

MARIA FERNANDA VICENTE RODRIGUES MENELAU

**HERBIVORIA, QUANTIDADE E QUALIDADE DE RECURSOS EM *Calotropis*
procera (AIT.) R. BR. (APOCYNACEAE)**

RECIFE

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

MARIA FERNANDA VICENTE RODRIGUES MENELAU

**HERBIVORIA, QUANTIDADE E QUALIDADE DE RECURSOS EM *Calotropis*
procera (AIT.) R. BR. (APOCYNACEAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientadora: Prof^a Dr^a Jarcilene Silva de Almeida-Cortez (UFPE)

Co-Orientador: Prof. Dr. Geraldo Wilson Fernandes (UFMG)

RECIFE

2008

Menelau, Maria Fernanda Vicente Rodrigues

Herbivoria, quantidade e qualidade de recursos em *Calotropis procera* (AIT.) R. BR. (*Apocynaceae*) / Maria Fernanda Vicente Rodrigues Menelau. – Recife: O Autor, 2008.

90 folhas : il., fig., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Biologia Vegetal, 2008.

Inclui bibliografia e anexo.

1. Apocinácea 2. Invasões biológicas 3. Interação planta-inseto 4. Ecologia das populações I. Título

633.913.1 CDU (2.ed.)

UFPE

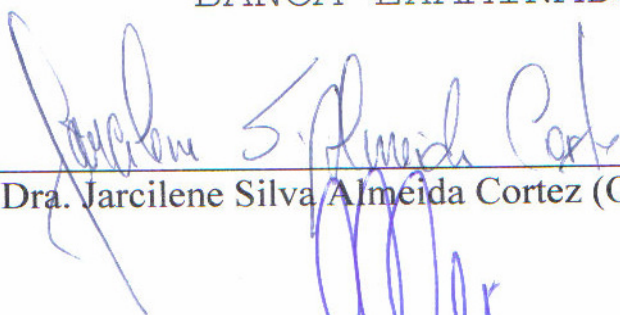
583.93 CDD (22.ed.)

CCB – 2008- 122

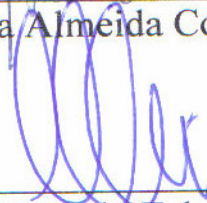
MARIA FERNANDA VICENTE RODRIGUES

“HERBIVORIA, QUANTIDADE E QUALIDADE DE
RECURSOS EM *Calotropis procera* (AIT.) R. BR.
(APOCYNACEAE)”

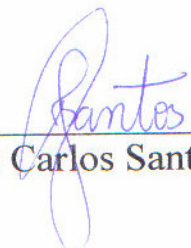
BANCA EXAMINADORA:



Dra. Jarcilene Silva Almeida Cortez (Orientadora) – UFPE



Dr. Marcelo Tabarelli - UFPE



Dr. Jean Carlos Santos - UFPE

Recife-PE.
2008

*Ao melhor resultado que eu poderia ter... à
melhor alegria que poderia sentir... ao amor mais
sincero, puro... à maior felicidade... aos
momentos de magia, encantamentos... ao meu
filho Theodoro.*

Agradecimentos

Há tantos para agradecer, dizer obrigada por ser presente, por se fazer presente. Há tantos outros para agradecer por ter contribuído direta ou indiretamente desde a seleção, do projeto, seminários, trabalho em campo, até a dissertação.

Começarei por Aquele que assegura a minha vida, saúde, família, pensamentos, felicidade, dignidade, proteção... Aquele que não há palavras...apenas os melhores sentimentos... Obrigada Deus!!

Também agradeço a uma pessoa muito mais que única... muito mais que amada... onde só encontro segurança, amor, conforto, consolo, coragem, amizade... uma pessoa que compartilha todos os dias as minhas alegrias, tristezas, as vitórias e as frustrações... uma pessoa que compartilha novos sonhos e que batalha comigo pela realização deles. Uma pessoa que só me dá coragem, estímulo, inspiração... uma pessoa que enquanto lê e-mails consegue dar pitaco na minha dissertação... meu marido, pai do meu filho... grande amor da minha vida...Rodrigo Menelau.

Meus pais merecem um agradecimento especial. Minha mãe Lúcia ficou horas com meu bebezinho enquanto eu ficava horas no computador. Foram centenas de fraldas trocadas, dezenas de banhos, dezenas de mamadeiras, várias balançadas na rede, e muita, muita dor na coluna. Ela cuidou de maneira grandiosa do meu resultadinho inesperado. E meu pai Vicente, agradeço por ter deixado mainha praticamente morar na minha casa de 8:00hs às 15:00hs ou das 13:00hs às 18:00hs, e ter deixado de ir para o sagrado sítio em prol de uma causa minha.

Meu resultadinho inesperado, Theodoro, Theodoro, te adoro!! Por ser tão bonzinho, saudável, deixar a mamãe dormir e trabalhar... por ficar tão comportadinho com a bobó. Théo veio no meio do meu mestrado e só enriqueceu a minha vida, encheu o meu coração de amor, paz e esperança. É o meu motivo maior de viver, lutar, sonhar... é a minha melhor realidade!!!

A minha orientadora, Jarcilene Almeida Cortez, pela compreensão e respeito. Pelas conversas, discussões e orientações. Pelos puxões de orelha cheios de afeto.

Ao meu co-orientador, Geraldo Wilson, pela orientação, por ter feito funcionar tão bem nossas conversas por e-mail.

A Jean Carlos dos Santos, pelo auxílio incansável e contribuição.

Ao professor Rômulo Menezes, por receber em seu laboratório uma aluna grávida e que não entendia nada de análises químicas.

Aos professores Marcelo Tabarelli, Inara Leal, Cecília Patrícia pelas sugestões e contribuições dadas nesta dissertação.

A Hildebrando pela gentileza de sempre.

A Sr. Giucean, George Tabatinga, Melissa Sobrinho, Walquíria Alves... por fazerem a viagem a Serra Talhada ficar tão divertida.

Minha primas Glécya e Vivian que foram comigo para Serra Talhada em plena seca trabalhar no meio dos carrapichos, esticando trena para um lado, para o outro, carregando sacola, medindo, contando, anotando... sem elas não teria tido a menor condição de tirar a distância daquelas quase sem fim 498 plantas.

À Marcela Lemos, que me auxiliou bastante nas análises do solo e das folhas.

Ao CNPq, pela bolsa importantíssima, fundamental, e que salvou cada mês... ah alegria o quinto dia útil do mês. Obrigada por não atrasar!!

À PROCAD pelo projeto da *Caloropis* que salvou muita gente.

Aos colegas de turma, por tornarem cada aula única e cheia de novidades.

A todos os que participaram direta ou indiretamente desta dissertação, ou que estiveram presentes na minha vida durante este período, meu muito obrigada!! Aos que se fizeram presentes desde Agosto de 2007. Aqueles que estavam comigo, ao meu lado, me estimulando, dando forças, dizendo que eu conseguiria, que tudo se resolveria, que chegaram e ajudaram, que contribuíram com suor, que permitiram que eu pudesse sentar à frente de um computador para fazer minhas análises, escrever, corrigir, escrever e corrigir inúmeras vezes, meu muito obrigada!!

Sumário

Índice de tabelas.....	ix
Índice de figuras.....	x
Introdução.....	1
Fundamentação teórica.....	3
<i>Invasões biológicas</i>	3
<i>Planta hospedeira e herbivoria</i>	4
<i>Caatinga</i>	6
<i>Plantas invasoras e exóticas na Caatinga</i>	7
<i>Calotropis procera</i> (Ait.) R. Br.....	8
Referências bibliográficas.....	10
Capítulo 1: Distribuição espacial, tamanho e densidade populacional de <i>Calotropis procera</i> (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) e efeitos na herbivoria.....	20
Abstract.....	21
Resumo.....	22
Introdução.....	23
Material e Métodos.....	25
Resultados.....	26
Discussão.....	27
Referências Bibliográficas.....	30
Capítulo 2: A herbivoria em <i>Calotropis procera</i> (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) pode ser influenciada pela quantidade e qualidade dos recursos? Um estudo sobre a Hipótese do Vigor das Plantas.....	48
Abstract.....	49
Resumo.....	50
Introdução.....	51
Material e Métodos.....	52
Resultados	54
Discussão.....	55
Referências Bibliográficas.....	59
Conclusão geral.....	74
Resumo Geral.....	75
Abstract.....	77

Anexos.....	79
Anexo I.....	80
Anexo II.....	84

Índice de Tabelas

Capítulo 1: Distribuição espacial, tamanho e densidade populacional de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) e seus efeitos na herbivoria

Tabela 1: Área total, densidade populacional e valores médios da porcentagem de área foliar perdida pela herbivoria, altura média dos indivíduos (metros), e concentrações de NPK do solo de cada mancha, em manchas de *Calotropis procera*, em região semi-árida, Serra Talhada-PE.

Pág. 38

Capítulo 2: A herbivoria em *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) pode ser influenciada pela quantidade e qualidade dos recursos? Um estudo sobre a Hipótese do Vigor das Plantas

Tabela 1: Resultado dos testes da Hipótese do Vigor das Plantas por mancha com indivíduos de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE.

Pág. 64

Tabela 2: Teor dos nutrientes (NPK) pelo tamanho dos ramos nas manchas com indivíduos de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE.

Pág. 65

Tabela 3: Relação entre porcentagem de herbivoria por tamanho dos ramos (cm), nitrogênio, fósforo e potássio por manchas de indivíduos de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE. (+) relacionado positivamente e (-) relacionado negativamente.

Pág. 66

Índice de figuras

Capítulo 1: Distribuição espacial, tamanho e densidade populacional de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) e seus efeitos na herbivoria

Figura 1: Imagem gerada por satélite do município de Serra Talhada. Pontos vermelhos indicam IPA, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Destaque oval vermelho mostra onde foram delimitadas as manchas de *Calotropis procera* (A). Pág. 40

Figura 2: Indivíduo adulto de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br., habitando margem de estrada na Unidade Experimental do IPA, região semi-árida, Serra Talhada, PE (A); Inflorescência de *Calotropis procera* (B); Seta representa herbivoria por lagartas *Danaus* sp. em folha madura de *C. procera* (C); Seta representa lagarta adulta de *Danaus* sp. na inflorescência de *C. procera* (D); Lagartas *Danaus* sp. se alimentando em folha madura de *C. procera* (E); Coleópteros (seta) (F); Setas indicam lagartas jovens de *Danaus* sp. (G) Pág. 41

Figura 3: Representação esquemática da paisagem das manchas de *Calotropis procera* na Unidade Experimental do IPA, região semi-árida, Serra Talhada-PE. Manchas com diferentes números de plantas de *Calotropis procera*: 29 indivíduos (A); um indivíduo (C) (D) e (H); 31 indivíduos (E); 172 indivíduos (F); cinco indivíduos; (G); 55 indivíduos (I); oito indivíduos (J); 116 indivíduos (L); 79 indivíduos (M). Pág. 42

Figura 4: Gráfico 3D representando a relação entre altura e densidade dos indivíduos e tamanho das manchas em manchas populacionais de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE. Pág. 43

Figura 5: Representação gráfica entre porcentagem de herbivoria *versus*: tamanho das manchas (A); densidade populacional de *Calotropis procera* (B) tamanho médio dos indivíduos de *Calotropis procera* em região semi-árida, Serra Talhada (C). Pág. 44

- Figura 6:** Representação gráfica da variação da herbivoria pelas concentrações de N (A); e P (B). Pág. 45
- Figura 7:** Representação gráfica entre tamanho de mancha *versus* concentração de NPK concentrações de nitrogênio (A); Concentrações de fósforo (B); Concentração de potássio (C). no solo de cada mancha em manchas populacionais de tamanhos variados de *Calotropis procera* em região semi-árida, Serra Talhada-PE Pág. 46
- Capítulo 2:** A herbivoria em *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) pode ser influenciada pela quantidade e qualidade dos recursos? Um estudo sobre a Hipótese do Vigor das Plantas
- Figura 1:** Área do estudo: estação do IPA, Serra Talhada-PE na época chuvosa (Seta: indivíduos de *Calotropis procera*) (A); Área do estudo: estação dos IPA, Serra Talhada-PE na época seca (Seta: indivíduo de *Calotropis procera*) (B); Aspecto geral de *Calotropis procera* (C); Borboleta monarca e lagarta *Danaus* sp. em um indivíduo de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE (D); Comportamento alimentar da lagarta adulta de *Danaus* sp. (E); *Danaus* sp. (F); Látex de *Calotropis procera* (G). Pág. 68
- Figura 2:** Relação entre porcentagem de herbivoria em unidade de centímetro *versus* tamanho dos módulos (cm) em manchas populacionais de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE: mancha com 29 indivíduos (A); mancha com 31 indivíduos (B); mancha com 55 indivíduos (C); mancha com 79 indivíduos PE (D); mancha com 116 indivíduos (E); na mancha com 172 indivíduos (F). Pág. 69
- Figura 3:** Relação entre a quantidade de nutrientes fósforo e potássio (A); nitrogênio (B) e o tamanho dos ramos dos indivíduos de *Calotropis procera* na mancha com 55 indivíduos em Serra Talhada-PE Pág. 70

- Figura 4:** Relação entre a quantidade de nutrientes fósforo e potássio (A); nitrogênio (B) e o tamanho dos ramos dos indivíduos de *Calotropis procera* na mancha com 79 indivíduos em Serra Talhada-PE Pág. 71
- Figura 5:** Relação entre a quantidade de nutrientes fósforo e potássio (A); nitrogênio (B) e o tamanho dos ramos dos indivíduos de *Calotropis procera* na mancha com 172 indivíduos em Serra Talhada-PE Pág. 72
- Figura 6:** Relação entre a quantidade de nutrientes (N e K) e porcentagem de áreas foliares consumidas pelos herbívoros em plantas *Calotropis procera*, em Serra Talhada-PE: Potássio (K) (A); Nitrogênio (B). Pág. 73

Introdução

A invasão biológica representa um desafio à conservação da biodiversidade (DRAKE *et al.*, 1989; DI CASTRI *et al.*, 1990; WILLIAMSON, 1996; KEANE & CRAWLEY, 2002; AGRAWAL & KOTANEM, 2003), pois em muitos dos casos, as invasões resultam em alterações nos padrões de biodiversidade e do funcionamento do ecossistema (WHITE *et al.*, 2006). Baker (1986) identificou alguns dos atributos que garantem o sucesso das plantas invasoras, entre eles estão o rápido crescimento entre os estádios vegetativos e reprodutivos, a alta produção de sementes, que muitas vezes são dispersas pelo vento, propagação vegetativa, e sistemas de polinização e germinação não especializados (LAKE & LEISHMAN, 2004). Espécies invasoras exóticas ainda apresentam outras vantagens sobre as espécies nativas, como por exemplo a ausência de inimigos naturais e a ampla capacidade de colonizar novos ambientes (REICHARD & HAMILTON, 1997).

Calotropis procera (Ait). R. Br (Apocynaceae) é uma espécie exótica invasora em Caatinga e Cerrado (FERREIRA, 1973) originária da Ásia e África. Foi introduzida no Brasil como planta ornamental em época desconhecida (CORREA, 1939). A espécie apresenta fácil dispersão, propagação, rápido crescimento, tolerância à seca e a solos pobres, forma povoamentos consideráveis e de difícil erradicação (ULCHÔA *et al.*, 2007). Essa espécie atualmente encontra-se amplamente distribuída em regiões costeiras como nos municípios de Recife, Cabedelo e João Pessoa (Paraíba) e Natal (Rio Grande do Norte). Na Caatinga pernambucana, onde ocorre como invasora de pastos e culturas, ocupando margens de estradas e terrenos baldios. As populações desta planta estão distribuídas em manchas de diferentes tamanhos por toda a região da Caatinga (J.S.ALMEIDA-CORTEZ, observação pessoal). Foi observado um grande número de insetos herbívoros de vida livre, como percevejos, gafanhotos e formigas cortadeiras e com espécies da borboleta monarca (*Danaus* spp.).

Está distribuída em manchas, sempre vistosas, com folhas verdes durante todo o ano e aparentemente vigorosas. As populações de *Calotropis* permanecem inalteradas mesmo quando as plantas da caatinga perdem suas folhas havendo modificação na paisagem deste ecossistema, que se torna extremamente seco. A presença de *Danaus* spp. e de outros herbívoros de vida livre, que vêm estas plantas como um recurso alimentar adicional na época da estiagem, tornam estas populações bastante oportunas para o estudo da influência da distribuição de recursos (manchas de plantas), e da influência de plantas ou suas partes mais vigorosas (vigor) na interação planta-herbívoro.

Neste contexto serão discutidas nesta dissertação duas hipóteses principais que tentam explicar em diferentes escalas como a herbivoria em *C. procera*, por *Danaus* spp. e outros insetos fitófagos de vida livre é mediada pela distribuição dos recursos. A primeira hipótese trata da interação entre planta hospedeira e herbívoros em uma escala espacial e a segunda trata da atração dos herbívoros em escala local. São respectivamente: i) *Hipótese da Distribuição Espacial das Plantas Hospedeiras*, inserida dentro da teoria de biogeografia de ilhas, prediz que manchas maiores, com mais indivíduos, atraem mais herbívoros que manchas menores, uma vez que são mais facilmente encontradas no ambiente. Herbívoros especialistas tendem a ficar muito tempo nestas manchas, o que leva a maiores perdas de biomassa quando comparadas a manchas menores que não são tão facilmente encontradas (ROOT, 1973; RICKLEFS, 1987; CORNELL & LAWTON, 1992; PRICE, 1997). ii) *Hipótese do Vigor das Plantas*, onde plantas ou partes de uma mesma planta em rápido crescimento, quando são comparadas com a média de crescimento da população da mesma estação de crescimento, apresentam-se mais vigorosas para os insetos (PRICE, 1991). Os herbívoros têm preferência por plantas ou ramos mais vigorosos, pois nestes ramos a performance da prole é aumentada, com isso larvas mais nutridas, supostamente, cresceriam mais rápido (PRICE *et al.*, 1987; PRICE & OHGUSHI, 1995) e aumentariam a reprodução (KIMBERLING *et al.*, 1990). Com isso é esperado que manchas de maiores tamanhos, com densidade elevada, indivíduos maiores e em rápido crescimento, com maiores biomassas atraiam ainda mais herbívoros (MARQUES *et al.*, 2000; GONÇALVES-ALVIN & FERNANDES, 2001).

Dois manuscritos foram gerados nesta dissertação. O primeiro trata da interação entre diferentes tamanhos de populações de *C. procera* e seus herbívoros associados, onde se buscou entender como a distribuição espacial e o tamanho do recurso afetam a herbivoria. O segundo capítulo discorre sobre a preferência alimentar dos herbívoros por determinados módulos da mesma planta, buscando entender o porquê de alguns ramos serem mais atacados pelos herbívoros do que outros.

Por ser pioneiro ao tratar de interações entre *C. procera*, uma planta exótica e invasora, e herbívoros associados no ecossistema de Caatinga, este estudo torna-se importante pois os resultados obtidos contribuem para o conhecimento das preferências de escolha dos herbívoros de *C. procera*. Este estudo poderá contribuir com informações que poderão ser utilizadas em trabalhos que visem o controle desta planta, que invade grandes áreas, formando povoamentos consideráveis, modificando a paisagem local e causando danos nas atividades agropecuárias.

Fundamentação teórica

Invasões biológicas:

A invasão biológica é caracterizada quando um organismo ocupa desordenadamente um espaço fora do seu habitat natural. E depois de estabelecido o invasor expande-se para habitats circunvisinhos podendo ocasionar perdas econômicas e/ou biológicas (WILLIAMSON, 1996). As invasões biológicas são reconhecidas como um dos maiores problemas ambientais e uma das principais ameaças à biodiversidade (WILLIAMSON, 1996; VITOUSEK *et al.*, 1997; PIMENTEL, 2002; LEUNG *et al.*, 2004; WHITE *et al.*, 2006; PAUCHARD & SHEA, 2006), perdendo apenas para a destruição do habitat (KEANE & CRAWLEY, 2002). Segundo Parker *et al.*, (1999), as invasões biológicas podem causar impactos em diversos níveis, incluindo efeitos sobre a morfologia, comportamento, mortalidade, crescimento e hibridização dos indivíduos; abundância, crescimento, e extinção da população; riqueza, diversidade e estrutura trófica da comunidade; e disponibilidade de nutrientes, produtividade e regime de perturbações no ecossistema.

Plantas introduzidas tendem a se tornar mais vigorosas nos ecossistemas invadidos, e por isso, quando na presença de seus herbívoros especialistas, são mais atacadas, tendo maiores perdas de biomassa quando comparadas com as plantas quando em seus ecossistemas de origem (STASTNY *et al.*, 2005). O efeito da ausência dos inimigos, da ampla capacidade de colonizar novos ambientes, da alta habilidade competitiva, somados as altas taxas de perturbação ambiental que diminuem a competição e aumentam a probabilidade de invasão (ALPERT *et al.*, 2000; VILÀ & WAINER, 2004), dão as espécies invasoras um grande potencial para povoar uma área considerável (RICHARDSON, 2001; LENZ & FACELI, 2003).

Com a finalidade de compreender o processo de invasão, estabelecimento e distribuição dos invasores no ecossistema invadido, houve uma intensificação nos estudos sobre as invasões biológicas na década de 80. Além de diferenças de populações exóticas e nativas (ZOU *et al.*, 2007), plasticidade da espécie invasora (SIEMANN & ROGERS, 2001; HULME, 2008) e sucesso das invasoras (WILLIAMSON & FITTER, 1996; LAKE & LEISHMAN, 2004; LLORET *et al.*, 2005; THUILLER *et al.*, 2005; VANDERHOVEN *et al.*, 2006; MOLES *et al.*, 2008), o foco destes estudos têm sido sobre o número de invasões, as espécies invasoras, e questões como origem destas espécies, estabelecimento, disseminação, as características dos locais invadidos e os impactos sofridos no ambiente (BAKER, 1986).

Quando a invasão em um novo ecossistema é bem sucedida, a presença das plantas invasoras afeta negativamente a estrutura e o funcionamento do ecossistema. Em diversos ecossistemas a presença de plantas invasoras tem reduzido as populações de espécies nativas (MACDONALD *et al.*, 1989; CRONK & FULLER, 1995; ROSE & FAIRWEATHER, 1997). Quando na falta de inimigos naturais, a planta invasora tende a se tornar mais vigorosa do que seria em seu habitat natural (SIEMANN & ROGERS, 2001; LEGER & RICE, 2003; STASTNY *et al.*, 2005; MANGLA *et al.*, 2008; EBELING *et al.*, 2008). Por isso, o estudo do impacto dos inimigos naturais no controle de plantas invasoras tem recebido ultimamente grande atenção dos pesquisadores (MARON & VILÀ, 2001; KEANE & CRAWLEY, 2002).

Na tentativa de explicar o sucesso de plantas exóticas como invasoras algumas hipóteses foram propostas. Entre elas há duas principais: a) *Hipótese do Ambiente Livre de Inimigo*, que prediz que graças à ausência dos inimigos naturais no novo ambiente, as plantas exóticas têm sucesso sobre as plantas nativas (KEANE & CRAWLEY, 2002). Estudos recentes têm demonstrado que plantas exóticas têm menores comunidades de patógenos e de insetos herbívoros no novo ambiente do que teriam no ambiente de origem (FENNER & LEE 2001; WOLF, 2002; MITCHELL & POWER, 2003; AGRAWAL & KOTANEN, 2003); b) *Hipótese da Habilidade Competitiva* (BLOSSEY & NÖTZOLD, 1995; ADLER, 1999), propõe que plantas invasoras quando estão presentes em ambientes onde sofram pouca herbivoria, passam a alocar menos recursos para defesa e mais recursos para o crescimento e reprodução. Pelo rápido crescimento, e alta capacidade reprodutiva, as espécies invasoras se tornariam melhores competidoras quando comparadas com espécies nativas, que necessitam dividir os seus recursos em crescimento, defesa e reprodução.

Planta hospedeira e herbivoria:

Os recursos das plantas, sua distribuição (MOPPER & SIMBERLOFF, 1995), tamanho e forma de crescimento (FERNANDES & PRICE, 1988), qualidade nutricional e defesa química (COLEY, 1983) afetam a distribuição dos insetos e conseqüentemente a herbivoria nas hospedeiras (MARQUES *et al.*, 2000). Os efeitos da qualidade da planta nas taxas de herbivoria têm sido amplamente estudados e discutidos na maioria das hipóteses propostas para a descrição na variação da preferência do herbívoro e sua performance dentro e entre diferentes populações, e em diferentes partes de uma mesma planta (CORNELISSEM & STILLING, 2005).

A hipótese da distribuição espacial da planta (Veja: HANSKI, 1985; BACH 1988; HANSKI, 1991; HANSKI, 1994; HANSKI & SIMBERLOFF, 1997), que está inserida dentro da teoria de biogeografia de ilhas (MACARTHUR & WILSON, 1967), prediz que apenas manchas adequadas são ocupadas no habitat, e que manchas maiores (mais indivíduos) atraem mais herbívoros, que manchas menores, uma vez que são mais facilmente encontradas no ambiente, e que herbívoros especialistas tendem a ficar muito tempo nestas manchas (RICKLEFS, 1987; CORNELL & LAWTON, 1992). Portanto manchas com maiores biomassas, mais indivíduos, alta densidade e plantas com crescimento rápido são mais colonizadas e conseqüentemente mais atacadas por herbívoros (MARQUES *et al.*, 2000; GONÇALVES-ALVIN & FERNANDES, 2001).

Espécies de insetos herbívoros que completam todo o seu desenvolvimento em uma única planta, como as lagartas das borboletas monarca, apresentam um processo íntimo de seleção das plantas hospedeiras para aumentar a performance larval (SINGER, 1986; CRAIG *et al.*, 1989). Escolher plantas com alta qualidade nutricional para se alimentar, ou evitar plantas em altas densidades, reduzindo com isso o risco de predação pode otimizar o desenvolvimento das lagartas (FRITZ *et al.*, 2003).

A relação entre a preferência de oviposição e a performance larval é um dos pontos centrais que contribuem para o entendimento da evolução das interações entre insetos herbívoros e suas plantas hospedeiras (THOMPSON & PELLMYR, 1991). Insetos herbívoros têm preferência para escolher as plantas ou módulos de plantas que eles utilizam (FRITZ, 2000), pois a performance (desenvolvimento) larval pode ser aumentada quando as lagartas se alimentam de tecidos com alta qualidade nutricional (SHIOJIRI *et al.*, 2002). Este conceito para a preferência oviposição se aplica as escolhas entre espécies de plantas, entre indivíduos de plantas dentro de uma população e entre módulos de uma mesma planta (THOMPSON & PELLMYR, 1991).

Neste contexto duas hipóteses discorrem sobre preferência da utilização da planta hospedeira pelos herbívoros, onde os insetos aparentemente escolheriam a planta ou partes da planta que atendam às suas necessidades. Estas hipóteses descrevem a relação entre a qualidade da planta e a preferência dos seus herbívoros (WILLIAMS & CRONIN, 2004): *Hipótese do Estresse da Planta* (HEP) proposta por White (1984) e Mattson & Haack (1987) e *Hipótese do Vigor da Planta* (HVP) proposta por Price (1991). A primeira afirma que uma planta ao ser submetida a uma situação de estresse torna-se mais susceptível ao ataque de herbívoros (WHITE, 1993; COBB *et al.*, 1997). Esta susceptibilidade aos insetos fitófagos é causada pela união de dois fatores: alta qualidade nutricional e baixos níveis de defesas

químicas, uma vez que a planta utiliza os mesmos recursos para o crescimento e defesa. O estresse, segundo White (1984), é definido como fatores bióticos/abióticos adversos à performance da planta, i.e. déficit nutricional, estresse hídrico, alta competição intra e interespecífica e/ou altas taxas de herbivoria. Plantas “estressadas” diminuem sua resistência a insetos herbívoros por alterar a alocação de recursos para reparar ou manter os processos fisiológicos vitais, e desta forma têm menos energia para defesa. Plantas “estressadas” freqüentemente reduzem a síntese protéica pois têm aumento nas concentrações de aminoácidos nos tecidos, oferecendo mais recursos aos insetos fitófagos que dela se alimentam. Desta forma insetos fitófagos se alimentam nestes ramos menores por serem mais nutritivos, mais palatáveis o que lhes garantiriam uma melhor performance. O termo “estresse” é usado quando por alguma razão a performance da planta ou módulo é reduzido quando comparado aos observados em condições ótimas (PRICE, 1991).

Já a HVP prediz que insetos herbívoros se alimentam em módulos (ramos e folhas) que apresentam um crescimento mais vigoroso (preferência) do que a média da população de módulos da mesma estação de crescimento. Esta preferência se dá pelo aumento no “fitness” destes herbívoros ao se alimentarem em módulos vigorosos, quando comparado àqueles que se alimentaram em ramos menos vigorosos (performance) (PRICE, 1991). Alguns estudos têm encontrado evidências do aumento do vigor de algumas espécies exóticas em novos habitats, como em ambientes temperados, tropicais e até mesmo áridos (WILLIS & BLOSSEY, 1999; WILLIS *et al.*, 1999; WILLIS *et al.*, 2000; SIEMANN & ROGERS, 2001; THEBAUD & SIMBERLOFF, 2001; SIMONS, 2003; VAN KLEUNEN & SCHMID, 2003; LEGER & RICE, 2003; SIEMANN & ROGERS, 2003; VILÁ & WEINER, 2004; WOLFE *et al.*, 2004; HIERRO *et al.*, 2005). Outros estudos têm comparado a herbivoria por insetos em populações de plantas exóticas e nativas em ambientes tropicais e áridos (DAEHLER & STRONG, 1997; WILLIS & BLOSSEY, 1999; GARCIA-ROSSI *et al.*, 2003; SIEMANN & ROGERS, 2003). Estes autores afirmam que uma espécie de planta em um ecossistema onde ela é exótica; a falta de herbívoros especialistas no novo habitat faz com que as plantas tenham um crescimento diferenciado, e por isso tornam-se mais vigorosas, do que em seu habitat nativo.

Caatinga

O Semi-árido brasileiro ocupa cerca de 10% do território nacional e de 70% da área da região Nordeste, além do norte de Minas Gerais (IBGE, 2000). O clima do semi-árido varia

desde o súper-úmido, com chuvas de até 2000 mm/ano, até o semi-árido, com chuvas entre 300-500 mm/ano, no qual as chuvas ficam restritas a uns poucos meses durante o ano. Desse modo, a disponibilidade de água é o fator mais determinante para a vegetação e a fauna, e até certo ponto para a exploração humana dos recursos naturais. Esse conjunto de contrastes nos fatores físicos e climáticos condicionam o aparecimento de diferentes tipos vegetacionais, muitas vezes na forma de um mosaico (GIULIETTI, 2002; DA SILVA *et al.*, 2004). Dependendo da altitude e umidade pode-se encontrar diferentes fisionomias vegetacionais, desde Brejos de Altitude, até Cerrados, Florestas Perenifólias de Altitude, Campos Rupestres e Caatinga (VELOSO, 2002).

A Caatinga é um ecossistema exclusivamente brasileiro, o que significa que grande parte do seu patrimônio biológico não pode ser encontrado em nenhum outro lugar do planeta. Ocupa uma área de cerca de 750.000 km², englobando de forma contínua parte dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte do Norte de Minas Gerais (Sudeste do Brasil). Até bem pouco tempo era tratada como um ecossistema pobre em espécies e endemismos, mesmo quando comparado com outras biotas de regiões semi-áridas (LEAL *et al.*, 2003). É um mosaico de arbustos espinhosos e florestas sazonalmente secas, com fisionomia semelhante às regiões áridas do norte da Colômbia, Venezuela e América Central (PRANCE, 1987), e a Caatinga arbórea está restrita às manchas de solo ricos em nutrientes (LEAL *et al.*, 2005). Diversas famílias de plantas são encontradas neste ecossistema. Entre elas, pode-se citar: Euphorbiaceae, Acanthaceae, Apocynaceae, Anacardiaceae, Bignoniaceae, Bombacaceae, Cactaceae e Mimosoidae (ANDRADE-LIMA, 1981; GIULIETTI *et al.*, 2003).

Este ecossistema é bastante ameaçado por sofrer perturbações como escassez de chuva, pelas elevadas temperaturas, e pela ação antrópica, que resulta na fragmentação do habitat, e o uso inadequado do solo (ULCHÔA *et al.*, 2007). Atualmente extensas áreas de Caatinga foram substituídas por pastagens, campos de agricultura ou terras em fase de desertificação (LEAL *et al.*, 2005). Estas modificações ambientais em grande escala tiveram certamente um impacto substancial sobre a biodiversidade regional e as interações entre as espécies que ali ocorrem (LEAL *et al.*, 2003).

Plantas invasoras exóticas na Caatinga:

Em se tratando do tema invasão biológica, muito pouco foi estudado até o presente na Caatinga, não obstante a gravidade do problema, particularmente causado por espécies

introduzidas, como nos casos de *Prosopis juliflora* DC (Algaroba), *Opuntia ficus-indica* (L.) P. Mill. (Palma), *Azadirachta indica* A. Juss. (Nim). Estas espécies têm se tornado invasoras em áreas de Caatinga perturbada, e o comportamento humano perante à Caatinga tem contribuído para o estabelecimento e dispersão das mesmas (PEGADO *et al.*, 2006). Ações antropicas como a expansão da agricultura e pecuária, cujo modelo tem se revelado insustentável, vêm causando sérios danos à ecologia e à sócio-economia de vastas áreas do interior nordestino, tais como o empobrecimento da biota, a degradação física dos solos e a desertificação (BRASIL, 1991; BRASIL, 2002; SAMPAIO, 1995; SAMPAIO *et al.*, 2002; SAMPAIO & BATISTA, 2004).

A Algaroba foi introduzida no semiárido nordestino no início da década de 40 (GOMES, 1961; AZEVEDO, 1982), tendo sido apresentada e difundida como uma promissora alternativa econômica, haja vista sua adaptação em diversas regiões semiáridas do mundo. A espécie foi sendo disseminada e se estabeleceu em determinados sítios da Caatinga, ocupando grandes extensões de terras em praticamente todos os estados do Nordeste. Esta espécie na verdade forma densos maciços populacionais e compete com as espécies nativas, afetando severamente a composição florística, a diversidade e a estrutura das comunidades autóctones invadidas (PEGADO *et al.*, 2006).

O Algodão-de-seda, *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) na Caatinga, tem ocupado áreas fragmentadas, perturbadas, terrenos abandonados, margens de estradas, pastos e plantios, e pondo em risco atividades agropecuárias (ULCHÔA *et al.*, 2007). Estudos com interações entre plantas invasoras exóticas e seus herbívoros associados torna-se apropriado de ser realizados na Caatinga, uma vez que os altos níveis de estresse ambiental como baixa disponibilidade de água e nutrientes, e a perturbação ambiental sofrida através da antropização, tornam este ecossistema um local bastante susceptível a plantas invasoras (PEGADO *et al.*, 2006).

Calotropis procera (Ait.) R. Br.:

A espécie pertencente a família Apocynaceae, subfamília Asclepiadoideae, é conhecida popularmente no Brasil como algodão-de-seda, algodão-brabo, leiteiro e queimadeira. Possui ampla distribuição geográfica principalmente em regiões semi-áridas (MELO *et al.*, 2001). É nativa do sudoeste da Ásia (Índia, Paquistão, Afeganistão, Irã, Arábia Saudita e Jordânia) e África (Somália, Egito, Líbia, Argélia, Marrocos, Mauritânia e Senegal). Ocorre como espécie invasora na África do Sul, Austrália, Caribe, México, América Central e

América do Sul. Foi Introduzida no Brasil como planta ornamental em época desconhecida (CORREIA, 1939). É uma espécie ruderal em áreas de pastagens, margens de estradas, terrenos baldios e culturas. Como as sementes são dispersas pelo vento, podem formar grandes povoamentos de difícil erradicação (FERREIRA & GOMES, 1974). No Brasil ocorre em regiões com temperatura elevada, adaptando-se a várias condições abióticas, tolerando solos pobres, arenosos, ácidos e com elevado teor de alumínio e são muito resistentes a períodos de seca (FERREIRA, 1973; FERREIRA & GOMES, 1974).

Ecologicamente, *C. procera* possui interação com vários insetos herbívoros, como coleópteros, gafanhotos, formigas, afídeos, hemípteros entre outros, que a utilizam como abrigo e/ou alimento. Segundo Brandes (2005), *Danaus chrysippus* L. (Danidae) é um dos principais herbívoros que se alimentam de *C. procera*. De acordo com Haribal & Renwick (1998) há uma grande especificidade entre a borboleta monarca *Danaus spp.* e sua planta hospedeira *Asclepia spp.* (Apocynaceae) baseada na especificidade química. Na defesa contra os herbívoros, o látex tem papel destacado nas Asclepiadaceas em geral, mas seus herbívoros específicos selecionaram maneiras de evitar seus efeitos através do comportamento de sabotagem (LEWINSON & VASCONCELOS-NETO, 2000). As lagartas *Danaus plexippus* L. e *Danaus erippus* Cramer. delimitam trincheiras circulares, que são cortes circulares feitos por mordidas sucessivas que isolam completamente uma porção da folha. A região destacada fica presa à folha através de nervuras secundárias que são perfuradas e drenadas, ou pela nervura principal que é comprimida e dobrada formando um torniquete, método utilizado nos demais estágios larvais também. O torniquete é o estrangulamento dos laticíferos onde o dobramento da nervura reduz o fluxo de látex na região distal a ponto de compressão. Somente após o escoamento do látex é que as lagartas se alimentam do tecido vegetal (LEWINSON & VASCONCELOS-NETO, 2000).

A presença das plantas hospedeiras num determinado ambiente está primariamente relacionada com a presença de habitats adequados (PÁVINEM *et al.*, 2003). Devido a ampla distribuição, abundância de indivíduos e a velocidade de regeneração da espécie, *C. procera* provavelmente traz muitos impactos ao ecossistema. De acordo com Parker *et al.* (1999), qualquer área ocupada pela espécie invasora representa recursos que deixam de estar disponíveis para as espécies nativas.

Ao contrário de muitos problemas ambientais que geralmente tendem a se amenizar ao passar do tempo, as invasões biológicas se expandem, formando uma “bola-de-neve”, quanto mais o tempo passe, maior será o problema causado a longo prazo, não permitindo que o ecossistema se recupere naturalmente (PEGADO *et al.*, 2006).

Referências bibliográficas

- AGRAWAL, A.A.; KOTANEN, P.M. Herbivores and the success of exotic plants: a phylogenetically controlled experiment. **Ecology Letters**, v.6, p.712–715. 2003.
- ADLER, F.R. The balance of terror: an alternative mechanism for competitive trade-offs and its implications for invading species. **American Naturalist**, v.154, p.497–509. 1999.
- ALPERT, P.; BONE, E.; HOLZAPFEL, C. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. **Urban & Fischer Verlag**, v. 3, p. 52–66. 2000.
- ANDRADE-LIMA, D. O domínio da caatinga. **Revista Brasileira de Botânica**, v.4, p.149-163. 1981.
- AZEVEDO, G.F. Como e por que a algarobeira foi introduzida no Nordeste. In: Fonseca, F.C.E.; Mota, A.P.B.; Azêvedo, C.F.; Trindade, I.; Cruz, J.F & Brito, R.A.L (eds.). **Simpósio Brasileiro sobre Algaroba**, p.300-306. 1982.
- BACH, C.E. Effects of host plant patch size on herbivore density: underlying mechanisms. **Ecology**, v.29, p.1103-1117. 1988.
- BAKER, H.G. Characteristics and modes of origin of weeds. In: Baker, H. G. & Stebbins, G.L. (eds). **The genetics of colonizing species**. Academic Press, p.147-172. 1965.
- BAKER, H.G. Patterns of plant invasion in North America. In: Mooney, H.A. & Drake, J.A. (eds). **Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii**, p.44–57. Springer, New York. 1986.
- BLOSSEY, B.; NÖTZOLD, R. Evolution of increased competitive ability in invasive nonindigenous plants: a hypothesis. **Journal of Ecology**, v.83, p.887-889. 1995.
- BRANDES, D. *Calotropis procera* on Fuerteventura in: <http://qqwww.biblio.tubs.de/geobot/fuerte.html>. 2005. Acessado em 08 de Janeiro de 2008.
- BRÄNDLE, M.; BRANDL, R. Species richness of insects and mites on trees: expanding Southwood. **Journal of Animal Ecology**, v.70, p.491-504. 2001.
- BRASIL, Comissão Interministerial para Preparação da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **O desafio do desenvolvimento sustentável: relatório do Brasil para a conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento**. Brasília, Secretaria de Imprensa Presidência da República. 1991.

- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga**. Brasília, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 2002.
- CASTRO, A.A.J.F. *et al.*, How rich is the flora of Brazilian Cerrados? **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v.86, p.192-224. 1999.
- COBB, N.S. *et al.*, Increased moth herbivory associated with environmental stress of pinyon pine at local and regional levels. **Oecologia**, v.109, p.389-397. 1997.
- COLEY, P.D. Intraspecific variation in herbivory on two tropical tree species. **Ecology**, v.64, p.426-433. 1983.
- 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.
- CORNELL, H.V.; LAWTON, J.H. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. **Journal of Animal Ecology**, v.61, p.1-12. 1992.
- CORREIA, P. **Dicionário das plantas úteis no Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro, Imprensa Oficial, v. 4. 1939.
- CRAIG, T.P.; ITAMI, J.K.; PRICE, P.W. A strong relationship between oviposition preference and larval performance in a shoot-galling sawfly. **Ecology**, v.70, p.1691-1699. 1989.
- CRAWLEY, M.J. The population dynamics of plants. **Philosophical transactions of the Royal Society of London**, v, 330, p.125-140. 1990
- CRONK, Q.; FULLER, J. **Plant Invaders. The Threat to Natural Ecosystems**. Chapman and Hall, London. 233p. 1995.
- DA SILVA, J.M.C. *et al.*, **Biodiversidade da Caatinga: Áreas e Ações Prioritárias para Conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF. 2004.
- DAVIS, M.A.; GRIME, J.P.; THOMPSON, K. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invisibility. **Journal of Ecology**, v.88, p.528-534. 2000.
- DI CASTRI, F., HANSEN, A.J.; DEBUSSCHE, M. **Biological invasions in Europe and the Mediterranean basin**. kluwer Academic Publishers. 454p. 1990.
- DRAKE, J.A. *et al.*, **Biological invasions: a global perspective**. Ed. John Wiley & Sons. 1989.
- EBELING, S.K.; HENSEN, I.; AUGER, H. Genetic differences in growth of an invasive tree species. **Diversity and Distributions**, v.4, p.225-233. 2008.

- FARIA, M.L.; FERNANDES, G.W. Vigour of a dioecious shrub and attack by galling herbivore. **Ecological Entomology**, v.26, p.37-45. 2001.
- FENNER, M.; LEE, W.G. Lack of pre-dispersal seed predators in introduced Asteraceae in New Zealand. NZ. **Journal of Ecology**, v.25, p.95-99. 2001.
- FERNANDES, G.W.; PRICE, P.W. Biogeographical gradients in galling species richness: tests of hypotheses. **Oecologia**, v.76, p.161-167. 1988.
- FERREIRA, M.B. & GOMES, V. *Calotropis procera* (Ait.) Ver. Brás. **Oréades**, v.5, p.68-74. 1976.
- FERREIRA, M.B. Distrito Federal e Goiás sob ameaça de invasora *Calotropis procera* (Ait.). **Revista Brasileira do Cerrado**, v.21, p.20-22. 1973.
- FRITZ, R.; CRABB, B.A.; HOCHWENDER, C.G. Preference and performance of a gall-inducing sawfly: plant vigor, sex, gall traits and phenology. **Oikos**, v.102, p.601-613. 2003.
- GARCIA-ROSSI, D.; RANK, N.; STRONG, D.R. Potential for self-defeating biological control? Variation in herbivore vulnerability among invasive *Sartina* genotypes. **Ecological Applications**, v.13, p.1640-1649. 2003.
- GOMES, P. **A algarobeira**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola. 1961.
- GIULIETTI, A.M. *et al.*, Espécies endêmicas da Caatinga. In: Sampaio, E.V.S.B.; Giuliatti, A.M.; Virgínio, J.; Gamarrarojas, C.F.L. (eds.) **Vegetação & Flora da Caatinga**. Associação Plantas do Nordeste, CNIP, Recife, p.103-108. 2002.
- GOLÇALVES-ALVIM, S.J.; FERNANDES, G.W. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. **Biodiversity and Conservation**, v.10, p.79-98. 2001.
- HANSKI, I. A practical model of metapopulation dynamics. **Journal of Animal Ecology**, v.63, p.151-162. 1994.
- HANSKI, I. Single-Species Spatial Dynamics May Contribute to Long-Term Rarity and Commonness. **Ecology**, v.66, p.335-343. 1985.
- HANSKI, I. Single-species metapopulation dynamics: Concepts, models and observations. **Biological Journal of Linnean Society**, v.42, p.17-38. 1991.
- HANSKI, I.; SIMBERLOFF, D. The metapopulation approach, its history, conceptual domain, and application to conservation. In: **Metapopulation Biology**. Academic Press. New York. 1997.

- HARIBAL, M.; RENWICK, A.A. Identification and distribution of oviposition stimulants for monarch butterflies in host and non host. **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, p.891-904. 1998.
- HIERRO, J.L.; MARON, J.L.; CALLAWAY, R.M. A biogeographic approach to plant invasions: the importance of studying exotics in their introduced and native range. **Journal of Ecology**. v.93, p.5-15. 2005.
- HÖLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**. Belknap of Harvard University press. Cambridge. 732p. 1990.
- HULME, P.E. Phenotypic plasticity and plant invasions: is it all Jack? **Functional Ecology**, v.22, p.3-7. 2008.
- HUNTER, M.D. Interactions within herbivore communities mediated by the host plant: the keystone herbivory concept. In: Hunter, M.D.; Ohgushi, T.; Price, P.W. (eds) **Effects of resource distribution on animal-plant interactions**. Academy Press, New York, p.287-235. 1992.
- IBGE. **Atlas Nacional do Brasil: Região Nordeste**. Rio de Janeiro, IBGE. 2000.
- KEANE, R.M.; CRAWLEY, M.J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. **Trends in Ecology and Evolution**, v.17, p.164–170. 2002.
- KIMBERLING, D.N.; SCOTT, E.R.; PRICE, P.W. Testing a new hypothesis-plant vigor and phylloxera distribution on wild grape in Arizona. **Oecologia** v.84, p.1–8. 1990.
- LAKE, J.C.; LEISHMAN, M.R. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. **Biological Conservation**, v.117, p.215–226. 2004.
- LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. da. **Ecologia e conservação da Caatinga**. 1ª. ed. EDITORA UNIVERSITÁRIA UFPE, v.1. 804 p. Recife. 2003.
- LEAL, I.R. *et al.* **Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil**. Megadiversidade (Belo Horizonte), Belo Horizonte, v.1, p.139-146, 2005.
- LEGER, E.A.; RICE, K.J. Invasive Califórnia poppies (*Eschscholzia californica* Cham.) grow larger than native individuals under reduced competition. **Ecology Letters**, v.6, p.257-264. 2003.
- LENZ, T.I.; FACELLI, J.M. Shade facilitates na invasive stem succulent in a chenopod schrubland in South Austrália. **Australian Ecology**, v.28, p.480-490.2003.
- LEUNG, B.; DRAKE, J.M.; LODGE, D.M. Predicting invasions: propagule pressure and the gravity of allea effects. **Ecology**, v.85, p.1651-1660. 2004.

- LEWINSON, T.M.; VASCONCELOS-NETO, J. Como insetos sabotam defesas de plantas: o caso do látex. p.281-298. In: Martins, R.P.; Lewinson, T.M.; Barbeitos, M.S. (eds). **Ecologia e comportamento de insetos**. Série Oecologia Brasiliensis, v.8. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 2000.
- LLORETT, F. *et al.*, Species attributes and invasion success by alien plants on Mediterranean islands. **Journal of Ecology**, v.93, p.512-520. 2005.
- MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press. 224p. 1967.
- MANGLA, S.; INDERJIT; CALLAWAY, R.M. Exotic invasive plant accumulates native soil pathogens which inhibit native plants. **Journal of Ecology**, v.96(1), p.58-76. 2008.
- MARON, J.L.; VILÁ, M. When do herbivores affect plant invasion? Evidence for the natural enemies and biotic resistance hypotheses. **Oikos**, v.95, p.361–373. 2001.
- MARQUES, E.S.A.; PRICE, P.W.; COBBS, N.S. Resource abundance and insect herbivore diversity on woody Fabaceous desert plants. **Environment Entomology**, v.29, p.696-703. 2000.
- MATTSON, W.J.; HAACK, R.A. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. **BioScience**, v.37(2), p.110-118. 1987.
- MCDONALD, I. *et al.*, Wildlife conservation and the invasion of nature reserves by introduced species: a global perspective. In: Drake, J.A; Mooney, H.A. (eds.). **Biological Invasions. A Global Perspective**, John Wiley and Sons, Chichester, p. 215–255. 1989.
- MELO, M.M. *et al.*, Estudo fitoquímico da *Calotropis procera* Ait.R. Br., sua utilização na alimentação de caprinos: efeitos clínicos e bioquímicos séricos. **Revista Brasileira de Saúde e Produtividade**, v.2, p.15-20. 2001.
- MITCHELL, C.E.; POWER, A.G. Release of invasive plants from fungal and viral pathogens. **Nature**, v.421, p.625–627. 2003.
- MOLES, A.T.; GRUBER, M.A.M.; BONSER, S.P. A new framework for predicting invasive plant species. **Journal of Ecology**, v.96(1), p.13-17. 2008.
- MOPPER, S.; SIMBERLOFF, D. Differential herbivory in an oak population: the role of plant phenology and insect performance. **Ecology**, v.76, p.1233-1241. 1995.
- OHLEMÜLLER, R.; WALKER, S.; WILSON, J.B. Local vs regional factors as determinants of the invisibility of indigenous forest fragments by alien plant species. **Oikos**, v.12, p.493-501. 2006.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A., Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In Oliveira, P.S.; Marquis, R.J. (eds.). **The Cerrados of Brazil:**

- ecology and natural history of a neotropical savanna.** New York. Columbia University Press. 2002.
- PÄÄVÍNEN, J. *et al.*, Species richness and regional distribution of mimecophilous beetles. **Oecologia**, v.134, p.587-595. 2003.
- PARKER *et al.*, Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. **Biological Invasions**, v.1, p.3-19. 1999.
- PAUCHARD, A.; SHEA, K. Integrating the study of non-native plant invasions across special scales. **Biological Invasions**, v.8, p.399-423. 2006.
- PEGADO, C.M.A. *et al.*, Efeitos da invasão biológica de algaroba – *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. Sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da Caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.4(20), p.887-898. 2006.
- PIMENTEL, D. **Biological Invasions: Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal, and Microbe Species.** CRC, Boca Raton, Florida. 2002.
- PRANCE, G.T. Vegetation. In: Whitmore, T.C.; Prance, G.T. (eds.). **Biogeography and Quaternary history in tropical America.** Oxford Science Publications, Oxford, Reino Unido. p.28-45. 1987.
- PRICE, P.W. The plant vigour hypothesis and herbivore attack. **Oikos**, v.62, p.244-251. 1991.
- PRICE P.W. **Insect Ecology.** 3rd ed. John Wiley & Sons Inc, U.S.A. 855p. 1997.
- PRICE, P.W.; FERNANDES, G.W.; WARING, G.L. Adaptive nature of insect galls. **Environment Entomology**, v.16, p.15–24. 1987.
- PRICE, P.W.; OGUSHI, T. Preference and performance in a *Phyllocolpa* sawfly and the willow, *Salix miyabeana* on Hokkaido. **Researches on Population Ecology**, v.37, p.23-28. 1995.
- PRICE, P.W.; ROININEN, H.; OHGUSHI, T. Comparative plant-herbivore interactions involving willows and three gall-inducing sawfly species in the genus *Pontania* (Hymenoptera: Tenthredinidae). **Ecoscience**, v.6, p.41-50. 1999.
- QUINN, R.M.; GASTON, K.J.; ROY, B.R. Coincidence in the distributions of butterflies and their food plants. **Ecography**, v.21, p.279-288. 1998.
- RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and Threats to its Biodiversity. **Annals of Botany**, v.80, p.223-230. 1997.
- REICHARD, S.H.; HAMILTON, C.W. Predicting invasions of woody plants introduced into North America. **Conservation Biology**, v.11, p.193–203. 1997.
- RICHARDSON, D.M. Plant invasions. In: Levin, S. (ed.). **Encyclopedia of Biodiversity**, v. 4, p.677-688. Academic Press, San Diego. 2001.

- RICKLEFS, R.E.; MILLER, G.L. **Ecology**. W.H. Freeman, New York. 2000.
- RICKLEFS, R.E. Community diversity: relative roles of local and regional processes. **Science**, p.167-171. 1987.
- ROOT, R.B. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monograph**, v.43, p.95-124. 1973.
- ROSE, S.; FAIRWEATHER, P.G. Changes in floristic composition of urban bushland invaded by *Pittosporum undulatum* in northern Sydney, Australia. **Australian Journal of Botany**, v.45, p.123-149. 1997.
- SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian Caatinga. In: Bullock, S.H.; Mooney, H.A.; Medina, E. (eds.). **Seasonally dry forests**. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. p. 35-58. 1995.
- SAMPAIO, E.V.S.B. *et al.*, **Vegetação e flora da Caatinga**. Associação de Plantas do Nordeste e Centro-Nordestino de Informações Sobre Plantas, Recife, Brasil. 2002.
- SAMPAIO, Y.; BATISTA, J.E.M. Desenvolvimento regional e pressões antrópicas no bioma Caatinga. In: Silva, J.M.C.; Tabarelli, M; Fonseca M; Lins, L.V. (eds.) **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p.311-324. 2004.
- SIEMANN, E.; ROGERS, W.E. Genetic differences in growth of an invasive tree species. **Ecology Letters**, v.4, p.514-518. 2001.
- SIEMANN, E.; ROGERS, W.E. Reduced resistance of invasive varieties of the alien tree *Sapium sebiferum* to a generalist herbivore. **Oecologia**, v.135, p.451-457. 2003.
- SILVA, V.M. da *et al.* Valor nutritivo e consumo voluntário do Algodão-de-seda (*Calotropis procera*), forrageira nativa da região semi-árida de Pernambuco. **PasturasTropicais**, v.23. 2000.
- SIMONS, A.M. Invasive aliens and sample bias. **Ecology Letters**, v.6, p.278-280. 2003.
- SINGER, M.C. The definition and measurement of oviposition preference in plant-feeding insects. In: Miller, J.R.; Miller, A.A. (eds.) **Insect-plant interactions**, p.65-94. Springer, New York. 1986.
- STASTNY, M.; SCHAFFNER, U.; ELLE, E. Do vigour of introduced populations and escape from specialist herbivores contribute to invasiveness? **Journal of Ecology**, v.93, p.27-37. 2005.
- THEBAUD, C.; SIMBERLOFF, D. Are plants really larger in their introduced ranges? **American Naturalist**, v.157, p.232-236. 2001.

- THOMPSON, J.N; PELMYR, O. Evolution of oviposition behavior and host preference in Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v.36, p.65-89. 1991.
- THUILLER, W. *et al.*, Niche-based modeling as a tool for predicting the risk of the alien plant invasions at a global scale. **Global Change Biology**, v.11, p.2234-2250. 2005.
- ULCHÔA, N.; ALMEIDA-CORTEZ, J.S.; FERNANDES, G.W. Uma estranha na paisagem. **Ciência Hoje**, v. 41
- VAN KLEUNEN, M.; SCHIMID, B. No evidence for evolutionary increased competitive ability in an invasive plant. **Ecology**, v.84, p.2816-2823. 2003.
- VANDERHOEVEN, S. *et al.*, Impact of the invasive alien plant *Solidago gigantea* on primary productivity, plant nutrient content and soil mineral nutrient concentrations. **Plant Soil**, v.286, p.259-268. 2006.
- VELLOSO, A.L. *et al.*, **Ecorregiões Propostas para o Bioma Caatinga**. TNC-Brasil, Associação Plantas do Nordeste, Recife. 2002.
- VILÀ, M.; WEINER, J. Are invasive plant species better competitors than native plant species? evidence from pair-wise experiments. **Oikos**, v.105, p.229-238. 2004.
- VITOUSEK, P.M. *et al.* Introduced species: a significant component of human-caused global change. **New Zealand Journal of Ecology**, v.21, p.1–16. 1997.
- WHILLIS, A.J.; THOMAS, M.B.; LAWTON, J.H. Is the increased vigour of invasive weeds explained by a trade-off between growth and herbivores resistance? **Oecologia**, v.120, p.632-640. 1999.
- WHITE, T.C.R. An index to measure weather-induced stress of trees associated with outbreaks of psyllids in Australia. **Ecology**, v.50, p.905-909. 1969.
- WHITE, T.C.R. The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. **Oecologia**, v.66(1), p.90-105. 1984.
- WHITE, T.C.R. **The inadequate Environment: Nitrogen and the abundance of animals**. Springer-Verlag, Berlin. 1993.
- WHITE, T.C.R.; WILSON, J.C.; CLARKE, A.R. Biotic indirect effects: a neglected concept in invasion biology. **Diversity and distributions**, v.12, p.443-445. 2006.
- WILLIAMS, W.A.; CRONIN, J.T. Response of a gall-forming guild (Hymenoptera: Cynipidae) to stressed and vigorous prairie roses. **Environment Entomology**, v.33(4), p.1052-1061. 2004.
- WILLIS, A.J.; BLOSSEY, B. Benign climates don't explain the increased vigor of non-indigenous plants: a cross-continental transplant experiment. **Biocontrol Science and Technology**, v.9, p.567-577. 1999.

- WILLIS, A.J.; MEMMOT, J.; FORREST, R.J. Is there evidence for the post-invasion evolution of increased size among invasive plant species? **Ecology Letters**, v.3, p.275-283. 2000.
- WILLIAMSON, M. **Biological invasions**. Chapman and Hall, London. 1996.
- WILLIAMSON, M.; FITTER, A. The varying success of invaders. **Ecology**, v.77, p.1661-1996.
- WOLF, L.M.; ELZINGA, J.A.; BIERRE, A. Increased susceptibility to enemies following introduction in the invasive plant *Silene latifolia*. **Ecology Letters**, v.7(9), p.813-821. 2004.
- WOLFE, L.M. Why alien invaders succeed: support for the scape-from enemy hypothesis. **American Naturalist**, v.160, p.705–711. 2002.

*Manuscrito a ser submetido a
Revista Brasileira de Entomologia.*

**Distribuição espacial, altura e densidade populacional de *Calotropis procera* (Ait.)
R. Br. (Apocynaceae) e seus efeitos na herbivoria***

Maria Fernanda Vicente Rodrigues-Menelau¹;

Jarcilene Silva de Almeida-Cortez^{2,4}

Geraldo Wilson Fernandes³

* Parte integrante da dissertação de mestrado da primeira autora – PPGBV – UFPE.

^{1,2} Laboratório de Interação Planta-Animal, Centro de Ciências Biológicas, UFPE; ³ Ecologia Evolutiva & Biodiversidade/DBG, ICB/Universidade Federal de Minas Gerais & ⁴ Autor para correspondência: Jarcilene Almeida-Cortez – Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, UFPE. Rua Professor Nelson Chaves s/n, Cidade Universitária. CEP: 50.670-901. Recife, PE, Brazil. Phone: 55 81 21267813, Fax: 55 81 21268348. e-mail: cortez_jarcy@yahoo.com.

Abstract

Spatial distribution, height and populational density of *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) and its effects on herbivory

Herbivorous insects' presence is primarily limited by the occurrence of their host plant. Three hypothesis were tested and used to understand how herbivory is mediated in *Calotropis procera* (Ait.)R.Br. individuals in a Caatinga area. They are: 1) Host plant geographical distribution hypothesis; 2) Plant size hypothesis; and 3) Nutritional quality hypothesis. We hypothesised that patches with more *C. procera* individuals, these individuals being taller and denser and having a higher nutrient concentration in their soil, would have higher abundances of *Danaus* spp. caterpillars and higher leaf area loss as a consequence of herbivory. Our results revealed that the abundance of *Danaus* spp. caterpillars had a significant positive relationship among patch size, individual height and soil concentration of phosphorus. And a negative relationship for plant density. Nitrogen and potassium concentrations did not exert any effect in caterpillars' abundance. For factors that influence leaf consumption by *Danaus* spp. and other possible free life herbivores we observed a positive relationship among herbivory percentage and patch size and individuals' height, and a negative relationship among herbivory percentage and potassium and nitrogen concentration and density in the soil. In this study we found out that patch and plant attributes like patch size, individuals' height and density, and nutrient concentration in the soil act together in the attraction of the herbivores and in leaf herbivory for *C. procera* in the area of study.

Key-words: Availability resources hypothesis, Concentration of resources hypothesis, Invasive plants, Plant-herbivore interaction, Semi-arid.

Resumo

Distribuição espacial, altura e densidade populacional de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) e seus efeitos na herbivoria

A presença de insetos herbívoros está primariamente limitada pela presença de sua planta hospedeira. Neste manuscrito foram testadas três hipóteses que foram utilizadas para tentar explicar como é mediada a herbivoria em plantas de *Calotropis procera* (Ait.)R.Br. numa área de Caatinga. São elas: 1) Hipótese da distribuição espacial da planta hospedeira; 2) Hipótese do tamanho da planta; e 3) Hipótese da qualidade nutricional. A hipótese para estas plantas era de que manchas com mais indivíduos de *C. procera*, estes indivíduos mais altos e em maior densidade e com o solo com maior concentração de nutrientes, apresetassem maiores abundâncias de lagartas *Danaus* spp. e apresentassem maiores perdas foliares pela herbivoria. Os resultados mostraram que a abundância de lagartas *Danaus* spp. apresentou uma relação significativamente positiva com o tamanho da mancha, altura dos indivíduos e concentração de fósforo no solo. E uma relação negativa com a densidade das plantas. As concentrações de nitrogênio e potássio não exerceram nenhum efeito na abundância das lagartas. Os resultados para os fatores que influenciam a herbivoria foliar de *C. procera*, por *Danaus* spp. e outros possíveis herbívoros de vida livre, observamos uma relação positiva entre a porcentagem de herbivoria com tamanho da mancha e altura dos indivíduos e, uma relação negativa entre porcentagem de herbivoria e densidade e concentrações de nitrogênio e potássio no solo. Conclui-se neste trabalho que atributos da mancha e da planta como tamanho da mancha, altura e densidade dos indivíduos, concentração de nutrientes do solo agem juntos na atração dos herbívoros e na herbivoria foliar em *C. procera* na área estudada.

Palavras-chave: Hipótese da concentração dos recursos, Hipótese da disponibilidade dos recursos, Interação planta-herbívoro, Planta invasora, Semi-árido.

Introdução

A distribuição espacial de uma espécie vegetal está primariamente determinada pela presença ou ausência de habitats adequados (Ricklefs & Miller 2000), e diversos fatores contribuem para a formação destes habitats adequados, como por exemplo: clima, topografia, qualidade do solo, além de barreiras geográficas que podem impor limites na distribuição das espécies a longas distâncias (Tcharntke & Brandl 2004). A qualidade nutricional do solo pode influenciar a qualidade nutricional da planta, crescimento, morfologia, compostos químicos, a performance e a abundância dos herbívoros que dela se alimentam (Mattson & Haack 1987; Whittaker 2001; Coviella *et al.* 2002; Richardson *et al.* 2002; Lower *et al.* 2003). Variações na concentração de nutrientes do solo influenciam a biomassa da planta, a quantidade de nitrogênio foliar e a concentração de compostos fenólicos (Price *et al.* 1989; Crone & Jones 1999), modificando a atratividade e resistência desta planta aos seus herbívoros (Mattson 1980; Waring & Cobb 1992).

Com base nisto, *Hipótese da distribuição espacial da planta hospedeira (mancha)*, surgiu para tentar explicar como se dá a distribuição dos insetos fitófagos como uma resposta à distribuição dos seus recursos (plantas hospedeiras). Esta hipótese prediz que manchas maiores, com mais indivíduos, e em maior densidade populacional, atraem mais herbívoros que manchas menores, uma vez que são mais facilmente encontradas no ambiente (Ricklefs 1987; Cornell & Lawton 1992), e que herbívoros especialistas tendem a ficar muito tempo nestas manchas (Root 1973; Thompson 1978; Bach 1980, 1984; Karaieva 1983; Mopper & Simberloff 1995).

A mancha é definida como um habitat adequado para a existência de espécies animais e vegetais, e está inserida em um habitat não adequado que é a matriz (Forman 1995). A qualidade da mancha para insetos fitófagos pode ser influenciada pela quantidade e qualidade dos recursos (Hunter 1992), tais como: distribuição da planta hospedeira, densidade, tamanho, bem como arquitetura da planta e abundância (biomassa) do recurso (Martinez *et al.* 2005). Desta forma, uma mancha grande, com plantas com mais biomassa, alta densidade populacional, com plantas maiores são mais atacadas por insetos herbívoros (Price 1997; Head 1998; Kunin 1999; Marques *et al.* 2000; Gonçalves-Alvin & Fernandes 2001; Ricklefs 2001; Martinez *et al.* 2005).

A partir de estudos que visavam compreender a interação planta-herbívoro, diversos estudos foram realizados na tentativa de entender os fatores que influenciam a herbivoria em plantas invasoras (Shierenbeck 1994; Rejmanek 1999; Agrawal & Kotanen 2002; Duncan &

Williams 2002; Wolfe 2002; Mitchell & Power 2003; Richardson 2004; Richardson & Réjmanek 2004, Richardson *et al.* 2004). Sabe-se que o sucesso e o impacto das plantas invasoras dependem do seu atributo biológico e das características ambientais do ecossistema invadido (Vilá & Wainer 2004). E que as altas taxas de perturbação ambiental somados ao rápido crescimento, alta reprodução, e a facilidade da planta de colonizar ambientes perturbados, favorecem o sucesso destas plantas (Lake & Leishman 2004; Moles *et al.* 2008).

A Caatinga é um ecossistema que tem sofrido perturbações ambientais e antrópicas. É uma formação vegetacional exclusivamente brasileira, localizada em sua maior extensão na região Nordeste do país, com clima semi-árido, e que sofreu intensos desmatamentos para a introdução de pastos e campos de agricultura, além de apresentar terras já em fase de desertificação (Leal *et al.* 2005). Atualmente, uma ameaça à biodiversidade deste ecossistema é a introdução de plantas exóticas, tais como o Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) e a Algaroba (*Prosopis juliflora* (SW.) DC.) que foram introduzidas com fins econômicos, e que se tornaram plantas invasoras neste ecossistema (Pegado *et al.* 2006). Enquanto que o algodão-de-seda, *Calotropis procera* (Ait.) R. Br., foi introduzido como planta ornamental, e devido a sua ampla capacidade de dispersão e colonização tornou-se invasora de áreas fragmentadas, perturbadas, terrenos baldios, margens de estradas, pastos e plantios (Ulchôa *et al.* 2007).

Observações casuais indicaram que *C. procera* está amplamente distribuída na Caatinga, invadindo amplas áreas, e formando manchas populacionais de diversos tamanhos, oferecendo desta forma uma excelente oportunidade para o estudo da distribuição da planta hospedeira e efeitos nos seus herbívoros, principalmente os especialistas. Lagartas de borboleta monarca (*Danaus* spp.) e vários outros herbívoros de vida livre são facilmente encontradas alimentando-se em indivíduos de *C. procera* em toda a Caatinga de Pernambuco. Com a finalidade de verificar quais os atributos da planta que influenciam na herbivoria, testamos a (1) *Hipótese da Distribuição Espacial da Planta Hospedeira* (Root 1973; Thompson 1978; Bach 1980, Bach 1984; Karaieva 1983; Mopper & Simberloff 1995), onde esperávamos que manchas maiores (i.e. com mais indivíduos e em alta densidade) de *C. procera* fossem mais atacadas pelos herbívoros e tivessem maiores percentuais de herbivoria; (2) *Hipótese do Tamanho das Plantas* (Moran 1980; Bach 1981; Price 1991), que prediz que plantas de *C. procera* de maior tamanho apresentam maior herbivoria do que plantas menores; e (3) *Hipótese da qualidade nutricional do solo* (White 1974; Coley 1983 e Waring & Cobb 1992), que prediz que a qualidade nutricional do solo (NPK) afeta positivamente o tamanho

da mancha, a abundancia de herbívoros em cada mancha, uma vez que apenas manchas adequadas às necessidades de cada espécie são ocupadas no habitat.

Material e Métodos

a) Área de estudo: O estudo foi realizado entre Março/2006 a Maio/2007 em uma área de Caatinga pertencente à Unidade Experimental da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) localizada no município de Serra Talhada, sertão do estado de Pernambuco, NE, Brasil (Figuras 1A-C). A vegetação do local é de Caatinga típica, dominada por uma fisionomia arbórea a arbórea-arbustiva, com vegetação característica da Floresta estacional caducifólia espinhos, Caatinga arbórea, com campos experimentais de monoculturas (Ferraz, 1994; Ferraz *et al.*, 1998). O estrato herbáceo é pouco denso e composto, principalmente, por plantas anuais que crescem apenas na estação chuvosa (Sampaio 1995; Machado *et al.* 1997).

b) Espécie estudada: *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) (Figura 2A) planta exótica e invasora, que é nativa do sudoeste da Ásia e África e tem sido encontrada com muita frequência no nordeste brasileiro (Ferreira 1974; Abbas *et al.* 1992). Esta espécie possui interações com vários insetos herbívoros que a utilizam como recurso (Figuras 2B-E). A presença de metabólitos com atividades inseticida, larvicida e antiparasitária (Salunke *et al.* 2005), restringe amplamente herbívoros generalistas. Segundo Brandes (2005) *Danaus chrysippus* L. é um dos principais fitófagos que se alimentam de *C. procera*, apresentando comportamento especializado para driblar os efeitos dos metabólitos presentes no látex desta planta. As lagartas mais jovens fazem cortes circulares na folha (Figura 2D), e se alimentam do tecido interno somente após o látex ter escorrido. As lagartas mais velhas (Figura 2C), que já adquiriram maior resistência ao látex, já se alimentam nas margens das folhas (Haribal & Renwick 1998).

c) Seleção das manchas: Para inferir o efeito do tamanho da mancha na herbivoria, foram selecionadas e marcadas aleatoriamente manchas de *C. procera* de tamanhos populacionais variados (1, 5, 8, 29, 31, 55, 79, 116 e 172 indivíduos) (Figura 3).

d) Seleção dos indivíduos: Para obter dados sobre área total da mancha, densidade, distância média entre os indivíduos, todos os indivíduos das manchas foram marcados, numerados, georeferenciados, e dados como tamanho, e distância do indivíduo mais próximo foram tomados.

e) Coleta e análise do material: Para estimar a herbivoria nas manchas, foram coletados aleatoriamente de três a seis ramos de cinco plantas da cada mancha, exceto para as manchas com um indivíduo. Desta forma foram analisadas em média 200 folhas por mancha quanto à herbivoria através de um programa de imagens (Image Tool 1.1). Usamos como medida para a herbivoria de cada mancha a média percentual da área foliar que foi consumida pelos herbívoros. Dados como número de lagartas adultas de *Danaus* spp. nos indivíduos de *C. procera* foram tomados, tendo em vista sua aparente abundância nas manchas estudadas.

f) Coleta e análise do solo: Amostras de solo de cada mancha foram coletadas para análises de nitrogênio total (N_t), fósforo (P) e potássio (K) extraíveis com MEHLICH-1 a fim de verificar o efeito dos solos na distribuição de *C. procera*. Foi coletado aproximadamente um quilo de solo ao redor de cada uma das cinco plantas selecionadas de cada mancha, as amostras foram colocadas em sacos plasticos, que foram etiquetados e transportados em caixas plásticas para as análises de acordo com o Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes - EMBRAPA (1999). A média da quantidade de NPK do solo foi utilizada para estimar a qualidade nutricional do solo.

g) Análises estatísticas: Para verificar se a herbivoria ou a abundância de *Danaus* spp. em *C. procera* é o resultado da interação entre tamanho da mancha, tamanho dos indivíduos, densidade populacional e qualidade do solo, após a verificação da normalidade dos dados, foram aplicados testes de Regressão Linear Múltipla utilizando o programa Statistica 6.0 (Zar 1999).

Resultados

Os resultados para manchas de *C. procera* de tamanhos variados em uma área de Caatinga indicaram que manchas maiores apresentaram indivíduos mais altos, e estes em menor densidade populacional ($p < 0,05$, $r^2 = 0,91$) (Tabela I e Figura 4).

Presença de insetos herbívoros: foram encontrados insetos herbívoros se alimentando em todas as manchas de *C. procera* estudadas. A presença de insetos de vida livre como besouros e gafanhotos, limitou-se a apenas 6 indivíduos de *C. procera*. A abundância das lagartas *Danaus* spp. apresentou uma relação significativamente com tamanho da mancha, altura e densidade populacional da planta, e a concentração de fósforo no solo ($p < 0,05$, $F = 2421,75$, $r^2 = 0,89$). Mas não apresentou relação significativamente com a concentração de nitrogênio e potássio do solo ($p > 0,05$).

Herbivoria em *Calotropis procera*: quando a herbivoria foi relacionada com tamanho das manchas (Figura 5A), densidade (Figura 5B) e altura dos indivíduos (Figura 5C) e concentração de NPK do solo, observou-se que a herbivoria nas manchas populacionais de *C. procera* apresentou relação significativamente positiva com tamanho da mancha, altura dos indivíduos, e significativamente negativa com densidade populacional e concentração de nitrogênio e fósforo no solo ($p < 0,05$, $F = 26761,1$, $r^2 = 0,99$).

Concentração de NPK do solo: As concentrações de nitrogênio e potássio do solo foram baixas em todas as manchas de acordo com os índices considerados ideais para a agricultura. Os valores de fósforo e potássio foram considerados baixos nas manchas grandes (116 e 172 indivíduos): $P < 25$ mg/kg e $K < 39$ mg/kg enquanto nas manchas pequenas (1, 5 e 8 indivíduos) o solo foi considerado rico para fósforo >25 mg/kg (Tabela I).

Discussão

Abundância das lagartas *Danaus spp.*: para a abundância de insetos herbívoros, a hipótese da distribuição espacial da planta hospedeira foi corroborada. Onde manchas maiores atraíram mais lagartas do que manchas menores. Kery *et al.* (2001), argumentaram que herbívoros especialistas são menos freqüentes em manchas menores por causa das altas probabilidades de extinção local e baixas taxas de colonização.

Houve uma relação significativamente entre altura das plantas e abundância das lagartas. De acordo com Lawton (1983); Root (1988); Guíán *et al.* (1992); Brandle & Brandl (2001); Sanches & Parmenter (2002) plantas maiores atraem uma maior abundância de insetos herbívoros do que plantas menores por oferecerem mais recursos aos fitófagos.

Ao contrário do que era esperado, uma menor densidade de plantas de *C. procera* é que teve uma maior abundância de lagartas. Neste caso, a densidade populacional de *C. procera* apresentou uma relação significativamente negativa com a herbivoria. Marques *et al.* (2000) sugeriram que se a população de uma única espécie de planta ocorre na mancha, a baixa densidade destas plantas atrairia mais herbívoros especialistas. Isso pode ser explicado pelo fato de que herbívoros especialistas evitam altas densidades de suas plantas hospedeiras por causa do grande risco da presença de seus predadores. Estes resultados corroboram com os encontrados por Otway *et al.* (2005) que observaram que o aumento da densidade das plantas hospedeiras leva a uma redução na abundância de herbívoros especialistas. Este estudo contraria os estudos de Southwood (1961); Lewis & Waloff (1964); Root (1973); Bach (1980); Bach (1981); Golçalves-Alvim & Fernandes (2001); Sholes (2008) que mostram uma

relação significativamente positiva entre abundância de herbívoros e a densidade das plantas hospedeiras.

Herbivoria em *Calotropis procera*: A herbivoria em *C. procera* varia positivamente com o tamanho das manchas e com o tamanho dos indivíduos e varia negativamente com a densidade e a concentração dos nutrientes. De fato, a Hipótese da Concentração de Recursos proposta por Root (1973) relaciona a atividade de consumo pelos herbívoros com a distribuição do recursos. De acordo com Root (1973); Root & Kareiva (1984); Gonçalves-Alvin & Fernandes (2001); Paávinen *et al.* (2003); Komonen *et al.* (2004); e Sholes (2008) o tamanho da mancha, a altura dos indivíduos e densidade do indivíduo são variáveis que podem afetar os padrões de ataque dos herbívoros especialistas. Estes resultados corroboram a Hipótese da Distribuição Espacial da Planta Hospedeira (Ricklefs, 1987; Cornel & Lawton, 1992) e corroboram com os resultados encontrados por Karaieva (1985); Bach (1986, 1988a e 1988b); Grez & Gonzalez (1995); Johannesen & Loeschcke (1996); Matter (1996 e 1997); McIntyre & Wiens (1999); Von Zeipel *et al.* (2006) onde nestes trabalhos o tamanho da mancha afeta a preferência de oviposição de fêmeas de insetos, a abundância de insetos herbívoros e a herbivoria nas manchas estudadas.

Houve uma relação positiva entre o tamanho dos indivíduos de *C. procera* e a herbivoria para as populações estudadas. Plantas maiores foram mais consumidas por insetos herbívoros que plantas menores. Estes resultados corroboram com os encontrados por Araújo *et al.* (2003) ao estudarem a abundância de galhas em *Baccharis pseudomyriocephala* (Asteraceae), os autores observaram que o aumento abundância de galhas em plantas maiores foi devido ao fato de que plantas maiores oferecem mais recursos (por exemplo, biomassa e inflorescência) do que plantas menores.

Qualidade nutricional do solo: Quanto a qualidade nutricional do solo, este foi considerado pobre de acordo com os índices de NPK utilizados para a agricultura, corroborando com os resultados obtidos por Oliveira (1988); Salcedo (1997); Menezes (2005). Ao contrário do que foi esperado para abundância das lagartas, não houve relação significativamente entre abundância de *Danaus* spp. e nutrientes do solo. Estes resultados contrariam os encontrados por Lower *et al.* (2003) onde os nutrientes do solo afetam positivamente a preferência de oviposição e a abundância de *Plagiodera versicolora* (Coleoptera) em *Salix sericea* (Salicaceae).

De acordo com Abbas, *et al.* (1992) e com Ferreira (1973), *C. procera* habita preferencialmente solos pobres. Segundo Ricklefs & Miller (2000), a presença de uma planta está relacionada com a presença do habitat adequado. Estudos mais detalhados com outros

macronutrientes, micronutrientes e metais pesados talvez possam explicar o porquê de manchas aparentemente ideais para a colonização e disseminação de *C. procera* como as manchas com apenas 1 indivíduo (Figura 3C e 3D), onde há apenas pasto e herbáceas, não comportarem muitos indivíduos de *C. procera*. Sabe-se que plantas com deficiência nutricional de potássio são nutricionalmente mais interessantes para lagartas e apresentam menos defesas (Carmo & Penedo 2004).

Conclui-se neste trabalho que a abundância das lagartas *Danaus* spp. e a herbivoria foliar em *C. procera* foi relacionada com o tamanho da mancha, tamanho dos indivíduos e densidade populacional. Supostamente o que ocorre para que estas manchas abriguem mais herbívoros e tenham uma maior porcentagem de herbivoria, são altas taxas de colonização somados com menores taxas de extinção das lagartas e outros insetos de vida livre nas manchas grandes, com plantas altas e menos densas. Isto garantiria mais recursos disponíveis e um ambiente “livre de inimigos” para as lagartas. Estudos futuros com *C. procera* e *Danaus* spp. tornam-se interessantes de serem feitos para conhecer como a distribuição dos recursos atuam sobre a preferência de oviposição da borboleta, taxas de colonização e extinção, taxas de herbivoria foliar e a performance da lagarta neste tipo de mancha.

Agradecimentos: Agradecemos à PROCAD/CAPES (processo número 0166057) pelo financiamento do projeto, ao CNPq pela bolsa de mestrado, à UFRPE e ao IPA de Serra Talhada pelo apoio logístico, aos professores Rômulo Menezes e Ignácio Salcedo pelo apoio na análise dos solos, ao Laboratório de Fertilização de Solos, Departamento de Energia Nuclear pelo material utilizado nas análises.

Referências bibliográficas

- Abbas, B., El-Tayeb. & Y.R. Sulleiman. 1992. *Calotropis procera*: Feed potential for arid zones. **Veterinary Record** **131**, 132-135.
- Agrawal, A.A. & P.M.Kotanen. 2003. Herbivores and the success of exotic plants: a phylogenetically controlled experiment. **Ecology Letters** **6**, 712–715.
- Araújo, A.P., Carneiro, M.A.A. & G.W. Fernandes. 2003. Efeitos do sexo, do vigor e do tamanho da planta hospedeira sobre a distribuição de insetos indutores de galhas em *Baccharis pseudomyriocephala* Teodoro (Asteraceae). **Revista Brasileira de Entomologia** **47**, 483-490.
- Bach, C.E. 1980. Effect of plant density and diversity on the population dynamics of a specialist herbivore, the stripped cucumber beetle, *Acalymma vittata* (Fab.) **Ecology** **61**, 1515-1530.
- Bach, C.E. 1981. Host plant growth form and diversity effects on abundance and feeding preference of a specialist herbivore, *Acalymma vittata*. **Oecologia** **50**, 370-375.
- Bach, C.E. 1984. Plant spatial pattern and herbivore and herbivore population dynamics: plant factors affecting the movement patterns of a tropical curcubit specialist (*Acalymma innubium*). **Ecology** **65**, 175-190.
- Bach, C.E. 1986. A comparison of the responses of two tropical specialist herbivores to host plant patch size. **Oecologia** **68**, 580-584.
- Bach, C.E. 1988a. Effects of host plant patch size on herbivore density: patterns. **Ecology** **69**, 1090-1102.
- Bach, C.E. 1988b. Effects of host plant patch size on herbivore density: underlying mechanisms. **Ecology** **69**, 1103-1117.
- Brandes, D. 2005. *Calotropis procera* on Fuerteventura in <http://qwww.biblio.tubs.de/geobot/fuerte.html>
- Brändle, M. & R. Brandl. 2001. Species richness of insects and mites on trees: expanding Southwood. **Journal of Animal Ecology** **70**, 491-504.
- Carmo, F.M.S. & P.H.S. Penedo. 2004. Influência do aspecto nutricional de *Eucalyptus grandis* W. Hill es Maiden na preferência alimentar da lagarta desfolhadora *Eupseudosoma involuta* (Lepidóptera – Arctiidae). **Revista Árvore** **28**, 749-754.
- Coley, P.D. 1983. Intraspecific variation in herbivory on two tropical tree species. **Ecology** **64**, 426-433.

- Cornell, H.V. & J.H. Lawton. 1992. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. **Journal of Animal Ecology** **61**,1-12.
- Coviella, C.E., Stipanovic, R.D. & J.T. Trumble. 2002. Plant allocation to defensive compounds: interactions between elevated CO₂ and nitrogen in transgenic cotton plants. **Journal of Experimental Botany** **53**, 323-331.
- Crone, E.E. & C.G. Jones. 1999. The dynamics of Carbon-Nutrient balance: effects of cottonwood acclimation to short-and-long-term shade on beetle feeding preferences. **Journal of Chemical Ecology** **25**, 635-656.
- Duncan, R.P. & P.A. Williams. 2002. Darwin's naturalization hypothesis challenged. **Nature** **417**, 608-609.
- Fagundes, M., Faria, M.L. & G.W. Fernandes. 2001. Efeitos da distribuição de *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) na abundância e no parasitismo de galhas de *Neopelma baccharidis* (Homoptera: Psyllidae). **Unimontes Científica** **1**, 97-103.
- Faria, M.L. & G.W. Fernandes. 2001. Vigour of a dioecious shrub and attack by galling herbivore. **Ecological Entomology** **26**, 37-45.
- Fernandes, G. W. & P.W. Price. 1988. Biogeographical gradients in galling species richness: tests of hypotheses. **Oecologia** **76**,161-167.
- Ferraz, E.M.N., Rodal, M.J.N., Sampaio, E.V.S.B. & R.C.A. Pereira. 1998. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Botânica** **21**: 7-15.
- Ferraz, E.M.N. 1994. **Variação florística e vegetacional na Região do Pajeú, Pernambuco**. Recife: 197p. dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural de Pernambuco
- Ferreira, M.B. 1973 Distrito Federal e Goiás sob ameaça de invasora *Calotropis procera* (Ait.) **Revista Brasileira do. Cerrado** **21**, 20-22.
- Forman, R.T.T. 1995. **Land mosaics, the ecology of landscape regions**. Cambridge University Press, U.K.
- Golçalves-Alvim, S.J. & G.W. Fernandes. 2001. Biodiversity of galling insects: historical, community and habitat effects in four neotropical savannas. **Biodiversity and Conservation** **10**, 79-98.
- Greze, A.A. & R.H. Gonzalez. 1995. Resource concentration hypothesis – effects of host-plant patch size on density herbivores insects. **Oecologia** **103**, 471-474.
- Gullan, P.J. & P.J. Cranston. 1994. **The insects: an outline of entomology**. Chapman & Hall, 491p.

- Haribal, M. & A.A. Renwick. 1998. Identification and distribution of oviposition stimulants for monarch butterflies in host and nonhost. **Journal of Chemical Ecology** **24**, 891-904.
- Hunter, M.D. 1992. Interactions within herbivore communities mediated by the host plant: the keystone herbivory concept. In: Hunter, M.D. Ohgushi, T. & Price, P.W. (eds). **Effects of resource distribution on animal-plant interactions**. Academy Press, New York, pp 287-235.
- Johannesen, J. & V. Loeschcke. 1996. Distribution, abundance and oviposition patterns of four coexisting *Chiastochta* species (Diptera: Anthomyiidae). **Journal of Animal Ecology** **65**, 567-576.
- Karaieva, P. 1985. Finding and losing host plants by *Phyllotreta*: patch size and surrounding habitat. **Ecology** **66**, 1809-1816.
- Kery, M., Matthies, D. & M. Fisher. 2001. The effect of plant population size on the interactions between the rare plant *Gentiana cruciata* and its specialized herbivore *Maculinea rebeli*. **Journal of Ecology** **89**, 418-427.
- Komonen, A., Grapputo, A., Kaitala, V., Kotiaho, J.S. & J. Päävinen. 2004. The role of niche breadth, resource availability and range position on the life history of butterflies **Oikos** **105**, 41-54.
- Kunin, W.E. 1999. Patterns of herbivore incidence on experimental arrays and field populations of ragwort, *Senecio jacobaea*. **Oikos** **84**, 515-525.
- Lake, J.C. & M.R. Leishman. 2003. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. **Biological Conservation** **117**, 215-226.
- Lawton, J.H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. **Annual Review Entomological** **28**, 23-39.
- Leal, I.R., da Silva, J.M.C., Tabarelli, M. & T.E. Lacher Jr. 2005. **Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil**. p. 139-146. Megadiversidade (Belo Horizonte), Belo Horizonte.
- Lewis, C.T. & N. Waloff. 1964. The use of radioactive tracers in the study of dispersion of *Orthotylus virencens* (Douglas & Scott) (Miridae: Heteroptera). **Entomological Experience Applied** **7**, 15-24.
- Lower, S.S. & C.M. Orians. 2003. Soil nutrients and water availability interact to influence willow growth and chemistry but not leaf beetle performance. **Entomologia Experimentalis et Applicata** **107**, 69-79.

- Machado, I.C. , Barros, L.M. & E.V.S.B. Sampaio. 1997. Phenology of Caatinga Species In Serra Talhada, PE, Brazil. **Biotropica** **29**, 57-68.
- Martinez, J.J.I., Mokady, O.& D. Wool. 2005. Patch size and patch quality of gall-inducing aphids in a mosaic landscape in Israel. **Landscape Ecology** **20**, 1013-1024.
- McIntyre, N.E. & J.A. Wiens. 1999. How does habitat patch size affect animal movement? An experiment with darkling beetles. **Ecology** **80**, 2261-2270.
- Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes** / Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária, (ed.) Fábio César da Silva – Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 370p. 1999.
- Marques, E.S.A., Price, P.W.& N.S. Cobbs. 2000. Resource abundance and insect herbivore diversity on woody Fabaceous desert plants. **Environment Entomology** **29**, 696-703.
- Matter, S.F. 1996. Interpatch movement of the red milkweed beetle, *Tetropes tetraophthalmus*: individual responses to patch size and individual and isolation. **Oecologia** **105**, 447-453.
- Matter, S.F. 1997. Population density and area: the role of between and within patch process. **Oecologia** **110**, 533-538.
- Mattson, W.J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review of Ecology and Systematics** **11**, 119-161.
- Mattson, W.J. & R.A. Haak. 1987. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. **Bioscience** **37**, 110-118.
- Menezes, R.S.C., Garrido, M.S. & A.M. Perez. 2005. **Fertilidade dos Solos no Semi-Árido**. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Recife.
- Mitchell, C.E. & A.G. Power. 2003. Release of invasive plants from fungal and viral pathogens. **Nature** **421**, 625–627.
- Moles, A.T., Gruber, M.A.M.& S.P. Bonser. 2008. A new framework for predicting invasive plant species. **Journal of Ecology** **96**,13-17.
- Mopper, S. & D. Simberloff. 1995. Differential herbivory in a oak population: the role of plant phenology and insect performance. **Ecology** **76**, 1233-1241.
- Moran, V.C. 1980. Interaction between phytophagous insects and their *Opuntia* hosts. **Ecological Entomology** **5**, 153-164.
- Ogushi, T. 1992. Resource limitation on insect herbivore populations. In: Hunter, M.D., Ogushi, T., Price, P.W. (eds.). **Effects of resource distribution on animal-plant interactins**. Academic, New York, 287-325.

- Oliveira, L.B., Silva, F.B.R., Almeida, J.C., Parahyba, R.B.V., Sá, R.F. & A.S.N. Lessa. 1988. Condições fito-edafoclimáticas do Nordeste. Parte III – **Níveis de necessidade de calcário e de carências de potássio e de fósforo para os solos do Nordeste do Brasil**. Recife, EMBRAPA-SNLCS.
- Otway, S.J., Hector, A. & J.H. Lawton. 2005. Resource dilution effects on specialist insects herbivores in a grassland biodiversity experiment. **Journal of Animal Ecology** **74**, 234-240.
- Päävinen, J., Ahlroth, P., Kaítala, V., Kotiaho, J., Suhonen, J. & T. Virola. 2003. Species richness and regional distribution of mimecophilous beetles. **Oecologia** **134**, 587-595.
- Pegado, C.M.A., Andrade, L.A., Félix, L.P. & I.M. Pereira. 2006. Efeitos da invasão biológica de algaroba – *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. Sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da Caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** **20**, 887-898.
- Price, P.W. 1989. Clonal development of coyote willow, *Salix exigua* (Salicaceae), and attack by the shoot-galling sawfly, *Euura exiguae* (Hymenoptera: Tenthredinidae). **Environmental Entomology** **18**, 61-68.
- Price, P.W. 1991. The plant vigour hypothesis and herbivore attack. **Oikos** **62**, 244-251.
- Price, P.W. 1997. **Insect ecology**. 3rd ed. John Wiley & Sons inc, USA.
- Quinn, R.M., Gaston, K.J. & R.B. Roy. 1997. Coincidence between consumer and host occurrence: macrolepidoptera in Britain. **Ecological Entomology** **22**, 197-208.
- Quinn, R.M., Gaston, K.J. & B.R. Roy. 1998. Coincidence in the distributions of butterflies and their food plants. **Ecography** **21**, 279-288.
- Rejmánek, M. 1999. Invasive plant species and invulnerable ecosystems. In: Sandlund, O.D., Schei, P.J. & Viken, A (eds.). **Invasive Species and Biodiversity Management**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 79–102.
- Richardson, D.M. & M. Rejmánek. 2004. Conifers as invasive aliens: a global survey and predictive framework. **Diversity and Distributions** **10**, 321–331.
- Richardson, D.M. 2004. Plant invasion ecology - dispatches from the front line. *Diversity and Distributions* **10**, 315-318.
- Richardson, D.M., Allsopp, N., D'Antonio, C.M., Milton, S.J. & M. Rejmanek. 2000. Plant invasions – the role of mutualisms. **Biological Review** **75**, 65–93.
- Richardson, D.M., Rouget, M. & M. Rejmánek. 2004. Using natural experiments in the study of alien tree invasions: Opportunities and limitations. In: M.S. Gordon and S.M. Bartol

- (eds.), **Experimental approaches to conservation biology** p.180–201. University of California Press, Berkeley.
- Richardson, S.J., Press, M.C., Parsons, A.N. & S.E. Hartley. 2002. How do nutrients and warming impact on plant communities and their insect herbivores? A 9-year study from a sub-Arctic heath. **Journal of Ecology** **90**(3), 554-556.
- Ricklefs, R.E. 1987 Community diversity: relative roles of local and regional processes. **Science** **235**, 167-171.
- Ricklefs, R.E. 2001. The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. **American Naturalist** **158**, 87-99.
- Ricklefs, R.E. & G.L. Miller. 2000. **Ecology**. W.H. Freeman, New York.
- Root, R.B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monograph** **43**, 95-124.
- Root, R.B. & P.M. Kareiva. 1984. The Search for Resources by Cabbage Butterflies (*Pieris Rapae*): Ecological Consequences and Adaptive Significance of Markovian Movements in a Patchy Environment. **Ecology** **62**, 147-164.
- Salcedo, I.H., Tiessen, H. & E.V.S.B. Sampaio. 1997. Nutrient availability in soil samples from shifting cultivation sites in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. **Agricultura and Ecosystem Environment** **65**, 177-186.
- Salunke, B.K., Kotkar, H.M. & P.S. Mendiki. 2005. Efficacy of flavonoids in controlling *Callosobruchus chinensis* (L) (Coleoptera: Bruchidae), a post-harvest pest of grain legumes. **Crop protection** **24**, 888-893.
- Sampaio, E.V.S.B. 1995. Overview of the Brazilian Caatinga. In: S.H. Bullock, H.A. Mooney & E. Medina (eds.). **Seasonally Dry Tropical Forests**, p. 35-63. Cambridge Univ. Press, N.Y.
- Sanches, B.C. & R.R. Parmenter. 2002. Patterns of shrub-dwelling arthropod diversity across a desert shrubland-grassland ecotone: a test of island biogeographic theory. **Journal of Arid Environment** **50**, 247-265.
- Santos J.C., Silveira, F.A.O. & G.W. Fernandes. 2008. Long term oviposition preference and larval performance of *Schizomyia macrocapillata* (Diptera: Cecidomyiidae) on larger shoots of its host plant *Bauhinia brevipes* (Fabaceae). **Evolutionary Ecology** **22**, 123-137.
- Schierenbeck, K.A., Mack, R.N. & R.R. Sharitz. 1994. Effects of herbivory on growth and biomass allocation in native and introduced species of *Lonicera*. **Ecology** **75**, 1661–1672.

- Shea, K., Smyth, M., Sheppard, A., Morton, R. & J. Chalimbaud. 2000. Effect of patch size and patch density of Paterson's curse (*Echium plantagineum*) on the oviposition of a specialist weevil, *Mogulones larvatus*. **Oecologia** **124**, 615-621.
- Sholes, O.D.V. 2008. Effects of associational resistance and host density on woodland insect herbivores. **Journal of Animal Ecology** **77**, 16-23.
- Siemann, E. & W.E. Rogers. 2001. Genetic differences in growth of an invasive tree species **Ecology Letters** **4**, 514-518
- Siemann, E. & W.E. Rogers. 2003. Reduced resistance of invasive varieties of the alien tree *Sapium sebiferum* to a generalist herbivore. **Oecologia** **135**, 451-457.
- Southwood, T.R.E. 1961. **The evolution of insect host tree relationship – a new approach.** In: Proceedings of the 11th International Congress on Entomology: 1960, Vienna, Áustria. **1**, 651-654.
- Tcharntke, T. & R. Brandl. 2004. Plant-insect interactions in fragmented landscapes. **Annual Review Entomology** **49**, 405-430.
- Thomas, R.L., Sheard, R.W. & J.R. Moyer. 1967. Comparison of conventional and automated procedures for nitrogen, phosphorus and potassium analysis of plant material using single digest. **Agronomy Journal** **59**, 240-243.
- Thompson, J.N. 1978. Within-patch structure and dynamics in *Pastinaca sativa* and resource availability to a specialized herbivore, **Ecology** **59**, 443-448.
- Ulchôa, N., Almeida-Cortez, J.S. & G.W. Fernandes. 2007 Uma estranha na paisagem. **Ciência Hoje** **41**, 70-73.
- Vilà, M. & J. Weiner. 2004. Are invasive plant species better competitors than native plant species? evidence from pair-wise experiments. **Oikos** **105**, 229-238.
- Von Zeipel, H., Eriksson, O. & J. Ehrlén. 2006. Host plant population size determines cascading effects in a plant-herbivore-parasitoid system. **Basic and Applied Ecology** **7**, 191-200.
- Waring, G.L. & N.S. Cobb. 1992. The impact of plant stress on herbivore population dynamics, p. 167-226. In: Bernays E. (ed.). **Insect-plant interactions**, vol. 4. CRC, Annual Harbor, MI.
- White, T.C.R. 1974. A hypothesis to explain outbreaks of looper caterpillars, with special reference to populations of *Selidosema suavis* in a plantation of *Pinus radiata* in New Zealand. **Oecologia** **16**, 279-301.
- Whittaker, J.B. 2001. Insects and plants in a changing atmosphere. **Journal of Ecology** **89**, 507-518.

- Wolfe, L.M. 2002. Why alien invaders succeed: support for the escape-from-enemy hypothesis. **American Naturalist** **160**, 705–711.
- Zar, J.H. 1984. **Biostatistical analysis**, 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Zou, J., Rogers, E. & E. Siemann. 2007. Differences in morphological and physiological traits between native and invasive populations of *Sapium sebiferum*. **Functional Ecology** **21**, 721-730.

Tabela I: Valores de área total e densidade populacional e valores médios da porcentagem de área foliar perdida pela herbivoria, altura média dos indivíduos (metros), e concentrações de NPK do solo de cada mancha, em manchas de *Calotropis procera*, em região semi-árida, Serra Talhada-PE.

Número de indivíduos/mancha	Área tota (m ²)	Densidade populacional	Porcentagem de herbivoria	Altura	Nitrogênio (mg/kg)	Fósforo (mg/kg)	Potássio (mg/kg)
				média dos indivíduos (m)			
1	7854	0,0001	0,6	1,0	52,46	44,1	62,2
5	482	0,01	2,8	1,1	48,90	42,5	60,9
8	940	0,008	3,0	1,4	46,90	40,9	58,6
29	4077	0,007	5,8	1,5	41,94	34,6	52,4
31	4216	0,007	6,4	1,8	39,66	33,2	51,2
55	8464	0,006	8,0	1,9	35,03	29,7	47,8
79	18244	0,004	10	2,0	33,58	27,4	42,2
116	41634	0,002	12,6	2,1	31,95	24,1	39,8
172	87274	0,001	15,7	2,3	28,76	22,2	37,4

Lista de Figuras

Figura 1: Imagem gerada por satélite do município de Serra Talhada. Pontos vermelhos indicam IPA, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Destaque oval vermelho mostra onde foram delimitadas as manchas de *Calotropis procera* (A).

Figura 2: Indivíduo adulto de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br., habitando margem de estrada na Unidade Experimental do IPA, região semi-árida, Serra Talhada, PE (A); Inflorescência de *Calotropis procera* (B); Seta representa herbivoria por lagartas *Danaus* sp. em folha madura de *C. procera* (C); Seta representa lagarta adulta de *Danaus* sp. na inflorescência de *C. procera* (D); Lagartas *Danaus* sp. se alimentando em folha madura de *C. procera* (E); Coleópteros (seta) (F);.Setas indicam lagartas jovens de *Danaus* sp (G).

Figura 3: Representação esquemática da paisagem das manchas de *Calotropis procera* na Unidade Experimental do IPA, região semi-árida, Serra Talhada-PE. Manchas com diferentes números de plantas de *Calotropis procera*: 29 indivíduos (A); um indivíduo (C) (D) e (H); 31 indivíduos (E); 172 indivíduos (F); cinco indivíduos; (G); 55 indivíduos (I); oito indivíduos (J); 116 indivíduos (L); 79 indivíduos (M).

Figura 4: Gráfico 3D representando a relação entre altura e densidade dos indivíduos e tamanho das manchas em manchas populacionais de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE.

Figura 5: Representação gráfica entre porcentagem de herbivoria *versus*: tamanho das manchas (A); densidade populacional de *Calotropis procera* (B); tamanho médio dos indivíduos de *Calotropis procera* em região semi-árida, Serra Talhada (C).

Figura 6: Representação gráfica da variação da herbivoria pelas concentrações de N (A); e P (B).

Figura 7: Representação gráfica entre tamanho de mancha *versus* concentração de NPK. Concentrações de nitrogênio (A) Concentrações de fósforo (B) Concentração de potássio (C). no solo de cada mancha em manchas populacionais de tamanhos variados de *Calotropis procera* em região semi-árida, Serra Talhada-PE

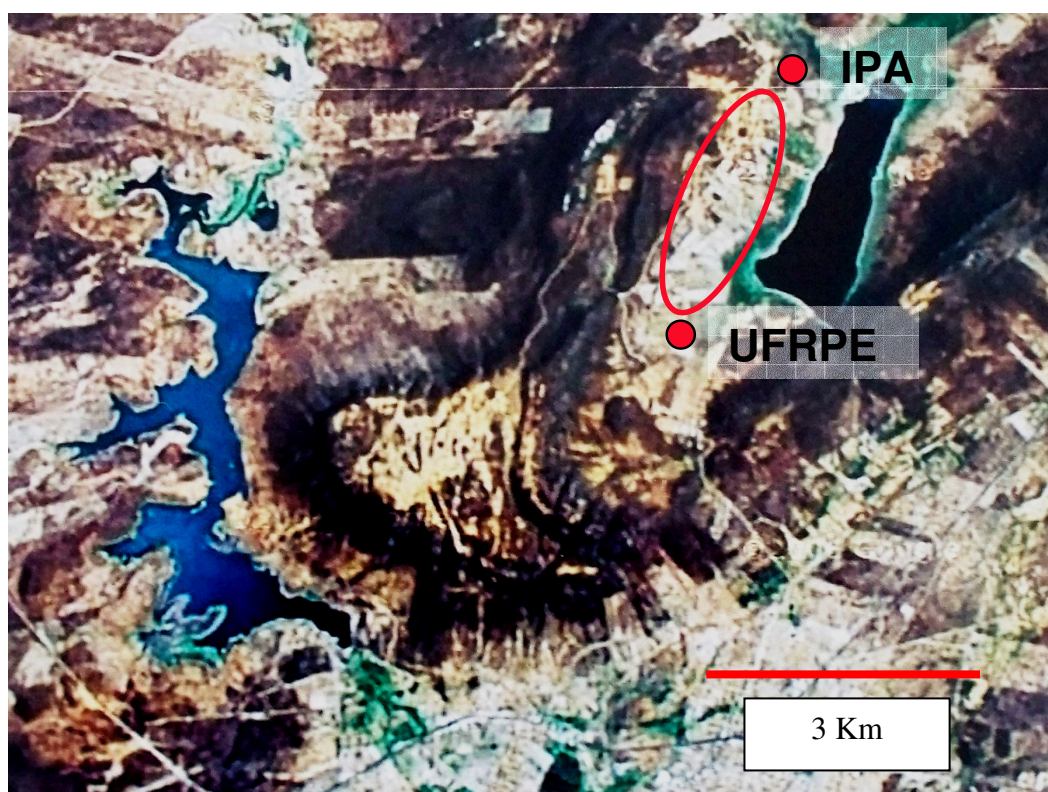


Figura 1

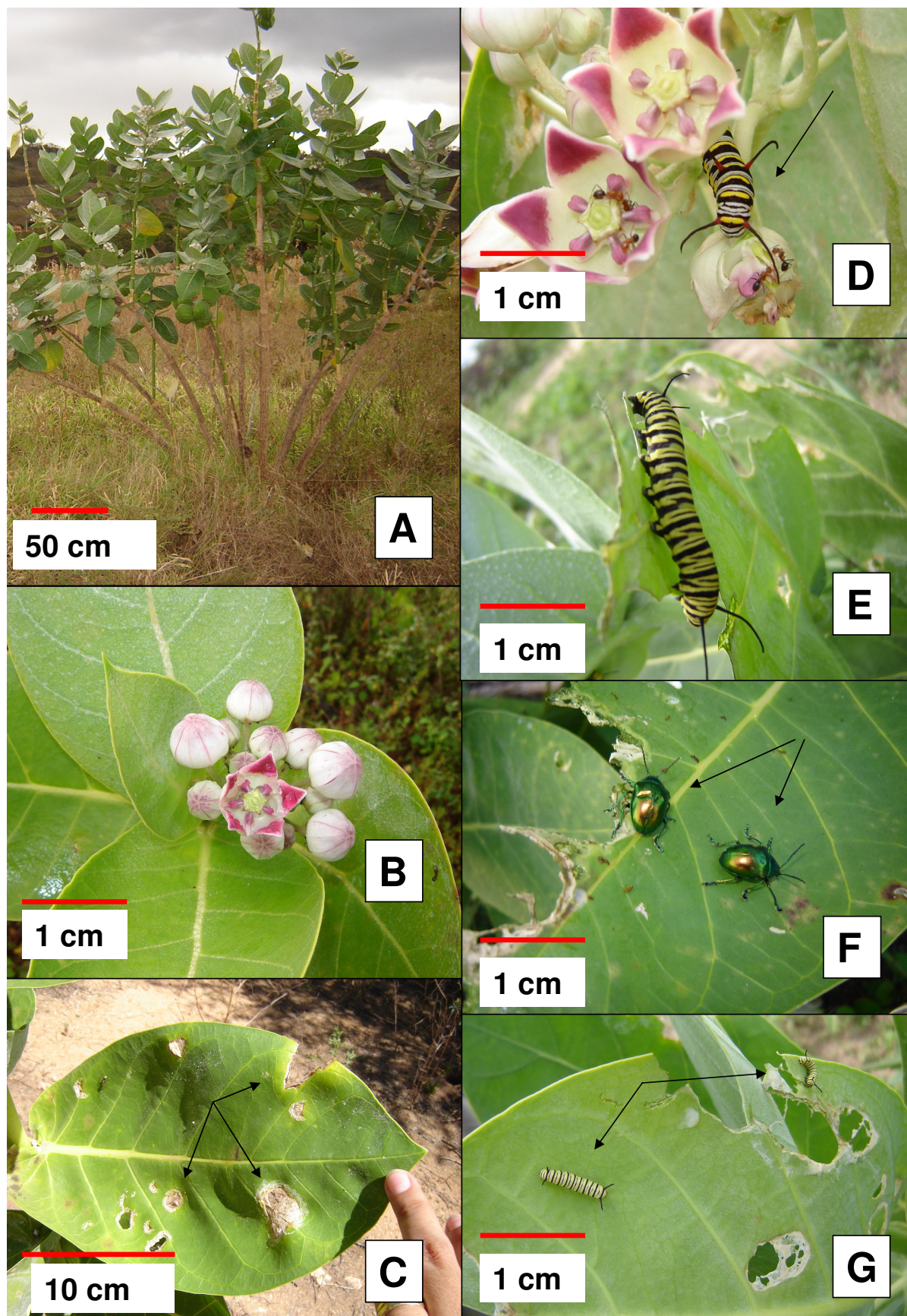


Figura 2

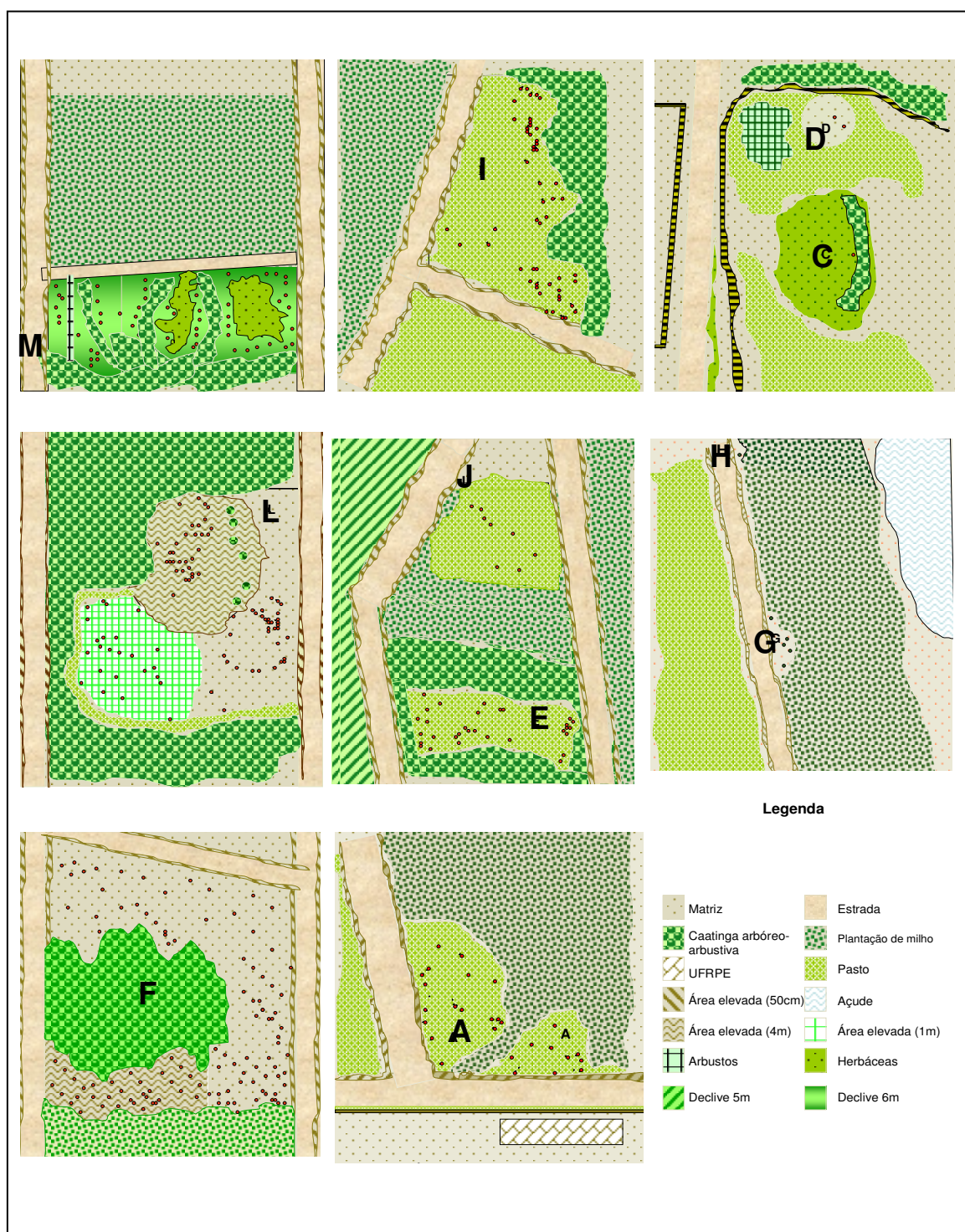


Figura 3

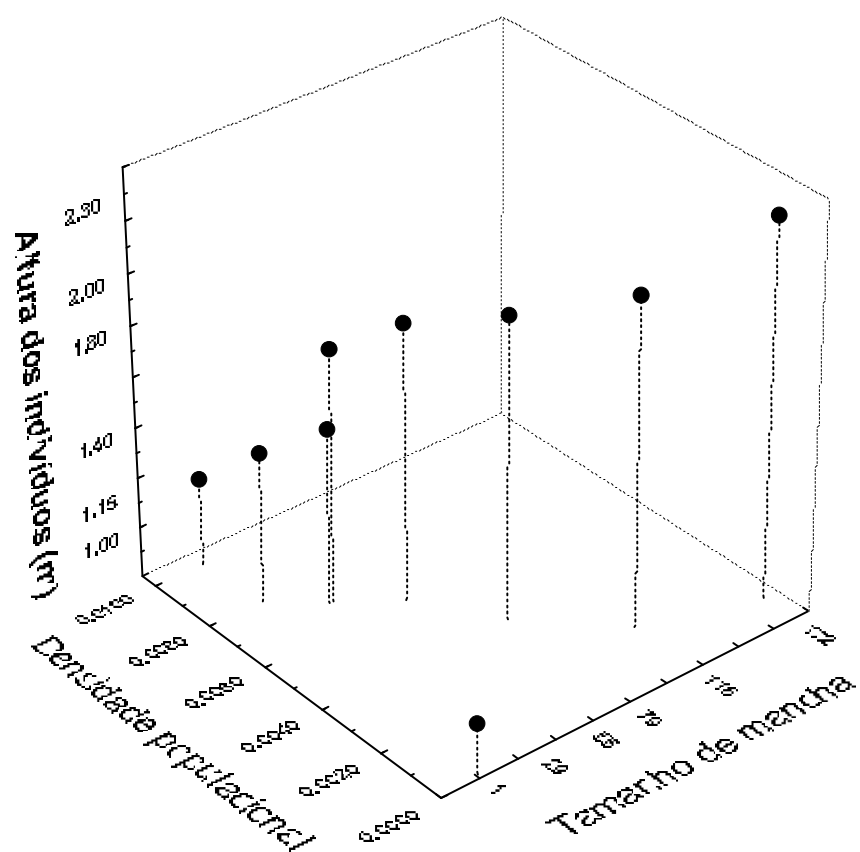
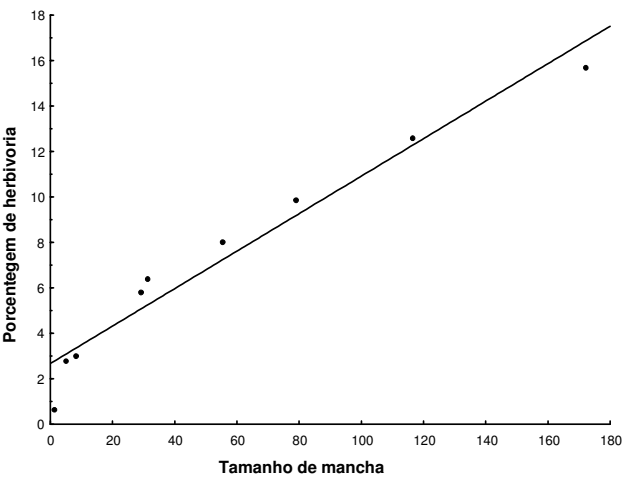
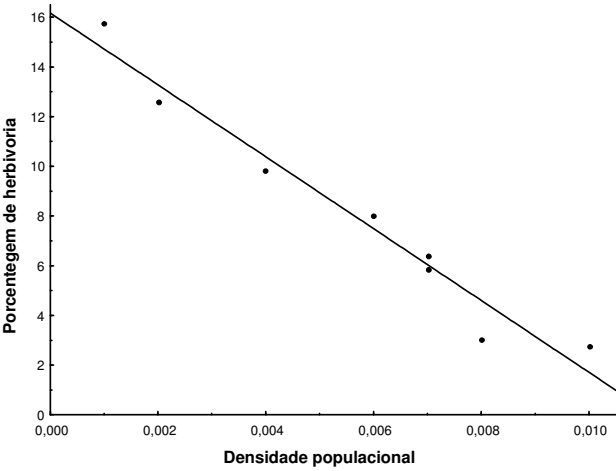


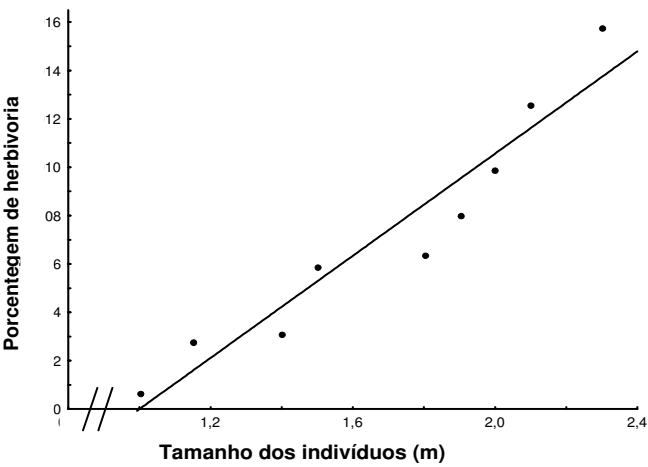
Figura 4



A



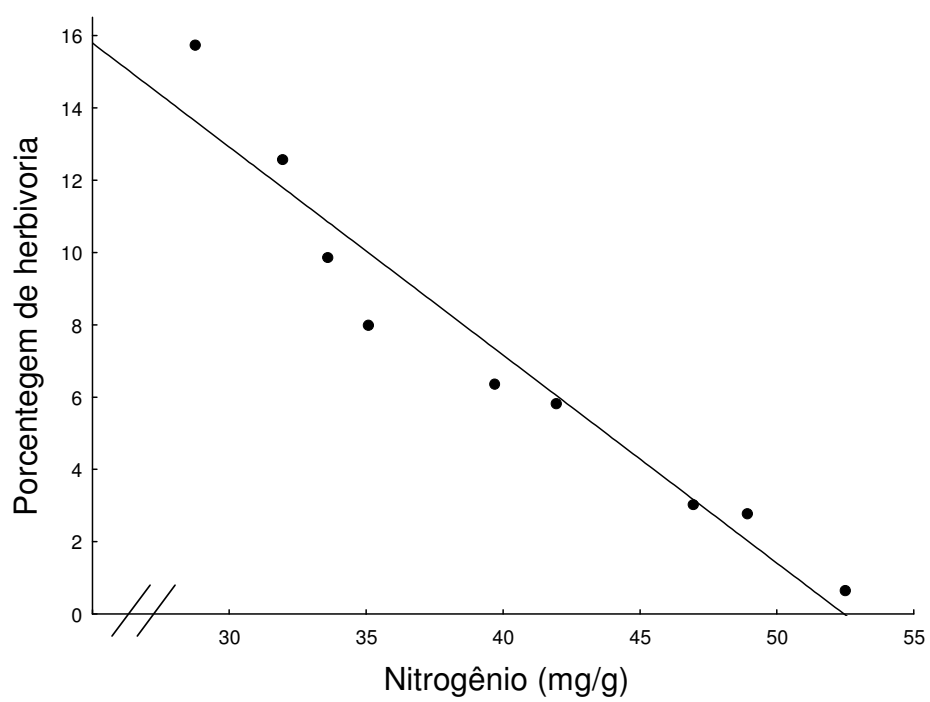
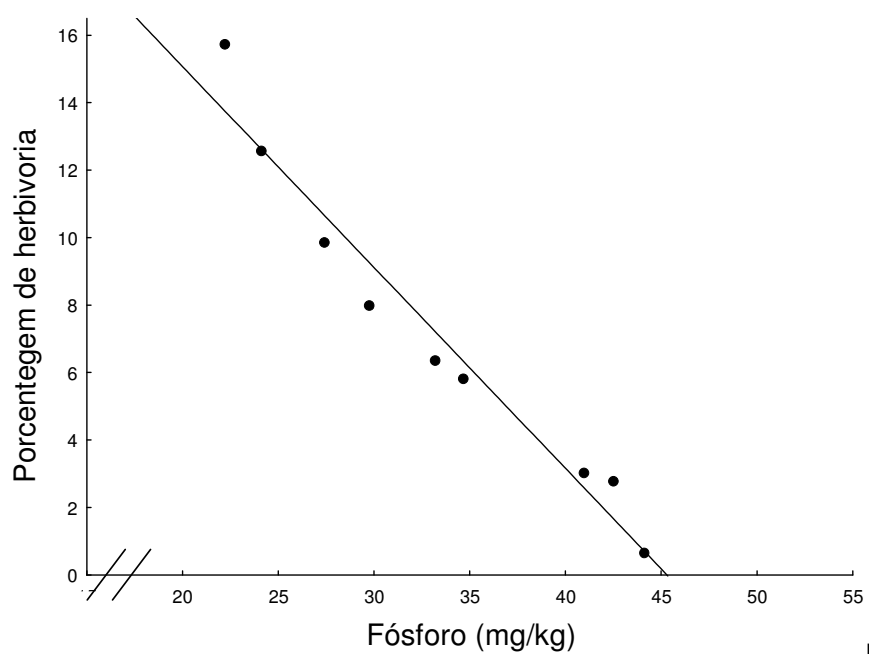
B



C

F

Figura 5

**A****B****Figura 6****Figura 7**

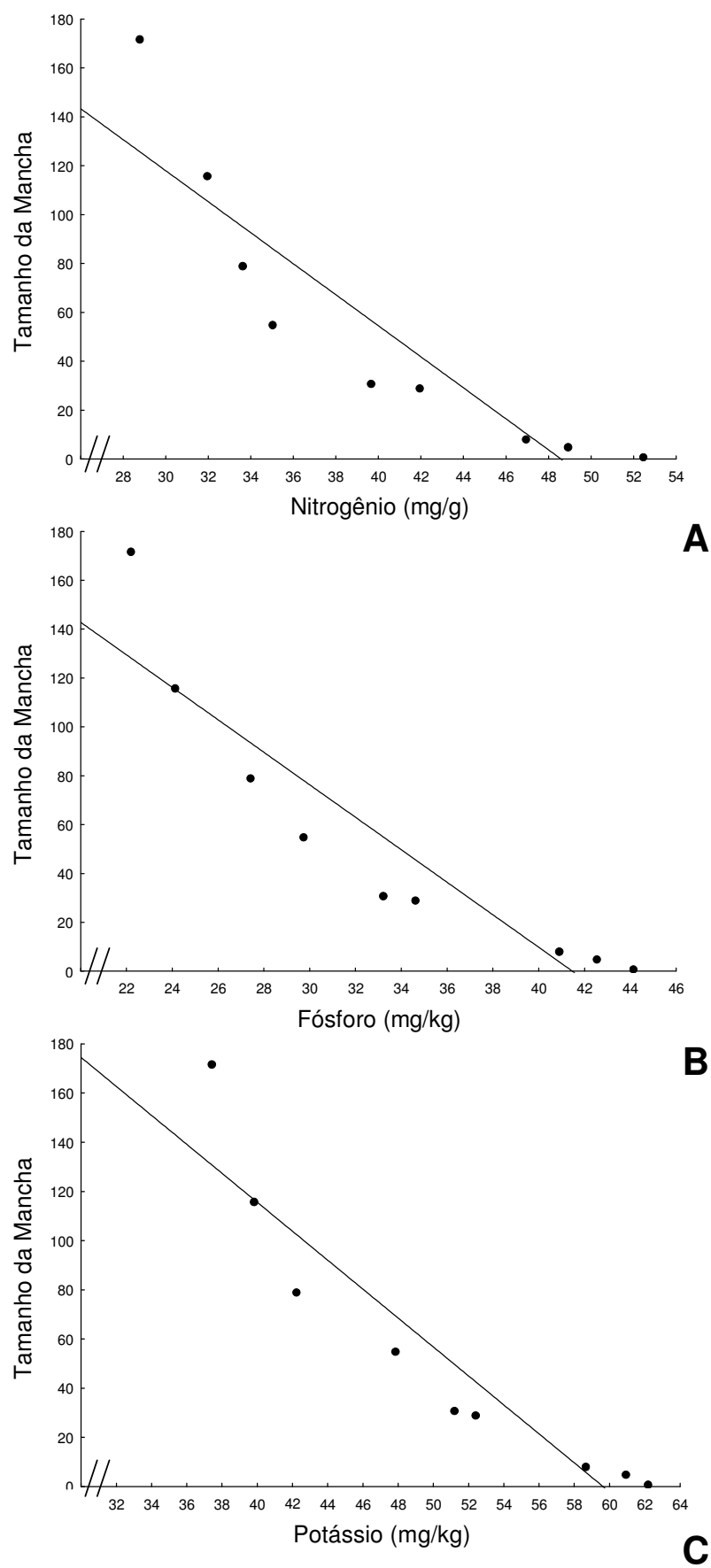


Figura 7

*Manuscrito a ser enviado à
Revista Brasileira de Botânica.*

**A Herbivoria em *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae)
Pode Ser Influenciada Pela Quantidade e Qualidade dos
Recursos? Um Estudo Sobre a Hipótese do Vigor das Plantas***

MARIA FERNANDA VICENTE RODRIGUES MENELAU¹;
GERALDO WILSON FERNANDES² ;
JARCILENE SILVA ALMEIDA CORTEZ^{3,4}

Título resumido: Herbivoria em espécie invasora na Caatinga

^{1,3} Laboratório de Interação Planta-Animal, Centro de Ciências Biológicas, UFPE; ² Ecologia Evolutiva & Biodiversidade/DBG, ICB/Universidade Federal de Minas Gerais & ⁴ Autor para correspondência: Jarcilene Almeida-Cortez – Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, UFPE. Rua Professor Nelson Chaves s/n, Cidade Universitária. CEP: 50.670-901. Recife, PE, Brazil. Phone: 55 81 21268352, Fax: 55 81 21268348. e-mail: cortez_jarcy@yahoo.com.

ABSTRACT

Can The Herbivory in *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) be influenced by Resources Quantity and Quality? An Study About The Plant Vigour Hypothesis

Herbivorous insects select plants or modules in the plants they consume. One of the existing hypotheses used to understand the selection factors is the Plant Vigor Hypothesis (PVH) which predicts that plants or its more vigorous parts are selected by herbivores because these parts provide bigger/better larval performance of the breed. The objective of this work was to test PVH for *Calotropis procera* (Ait.)R.Br. individuals distributed in patches of different population sizes. We collected 250 *C. procera* branches and analyzed their size, herbivory percentage and nutritional quality. Our results confirm PVH in the patches containing 31, 55, 116 and 172 *C. procera* individuals. PVH was negative in the patches containing 1, 5, 8, 29 and 79 individuals. In the herbivory *versus* branch size analysis, the relationship for the patches with 29 and 79 individuals was significantly negative. These patches are supposedly under high stress, where individuals face high competition and are periodically cut. And stressed plants produce smaller branches with higher nutritional quality. When we analyzed the nutritional quality in some branches, we found out that herbivory rates rise together with nitrogen and potassium concentrations of these braches. As well as in patches where smaller branches were more consumed, they had bigger nitrogen and potassium concentrations. Supposedly the determining factor for the preference of the *C. procera* herbivores is the nutrient amount in these branches. This would cause them to feed on branches with higher nutritional qualities. And it could be the explanation for the fact that herbivores sometimes feed on vigorous branches and sometimes on stressed branches.

Key-words: Plant-insect interaction, *Danaus* spp., Herbivory, Semi-arid, Nutricional quality, Plant stress hipotesy

RESUMO

A Herbivoria em *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) Pode Ser Influenciada Pela Quantidade e Qualidade dos Recursos? Um Estudo Sobre a Hipótese do Vigor das Plantas

Insetos herbívoros têm preferência para escolher as plantas ou módulos de plantas que eles utilizam. A Hipótese do Vigor das Plantas (HPV) prevê que plantas ou suas partes mais vigorosas são selecionadas pelos herbívoros, por proporcionarem maior/melhor performance larval da prole. Este trabalho teve como objetivo testar a HVP em indivíduos de *Calotropis procera* (Ait.)R.Br. distribuídas em manchas populacionais de diferentes tamanhos. Foram coletados 250 ramos de *C. procera*, e estes foram analisados quanto o tamanho, porcentagem de herbivoria e qualidade nutricional. Estes resultados corroboram a HVP nas manchas com 31, 55, 116 e 172 indivíduos de *C. procera*. Nas manchas contendo 1, 5, 8, 29 e 79 indivíduos a HVP foi refutada. Ao analisar a herbivoria pelo tamanho dos ramos foi verificado que nas manchas com 29 e 79 indivíduos a herbivoria apresentou uma relação significativamente negativa com o tamanho dos ramos. Estas manchas estão supostamente sob forte estresse, onde as plantas apresentam alta competição e são constantemente cortadas. Plantas sobre estresse produzem ramos menores e com maiores qualidades nutricionais. Ao estudar a qualidade nutricional de alguns ramos, verificou-se que a herbivoria aumenta com a concentração de nitrogênio e potássio destes ramos. Nas manchas onde os ramos menores foram mais consumidos, observou-se maiores concentrações de nitrogênio e potássio. Supostamente o fator determinante para a preferências dos herbívoros de *C. procera* é a quantidade de nutrientes nestes ramos. O que os faria se alimentarem em ramos com altas qualidades nutricionais. Isto explicaria o fato dos herbívoros ora se alimentarem em ramos vigorosos e ora se alimentarem em ramos estressados.

Palavras-chave: Interação planta-inseto, *Danaus* spp., Herbivoria, Semi-árido, Qualidade nutricional, Hipótese do Estresse da Planta.

Introdução

Efeitos da qualidade da planta nas taxas de herbivoria tem sido extensamente estudados (Soler *et al.* 2005, Barret & Stiling 2006, Soler *et al.* 2007). A qualidade da planta tem sido sempre considerada na maioria das hipóteses que tentam explicar a variação da preferência alimentar e a performance dos herbívoros em suas plantas hospedeiras (Price 1991, Espírito-Santo & Fernandes 1998, Fritz *et al.* 2000, Lower *et al.* 2003, Dhileepan 2004, Leimu *et al.* 2005, Cornelissen & Stiling 2005, Santos *et al.* 2008). Tamanho, forma de crescimento, qualidade nutricional e defesas químicas são alguns dos recursos da planta hospedeira que afetam a distribuição de insetos herbívoros e que levam a seleção de uma determinada planta ou módulos da planta pelos insetos (Marques *et al.* 2000, Araújo *et al.* 2003). A biomassa e a qualidade nutricional são supostamente maiores em plantas ou módulos mais vigorosos (Heisswolf *et al.* 2005) e são fundamentais no desenvolvimento de insetos herbívoros (Marques *et al.* 2000, Warren *et al.* 2000). Plantas hospedeiras com grandes biomassas podem atrair mais insetos e serem conseqüentemente mais danificadas (Hunter 1992, Marques *et al.* 2000, Warren *et al.* 2000).

A relação entre a preferência de oviposição e a performance larval é um dos pontos centrais que contribuem para o entendimento da evolução das interações entre insetos herbívoros e suas plantas hospedeiras (Thompson & Pellmyr 1991). Esta preferência se aplica às escolhas de oviposição entre espécies de plantas, entre indivíduos de uma mesma população e entre partes de uma mesma planta (Thompson & Pellmyr 1991).

Baseado na Hipótese da performance-preferência, Price (1991) propôs a Hipótese do Vigor das Plantas (HPV) a qual prevê que plantas ou suas partes mais vigorosas são preferencialmente selecionadas pelos herbívoros, por proporcionarem maior/melhor performance larval para a prole (Cornelissen *et al.* 1997, Heisswolf *et al.* 2005). O vigor é entendido como o crescimento de plantas ou módulos de plantas acima do crescimento médio de uma dada população (Price 1991).

Esta relação entre planta hospedeira, seus módulos e insetos herbívoros é interessante de ser estudada em uma planta exótica e invasora de áreas fragmentadas e antropizadas, como a *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. pois fornece dados para a ecologia de interação planta-herbívoro, sobre como a herbivoria é mediada através da distribuição de recursos dentro de uma planta hospedeira invasora.

Na Caatinga, semi-árido brasileiro, *C. procera* apresenta ampla distribuição, com crescimento rápido, e uma arquitetura que facilita este tipo de estudo. De uma única vez, vários ramos brotam em uma mesma planta, e estes ramos são aparentemente vigorosos, mesmo em períodos de estiagem, o que possibilita a amostragem destes ramos. A associação de *C. procera* com diversos insetos herbívoros, e principalmente a elevada abundância das lagartas *Danaus* spp. que são herbívoros especialistas desta planta e o alto índice de herbivoria nestas plantas favorecem o estudo com herbivoria nesta planta. Feito isto, este estudo poderá ser expandido e comparado com outros ecossistemas onde *C. procera* ocorre, uma vez que esta planta é amplamente distribuída.

Sendo assim este estudo teve como objetivo geral testar a Hipótese do Vigor das Plantas em *C. procera* e verificar se ramos que tiverem um crescimento maior que a média dos ramos serão preferencialmente atacados por *Danaus* spp. e por outros insetos herbívoros de vida livre. Além do mais, era esperado que ramos mais vigorosos apresentassem maiores concentrações de NPK, e fossem com isto mais atrativo para os herbívoros. Então, com intuito de verificar se ramos mais vigorosos apresentam maiores concentrações de nutrientes, a qualidade nutricional dos ramos quanto a NPK foi analisada.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido na Unidade Experimental da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) (Figuras 1A-B), no município de Serra, no sertão do estado de Pernambuco a 426Km da cidade de Recife. O clima da região é estacional com uma precipitação anual média de aproximadamente 800mm, concentrada nos meses de janeiro a maio, e temperatura média anual de 26° C com pouca variação mensal (Sampaio, 1995; IBGE, 2000).

A vegetação do local é de Caatinga típica, dominada por uma fisionomia arbórea a arbórea-arbustiva, com vegetação característica da Floresta estacional caducifólia espinhosa – Caatinga arbórea (Ferraz 1994, Ferraz *et al.* 1998). O estrato herbáceo é pouco denso e composto, principalmente, por plantas anuais que crescem apenas na estação chuvosa (Machado *et al.* 1997).

Calotropis procera (Figura 1C) é uma planta ruderal em áreas de pastagens, margens de estradas, terrenos baldios e culturas. Devido à disseminação de sementes pelo vento forma povoamentos consideráveis e de difícil erradicação (Ferreira *et al.* 1973). Esta planta possui uma grande fauna de insetos herbívoros associados, e possui látex, o que a torna menos

palatável ou ainda tóxica para os herbívoros (Brandes 2005). Ainda de acordo com Brandes (2005), *Danaus chrysippus* L. é um dos principais fitófagos que se alimentam de *C. procera* e que driblam os metabólitos com atividade inseticida (Moursy 1997, Salunke *et al.* 2005) e larvicida (Markouk *et al.* 2000). Na defesa contra os herbívoros, o látex tem papel destacado na *C. procera* e nas Asclepiadaceas em geral, mas seus herbívoros específicos apresentam comportamentos especializados para evitar seus efeitos através do comportamento de sabotagem (Lewinsohn & Vasconcelos-Neto 2000) como observado em espécies de *Danaus* spp. (Figuras 1D-G). As lagartas mais jovens fazem cortes circulares nas folhas, e se alimentam do tecido interno somente após o látex ter escorrido. As lagartas mais velhas, que já adquiriram maior resistência ao látex, já se alimentam das margens das folhas (Haribal & Renwick 1998) (Figura 1E). *C. procera* apresenta ampla distribuição no sertão do estado de Pernambuco. Em Serra Talhada, a cultura de pastos e outros produtos de subsistência, e a paisagem local influenciam a distribuição dos indivíduos de *C. procera* que frequentemente formam populações de diferentes tamanhos (J.S.Almeida-Cortez, observação pessoal).

Pelo fato de na área de estudo as plantas *C. procera* estarem distribuídas em manchas, foram selecionadas aleatoriamente manchas populacionais de *C. procera* de tamanhos variados (1, 5, 8, 29, 31, 55, 79, 116 e 172 indivíduos). Em cada mancha, todos os indivíduos de *C. procera* foram marcados, e tiveram suas alturas estimadas com o auxílio de uma trena rígida. Todas as plantas maiores que um metro e com mais de dez ramos foram pré-selecionadas. Destas, cinco plantas foram sorteadas em cada mancha para que fossem coletados de três a seis ramos de cada planta somente após os ramos terem sido enquadrados nas características que os identificassem como ramos jovens (maleabilidade, coloração e lignificação) para que as hipóteses fossem testadas. Os ramos foram etiquetados e transportados em caixas térmicas com gelo para o Laboratório de Ecologia Vegetal-CCB-UFPE e armazenados no freezer para posteriores análises.

Para testar a HVP todos os ramos foram medidos e tiveram suas folhas analisadas por um programa de imagens (Image Tool[®] 1.1) quanto as áreas foliares total e áreas foliares perdidas para que a porcentagem de herbivoria fosse estimada. Consideramos como medida para a herbivoria o percentual de área foliar consumida no ramo pelos fitófagos. O percentual de herbivoria no ramo foi dividido pelo tamanho do ramo, para que com isto obtivéssemos a herbivoria por cm. Este dado de herbivoria/cm é que foi relacionado com o tamanho dos ramos.

Após a verificação da normalidade dos dados, a HVP foi testada por mancha através de Regressão Linear Simples utilizando o programa Statistica 6.0 (Zar, 1984).

Para o teste nutricional dos ramos verificamos as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) por serem importantes no desenvolvimento de insetos herbívoros como desenvolvimento larval acelerado, palatabilidade da folha e agirem em níveis de defesa da planta por exemplo (Carmo & Penedo, 2004). Assim, 118 ramos pertencentes as manchas contendo 1, 55, 79 e 172 indivíduos foram analisadas. Estas manchas foram selecionadas para análise dos ramos de suas plantas por representarem manchas isoladas, médias e grandes. As análises de NPK foram feitas após digestão sulfúrico-perclórica de sub-amostras de acordo com o Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes - EMBRAPA (1990) no Laboratório de Fertilização de Solos, no Departamento de Energia Nuclear-UFPE.

Resultados

Os resultados para a HVP mostraram que houve uma relação positiva significativamente entre tamanho do módulo e porcentagem de herbivoria nas manchas contendo 31 indivíduos ($F = 22,3$, $r^2 = 0,48$ e $p < 0,05$), 55 indivíduos ($F = 56,22$, $r^2 = 0,72$ e $p < 0,05$), 116 indivíduos ($F = 170,7$, $r^2 = 0,83$ e $p < 0,05$) e 172 indivíduos ($F = 285,2$, $r^2 = 0,89$ e $p < 0,05$), ou seja, ramos maiores foram mais atacados pelos herbívoros. Já nas manchas com 29 indivíduos ($F = 120,5$, $r^2 = -0,82$ e $p < 0,05$) e 79 ($F = 26,6$, $r^2 = -0,46$ e $p < 0,05$) indivíduos houve um relação negativa significativamente entre tamanho dos módulos e porcentagem de herbivoria. Nestas manchas, os ramos menores foram mais atacados do que ramos maiores (Figuras 2A, 2B, 2C, 2D e 2E). Nas manchas contendo 1, 5 e 8 indivíduos a HVP foi refutada ($p > 0,05$). Nestes indivíduos não há variação na preferência dos herbívoros de acordo com o tamanho dos ramos (Tabela 1).

Quando a concentração de NPK foi relacionada com o tamanho dos módulos, vimos que a herbivoria por *Danaus* spp. e possivelmente por outros herbívoros de vida livre nos ramos de *C. procera* apresentou uma relação positiva com a quantidade de nitrogênio e potássio nestes ramos (Figura 6A e 6B, Tabelas 2 e 3). Na mancha com 55 indivíduos houve relação positiva significativamente entre o tamanho do ramo e a concentração de nitrogênio ($F = 61,23$, $r^2 = 0,81$, $p < 0,05$) e potássio ($F = 45,11$, $r^2 = 0,77$, $p < 0,05$) (Figura 3A-B, Tabelas 2 e 3). Na mancha com 79 indivíduos, houve uma relação significativamente negativa entre o tamanho dos ramos e a concentração de nitrogênio ($F = 32,2$, $r^2 = 0,64$, $p < 0,05$) e potássio ($r = -0,62$, $p < 0,05$) (Figura 4A-B, Tabelas 2 e 3). Na mancha com 172 indivíduos houve relação significativamente positiva entre o tamanho do ramo e a concentração de potássio ($F = 11,7$, $r^2 = 0,40$, $p < 0,05$) e nitrogênio ($F = 33,45$, $r^2 = 0,71$, $p < 0,05$) (Figura 5A-B, Tabelas 2

e 3). A curva do gráfico potássio *versus* tamanho dos ramos foi ajustada. Observamos que nas manchas com 29 e 79 indivíduos os ramos menores foram mais abundantes do que nas outras manchas (Figuras 2C-D).

Discussão

A HVP foi corroborada nas manchas contendo 31, 55, 116 e 172 indivíduos de *C. procera*. Martinez *et al.* (2005) demonstraram que plantas distribuídas em manchas maiores, e estas plantas em rápido crescimento são mais atacadas por herbívoros. Muitos estudos demonstraram a preferência de insetos atacarem ramos maiores e mais vigorosos (Fritz *et al.* 2003), com maior frequência que ramos menores (e.g., Price *et al.* 1987, Price *et al.* 1989, Craig *et al.* 1996, Faria & Fernandes 1997, Faria *et al.* 1997, Madeira *et al.* 1997, Faria & Fernandes 2001, Fritz *et al.* 2003, Heisswolf *et al.* 2005). Santos *et al.* (2008) ao estudarem a preferência de oviposição de *Schizomyia macrocapillata* (Cecidiomyiidae) em ramos vigorosos de *Bauhinia brevipes* (Leguminosae) viram que módulos maiores são preferencialmente escolhidos pelo inseto galhador.

Nas manchas onde houve uma relação negativa entre tamanho dos módulos e herbivoria (nas manchas contendo 29 e 79 indivíduos) (Figuras 2A e 2D respectivamente) observa-se perturbações por atividades humanas, e a presença de árvores e arbustos nativos da Caatinga. A mancha com 29 indivíduos é utilizada para atividades de agricultura. As plantas de *C. procera* crescem junto com o pasto e são frequentemente cortadas, e algumas vezes queimadas. Estas plantas estão submetidas a estresses causados pelo fogo e corte, quando comparadas com as plantas das manchas que não sofrem nenhum tipo de perturbação resultante da atividade humana. Já na mancha com 79 indivíduos, as plantas de *C. procera* há outras espécies de arbustos e árvores nativos da Caatinga. Com isso, por serem frequentemente cortadas, queimadas, e estarem competindo por espaço, nutrientes e algumas vezes, quando sombreadas, competem por luz, estas plantas estão supostamente em altos níveis de estresse. A mancha com 79 indivíduos apresentaram módulos pequenos quando comparadas as outras manchas (Figura 2D). Plantas quando submetidas a estresses ambientais produzem módulos estressados, menores e com diferentes padrões de defesa e de nutrientes e quando comparadas com indivíduos em ambientes livres de estresse. A Hipótese do Estresse das Plantas (White, 1993) propõe que plantas quando submetidas a uma mudança ambiental

tornam-se mais susceptíveis ao ataque de herbívoros. Pesquisadores sugerem que o padrão de altos ataques em plantas estressadas é uma combinação da alta qualidade nutricional e baixos níveis de defesa (White 1969, Price 1991, White 1993, Cobb *et al.* 1997, Scheiers *et al.* 2000, Scheiers & De Bruyn, 2005). Quando plantas são submetidas a estresse modificam seu metabolismo e suas estratégias de alocação de recursos. Seus ramos tornam-se mais palatáveis, com mais nutrientes e menos defesa, o que facilita o ataque dos herbívoros (Bazzaz *et al.* 1987, Björkman 1998).

Segundo Cornelissen *et al.* (1997), e Price (1991) o Estresse das plantas e o Vigor da plantas podem ser considerados opostos num *continuum* de estratégias de ataque pelos herbívoros. Alguns podem preferir e ter melhor performance em módulos vigorosos e outros em módulos estressados. Pois nas duas situações a qualidade nutricional dos módulos é aumentada Isto explicaria o porquê de alguns herbívoros se alimentarem em ramos vigorosos e outros em ramos estressados.

A herbivoria em indivíduos de *C. procera* apresentou uma relação positiva com as concentrações de nitrogênio e potássio nos ramos (Figura 6A-B, Tabela 3). Isso pode ser explicado pois a alta concentração de potássio nas folhas pode estar relacionado ao acúmulo de água nos vacúolos, o que torna a folha mais succulenta para os herbívoros (Von Willert *et al.* 1992, Cornelissen *et al.* 1997). E também elevadas concentrações de nitrogênio na planta podem levar a um menor tempo de desenvolvimento larval dos insetos que se alimentaram nestas plantas (Kerpel *et al.* 2006). McNeil & Southwood (1978), Mattson (1980), Hunter (1992), Obermaier e Zwölfer (1999) e Heisswolf *et al.* (2005) afirmam que a qualidade nutricional da planta é um fator responsável pela preferência dos herbívoros, sendo a herbivoria maior em plantas ou suas partes mais nutritivas. Jonas & Joern (2005) em seu trabalho com preferência alimentar de insetos da ordem Orthoptera, observaram que a qualidade da planta pode influenciar nos níveis de herbivoria. Quando a qualidade nutricional da planta aumentava, a presença de *Melanoplus bivittatus* (Acrididae) aumentava e a herbivoria era maior. Heisswolf *et al.* (2005) mostraram que a preferência de oviposição das fêmeas de *Cassida canaliculata* (Coleoptera) por módulos maiores de *Salvia pratensis* (Lamiaceae) se dá pela qualidade nutricional dos ramos. Makhabu *et al.* (2006) sugerem em seu trabalho com plantas da Savana Africana que ramos vigorosos possuem mais nutrientes do que ramos menos vigorosos. Barrett & Stilling (2006) mostraram que a distribuição de insetos herbívoros está primariamente relacionada com os níveis de nutrientes das suas plantas hospedeiras. Plantas com maiores concentrações de nitrogênio tiveram maiores abundâncias de insetos minadores.

Neste presente estudo na mancha com 79 indivíduos onde os ramos menores são mais comidos, há mais nitrogênio. Nas manchas com 55 e 172 indivíduos onde os ramos maiores são mais comidos, há maiores concentrações de nitrogênio. O mesmo ocorre com o potássio (Tabela 3). Estes resultados para nitrogênio corroboram com o que foi afirmado por White (1978), McNeil e Southwood (1978), Mattson (1980) e Stilling & Moon (2005) que argumentam que a quantidade de nitrogênio foliar é um dos fatores responsáveis pela herbivoria em determinadas partes da planta. Obermaier & Zwölfer, 1999 afirmaram que o nitrogênio foliar total de plantas, que no seu estudo foram da família Asteraceae, é fundamental para maiores desenvolvimentos larvais. Price (1991) publicou que as fêmeas dos herbívoros preferem ovipositar em plantas hospedeiras com alta qualidade nutricional para garantir, com isso, um bom desenvolvimento larval.

Os resultados deste trabalho mostram que em *C. procera* as lagartas e possivelmente outro indivíduos de vida livre, conseguem perceber mudanças nutricionais entre os módulos de uma mesma planta. Quando os módulos maiores apresentam mais nutrientes, eles se alimentam destes. Quando os módulos menores possuem mais nutrientes, elas se alimentam destes. Lagartas em fase de crescimento, como é o caso das *Danaus* spp. neste trabalho, têm altas necessidades protéicas (Gullan & Crastron 1994), isso justifica o fato das lagartas se alimentarem em módulos com maiores quantidades de nitrogênio e fósforo. Sheiers *et al.* (2000) e Mayhew (2001) ao estudarem preferência de oviposição de insetos herbívoros afirmam que borboletas escolhem a planta hospedeira onde deixará seus ovos, dando preferência à planta que aumente o “fitness” das larvas. Segundo Ladner & Altizer (2005) as borboletas monarca (*Danaus plexippus*) têm preferências de oviposição em plantas *Asclepias*, dentro de uma mesma população, que aumentem a performance larval. As autoras ainda sugeram que variações genéticas, ou traços maternos é que governam esta escolha.

Aparentemente as lagartas *Danaus* spp. conseguem diferenciar os módulos em crescimento rápido, mais vigorosos e com mais nutrientes dentro de uma mesma planta, corroborando assim a Hipótese do Vigor das Plantas (Price 1991). As lagartas *Danaus* spp. conseguem ainda perceber a alta qualidades nutricional de módulos menores de plantas estressadas. Este comportamento de mudança de estratégia alimentar corrobora com os resultados encontrados por Cornelissem *et al.* (1997); Price (1997); Cornelissem *et al.* (2001).

As lagartas *Danaus* spp. aparentemente fazem parte dos herbívoros que têm estratégias alimentares opostas e dependendo da situação em que se encontram modificam suas preferências alimentares, ora se alimentando em ramos vigorosos, ora se alimentando em ramos estressados, para melhorar sua performance.

Concluí-se com este trabalho que a herbivoria em indivíduos de *C. procera* na área do estudo é mediada pela qualidade nutricional dos ramos, e que dependendo da situação em que a planta se encontre, pode ser em ramos maiores e menores. Neste trabalho, pode-se concluir que as Hipóteses do vigor da planta e do estresse da planta, são duas estratégias opostas, dentro de um *continuum* de estratégias alimentares utilizadas pelos herbívoros que se alimentam de *C. procera*.

Agradecimentos: Agradecemos à PROCAD/CAPES (processo número 0166057) pelo financiamento do projeto, ao CNPq pela bolsa de mestrado, à UFRPE e ao IPA de Serra Talhada pelo apoio logístico, aos professores Rômulo Menezes e Ignácio Salcedo pelo apoio nas análises nutricionais, ao Laboratório de Fertilização dos Solos, Departamento de Energia Nuclear, pelo material utilizado nas análises.

Referências bibliográficas

- ARAÚJO, A.P., CARNEIRO, M.A.A. & FERNANDES, G.W. 2003. Efeitos do sexo, do vigor e do tamanho da planta hospedeira sobre a distribuição de insetos indutores de galhas em *Baccharis pseudomyriocephala* Teodoro (Asteraceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 47, 483-490.
- BARRETT, M.A. & STILING, P. 2006. Relationship among Key deer, insect herbivores, and plant quality. *Journal Ecological Research*, 22, 268-273.
- BAZZAZ, F.A., CHIARIELLO, N.R., COLEY, P.D. & PITELKA, L.F. 1987. Allocating resources to reproduction and defense. *BioScience*, 37, 58-67.
- BJÖRKMAN, C. 1998. Opposite, linear and non-linear effects of plant stress on a galling aphid. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13, 177-183.
- BRANDES, D. 2005. *Calotropis procera* on Fuerteventura in: <http://qwww.biblio.tubs.de/geobot/fuerte.html>.
- COBB, N.S., MOPPER, S., GEHRING, C.A., CAOQUETTE, M., CHRISTENSEN, K.M. & WHITHAM, T.G. 1997. Increased moth herbivory associated with environmental stress of pinyon pine at local and regional levels. *Oecologia*, 109, 389-397.
- CORNELISSEN, T.G. & FERNANDES, G.W. 2001. Patterns of attack by herbivores on the tropical shrub *Bauhinia brevipes* (Leguminosae): vigour or chance? *European Journal of Entomology*, 98, 37-40.
- CORNELISSEN, T.G., MADEIRA, B.G., ALLAIN, L.R.A., LARA, C.F., ARAÚJO, L.M. & FERNANDES, G.W. 1997. Multiple responses of insect herbivores to plant vigor. *Ciência & Cultura* 49, 285-288.
- DHILEEPHAN, K. 2004. The applicability of the plant vigor and resource regulation hypotheses in explaining *Epiblema* gall moth– *Parthenium* weed interactions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 113, 63–70.
- EBELING, S.K.; HENSEN, I.; AUGÉ, H. 2008. Genetic differences in growth of an invasive tree species. *Diversity and Distributions*, 4, 225-233.
- ESPÍRITO-SANTO, M.M. & FERNANDES, G.W. 1998. Abundance of *Neopelma baccharidis* (Homóptera: Psyllidae) galls on the dioecious shrub *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). *Environmental Entomology*, 27, 870-876.
- FARIA, M.L. & FERNANDES, G.W. (1997). A test of plant vigor hypothesis: A fact or an artifact? In: (Cornelissen, T.G., Madeira, B.G., Allain, L.R. A., Lara, C.F., Araújo, L.M. &

- Fernandes, G.W. 1997). Multiple responses of insect herbivores to plant vigor. *Ciência & Cultura* 49, 285-288.
- FARIA, M.L. & FERNANDES, G.W. 2001. Vigour of a dioecious shrub and attack by a galling herbivore. *Ecological Entomology*, 26, 37-45.
- FARIA, M.L., GREELE, C.E.V., MENDONÇA-FILHO, C.V. & FERNANDES, G.W. 1997. Module selection by a scarabaeidae beetle on *Erythroxylum suberosum* in Serra do Cipó, Minas Gerais, Brazil. *Ecotropicos*, 10, 29-32.
- FERRAZ, E.M.N.; RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. ; PEREIRA, R.C.A. 1998. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. *Revista Brasileira de Botânica* 21, 17-15.
- FERRAZ, E.M.N. 1994. Variação florística e vegetacional na Região do Pajeú, Pernambuco. Recife: 197p. Dissertação de Mestrado Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- FRITZ, R.S., CRABB, B.A. & HOCHWENDER, C.G. 2000. Preference and performance of a gall-inducing sawfly: a test of the plant vigor hypothesis. *Oikos*, 89, 555-563.
- FRITZ, R.S., CRABB, B.A. AND HOCHWENDER, C.G. 2003. Preference and performance of a gall-inducing sawfly: plant vigor, sex, gall traits and phenology. *Oikos*, 102, 601-613.
- GULLAN, P.J. & CRANSTON, P.J. 1994. The insects: an outline of entomology. Chapman & Hall, 491p.
- HARIBAL, M. & RENWICK, A.A. 1998. Identification and distribution of oviposition stimulants for monarch butterflies in host and nonhost. *Journal of Chemical Ecology*, 24, 891-904.
- HEISSWOLF, A., OBERMAIER, E. & POETHKE, H.J. 2005. Selection of large host plants for oviposition by a monophagous leaf beetle: nutritional quality or enemy-free space? *Ecological Entomology*, 30, 299-306.
- HUNTER, M.D. 1992. Interactions within herbivore communities mediated by the host plant: the keystone herbivore concept. In: M. D. Hunter, T. Ohgushi and P. W. Price(eds.), *Effects of Resource Distribution on Animal-Plant Interactions* p. 287-325. Academic Press, San Diego.
- IBGE. 2000. Atlas Nacional do Brasil: Região Nordeste. Rio de Janeiro, IBGE.
- LADNER, D.T. & ALTIZER, S. 2006. Drought stress differentially affects leaf-mining species. *Ecological Entomology*, 31, 460-469.

- LEGER, E.A. & RICE, K.J. 2003. Invasive California poppies (*Eschscholzia californica*) grow larger than native individuals under reduced competition. *Ecology Letters*, 6, 257-264.
- LEIMU, R., RIPI, M. & STAERK, D. 2005. Food preference and performance of the larvae of a specialist herbivore; variation among and within host-plant population. *Acta Oecologia*, 28, 325-330.
- LEWINSON, T.M. & VASCONCELOS-NETO, J. 2000. Como insetos sabotam defesas de plantas: o caso do látex. p.281-298. In: (Martins, R.P., LEwinson, T.M. & Barbeitos, M.S., eds). *Ecologia e comportamento de insetos. Série Oecologia Brasiliensis*, v. VIII. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.
- MACHADO, I.C. ; BARROS, L.M. ; SAMPAIO, E.V.S.B. 1997. Phenology of Caatinga Species In Serra Talhada, PE, Brazil. *Biotropica*, 29, 57-68.
- MADEIRA, B.G., CORNELISSEN, T.G., FARIA, L.P & FERNANDES, G.W. 1997. Insect herbivore preference for plant sex and modules in *Baccharis concinna* (Asteraceae). In: (Raman, A., ed.), *Ecology and evolution of plant-feeding insects in natural and man-made environments*. p 135-143. International Scientific Publications, New Delhi.
- MANUAL DE ANALISES QUÍMICAS DE SOLO, PLANTAS E FERTILIZANTES / Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária (1990). Fábio César da Silva (ed.)—Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia. 370p.
- MAKHABU, S.W.; SKARPE, C.; HYTTEBORN, H.; MPOFU, Z.D. 2006. The plant vigour hypothesis revisited – how is browsing by ungulates and elephant related to woody species growth rate? *Plant Ecology*, 184, 163-172.
- MARKOUK, M., BEKKOUCHE, K., LARHSINI, M., BOUSAID, M. LAZREK, H.M. & JANA, M. 2000. Evaluation of some Moroccan medicinal plants extract for larvicidal activity. *Journal Ethnopharmacological*, 73, 293-297.
- MARQUES, E.S.A., PRICE, P.W. & COBB, N.S. 2000. Resource abundance and insect herbivore diversity on woody Fabaceous desert plants. *Environment Entomology*, 29, 696–70.
- MARTINEZ, J.J.I., MOKADY, O. & WOOL, D. 2005. Patch size and patch quality of gall inducing aphids in a mosaic landscape in Israel. *Springer*, 20, 1913-1024.
- MATTSON, W.J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review Ecology and Systematics*, 11, 119-161.
- MAYHEW, P.J. 2001. Herbivore host choice and optimal bad motherhood. *Trends in Ecology & Evolution*, 16, 165-167.

- MCNEILL, S. & SOUTHWOOD, T.R.E. 1978. The role of nitrogen in the development of insect/plant relationships. In: (J.B. Harbone, ed.). Biochemical aspects of plant and animal coevolution. p. 77-98. Academic Press, New York.
- MOURSY, L.E. 1997. Insecticidal activity of *Calotropis procera* extract on the Fleas, *Sarcophaga haemorrhoidalis* fallen. Journal of the Egyptian Society of Parasitology, 2, 505-514.
- OBERMAIER, E. & ZWÖFLER, H. 1999. Plant quality or quantity? Host exploitation strategies in tree Chrysomelidae species associated with Asteraceae host plants. Entomologia experimentalis et applicata, 92, 165-177.
- PRICE, P. W., FERNANDES, G. W. & WARING, G. L. 1987. Adaptive nature of insect galls. Environment Entomology, 16, 15–24.
- PRICE, P.W. 1989. Clonal development of coyote willow, *Salix exigua* (Salicaceae), and attack by the shoot-galling sawfly, *Euura exiguae* (Hymenoptera: Tenthredinidae). Environmental Entomology, 18, 61–68.
- PRICE, P.W. 1991. The plant vigour hypothesis and herbivore attack. Oikos, 62, 244-251.
- SALUNKE, B.K., KOTKAR, H.M. MENDIKI, P.S. 2005. Efficacy of flavonoids in controlling *Callosobruchus chinensis* (L) (Coleoptera: Bruchidae), a post-harvest pest of grain legumes. Crop protection, 24, 888-893.
- SAMPAIO, E.V.S.B. 1995 Overview of the Brazilian Caatinga. In: (S.H. Bullock, H.A. Mooney & E. Medina, eds.). Seasonally Dry Tropical Forests, p. 35-63. Cambridge Univ. Press, N.Y.
- SANTOS J.C., SILVEIRA, F.A.O. & FERNANDES, G.W. 2008. Long term oviposition preference and larval performance of *Schizomyia macrocapillata* (Diptera: Cecidomyiidae) on larger shoots of its host plant *Bauhinia brevipes* (Fabaceae). Evolutionary Ecology, 22, 123-137.
- SCHEIRS, J., DE BRUYN, L. & VERHAGEN, R. 2000. Optimization of adult performance determines host choice in a grass miner. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 267, 2065–2069.
- SCHEIERS, J. & DE BRUYN, L. 2005. Plant-mediated effects of drought stress on host preference and performance of a grass miner. Oikos, 108, 371-385.
- SHIOJIRI, K., TAKABAYASHI, J., YANO, S. & TAKAFUJI, A. 2002. Oviposition preferences of herbivores are affected by tritrophic interaction webs. Ecology Letters, 5, 186–192.

- SIEMANN, E. & ROGERS, W.E. 2001. Genetic differences in growth of an invasive tree species. *Ecology Letters*, 4, 524-518.
- STILING, P. & MOON, D.C. 2005. Quality or quantity: the direct and indirect effects of host plants on herbivores and their natural enemies. *Oecologia*, 142, 413-420.
- SOLER, R., BEZEMER, T.M., VAN DER PUTTEN, W.H., VET, L.E.M. & HARVEY, J.A. 2005. Root herbivores effects on above-ground herbivore, parasitoid and hyperparasitoid performance via changes in plant quality. *Journal of Animal Ecology*, 74, 1121-1130.
- SOLER, R., BEZEMER, T.M., VAN DER PUTTEN, W.H., VET, L.E.M. & HARVEY, J.A. 2007. Impact of foliar herbivory on the development of a root-feeding insect and its parasitoid. *Oecologia*, 152, 257-264.
- THOMAS, R.L., SHEARD, R.W. & MOYER, J.R. 1967 Comparison of conventional and automated procedures for nitrogen, phosphorus and potassium analysis of plant material using single digest. *Agronomy Journal*, 59, 240-243.
- THOMPSON, J.N. & PELLMYR, O. 1991. Evolution of oviposition behavior and host preference in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 36, 65-89.
- ULCHÔA, N., ALMEIDA-CORTEZ, J.S. & FERNANDES, G.W. 2007. Uma estranha na paisagem. *Ciência Hoje*, 41, 70-73.
- WHEELER, G.S. & VAN, T.K. 1998. Herbivore adaptations to low-nutrients food: weed biological control specialist *Spodoptera pectinicornis* (Lepidoptera – Noctuidae) fed the floating aquatic plant *Pistia stratiotes*. *Environmental Entomology*, 27, 997-1000.
- WILLIS, A.J. & BLOSSEY, B. 1999. Beginin environments do not explain the increased vigour of non-indigenous plants: a cross continental transplant experiment. *Biocontrol science and Thecnology*, 9, 567-577.
- WHITE, T.C.R. 1969. An index to measure weather-induced stress of trees associated with outbreaks of psyllids in Australia. *Ecology*, 50, 905-909.
- WHITE, T.C.R. 1978. The importance of a relative shortage of food in animal ecology. *Oecologia*, 33, 71-86.
- WHITE, T.C.R. 1993. *The inadequate environment*. Springer. New York. outbreaks of psyllids in Australia. *Ecology*, 50, 905-909.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prantice-Hall. New Jersey.

Tabela 1: Resultado dos testes da Hipótese do Vigor das Plantas por mancha com indivíduos de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE.

Tamanho da mancha	r^2	p	HVP (corroborada ou refutada)
1	*	>0,05	sem efeito (refutada)
5	*	>0,05	sem efeito (refutada)
8	*	>0,05	sem efeito (refutada)
29	-0,68	<0,0001	relação negativa (refutada)
31	0,17	<0,05	relação positiva (corroborada)
55	0,22	<0,01	relação positiva (corroborada)
79	-0,22	<0,05	relação negativa (refutada)
116	0,53	<0,0001	relação positiva (corroborada)
172	0,88	<0,0001	relação positiva (corroborada)

Tabela 2: Teor dos nutrientes (NPK) pelo tamanho dos ramos em manchas populacionais de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE.

Tamanho da Mancha	N (mg/g)		P (mg/kg)		K (mg/kg)	
	r^2	p	r^2	p	r^2	p
1	*	>0,05	*	>0,05	*	>0,05
55	0,81	<0,0001	0,11	>0,05	0,77	<0,01
79	0,64	<0,0001	0,00001	>0,05	0,62	<0,05
172	0,71	<0,01	0,03	>0,05	0,40	<0,01

Tabela 3: Relação entre porcentagem de herbivoria por tamanho dos ramos (cm), nitrogênio, fósforo e potássio por manchas de indivíduos de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE. (+) relacionado positivamente e (-) relacionado negativamente

Mancha	Tamanho dos ramos (cm)	N	P	K
1	Não relacionado	Não relacionado	Relacionado (+)	Não relacionado
5	Não relacionado	x	X	X
8	Não relacionado	x	X	X
29	Relacionado (-)	x	X	X
31	Relacionado (+)	x	X	x
55	Relacionado (+)	Relacionado (+)	Não relacionado	Relacionado (+)
79	Relacionado (-)	Relacionado (+)	Não relacionado	Relacionado (+)
116	Relacionado (+)	x	X	X
172	Relacionado(+)	Relacionado (+)	Não relacionado	Relacionado (+)

Lista de Figuras

Figura 1: Área do estudo: estação do IPA, Serra Talhada-PE na época chuvosa (Seta: indivíduos de *Calotropis procera*) (A); Área do estudo: estação dos IPA, Serra Talhada-PE na época seca (Seta: indivíduo de *Calotropis procera*) (B); Aspecto geral de *Calotropis procera* (C); Borboleta monarca e lagarta *Danaus* sp. em um indivíduo de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE (D); Comportamento alimentar da lagarta adulta de *Danaus* sp. (E); *Danaus* sp. (F); Seta indicando o escoamento do látex de *Calotropis procera* após a retirada de uma folha (G).

Figura 2: Relação entre porcentagem de herbivoria em unidade de centímetro *versus* tamanho dos módulos (cm) em manchas populacionais de *Calotropis procera* em Serra Talhada-PE: mancha com 29 indivíduos (A); mancha com 31 indivíduos (B); mancha com 55 indivíduos (C); mancha com 79 indivíduos PE (D); mancha com 116 indivíduos (E); na mancha com 172 indivíduos (F).

Figura 3: Relação entre a quantidade de nutrientes fósforo e potássio (A); nitrogênio (B) e o tamanho dos ramos dos indivíduos de *Calotropis procera* na mancha com 55 indivíduos em Serra Talhada-PE

Figura 4: Relação entre a quantidade de nutrientes fósforo e potássio (A); nitrogênio (B) e o tamanho dos ramos dos indivíduos de *Calotropis procera* na mancha com 79 indivíduos em Serra Talhada-PE

Figura 5: Relação entre a quantidade de nutrientes fósforo e potássio (A); nitrogênio (B) e o tamanho dos ramos dos indivíduos de *Calotropis procera* na mancha com 172 indivíduos em Serra Talhada-PE

Figura 6: Relação entre a quantidade de nutrientes (N e K) e porcentagem de áreas foliares consumidas pelos herbívoros em plantas *Calotropis procera*, em Serra Talhada-PE: Potássio (A); Nitrogênio (B).

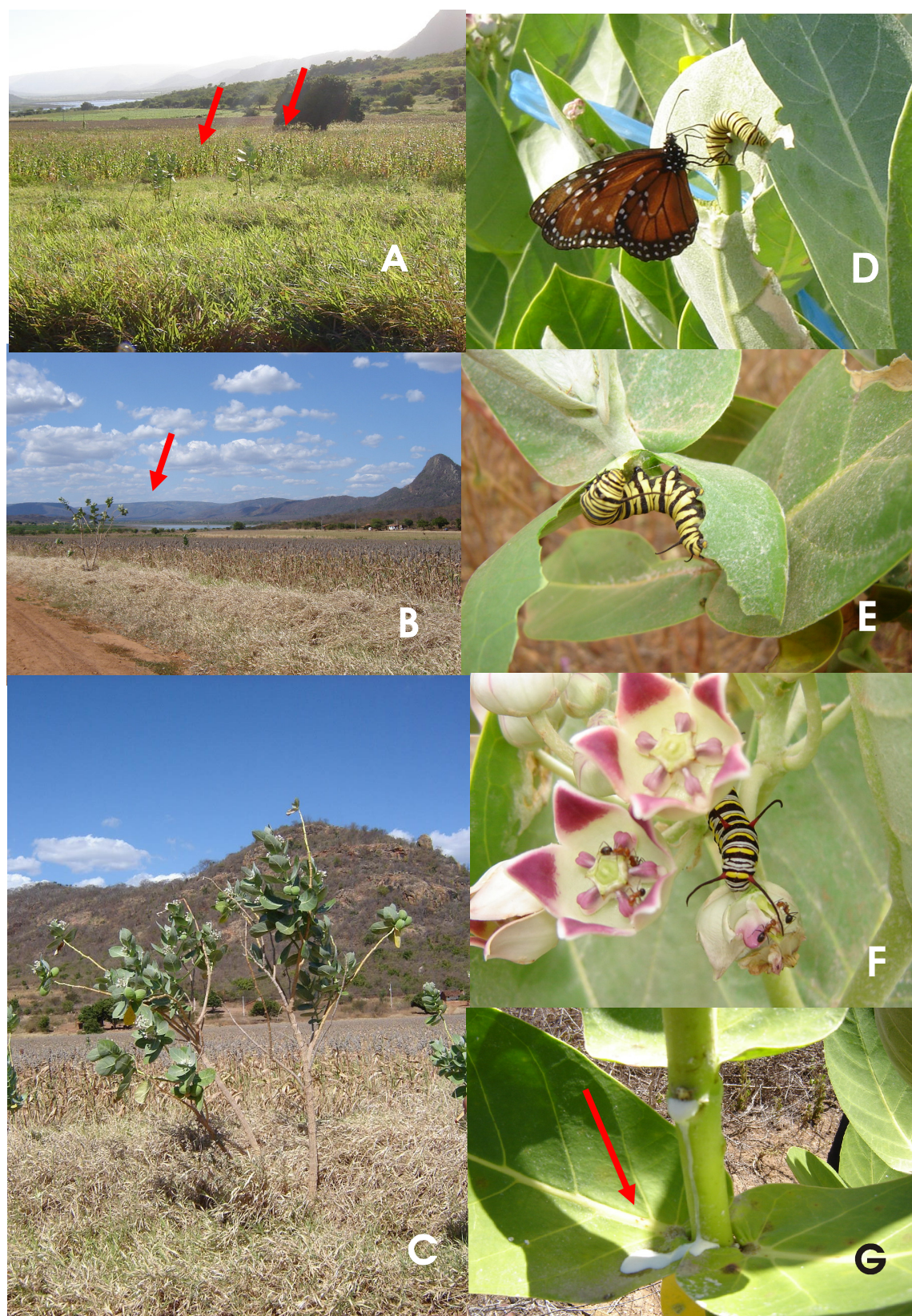


Figura 1

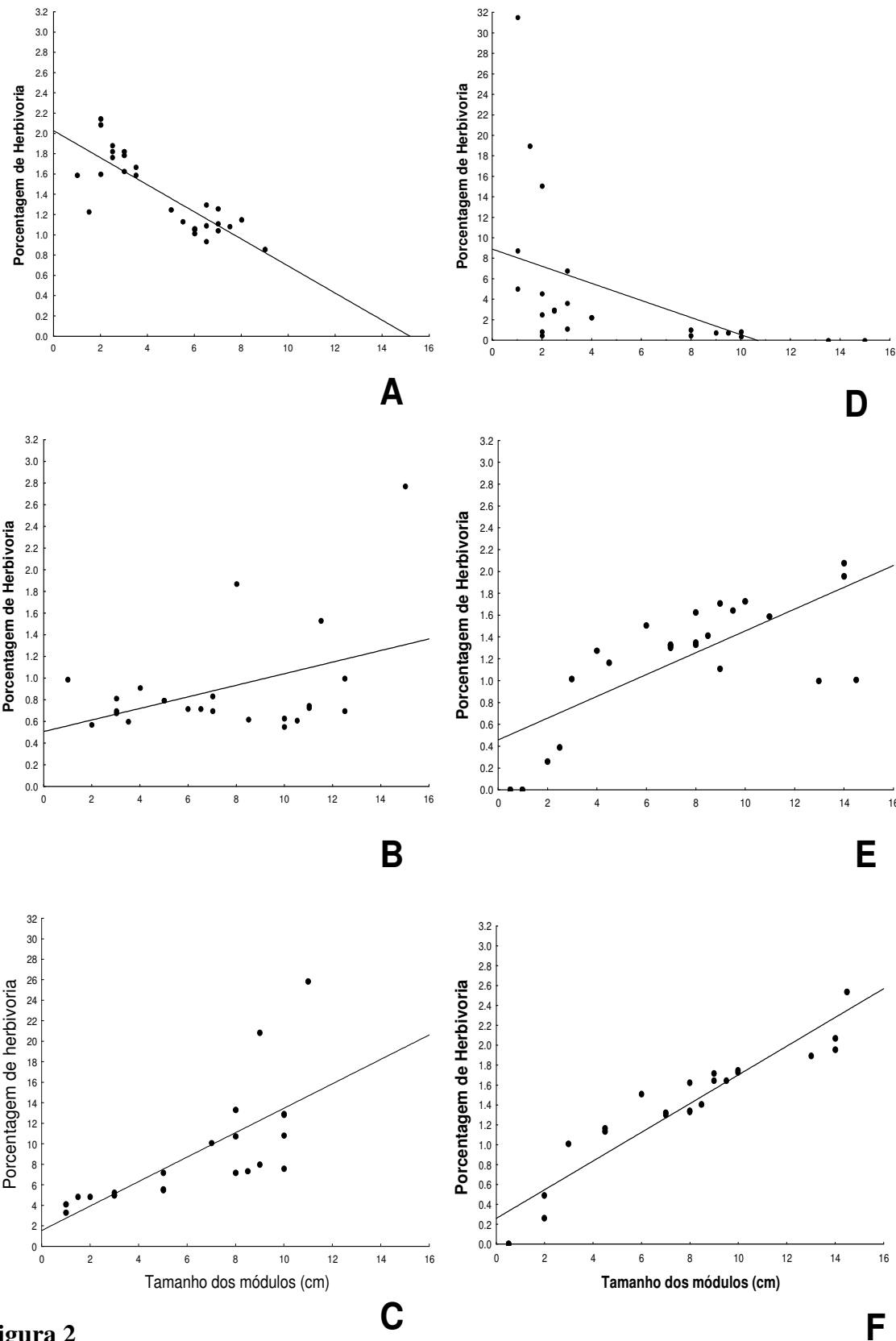
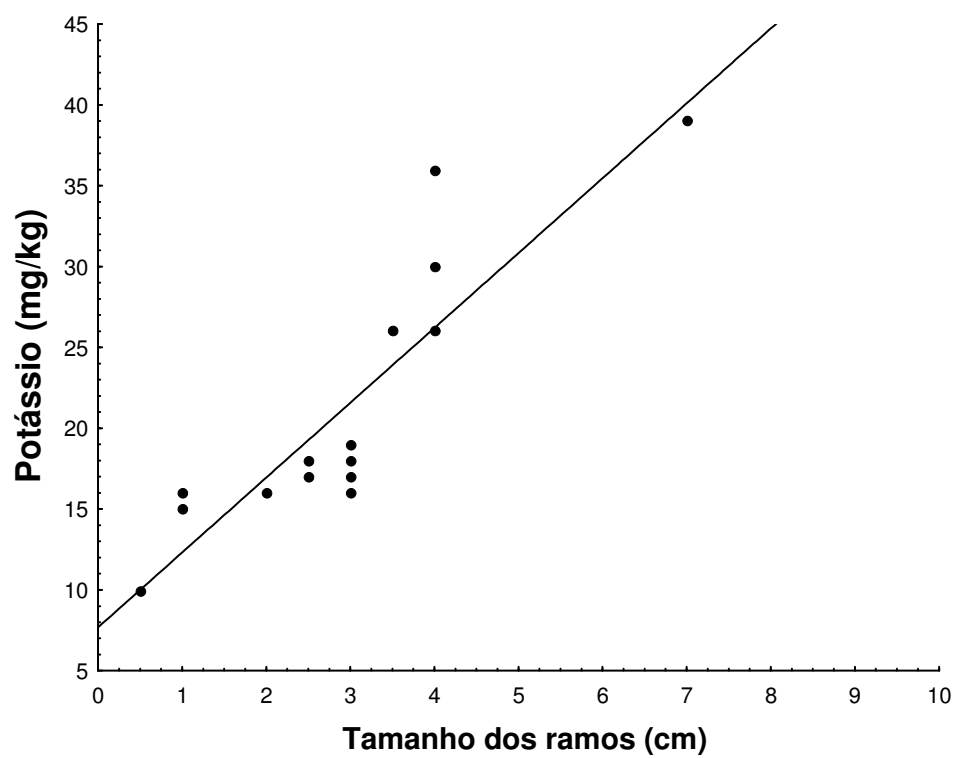
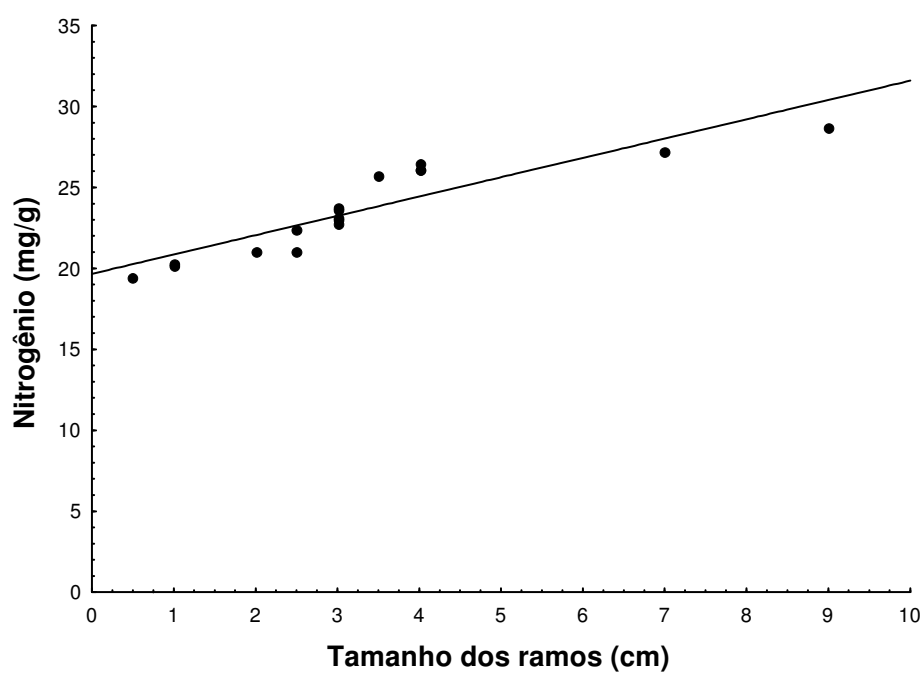
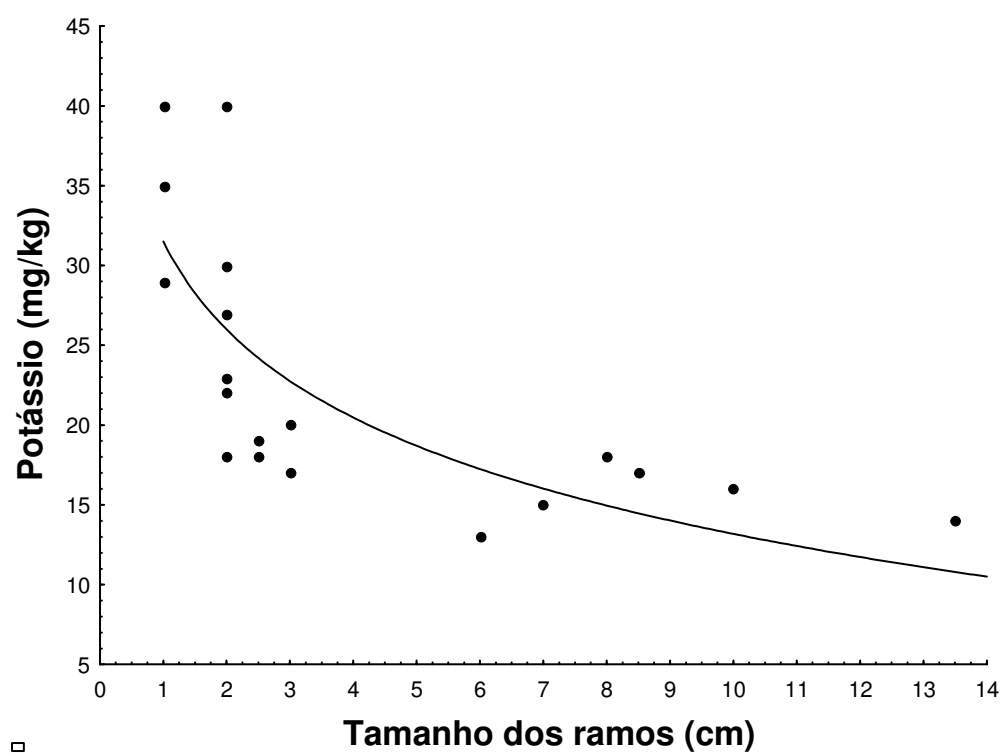
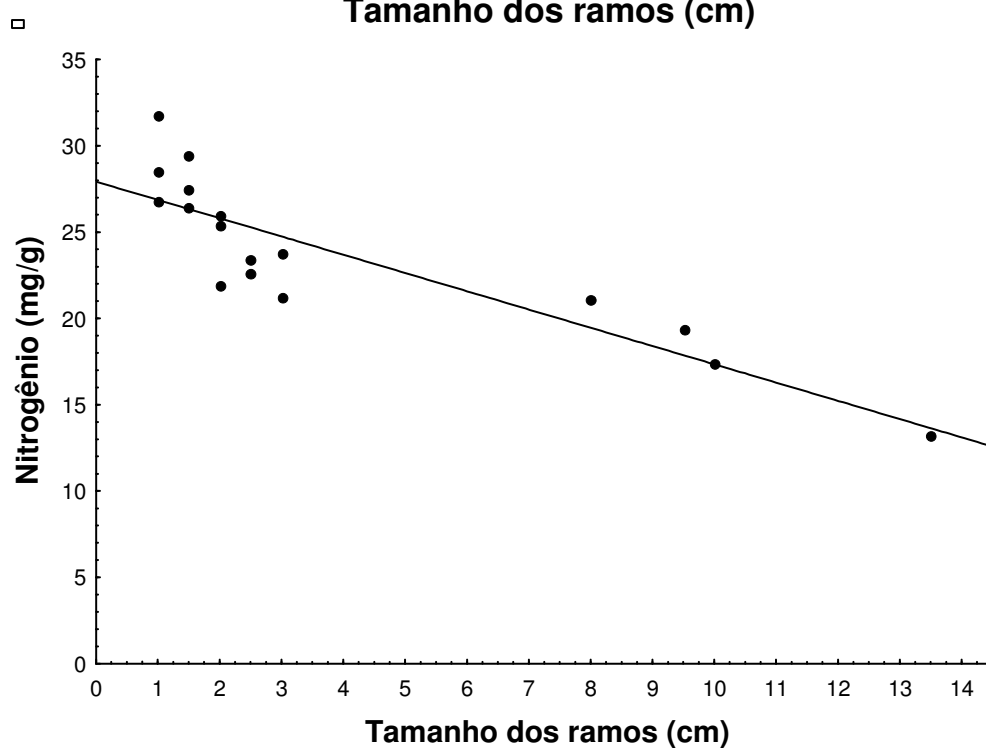
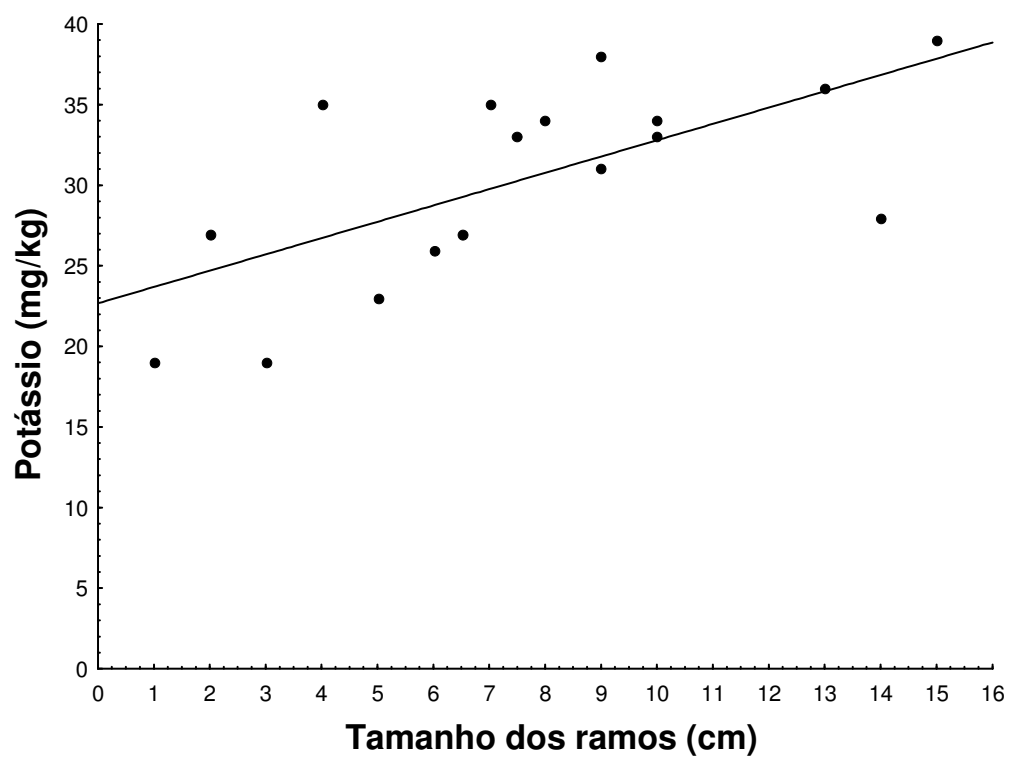
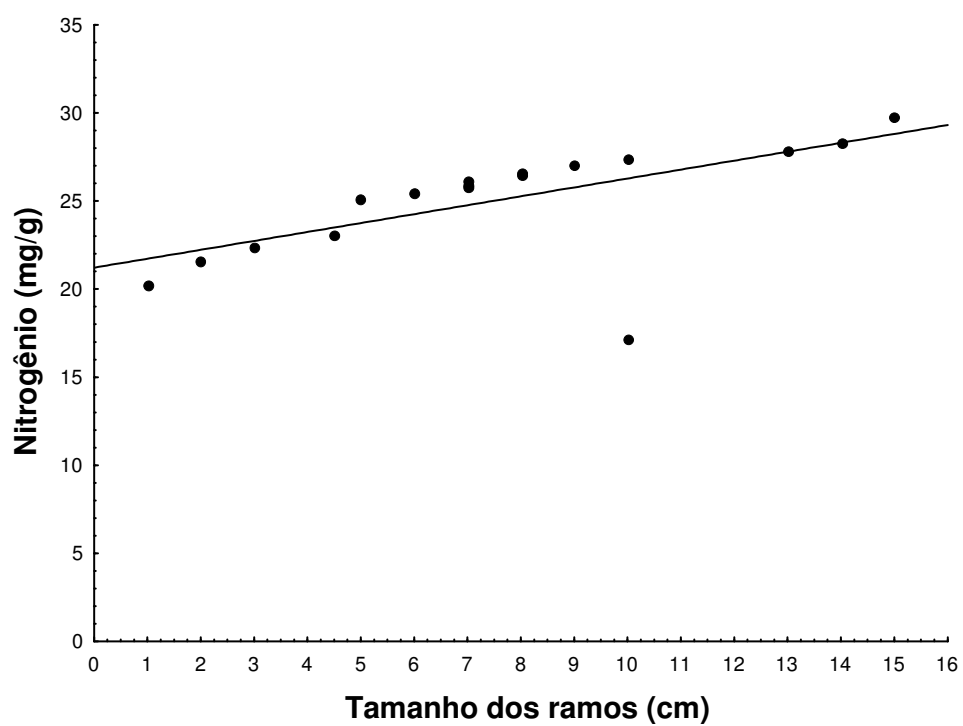
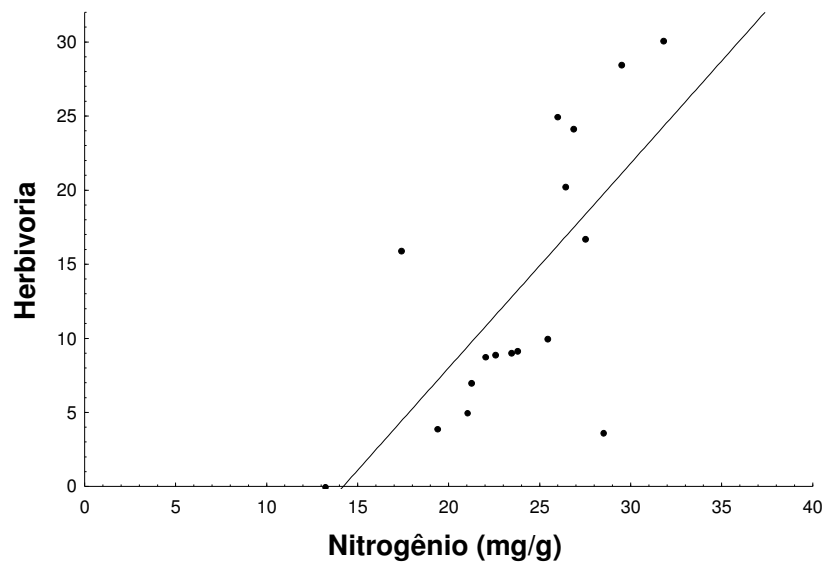
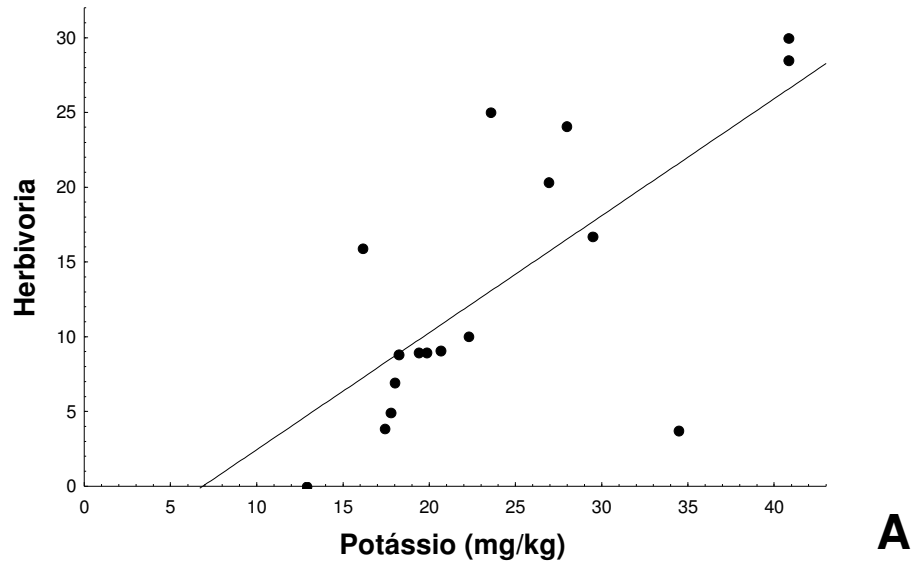


Figura 2

**A****B****Figura 3**

**A****B****Figura 4**

**A****B****Figura 5**

**Figura 6**

Conclusão geral

O estudo da herbivoria, quantidade e qualidade de recursos em *Calotropis procera* em manchas populacionais no semi-árido pernambucano forneceu dados que corroboraram as hipóteses da Distribuição Espacial da Planta Hospedeira, do Tamanho da planta, e do Vigor da planta. Dentre os insetos fitófagos que se alimentam dessa planta, os responsáveis pelas maiores perdas para a herbivoria foram as lagartas *Danaus* spp. que são especialistas desta planta. Concluimos nesta dissertação que a herbivoria foliar em *C. procera* na área de estudo está relacionada com atributos da planta como distribuição espacial, tamanho da planta, densidade populacional e qualidade nutricional. Estudos sobre colonização e dispersão desta planta devem ser feitos, associados com estudos de colonização e extinção das lagartas, e os impactos causados pela planta invasora neste ecossistema. Pois ao contrário de outros problemas biológicos que tendem a amenizar com o tempo, as invasões tendem a piorar. Os estes resultados ajudam a compreender características da planta que favorecem a herbivoria, contribuindo para o entendimento das preferências dos herbívoros de *C. procera* e contribuindo com a Ecologia de Interações Planta-Inseto

Resumo Geral

A invasão biológica representa um desafio à conservação da biodiversidade, pois em muitos dos casos, as invasões resultam na alteração da biodiversidade e funcionamento do ecossistema. Ecossistemas sobre fortes perturbações sejam elas ambientais ou por atividades antrópicas, são mais susceptíveis às invasões biológicas. *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae), uma planta exótica, oriunda dos continentes Asiático e Africano, presente em margens de estradas, pastos e campos de cultura, tem sido observada como planta invasora em ambientes de Cerrado e Caatinga. Esta dissertação resultou em dois manuscritos sobre a relação entre fitófagos especialistas e a planta invasora em uma área de Caatinga pernambucana. O primeiro manuscrito intitulado “Distribuição espacial, tamanho e densidade populacional de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) e efeitos na herbivoria” teve como objetivo testar as seguintes hipóteses: 1) *A Hipótese da distribuição espacial da planta hospedeira (i.e tamanho de mancha)*, que prediz que manchas maiores atraem mais herbívoros que manchas menores, e por isso a herbivoria nestas manchas é maior e, manchas com maiores densidades populacionais atraem um maior número de insetos e por isso são mais atacadas; 2) *Hipótese do tamanho da planta*, prediz que plantas maiores atraem mais herbívoros quando comparadas com plantas menores, por serem mais facilmente encontradas e por possuírem mais recursos (folhas) disponíveis; e 3) *Hipótese da qualidade nutricional do solo*, onde a quantidade de NPK no solo afeta o tamanho da mancha e a herbivoria. O estudo foi realizado em manchas populacionais de diferentes tamanhos (1, 5, 8, 29, 31, 55, 79, 116 e 172 indivíduos de *C. procera*). Análises de NPK do solo foram realizadas a fim de inferir o porquê de algumas manchas terem mais indivíduos que outras, mesmo que estas manchas pareçam ser ideais para a *C. procera*. O segundo manuscrito intitulado “A herbivoria em *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) pode ser influenciada pela quantidade e qualidade dos recursos? Um estudo sobre a Hipótese do Vigor das Plantas” testou a Hipótese do Vigor das Plantas (HPV) a qual prevê que plantas ou suas partes mais vigorosas são selecionadas pelos herbívoros, por proporcionarem maior/melhor performance larval da prole. Este trabalho teve como objetivo verificar se ramos maiores de *C. procera*, que cresceram mais que a média de crescimento dos ramos de uma mesma estação de crescimento são preferencialmente atacados por *Danaus* spp. e por herbívoros de vida livre, por serem mais vigorosos, e apresentarem maior qualidade e quantidade nutricional. Foram coletados ramos de alguns indivíduos de *C. procera*, das mesmas áreas de estudo (manchas), e estes foram analisados quanto o tamanho, herbivoria, e qualidade nutricional. Os resultados do primeiro 76 manuscrito mostraram há uma interação entre tamanho das manchas, tamanho das plantas e densidade populacional das plantas na atração dos insetos e conseqüentemente na herbivoria nas populações de *C. procera*, na área estudada. A quantidade de indivíduos de *C. procera* nas manchas é inversamente proporcional à quantidade de nutrientes do solo. A distribuição de *C. procera* tem uma relação negativa com as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio no solo das manchas. Os resultados do segundo manuscrito mostram que houve uma

relação entre tamanho dos ramos e herbivoria nas manchas de 29, 31, 55, 79, 116 e 17 indivíduos de *C. procera* ($p < 0,05$), porém não houve relação nas manchas menores com 1, 5 e 8 indivíduos ($p > 0,05$). Há uma relação negativa entre tamanho dos ramos e quantidade de nutrientes (i.e. quanto maior os módulos menor a biomassa). Há uma relação positiva entre quantidade de NPK e herbivoria. Os resultados deste trabalho indicam que os herbívoros de *C. procera* percebem ramos em crescimento diferenciado, e com maior qualidade nutricional.

Palavras – chaves: Invasão biológica; Plantas invasoras; Semi-Árido; Herbivoria; Hipótese do tamanho de mancha; Hipótese do vigor das plantas; *danus* spp

Abstract

Biological invasion poses a challenge for biodiversity conservation. Ecosystems suffering strong environmental or anthropic related disturbances are more susceptible to biological invasions. *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae), an alien plant from Asia and Africa that can be seen on road sides, pastures and cultivation camps has been observed as alien plant in Cerrado and Caatinga environments. This dissertation resulted in two manuscripts about the relationship between specialist phytophagous insects and the alien plant in a Caatinga area in the state of Pernambuco, Brazil. The first one, called "Spatial distribution, population size and density of *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) and consequences on herbivory" focused in testing hypothesis that already exist and aim at explaining what are the factors that influence the choice of one host plant by herbivores, therefore testing the following hypothesis: 1) The *host plant spatial distribution hypothesis* (i.e. *patch size*) says that bigger patches attract more herbivores than smaller patches, hence herbivory rates in these patches are bigger and patches with bigger population density attract a larger number of insects and for this reason are more attacked; 2) *Plant size hypothesis* predicts that bigger plants attract more herbivores when compared to smaller plants because the former are easier to find and have more available resources (leafs); and 3) *Soil nutritional quality hypothesis* where the amount of NPK in the soil affects the patch size and herbivory. The study was conducted in different-sized patches (1, 5, 8, 29, 31, 55, 79, 116 and 172 individuals of *C. procera*). Soil's NPK analyses were made to infer the reason why some patches had more individuals than other even when these patches seem ideal for *C. procera*. The second manuscript called "Can herbivory in *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) be affected by the amount and quality of the resources? A study about Plant Vigor Hypothesis" tested this latter hypothesis, which predicts that plants or it's more vigorous parts are selected by herbivores because these parts provide bigger/better larval performance of the breed. The objective of this work was to verify if bigger branches of *C. procera*, that grew more than average growth in a same growth station, are preferentially attacked by *Danaus* spp. and free life herbivores because of their better vigor and bigger nutritional amount and quality. Branches from some *C. procera* individuals from the same study area were collected and size, rate of herbivory and nutritional quality were analyzed. Results in the first manuscript displayed that there is interaction between size of the patches, size of the plants and population density of the plants in the attraction of insects and consequently in the herbivory of *C. procera* populations in the target area. The amount of *C. 78 procera* individuals in the patches is inversely proportional to amount of nutrients in soil. Distribution of *C. procera* has a negative relationship with NPK concentrations in patches. Results in the seconds manuscript exhibited that there was a relationship between branch size and herbivory in patches that had 29, 31, 55, 79, 116 and 172 individual ($p < 0,05$), however in smaller patches with 1, 5 and 8 individual ($p > 0,05$) this relation did not exist. There is a negative relationship between branch size and nutrient amount (i.e. the bigger the modules, smaller is the biomass). There is a positive

relationship between amount of NPK and herbivory. Results in this manuscript point out that *C. procera* herbivores discern branches that have different growth and higher nutritional quality.

Key – words: Biological invasions; Invasive plants; Semi-Arial; Herbivory; Pateli size hypothesis; Plant vigour hypothesis; *Danaus* spp

Anexos:

- 1 – Normas para publicação na Revista Brasileira de Entomologia**
- 2 – Normas para publicação na revista Revista Brasileira de Botânica**

Anexo I

Normas para publicação na Revista Brasileira de Entomologia

REVISTA BRASILEIRA DE ENTOMOLOGIA

INSTRUÇÕES PARA AUTORES

A Revista Brasileira de Entomologia (RBE), órgão da Sociedade Brasileira de Entomologia (SBE), publica trabalhos científicos inéditos produzidos na área da Entomologia. A RBE mantém seções destinadas à divulgação de comunicações científicas, resenhas bibliográficas e notícias de interesse.

Em reunião da Comissão Editorial realizada em novembro último decidiu-se modificar algumas normas para publicação na Revista Brasileira de Entomologia. As alterações estão publicadas no volume 50 (4), de dezembro de 2006, para que passem a vigorar para os manuscritos que forem publicados a partir do fascículo 1 do volume 51 de 2007. As alterações são as seguintes:

- A RBE eventualmente poderá publicar sessões contendo pontos de vistas ou revisões a convite da Comissão Editorial.
- Para publicar na RBE pelo menos um dos autores deve ser sócio da SBE e estar em dia com a anuidade.
- No caso de nenhum dos autores serem sócios, a taxa de publicação será de R\$ 50,00, para autores brasileiros e de US\$ 25,00, para estrangeiros, por página impressa; em ambos os casos para manuscritos com até três autores. Para manuscritos com mais de três autores a taxa de publicação será de R\$ 100,00 por página impressa, para brasileiros e de US\$ 50,00 para estrangeiros.
- As pranchas coloridas terão um custo de R\$ 300,00 para os sócios nacionais. As pranchas podem ser publicadas em preto e branco na versão impressa e obtidas em cores, sem custo, na versão eletrônica (pdf) por meio da página eletrônica da RBE no SciELO (www.scielo.br/rbent).

Para agilizar o processo de publicação observem atentamente as normas da RBE e enviem seus artigos eletronicamente para o e-mail – rbe@ufpr.br. Maiores informações podem ser encontradas na página eletrônica e no último fascículo publicado.

Trabalhos redigidos em outro idioma que não o português, ou o inglês, poderão ser aceitos para a publicação a critério da Comissão Editorial.

Endereço eletrônico: rbe@ufpr.br
Fone/FAX: (41) 3266-0502

Endereço para correspondência:
Revista Brasileira de Entomologia/Editora Chefe
Lúcia Massutti de Almeida
Departamento de Zoologia - UFPR
Caixa Postal 19030
81531-980, Curitiba, PR

Preparação do manuscrito

Os manuscritos devem ser enviados preferencialmente via correio eletrônico, como arquivo(s) anexo(s). Poderão também ser submetidos impressos em papel (três vias), acompanhados dos arquivos em disquete ou CD. O texto deve ser editado, de preferência, em Microsoft Word®, em página formato A4, usando fonte Times New Roman tamanho 12, espaço duplo entre as linhas, com margem direita não justificada e com páginas numeradas. Usar a fonte Times New Roman também para rotulagem das figuras e dos gráficos. Apenas tabelas e gráficos podem ser incorporados no arquivo contendo o texto do manuscrito. Figuras em formato digital devem ser enviados em arquivos separados, com, no mínimo, 300 dpi de resolução para fotos coloridas e

600 dpi para desenhos a traço e fotos branco e preto, em formato tiff ou jpeg de baixa compactação. Não enviar desenhos e fotos originais quando da submissão do manuscrito.

O manuscrito deve começar com uma página de rosto, contendo: título do trabalho e nome(s) do(s) autor(es) seguido(s) de número(s) (sobrescrito) com endereço(s) completo(s), inclusive endereço eletrônico, e com respectivos algarismos arábicos para remissão. Em seguida, apresentar ABSTRACT, com no máximo 250 palavras, com o título do trabalho em inglês e em parágrafo único; KEYWORDS, em inglês, em ordem alfabética e no máximo cinco.

Na seqüência virá o RESUMO em português, incluindo o título e PALAVRAS-CHAVE, em ordem alfabética e equivalentes às KEYWORDS. Devem ser evitadas palavras-chave que constem do título e do resumo do artigo.

No corpo do texto, os nomes do grupo-gênero e do grupo-espécie devem ser escritos em itálico. Os nomes científicos devem ser seguidos de autor e data, pelo menos na primeira vez. Não usar sinais de marcação, de ênfase, ou quaisquer outros. Conforme o caso, a Comissão Editorial decidirá como proceder.

As referências devem ser citadas da seguinte forma: Canhedo (2004); (Canhedo 2003, 2004); Canhedo (2004:451); (Canhedo 2004; Martins & Galileo 2004); Parra et al. (2004).

As figuras (fotografias, desenhos, gráficos e mapas) devem ser sempre numeradas com algarismos arábicos e, na medida do possível, na ordem de chamada no texto. As escalas devem ser colocadas na posição vertical ou horizontal. As tabelas devem ser numeradas com algarismos romanos e incluídas, no final do texto em páginas separadas. Se necessário, gráficos podem ser incluídos no arquivo do texto e, como as tabelas, deverão vir no final do texto. As figuras em formato digital deverão ser enviadas em arquivos separados. O tamanho da prancha deve ser proporcional ao espelho da página (23 x 17,5 cm), de preferência não superior a duas vezes. Para a numeração das figuras utilizar Times New Roman 11, com o número colocado à direita e abaixo. Isto só deve ser aplicado para as pranchas quando em seu tamanho final de publicação. A fonte Times New Roman deve ser usada também para rotulagem inserida em fotos, desenhos e mapas (letras ou números utilizados para indicar nomes das estruturas, abreviaturas etc.) e em tamanho apropriado de modo que em seu tamanho final não fiquem mais destacados que as figuras propriamente ditas. As figuras originais não devem conter nenhuma marcação. A Comissão Editorial poderá fazer alterações ou solicitar aos autores uma nova montagem. Fotos (preto e branco ou coloridas) e desenhos a traço devem ser montados em pranchas distintas. As legendas das figuras devem ser apresentadas em página à parte. O custo da publicação de pranchas coloridas deverá ser arcado pelos autores.

Os AGRADECIMENTOS devem ser relacionados no final do trabalho, imediatamente antes das Referências. Sugere-se aos autores que sejam sucintos e objetivos. Para as REFERÊNCIAS, adota-se o seguinte:

1. Periódicos (os títulos dos periódicos devem ser escritos por extenso e em negrito, assim como o volume do periódico):

Zanol, K. M. R. 1999. Revisão do gênero *Bahita* Oman, 1936 (Homoptera, Cicadellidae, Deltocephalinae). **Biociências** 7: 73–145.

Martins, U. R. & M. H. M. Galileo. 2004. Contribuição ao conhecimento dos Hemilophini (Coleoptera, Cerambycidae, Lamiinae), principalmente da Costa Rica. **Revista Brasileira de Entomologia** 48: 467–472.

Alves-dos-Santos, I. 2004. Biologia da nidificação de *Anthodiocetes megachiloides* Holmberg (Anthidiini, Megachilidae, Apoidea). **Revista Brasileira de Zoologia** 21: 739–744.

2. Livros:

Michener, C. D. 2000. **The Bees of the World**. Baltimore, Johns Hopkins University Press, xiv+913 p.

3. Capítulo de livro:

Ball, G. E. 1985. Reconstructed phylogeny and geographical history of genera of the tribe Galeritini (Coleoptera: Carabidae), p. 276–321. In: G. E. Ball (ed.). **Taxonomy, Phylogeny and Zoogeography of Beetles and Ants**. Dordrecht, W. Junk Publishers, xiii+514 p.

Referências a resumos de eventos não são permitidas e deve-se evitar a citação de dissertações e teses.

As cópias do manuscrito, juntamente com os pareceres dos consultores, serão enviadas ao autor (ao primeiro, se em co-autoria ou ao autor indicado) para que sejam feitas as correções/alterações sugeridas. Estas cópias deverão ser devolvidas à Editoria da RBE juntamente com uma cópia impressa da versão corrigida e do respectivo disquete (devidamente identificado) ou por via eletrônica. Alterações ou acréscimos ao manuscrito enviados após o seu registro poderão ser recusados.

Nas Comunicações Científicas o texto deve ser corrido sem divisão em itens (Material e Métodos, Resultados e Discussão). Inclua o Abstract e o Resumo seguidos das Keywords e Palavras-Chave.

Provas serão enviadas eletronicamente ao autor responsável e deverão ser devolvidas, com as devidas correções, no tempo solicitado.

O teor científico do trabalho assim como a observância às normas gramaticais são de inteira responsabilidade do(s) autor(es). Para cada trabalho publicado serão fornecidas 10 (dez) separatas, independente do número de autores.

Sugere-se aos autores que consultem a última edição da revista para verificar o estilo e lay-out. Ao submeter o manuscrito o autor poderá sugerir até três nomes de revisores para analisar o trabalho, enviando: nome completo, endereço e e-mail. Entretanto, a escolha final dos consultores permanecerá com os Editores.

Anexo II

Normas para publicação na Revista Brasileira de Botânica

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- [Objetivo](#)
- [Normas editoriais](#)
- [Instruções aos autores](#)

Objetivo

A **Revista Brasileira de Botânica** é a publicação oficial da Sociedade Botânica de São Paulo - **SBSP**, cujo objetivo é publicar artigos originais de pesquisa científica em Botânica, em português, espanhol ou inglês.

Normas editoriais

Os manuscritos completos (incluindo figuras e tabelas), **em quatro cópias**, devem ser enviados ao [Editor Responsável](#) da **Revista Brasileira de Botânica** no [endereço abaixo](#).

A aceitação dos trabalhos depende da decisão do Corpo Editorial. Os artigos devem conter as informações estritamente necessárias para a sua compreensão. Artigos que excedam 15 páginas impressas (cerca de 30 páginas digitadas, incluindo figuras e tabelas), poderão ser publicados, a critério do Corpo Editorial, **devendo o(s) autor(es) cobrir(em) o custo adicional de sua publicação**. Igualmente, **fotografias coloridas** poderão ser publicadas a critério do Corpo Editorial, **devendo o(s) autor(es) cobrir(em) os custos de publicação** das mesmas. As notas científicas deverão apresentar contribuição científica ou metodológica original e não poderão exceder 10 páginas digitadas, incluindo até 3 ilustrações (figuras ou tabelas). Notas científicas seguirão as mesmas normas de publicação dos artigos completos. Serão fornecidas gratuitamente 20 separatas dos trabalhos nos quais pelo menos um dos autores seja sócio quite da SBSP. Para os demais casos, as separatas poderão ser solicitadas por ocasião da aceitação do trabalho e fornecidas mediante pagamento.

Instruções aos autores

Preparar todo o manuscrito com numeração seqüencial das páginas utilizando: Word for Windows versão 6.0 ou superior; papel A4, todas as margens com 2 cm; fonte Times New Roman, tamanho 12 e espaçamento duplo. Deixar apenas um espaço entre as palavras e não hifenizá-las. Usar tabulação (tecla Tab) apenas no início de parágrafos. Não usar negrito ou sublinhado. Usar itálico apenas para nomes científicos ou palavras e expressões em latim.

Formato do manuscrito

Primeira página - Título: conciso e informativo (em negrito e apenas com as iniciais maiúsculas); nome completo dos autores (em maiúsculas); filiação e endereço completo como nota de rodapé, indicando autor para correspondência e respectivo e-mail; título resumido. Auxílios, bolsas recebidas e números de processos, quando for o caso, devem

ser referidos no item Agradecimentos.

Segunda página - ABSTRACT (incluir título do trabalho em inglês), RESUMO (incluir título do trabalho em português), Key words (até 5, em inglês). O Abstract e o Resumo devem conter no máximo 250 palavras.

Texto - Iniciar em nova página colocando seqüencialmente: Introdução, Material e métodos, Resultados/ Discussão, Agradecimentos e Referências bibliográficas.

Citar cada figura e tabela no texto em ordem numérica crescente. Colocar as citações bibliográficas de acordo com os exemplos: Smith (1960) / (Smith 1960); Smith (1960, 1973); Smith (1960a, b); Smith & Gomez (1979) / (Smith & Gomez 1979); Smith *et al.* (1990) / (Smith *et al.* 1990); (Smith 1989, Liu & Barros 1993, Araujo *et al.* 1996, Sanches 1997).

Em trabalhos taxonômicos, detalhar as citações de material botânico, incluindo ordenadamente: local e data de coleta, nome e número do coletor e sigla do herbário, conforme os modelos a seguir: BRASIL: Mato Grosso: Xavantina, s.d., H.S. Irwin s.n. (HB 3689). São Paulo: Amparo, 23/12/1942, J.R. Kuhlmann & E.R. Menezes 290 (SP); Matão, ao longo da BR 156, 8/6/1961, G. Eiten *et al.* 2215 (SP, US).

Citar referências a resultados não publicados ou trabalhos submetidos da seguinte forma: (S.E. Sanchez, dados não publicados)

Citar números e unidades da seguinte forma:

- Escrever números até nove por extenso, a menos que sejam seguidos de unidades ou indiquem numeração de figuras ou tabelas.

- Utilizar, para número decimal, vírgula nos artigos em português ou espanhol (10,5 m) ou ponto nos artigos escritos em inglês (10.5 m).

- Separar as unidades dos valores por um espaço (exceto para porcentagens, graus, minutos e segundos de coordenadas geográficas); utilizar abreviações sempre que possível.

- Utilizar, para unidades compostas, exponenciação e não barras (Ex.: mg.dia⁻¹ ao invés de mg/dia, µmol.min⁻¹ ao invés de µmol/min).

Não inserir espaços para mudar de linha, caso a unidade não caiba na mesma linha.

Não inserir figuras no arquivo do texto.

Referências bibliográficas - Indicar ao lado da referência, a lápis, a página onde a mesma foi citada.

Adotar o formato apresentado nos seguintes exemplos:

ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, New Jersey.

YEN, A.C. & OLMSTEAD, R.G. 2000. Phylogenetic analysis of *Carex* (Cyperaceae): generic and subgeneric relationships based on chloroplast DNA. *In* Monocots: Systematics and Evolution (K.L. Wilson & D.A. Morrison, eds.). CSIRO Publishing, Collingwood, p.602-609.

BENTHAM, G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. *In* Flora brasiliensis (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds.). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.

DÖBEREINER, J. 1998. Função da fixação de nitrogênio em plantas não leguminosas e sua importância no ecossistema brasileiro. *In* Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros (S. Watanabe, coord.). ACIESP, São Paulo, v.3, p.1-6.

FARRAR, J.F., POLLOCK, C.J. & GALLAGHER, J.A. 2000. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants. *Plant Science* 154:1-11.

Citar dissertações ou teses **somente em caráter excepcional**, quando as informações nelas contidas forem imprescindíveis ao entendimento do trabalho e quando não estiverem publicadas na forma de artigos científicos. Nesse caso, utilizar o seguinte formato:

SANO, P.T. 1999. Revisão de *Actinocephalus* (Koern.) Sano - Eriocaulaceae. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Não citar resumos de congressos.

Tabelas

Usar os recursos de criação e formatação de tabela do Word for Windows. Evitar abreviações (exceto para unidades).

Colocar cada tabela em página separada e o título na parte superior conforme exemplo:

Tabela 1. Produção de flavonóides totais e fenóis totais (% de peso seco) em folhas de *Pyrostegia venusta*.

Não inserir linhas verticais; usar linhas horizontais apenas para destacar o cabeçalho e para fechar a tabela.

Em tabelas que ocupem mais de uma página, acrescentar na(s) página(s) seguinte(s) "(cont.)" no início da página, à esquerda.

Figuras

Submeter **um conjunto de figuras originais** em preto e branco e **três cópias** com alta resolução.

Enviar ilustrações (pranchas com fotos ou desenhos, gráficos mapas, esquemas) no **tamanho máximo de 15 x 21 cm**, incluindo-se o espaço necessário para a legenda. Não serão aceitas figuras que ultrapassem o tamanho estabelecido ou que apresentem qualidade gráfica ruim. Figuras digitalizadas podem ser enviadas, desde que possuam nitidez e que sejam impressas em papel fotográfico ou "glossy paper".

Gráficos ou outras figuras que possam ser publicados em uma única coluna (7,2 cm) serão reduzidos; atentar, portanto, para o tamanho de números ou letras, para que continuem visíveis após a redução. Tipo e tamanho da fonte, tanto na legenda quanto no gráfico, deverão ser os mesmos utilizados no texto. Gráficos e figuras confeccionados em planilhas eletrônicas **devem vir acompanhados do arquivo com a planilha original**.

Colocar cada figura em página separada e o conjunto de legendas das figuras,

seqüencialmente, em outra(s) página(s).

Utilizar escala de barras para indicar tamanho. A escala, sempre que possível, deve vir à esquerda da figura; o canto inferior direito deve ser reservado para o número da(s) figura(s).

Detalhes para a elaboração do manuscrito são encontrados nas últimas páginas de cada fascículo. Sempre que houver dúvida consulte o fascículo mais recente da Revista.

O trabalho somente receberá data definitiva de aceitação após aprovação pelo Corpo Editorial, tanto quanto ao mérito científico como quanto ao formato gráfico. A versão final do trabalho, aceita para publicação, deverá ser enviada em uma via impressa e em disquete, devidamente identificados.