector, and depository. Example: MEXICO: Tamaulipas: 1 male, 1 female, Ciudad Mante, 15-III-97, K. Haack; 5 females, Ciudad Victoria, 3-VII-99, C. Hughes, MCZ. Arrange localities alphabetically. Use a semicolon to separate data for different localities. Define depositories in the Materials and Methods.

Type Material

Start description with the principal type in capital letters. Follow this immediately with count and sex of specimens (use male and female symbols if possible), then place additional data in the order of locality, date, additional data, and collector. Separate these items with commas. Example:

HOLOTYPE: 1 male, Locust Grove, VA, 22-X-98, on *Cercis canadensis*, R. H. Foote. PARATYPES: 2 males, same data.

Voucher Specimens

Voucher specimens of arthropods serve as future reference for published names used in scientific publications. Although the deposition of voucher specimens is not required as a condition for publication, authors are encouraged to deposit specimens in an established, permanent collection and to note in the published article that the expected deposition has been made and its location. Authors should contact the curator of a voucher repository before deposition concerning the procedures required for curation to ensure that the collection will accept the voucher materials. The designation and proper labeling of voucher specimens is the author's responsibility. When available, at least three specimens should be deposited. Each specimen should have the following information provided at the time of deposition:

- Standard label data that are required for the specimens collection (i.e., locality, date of collection, collector, host, ecological data, whether the specimen is from a laboratory collection, etc.).
- An identification label that includes the identifier and date of identification.
- A label that designates the specimen as "voucher."

Acknowledgments

Place the acknowledgments after the text. Organize acknowledgments in paragraph form in the following order: persons (omit all professional titles and degrees), groups, granting institutions, grant numbers, and serial publication number.

REFERENCES CITED

Cite only those articles published or formally accepted for publication (in press). Include all references mentioned in text. Include enough information to allow reader to obtain cited material (e.g., book and proceedings citations must include name and location [city and state or country] of publisher).

Abbreviate journal titles according to the most recent issue of BIOSIS Serial Sources. For non-English titled journals that are cited in the references, the title of the journal should be spelled out, and not abbreviated. Systematics-related articles may specify that all serial titles be spelled out for final publication. Citations and References should not be numbered.

Alphabetical order (chronological for one author or more than two authors, and alphabetical order [by surname of second author] for two authors)

Journal Articles

Evans, M. A. 2000. Article title: subtitle (begin with lowercase after colon or dash unless first word is a proper noun). J. Abbr. 00:000–000.

Evans, M. A. 2001a. Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

Evans, M. A. 2001b. Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

Evans, M. A., and R. Burns. 2001. Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

Evans, M. A., and A. Tyler. 2001. Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

Evans, M. A., A. Tyler, and H. H. Munro. 2000. Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

Evans, M. A., R. Burns, and A. A. Dunn. 2001. Article title. J. Abbr. 00: 000–000.

In Press

Evans, M. A. 2002. Article title. J. Econ. Entomol. (in press).

Books

Burns, R. 2001. Title (initial cap only): subtitle (no initial cap after colon). Publisher, city, state abbreviation or country.

Evans, M. A. 2001. Colorado potato beetle, 2nd ed. Publisher, city, state abbreviation or country.

Tyler, A. 2001. Western corn rootworm, vol. 2. Publisher, city, state abbreviation or country.

Article/Chapter in Book

Tyler, A. 2001. Article or chapter title, pp. 000–000. *In* T.A.J. Royer and R. B. Burns (eds.), Book title. Publisher, city, state abbreviation or country.

Tyler, A., R.S.T. Smith, and H. Brown. 2001. Onion thrips control, pp. 178–195. *In* R. S. Green and P. W. White (eds.), Book title, vol. 13. Entomological Society of America, Lanham, MD.

No Author Given

(USDA) U.S. Department of Agriculture. 2001. Title. USDA, Beltsville, MD.

(IRRI) International Rice Research Institute. 2001. Title. IRRI, City, State or Country.

Patents

Harred, J. F., A. R. Knight, and J. S. McIntyre, inventors; Dow Chemical Company, assignee. 1972 Apr 4. Epoxidation process. U.S. patent 3,654,317.

Proceedings

Martin, P. D., J. Kuhlman, and S. Moore. 2001. Yield effects of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) feeding, pp. 345–356. *In* Proceedings, 19th Illinois Cooperative Extension Service Spray School, 24–27 June 1985, Chicago, IL. Publisher, City, State.

Rossignol, P. A. 2001. Parasite modification of mosquito probing behavior, pp. 25–28. *In* T. W. Scott and J. Grumstrup-Scott (eds.), Proceedings, Symposium: the Role of Vector-Host Interactions in Disease Transmission. National Conference of the Entomological Society of America, 10 December 1985, Hollywood, FL. Miscellaneous Publication 68. Entomological Society of America, Lanham, MD.

Theses/Dissertations

James, H. 2001. Thesis or dissertation title. M.S. thesis or Ph.D. dissertation, University of Pennsylvania, Philadelphia.

Software

SAS Institute. 2001. PROC user's manual, version 6th ed. SAS Institute, Cary, NC.

Online Citations

Reisen, W. 2001. Title. Complete URL (protocol://host.name/path/file.name) and/or DOI (Digital Object Identifier)

Tables

Place tables after the References Cited section. Double-space and number all tables. Boldface table title. Do not repeat data already presented in text. If a table continues on more than one page, repeat column headings on subsequent page(s).

Title

Title should be short and descriptive. Boldface table number and title only. Include "means + SEM" in title if applicable. Do not footnote title; use the unlettered first footnote to include general information necessary to understand the title (e.g., define terms, abbreviations, and statistical tests).

Lines

Use horizontal lines to separate title from column headings, column headings from data field, and data field from footnotes. Do not use vertical lines to separate columns. All columns must have headings.

Abbreviations

Use approved abbreviations. Use abbreviations already defined in the text and define others in the general footnote. Use the following abbreviations in the body or column headings of tables only: amt (amount), avg (average), concn (concentration), diam (diameter), exp (experiment), ht (height), max (maximum), min. (minimum), no. (number), prepn (preparation), temp (temperature), vs (versus), vol (volume), wt (weight). Use the following abbreviations for months: Jan., Feb., Mar., April, May, June, July, Aug., Sept., Oct., Nov., and Dec.

Operational Signs

Repeat operational signs throughout data field. Insert a space on either side of sign (1.42 ± 1.36).

Spacing

Leave no space between lowercase letters and their preceding values (e.g., 731.2ab).

Footnotes to Tables

Use footnotes to define or clarify column headings or specific datum within the data field. Do not footnote the title; use the unlettered first footnote to include general information necessary to understand the table (e.g., define terms, abbreviations, and statistical tests). The use of asterisks is reserved for statistical significance only.

Example:

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$; Student *t*-test [Abbott 1925]). *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ***, $P < 0.001$; NS, not significant).

Use lowercase italicized superscripted letters to indicate footnotes. Footnote letters should appear in the table in consecutive order, from left to right across the table then down the page.

Figures

For review purposes, it is acceptable to include figures, whether in black and white or color, as part of the manuscript file, with each figure on a separate page. Figures should be inserted in the manuscript file in one of the following formats: TIFF, EPS, WMF, or JPEG. GIF formats, such as from websites, are not acceptable and produce poor quality printouts because of low resolution, even for peer review purposes. Charts from Excel and SigmaPlot should not be inserted unless they are in one of the above formats.

For more information on preparing figures, see OUP's Author Resource Centre on [figures](#).

Abbreviations and Symbols

Abbreviations and symbols in figures should match those in the text or be defined in legends.

Figure Captions

Type all captions double-spaced on a separate page. All captions should be in paragraph form as shown by the example below.

Fig. 1. Relationship between percentage of defoliation of oak trees and gypsy moth population density. (A) Defoliation and egg mass density. (B) Defoliation of egg density.

Letter locants on figures composed of more than one element should match those in the text (either upper- or lowercase). Do not use equal signs to define abbreviations; use commas (e.g., Ap, barometric pressure).

SUPPLEMENTAL MATERIAL

Supplemental Material may be submitted in the form of one or more (8 maximum) files to accompany the online version of an article. Such material often consists of large tables, data sets, or videos which normally are not possible or convenient to present in print media. Supplemental Material represents

substantive information to be posted on the ESA journal website that enhances and enriches the information presented in the main body of a paper. However, the paper must stand on its own without the need for the reader to access the supplemental information to understand and judge the merits of the paper. Any files containing Supplemental Material must be provided at the time of manuscript submission, and will be distributed to reviewers as part of the normal peer-review process. Authors should alert the editor to the presence of Supplementary Material in their cover letter at submission. Once a paper is published, the content of accompanying Supplemental Material files cannot be altered. Although the content of any submitted Supplementary Material is subject to normal peer-review and any changes required by the editor, no copy editing will be performed by the journal's production staff. Therefore, the authors are responsible for suitable format and final appearance of Supplemental Material after acceptance of the paper.

Supplemental Material should be referenced in the body of the main paper (e.g., Supp. Table S1; Supp. Video S1), where a link will take the online reader to the file. Each supplemental file must be labeled with an appropriate title and prefaced by a short (50 words maximum) summary description of the contents. Within each file, any tables, figures, videos, or other material must be accompanied by an appropriate caption. Citations for any literature referenced within a Supplemental Material file should be listed in a References Cited section at the end of the file, even when a citation is duplicated in the main body of the paper. Videos should be brief (< 5 min) and kept to a reasonable size to facilitate downloading by readers.

NOTES ON TERMINOLOGY

Scientific Names

Scientific names and authorities must be spelled out (except for Fabricius and Linnaeus, which are abbreviated as F. and L., respectively) the first time a species is mentioned in the abstract and again in the main body of text.

Common Names

Use only those common names cited in the current [ESA Common Names of Insects & Related Organisms](#) online database, or those names approved by the ESA Common Names Committee. Do not use any other common name. Do not abbreviate common names (e.g., CPB for Colorado potato beetle).

Give scientific name and authority at first mention of each organism (including plants) in the abstract and again in the text.

Use of "Stadium," "Stage," and "Instar"

Manuscripts received for publication in ESA periodicals refer to arthropods and the periods of time in their development in various ways. These designations should be used consistently.

Stadium (Plural: Stadia): The period of time between two successive molts.

Stage: One of the successive principal divisions in the life cycle of an arthropod (e.g., egg, nymph, larva, prepupa, pupa, subimago, and adult).

Instar: The arthropod itself between two successive molts. For the purposes of the definition, hatching is considered a molt.

Examples of Usage:

Nymphs feed on the underside of leaves during the first stadium.

Larvae of some dermestids go through an indefinite number of stadia (or have an indefinite number of instars).

The nymphs were reared through the fifth stadium. Immature stages (e.g., eggs, larvae, and pupae; eggs and nymphs) are illustrated.

First instar of cerambycids make galleries in wood.

Some 200 first-instar spiderlings were collected. The predators fed readily on early instars of the face fly.

NOTES ON FORMATTING

Capitalization

Do not capitalize the following words in titles or subheadings: a, an, and, as, at, be, by, for, in, of, on, per, to, the.

Abbreviations

Use standard abbreviations as listed in the Council of Science Editors' *Scientific Style and Format, The CBE Manual for Authors, Editors, and Publishers*, 8th ed., or those listed in this guide. Avoid nonstandard abbreviations.

Abbreviations for Time

Use the following abbreviations for time: h (hour), min (minute), s (second), yr (year), mo (month), wk (week), d (day). Do not add "s" to create plurals (e.g., wks).

Fig./Figs.

Use "Fig." if singular and "Figs." if plural (e.g., Fig. 1; Figs. 2 and 3).

Dates

When citing dates in the text (not in tables or taxonomic reports), do not abbreviate month, and use this format: 26 January 1997.

Metric Units

Use metric units. English units may follow within parentheses only if they are of direct practical purpose.

Liter

Do not abbreviate "liter" by itself or when accompanied by a numeral.

% versus percentage

Use "%" only with numerals and in tables and figures. Close up space to numerals (e.g., 50%). Otherwise, use the word percentage (e.g., percentage of defoliation).

Per versus slash

Use "per" rather than a slash unless reporting measurements in unit to unit (e.g., insects per branch, not insects/branch; but g/cm², not g per cm²).

Numbers

Spell out numbers at the beginning of a sentence. Spell out the numbers one through nine (10 and up are always used as numerals), unless they are used as units of measure (e.g., eight children, three dogs, 8 g, 3 ft, 0600 hours; NOT 8 children, 3 dogs, eight grams, three feet, or six o'clock am). This includes spelling out the ordinals first through ninth, along with twofold, one-way ANOVA, and one-half. Ordinals from 10 and higher are numerals, such as 10th or 51st. In some cases, such as where there is

a long list of items (e.g., 8 flies, 6 mosquitoes, 4 butterflies, and 10 bees), exceptions can be made if the editor concurs. The editorial staff will have flexibility in interpreting the rule.

Zeros with P values

All numbers <1 must be preceded by a zero (e.g., $P < 0.05$).

Commas

When a number is $>1,000$, use a comma to separate hundreds from thousands.

Semicolon

Use a semicolon to separate different types of citations (Fig. 4; Table 2).

Repeating symbols

It is not necessary to repeat symbols or units of measure in a series (e.g., 30, 40, and 60%, respectively).

Footnotes to the Text

Avoid footnotes in the text. Use unnumbered footnotes only for disclaimers and animal use information. Place all footnotes on a separate page after References Cited. Examples of footnotes are: This article reports the results of research only. Mention of a proprietary product does not constitute an endorsement or a recommendation by the USDA for its use.

In conducting the research described in this report, the investigators adhered to the "Guide for the Care and Use of Laboratory Animals," as promulgated by the Committee on Care and Use of Laboratory Animals of the Institute of Laboratory Animal Resources, National Research Council. The facilities are fully accredited by the American Association of Laboratory Animal Care.

THIRD-PARTY CONTENT IN OPEN ACCESS PAPERS

If you will be publishing your paper under an Open Access licence but it contains material for which you **do not** have Open Access re-use permissions, please state this clearly by supplying the following credit line alongside the material:

Title of content

Author, Original publication, year of original publication, by permission of [rights holder]

This image/content is not covered by the terms of the Creative Commons licence of this publication. For permission to reuse, please contact the rights holder.

ANEXO II. NORMAS PARA SUBMISSÃO NA REVISTA *ARTHROPOD-PLANT INTERACTIONS*

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

ADDITIONAL REQUEST

Upon submission, the e-mail addresses of all authors will be requested. At the end of the submission process, the corresponding author will receive an acknowledgement e-mail and all co-authors will be contacted automatically to confirm their affiliation to the submitted work.

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.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- [LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

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 on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

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. 1999).

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* 965:325–329
- **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
- **ISSN.org LTWA**
If you are unsure, please use the full journal title.
For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.
- **EndNote style (zip, 2 kB)**

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 AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

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. MSOffice 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 (0.3 pt) 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

- Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- 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 (colorblind 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

- Resolution: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

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)

DOES SPRINGER PROVIDE ENGLISH LANGUAGE SUPPORT?

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to have your manuscript edited by a native speaker prior to submission. A clear and concise language will help editors and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process.

The following editing service provides language editing for scientific articles in all areas Springer publishes in:

- [Edanz English editing for scientists](#)

Use of an editing service is neither a requirement nor a guarantee of acceptance for publication.

Please contact the editing service directly to make arrangements for editing and payment.

- [Edanz English editing for scientists](#)

ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

- The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”).
- A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).
- No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions
- No data, text, or theories by others are presented as if they were the author’s own (“plagiarism”). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted.

Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.

- Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, **before** the work is submitted.
- Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.

In addition:

- Changes of authorship or in the order of authors are not accepted **after** acceptance of a manuscript.
- Requesting to add or delete authors at revision stage, proof stage, or after publication is a serious matter and may be considered when justifiably warranted. Justification for changes in authorship must be compelling and may be considered only after receipt of written approval from all authors and a convincing, detailed explanation about the role/deletion of the new/deleted author. In case of changes at revision stage, a letter must accompany the revised manuscript. In case of changes after acceptance or publication, the request and documentation must be sent via the Publisher to the Editor-in-Chief. In all cases, further documentation may be required to support your request. The decision on accepting the change rests with the Editor-in-Chief of the journal and may be turned down. Therefore authors

are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission.

- Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc.
If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:
- If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.
- If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note.
- The author's institution may be informed.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals. Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled "Compliance with Ethical Standards" on the title page when submitting a paper:

- Disclosure of potential conflicts of interest
- Research involving Human Participants and/or Animals
- Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the Instructions for Authors carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

