



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

LARISSA NASCIMENTO SÁTIRO

**EFEITOS DA MIRMECOCORIA NO ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULAS DE
EUPHORBIACEAE DE CAATINGAS, JUAZEIRO – BA**

RECIFE

PERNAMBUCO – BRASIL

2010

LARISSA NASCIMENTO SÁTIRO

**EFEITOS DA MIRMECOCORIA NO ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULAS
DE EUPHORBIACEAE DE CAATINGAS, JUAZEIRO – BA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Inara R. Leal

RECIFE

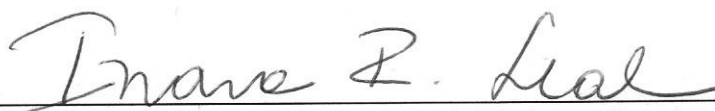
PERNAMBUCO – BRASIL

2010

LARISSA NASCIMENTO SÁTIRO

“INFLUÊNCIA DA MIRMECOCORIA NA
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, CRESCIMENTO E
SOBREVIVÊNCIA DE PLÂNTULAS DE EUPHORBIACEAE
NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO”.

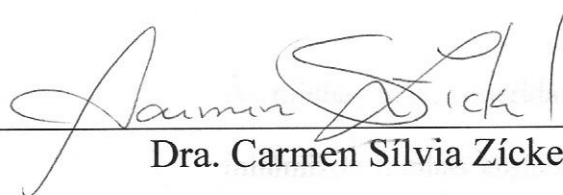
BANCA EXAMINADORA:



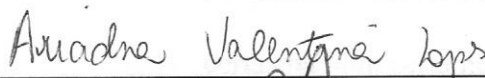
Dra. Inara Roberta Leal (Orientadora) – UFPE



Dr. Alexander Vicente Christianini – UFSCAR



Dra. Carmen Sílvia Zíckel - UFRPE



Dra. Ariadna Valentina de Freitas e Lopes – UFPE



Dr. Marcelo Tabarelli - UFPE

Sátiro, Larissa nascimento

Efeitos da mirmecocoria no estabelecimento de plântulas de Euphorbiaceae de Caatingas, Juazeiro, BA / Larissa Nascimento Sátiro. – Recife: O Autor, 2010.

116 folhas : Il., fig., tab.

Orientadora: Inara R. Leal.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco.

CCB. Ciências Biológicas. Biologia Vegetal, 2010.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Euphorbiaceae 2. Dispersão de sementes 3. formigueiro 4. Mirmecocoria 5. I. Título.

581.38

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2010-125

À minha mãe, querida, amada, que com seu carinho minimizou minhas ansiedades e me ajudou a me concentrar no fundamental, dedico; e a Deus por ter colocado as pessoas certas na hora certa no meu caminho...

AGRADECIMENTOS

À minha família, que me apoiou e quase sempre compreendeu minha indisponibilidade;

Ao CNPq, pela bolsa concedida em parte do desenvolvimento do projeto;

Ao Professor Marcelo Tabarelli por ter custeado as análises de solo;

Ao Professor José Raniere por ter cedido o espaço do Horto da Universidade Estadual de Feira de Santana para os experimentos controlados e por toda a amizade e apoio que fizeram muita diferença;

Ao Cícero Carlos, caro colega e professor da Universidade Federal de Alagoas, pela ajuda com parte das análises estatísticas;

Aos professores do Programa de Pós Graduação de Biologia Vegetal da UFPE pelas sugestões nos seminários integrados e em especial à Professora Cecília Costa pelas sugestões no corpo do projeto;

À EMBRAPA pela realização das análises de solo em tempo hábil apesar da greve (isso só acontece comigo);

Ao professor J.H.C. Delabie, pela identificação de algumas espécies de formigas;

À Secretaria de Desenvolvimento Rural de Juazeiro, por ter me fornecido dados sobre a posse de terras na região, e pelo “sutil interrogatório” acerca das minhas “verdadeiras intenções” com o desenvolvimento desse projeto;

Ao José Iranilson pelo auxílio nas coletas de solo;

À minha prima, Sara Cunha, pelo auxílio nas coletas de solo, pelo carinho e apoio e por me deixar falar sozinha durante toda a viagem de ida e volta;

À minha querida orientadora, Inara R. Leal, sempre achando que dava tempo de adiantar tudo, sempre me enlouquecendo e sempre apoiando minhas idéias insanas como

transplantar 1.500 plântulas em solos de Caatinga;

À colega Walquíria, por ter me assessorado em todas as necessidades burocráticas da PPGBV, providenciando minhas matrículas, hospedagem e por ter pago minhas contas para receber depois... eu nem sei se te devo ainda algum dinheiro;

Ao Hildebrando, pela disponibilidade e competência no que era e no que não era sua função;

Ao Mazinho, meu mateiro preferido, por ter me acompanhado a quase todas as idas a campo, principalmente nas incursões noturnas, e por ter sempre uma lanterna de reserva que vez por outra salvava as nossas vidas;

À família do Mazinho, por ter me hospedado durante as viagens de campo;

A toda a equipe de “mateiros” providenciada pelos “homens de posse” de Juazeiro, que me auxiliou em campo, me vigiando e vez por outra ajudando na coleta de sementes;

A todos os amigos que participaram direta e indiretamente do processo de construção e realização das idéias que me compuseram e me transformaram nos últimos quatro anos.

“Olha a formiga, preguiçoso!

Observa seus costumes e cria juízo:

Ela que não tem chefe, capataz ou governante,

Durante o verão assegura sua provisão,

E na colheita acumula seu alimento.

Provérbios 6:6”

Lista de Figuras

		Páginas
Figura 1	Área de estudos em Juazeiro, Bahia, Brasil. (A) Mapa da localidade; (B) Base da Serra de Campo dos Cavalos; (C) Base da Serra de Campo dos Cavalos durante período de seca.....	44
Figura 2	Porcentagem de sementes com e sem elaiossomo removidas por formigas para as cinco espécies de Euphorbiaceae estudadas em áreas de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil	45
Figura 3	Distância média entre as plântulas das cinco espécies de Euphorbiaceae estudadas nos três tratamentos: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas em áreas de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil. As letras associadas aos tratamentos correspondem aos resultados do Teste de Tukey, sendo letras diferentes indicativas de diferenças significativas. (A) <i>Cnidoscolus quercifolius</i> ; (B) <i>Croton blanquetianus</i> ; (C) <i>Croton heliotropiifolius</i> ; (D) <i>Jatropha mollissima</i> ; (E) <i>Jatropha ribifolia</i>	46
Figura 4	Crescimento de Euphorbiaceae comparado sob condições controladas em casa de vegetação para as modas de densidades encontradas em campo nos tratamentos: (1) formigueiro, (2) controle e (3) planta-mãe em áreas de Caatinga, Juazeiro-BA. As letras associadas aos pontos dos gráficos correspondem aos resultados do Teste de Tukey, sendo que letras iguais correspondem a diferenças não significativas e letras diferentes a diferenças significativas e conseqüente agrupamento em diferentes blocos. (A) <i>Croton heliotropiifolius</i> ; (B) <i>Jatropha mollissima</i> ; (C) <i>Jatropha ribifolia</i>	47
Figura 5	Crescimento plântulas de Euphorbiaceae em diferentes tratamentos: (1) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas, (2) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas e (3) abaixo da planta-mãe, e em áreas de Caatinga em Juazeiro,	

Bahia, Brasil. Foi realizada uma ANOVA de medidas repetidas. As letras associadas aos tratamentos correspondem aos resultados do Teste de Tukey, sendo letras diferentes indicativas de diferenças significativas. (A) *Cnidoscolus quercifolius*; (B) *Croton blanquetianus*; (C) *Croton heliotropiifolius*; (D) *Jatropha mollissima*; (E) *Jatropha ribifolia*.....

71

Figura 6 Porcentagem de sobrevivência de plântulas de Euphorbiaceae ao longo de um ano de observação (de janeiro a dezembro de 2007) em diferentes tratamentos: (1) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas, (2) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas e (3) abaixo da planta-mãe em áreas de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil. As letras associadas aos tratamentos correspondem aos resultados do Teste de Tukey, sendo letras diferentes indicativas de diferenças significativas. (A) *Cnidoscolus quercifolius*; (B) *Croton blanquetianus*; (C) *Croton heliotropiifolius*; (D) *Jatropha mollissima*; (E) *Jatropha ribifolia*

72

Figura 7 Penetrabilidade do solo para as espécies de Euphorbiaceae (*Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima* e *Jatropha ribifolia*) em diferentes tratamentos: (1) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas, (2) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas e (3) abaixo da planta-mãe em áreas de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil.....

73

Figura 8 Patógenos observados nas espécies de Euphorbiaceae estudadas. (A) Fungo sobre folha de *Jatropha mollissima*; (B) Insetos fitófagos sobre planta-mãe de *Cnidoscolus quercifolius*; (C) Galhas sobre folhas de plântula de *C. quercifolius* que se desenvolve próxima à planta-mãe.....

97

Figura 9 Influência das formigas no ataque de inimigos naturais de espécies do gênero *Jatropha*. (A) altura final de indivíduos de *Jatropha mollissima* com e sem formigas; (B) altura final de indivíduos de *Jatropha ribifolia* com e sem formigas; (C) Número de indivíduos atacados por herbívoros e patógenos para a espécie *Jatropha mollissima* em plântulas com e sem formigas, (D) número de indivíduos atacados por herbívoros e patógenos para a espécie *Jatropha ribifolia* em plântulas com e sem formigas.

98

LISTAS DE TABELAS

		Páginas
Tabela 1	Interação entre formigas e diásporos de Euphorbiaceae em áreas de caatinga de Juazeiro – BA	42
Tabela 2	Propriedades químicas dos solos em cinco tratamentos: (1) Planta-mãe, (2) área controle, (3) ninho de <i>Pheidole radoskowskii</i> , (4) <i>Pheidole sp1</i> e (5) <i>Pheidole sp2</i> . O teste utilizado foi ANOVA 1-fator. Estão marcadas as diferenças significativas (*) e marginalmente significativas (#)	68

Sátiro, L. N., Universidade Federal de Pernambuco, fevereiro de 2010. **Influência da mirmecocoria na distribuição espacial, crescimento e sobrevivência de plântulas de Euphorbiaceae no semi-árido nordestino.** Orientadora: Inara Roberta Leal.

Muitas espécies de Angiospermas têm suas sementes dispersas por formigas, processo denominado mirmecocoria. O objetivo desse estudo foi verificar a influência da mirmecocoria na distribuição espacial e no crescimento e sobrevivência de plântulas de Euphorbiaceae em uma área de Caatinga em Juazeiro, Bahia. Em junho de 2006, 10 parcelas de 1 m² foram montadas em três tratamentos: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas. Todas as plântulas de *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima*, e *Jatropha ribifolia* encontradas foram marcadas e as distâncias entre elas mapeadas através do método do vizinho mais próximo. Para verificar diferenças no crescimento e na sobrevivência das plântulas em diferentes densidades, um experimento em casa de vegetação foi montado a partir das distâncias entre plântulas observadas em campo. Além disso, para medir a influência das características dos solos e do ataque a inimigos naturais pelas formigas o crescimento e a sobrevivência de plântulas foram acompanhados em campo através do transplante de 10 plântulas em cada uma das 10 parcelas dos três tratamentos acima mencionados. Menores distâncias entre as plântulas foram observadas abaixo da planta-mãe, seguidas pelo formigueiro e, por último, pelas áreas controle para todas as espécies testadas exceto *Jatropha mollissima*. Na casa de vegetação, apenas *Croton blanchetianus* não germinou. Para as demais espécies, o crescimento das plântulas foi maior nos formigueiros e área controle e menor

abaixo da planta-mãe, exceto em *Cnidoscolus quercifolius*. Não houve diferença entre a sobrevivência para nenhuma das espécies testadas, exceto para *Croton heliotropiifolius*, provavelmente pela disponibilidade semelhante de nutrientes e pelo tempo de duração do experimento, que, se estendido, poderia gerar resultados semelhantes aos observados em campo. Em campo, todas as espécies de Euphorbiaceae apresentaram maior ganho em altura no tratamento formigueiro. As taxas de sobrevivência também se mostraram mais elevadas para o tratamento formigueiro em todas as espécies vegetais, exceto *Croton blanchetianus*. A penetrabilidade do solo foi maior no tratamento formigueiro para todas as espécies vegetais estudadas. Já em relação aos nutrientes, houve diferenças significativas para Fósforo, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Manganês, Cobre, e para matéria orgânica e capacidade de troca de cátions, com os formigueiros apresentando maiores valores para a maioria dos elementos em que houve diferenças significativas. Adicionalmente, as plântulas de *Jatropha mollissima* e *J. ribifolia* onde as formigas foram experimentalmente removidas apresentaram maiores taxas de ataques de inimigos naturais e menores taxas de crescimento. Esses resultados indicam um efeito positivo da mirmecocoria na distribuição espacial, no crescimento e na sobrevivência de plântulas da maioria das espécies testadas e confirmam a importância deste processo de dispersão não apenas na germinação de sementes, como descrito anteriormente, mas também em fases posteriores do recrutamento de novos indivíduos nas populações de espécies mirmecocóricas.

Palavras-chave: características edáficas; dispersão de sementes por formigas; distribuição espacial; elaiossomo; estabelecimento de plântulas; formigueiro; herbívoros; mirmecocoria; patógenos; penetrabilidade do solo.

Sátiro, L. N., Universidade Federal de Pernambuco, fevereiro de 2010 **Myrmecochory influence on spatial distribution, growth and seedling survival of Euphorbiaceae in the Northeast Semi-arid**. Orientadora: Inara Roberta Leal.

Many species of Angiosperms have their seeds dispersed by ants, a process called myrmecochory. The aim of this study was to investigate the influence of myrmecochory on spatial distribution, growth and survival of Euphorbiaceae seedlings in an area of Caatinga in Juazeiro, Bahia. In June 2006, 10 plots of 1 m² were assembled into three groups: (1) under the parent plant, (2) near the anthills of selected species and (3) in control areas without adults and anthills, but with the occurrence of seedlings. All the seedlings of *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima*, and *Jatropha ribifolia* found were marked and mapped the distances between them using the method of the nearest neighbor. To verify the differences in growth and survival of seedlings at different densities, an experiment in a greenhouse was built from the distances between seedlings observed in the field. Furthermore, to measure the influence of the soil characteristics and the attack on natural enemies by ants, the growth and seedling survival were monitored in the field by transplanting 10 seedlings in each of 10 plots of the three treatments mentioned above. Smaller distances between plants were observed below the parent plant, followed by the anthills and, finally, the control areas for all species tested except *Jatropha mollissima*. In the greenhouse, only *Croton blanchetianus* didn't germinate. For the other species, seedling growth was higher in anthills and control areas and smaller below the parent plant, except in *Cnidoscolus quercifolius*. There was no difference in survival for any of the species tested, except for *Croton heliotropiifolius* probably for the similar availability of nutrients and for the duration of the experiment, which, if extended,

could produce results similar to those observed in the field. In the field, all Euphorbiaceae species showed greater height gain in the anthill treatment. Survival rates were also higher for the anthill treatment in all species except *Croton blanchetianus*. The penetrability of the soil was higher in the anthill treatment to all the plant species studied. In the nutrients case, there were significant differences for Phosphorus, Calcium, Magnesium, Sulfur, Manganese, Copper, and for the organic matter and cation exchange capacity, with anthills showing higher values for most elements in which there were significant differences. Additionally, the seedlings of *Jatropha mollissima* and *J. ribifolia* where ants were experimentally removed showed higher attack rates by natural enemies and lower growth rates. These results indicate a positive effect of myrmecochory in the spatial distribution, growth and survival of seedlings of most species tested and confirm the importance of this process in the dispersal not only on seed germination, as described above, but also in later stages of new individuals recruitment in the populations of myrmecochorous species.

Keywords: soil characteristics, seed dispersal by ants; spatial distribution; elaiosome; seedling establishment; anthills; herbivores; myrmecochory; pathogens, soil penetrability.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vii
Resumo Geral	viii
Abstract	x
Apresentação	01
Revisão da Literatura	04
Referências Bibliográficas	13
Manuscrito I	21
Resumo	23
Abstract	24
Introdução	25
Métodos	27
Resultados	30
Discussão	32
Agradecimentos	36
Referências Bibliográficas	37
Manuscrito II	48

Resumo	50
Abstract	51
Introdução	52
Métodos	54
Resultados	58
Discussão	59
Agradecimentos	62
Referências Bibliográficas	63
Manuscrito III	74
Resumo	76
Abstract	77
Introdução	78
Métodos	80
Resultados	84
Discussão	85
Agradecimentos	87
Referências Bibliográficas	88
Conclusões Gerais	97

Anexos	
---------------------	--

99

APRESENTAÇÃO

As formigas usam uma grande variedade de recursos vegetais, incluindo frutos e sementes (Hölldobler e Wilson 1990), o que faz com que estes insetos sejam um dos mais importantes agentes que influenciam o sucesso reprodutivo das plantas. Muitas formigas usam sementes como alimento, destruindo-as e inviabilizando sua germinação (Howe e Smallwood 1982). Outras, como as formigas cultivadoras de fungos, não consomem diretamente as sementes, mas as utilizam para cultivar um fungo simbiote utilizado como alimento, o que também pode provocar a mortalidade das mesmas (Leal e Oliveira 1998). Entretanto, nem todas as interações com formigas reduzem a chance de sobrevivência das sementes. Algumas plantas, por exemplo, têm em suas sementes uma estrutura gordurosa externa chamada elaiossomo, que favorece sua dispersão por formigas (Beattie, 1983). Após consumir o elaiossomo, esses insetos descartam as sementes normalmente fora do formigueiro, onde estas podem germinar e se beneficiar do próprio solo da colônia, rico em nutrientes, para crescer (Beattie, 1985). Essa forma de dispersão, denominada mirmecocoria, é bastante documentada em ervas de florestas temperadas do Hemisfério Norte (Beattie e Culver, 1981) e em arbustos de vegetação esclerófila crescendo sobre solos pobres da Austrália, África do Sul e Região Mediterrânea (Berg 1975, Milewski e Bond, 1982; Westoby *et al.*, 1991). No Brasil, a mirmecocoria já foi registrada em Floresta Tropical Semidecídua (Passos & Ferreira, 1996) e mais recentemente, na Caatinga, onde as Euphorbiaceae constituem a principal família que apresenta este tipo de interação (Leal, 2003; Leal *et al.*, 2007).

A partir desta constatação, o presente trabalho se propõe não só a relatar mais uma ocorrência de mirmecocoria em caatingas brasileiras, como também, e prioritariamente, a estudar como a interação de formigas com diásporos mirmecocóricos influencia o crescimento e a sobrevivência de plântulas, como podemos observar no diagrama de

caminhos esquematizado abaixo (Figura 1).

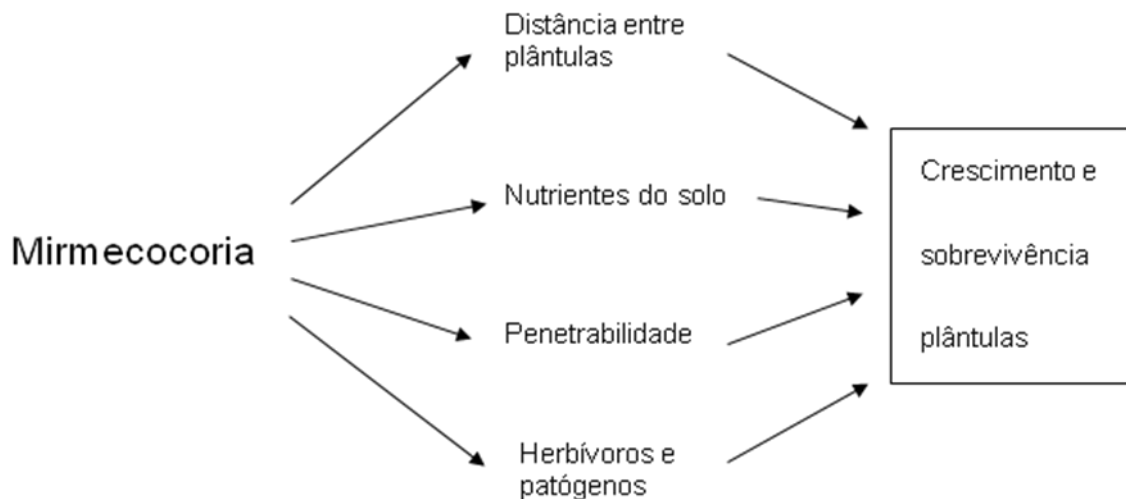


Fig 1. Diagrama de caminhos que registra a atuação da mirmecocoria no crescimento e sobrevivência das plântulas.

O diagrama deixa claro que tal interferência se dá através de parâmetros que afetam diretamente o crescimento e a sobrevivência das plântulas como (1) a distância em que as sementes são depositadas nos formigueiros (e, conseqüentemente, a densidade de plântulas), (2) a quantidade de nutrientes e (3) a penetrabilidade dos solos onde as sementes são depositadas e (4) a proteção das plântulas que recrutarem contra herbívoros e patógenos. Estes parâmetros foram comparados em três ambientes onde as sementes são encontradas: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas. Os objetivos específicos definidos foram: (1) identificar as formigas que interagem com os diásporos de Euphorbiaceae, (2) descrever os comportamentos das formigas junto aos diásporos, (3) descrever as taxas de remoção e os locais de deposição dos diásporos, (4) investigar o nível de agrupamento em que as plântulas se encontram abaixo da planta-mãe, nos formigueiros e em áreas controle; (5) verificar qual desses agrupamentos promove maior crescimento e

sobrevivência de plântulas; (6) investigar a composição química e a penetrabilidade dos solos nesses três ambientes, (7) verificar o ataque das plântulas por herbívoros e patógenos nesses três tratamentos e (8) comparar os parâmetros dos ninhos e a proteção contra herbívoros e patógenos entre as principais espécies de formigas dispersoras de sementes na área de estudo.

Esta tese é composta por uma revisão de literatura sobre o efeito das formigas sobre a biologia de sementes e plântulas de espécies mirmecocóricas, e, em seguida, são apresentados os três manuscritos. O primeiro manuscrito descreve as espécies de formigas dispersoras, seus comportamentos junto aos diásporos, as taxas de remoção e os locais deposição de sementes. Além disso, nele está documentado o grau de agrupamento das sementes embaixo das plantas-mãe, nos formigueiros e em áreas-controle no campo e como estes agrupamentos influenciam o crescimento e sobrevivência das plântulas. No segundo manuscrito também são acompanhados o crescimento e a sobrevivência de plântulas embaixo das plantas-mãe, nos formigueiros e em áreas-controle, porém, dessa vez, as plântulas são transplantadas para a área de estudo e acompanhadas *in situ*. Além disso, são comparadas as propriedades químicas e a penetrabilidade dos solos abaixo da planta-mãe, em área controle e em solos de ninhos de diferentes espécies de formigas. Por fim, no terceiro manuscrito foram monitorados os ataques de herbívoros às mesmas plântulas transplantadas para abaixo da planta-mãe, em área controle e em diferentes espécies de formigas.

REVISÃO DA LITERATURA

DISPERSÃO DE SEMENTES

O termo dispersão refere-se à liberação dos diásporos para longe da planta-mãe e, do ponto de vista ecológico e evolutivo, representa uma fase crítica para as plantas, se caracterizando como um processo fundamental do ciclo de vida de cada espécie vegetal (CORDEIRO E HOWE, 2003). A dispersão de diásporos (*i.e.* frutos ou sementes que atuam como unidade de dispersão vegetal) é uma importante fase no ciclo de vida dos vegetais. Ela exerce grande influência na dinâmica das espécies em seus habitats naturais e no sucesso reprodutivo das espécies, determinando o local onde as sementes podem germinar e as futuras plântulas se estabelecerem (WENNY 2001; GORB & GORB 2003). A dispersão de sementes não só determina o potencial de área de recrutamento, mas também influenciará os processos subsequentes, como predação, competição e reprodução (NATHAN E MULLER-LANDAU, 2000). Devido à elevada densidade de sementes embaixo da planta-mãe, existe intensa competição intra-específica entre as plântulas, além do aumento de ataques de patógenos e predadores (JANZEN, 1970), o que pode reduzir as chances de recrutamento nestas áreas. Para resolver este problema, as espécies vegetais desenvolveram mecanismos de dispersão na fase reprodutiva, a despeito de sua condição sésil, o que reduz a competição entre os organismos genitores e sua prole e entre as plântulas. A predação das plântulas e sementes também é reduzida por estes mecanismos (HOWE E SMALLWOOD, 1982; STILLING, 1999). Desta forma, a dispersão de sementes para longe da planta-mãe possibilita um aumento da probabilidade de escape do alto índice de mortalidade (“Hipótese de escape”, HOWE E SMALLWOOD, 1982), como também o encontro de locais seguros e não aleatórios, onde as condições para germinação e estabelecimento de plântulas sejam mais favoráveis e apropriados.

Do ponto de vista técnico, a disseminação ou dispersão natural das sementes se constitui num importante meio para a regeneração natural e perpetuação de povoamentos vegetais, podendo ser considerada como o procedimento que antecede a colonização de plantas, assumindo grande importância no entendimento da regeneração natural de ecossistemas vegetais. Essa colonização desempenha um papel fundamental no estabelecimento,

desenvolvimento e evolução das espécies vegetais, permitindo, assim, o intercâmbio de material genético dentro e fora de diferentes populações (DEMINICIS *et al.*, 2009). O processo de dispersão, independentemente da forma de ocorrência, é muito complexo e envolve relações muito específicas entre plantas e diferentes agentes dispersores. A dispersão de sementes que não requer agentes dispersores é chamada de autocórica. Quando agentes dispersores, tais como vento, água, animais ou humanos estão envolvidos, a dispersão é conhecida como alocórica. Ambos os métodos de dispersão são reflexos de adaptações particulares das plantas (van der Pijl, 1982) e muitas angiospermas desenvolveram adaptações morfológicas, anatômicas, bioquímicas e fenológicas

A zoocoria (dispersão por animais) representa uma das formas mais eficientes de deslocamento horizontal e vertical de diásporos e as plantas com sementes que apresentam esta síndrome de dispersão apresentam frutos com coloração e/ou estruturas especializadas para atrair os agentes dispersores (STILES 2000). Dentre os agentes dispersores invertebrados, os membros da família Formicidae formam um importante grupo, dispersando primariamente sementes de mais de 11.000 espécies de angiospermas conhecidas como mirmecocóricas e que apresentam, como adaptação, um corpo de gordura ligado ao tegumento de suas sementes (BEATTIE 1983; BEATTIE & HUGHES 2002; LENGYEL *et al.* 2009). Além dessas, mais um grande número de espécies vegetais pode ter a distribuição de suas sementes afetadas por estes vetores através da dispersão secundária de diásporos que comumente são dispersos de forma primária por vertebrados (LEVEY & BYRNE, 1993; PIZO & OLIVEIRA, 1998). Estes diásporos não apresentam nenhum tipo de especialização específica para esta interação com as formigas, mas, ao se tornarem disponíveis no solo, podem ser encontrados e removidos pelas formigas até os seus ninhos onde a polpa, arilo ou a própria semente são consumidas (FARJIBRENER & SILVA, 1996).

O estudo da dispersão de sementes por animais é ferramenta útil para a recuperação de áreas degradadas por atividades antrópicas, pois para que se obtenham sistemas auto-sustentáveis, é necessário considerar a sucessão vegetal na recuperação dessas áreas.

Há na literatura especializada grande número de trabalhos demonstrando o papel de animais como agentes dispersores de sementes (PIZO E SIMÃO, 2001; CAZZETA *et al.*, 2002; FRANCISCO E GALETTI, 2002; CASTRO E GALETTI, 2004; KRÜGEL *et al.*, 2006). Estima-se que, em regiões tropicais, até 90% das espécies possuem suas sementes dispersas por animais (LIEBSCH E ACRA, 2007). Nesta interação, as plantas necessitam de agentes dispersores eficientes que garantam a sobrevivência e o desenvolvimento de suas

sementes. Para tanto, os diásporos de muitas plantas apresentam características morfológicas associadas à dispersão por tipos particulares de vetores. Dentre eles pode-se citar o desenvolvimento de mecanismos para prender suas sementes aos pêlos de mamíferos ou às penas de aves. Outras apresentam polpas carnosas ou arilos, atrativos para alguns vertebrados (principalmente mamíferos e aves), que após comer e excretar ou regurgitar as sementes tornam-nas aptas à germinação (RIDLEY, 1930; HOWE E SMALLWOOD, 1982; VAN DER PIJL, 1982). Como contrapartida, os animais utilizam os nutrientes dos tecidos vegetais em sua alimentação. Porém, nem só os vertebrados são importantes agentes dispersores. Muitos estudos têm demonstrado mecanismos especializados que fazem das formigas um dos maiores e mais importantes agentes dispersores de sementes em todo o mundo (HANDEL E BEATTIE, 1990). Estima-se que existam mais de 3.000 espécies de Angiospermas cujas sementes são dispersas por formigas, pertencentes a mais de 70 famílias e encontradas em diversos ecossistemas de todos os continentes, à exceção da Antártida (BEATTIE, 1985).

MIRMECOCORIA

As formigas constituem um dos grupos de insetos mais conhecidos e estudados (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990), existindo cerca de 12.030 espécies. No entanto, estimativas mostram a possibilidade de existir até 574 gêneros e 21.847 espécies (AGOSTI E JOHNSON, 2003). Todas as formigas pertencem a uma só família (Formicidae), a qual se distribui por todos os ambientes terrestres do planeta, desde o círculo ártico às partes mais remotas do Hemisfério Sul, como a Terra do Fogo, África do Sul e Tasmânia (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990). A distribuição das formigas na região Tropical Americana não obedece padrão uniforme para gêneros e espécies. Existem espécies endêmicas restritas a pequenas regiões e outras encontradas da América do Norte à América do Sul. Além disso, a distribuição e o endemismo das espécies podem ser alterados à medida que se intensificam os trabalhos de inventariamento (LATTKE, 2003). A maioria das espécies de formiga utiliza em sua dieta alimentar uma grande variedade de itens de origem animal e vegetal (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990). Contudo, assim como outros organismos, elas possuem exigências nutricionais específicas. A dieta das formigas é constituída por proteínas, carboidratos e lipídeos (FOWLER *et al.*, 1991). O padrão básico encontrado nesses insetos como fonte de proteínas é a predação ou a alimentação baseada em cadáveres de outros

insetos; os carboidratos podem ser adquiridos por meio da ingestão de açúcares e polissacarídeos provenientes do néctar de plantas ou de outros insetos, e os lipídeos adquiridos pela ingestão de diferentes tipos de óleos e gorduras (FOWLER *et al.*, 1991; PARRA, 1991).

Esse padrão diversificou-se bastante ao longo da evolução do grupo. Atualmente podem ser encontradas desde espécies predadoras ativas a coletoras de sementes, incluindo as generalistas extremas como as formigas de correição, e até as especialistas em coletar cupins, outros artrópodes e até mesmo outras formigas (FOWLER *et al.*, 1991). Algumas espécies mantêm associações simbióticas com plantas: as formigas "protegem" essas plantas contra a ação de herbívoros. Porém, a maioria delas tem hábitos oportunistas e dieta generalista, o que explica sua ampla distribuição pelos ecossistemas (HÖLLDOBLER E WILSON, 1990). Colônias podem explorar néctar extraforal ou elaiossomos em sementes de forma intensiva por curtos períodos, mas invariavelmente algumas operárias irão forragear outras fontes de recursos ao mesmo tempo, resultando numa dieta generalista na maioria das espécies (BEATTIE, 1985).

Apesar desses hábitos generalistas, estudos têm demonstrado mecanismos especializados que fazem das formigas um dos mais importantes agentes dispersores de sementes (HANDEL E BEATTIE, 1990). A dispersão de sementes por formigas tem sido estudada há muitas décadas, tendo as primeiras divulgações científicas ocorrido nos anos 1834 e 1860 (GORB E GORB, 2003). Mas foi entre 1901 e 1906 que o tema passou a ser abordado de forma mais ampla pelo botânico Johan Rutger Sernander, responsável pela introdução dos termos mirmecocoria (HANDEL E BEATTIE, 1990) e elaiossomo (CICCARELLI *et al.*, 2005) na literatura científica. Ele foi o primeiro a propor uma classificação para plantas mirmecocóricas com base na morfologia e ecologia dos elaiossomos, que atualmente agrupa as plantas em mirmecocóricas obrigatórias (espécies cujos diásporos são dispersados unicamente por formigas), facultativas (espécies cujos diásporos possuem vetores alternativos de dispersão) e não-mirmecocóricas (espécies que não apresentam adaptações especializadas para este tipo de dispersão) (GORB E GORB, 2003).

Existem basicamente dois mecanismos de dispersão de sementes por formigas. O primeiro deles, considerado uma mirmecocoria não especializada, é mediado por formigas granívoras, colhedoras de sementes, como as dos gêneros *Messor*, *Pogonomyrmex* e *Veromessor*, que, ao predarem as sementes, também podem atuar como dispersoras (HANDEL E BEATTIE, 1990; RETANA *et al.*, 2004). Segundo Horvitz (1981) e Beattie

(1985), estas formigas transportam para os ninhos as sementes que coletam no intuito de comê-las. Entretanto, ainda segundo os autores, durante o transporte, acabam perdendo algumas delas que podem germinar e se estabelecer em outros locais. Nesse caso, porém, a relação parece beneficiar mais às formigas que às plantas, já que as primeiras comem mais sementes do que perdem, o que caracteriza esta relação como predatória mais que como mutualística (HANDEL E BEATTIE, 1990).

O segundo mecanismo de dispersão de sementes por formigas envolve espécies cujos diásporos possuem um corpo gorduroso externo a semente denominado elaiossomo (VAN DER PIJL, 1982). Elaiossomo é um termo funcional coletivo que agrupa apêndices ou estruturas na superfície das sementes que são anatomicamente descritas de forma mais cuidadosa como arilo, arilóide, carúncula, funículo ou sarcotesta (GORB E GORB, 2003). A diversidade de origens do elaiossomo é um bom exemplo de evolução convergente (HANDEL E BEATTIE, 1990). Estas estruturas, em geral ricas em lipídeos (HORVITZ, 1981) ao mesmo tempo em que servem de alimentos para as formigas e de matéria prima para a produção de alguns tipos de feromônios, são ainda utilizados como apoio mecânico para a remoção das sementes para os ninhos (BEATTIE, 1985), onde são consumidos pelas formigas e suas larvas (BEATTIE, 1985). Neste processo, os embriões não são danificados e as sementes, normalmente intactas, são “esquecidas” dentro dos formigueiros ou levadas para a superfície e descartadas nas “lixadeiras” (HORVITZ E BEATTIE, 1980; O’DOWD E HAY, 1980; BEATTIE, 1985).

Segundo Ulbrich (1928), plantas mirmecocóricas possuem não somente elaiossomos, mas um amplo complexo de adaptações para a dispersão por formigas. Dentre elas, podem-se citar adaptações morfológicas, anatômicas, bioquímicas e fenológicas, que aumentam a atração para as formigas e a efetividade do método de dispersão, sendo estas características em conjunto reconhecidas como síndrome mirmecocórica (GORB E GORB, 2003). Existem duas síndromes básicas de mirmecocoria ao redor do Globo, envolvendo mais de 20% das espécies de Angiospermas conhecidas, a saber: (1) plantas herbáceas de florestas temperadas do hemisfério norte (BEATTIE E CULVER, 1981) cujos caules prostrados depositam as sementes em grupos abaixo da planta-mãe (e.g. HANDEL, 1978) e (2) arbustos em vegetação esclerofítica de solos pobres em nutrientes da Austrália (RICE E WESTOBY, 1986) e África (MILEWSK E BOND, 1982) que possuem uma dispersão primária do tipo balística seguida pela mirmecocoria, o que resulta numa distribuição mais espaçada das sementes (BERG, 1975).

Ainda que as formigas usualmente transportem as sementes por curtas distâncias quando comparadas com mamíferos e aves (BOND E SLINGSBY, 1984), a mirmecocoria pode trazer uma série de benefícios às plantas, como: (1) a diminuição da predação de sementes (OHKAWARA *et al.*, 1996); (2) a diminuição do conflito prole-parental e da competição intra-específica entre as plântulas (HANDEL, 1978; O'DOWD & HAY, 1980); (3) o transporte das sementes para solos próximos aos formigueiros, enriquecidos em nutrientes e favoráveis à germinação (CULVER E BEATTIE, 1983; RISSING, 1986; LEAL, 2003); (4) o escape ao fogo, mais relevante em ambientes constantemente atingidos por queimadas (BOND E SLINGSBY, 1983; BOYD 2001).

A CAATINGA

Caatinga é o tipo de vegetação que ocupa cerca de 11% da superfície do território nacional e 80% do Nordeste brasileiro, o que corresponde a 834,666 km² ou 34 milhões de hectares, se expandindo sobre nove estados que compõem a região e atingindo áreas marginais de Minas Gerais e Espírito Santo, região conhecida como Polígono das Secas (AB'SABER, 1974; ANDRADE-LIMA, 1981; RIZZINI, 1997). Desta forma a vegetação de Caatinga recobre conjuntos de paisagens do semi-árido nordestino bastante diferentes (ANDRADE-LIMA, 1981; MELLO NETTO *et al.*, 1992). O nome Caatinga é de origem Tupi-Guarani e significa “floresta branca”, que certamente caracteriza bem o aspecto da vegetação na estação seca, quando as folhas caem (ALBUQUERQUE E BANDEIRA, 1995). Muitos termos foram e são ainda utilizados para definir a região que chamamos Caatinga. Dentre eles podemos citar florestas secas tropicais e subtropicais, floresta mesotrófica, mesófila ou mesofítica, floresta decídua ou semi-decídua, bosque caducifólio ou bosque espinhoso (PENNINGTON *et al.*, 2000). Na verdade, o termo Caatinga está associado a um grande número de formações e associações vegetais diferentes, onde as plantas não têm características uniformes, mas apresentam áreas de sobreposição permitindo a identificação de áreas nucleares e marginais. Estas, por sua vez, facilitam uma delimitação, ainda que imprecisa, das áreas de ocorrência da caatinga (EGLER, 1951).

As Caatingas semi-áridas apresentam muitas características extremas entre os parâmetros meteorológicos quando comparadas a outras regiões brasileiras, como baixa nebulosidade, a mais alta radiação solar, a mais alta temperatura média anual, as mais baixas

taxas de umidade relativa, evapotranspiração potencial mais elevada, e, sobretudo, precipitações mais baixas e irregulares, limitadas, na maior parte da área, a um período muito curto no ano (REIS, 1976), sendo a ausência completa de chuvas em alguns anos mais marcante do que a ocorrência local rara de um nível triplo ou duplo de precipitação (NIMER, 1972). Já foi demonstrado que o conceito fitogeográfico de Caatinga geralmente aceito coincide aproximadamente com as isoietas de chuvas de 1000 mm (NIMER, 1972; REIS, 1976; ANDRADE-LIMA, 1981). De acordo com estes autores, cerca de 50% da área recebe menos de 750 mm, enquanto regiões localizadas têm menos de 500 mm. Contudo, não é a quantidade total de chuva anual que mais importa e sim a distribuição anual e o desvio da moda. Em geral, o período seco aumenta da periferia para o centro do sertão (NIMER, 1972; NISHIZAWA, 1976), sendo a característica mais marcante desse clima o sistema de chuvas extremamente irregular de ano a ano, com a média de desvio anual de 20 até 50%. Setores com desvios mais elevados de chuvas estão ligados em geral àqueles com o total anual menor, com alta concentração em três meses e períodos secos mais longos (NIMER, 1972). Outra característica marcante das Caatingas corresponde às temperaturas médias anuais muito elevadas (Reis, 1976), com valores entre 26° a 28°C (NIMER, 1972), embora todas as áreas superiores a 250 m de altitude apresentem temperaturas médias mais baixas (20-22°C).

Os solos complexos com características variadas devido à origem geomorfológica e geológica das Caatingas, são outra característica marcante, que geram características variadas mesmo dentro de pequenas distâncias (SAMPAIO, 1995). Aparentemente, a classe mais comum de solos se enquadra nos chamados solos marrons sem cálcio (BEEK E BRAMAO, 1968; BAUTISTA, 1986), variando de vérticos com características intermediárias a vertissolos (FIGUEIREDO-GOMES, 1981), apresentando entissolos e latossolos abundantes, entrecortados por afloramentos rochosos (“lajedos”) que atuam ecologicamente como meios desérticos nos quais somente plantas suculentas são encontradas. Solos incipientes podem ser encontrados sob camadas de pedras de alguns litossolos, sendo freqüentes pequenas áreas com finos vertissolos ou solos alcalinos moderadamente profundos (AB'SABER, 1974). Alguns solos do tipo Solonetz, com elevada concentração de argila e sódio no horizonte B, ocorrem em áreas localizadas do Ceará e Bahia (AB'SABER, 1974) e, no Rio Grande do Norte, em áreas mais extensas no vale do rio Mossoró (FIGUEIREDO, 1987).

Desta forma, há na Caatinga sempre um aspecto novo, seja de um local para outro, seja na mesma região em estações diferentes (EGLER, 1951), observando-se ainda grande variedade de paisagens. O ecossistema é dominado por tipos de vegetação com características

xerofíticas – formações vegetais secas, que compõem uma paisagem cálida e espinhosa – com estratos compostos por gramíneas, arbustos e árvores de porte baixo ou médio (3 a 7 metros de altura), caducifólias (folhas que caem), com grande quantidade de plantas espinhosas (exemplo: leguminosas, entremeadas de outras espécies como as cactáceas e as bromeliáceas) (RIZZINI, 1997). Podem ser caracterizadas como florestas arbóreas ou arbustivas, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos, muitos dos quais apresentam espinhos, microfilias e algumas outras características xerofíticas (RIZZINI, 1997); a suculência é principalmente observada em Cactaceae e Bromeliaceae, enquanto que as lianas são muito escassas (ARAÚJO E MARTINS, 1999). Uma lista das principais espécies da Caatinga pode ser encontrada em Prado (1991). As fisionomias de Caatinga são muito variáveis, dependendo do regime de chuvas e do tipo de solo, variando de florestas altas e secas com até 15-20 m de altura, e. g., a “Caatinga arbórea”, segundo Andrade-Lima a verdadeira Caatinga dos índios Tupi, encontrada de forma espalhada da Bahia (ANDRADE-LIMA, 1975) e Minas Gerais (MAGALHÃES, 1961) até o Rio Grande do Norte (ANDRADE-LIMA, 1964), em solos aparentemente melhores e em localidades mais úmidas, até afloramentos de rochas com arbustos baixos esparsos, com cactos e bromeliáceas nas fendas.

Alguns autores, como Egler (1951), propõem a divisão desse ecossistema de acordo com a altura e a proximidade da vegetação: agrupada, arbustiva esparsa, arbustiva densa, arbustiva com suculentas e arbórea. Andrade-Lima (1981) dividiu a Caatinga em seis unidades, subdivididas em um ou mais tipos, totalizando 12 tipos de acordo com a representatividade das espécies observadas nas diversas áreas vegetacionais. Rizzini (1997) propõe a sua divisão com base nos graus de umidade em: Agreste (maior umidade; solo mais profundo) e Sertão (mais seco; solo raso).

Apesar de estar localizada em área de clima semi-árido, com temperaturas médias anuais elevadas e solo, em geral, raso e pedregoso (embora relativamente fértil), a Caatinga é um bioma rico em recursos genéticos dada a sua alta biodiversidade, e apresenta grande variedade de paisagens, riqueza biológica e endemismos. Reis (1976) e Nimer (1979) consideraram que a irregularidade espacial e temporal da distribuição das chuvas, associada às baixas precipitações, temperaturas elevadas e fortes taxas de evaporação e evapotranspiração, são suas principais características.

A FAMÍLIA EUPHORBIACEAE

A maioria das espécies de plantas mirmecócoricas descritas para a Caatinga pertence à família Euphorbiaceae, que é uma das maiores, mais diversificadas e complexas famílias de Angiospermas (WEBSTER, 1994a). A diplocoria enquanto dispersão balística seguida de mirmecocórica é muito difundida entre as espécies de Euphorbiaceae (WEBSTER, 1994a), assemelhando-se muito aos padrões descritos para as espécies da África e Austrália (LEAL, 2003). Por isso, esta família de plantas foi escolhida para testar as hipóteses propostas neste trabalho. A família Euphorbiaceae conta atualmente com 317 gêneros e ca. 8.000 espécies, com representantes nas regiões tropicais e temperadas de todo o mundo e ocorrendo nos mais variados tipos de vegetação e habitats (WEBSTER, 1967; 1994a,b). No Brasil, a família está representada por cerca de 1100 espécies distribuídas em 80 gêneros (BARROSO *et al.*, 1991). Caracteriza-se por apresentar plantas freqüentemente com látex, folhas geralmente alternas, flores díclinas, sendo que as flores pistiladas apresentam gineceu sincárpico com ovário súpero e geralmente tricarpetal, estiletos geralmente 3, inteiros, bífidos ou várias vezes dividido, óvulos 1-2/lóculo. Seu fruto é caracteristicamente esquizocarpo, capsular (separando-se em 3 cocos elasticamente deiscentes), septicida, septicida-loculicida ou loculicida, mais raramente drupáceo, bacáceo ou samaróideo (JUDD, 1999). Segundo Barroso *et al.* (1999), a desidratação do fruto separa-o em cápsula tricoca e em cada coca ocorre uma deiscência explosiva que lança a semente ao solo. Desta forma as sementes são dispersas primeiro balisticamente. As sementes de algumas espécies são ariladas (BARROSO *et al.*, 1991). O arilo é constituído de substâncias lipídicas, constituindo-se em elaiossomo. Sendo assim, após a dispersão balística, as formigas são atraídas pelo elaiossomo e, em geral, removem a semente para o ninho (LEAL, 2003; LEAL *et al.*, 2007).

Esse fenômeno não é considerado especializado, já que há o envolvimento de uma grande diversidade de formigas associadas às sementes. Passos e Ferreira (1996), estudando a dispersão de sementes de *Croton priscus* Croizat, identificaram 11 espécies de formigas que interagem com as sementes. Da mesma forma, Leal (2003) observou 13 espécies de formigas interagindo com os diásporos de *Jatropha mollissima*, 11 espécies com *Cnidoscolus quercifolius* e *Croton campetris*, nove espécies com *Cnidoscolus urens* e sete espécies com *J. ribifolia*. Apesar de muitas espécies estarem envolvidas na dispersão de sementes das espécies vegetais, algumas espécies desempenham um melhor serviço de dispersão e são classificadas como espécies mutualistas-chave nesse processo (“keystone mutualists”, GOVE *et al.*, 2007;

MANZANEDA E REY, 2009). Formigas grandes carnívoras têm sido apontadas como mutualistas-chave, uma vez que (1) transportam as sementes de forma mais rápida e segura até os ninhos; (2) apresentam maior frequência de interação com os diásporos e (3) dispersam as sementes por maiores distâncias (GAMMANS *et al.*, 2005; NESS *et al.*, 2007).

Leal (2003) e Leal *et al.* (2007) têm identificado espécies de formigas que freqüentemente interagem com os diásporos das Euphorbiaceae em áreas de Caatinga e constatado que (1) sementes com elaiossomo são preferencialmente removidas pelas formigas em relação àquelas sem esta estrutura; (2) sementes nas quais o elaiossomo foi removido pelas formigas apresentam maiores taxas de germinação que sementes com essa estrutura; (3) os ninhos das formigas são sítios de deposição mais favoráveis à germinação das sementes que locais aleatórios na Caatinga. Sendo assim, o presente trabalho visa estudar a etapa posterior à germinação, ou seja, como a interação entre formigas afeta o crescimento e a sobrevivência das plântulas de diferentes espécies de Euphorbiaceae em áreas de Caatinga.

III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. **O Domínio Morfoclimático Semi-árido das Caatingas Brasileiras.** Universidade de São Paulo – Instituto de Geografia – Geomorfologia – SP, 1974.
- ALBUQUERQUE, S. G.; BANDEIRA, G. R. L. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 30, p. 885-891. 1995.
- AGOSTI, D.; JOHNSON, N.F. La nueva taxonomía de hormigas. In: FERNANDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región neotropical.** Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p.45-48.
- ANDRADE -LIMA, D. Notas para la fitogeografia de Mossoró, Grossos e Areia Branca. **Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros** 13: 29-48.1964.
- ANDRADE -LIMA, D. The Caatingas dominium. **REV. Bras. Bot.** v. 4, p. 149-163.1981.
- ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. Fisionomia e organização da vegetação de carrasco no

Planalto da Ibiapaba, Estado do Ceará. **Acta BOT. Bras.** v. 13, p. 1-3. 1999.

BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A. L.; COSTA, C. G.; ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F. & LIMA, H. C. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. V. 2. Imprensa Universitária da Universidade federal de Viçosa. Viçosa, 1991.

BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. **Frutos e Sementes – Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Imprensa Universitária da Universidade federal de Viçosa. Viçosa, 1999.

BAUTISTA, H. P. Espécies arbóreas da caatinga: sua importância econômica. In: Anais do Simpósio sobre caatinga e sua exploração racional, Feira de Santana, Brasil. 1986. p. 117-140.

BEATTIE, A.J. 1983. Distribution of ant-dispersal plants. **Sonderbände des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg** 71: 421-427.

BEATTIE, A.J. **The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1985.

BEATTIE, A.J.; CULVER D. C. The guild of myrmecochores in the herbaceous flora of west Virginia forests. **Ecology**. v. 62, n. 1, p. 107-115.1981.

BEATTIE, A.J. & HUGUES, L. 2002. Ant-plant interactions. In: Herrera, C.M. & Pellmyr, O. (eds.) *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Blackwell Science, Oxford, 211-235 pp.

BEEK, K. J.; BRAMAO, D. L. Nature and geography of South American soils. In: FITTKAU, E. J.; ILLIES, J.; KLINGE, H.; SCHWABE, G. H.; SIOLI, H. (eds.) **Biogeography and Ecology in South America**. W. Junk, The Hague. 1968. p. 82-112.

BERG, R. Y. Myrmecochorous plants in Australia and their dispersal by ants. **Australian Journal of Botany** v. 23, p. 475-508.1975.

BOND, W.; SLINGSBY P. Seed dispersal by ants in Cape shrublands and its evolutionary implications. **S. Afr. J. Sci.** v. 79, p. 231-233.1983.

BOND, W.; SLINGSBY P. Collapse of ant-plant mutualism: the Argentine ant (*Iridomyrmex humilis*) and myrmecochorous Proteaceae. **Ecology** v. 65, p. 1031-1037. 1984.

- BOYD, R. S. Ecological benefits of myrmecochory for the endangered chaparral shrub *Fremontodendron decumbens* (Sterculiaceae). **American Journal of Botany** v. 88, p. 234-241. 2001.
- CASTRO, E.R.; GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes pelo lagarto *Tupinambis merianae* (Reptilia, Teiidae). **Papéis Avulsos de Zoologia** v. 44, p. 91-97. 2004.
- CAZETTA, E.; RUBIM, P.; LUNARDI, V. O.; FRANCISCO, M. R.; GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes de *Talauma ovata* (Magnoliaceae) no sudeste brasileiro. **Ararajuba** v. 10, n. 2, p. 199-206. 2002.
- CICCARELLI, D.; ANDREUCCI, A. C.; PAGNI, A. M.; GARBARI, F. Structure and development of the elaiosome in *Myrtus communis* L. (Myrtaceae) seeds. **Flora**. v. 200, p. 326-331. 2005.
- CORDEIRO, N. J.; HOWE, H. F. Forest fragmentation severs mutualism between seed dispersers and an endemism African tree. **PNAS**, v. 100, n. 24, p. 14052-14056. 2003.
- CULVER, D. C.; BEATTIE A. J. The nest chemistry of two seed dispersing ant species. **Oecologia** v. 56, p. 99-103. 1983.
- DEMINICIS, B.B; VIEIRA, H.D.; ARAÚJO, S.A.C.; JARDIM, G.; PÁDUA, F.T; CHAMBELA NETO, A dispersão natural de sementes: importância, classificação e sua dinâmica nas pastagens tropicais. **Arch. Zootec.** v. 58, p. 35-38. 2009.
- EGLER, W. H. Contribuição ao estudo da Caatinga Pernambucana. **Revista Bras. Geogr.** v. 13, p. 577-590. 1951.
- FARJIBRENER, A.G. & SILVA, J.F. 1996. Leaf cutter ants (*Atta laevigata*) aid to establishment success of *Tapirira velutinifolia* (Anacardiaceae) seedling in a parkland savanna. **Journal of Tropical Ecology** 12:163-168.
- FIGUEIREDO, M. A. **A microrregião salineira norte-riograndense no domínio das Caatingas**. Escola superior de Agricultura de Mossoró, Fundação G. Duque, Mossoró, RN. Coleção Mossoroense. Mossoró. n. 353. 1987.
- FIGUEIREDO-GOMES, M. A. **Padrões de Caatingas nos Cariris Velhos, Paraíba**. 1981. Tese de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- FOWLER, H.G.; FORTI, L.C.; BRANDÃO, C.R.F.; DELABIE, J.H.C.; VASCONCELOS, H.L. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZU, A.R. & PARRA, J.R.P. (eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, p.131-223. 1991.
- FRANCISCO, M.R.; GALETTI, M. Aves como potenciais dispersoras de sementes de *Ocotea pulchella* (Lauraceae) numa área de vegetação de cerrado do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica** v. 25, n. 1, p. 11-17.2002.
- GAMMANS, N.; BULLOCK, J.M.; SCHÖNROGGE, K. Ants benefits in a seed dispersal mutualism. **Oecologia** v. 143, p. 43-49. 2005.
- GORB, E.;GORB, S. **Seed dispersal by ants in a deciduous forest ecosystem**. Kluwer Academic Publisher. 2003.
- GOVE, A. D.; MAJER, J. D.; DUNN, R. R. A keystone ant species promotes seed dispersal in a “diVuse” mutualism. **Oecologia**, v. 153, p. 687–697. 2007.
- HANDEL, S. N. The competitive relationship of three woodland sedges and its bearing on the evolution of ant-dispersal of *Carex pedunculata*. **Evolution** v. 32, p. 151-163. 1978.
- HANDEL, S. N.; BEATTIE, A. J. Seed dispersal by ants. **Scientific American**. v. 263, p. 76-83. 1990.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**. Cambridge: Belknap, Harvard University, 1990. 732p.
- HORVITZ, C. C. Analyses of how ant behaviors affect germination in a tropical myrmecochore *Calathea microcephala* (P. & E.) Koernicke (Marantaceae): microsite selection and aril removal by neotropical ants, *Odontomachus*, *Pachycondyla* and *Solenopsis* (Formicidae). **Oecologia**. v. 51, p. 47-52. 1981.
- HORVITZ, C.C.; BEATTIE A.J. Ant dispersal of *Calathea* (Maranthaceae) seeds by carnivorous ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. **Am. J. Bot.** v. 67, p. 321-326. 1980.
- HOWE, H. F.; SMALLWOOD J.. 1982. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics** 13: 201-228.
- JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **Am. Nat.** v. 104, p. 501-528. 1970.

- JUDD, WALTER S.; CAMPBELL, C.; KELLOG, E.A.; STEVENS, P. F. **Plant SYSTEMATICS: A Phylogenetic Approach**. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts U.S.A. 464p. 1999.
- KRUGEL, M. M.; BURGER, M. I.; ALVES, M. A. Frugivoria por aves em *Nectandra megapotamica* (Lauraceae) em uma area de Floresta Estacional Decidua do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Ser. Zool.* v. 96, n. 1, p. 17 - 24. 2006.
- LATTKE, J.E. Biogeografía de las hormigas neotropicales. In: FERNANDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, 2003. p.65-85.
- LEAL, I. R.; OLIVEIRA P. S. Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation in Southeast Brazil. **Biotropica** v. 30, p. 170-178. 1998.
- LEAL, I.R. **Dispersão de sementes por formigas na caatinga**. In: Leal, I.R.; Tabarelli, M.; Cardoso, J.M. *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora UFPE. 2003. p. 593-624.
- LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. Seeds dispersal by ants in the Semi-arid Caatinga of North-east Brazil. **Annals of Botany** v. 99, n. 5, p. 885-894. 2007.
- LIEBSCH, D.; ACRA, L. A. Síndrome de dispersão de diásporos de um fragmento de floresta ombrófila mista em Tijucas do Sul, PR. *Rev. Acad., Curitiba*, v. 5, n. 2, p. 167-175, abr./jun. 2007
- LENGYEL, S.; Gove, A.D.; Latimer, A.M.; Majer, J. & Dunn, R.R. Convergent evolution of seed dispersal by ants and phylogeny and biogeography in flowering plants: a global perspective. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* (in press). 2009.
- LEVEY, D. J & BYRNE, M. M. 1993. Complex ant-plant interactions: rain forest ants as secondary dispersers and post dispersal seed predators. **Ecology** **74**: 1802-1812.
- MAGALHÃES, G. M. Vegetação do Nordeste de Minas Gerais. **Revista de Biologia da Lisboa** v. 2, p. 276-299. 1961.
- MANZANEDA, A. J.; REY, P. J. Assessing ecological specialization of an ant–seed dispersal mutualism through a wide geographic range. **Ecology** v. 90, n. 11, p. 3009–3022. 2009.
- MELLO-NETO, A.V.; LINS, R.C.; COUTINHO, S.F. Áreas de exceção úmidas e subúmidas

- do semi-árido do nordeste do Brasil: estudo especial. In: **Impactos de variações climáticas e desenvolvimento sustentável em regiões semi-áridas**. Fundação Joaquim Nabuco, Recife. 1992.
- MILEWSKI A. V.; BOND W. J. Convergence of myrmecochory in mediterranean Australia and South Africa. In BUCLEY, R. C. (ed) **Ant-plant interactions in Australia**. Junk Press, The Hague, 1982. p. 75-87.
- NATHAN, R.; MULLER-LANDAU, H.C. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. **Trends in Ecology and Evolution** v.15, p. 278-285. 2000.
- NESS, J. H.; MORIN, D. F.; GILADI, I. Uncommon specialization in a mutualism between a temperate herbaceous plant guild and an ant: are *Aphaenogaster* ants keystone mutualists?. **Oikos** v. 118, p. 1793-1804. 2009.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Fundação IBGE-SUPREN. (Recursos naturais e Meio Ambiente 4), Rio de Janeiro. 1979.
- NISHIZAWA, T. Some characteristics of rainfall in the northeast of Brazil. **Tokio Geographycal Papers**. v. 34, p. 3-51. 1976.
- O'DOWD, D.J.; HAY, M.E. Mutualism between harvester ants and a desert ephemeral: seeds escape from rodents. **Ecology** v. 61, p. 531-540. 1980.
- OHKAWARA, K. S., HIGASHI, S. AND OHARA, M. Effects of ants, ground beetles and the seed-fall patterns on myrmecochory of *Erythronium japonicum* Decne. (Liliaceae). **Oecologia** v.106, p. 500-506. 1996.
- PASSOS, L.; FERREIRA, S. O. Ant dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) seeds in a tropical semideciduous forest in southeastern Brazil. **Biotropica** v. 28, p. 697-700. 1996.
- PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v. 27, p. 261-273. 2000.
- PARRA, J.R.P. Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZU, A.R. & PARRA, J.R.P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole/Brasília, 1991. Cap.1, p. 9-66.
- PIZO, M.A. & OLIVEIRA, P.S. 1998. Interactions between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree, *Cabralea canjerana* (Meliaceae), in the Atlantic

- forest of Southeast Brazil. **American Journal of Botany** **85**: 669-674.
- PIZO, M.A.; SIMÃO, I. Seed deposition patterns and the survival of seeds and seedlings of the palm *Euterpe edulis*. **Acta Oecologica** v. 22, p. 229-233. 2001.
- PRADO, D. E. **A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America**. Ph.D. Thesis, University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland, 1991.
- REIS, A.C. DE S. Clima da caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 48, n. 2, p. 325-335. 1976.
- RETANA, J.; PICÓ, F. X.; RODRIGO, A. Dual role of harvesting ants as seed predators and dispersers of a non-myrmecorous Mediterranean perennial herb. **Oikos**, v. 105, p. 377-385. 2004.
- RICE, B.; WESTOBY, M. Evidence against the hypothesis the ant-dispersed seeds reach nutrient-enriched microsites. **Ecology** v. 67, p. 1270-1274. 1986.
- RIDLEY, H. N. **The dispersal of plants throughout the world**. L. Reeve & Co., Ltd., Lloyds Bank Buildings, Ashford, Kent. 1930.
- RISSING, S. W. Indirect effects of granivory by harvester ants: plant species composition and reproductive increase near ant nest. **Oecologia** v. 68, p. 231-234. 1986.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. HUCITEC, Ed. da USP, São Paulo, 1997. 1-374.
- SAMPAIO, E. V. S. Overview of the Brazilian Caatinga. In: BULLOCK, S. H. ; MOONE, H. A.; MEDINA, E.(eds.) **Seasonally Dry Tropical Forests**. Cambridge University Press. Cambridge, 1995. p. 35-63.
- STILES, W. E. 2000. Animals as seed dispersers. In: Fenner, M. ed. **Seeds: the ecology of regeneration in plants communities**. CABI Publishing.
- STILLING, P. **Ecology, theories and applications**. 3rd Edition. Prentice Hall, USA. 1999.
- ULBRICH, E. **Biologie der Fruchte und Samen** (Karpobiologie). Springer-Verlag, Berlin. 1928.
- VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. Springer-Verlag, Berlin, GE. 1982.
- WEBSTER, G.L. & BURCH, D. Euphorbiaceae: In: Woodson, R.E. & Schery, R.W. Flora of Panama. **Ann. Missouri Bot. Gard.** v. 54, n. 1-3, p. 210-350. 1967.

- WEBSTER, G.L. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. **Ann. Missouri. Bot. Gard.** v. 81, p. 33-144. 1994a.
- WEBSTER, G.L. Classification of the Euphorbiaceae, **Ann. Mo. Bot. Gdn.** v. 81, n. 1, p. 3-32. 1994b.
- WENNY, D. G. 2001. Advantages of seed dispersal: a re-evaluation of directed dispersal. **Evolutionary Ecology Research** 3: 51-74.
- WESTOBY M.; RICE B.; SHELLEY J. M.; HAIG D.; KOHEN J. L. Plant's use of ants for dispersal at West Head, NSW. In BUCLEY, R. C. (ed) **Ant-plant interactions in Australia**. Junk Press, The Hague, 1982. p. 75-87.

III. MANUSCRITO I – a ser enviado ao periódico *Biotropica*

LRH: Sátiro & Leal

RRH: Influência da mirmecocoria na distribuição de plântulas

Influência da mirmecocoria nos padrões de distribuição de plântulas de Euphorbiaceae em uma área de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil

Larissa Nascimento Sátiro^{1,2,*} & Inara R. Leal³

¹Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária, C.E.P. 50670-901, Recife PE.

²Departamento de Biologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Manoel Severino Barbosa, s/n, Bom Sucesso, C.E.P. 57309-005, Arapiraca, AL.

³Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária, C.E.P. 50670-901, Recife PE.

* Autor para correspondência: larisatiro@hotmail.com.

Received ____; revision accepted _____. (BIOTROPICA will fill in dates.)

RESUMO

Muitas sementes são dispersas por formigas, processo denominado mirmecocoria, o qual pode alterar a distância entre as sementes primariamente dispersas e das plântulas que se estabelecerão, interferindo no estabelecimento das plântulas. Esta relação é muito pouco estudada para a América Latina, embora sua ocorrência seja documentada para o Brasil. Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi verificar a influência da mirmecocoria no crescimento e sobrevivência de plântulas de Euphorbiaceae em uma área de Caatinga. Para tanto, em junho de 2006, foram montadas dez parcelas de 1 m² em três tratamentos: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas. Todas as plântulas de *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima*, e *Jatropha ribifolia* encontradas foram marcadas e as distâncias entre elas mapeadas. A distância entre as plântulas em formigueiros foi cerca de três vezes maior que em formigueiros, sendo superada apenas pela área controle, o que interfere positivamente no estabelecimento das espécies neste tratamento. Para verificar diferenças no crescimento e na sobrevivência das plântulas em diferentes densidades, um experimento em casa de vegetação foi montado a partir da moda das distâncias entre plântulas observadas em campo, sob mesmo substrato de janeiro a dezembro de 2007. Apenas *Croton blanchetianus* não germinou. Para as demais espécies, o crescimento das plântulas foi maior nos formigueiros e área controle e menor abaixo da planta-mãe exceto em *Cnidoscolus quercifolius*. Houve diferença na sobrevivência apenas para *Croton heliotropiifolius*. Esses resultados indicam um efeito positivo da mirmecocoria no crescimento da maioria das espécies testadas e confirmam sua importância em fases posteriores do recrutamento de novos indivíduos nas populações.

Palavras chave: dispersão de sementes por formigas; distribuição espacial; elaiossomo; estabelecimento de plântulas; formigueiro; planta-mãe; crescimento; sobrevivência.

Abstract

Many seeds are dispersed by ants, a process called myrmecochory, which can vary the distance between the seeds primarily dispersed and the seedlings to be established, affecting the establishment of seedlings. This relationship has been poorly studied in Latin America, although its occurrence is documented for Brazil. In this context, the objective of this study was to assess the influence of myrmecochory in growth and seedling survival of Euphorbiaceae in a Caatinga area. To this end, in June 2006, ten plots of 1 m² were assembled in three treatments: (1) below the parent plant, (2) in the near the anthills of selected species and (3) in control areas without adults and anthills, but with the occurrence of seedlings. All the seedlings of *Cnidoscolus quercifolius*, *blanchetianus* *Croton*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima*. and *Jatropha ribifolia* found were marked and mapped the distances between them. The distance between the seedlings in anthills was about three times higher than below the parent plant, only surpassed by the control area, which proves the positive effect caused by physical interference of the ants by changing the pattern of seeds primary dispersal and the subsequent establishment seedlings in the areas near their anthills. To verify differences in the growth and survival of seedlings in different densities, an experiment in a greenhouse was built from the modal score of the distances between seedlings observed in the field, under the same substrate from January to December 2007. Only *Croton blanchetianus* didnt germinate. For other species, seedling growth was higher in the anthills and control areas and smaller below the parent plant except in *Cnidoscolus quercifolius*. There were differences in survival only for *Croton heliotropiifolius*. These results indicate a positive effect of myrmecochory on growth of most species tested and confirmed its importance in later stages of the recruitment of new individuals in populations.

Keywords: seed dispersal by ants; spatial distribution; elaiosome; seedling establishment; anthills; parent plant, growth, survival.

A DISPERSÃO DE DIÁSPOROS (I.E. FRUTOS OU SEMENTES QUE ATUAM COMO UNIDADE DE dispersão vegetal) é uma importante fase no ciclo de vida dos vegetais. Ela exerce grande influência na dinâmica das espécies em seus habitats naturais e no sucesso reprodutivo das espécies, determinando o local onde as sementes podem germinar e as futuras plântulas se estabelecerem (Wenny, 2001; Gorb & Gorb, 2003). As atividades de remoção de sementes têm sido apontadas como um dos fatores que causam impacto na densidade de sementes. Os agentes removedores de sementes podem influenciar a estrutura de populações de plantas através da alteração da taxa e do padrão de recrutamento (Crawley 1992, Ferreira *et al.* 2007). A dispersão de sementes que não requer agentes dispersores é chamada de autocórica. Quando agentes dispersores, tais como vento, água, animais ou humanos estão envolvidos, a dispersão é conhecida como alocórica. Ambos os métodos de dispersão são reflexos de adaptações particulares das plantas (van der Pijl, 1982) e muitas angiospermas desenvolveram adaptações morfológicas, anatômicas, bioquímicas e fenológicas para promover uma dispersão efetiva de seus diásporos (Gorb & Gorb, 2003). A remoção de sementes, seja por predação ou por dispersão secundária, é realizada por vários agentes bióticos, e entre eles destacam-se as formigas (Janzen 1971, Crawley 1992, Hulme 1998). A interação entre formigas e diásporos tem sido foco de pesquisas há mais de dois séculos, embora estudos acerca da influência desses agentes dispersores na estrutura das populações de plantas tenham sido intensificados nas últimas décadas (Handel & Beattie 1990).

Mesmo transportando as sementes por pequenas distâncias, as formigas modificam a deposição realizada pelos dispersores primários, influenciando o sucesso reprodutivo das plantas e a estrutura espacial de populações vegetais (Robert & Heithaus 1986). As atividades de remoção de sementes realizadas pelas formigas são influenciadas pelo tamanho das sementes e pela presença de um apêndice externo à semente composto por substâncias lipídicas, o elaiossomo (van der Pijl 1982). Os elaiossomos atraem as formigas e atuam como

apoio mecânico para o transporte das sementes para os ninhos (Westoby *et al.* 1991). As sementes que chegam aos ninhos têm os elaiossomos removidos e as sementes, normalmente intactas, são descartadas nas lixeiras, que podem ser internas ou externas aos formigueiros (Horvitz & Beattie 1980).

Mais de 11.000 espécies de angiospermas, agrupadas em mais de 80 famílias (Beattie 1983, Beattie & Hughes 2002; Lengyel *et al.* 2009), possuem suas sementes dispersas por formigas. Esta síndrome é especialmente comum entre espécies herbáceas das florestas temperadas no Hemisfério Norte (Beattie & Culver 1981) e arbustivas em vegetação esclerófila seca crescendo em solos inférteis da Austrália, África do Sul e região do Mediterrâneo (Berg 1975, Slingsby & Bond 1981, Westoby *et al.* 1982, Westoby *et al.* 1991). No Brasil, a mirmecocoria já foi registrada em Floresta Tropical Semidecídua (Passos & Ferreira 1996) e, mais recentemente, na Caatinga, onde as Euphorbiaceae representam a principal família que apresenta este tipo de interação (Leal 2003, Leal *et al.* 2007). Contudo, a influência da mirmecocoria no crescimento e sobrevivência de plântulas na Caatinga permanece desconhecida, já que somente processos ligados à germinação de sementes foram estudados (Leal 2003, Leal *et al.* 2007).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo descrever características físicas e químicas dos solos investigar a influência da mirmecocoria sobre o crescimento e sobrevivência de plântulas de cinco espécies de Euphorbiaceae em uma área de Caatinga no Nordeste Brasileiro. Mais especificamente, comparamos, em campo, a distância entre plântulas em três ambientes (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas. Em seguida, simulamos o agrupamento obtido nesses tratamentos e avaliamos o crescimento e a sobrevivência de plântulas em casa de vegetação. Nossa expectativa foi que as áreas de formigueiros apresentassem graus de agrupamento

intermediários quando comparadas com o tratamento abaixo dos parentais e das áreas controle. Além disso, esperamos que plântulas que se estabelecem sob agrupamentos característicos do tratamento associado a áreas de formigueiros crescessem e sobrevivessem mais que as dos demais tratamentos, especialmente àqueles associados à presença da planta-mãe.

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO - A cidade de Juazeiro, onde o estudo foi realizado, localiza-se na margem direita do Rio São Francisco, no extremo norte do estado da Bahia, e faz divisa com Pernambuco (Fig. 1A). A área de estudo está inserida no ecossistema Caatinga, cujas principais características são a irregularidade espacial e temporal da distribuição das chuvas, que acabam gerando fisionomias bastante diferentes ao longo do ano (Figs. 1 B e C), associada às baixas precipitações, temperaturas elevadas e fortes taxas de evaporação e evapotranspiração (Reis 1976, Nimer 1979). Apresenta precipitação média anual de 399 mm, temperatura máxima anual de 29,6°C, média de 24.2°C e mínima de 20.3°C. A pluviosidade máxima anual chega aos 1055 mm, a média a 0427 mm e a mínima a 0098 mm. O período chuvoso se estende de novembro a março, sendo o risco de seca alto. O solo é caracteristicamente compacto na região estudada, apresentando aspecto pedregoso em diversas áreas, entrecortado por áreas inundadas em determinados períodos do ano, correspondente à época das chuvas. A predominância das Leguminosas, e das famílias Euphorbiaceae e Cactaceae é marcante, embora haja outras famílias representativas, como Bignoniaceae e Anacardiaceae, comuns em áreas de Caatinga (Andrade-Lima 1989, Giuliette & Forero 1990, Prado 1991, Prado & Gibbs 1993, Sátiro & Roque 2008).

ESPÉCIES FOCAIS - A família Euphorbiaceae conta atualmente com 317 gêneros e ca. 8.000 espécies ocorrentes nos mais variados tipos de vegetação e de habitats das regiões tropicais e temperadas de todo o mundo (Webster 1967; 1994a,b). Para a realização deste estudo foram utilizadas cinco espécies da família Euphorbiaceae, a saber, *Cnidoscolus quercifolius* Pohl, *Croton blanchetianus* Müll. Arg., *Croton heliotropiifolius* Kunth, *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill. Estas espécies foram escolhidas por serem bem representadas na área de estudo e em áreas de Caatinga em geral (Sátiro & Roque 2008) e por possuírem sementes com a região micropilar recoberta por um elaiossomo bastante característico conhecido como carúncula (Barroso *et al.* 1999, Gorb & Gorb 2003).

EXPERIMENTOS DE REMOÇÃO - Para identificar as espécies de formigas responsáveis pela remoção dos diásporos de Euphorbiaceae, bem como verificar os sítios de deposição das sementes, foram realizados experimentos de remoção. Para tal, foram montadas 10 estações de observação com duas sementes cada, uma com elaiossomo e uma sem elaiossomo, totalizando 20 sementes para cada espécie de Euphorbiaceae estudada. As estações foram espaçadas por 10 m para manter descobertas independentes por parte das formigas (Leal *et al.* 2007). Para coletar formigas com diferentes horários de atividade, cinco estações de observação eram montadas às 4:00 h e checadas às 5:00, 6:00, 7:00, 8:00 e 9:00 h; outras cinco eram montadas às 17:00 e checadas às 18:00, 19:00, 20:00, 21:00 e 22:00 h. Estas observações foram repetidas 10 vezes para cada espécie em diferentes dias de novembro de 2005 a março de 2006. As espécies de formigas atraídas foram registradas e seguidas até os seus ninhos, os quais foram marcados com estacas devidamente identificadas de acordo com a espécie de planta com a qual interagiram. Além disso, os comportamentos das formigas juntos aos diásporos foram classificados da seguinte forma: (1) formigas que inspecionaram os diásporos, mas não removeram o elaiossomo nem o diásporo como um todo; (2) formigas que

cortaram e mastigaram o elaiossomo, mas não removeram os diásporos; (3) formigas que removeram os diásporos.

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DAS PLÂNTULAS - Para testar a influência das formigas sobre o padrão de distribuição espacial das espécies de Euphorbiaceae selecionadas, a distribuição das plântulas foi medida em três tratamentos: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas de junho a setembro de 2006. Para cada espécie de planta estudada foram delimitadas 10 parcelas de 1m x 1 m em cada um destes tratamentos, e em cada parcela foram marcadas e mapeadas as plântulas existentes. O agrupamento das plântulas em cada parcela foi estimado através da distância entre plântulas.

CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DAS PLÂNTULAS NA CASA DE VEGETAÇÃO - Adicionalmente às observações de campo, experimentos de germinação de plântulas simulando o agrupamento encontrado nos três tratamentos (i.e., abaixo da planta-mãe, nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas) foram realizados na casa de vegetação do Horto da Universidade Estadual de Feira de Santana, na Bahia de janeiro a dezembro de 2007. Para tal, foi utilizada a moda das densidades e distâncias encontradas no campo. Para cada espécie de Euphorbiaceae foram montadas três repetições de cada tratamento, totalizando nove canteiros por espécie. Cada canteiro possuía 1m x 1m e foram preenchidos com terra vegetal, até atingirem 20 cm de profundidade. Todas as sementes colocadas para germinar tiveram seu elaiossomo retirado. Os indivíduos que germinaram foram monitorados em intervalos mensais ao longo de um ano, no intuito de avaliar as diferenças de crescimento nos três tratamentos. O número de plântulas vivas após um ano foi utilizado para estimar a sobrevivência. Para a realização deste experimento, foi utilizada a casa de vegetação.

ANALISE ESTATÍSTICA - A diferença nas taxas de remoção de sementes com e sem elaiossomo foram testadas com qui-quadrado. A distância entre plântulas de Euphorbiaceae nos três tratamentos em campo, assim como o crescimento e sobrevivência em casa de vegetação foram comparados através de ANOVA um fator. O teste de Tukey foi aplicado à posteriori para cada uma das análises para medir as diferenças entre os tratamentos. As análises foram realizadas para cada espécie de Euphorbiaceae separadamente. Os procedimentos estatísticos seguem Zar (1999) e todas as análises foram realizadas através do programa R (programa de uso livre).

RESULTADOS

EXPERIMENTOS DE REMOÇÃO - Foram registradas 12 espécies de formigas interagindo com os diásporos ofertados, distribuídas em sete gêneros e quatro subfamílias (Tabela 1). Das 1000 sementes ofertadas (100 com elaiossomo e 100 sem elaiossomo em cinco espécies de plantas diferentes) 460 foram removidas e depositadas em 72 formigueiros pertencentes às 12 espécies acima descritas. Para todas as espécies testadas, sementes com elaiossomo foram mais removidas que sementes sem elaiossomo (*Cnidoscolus quercifolius*: $\chi^2 = 95,63$; gl = 9; p = 0,0001; *Croton blanchetianus*: $\chi^2 = 26,51$; gl = 9; p = 0,0017; *Croton heliotropiifolius*: $\chi^2 = 53,29$; gl = 9; p = 0,0001; *Jatropha mollissima*: $\chi^2 = 77,91$; gl = 9; p = 0,0001; *Jatropha ribifolia*: $\chi^2 = 114,25$; gl = 9; p = 0,0001; Figura 2). As maiores taxas de remoção foram observadas para a espécie *Croton blanchetianus* (95% com elaiossomo e 13% sem elaiossomo) e as menores para *Jatropha mollissima* (77% com elaiossomo e 2% sem elaiossomo).

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DAS PLÂNTULAS - Para todas as espécies testadas a distância entre as plântulas foi significativamente diferente entre os três tratamentos, com exceção de *Jatropha mollissima* (*Cnidoscolus quercifolius*: $F = 7,75$; $gl = 2$; $p < 0,001$; *Croton blanchetianus*: $F = 57,37$; $gl = 2$; $p < 0,0001$; *Croton heliotropiifolius*: $F = 29,48$; $gl = 2$; $p < 0,0001$; *Jatropha mollissima*: $F = 0,44$; $gl = 2$; $p < 0,05$; *Jatropha ribifolia*: $F = 21,15$; $gl = 2$; $p < 0,0001$). As médias documentadas foram menores abaixo da planta-mãe, seguida pelos formigueiros e pelas áreas controle (Fig. 3).

CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DAS PLÂNTULAS NA CASA DE VEGETAÇÃO - As plântulas monitoradas na casa de vegetação apresentaram diferentes graus de crescimento e sobrevivência em resposta às diferentes distâncias às quais foram expostas. A espécie *Croton blanchetianus* não germinou em casa de vegetação e por isso não foi incluída no experimento. O crescimento das plântulas de *Cnidoscolus quercifolius* não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. Para *Croton heliotropiifolius*, os resultados foram significativos, indicando maior crescimento nas distâncias encontradas nas áreas controle, seguidos dos formigueiros, e abaixo da planta-mãe ($F = 11,347$; $gl = 2$; $p < 0,001$; Fig.4A). O gênero *Jatropha* também apresentou diferenças significativas em relação ao crescimento nas distâncias maiores, representadas pelos formigueiros e áreas controle. *Jatropha mollissima* apresentou maior crescimento nos formigueiros e nas áreas controle que abaixo da planta-mãe ($F = 18,702$; $gl = 2$; $p < 0,001$), não apresentando diferenças significativas entre os dois primeiros (Fig.4B). *Jatropha ribifolia*, por sua vez, apresentou maior crescimento no tratamento formigueiro, seguido do tratamento controle; o tratamento planta-mãe apresentou o menor crescimento ($F = 34,061$; $gl = 2$; $p < 0,001$; Fig.4-C).

Os resultados para sobrevivência apresentaram-se não significativos, exceto para *Croton*

heliotropiifolius (*Cnidoscolus quercifolius*: $F = 1,33$; $gl = 2$; $p = 0,33$; *Croton heliotropiifolius*: $F = 26,0$; $gl = 2$; $p = 0,0017$; *Jatropha mollissima*: $F = 0,8$; $gl = 2$; $p = 0,5$; *Jatropha ribifolia*: $F = 0,22$; $gl = 2$; $p = 0,82$).

DISCUSSÃO

Muitos trabalhos têm sido realizados acerca da importância da mirmecocoria na germinação de sementes (e.g., Passos & Ferreira 1996, Leal *et al.* 2007). Contudo, ainda são escassos os trabalhos relacionados com a distribuição espacial e o crescimento e sobrevivência das plântulas dispersas por formigas. Esse estudo investigou o desempenho de plântulas de cinco espécies de Euphorbiaceae, a principal família com dispersão mirmecocórica na região Neotropical, em uma área de Caatinga do Nordeste Brasileiro. Através da comparação do crescimento e sobrevivência das plântulas abaixo da planta-mãe, nas adjacências dos formigueiros e em áreas controle, verificamos que a área dos ninhos constitui os melhores sítios para o estabelecimento de novos indivíduos para a maioria das espécies testadas. Nossos resultados indicam que a mirmecocoria não apenas aumenta a taxa de germinação de sementes, como descritos anteriormente, mas também propicia maior crescimento e sobrevivência das plântulas que são depositadas nas proximidades dos ninhos.

Levando-se em consideração a diversidade de formigas observada em ambientes de Caatinga no Brasil (e.g., Leal 2002, Leal 2003), a quantidade de espécies encontradas na área de estudos interagindo com as espécies vegetais foi pequena. Isto pode ter ocorrido porque embora a área estudada fosse relativamente preservada, as áreas ao redor eram utilizadas para pecuária extensiva. Contudo, estudos recentes têm sugerido que a mirmecocoria é uma interação menos difusa do que considerado anteriormente, revelando que, apesar de muitas espécies atuarem como dispersoras, algumas espécies, que removem as sementes mais rapidamente e por maiores distâncias são mais eficientes, são parceiros mais estreitos e, por

isso, consideradas mutualistas-chave (Ness *et al.* 2009; Manzaneda & Rey 2009). Sendo assim, os resultados desse mutualismo dependem mais da variação na abundância das formigas mutualistas-chave que da diversidade das comunidades (Gove *et al.* 2007).

Embora se saiba que formigas forrageadoras respondem ao tamanho e ao grau de agrupamento de itens alimentares (Bisseau & Pasteels 1994; Levina 1957), bem como a características atrativas destes itens (Hughes & Westoby 1990), a dinâmica de remoção das sementes de Euphorbiaceae apresentou outras particularidades intrínsecas às espécies de formigas presentes nas áreas onde as sementes foram oferecidas. Indivíduos da mesma espécie de formiga alguns dias se mostravam interessadas nos diásporos e em outros dias não. Além disso, houve grande variação intra e inter-específica na atividade de forrageamento de colônias de um dia para o outro. Por exemplo, o número de formigas que forrageavam nas áreas onde as sementes foram oferecidas variou de menos de dez a mais de 100 de um dia para o outro. Desta forma, de um dia para o outro as colônias alteraram não só o local no qual realizavam o forrageamento como também a intensidade com que o faziam. Segundo Gordon (2002), esse comportamento aparentemente imprevisível pode aumentar a chance de perceber os recursos nas áreas ao redor das colônias (Gordon 2002).

As estações foram montadas nos primeiros horários da manhã, antes do nascer do sol e ao fim da tarde, próximo ao pôr do sol, horários de maior atividade das formigas na área de estudos. Comportamento semelhante já foi observado para áreas de semelhante caracterização morfoclimática por Gordon (1991) e Gordon e Kuling (1996). Essa metodologia proporcionou que diferentes espécies de formigas fossem incluídas no estudo. De fato, espécies como *Camponotus vitatus*, *Crematogaster* sp., *Pheidole* sp.1 e *Pheidole* sp. 2 foram observadas somente à noite, interagindo com os diásporos apenas nas primeiras horas da manhã. Já *Camponotus crassus*, *Crematogaster victima*, *Pheidole radoskowskii*, *Dorymyrmex thoracicus* e *Dorymyrmex* sp. foram mais comuns ao entardecer, sendo observadas removendo sementes

nesses horários. Essa substituição nas espécies de formigas que interagem com plantas é bastante conhecida na literatura e envolve formigas que patrulham plantas com nectários extra-florais (*e.g.*, Oliveira & Brandão 1991, Cogni *et al.* 2003), formigas envolvidas em interações com hemípteros (*e.g.*, Del-Claro & Oliveira 1999). Essa substituição nas espécies de formigas que interagem com diásporos mirmecocóricos ao longo do dia garante uma remoção rápida das sementes para os ninhos e pode evitar o ataque por parte de predadores de sementes (Heithaus 1981, Higashi *et al.* 1989).

Os elaiossomos são bastante atrativos para as formigas, porém, sua atratividade funciona até algumas horas após a dispersão balística, a depender do horário em que as sementes são dispersas pela planta-mãe. Diásporos liberados próximo ao meio-dia ressecavam em menos de uma hora, principalmente para as espécies com sementes de pequeno tamanho como as de *Croton* spp. A maioria das sementes com elaiossomo não transportadas pelas formigas ficou exposta por períodos relativamente longos, o que pode explicar sua menor atratividade para as formigas. Este padrão já foi descrito para várias espécies mirmecocóricas (ver revisão em Gorb & Gorb 2003).

Algumas sementes sem elaiossomo também foram removidas, ainda que em taxas bastante menores em relação aos com elaiossomo. Isso pode ser explicado por um comportamento comum em formigas de carregar matéria aparentemente não aproveitável para seus ninhos (Gordon 1995). Além de levar as sementes para os ninhos, com e sem elaiossomo, as formigas, frequentemente, alteravam sua posição após seu descarte nas lixeiras em dias subseqüentes. Esse comportamento é extremamente relevante da perspectiva da população de planta, pois, mesmo depois de serem depositadas nas lixeiras, as sementes podem ter sua posição alterada, o que afeta o padrão de distribuição das plântulas que irão se estabelecer futuramente e dos indivíduos adultos (Robert & Heithaus 1986, Hughes 1991, Byrne & Levey 1993, Kaspari 1993, 1996). Muitas vezes as sementes removidas foram perdidas pelo

caminho entre as estações de observação e os formigueiros. Estas, provavelmente, deram origem às plântulas observadas em pontos controle, nos quais não havia ninhos ou plantas-mãe. Ainda que não fossem transportadas para os ninhos, o fato de transportarem as sementes por distâncias superiores àquelas possibilitadas pela dispersão primária, já diminui o conflito prole-parental e, assim, também é benéfico para as populações de plantas (Higashi et al. 1989, Boyd 2001).

Finalmente, os resultados demonstram que as diferentes distâncias entre sementes encontradas no campo e simuladas na casa de vegetação alteram significativamente as taxas de crescimento das plântulas de três das quatro espécies que germinaram. Apenas para *Cnidoscolus quercifolius* não houve diferença no crescimento entre os tratamentos. Para estas espécies com diferenças no crescimento das plântulas entre os tratamentos, plântulas submetidas a distâncias similares às encontradas nos formigueiros (e, consequentemente, densidades) apresentaram maiores taxas de crescimento. Esses resultados corroboram a idéia de que as formigas, ao removerem as sementes de seus sítios originais, alteram a deposição das sementes produzidas pelos processos primários de dispersão, influenciando, assim, não apenas o sucesso reprodutivo das plantas mas também a estrutura espacial de sua populações (Robert & Heithaus 1986, Byrne & Levey 1993, Kaspari 1993, 1996). O fato de colônias de formigas e plantas serem espacialmente fixas significa que as interações competitivas de ambos os taxa são confinadas a zonas bem definidas (Harper 1977). Seus módulos de forrageamento interagem somente com aqueles de seus vizinhos; desta forma, a distribuição espacial dos indivíduos, mais que sua densidade, determina suas interações competitivas (Westoby et al. 1982). Estas informações contribuem para ratificar a importância da alteração no padrão de distribuição das plântulas pelas formigas e da sua influência nas taxas de crescimento vegetal.

A falta de diferenças significativas na sobrevivência das plântulas crescendo sob

diferentes distâncias pode ter sido devido a condições favoráveis de água e nutrientes, que, apesar de interferirem no crescimento das plântulas, não levaram a sua morte. É possível que com mais tempo de observação, diferenças na mortalidade sejam observadas. Entretanto, experimentos em campo acerca desse fator precisam ser realizados a fim de esclarecer a verdadeira associação de sobrevivência e distância entre as plântulas.

Desta forma pode-se concluir que as formigas interferem positivamente no padrão de distribuição das espécies de Euphorbiaceae estudadas, afetando a população de adultos. O nível de agrupamento em que as plântulas se encontram nos formigueiros é menor que abaixo dos parentais. Áreas controle também apresentam baixo nível de agrupamento, entretanto, o número de indivíduos recrutados é muito pequeno. Sendo assim, as adjacências dos ninhos apresentam as melhores condições entre o número de novos indivíduos recrutados e a distância mínima entre eles, de forma que a alta densidade não afete seu crescimento. Dessa forma, este estudo demonstrou que as formigas interferem positivamente não apenas na germinação de sementes, como descrito anteriormente, mas, também, em etapas subsequentes do recrutamento de novos indivíduos nas populações de espécies mirmecocóricas.

AGRADECIMENTOS

Somos gratas à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia Estado de Pernambuco pelo financiamento do projeto (processo número APQ-0140-2.05/08) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de doutorado para LSN e pela bolsa de produtividade em pesquisa para IRL. Agradecemos também à Secretaria de Desenvolvimento Rural de Juazeiro-BA pelas informações concedidas acerca da área de estudos; ao Dr. Jacques Delabie pela identificação de parte das formigas; ao Dr. José Raniere pela concessão do Horto da UEFS para a realização dos experimentos em casa de vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE -LIMA, D. 1981. The Caatingas dominium. **Rev. Bras. Bot.** 4: 149-163.
- BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. 1999. **Frutos e Sementes – Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- BEATTIE, A.J. 1983. Distribution of ant-dispersal plants. **Sonderbände des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg** 71: 421-427.
- BEATTIE, A.J.; CULVER, D. C. 1981. The guild of myrmecochores in the herbaceous flora of West Virginia forests. **Ecology** 62: 107-115.
- BEATTIE, A.J.; HUGUES, L. 2002. Ant-plant interactions. In: Herrera, C.M. & Pellmyr, O. (eds.) **Plant-animal interactions: an evolutionary approach**. Blackwell Science, Oxford, 211-235 pp.
- BERG, R. Y. 1975. Myrmecochorous plants in Australia and their dispersal by ants. **Australian Journal of Botany** 62: 714–722
- BISSEAU DE, J. C; PASTEELS, J. M. 1994. Regulated food recruitment through individual behavior of scouts in the ant *Myrmica sabuleti* (Hymenoptera: Formicidae). **J. Insect Behav.** 7(6):767-777.
- BOYD, R. S. 2001. Ecological benefits of myrmecochory for the endangered chaparral shrub *Fremontodendron decumbens* (Sterculiaceae). *Am. J. Bot.* 88: 234-241.
- BYRNE, M. M.; LEVEY, D.J. 1993. Removal of seeds from frugivore defecations by ants in a Costa Rican rain forest. **Vegetatio**. 108:363-374.

- COGNI, R.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. 2003. Interhabitat differences in ant activity on plant foliage: ants at extrafloral nectarines of *Hibiscus pernambucensis* in sandy and mangrove forests. **Entomol. Exp. Appl.** 107:125–131.
- CRAWLEY, M. J. 1992. **Seed predator and plant population dynamics seeds, the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CAB International.
- DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S. 1999. Ant–Homoptera interactions in neotropical savanna: the honeydew-producing treehopper *Guayaquila xiphias* (Membracidae) and its associated ant fauna on *Didymopanax vinosum* (Araliaceae). **Biotropica** 31:135–144.
- FERREIRA, A. V.; VASCONCELOS, A. L.; BRUNA, E. M. 2007. Efeito da remoção de sementes por formigas, aves e roedores no recrutamento de plântulas do Cerrado. **Biológico**. V-69, suplemento 2, 359-363, São Paulo.
- GIULIETTI, A. M.; FORERO, E. 1990. “Workshop”: Diversidade Taxonômica e Padrões de Distribuição das Angiospermas Brasileiras. Introdução. **Acta Bot. Bras.** 4: 3-10.
- GORB, E.; GORB, S. 2003. **Seed dispersal by ants in a deciduous forest ecosystem**. Kluwer Academic Publisher.
- GORDON, D. M. 2002. **Formigas em ação – Como se organiza uma sociedade de insetos**. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro.
- GORDON, D. M. 1991 Behavioral flexibility and the foraging ecology of seed-eating ants. **American Naturalist**, 38: 379-411.
- GORDON, D.M. 1995 The expandable network of ant exploration. **Animal Behavior**. 50:995-1007.
- GORDON, D.M.; KULIG, A.W. 1996 Founding, foraging and fighting: colony size and the spatial distribution of harvester ant nests. **Ecology**, 77: 2393-2409.
- GOVE, A. D.; MAJER, J. D; DUNN, R. R. 2007. A keystone ant species promotes seed dispersal in a “diVuse” mutualism. **Oecologia**, 153:687–697.

- HANDEL, S.M.;BEATTIE, A.J. 1990. Seed dispersal by ants. **Scientific American**. 263:76-83.
- HARPER, J.L. 1977. **The population biology of plants**. Academic Press, New York. New York. USA.
- HUGHES, L. 1991. The relocation of ant nests entrances: Potential consequences for ant-dispersed seeds. **Austral. J. Ecol.** 16:207-214.
- HUGHES,L.; WESTOBY,M.. 1990. Removal rates of seeds adapted for dispersal by ants. **Ecology** 71:138-148.
- HEITHAUS, E. R. 1981. Seed predation by rodents on 3 antdispersed plants. **Ecology** 62: 136-145.
- HIGASHI, S., TSUYUZAKI, S., OHARA, M. 1989. Adaptive advantages of ant-dispersed seeds in the myrmecochorous plant *Trillium tschonoskii* (Liliaceae). **Oikos** 54: 389-394.
- HORVITZ, C.C.; BEATTIE A.J. 1980. Ant dispersal of *Calathea* (Maranthaceae) seeds by carnivorous ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. **Am. J. Bot.** v. 67, p. 321-326.
- HULME, P.E. 1998. Post-dispersal seed predation: consequences for plant demography and evolution. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 1: 32-46.
- JANZEN, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **Am. Nat.** 104:501-528.
- KASPARI, M. 1993. Removal seeds from neotropical frugivore droppings: ants responses to seed number. **Oecologia** 95:81-88.
- KASPARI, M. 1996. Worker size and seed size selection by harvester ants in a Neotropical forest. **Oecologia** 105:397-404.
- LEAL, I.R. 2002. Diversidade de formigas no estado de Pernambuco, p.483-492. In J.M. Silva & M. Tabarelli (eds.), **Atlas da biodiversidade de Pernambuco**. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 722p.

- LEAL, I.R. 2003. **Dispersão de sementes por formigas na caatinga**. Pp 593-624 in: Leal, I.R.; Tabarelli, M.; Cardoso, J.M. (eds.) *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife. Editora UFPE.
- LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. 2007. Seeds dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of northeast Brazil. **Annals of Botany** 99: 885-894.
- LENGYEL, S.; GOVE, A. D.; LATIMER, A.M.; MAJER, J. D.; DUNN, R. R. 2009. Ants Sow the Seeds of Global Diversification in Flowering Plants. **Plos One** 4(5): e5480.
- LEVINA, R. E. 1957. **Methods of dispersal of seed and fruit** – Moskwa: Izdatelstvo Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta. 360 p. (in Russian).
- MANZANEDA, A.J; REY, P. J. 2009. Assessing ecological specialization of an ant–seed dispersal mutualism through a wide geographic range. *Ecology*, 90(11): 3009–3022.
- NESS, J. H.; MORIN, D. F.; GILADI, I. 2009. Uncommon specialization in a mutualism between a temperate herbaceous plant guild and an ant: are *Aphaenogaster* ants keystone mutualists?. **Oikos** 118: 1793_1804.
- NIMER, E. 1979. **Climatologia do Brasil**. Fundação IBGE-SUPREN. (Recursos naturais e Meio Ambiente 4), Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, P. S., BRANDÃO, C. R. F. 1991. The ant community associated with extrafloral nectaries in Brazilian cerrados. In: Cutler, D. F., Huxley, C. R. (eds) **Ant–plant interactions**. Oxford University Press, Oxford, pp 198–212
- PASSOS, L. & FERREIRA, S. O. 1996. Ant dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) seeds in tropical semideciduous forest in southeast-ern Brazil. **Biotropica** 28: 697-700.
- PRADO, D. E. 1991. **A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America**. Ph.D. Thesis, University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland.

- PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 80:902-927.
- REIS, A.C. DE S. 1976. Clima da caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 48(2): 325-335.
- ROBERTS, J.T.; HEITHAUS, E. R. 1986. Ants rearrange the vertebrate-generated seed shadow of a neotropical fig tree. **Ecology**. 67(4):1046-1051.
- SÁTIRO, L. N.; ROQUE, N. 2008. A família Euphorbiaceae nas Caatingas arenosas do médio rio São Francisco, BA, Brasil. **Acta bot. bras.** 22(1):99-118.
- SLINGSBY, P. & BOND, W.J. 1981. Ants-friends of the fynbos. **Veld and flora** 67: 39-45.
- VAN DER PIJL, L. 1982. **Principles of dispersal in higher plants**. Berlin: Springer-Verlag.
- WEBSTER, G.L. 1994A. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. **Ann. Missouri. Bot. Gard.** 81: 33-144.
- WEBSTER, G.L. 1994b. Classification of the Euphorbiaceae, **Ann. Mo. Bot. Gdn.** 81(1): 3-32.
- WEBSTER, G.L. & BURCH, D. 1967. Euphorbiaceae: *In*: Woodson, R.E. & Schery, R.W. Flora of Panama. **Ann. Missouri Bot. Gard.** 54(1-3): 210-350.
- Wenny, D. G. 2001. Advantages of seed dispersal: a re-evaluation of directed dispersal. **Evolutionary Ecology Research** 3: 51-74.
- WESTOBY, M.; RICE, B.; SHELLEY, J.M.; HAIG, D.; KOHEN, J.L. 1982. Plants use of ants for dispersal at West Head New South Wales. **Ant plants interactions in Australia**. Ed. Buckley, R. C.- The Hague: Dr. W. Junk Publishers. 75-87.
- WESTOBY, M.; FRENCH, K.; HUGDES, L.; RICE, B.; RODGERSON, L. 1991. Why do more plant species use ants for dispersal on infertile compared with fertile soils? **Australian Journal of Ecology** 16: 445-455.
- ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall, New Jersey.

Legendas das Figuras

Figura 1. Área de estudos em Juazeiro, Bahia, Brasil. (A) Mapa da localidade; (B) Base da Serra de Campo dos Cavalos; (C) Base da Serra de Campo dos Cavalos durante período de seca.

Figura 2. Porcentagem de sementes com e sem elaiossomo removidas por formigas para as cinco espécies de Euphorbiaceae estudadas em áreas de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil.

Figura 3. Distância média entre as plântulas das cinco espécies de Euphorbiaceae estudadas nos três tratamentos: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas em áreas de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil. As letras associadas aos tratamentos correspondem aos resultados do Teste de Tukey, sendo letras diferentes indicativas de diferenças significativas. (A) *Cnidoscolus quercifolius*; (B) *Croton blanquetianus*; (C) *Croton heliotropiifolius*; (D) *Jatropha mollissima*; (E) *Jatropha ribifolia*.

Figura 4. Crescimento de Euphorbiaceae comparado sob condições controladas em casa de vegetação para as modas de densidades encontradas em campo nos tratamentos: (1) formigueiro, (2) controle e (3) planta-mãe em áreas de Caatinga, Juazeiro-BA. As letras associadas aos pontos dos gráficos correspondem aos resultados do Teste de Tukey, sendo que letras iguais correspondem a diferenças não significativas e letras diferentes a diferenças significativas e conseqüente agrupamento em diferentes blocos. (A) *Croton heliotropiifolius*; (B) *Jatropha mollissima*; (C) *Jatropha ribifolia*; (D) *Cnidoscolus quercifolius*.

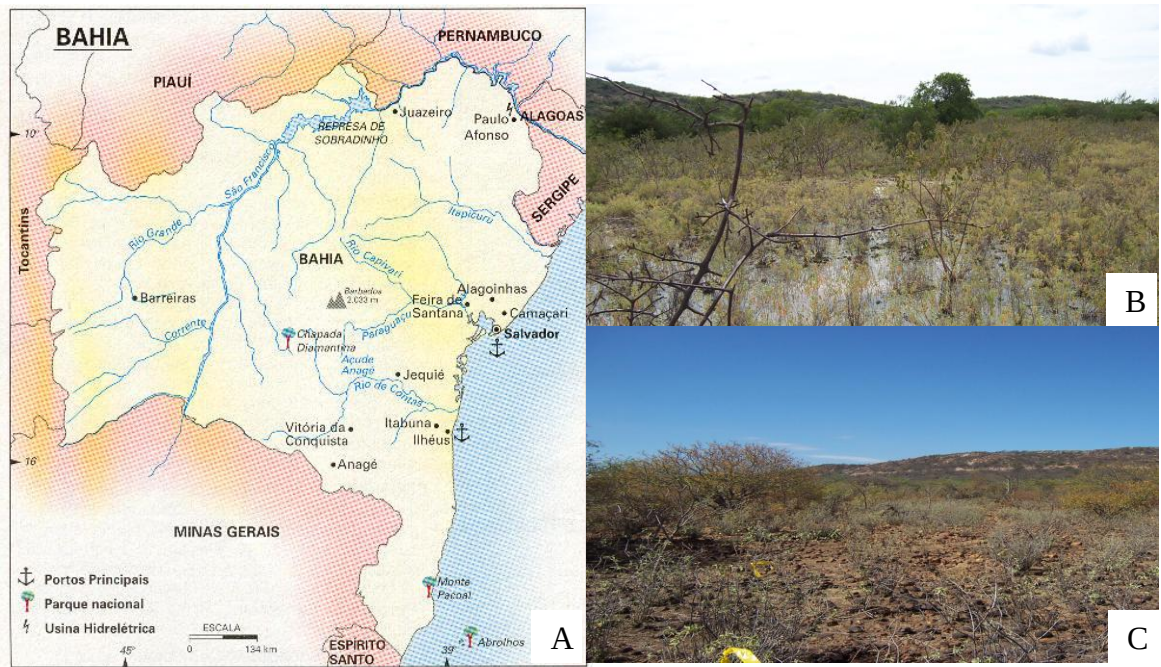


Figura 1

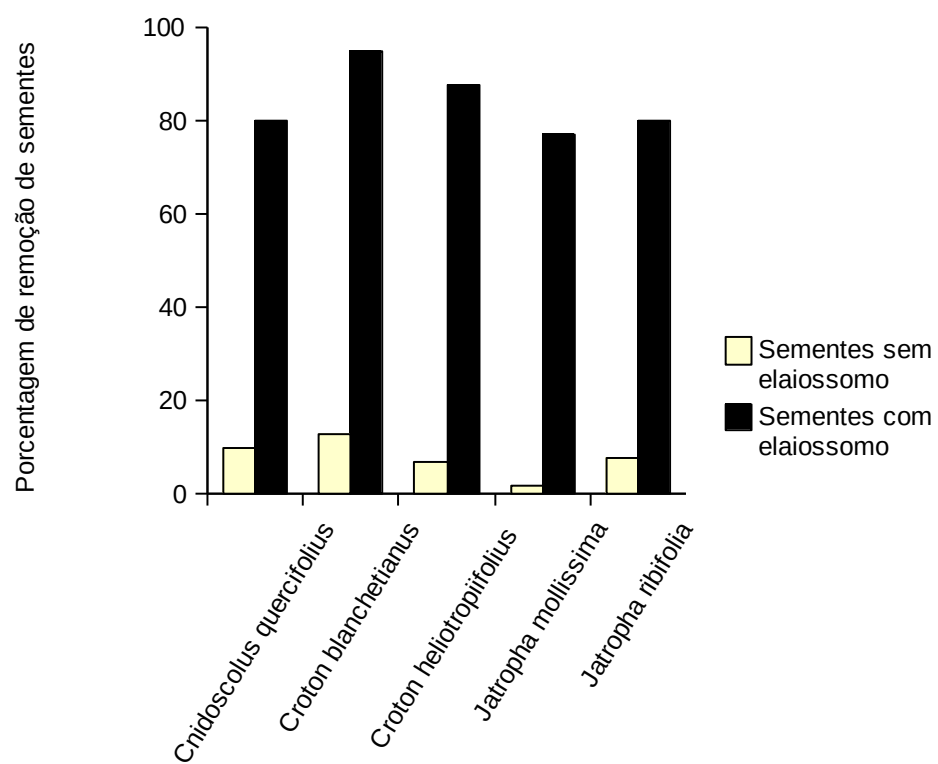


Figura 2

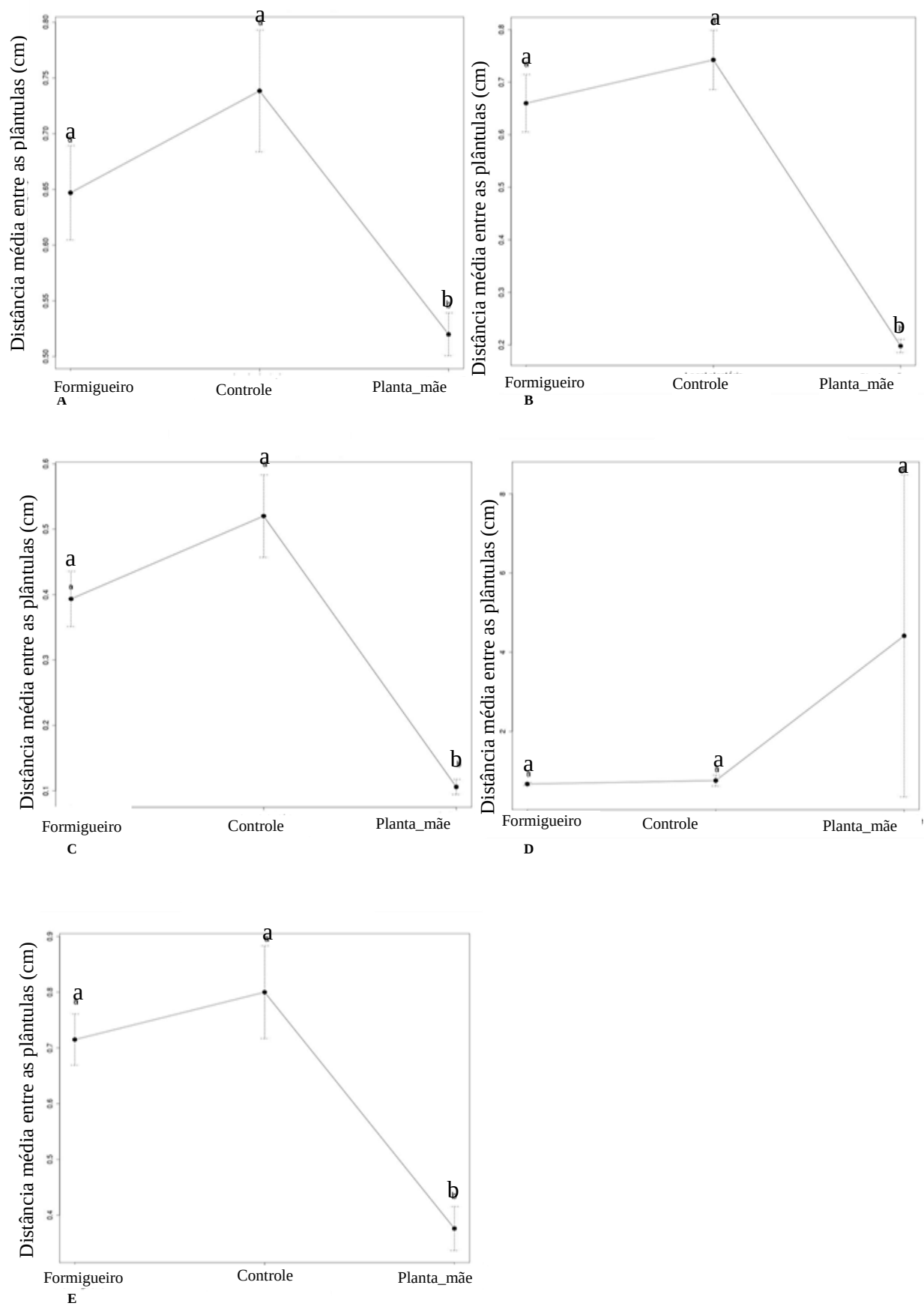
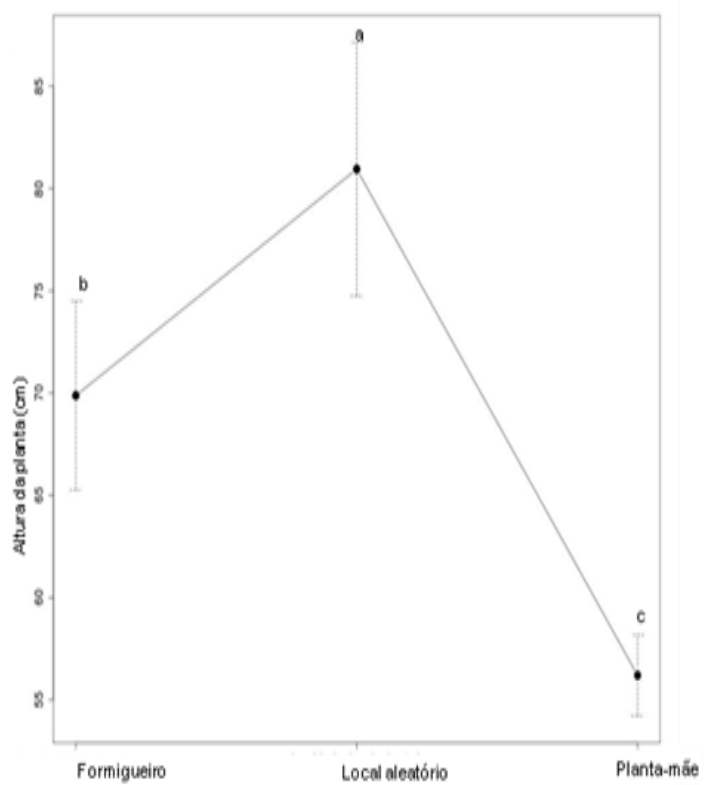
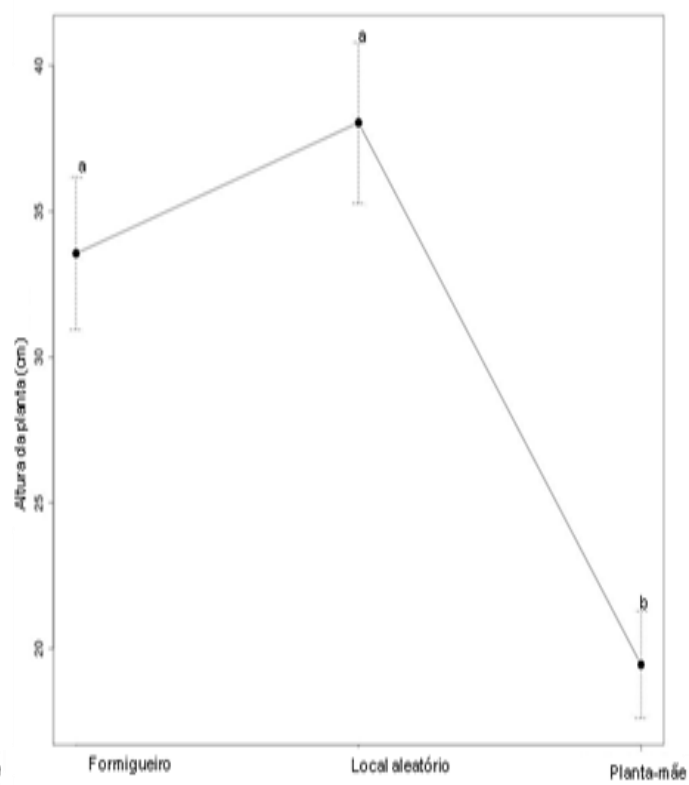


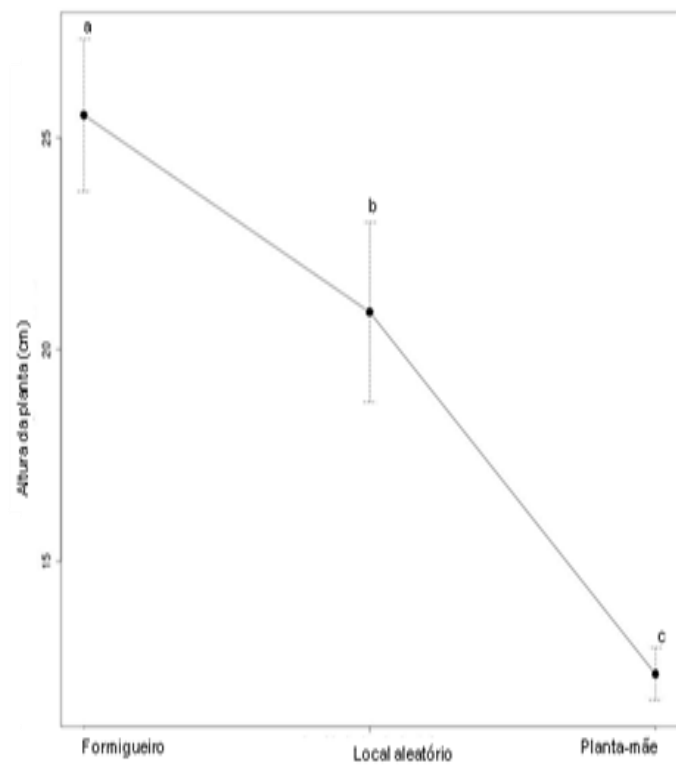
Figura 3



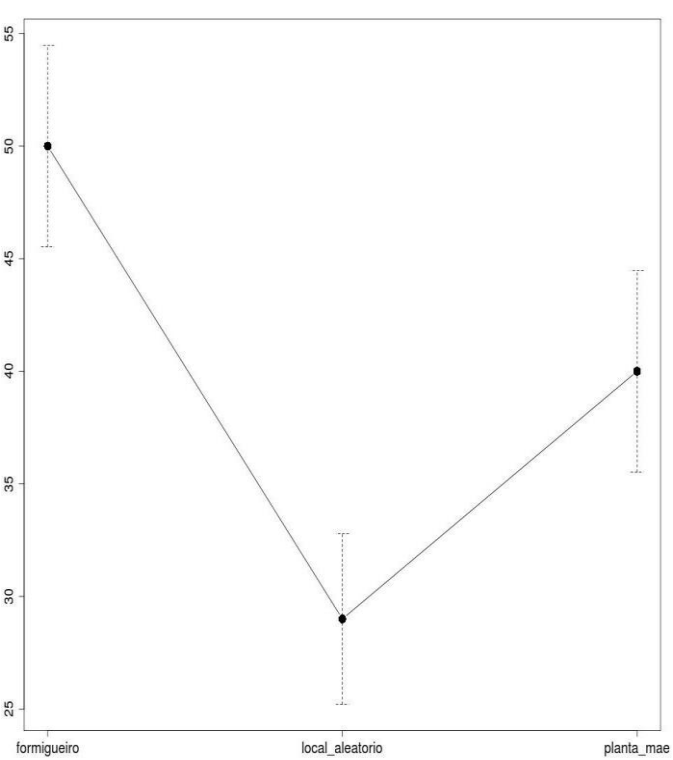
A



B



C



D

Figura 4

IV. MANUSCRITO II – a ser enviado ao periódico *Biotropica*

LRH: Sátiro & Leal

RRH: Influência dos solos dos formigueiros no crescimento e sobrevivência de plântulas

Influência das características dos solos dos formigueiros no crescimento e sobrevivência de plântulas de Euphorbiaceae em uma área de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil

Larissa Nascimento Sátiro^{1,2,*} & Inara R. Leal³

¹Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária, C.E.P. 50670-901, Recife PE.

²Departamento de Biologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Manoel Severino Barbosa, s/n, Bom Sucesso, C.E.P. 57309-005, Arapiraca, AL.

³Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária, C.E.P. 50670-901, Recife PE.

* Autor para correspondência: larisatiro@hotmail.com. Endereço para correspondência:

Received ____; revision accepted _____. (BIOTROPICA will fill in dates.)

RESUMO

O estabelecimento das plântulas mirmecocóricas depende do solo dos formigueiros onde as sementes são depositadas. Entretanto, essa questão é pouco investigada em campo. O presente trabalho visa descrever características físicas e químicas dos solos e avaliar o crescimento e a sobrevivência de plântulas de espécies de Euphorbiaceae mirmecocóricas (*Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima* e *Jatropha ribifolia*) em Juazeiro, Bahia. Dez 10 parcelas de 1 m² foram montadas em três tratamentos: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas. Foram transplantadas 10 plântulas de cada espécie nas 10 parcelas dos tratamentos, monitoradas de janeiro a dezembro de 2007. Foram analisadas penetrabilidade e composição química dos solos dos três tratamentos, sendo que para os formigueiros, foram selecionadas três espécies de *Pheidole* que interagiram frequentemente com os diásporos. Todas as espécies de Euphorbiaceae apresentaram maior ganho em altura no tratamento formigueiro. O mesmo foi observado para as taxas de sobrevivência, exceto em *Croton blanchetianus*. A penetrabilidade do solo foi maior no tratamento formigueiro para todas as espécies vegetais estudadas. Quimicamente, diferenças significativas ocorreram para Fósforo, Cálcio, Cálcio + Magnésio, Enxofre, Manganês, Cobre, matéria orgânica e capacidade de troca de cátions. Na maioria dos casos, os formigueiros apresentaram maiores valores. Estes resultados indicam que o transporte de diásporos para sítios próximos a formigueiros interfere positivamente no estabelecimento de plântulas da família Euphorbiaceae para o semi-árido nordestino.

Palavras chave: características edáficas; dispersão de sementes por formigas; disponibilidade de nutrientes; estabelecimento de plântulas; mirmecocoria; penetrabilidade do solo.

Abstract

Myrmecochorous seedling establishment depends on the soil of anthills where seeds are deposited. However, this issue has been poorly investigated in the field. This paper aims to describe physical and chemical soils characteristics and evaluate the growth and survival of seedlings of myrmecochorous Euphorbiaceae species (*Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima* e *Jatropha ribifolia*) in Juazeiro, Bahia. Ten plots of 1 m² were assembled into three groups: (1) below the parent plant, (2) near the anthills of selected species and (3) in control areas without adults and anthills, but with the occurrence of seedlings. Ten seedlings of each species were transplanted in the ten plots of treatments and monitored from January to December 2007. The penetration and chemical composition of the soils from the three treatments were analyzed, and for the anthills, were selected three species of *Pheidole* that interacted frequently with the diaspore. All Euphorbiaceae species showed greater height gain in the anthills treatment. The same was observed for survival rates, except for *Croton blanchetianus*. The penetrability of the soil was higher in the anthill treatment to all the plant species studied. Chemically, significant differences occurred for Phosphorus, Calcium, Calcium + Magnesium, Sulfur, Manganese, Copper, organic matter and cation exchange capacity. In most cases, the anthills had higher values. These results indicate that the transport of diaspores to the sites close to anthills interfere positively in the establishment of seedlings of the Euphorbiaceae family for the semi-arid region.

Keywords: soil characteristics, seed dispersal by ants; nutrient availability, seedling establishment; myrmecochory; penetrability of the soil.

AS POPULAÇÕES DE PLANTAS DEPENDEM DOS PROCESSOS REPRODUTIVOS PARA completarem seu ciclo de vida, produzindo indivíduos fisiologicamente independentes, os quais garantem a sua manutenção e permitem a dispersão da espécie (Cordazzo & Seeliger 1998). Um dos estágios mais críticos deste ciclo, que ocorre logo após a dispersão, é o período de estabelecimento das plântulas, pois, nesta fase, a taxa de mortalidade é extremamente elevada (Fenner 1985). Diversos são os fatores abióticos, em graus e intensidade variados, que influenciam o estabelecimento de plântulas como, por exemplo, (1) as condições ambientais: disponibilidade de nutrientes, oxigênio, água (Mucley *et al.* 1991, Paulilo *et al.* 1993, Press *et al.* 1996), luz (Chazdon *et al.* 1996, Strauss-Debenedetti & Bazzaz 1991) e temperatura (Baskin & Baskin 2001); (2) edáficas: características físicas e químicas do solo e umidade; e (3) fisiológicas: qualidade e vigor das sementes (Melo *et al.* 2004). Através do transporte e deposição das sementes, os agentes dispersores influenciam grandemente no tipo de solo onde as plântulas se estabelecerão (Howe & Smallwood 1982, Westoby *et al.* 1990, French & Westoby 1992, Gorb & Gorb 2003).

As formigas distribuem-se por todos os ambientes terrestres do planeta, desde o círculo ártico às partes mais remotas do Hemisfério Sul, como a Terra do Fogo, África do Sul e Tasmânia (Hölldobler & Wilson 1990). Devido à sua abundância e diversidade, estão envolvidas em muitas interações ecológicas (Hölldobler & Wilson 1990), incluindo a dispersão (Leal & Oliveira 1998) e predação de sementes (Levey & Byrne 1993). A dispersão de sementes por formigas, ou mirmecocoria, envolve plantas que produzem um corpo gorduroso preso externamente à semente, chamado elaiossomo (van der Pijl 1982). As formigas são atraídas pelo elaiossomo e utilizam-no como apoio mecânico no transporte das sementes até o ninho (Beattie 1985). Os elaiossomos são utilizados como suporte no

transporte das sementes para o ninho, onde são consumidos pelas formigas e suas larvas (Beattie 1985). Durante este processo, os embriões não são danificados e as sementes, normalmente intactas, são “esquecidas” dentro dos formigueiros ou levadas para a superfície e descartadas nas “lixadeiras” dos ninhos (Horvitz & Beattie 1980, O’Dowd & Hay 1980, Beattie 1985). Este processo traz uma série de vantagens para as plantas, como: (1) diminuição do conflito prole-parental (Andersen 1988), (2) redução da competição intra-específica entre plântulas (O’Dowd & Hay 1980), (3) redução da predação das sementes (Handel 1978), (4) transporte das sementes para solos próximos aos formigueiros, enriquecidos em nutrientes e favoráveis à germinação (Culver & Beattie 1983, Rissing 1986) e (4) o escape das sementes ao fogo, mais relevante em ambientes constantemente atingidos por queimadas (Bond & Slingsby 1983).

A mirmecocoria tem sido pouco documentada para a América do Sul, onde a família Euphorbiaceae constitui sua principal representante (Passos & Ferreira 1996, Leal 2003, Leal *et al.* 2007). Essa família é uma das mais representativas nas Caatingas do Nordeste Brasileiro (Rocha 1998, Rodarte 2003, Sátiro & Roque 2008). Leal (2003) e Leal *et al.* (2007) identificaram 15 espécies de formigas que freqüentemente interagem com sementes de Euphorbiaceae na Caatinga, transportando as sementes por até 11 metros e depositando as sementes mais comumente nas adjacências dos seus ninhos. Nos referidos trabalhos, também foi verificado que: (1) sementes com elaiossomo são preferencialmente removidas pelas formigas em relação àquelas sem esta estrutura; (2) sementes nas quais o elaiossomo foi removido pelas formigas apresentam maiores taxas de germinação que sementes com essa estrutura; (3) os ninhos das formigas são sítios de deposição mais favoráveis à germinação das sementes que locais aleatórios na Caatinga.

Tendo em vista a importância das interações mirmecocóricas no estabelecimento de plântulas e, conseqüentemente, dos indivíduos adultos (Gove *et. al* 2007, Ness *et. al* 2009), o

presente trabalho visa descrever os tipos de solo e investigar o crescimento e a sobrevivência de plântulas de Euphorbiaceae em três ambientes (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas, em uma área de Caatinga no Nordeste do Brasil. Nos acreditamos que os solos dos formigueiros, devido às atividades das formigas, apresentem características físicas e químicas mais propícias para o crescimento e sobrevivência das plântulas (e.g., maior penetrabilidade, maior concentração de nutrientes) quando comparados com os solos abaixo dos parentais ou em áreas controle. Além disso, esperamos que diferentes espécies de formigas apresentem solos com diferentes características físicas e químicas.

MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO - A cidade de Juazeiro, onde o estudo foi realizado, localiza-se na margem direita do Rio São Francisco, no extremo norte do estado da Bahia, e faz divisa com Pernambuco (Fig. 1 A). Está inserida no ecossistema Caatinga, cujas principais características são a irregularidade espacial e temporal da distribuição das chuvas, que acabam gerando fisionomias bastante diferentes ao longo do ano (Fig. 1 B e C), associada às baixas precipitações, temperaturas elevadas e fortes taxas de evaporação e evapotranspiração (Reis 1976, Nimer 1979). Apresenta precipitação média anual de 399 mm, temperatura máxima anual de 29,6°C, média de 24.2°C e mínima de 20.3°C. A pluviosidade máxima anual chega aos 1055 mm, a média a 0427 mm e a mínima a 0098 mm. O período chuvoso se estende de novembro a março, sendo o risco de seca alto. O solo é caracteristicamente compacto na região estudada, apresentando aspecto pedregoso em diversas áreas, entrecortado por áreas inundadas em determinados períodos do ano, correspondente à época das chuvas. A

predominância das Leguminosas, e das famílias Euphorbiaceae e Cactaceae é marcante, embora haja outras famílias representativas, como Bignoniaceae e Anacardiaceae, comuns em áreas de Caatinga (Andrade-Lima 1989, Giuliette & Forero 1990, Prado 1991, Prado & Gibbs 1993, Sátiro & Roque 2008).

ESPÉCIES FOCALIS - A família Euphorbiaceae conta atualmente com 317 gêneros e ca. 8.000 espécies ocorrentes nos mais variados tipos de vegetação e de habitats das regiões tropicais e temperadas de todo o mundo (Webster 1967; 1994a,b). Foram selecionadas cinco espécies focais, a saber, *Cnidoscolus quercifolius* Pohl, *Croton blanchetianus* Müll Arg., *Croton heliotropiifolius* Kunth, *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill. Estas foram escolhidas por serem bem representadas na área de estudo, na Caatinga em geral, e por possuírem características morfológicas que as definem como espécies mirmecócoras, incluindo a dispersão primária balística de seus diásporos possuidores de elaiossomos (Barroso *et al.* 1999).

CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE PLÂNTULAS - Para testar a influência das formigas sobre o crescimento e sobrevivência das espécies de Euphorbiaceae selecionadas, em junho de 2006 foram delimitadas 10 parcelas de 1m x 1m em três tratamentos: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas. A área de estudos apresenta um gradiente de solos que vai desde solos pouco pedregosos, mais próximos à estrada, até solos bastante pedregosos (na base da Serra de Campo dos Cavalos), passando por áreas intermediárias e inundadas durante o período das chuvas. Sendo assim, para evitar que este gradiente interferisse nos resultados, os três tratamentos foram montados em transectos que passavam por todo o gradiente. Em cada transecto foi demarcado o mesmo número de

parcelas para todas as espécies. Desta maneira, foram montados cinco transectos para cada espécie vegetal, com duas parcelas de cada um dos três tratamentos por transecto. Cada parcela era espaçada por, no mínimo, 30 m para garantir independência dos dados coletados.

As parcelas do tratamento planta-mãe foram estabelecidas abaixo de indivíduos adultos com alturas semelhantes entre cada espécie de Euphorbiaceae estudada. As parcelas do tratamento ninho foram estabelecidas em formigueiros localizados através de experimentos de remoção de diásporos realizados entre novembro de 2005 a março de 2006 conforme descrito no manuscrito I. Foram marcados dez ninhos de cada uma das seguintes espécies: *Camponotus crassus*, *Camponotus vitatus*, *Crematogaster victima*, *Crematogaster* sp., *Dorymyrmex thoracicus*, *Dorymyrmex* sp., *Pheidole radoskowskii*, *Pheidole* sp.1 e *Pheidole* sp. 2, as quais foram as formigas que mais frequentemente realizaram a remoção de diásporos. Por fim, as parcelas do tratamento área-controle foram áreas sem adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas das espécies estudadas. Em cada parcela, todos os indivíduos pré-existentes foram removidos e 10 plântulas retiradas das vizinhanças foram transplantadas. As plântulas foram transplantadas com o cuidado de alterar minimamente o sistema radicular e a escolha de que plântulas seriam plantadas em que tratamentos foi totalmente aleatória. Foram mantidas distâncias similares entre as plântulas na intenção de eliminar a variável “distância” das análises. Em cada parcela a altura das plântulas foi medida no início do transplante e mensalmente durante um ano de janeiro a dezembro de 2007. O número de plântulas sobreviventes após um ano foi equivalente à taxa de sobrevivência.

As médias de altura final das plântulas e de porcentagem de indivíduos sobreviventes entre os tratamentos foram comparadas através de ANOVA um fator. O teste de Tukey foi aplicado a cada uma das análises para medir o nível de significância entre os tratamentos. As análises foram realizadas para cada espécie de Euphorbiaceae separadamente. Os procedimentos estatísticos seguem Zar (1999) e as análises foram realizadas através do

programa R (programa de uso livre).

ANÁLISES DOS SOLOS - Para testar as alterações que as formigas podem causar às propriedades físicas e químicas aos solos em relação aos pontos abaixo da planta-mãe e às áreas controle foram realizados dois tipos de análises: (1) uma análise física dos solos, visando testar a facilidade de penetrabilidade das raízes; (2) uma análise química dos solos, visando verificar a disponibilidades dos principais componentes necessários para o estabelecimento das plântulas. A penetrabilidade dos solos nos três tratamentos foi medida através de uma estaca de metal solta a 1m de altura do solo de julho a setembro de 2006. A estaca foi solta através de um cano de PVC, com a finalidade de mantê-la perpendicular a superfície do solo. A estaca foi solta cinco vezes em cada parcela em cada tratamento para todas as espécies de Euphorbiaceae estudadas e a média foi usada como medida nas análises.

Para a realização das análises químicas de solo foi selecionada a espécie vegetal *Jatropha ribifolia* como modelo devido a suas relações específicas e representativas com as formigas do gênero *Pheidole*, as únicas dispersoras da espécie na área de estudos. Desta forma, a intenção foi avaliar as diferenças na disponibilidade de nutrientes em solos de depósitos de sementes desta espécie, abrangendo o espectro geral de deposição, ou seja, avaliando todas as espécies de formigas que interagem removendo os diásporos da planta. Foram coletadas dez amostras de solo em cada um dos diferentes tratamentos em julho de 2009, sendo que para o tratamento “formigueiro” foram utilizadas três espécies de formigas (*Pheidole radoskowskii*, *Pheidole* sp. 1 *Pheidole* sp. 2), com a finalidade de comparar as concentrações de nutrientes entre ninhos de diferentes espécies. As análises de solo foram realizadas pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) do estado da Bahia. Foram avaliadas dez amostras para cada tratamento, sendo o tratamento formigueiro constituído de três subtratamentos (três espécies de formigas) e contendo, portanto, 30

amostras de solo, totalizando 50 amostras analisadas. Nesta análise foram mensurados dados de fertilidade completa através da avaliação do pH, V, CTC (capacidade de troca catiônica) e dos teores de Ca, Mg, Ca+Mg, Al, Na, H+Al, S, dados de teor de micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn) e teor de matéria orgânica.

As diferenças na penetrabilidade e na concentração dos nutrientes entre os tratamentos foram comparadas através de ANOVA um fator. O teste de Tukey foi aplicado a cada uma das análises para medir o nível de significância entre os tratamentos. As análises foram realizadas para cada espécie de Euphorbiaceae separadamente. Os procedimentos estatísticos seguem Zar (1999) e todas as análises foram realizadas através do programa R (programa de uso livre).

RESULTADOS

CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DAS PLÂNTULAS - As taxas de crescimento, aqui representadas pelo ganho de altura, apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos para todas as espécies de Euphorbiaceae estudadas (*C. quercifolius*: $F = 12,805$, $gl = 2$, $p < 0,0001$; *C. blanchetianus*: $F = 78,15$, $gl = 2$, $p < 0,0001$; *C. heliotropiifolius*: $F = 34,75$, $gl = 2$, $p < 0,0001$; *J. mollissima*: $F = 13,77$, $gl = 2$, $p < 0,0001$; *J. ribifolia*: $F = 7,31$, $gl = 2$, $p < 0,0001$). Para todas as espécies, os valores mais altos foram observados nas áreas dos formigueiros (Fig.1 A-E).

Já a sobrevivência não apresentou resultados tão uniformes. Para todas as espécies, exceto *Croton blanchetianus*, esta variável apresentou diferenças significativas (*Cnidoscolus quercifolius*: $F = 16,47$, $gl = 2$, $p < 0,0001$; *Croton heliotropiifolius*: $F = 7,05$, $gl = 2$, $p < 0,001$; *Jatropha mollissima*: $F = 8,54$, $gl = 2$, $p < 0,001$; *J. ribifolia*: $F = 6,09$, $gl = 2$, $p < 0,001$), se mostrando maior para o tratamento formigueiro em todos os casos (Fig. 2 A-E).

ANÁLISES DOS SOLOS - A penetrabilidade dos solos foi diferente entre os tratamentos para todas as espécies de Euphorbiaceae testadas (*Cnidoscolus quercifolius*: $F = 22,53$, $gl = 2$, $p < 0,0001$; *Croton blanchetianus*: $F = 29,11$, $gl = 2$, $p < 0,0001$; *Croton heliotropiifolius*: $F = 6,26$, $gl = 2$, $p < 0,001$; *Jatropha mollissima*: $F = 14,23$, $gl = 2$, $p < 0,0001$; *J. ribifolia*: $F = 28,99$, $gl = 2$, $p < 0,0001$). Os solos dos formigueiros apresentaram maior penetrabilidade que os dos demais tratamentos para todas as espécies, exceto para *Croton heliotropiifolius*. Para esta espécie não houve diferença na penetrabilidade do solo abaixo das plantas-mãe e nos formigueiros, e ambos os valores foram significativamente mais altos que nos solos das áreas controle (Fig. 3).

A concentração de nutrientes entre os tratamentos foi significativamente diferente para os macronutrientes Fósforo (P), Cálcio + Magnésio (Ca+Mg), Cálcio (Ca), Enxofre (S), para os micronutrientes Manganês (Mn) e Cobre (Cu) e para matéria orgânica (M.O.), saturação de bases (V) e capacidade de troca de cátions (CTC). Para a maioria dos nutrientes em que houve diferença significativa o formigueiro de *Pheidole sp2* apresentou as maiores médias, seguido pelo de *Pheidole radoskowskii* (Tabela 1). Os resultados do teste de Tukey podem ser observados na figura 4.

DISCUSSÃO

Nesse estudo nós investigamos características físicas e químicas dos solos de três

possíveis locais de deposição de sementes mirmecocóricas de Euphorbiaceae após a dispersão por formigas, e avaliamos como essas características afetam a sobrevivência e crescimento de plântulas dessas espécies. Nossos resultados indicam que as características do solo de áreas próximas aos formigueiros apresentam-se favoráveis para a sobrevivência e crescimento de plântulas transportadas pelas formigas. Sendo assim, a dispersão por formigas não interfere apenas na deposição das sementes em sítios mais favoráveis à germinação, mas também apresenta importância no estabelecimento de plântulas e, conseqüentemente, dos indivíduos adultos.

A mirmecocoria tem sido relatada como uma relação comum entre plantas herbáceas de florestas temperadas do hemisfério Norte e arbustos de áreas áridas da Austrália, África do Sul e região do Mediterrâneo. Surpreendentemente, relativamente incomum em florestas neotropicais, onde a família Euphorbiaceae constitui o grupo mais importante com esta síndrome. Em área de Caatinga, estudos demonstraram uma interferência positiva da mirmecocoria nos processos de dispersão e germinação (Leal 2003, Leal *et al.* 2007). Os resultados aqui apresentados apontam para a importância da mirmecocoria no processo subsequente à germinação que é o estabelecimento das plântulas. Ao comparar o crescimento de plântulas em diferentes locais onde as sementes podem ser encontradas, verificamos que os solos próximos a formigueiros promovem o melhor desenvolvimento das mesmas. Tais áreas parecem constituir sítios mais adequados para o desenvolvimento das plântulas do que os que são oferecidos abaixo dos indivíduos parentais ou em outros locais aleatórios próximos aos parentais e aos formigueiros, porém sem a presença dos mesmos. Da mesma forma, a sobrevivência foi maior para aquelas plântulas que se estabeleceram em solos próximos a formigueiros, exceto para *Croton blanchetianus*. Desta forma, nossos resultados confirmam outros estudos que indicam os solos dos formigueiros como os sítios mais favoráveis para germinação e crescimento de plântulas (Beattie 1989, Westoby *et al.* 1982, Pizo & Oliveira

1999, Gorb & Gorb 2003).

A penetrabilidade dos solos – i.e., a facilidade em permitir a penetração da raiz de uma plântula no solo – foi a característica mais consistentemente afetada pelas formigas. Os solos dos formigueiros de todas as espécies estudadas foram marcadamente mais altos quando comparados com os solos abaixo da planta-mãe e das áreas controle. Esta característica de solos próximos a ninhos de formigas é especialmente importante em solos de Caatinga, que são em sua maioria compactos (Leal *et al.* 2003), e especialmente na área de estudo, cujos solos se mostraram extremamente pedregosos em algumas parcelas.

Embora os solos da Caatinga não sejam considerados pobres (Rizzini 1997; Leal *et al.* 2003), os resultados obtidos demonstraram que os solos nas adjacências dos formigueiros são mais ricos em macro e micro-nutrientes, o que pode ter explicado o maior crescimento das plântulas nesse tratamento. A maior concentração de nutrientes nos solos próximos aos ninhos pode ser devido à atividade forrageamento das formigas, que acabam por carregar matéria orgânica para os solos de seus ninhos, favorecendo o enriquecimento dos mesmos (Petal 1978, Davidson & Morton 1981, Howe & Smallwood 1982, Culver & Beattie 1983), o que pode favorecer o crescimento das plântulas nesses solos (Culver & Beattie 1980, Hanzawa *et al.* 1988). Por exemplo, sabe-se que os solos tropicais apresentam baixo teor natural de Fósforo. Além disso, a sua disponibilidade para as plantas é baixa, devido ao baixo teor de bases e acidez elevada, fatores que levam à baixa disponibilidade desse nutriente (Beltrán *et al.* 1998). Os formigueiros da espécie *Pheidole radoskowskii* apresentaram taxas superiores de fósforo, o que, na área em questão, pode representar um ganho significativo em relação ao crescimento e, conseqüentemente, estabelecimento das plântulas. O mesmo é válido para outros nutrientes encontrados em maior quantidade, geralmente associados aos formigueiros de *Pheidole radoskowskii* e *Pheidole sp2*.

Outro fator que parece ser bastante importante, diz respeito à disponibilidade de água

no solo. Os solos da Caatinga são extremamente secos, expostos a períodos de escassez de chuvas constantes (Ab'Saber 1974, Andrade-Lima 1981, Rizzini 1997, Leal et al. 2003). E na área de estudo, onde os índices de pluviosidade anual chega a 98 mm, não é diferente. Sendo assim, a umidade pode ser aumentada mais intensamente pela atividade das formigas, tornando-se um importante aspecto da mirmecocoria sobre a biologia de sementes e plântulas. No entanto, a influência da umidade sobre o crescimento e sobrevivência de plântulas mirmecocóricas ainda não foi investigada e estudos subsequentes devem verificar se os solos de formigueiros são mais úmidos que outros tipos de substrato onde as sementes podem ser depositadas.

Os nossos resultados apontam que as formigas interferem positivamente na sobrevivência e crescimento de plântulas das espécies de Euphorbiaceae estudadas, especialmente por melhorar características físicas (e.g., penetrabilidades) e químicas (e.g., maior concentração de fósforo, cálcio, magnésio, matéria orgânica, bases trocáveis, entre outros), influenciando as formas jovens e, conseqüentemente, indivíduos adultos. O melhor desempenho de plântulas em locais próximos a ninhos de formigas dispersoras mostra que estas áreas apresentam condições mais favoráveis para o estabelecimento de plantas mirmecocóricas. Dessa forma, este estudo demonstrou que as formigas interferem positivamente não apenas na germinação de sementes, como descrito anteriormente, mas, também, em etapas subsequentes do recrutamento de novos indivíduos nas populações de espécies mirmecocóricas.

AGRADECIMENTOS

Somos gratas à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia Estado de Pernambuco pelo financiamento do projeto (processo número APQ-0140-2.05/08) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de doutorado para LSN e pela bolsa

de produtividade em pesquisa para IRL. Agradecemos também à Secretaria de Desenvolvimento Rural de Juazeiro-BA pelas informações concedidas acerca da área de estudos e ao Dr. Jacques Delabie pela identificação de parte das formigas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. 1974. **O Domínio Morfoclimático Semi-árido das Caatingas Brasileiras**. Universidade de São Paulo – Instituto de Geografia – Geomorfologia – SP.
- ANDRADE -LIMA, D. 1981. The Caatingas dominium. **Rev. Bras. Bot.** **4**: 149-163.
- ANDRADE -LIMA, D. 1989. Plantas das Caatingas. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- ANDERSEN, A. N. 1988. Soil of the nest-mound of the seed-dispersing ant, *Aphaenogaster longiceps*, enhances seedlings growth. **Austral Journal of Botany** **13**: 469-471.
- BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. 1999. **Frutos e Sementes – Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. New York: Academic Press. 666p.
- BEATTIE, A.J. 1985. **The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms**. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- BELTRÁN, R. R.; SILVEIRA, R. I.; PASSOS, M. J. 1998. Disponibilidade de fósforo para plantas de arroz avaliada por extratores químicos. **Sci. agric.** **55** (2): 233-241.
- BOND, W. & SLINGSBY P. 1983. Seed dispersal by ants in Cape shrublands and its evolutionary implications. **S. Afr. J. Sci.** **79**: 231-233.

- CHAZDON, R.; LEE, D.; FETCHER, N. Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments. In: Swaine, M. D. (ed.) **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: UNESCO/ Patheron Publishers. p. 5-55.
- CORDAZZO, C. V & SEELIGER, U. 1998. **Guia Ilustrado da Vegetação Costeira no Sul do Brasil**. Rio Grande, Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 275p.
- CULVER, D. C. & BEATTIE A. J. 1983. The nest chemistry of two seed dispersing ant species. **Oecologia** 56: 99-103.
- DAVIDSON, D. W. & MORTON, S. R. 1981. Competition for dispersal in ant-dispersed plants. **Science** 213: 1259-1261.
- FENNER, M. 1985. **Seed Ecology**. New York, Chapman e Hall. 151p.
- FRENCH, K & WESTOBY, M. 1992. Removal of vertebrate-dispersed fruits in vegetation on fertile and infertile soils. **Oecologia**. 91: 447-454.
- GIULIETTI, A. M.; FORERO, E. 1990. "Workshop": Diversidade Taxonômica e Padrões de Distribuição das Angiospermas Brasileiras. Introdução. **Acta Bot. Bras.** 4: 3-10.
- GORB, E.; GORB, S. 2003. **Seed dispersal by ants in a deciduous forest ecosystem**. Kluwer Academic Publisher.
- GOVE, A. D.; MAJER, J. D; DUNN, R. R. 2007. A keystone ant species promotes seed dispersal in a "diVuse" mutualism. **Oecologia**, 153:687-697.
- HANDEL, S. N. 1978. The competitive relationship of three woodland sedges and its bearing on the evolution of ant-dispersal of *Carex pedunculata*. **Evolution** 32: 151-163.
- HANZAWA, F. W.; BEATTIE, A.J.; CULVER, D. C. 1988. Directed dispersal: demographic analysis of an ant-seed mutualism. **Am Nat.** 131: 1-13.
- HOLLOBLER, B. & WILSON E. O. 1990. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge.
- HORVITZ, C.C. & BEATTIE A.J. 1980. Ant dispersal of *Calathea* (Maranthaceae) seeds by carnivorous ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. **Am. J. Bot.** 67: 321-326.

- HOWE, H. F & SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. **Annual review of Ecology and Systematics**. 13: 202-228.
- LEAL, I.R. 2003. **Dispersão de sementes por formigas na caatinga**. Pp 593-624 in: Leal, I.R.; Tabarelli, M.; Cardoso, J.M. (eds.) *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife. Editora UFPE.
- LEAL, I. R. & OLIVEIRA P. S. 1998. Interactions between fungus-growing ants (Attini), fruits and seeds in cerrado vegetation in Southeast Brazil. **Biotropica** 30: 170-178.
- LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. 2007. Seeds dispersal by ants in the semi-arid Caatinga of northeast Brazil. **Annals of Botany** 99: 885-894.
- LEVEY, D. J.; BYRNE, M. M. 1993. Complex ant-plants interactions: rain forest ants as secondary dispersers and postdispersal seed predators. **Ecology** 74:1802-1812.
- MELO, F. P. L.; NETO, A. V. A.; SIMABUKURO, E. A.; TABARELLI, M. 2004. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. In: Ferreira, A. G. & Borghetti, F. (eds.) **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed Editora. Porto Alegre. RS.
- MUCLEY, S. S; SMITH A. P; WRIGTH, S. W. 1991. Comparative life history and physiology of two understory neotropical herbs. **Oecologia**. 88: 263-273.
- NESS, J. H.; MORIN, D. F.; GILADI, I. 2009. Uncommon specialization in a mutualism between a temperate herbaceous plant guild and an ant: are *Aphaenogaster* ants keystone mutualists?. **Oikos** 118: 1793_1804.
- NIMER, E. 1979. **Climatologia do Brasil**. Fundação IBGE-SUPREN. (Recursos naturais e Meio Ambiente 4), Rio de Janeiro.
- O'DOWD, D.J. & HAY M.E. 1980. Mutualism between harvester ants and a desert ephemeral: seeds escape from rodents. **Ecology** 61: 531-540.
- PASSOS, L.; FERREIRA, S. O. 1996. Ant dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) seeds in a tropical semideciduous forest in southeastern Brazil. **Biotropica** 28:697-700.

- PAULILO, M. T.; FELIPPE, G.M.; DALE, J. E. 1993. Crescimento inicial de *Qualea grandiflora*. **Revista Brasileira de Botânica**. 16: 37-46.
- PETAL, J. 1978. The role of ants in ecosystems. In: Brian, M. V. (ed) **Production ecology of ants and termites**. Cambridge University Press, Cambridge, England p. 239-325.
- PIZZO, M.A; OLIVEIRA, S. 1999. Interactions between ants and seeds of a nonmyrmecochorous neotropical tree *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic forest of southeast Brazil. **American Journal of Botany**. 85:669-674.
- PRADO, D. E. 1991. **A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America**. Ph.D. Thesis, University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland.
- PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 80:902-927.
- PRESS, M. C.; BROWN, N. D.; BARKER, M. G.; ZIPPERLEN, S. W. 1996. Photosynthetic responses to light in tropical rain forest tree seedlings. In: Swaine, M. D. (ed). **The Ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: UNESCO/ Parnassus Publishers, p. 41-58.
- REIS, A.C. DE S. 1976. **Clima da caatinga**. Anais da Academia Brasileira de Ciências 48(2): 325-335.
- RISSING, S. W. 1986. Indirect effects of granivory by harvester ants: plant species composition and reproductive increase near ant nest. **Oecologia** 68: 231-234.
- RIZZINI, C. T. 1997. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. HUCITEC, Ed. da USP, São Paulo, 1-374.
- ROCHA, P. 1998. **Uso e partição de recursos pelas espécies de lagartos das Dunas do Rio São Francisco, Bahia**. Dissertação de Doutorado. Universidade Federal da Bahia.

Bahia.

- RODARTE, A. T. A. 2003. **Flora Fanerogâmica das Dunas Interiores da Margem Esquerda do Médio São Francisco – Ibiraba, Barra, Bahia, com Ênfase na Flora Apícola**, Tese de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. Bahia, tese de mestrado.
- SÁTIRO, L.N.; ROQUE, N. 2008. A família Euphorbiaceae nas Caatingas arenosas do médio rio São Francisco, BA, Brasil. **Acta bot. Bras.** 22(1):99-118.
- STRAUSS-DEBENEDETTI, S. & BAZZAZ, F. A. 1991. Plasticity and acclimation in tropical Moraceae of different successional positions. **Oecologia**. 87: 377-387.
- VAN DER PIJL, L. 1982. **Principles of dispersal in higher plants**. Springer-Verlag, Berlin, GE.
- WEBSTER, G.L. & BURCH, D. 1967. Euphorbiaceae: *In*: Woodson, R.E. & Schery, R.W. Flora of Panama. **Ann. Missouri Bot. Gard.** 54(1-3): 210-350.
- WEBSTER, G.L. 1994a. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. **Ann. Missouri. Bot. Gard.** 81: 33-144;
- WEBSTER, G.L. 1994b. Classification of the Euphorbiaceae, **Ann. Mo. Bot. Gdn.** 81(1): 3-32.
- WESTOBY, M.; RICE, B.; SHELLEY, J. M.; HAIG, D.; KOHEN, J.L. 1982. Plant's use of ants for dispersal at West Head, NSW. *In* RC Buckley (ed) **Ant-plant interactions in Australia**. Junk Press, The Hague, 75-87.
- WESTOBY, M.; RICE, B.; HOWELL, J. 1990. Seed size and plant growth as factors in dispersal spectra. **Ecology** 71: 1307-1315.
- ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall, New Jersey.

Tabela 1. Propriedades químicas dos solos em cinco tratamentos: (1) Planta-mãe, (2) área controle, (3) ninho de *Pheidole radoskowskii* , (4) *Pheidole sp1* e (5) *Pheidole sp2*. Os estes usados foram ANOVA 1-fator. Estão marcadas as diferenças significativas (*) e marginalmente significativas (#).

Parâmetros		Unidades	Planta-mãe	Área-controle	Ninho <i>Pheidole radoskowskii</i>	Ninho <i>Pheidole sp2</i>	Ninho <i>Pheidole sp1</i>	Estatística
Macronutrientes	P	mg/dm3	2,47	8,94	10,2	1,98	3,76	F=3,37; p = 0,0168*
	K	mg/dm3	0,21	0,12	0,15	0,19	0,26	F= 2,01; p= 0,106
	Ca	mg/dm3	1,65	1,69	2,1	1,36	3,43	F= 18,57; p = 0,0001*
	S	cmolc /dm3	2,51	2,4	3,05	2,07	3,99	F=11,31; p= 0,0001*
	Mg	mg/dm3	0,63	0,54	0,77	0,5	1,66	F= 2,4540; p= 0,057#
	Ca+Mg	mg/dm3	2,28	2,23	2,97	1,86	3,81	F= 16,16; p= 0,0001*
Micronutrientes	Zn	mg/dm³	0,36	0,39	0,82	0,53	0,49	F=1,39; p=0,2494
	Cu	mg/dm³	<L.D.	<L.D.	0,53	0,18	0,18	F= 3,78; p = 0,0204*
	Fe	mg/dm³	15,85	17,37	13,54	12,41	12,68	F= 1,0601;p=0,3866
Troca de Cátions	Mn	mg/dm³	10,48	9,56	16,52	10,82	19,85	F= 5,62; p = 0,0012*
	Na	cmolc /dm3	0,02	0,04	0,03	0,03	0,04	F= 1,0452; p= 0,3941
	Al	cmolc /dm3	0,15	0,12	0,09	0,16	0	F= 1,8472; p= 0,1336
		cmolc /dm3	3,88	3,61	3,86	3,39	5,07	F= 9,29; p = 0,0001*

Parâmetros		Unidades	Planta-mãe	Área-controle	Ninho <i>Pheidole</i> <i>radoskowskii</i>	Ninho <i>Pheidole</i> <i>sp2</i>	Ninho <i>Pheidole sp1</i>	Es
Acidez potencial (H+Al)	cmolc /dm3	1,36	1,21	0,91	1,32	1,08	F= 1,9655; p= 0,1133	
Matéria Orgânica	g /kg	6,1	4,91	6,64	4,75	7,15	F= 6,73; p = 0,0004*	
Saturação de bases	%	65,2	66,3	79,1	61,8	79,2	F= 4,03; p = 0,0072*	
pH	H ₂ O 1:2.5	5,76	5,76	6,31	5,43	6,12	F= 2,52; p= 0,0534#	

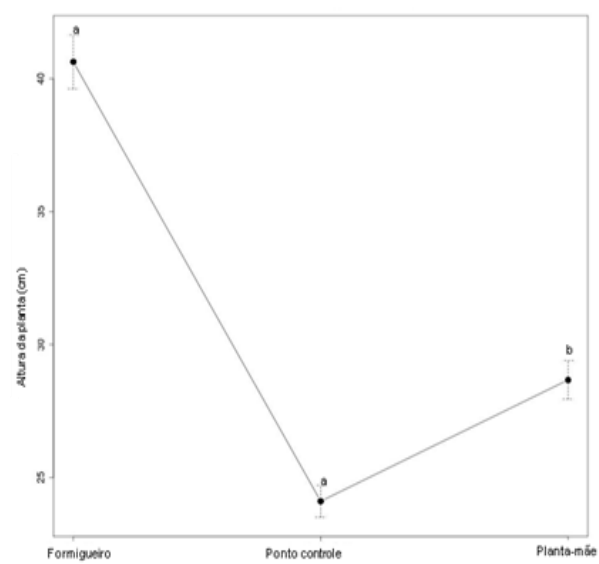
Obs:<L.D._ Abaixo do limite de detecção
Limite de detecção Cu: 0,17 mg/dm³ Limite de detecção Zn: 0,08mg/dm³
Limite de detecção Mn: 0,15 mg/dm³

Legendas das figuras

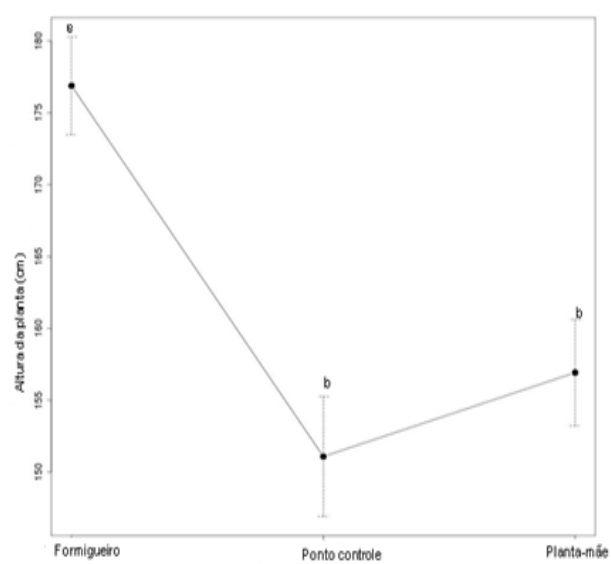
Figura 1. Crescimento plântulas de Euphorbiaceae em diferentes tratamentos: (1) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas, (2) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas e (3) abaixo da planta-mãe, e em áreas de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil. Foi realizada uma ANOVA de medidas repetidas. As letras associadas aos tratamentos correspondem aos resultados do Teste de Tukey, sendo letras diferentes indicativas de diferenças significativas. (A) *Cnidoscolus quercifolius*; (B) *Croton blanquetianus*; (C) *Croton heliotropiifolius*; (D) *Jatropha mollissima*; (E) *Jatropha ribifolia*.

Figura 2. Porcentagem de sobrevivência de plântulas de Euphorbiaceae ao longo de um ano de observação (de janeiro a dezembro de 2007) em diferentes tratamentos: (1) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas, (2) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas e (3) abaixo da planta-mãe em áreas de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil. As letras associadas aos tratamentos correspondem aos resultados do Teste de Tukey, sendo letras diferentes indicativas de diferenças significativas. (A) *Cnidoscolus quercifolius*; (B) *Croton blanquetianus*; (C) *Croton heliotropiifolius*; (D) *Jatropha mollissima*; (E) *Jatropha ribifolia*.

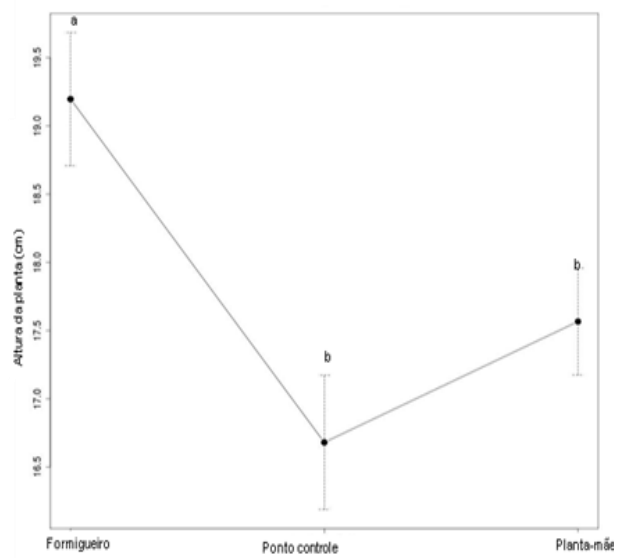
Figura 3. Penetrabilidade do solo para as espécies de Euphorbiaceae (*Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima* e *Jatropha ribifolia*) em diferentes tratamentos: (1) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas, (2) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas e (3) abaixo da planta-mãe em áreas de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil.



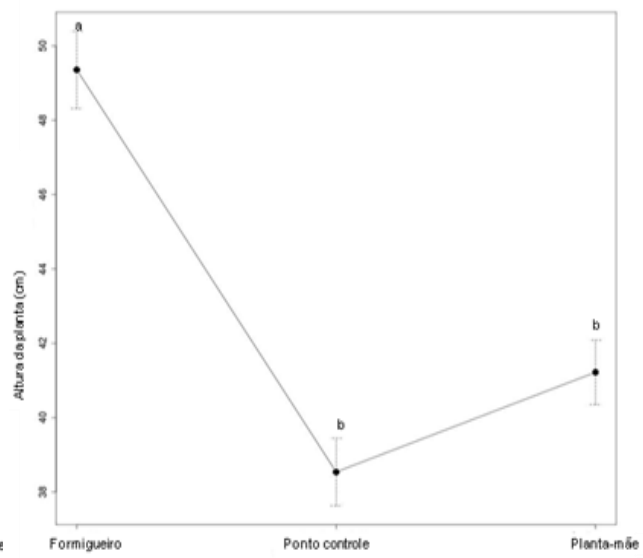
A



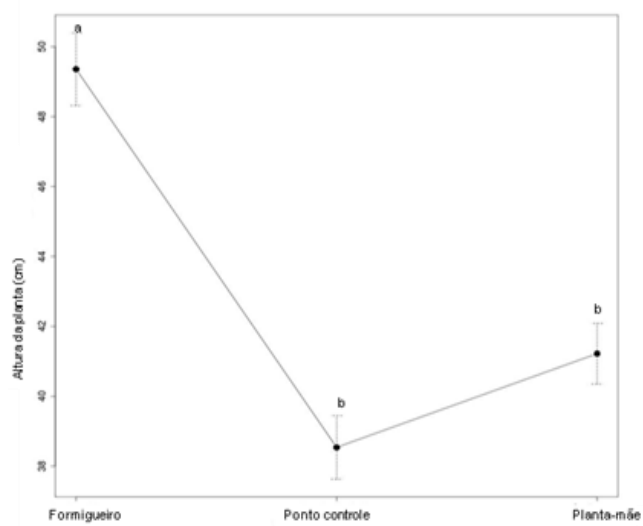
B



C

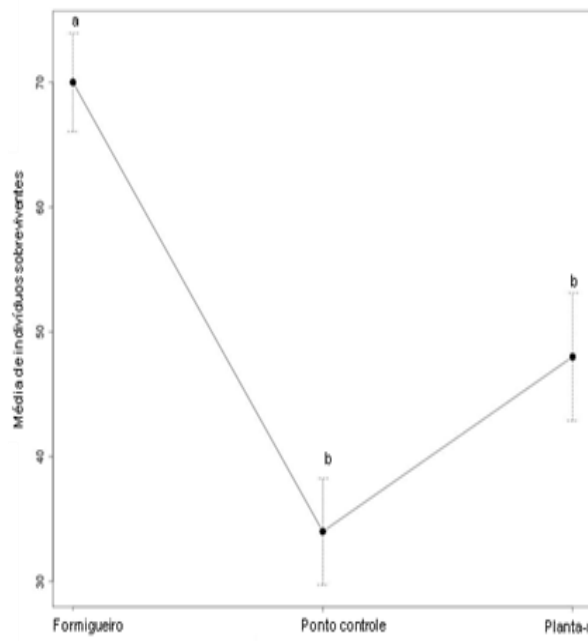


D

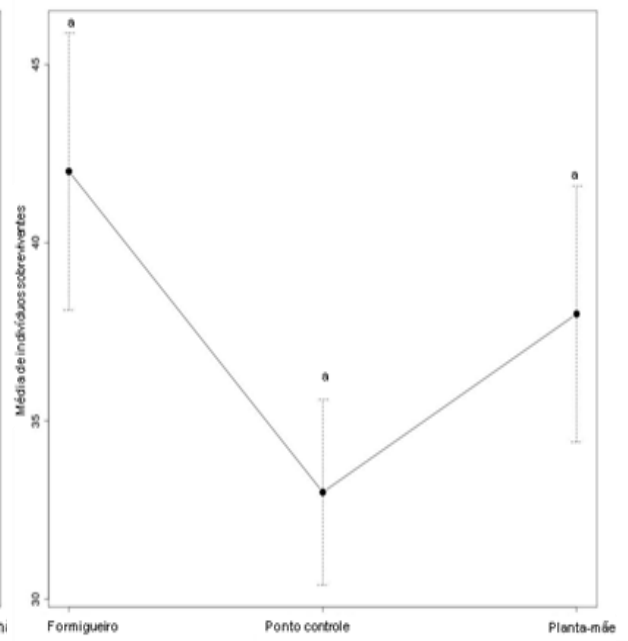


E

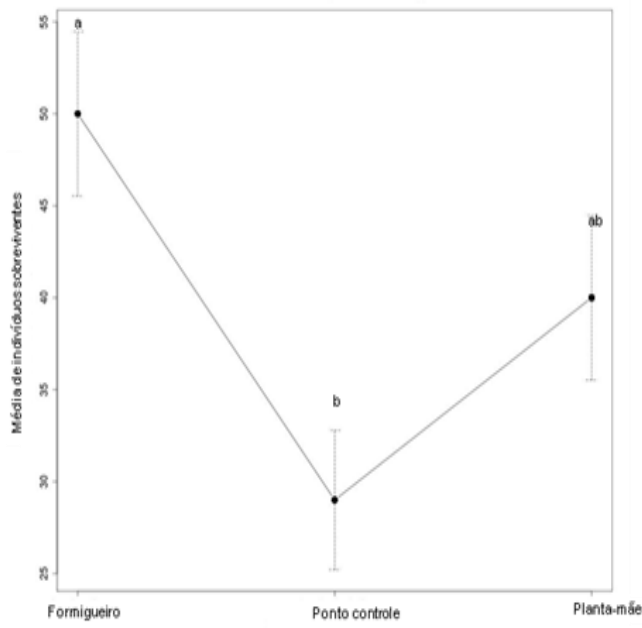
Figura 1



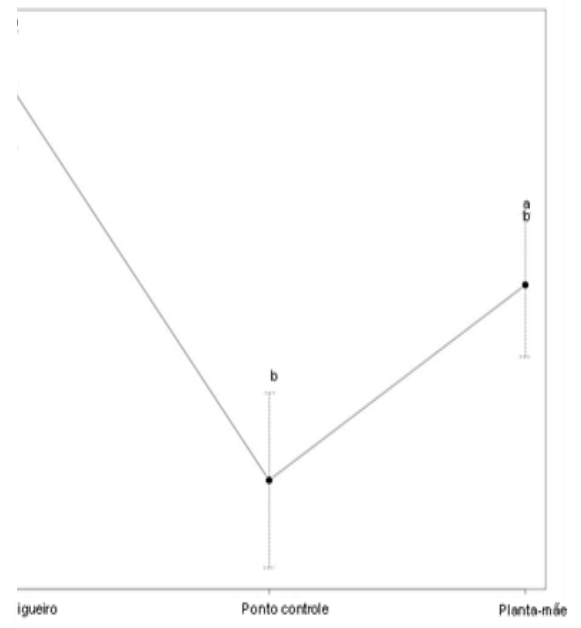
A



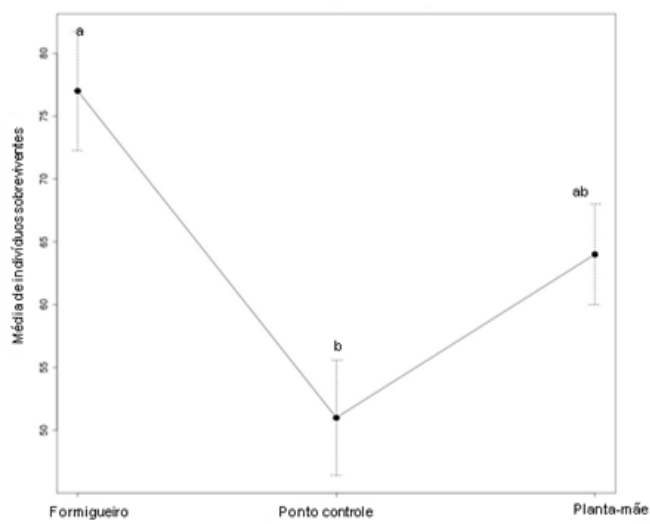
B



C



D



E

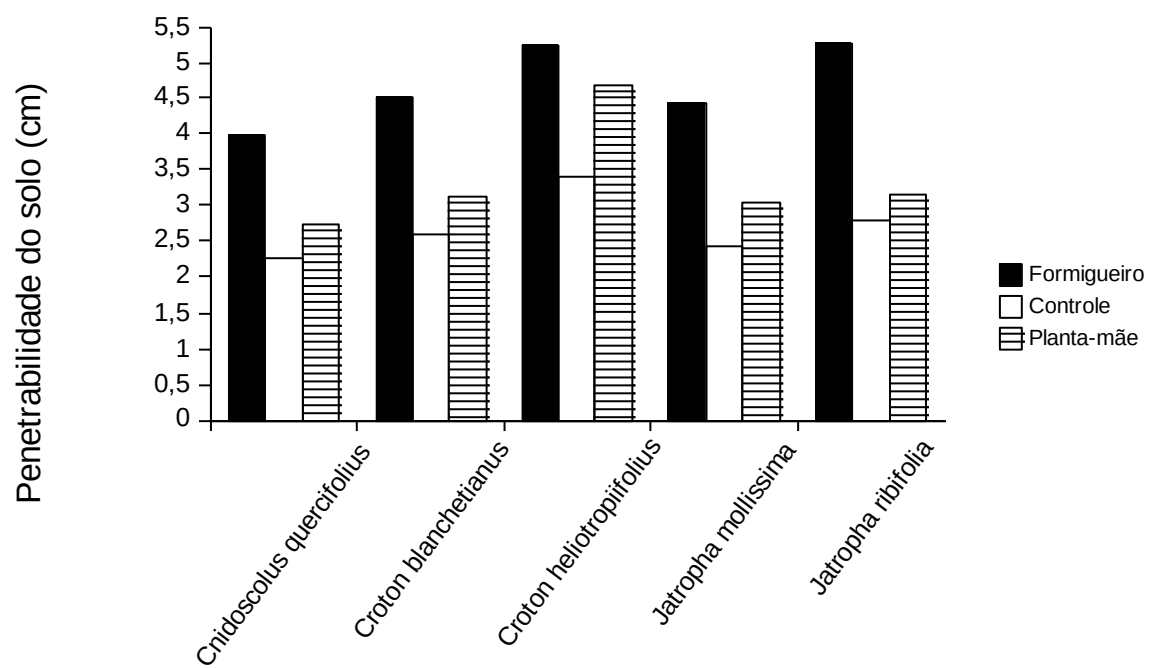


Figura 3

V. MANUSCRITO III – a ser enviado ao periódico *Journal of Tropical Ecology*

**Influência da mirmecocoria no ataque de inimigos naturais às plântulas de
Euphorbiaceae em uma área de Caatinga em Juazeiro, Bahia, Brasil**

Mirmecocoria e patógenos em Euphorbiaceae

Key-words: Caatinga; dispersão; formigas; estabelecimento; herbívoros; *Jatropha*; patógenos; Euphorbiaceae; plântulas; sementes.

Larissa Nascimento Sátiro* & Inara R. Leal
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

* Autor para correspondência: larisatiro@hotmail.com. Endereço para correspondência:
Departamento de Biologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Av. Manoel Severino
Barbosa, s/n, Bom Sucesso, C.E.P. 57309-005, Arapiraca, AL.

RESUMO

As plantas atraem formigas com recompensas como nectários extra-florais para, em troca, receberem proteção contra herbívoros. É possível que plântulas de espécies mirmecocóricas estabelecendo-se próximas aos formigueiros também recebam proteção contra inimigos naturais, mas esta vantagem da mirmecocoria ainda é pobremente estudada. O objetivo deste estudo foi avaliar a proteção de formigas contra herbívoros e patógenos de plântulas de Euphorbiaceae (*Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima* e *Jatropha ribifolia*) em uma área de Caatinga em Juazeiro, Bahia. Dez 10 parcelas de 1 m² foram montadas em três tratamentos: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas. Foram transplantadas 10 plântulas de cada espécie em cada uma das 10 parcelas dos três tratamentos, as quais foram monitoradas de janeiro a dezembro de 2007. Todas as espécies de Euphorbiaceae apresentaram maior ataque de pragas no tratamento planta-mãe. As plântulas de *Jatropha mollissima* e *J. ribifolia* onde as formigas foram experimentalmente removidas apresentaram maiores taxas de ataques de inimigos naturais e menores taxas de crescimento. Esses resultados apontam um novo benefício que as formigas conferem às espécies por elas dispersas: a proteção contra herbivoria, que era bastante conhecida para plantas com nectários extra-florais e com domácias, mas ainda pouco explorado para plantas mirmecocóricas.

Abstract

The plants attract ants with rewards such as extra-floral nectaries, in exchange, they receive protection from herbivores. It is possible that the seedling of myrmecochorous species settling near the anthills also receives protection against natural enemies, but this advantage, myrmecochory is still poorly studied. The aim of this study was to evaluate the protection from ants against herbivores and pathogens of seedlings of Euphorbiaceae (*Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Croton heliotropiifolius*, *Jatropha mollissima* and *Jatropha ribifolia*) in an area of Caatinga in Juazeiro, Bahia. To that end, ten plots of 1 m² were assembled into three groups: (1) below the parent plant, (2) near the anthills of selected species and (3) in control areas without adults and anthills, but with the occurrence of seedlings. Ten seedlings of each species in each of the plots were transplanted, which were monitored from January to December 2007. All Euphorbiaceae species showed an increase between 20 and 40% in the pest attack in the parent plant treatment. Seedlings of *Jatropha mollissima* and *J. ribifolia* for which ants were experimentally removed had rates of attack by natural enemies about 40% larger and growing about 20% lower. These results suggest a new benefit that the ants give the species dispersed by them: protection against herbivory, which was well known for plants with extra-floral nectaries and domatia, but still little explored for plants myrmecochorous.

INTRODUÇÃO

A maioria das espécies de formigas inclui grande proporção de proteína animal nas suas dietas (Hölldobler & Wilson 1990). Assim, quando elas visitam uma planta, freqüentemente atacam uma grande variedade de insetos e outros invertebrados que normalmente atuam como herbívoros ou predadores de sementes das plantas (Beattie 1985), diminuindo as taxas de herbivoria, aumentando o sucesso reprodutivo das plantas (e.g., Oliveira *et al.* 1999, Leal *et al.* 2006) e, conseqüentemente, favorecendo a evolução de sistemas mutualísticos entre plantas e formigas (ver revisão em Rico-Gray & Oliveira 2007). O primeiro trabalho a avaliar experimentalmente o papel das formigas em interações com plantas foi de Janzen (1966), que investigou a associação entre *Acacia cornigera* (Fabaceae) e *Pseudomyrmex ferrugineus* (Pseudomyrmicinae) no México. Ele mostrou que as formigas não somente protegem as plantas contra herbívoros e plantas trepadeiras, competidoras potenciais, como, também, que essa proteção leva a um aumento no sucesso reprodutivo das plantas. O sistema *Acacia-Pseudomyrmex* é o mais bem estudado e amplamente utilizado exemplo de interação planta-formiga, no qual a planta oferece todos os tipos de recompensa às formigas (i.e., nectários extra-florais, corpúsculos alimentares ricos em lipídeos e domáceas) em troca de defesa contra herbívoros e trepadeiras competidoras.

As formigas também interagem com plantas dispersando seus diásporos num processo conhecido como mirmecocoria (van der Pijl 1982). Espécies mirmecocóricas possuem um apêndice externo à semente chamado elaiossomo cuja composição é predominantemente lipídica (Beattie 1985). As formigas são atraídas pelo elaiossomo e utilizam-no como apoio mecânico no transporte das sementes até o ninho (Westoby *et al.* 1991). Lá os elaiossomos são utilizados como alimento para toda a colônia e as sementes, normalmente intactas, são descartadas nas lixeiras que podem ser internas ou externas aos formigueiros (Horvitz &

Beattie 1980, O'Dowd & Hay 1980, Beattie 1985). A mirmecocoria pode trazer várias vantagens para as plantas, como: (1) diminuição do conflito prole-parental (Andersen 1988), (2) redução da competição intra-específica entre plântulas (O'Dowd & Hay 1980), (3) redução da predação das sementes (Handel 1978), (4) transporte das sementes para solos próximos aos formigueiros, enriquecidos em nutrientes e favoráveis à germinação (Culver & Beattie 1983, Rissing 1986) e (4) o escape das sementes ao fogo, mais relevante em ambientes constantemente atingidos por queimadas (Bond & Slingsby 1983). Existe uma vantagem adicional descrita recentemente para plantas não-mirmecocóricas dispersas secundariamente pelas formigas: a proteção das plântulas crescendo próximas aos formigueiros contra herbívoros (Passos & Oliveira 2002, Passos & Oliveira 2004). Entretanto, ainda não se sabe nada sobre a generalidade deste padrão e, entre plantas mirmecocóricas verdadeiras, este tipo de proteção tem sido completamente negligenciado.

O objetivo deste estudo foi avaliar a proteção de formigas contra herbívoros e patógenos de plântulas de Euphorbiaceae em uma área de Caatinga no Nordeste Brasileiro. Mais especificamente, investigamos o crescimento e a sobrevivência de plântulas de Euphorbiaceae em três ambientes (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas, em uma área de Caatinga no Nordeste do Brasil. Nós acreditamos que plântulas crescendo sobre os formigueiros têm maior crescimento e sobrevivência porque são mais protegidas contra inimigos naturais pelas formigas do que plântulas crescendo embaixo dos indivíduos parentais ou em áreas controle. Para testar tal predição, nós também avaliamos o número de plântulas de *Jatropha mollissima* e *J. ribifolia* atacadas por herbívoros e patógenos e suas taxas de crescimento em indivíduos com e sem interação física com formigas.

MÉTODOS

Área de Estudo

A cidade de Juazeiro, onde o estudo foi realizado, localiza-se na margem direita do Rio São Francisco, no extremo norte do estado da Bahia, e faz divisa com Pernambuco. Está inserida no ecossistema Caatinga, cujas principais características são a irregularidade espacial e temporal da distribuição das chuvas, que acabam gerando fisionomias bastante diferentes ao longo do ano, associada às baixas precipitações, temperaturas elevadas e fortes taxas de evaporação e evapotranspiração (Reis 1976, Nimer 1979). Apresenta precipitação média anual de 399 mm, temperatura máxima anual de 29,6°C, média de 24.2°C e mínima de 20.3°C. A pluviosidade máxima anual chega aos 1055 mm, a média a 0427 mm e a mínima a 0098 mm. O período chuvoso se estende de novembro a março, sendo o risco de seca alto. O solo é caracteristicamente compacto na região estudada, apresentando aspecto pedregoso em diversas áreas, entrecortado por áreas inundadas em determinados períodos do ano, correspondente à época das chuvas. A predominância das Leguminosas, e das famílias Euphorbiaceae e Cactaceae é marcante, embora haja outras famílias representativas, como Bignoniaceae e Anacardiaceae, comuns em áreas de Caatinga (Andrade-Lima 1989, Giuliette & Forero 1990, Prado 1991, Prado & Gibbs 1993, Sátiro & Roque 2008).

Espécies Focais

A família Euphorbiaceae conta atualmente com 317 gêneros e ca. 8.000 espécies ocorrentes nos mais variados tipos de vegetação e de habitats das regiões tropicais e temperadas de todo o mundo (Webster 1967; 1994a,b). Para a realização deste estudo foram

utilizadas cinco espécies da família Euphorbiaceae, a saber, *Cnidoscolus quercifolius* Pohl, *Croton blanchetianus* Müll. Arg., *Croton heliotropiifolius* Kunth, *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. e *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill. Estas espécies foram escolhidas por serem bem representadas na área de estudo e em áreas de Caatinga em geral (Sátiro & Roque 2008) e por possuírem sementes com a região micropilar recoberta por um elaiossomo bastante característico conhecido como carúncula (Barroso *et al.* 1999, Gorb & Gorb 2003).

Proteção contra ataque de herbívoros e patógenos

Para verificar se plântulas em áreas próximas aos ninhos de espécies de formigas dispersoras apresentavam um maior grau de proteção contra herbívoros e patógenos, foram delimitadas 10 parcelas de 1m x 1m em três tratamentos: (1) abaixo da planta-mãe, (2) nas adjacências dos formigueiros de espécies selecionadas e (3) em áreas controle sem indivíduos adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas. A área de estudos apresenta um gradiente de solos que vai desde solos pouco pedregosos, mais próximos à estrada, até solos bastante pedregosos (na base da Serra de Campo dos Cavalos), passando por áreas intermediárias e inundadas durante o período das chuvas. Sendo assim, para evitar que este gradiente interferisse nos resultados, os três tratamentos foram montados em transectos que passavam por todo o gradiente. Em cada transecto foi demarcado o mesmo número de parcelas para todas as espécies. Desta maneira, foram montados cinco transectos para cada espécie vegetal, com duas parcelas de cada um dos três tratamentos por transecto. Cada parcela era espaçada por, no mínimo, 30 m para garantir independência dos dados coletados.

A área de estudos apresenta um gradiente de solos que vai desde solos pouco pedregosos, mais próximos à estrada, até solos bastante pedregosos (na base da Serra de Campo dos Cavalos), passando por áreas intermediárias e inundadas durante o período das

chuvas. Sendo assim, para evitar que este gradiente interferisse nos resultados, os três tratamentos foram montados em transectos que passavam por todo o gradiente. Em cada transecto foi demarcado o mesmo número de parcelas para todas as espécies. Desta maneira, foram montados cinco transectos para cada espécie vegetal, com duas parcelas de cada um dos três tratamentos por transecto. Cada parcela era espaçada por, no mínimo, 30 m para garantir independência dos dados coletados.

As parcelas do tratamento planta-mãe foram estabelecidas abaixo de indivíduos adultos com alturas semelhantes entre cada espécie de Euphorbiaceae estudada. As parcelas do tratamento ninho foram estabelecidas em formigueiros localizados através de experimentos de remoção de diásporos realizados entre novembro de 2005 a março de 2006 conforme descrito no manuscrito I. Foram marcados dez ninhos das espécies: *Camponotus crassus*, *Camponotus vitatus*, *Crematogaster victima*, *Crematogaster sp.*, *Dorymyrmex thoracicus*, *Dorymyrmex sp.*, *Pheidole radoskowskii*, *Pheidole sp.1* e *Pheidole sp. 2*, as quais foram as formigas que mais frequentemente realizaram a remoção de diásporos. Essa marcação foi realizada de acordo com a relação específica de cada espécie de formiga com a espécie vegetal correspondente (ver Tabela 1 do Manuscrito I). Por fim, as parcelas do tratamento área-controle foram áreas sem adultos e sem formigueiros, porém com a ocorrência de plântulas das espécies estudadas. Em cada parcela, todos os indivíduos pré-existentes foram removidos e 10 plântulas retiradas das vizinhanças foram transplantadas. As plântulas foram transplantadas com o cuidado de alterar minimamente o sistema radicular e a escolha de que plântulas seriam plantadas em que tratamentos foi totalmente aleatória. Foram mantidas distância similares entre as plântulas na intenção de eliminar a variável “distância” das análises. Em cada parcela a altura das plântulas foi medida no início do transplante e mensalmente durante um ano de janeiro a dezembro de 2007. Para verificar a presença dos inimigos naturais (herbívoros e/ou patógenos), as plântulas foram acompanhadas

mensalmente durante doze meses (de janeiro a dezembro de 2007), e os ataques registrados.

Experimentos de ataque de inimigos naturais

A fim de quantificar mais adequadamente a influência das formigas sobre o ataque de inimigos naturais, experimentos de exclusão de formigas foram montados para as duas espécies de *Jatropha* utilizadas nesse estudo, *J. mollissima* e *J. ribifolia*. Para tal, 10 parcelas de 1m x 1m adicionais foram montadas no tratamento formigueiro dessas duas espécies. Em cada uma dessas parcelas, 10 plântulas de mesma altura foram transplantadas como descrito anteriormente, porém, estas plântulas foram isoladas das formigas através da aplicação de uma camada de resina (tangle-foot) de ca. 2 cm nos caules das plântulas próximo ao nível do solo. Esta resina foi repostada mensalmente. Foram realizados registros mensais da presença e ausência de patógenos nos dois tratamentos para cada espécie de janeiro a dezembro de 2008. Foi ainda registrado o crescimento mensal das plântulas, nesse mesmo período.

Análise estatística

As plântulas transplantadas e acompanhadas durante o período de um ano, tiveram o resultado dos ataques efetivados por herbívoros e patógenos analisados estatisticamente para comparar os três tratamentos para cada espécie de Euphorbiaceae. Para tanto foi realizada uma ANOVA de uma fator para os resultados obtidos em cada espécie vegetal.

Diferenças no número médio de plântulas atacadas por inimigos naturais com e sem formigas e na altura final de plântulas com e sem formigas, para o gênero *Jatropha*, foram testadas com teste t. Os procedimentos estatísticos seguem Zar (1999) e todas as análises foram realizadas através do programa R (programa de uso livre).

RESULTADOS

Proteção contra ataque de herbívoros e patógenos

Os ataques contra as plântulas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos para todas as espécies de Euphorbiaceae estudadas (*C. quercifolius*: $F = 7,8246$; $gl = 2$, $p < 0,0024$; *C. blanchetianus*: $F = 3,4492$, $gl = 2$, $p < 0,0452$; *C. heliotropiifolius*: $F = 10,6139$, $gl = 2$, $p < 0,0006$; *J. mollissima*: $F = 9,6113$, $gl = 2$, $p < 0,0010$; *J. ribifolia*: $F = 11,7378$ $gl = 2$, $p < 0,0004$). Para todas as espécies, os valores mais altos foram observados nas áreas da planta-mãe.

As espécies do gênero *Jatropha* foram mais atacadas por fungos presentes em geral nas folhas mais jovens e algumas larvas de insetos (Figura 1A). Já a espécie *Cnidoscolus quercifolius*, apresentou uma incidência maior de galhas induzidas por insetos e de insetos fitófagos (Figuras 1B e 1C). As espécies do gênero *Croton* apresentara fungos ferrugíneos nas folhas e caules. Alguns poucos herbívoros invertebrados foram registrados para todas as espécies, mas estes registros foram raros. Como a pecuária extensiva é bastante comum em áreas de Caatinga no Nordeste do Brasil (Medeiros *et al.* 1994), não era rara a presença de alguns caprinos na área, embora a mesma fosse propriedade particular e portanto mais preservada que as áreas abertas. Desta forma, todas as espécies vegetais estudadas foram atacadas por caprinos, tendo principalmente suas folhas danificadas. Por apresentarem espinhos ao longo das folhas e caules, as espécies de *Cnidoscolus quercifolius* foram menos atacadas por esses agentes. Já as espécies de *Jatropha* foram mais atacadas, principalmente porque o caule da planta-mãe produz uma resina utilizada pelos caprinos aparentemente para cicatrizar as feridas causadas pelas plantas espinhosas que são obrigados a consumir durante a

época das secas, que na região se estende por quase todo o ano (observação de campo da primeira autora).

Experimentos de ataque de inimigos naturais

Comparando plantas com e sem formiga, ambas as espécies de *Jatropha* apresentaram maior número de plântulas atacadas por herbívoros e patógenos em indivíduos sem formigas (*J. mollissima*: $T = 6,38$, $gl = 1$, $p < 0,01$; *J. ribifolia*: $T = 2,09$, $gl = 1$, $p < 0,05$). Quanto à altura final das plântulas, valores mais altos foram observados em indivíduos com formigas para ambas as espécies de *Jatropha* (*J. mollissima*: $T = 28,39$, $gl = 1$, $p < 0,0001$; *J. ribifolia*: $T = 50,326$, $gl = 1$, $p < 0,0001$). Sendo assim, as plântulas de *Jatropha mollissima* e *J. ribifolia* tratadas com a resina *tangle-foot*, e que portanto não possuíam formigas forrageando sobre sua superfície, apresentaram maiores taxas de ataques de inimigos naturais e menores taxas de crescimento (Figura 2).

DISCUSSÃO

Nesse estudo investigamos se a proteção contra herbívoros e patógenos é maior nas proximidades das plantas-mãe e menor nos formigueiros devido à defesa das formigas contra estes inimigos naturais. Como esperávamos, verificamos maior incidência de inimigos naturais em plântulas presentes nas proximidades da planta-mãe e menor em plântulas presentes nos formigueiros para todas as espécies testadas. Além disso, através de experimentos de exclusão de formigas, constatamos maior número de plântulas sem formigas atacadas por herbívoros e patógenos, as quais apresentaram menores taxas de crescimento. Esses resultados apontam um novo benefício que as formigas conferem às espécies por elas

dispersas: a proteção contra herbivoria, que era bastante conhecida para plantas com nectários extra-florais e com domácias, mas ainda pouco explorado para plantas mirmecocóricas.

As formigas podem interferir no estabelecimento das plântulas mirmecocóricas através de vários processos, a saber, (1) número de sementes que interagem, (2) distância de remoção, (3) local de deposição das sementes, (4) características dos solos dos formigueiros, onde muitas as sementes são depositadas e (5) proteção contra inimigos naturais (ver revisão em Rico-Gray & Oliveira 2007). As taxas e distâncias de remoção, bem como os locais de deposição de sementes já foram bastante examinados e os resultados de grande parte dos estudos apontam para um efeito positivo das formigas (e.g., Skidmore & Heithaus 1988; Brew *et al.* 1989; Gorb & Gorb 2003). Por exemplo, para as Euphorbiaceae, o principal grupo de espécies mirmecocóricas da região Neotropical, já foi verificado que a interação das formigas com as sementes promovem redução do conflito prole-parental (Passos & Ferreira 1996, Leal *et al.* 2007), deposição do diásporos em locais solos mais porosos enriquecidos em matéria orgânica (Leal *et al.* 2007, ver também segundo manuscrito desta tese), que levam a maiores taxas de germinação (Leal 2003). No entanto, a proteção contra inimigos naturais era um benefício que havia sido descrito recentemente apenas para espécies não-mirmecocóricas.

Passos e Oliveira, estudando a dispersão de sementes não-mirmecocóricas em uma área de restinga no Sudeste do Brasil, documentaram, pela primeira vez, a proteção contra herbívoros conferida por formigas dispersoras de sementes (Passos & Oliveira 2002, 2004). Através da simulação da presença de herbívoros sobre as plântulas de *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) crescendo em formigueiros e em áreas adjacentes, Passos & Oliveira (2004) documentaram um incremento de um terço no ataque das plântulas dos ninhos. A formiga predadora *Odontomachus chelifer* (Ponerinae) foi responsável por mais de 90% dos ataques aos herbívoros. Para *Clusia criuva* (Clusiaceae), foi observada maior abundância de plântulas em formigueiros de *O. chelifer* e *Pachycondyla striata* (Ponerinae) que em áreas controle

(Passos & Oliveira 2002). Adicionalmente, a sobrevivência das plântulas foi maior nos ninhos de *P. striata* que em áreas controle (Passos & Oliveira 2002). Os autores não quantificaram a herbivoria nas plântulas de *C. criuva*, porém, especularam que a proximidade aos ninhos tem um papel importante para a sobrevivência das plântulas, seja pelas condições mais favoráveis dos solos ou pelo comportamento agressivo dessas espécies predadoras de formiga (Passos & Oliveira 2002).

Nossos resultados acerca das interações entre formigas e plântulas das espécies do gênero *Jatropha* revelaram que a presença das formigas pode, de fato, reduzir o ataque das plântulas por inimigos naturais e afetar, assim, o seu desenvolvimento. Principalmente

Mais estudos são necessários para testar a generalidade dos padrões aqui descritos, especialmente levando em conta que trabalhos recentes têm questionado a natureza difusa das interações formiga-diásporo (Manzaneda *et al.* 2005; Manzaneda & Rey 2008).

AGRADECIMENTOS

Somos gratas à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia Estado de Pernambuco pelo financiamento do projeto (processo número APQ-0140-2.05/08) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de doutorado para LSN e pela bolsa de produtividade em pesquisa para IRL. Agradecemos também à Secretaria de Desenvolvimento Rural de Juazeiro-BA pelas informações concedidas acerca da área de estudos e ao Dr. Jacques Delabie pela identificação de parte das formigas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, A. N. 1988. Soil of the nest-mound of the seed-dispersing ant, *Aphaenogaster longiceps*, enhances seedlings growth. *Austral Journal of Botany* 13: 469-471.
- ANDRADE-LIMA, D. DE 1981. The Caatingas dominium. *Revista Brasileira de Botânica*. 4: 149-163.
- BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. 1999. *Frutos e Sementes – Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas*. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- BEATTIE, A.J. 1985. *The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- BOND, W. & SLINGSBY P. 1983. Seed dispersal by ants in Cape shrublands and its evolutionary implications. *South African Journal of Science* 79: 231-233.
- BREW, C. R.; O'DOWN, O. J. & RAE, I. D. 1989. Seed dispersal by ants: behavior releasing compounds in elaiosome. *Oecologia* 80: 490-497.
- CULVER, D. C. & BEATTIE A. J. 1983. The nest chemistry of two seed dispersing ant species. *Oecologia* 56: 99-103.

- GIULIETTI, A. M.;FORERO, E. 1990. "Workshop": Diversidade Taxonômica e Padrões de Distribuição das Angiospermas Brasileiras. Introdução. *Acta Botanica Brasilica* 4: 3-10.
- GORB, E. & GORB, S. 2003. *Seeds dispersal by ants in a decidual forest ecosystem. Mechanisms, strategies, adaptations*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- HANDEL, S. N. 1978. The competitive relationship of three woodland sedges and its bearing on the evolution of ant-dispersal of *Carex pedunculata*. *Evolution* 32: 151-163.
- HOLDOBLER, B. & WILSON E. O. 1990. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge.
- HORVITZ, C.C. & BEATTIE A.J. 1980. Ant dispersal of *Calathea* (Maranthaceae) seeds by carnivorous ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. *American Journal of Botany* 67: 321-326.
- JANZEN, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist* 104: 501-528.
- LEAL, I.R., 2003. Dispersão de sementes por formigas na Caatinga. in Leal, I.R., Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. (ed.). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora Universitária da UFPE, Recife. 692p.

LEAL, I.R., FISCHER, E.A., TABARELLI, M., KOST, C. & WIRTH, R. 2006. Ant protection against herbivores and nectar thieves in *Passiflora coccinea* flowers. *Écoscience* 13: 431-438.

LEAL, I. R.; WIRTH, R. & TABARELLI; M. 2007. Seed dispersal by ants in Semi-arid Caatinga of North-EAST Brazil. *Annals of Botany* 99: 885-894.

MANZANEDA, A. J.; FEDRIANI, J. M.; REY, P. J. 2005. Adaptive advantages of myrmecochory: The predator-avoidance hypothesis tested over a wide geographic range. *Ecography* 28: 583-592.

MANZANEDA, A.J. & REY, P.J. 2008. Geographic variation in seed removal of a myrmecochorous herb: influence of variation in functional guild and species composition of the disperser assemblage through spatial and temporal scales. *Ecography* 31: 583-591.

MEDEIROS, L. P.; GIRÃO, R. N; GIRÃO, E. S; PIMENTEL, C. M. 1994. *Caprinos: princípios básicos para a sua exploração*. EMBRAPA – CPAMN/SPI, Teresina.

NIMER, E. 1979. *Climatologia do Brasil*. Fundação IBGE-SUPREN. (Recursos naturais e Meio Ambiente 4), Rio de Janeiro.

O'DOWD, D.J. & HAY M.E. 1980. Mutualism between harvester ants and a desert ephemeral: seeds escape from rodents. *Ecology* 61: 531-540.

OLIVEIRA, P.S., V. RICO-GRAY, C. DÍAZ-CASTELAZO & C. CASTILHO-GUEVARA. 1999. Interaction between ants, extrafloral nectarines and insect herbivores in Neotropical

coastal and dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta* (Cactacea). *Functional Ecology* 13: 623-631.

PASSOS, L. & S.O. FERREIRA, 1996. Ant dispersal of *Croton priscus* (Euphorbiaceae) seeds in a tropical semideciduous forest in Southeastern Brazil. *Biotropica* 28: 697-700.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P. S. 2002. Ants affect the distribution and performance of seedlings of *Clusia criuva*, a primarily bird-dispersed rain forest tree. *Ecology* 90: 517-528.

PASSOS, L. & OLIVEIRA, P. S. 2004. Interaction between ants and fruits of *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) in a Brazilian sandy plain rainforest: ant effects on seeds and seedlings. *Oecologia* 139: 376-382.

PRADO, D. E. 1991. *A critical evaluation of the floristic links between Chaco and Caatingas vegetation in South America*. Ph.D. Thesis, University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland.

PRADO, D. E. & GIBBS, P. E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 902-927.

REIS, A.C. DE S. 1976. Clima da caatinga. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 48(2): 325-335.

RICO-GRAY, V. & OLIVEIRA, P. S. 2007. *The Ecology and Evolution of Ant-Plant Interactions*. The University of Chicago Press. Chicago. 331 pp.

- RISSING, S. W. 1986. Indirect effects of granivory by harvester ants: plant species composition and reproductive increase near ant nest. *Oecologia* 68: 231-234.
- SÁTIRO, L.N.; ROQUE, N. 2008. A família Euphorbiaceae nas Caatingas arenosas do médio rio São Francisco, BA, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(1): 99-118.
- SKIDMORE B.A, HEITHAUS E.R. 1988. Lipid cues for seed-carrying by ants in *Hepatica americana*. *Journal of Chemical Ecology* 14: 2185–2196
- VAN DER PIJL, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. Springer-Verlag, Berlim, GE.
- WEBSTER, G.L. & BURCH, D. 1967. Euphorbiaceae: In: Woodson, R.E. & Schery, R.W. Flora of Panama. *Annals of Missouri Botanical Garden* 54(1-3): 210-350.
- WEBSTER, G.L. 1994a. Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Annals of Missouri Botanical Garden* 81: 33-144.
- WEBSTER, G.L. 1994b. Classification of the Euphorbiaceae, *Annals of Missouri Botanical Garden* 81(1): 3-32.
- WESTOBY, M., FRENCH, K., HUGDES, L., RICE, B. & RODGERSON, L. 1991. Why do more plant species use ants for dispersal on infertile compared with fertile soils? *Australian Journal of Ecology* 16: 445–455.

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

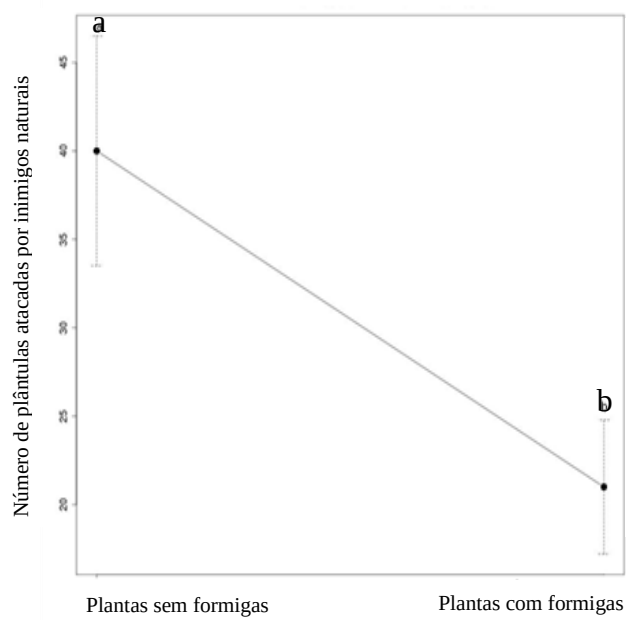
LEGENDA DAS FIGURAS

Figura 1. Patógenos observados nas espécies de Euphorbiaceae estudadas. (A) Fungo sobre folha de *Jatropha mollissima*; (B) Insetos fitófagos sobre planta-mãe de *Cnidoscolus quercifolius*; (C) Galhas sobre folhas de plântula de *C. quercifolius* que se desenvolve próxima à planta-mãe.

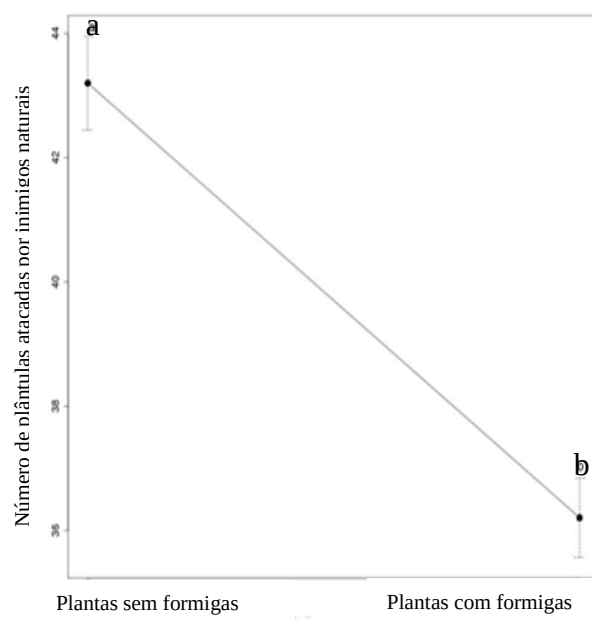
Figura 2. Influência das formigas no ataque de inimigos naturais de espécies do gênero *Jatropha*. (A) altura final de indivíduos de *Jatropha mollissima* com e sem formigas; (B) altura mensal com ANOVA de medidas repetidas de indivíduos de *Jatropha ribifolia* com e sem formigas; (C) Número de indivíduos atacados por herbívoros e patógenos para a espécie *Jatropha mollissima* em plântulas com e sem formigas, (D) número de indivíduos atacados por herbívoros e patógenos para a espécie *Jatropha ribifolia* em plântulas com e sem formigas.



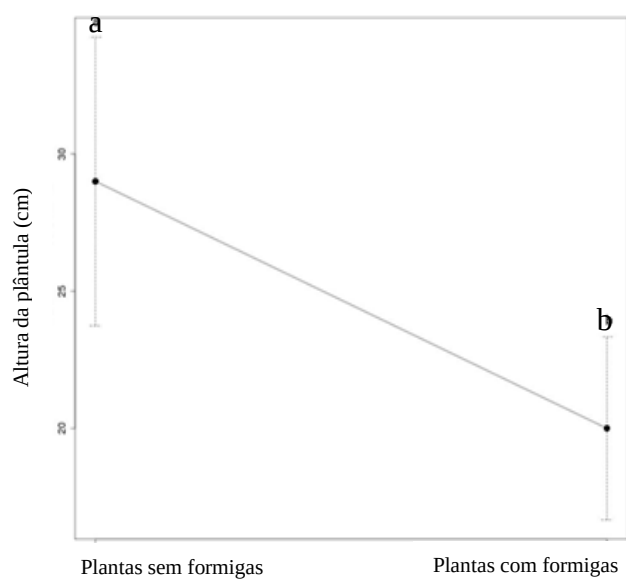
Figura 1



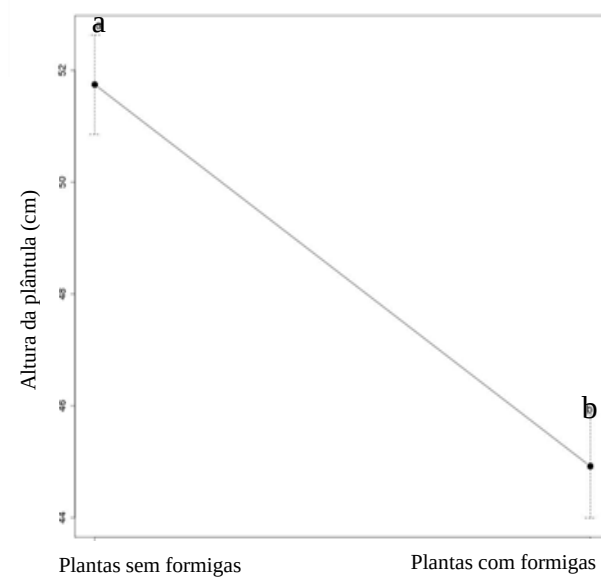
A



B



C



D

Figura 2

CONCLUSÕES

Este estudo abordou o efeito das formigas sobre o crescimento e sobrevivência de plântulas de cinco espécies de Euphorbiaceae em uma área de Caatinga em Juazeiro, Bahia, e constatou uma atuação positiva no estabelecimento de plântulas devido a vários aspectos diferentes associados às atividades das formigas.

Plântulas crescendo em casa de vegetação sob distâncias similares às encontradas nos formigueiros em campo apresentaram maiores crescimento e sobrevivência em relação às plântulas crescendo abaixo dos parentais e em áreas-controle. É possível que, abaixo da planta-mãe, as plântulas encontrem-se muito agrupadas, com alto grau de competição prole-parental e entre plântulas, bem como altas taxas de ataque de predadores de sementes. Já em relação às áreas-controle, é possível que as condições micro-climáticas sejam tão severas (e.g., alta temperatura e baixa umidade) que o desenvolvimento das plântulas seja comprometido.

O acompanhamento de plântulas transplantadas para os formigueiros demonstrou taxas mais altas de crescimento e sobrevivência nos ninhos quando comparadas àquelas transplantadas para abaixo dos parentais e para áreas-controle. Dois conjuntos de atividades das formigas são responsáveis por este resultado. Primeiro, as formigas melhoram as características físicas (e.g., penetrabilidades) e químicas (e.g., maior concentração de fósforo, cálcio, magnésio, matéria orgânica, bases trocáveis, entre outros) dos solos dos formigueiros, o que pode favorecer a penetrabilidade das raízes, absorção de água, a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plântulas. Segundo, as formigas atacam herbívoros e patógenos presentes nas plântulas, reduzindo o efeito negativo que estes inimigos naturais podem apresentar para o estabelecimento de plantas jovens.

Por fim, o trabalho sugere que estudos futuros testem as generalidades dos padrões descritos, especialmente levando em conta que trabalhos recentes têm questionado a natureza

difusa das interações formiga-diásporo e que diferentes espécies de formigas podem apresentar diferentes serviços de dispersão.

ANEXOS

Normas para publicação no periódico Biotropica

BIOTROPICA – JOURNAL OF THE ASSOCIATION FOR TROPICAL BIOLOGY AND CONSERVATION

CHECKLIST FOR PREPARATION OF MANUSCRIPTS AND ILLUSTRATIONS (updated 10 July 2008)

Online submission and review of manuscripts is mandatory effective 01 January 2005.

Please format your paper according to these instructions and then go to the following website to submit your manuscript (<http://mc.manuscriptcentral.com/bitrop>). Contact the BIOTROPICA Office for assistance if you are unable to submit your manuscript via Manuscript Central (biotropica@env.ethz.ch).

Authors are requested to provide a cover letter that details the novelty, relevance and implications of their work, and a brief explanation of the suitability of the work for BIOTROPICA. The number of words in the manuscript should also be given in the cover letter.

I. General Instructions

.. Publication must be in English, but second abstract in other languages (such as Spanish, French, Portuguese, Hindi, Arabic, Chinese etc.) may be published as Online Supplementary Material. BIOTROPICA offers assistance in editing manuscripts if this is required (see English Editorial Assistance below). Second abstracts will not be copy-edited and the author(s) must take full responsibility for content and quality.

.. Manuscripts may be submitted in the following categories, based on these suggested word limits:

Paper (up to 5000 words)

Insights (up to 2000 words)

Review (up to 8000 words)

Commentary (up to 2000 words)

Word counts exclude title page, abstract(s), literature cited, tables, figures, or appendices.

.. Use 8.5" x 11" page size (letter size). Double space everything, including tables, figure legends, abstract, and literature cited.

.. Use a 1" margin on all sides. Align left. Avoid hyphens or dashes at ends of lines; do not divide a word at the end of a line.

.. Use standard 12 point type (Times New Roman).

.. Indent all but the first paragraph of each section.

.. Use italics instead of underline throughout. Italicize non-English words such as e.g., i.e., et al., cf., ca, n.b., post-hoc, and sensu (the exceptions being 'vs.' and 'etc.').

.. Include page number in the centre of all pages. Do use line numbering starting on each page.

.. Cite each figure and table in the text. Tables and figures must be numbered in the order in which they are cited in the text.

.. Use these abbreviations: yr (singular & plural), mo, wk, d, h, min, sec, diam, km, cm, mm, ha, kg, g, L, g/m²

.. For units, avoid use of negative numbers as superscripts: use the notation /m² rather than m⁻².

.. Write out other abbreviations the first time they are used in the text; abbreviate thereafter: "El Niño Southern Oscillation (ENSO) . . ."

.. Numbers: Write out one to ten unless a measurement (e.g., four trees, 6 mm, 35 sites, 7 yr, 10 × 5 m, > 7 m, ± SE) or in combination with other numbers (e.g., 5 bees and 12 wasps). Use a comma as a

separator in numbers with more than four digits (i.e., 1000, but 10,000); use decimal points as in 0.13; 21°C (no spaces); use dashes to indicate a set location of a given size (e.g., 1-ha plot).

.. Spell out 'percent' except when used in parentheses (20%) and for 95% CI.

.. Statistical abbreviations: Use italics for P, N, t, F, R², r, G, U, N, .2 (italics, superscripts non-italics); but use roman for: df, SD, SE, SEM, CI, two-way ANOVA, ns

.. Dates: 10 December 1997; Times: 0930 h, 2130 h

.. Latitude and Longitude are expressed as: 10°34'21. N, 14°26'12. W

.. Above sea level is expressed as: asl

.. Regions: SE Asia, UK (no periods), but note that U.S.A. includes periods.

.. Geographical place names should use the English spelling in the text (Zurich, Florence, Brazil), but authors may use their preferred spelling when listing their affiliation (Zürich, Firenze, Brasil).

.. Lists in the text should follow the style: ... : (1)... ; (2)...; and (3)..., as in, “The aims of the study were to: (1) evaluate pollination success in *Medusagyne oppositifolia*; (2) quantify gene flow between populations; and (3) score seed set.”

.. Each reference cited in text must be listed in the Literature Cited section, and vice versa. Double check for consistency, spelling and details of publication, including city and country of publisher.

.. For manuscripts ACCEPTED for publication but not yet published, cite as Yaz (in press) or (Yaz, in press). Materials already published online can be cited using the digital object identifier (doi)

.. Literature citations in the text are as follows:

One author: Yaz (1992) or (Yaz 1992)

Two authors: Yaz and Ramirez (1992); (Yaz & Ramirez 1992)

Three or more authors: Yaz et al. (1992), but include ALL authors in the literature cited section.

.. Cite unpublished materials or papers not in press as (J. Yaz, pers. obs.) or (J. Yaz, unpublished data). Initials and last name must be provided. ‘In prep’ or ‘submitted’ are NOT

acceptable, and we encourage authors not to use ‘pers. obs.’ or ‘unpublished data’ unless absolutely necessary. Personal communications are cited as (K. A. Liston, pers. comm.).

.. Use commas (Yaz & Taz 1981, Ramirez 1983) to separate citations, BUT use semicolon for different types of citations (Fig. 4; Table 2) or with multiple dates per author (Yaz et al. 1982a, b; Taz 1990, 1991). Order references by year, then alphabetical (Azy 1980, Yaz 1980, Azy 1985).

.. Assemble manuscripts in this order:

Title page

Abstract (s)

Key words

Text

Acknowledgments (spelled like this)

Literature cited

Tables

Appendix (when applicable)

Figure legends (one page)

Figures

.. For the review purpose, submit the entire manuscript, with Tables, Figure legends and Figures embedded at the end of the manuscript text, as a Microsoft Word for Windows document (*.doc), or equivalent for Mac or Linux. Do NOT submit papers as pdf files.

II. Title Page

(Do not number the title page)

.. Running heads two lines below top of page.

LRH: Yaz, Pirozki, and Peigh (may not exceed 50 characters or six author names; use Yaz et al.)

RRH: Seed Dispersal by Primates (use capitals; may not exceed 50 characters or six words)

.. Complete title, flush left, near middle of page, Bold Type and Initial Caps, usually no more than 12 words.

.. Where species names are given in the title it should be clear to general readers what type(s) of organism(s) are being referred to, either by using Family appellation or common name. For example: ‘Invasion of African Savanna Woodlands by the Jellyfish tree *Medusagyne oppositifolia*’, or ‘Invasion of African Savanna Woodlands by *Medusagyne oppositifolia* (Medusagynaceae)’

.. Titles that include a geographic locality should make sure that this is clear to the general reader. For example: ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores, Indonesia’, and NOT ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores’.

.. Below title, include author(s) name(s), affiliation(s), and unabbreviated complete address(es). Use superscript number(s) following author(s) name(s) to indicate current location(s) if different than above. In multi-authored papers, additional footnote superscripts may be used to indicate the corresponding author and e-mail address. Please refer to a current issue.

.. At the bottom of the title page every article must include: Received ____; revision accepted ____ . (BIOTROPICA will fill in dates.)

III. Abstract Page

(Page 1)

.. Abstracts should be concise (maximum of 250 words for papers and reviews; 50 words for Insights; no abstract for Commentary). Include brief statements about the intent, materials and methods, results, and significance of findings. The abstract of Insights should emphasise the novelty and impact of the paper.

.. Do not use abbreviations in the abstract.

.. Authors are strongly encouraged to provide a second abstract in the language relevant to the country in which the research was conducted, and which will be published as Online Supplementary Materials. This second abstract should be embedded in the manuscript text following the first abstract.

.. Provide up to eight key words after the abstract, separated by a semi-colon (;). Key words should be listed alphabetically. Include location, if not already mentioned in the title. See style below. Key words should NOT repeat words used in the title. Authors should aim to provide informative key words—avoid words that are too broad or too specific.

.. Key words: Melastomataceae; Miconia argentea; seed dispersal; Panama; tropical wet forest.—Alphabetized and key words in English only.

IV. Text

(Page 2, etc) See General Instructions above, or recent issue of BIOTROPICA (Section I).

.. No heading for Introduction. First line or phrase of Introduction should be SMALL CAPS.

.. Main headings are METHODS, RESULTS, and DISCUSSION: All CAPITALS and Bold. Flush left, one line.

.. One line space between main heading and text

.. Second level headings: SMALL CAPS, flush left, Capitalize first letter, begin sentence with em-dash, same line (e.g., INVENTORY TECHNIQUE.—The ant inventory...).

.. Use no more than second level headings.

.. Do not use footnotes in this section.

.. References to figures are in the form of ‘Fig. 1’, and tables as ‘Table 1’. Reference to Online Supplementary Material is as ‘Fig. S1’ or ‘Table S1’.

V. Literature Cited

(Continue page numbering and double spacing)

.. No 'in prep.' or 'submitted' titles are acceptable; cite only articles published or 'in press'.

'In press' citations must be accepted for publication. Include journal or publisher.

.. Verify all entries against original sources, especially journal titles, accents, diacritical marks, and spelling in languages other than English.

.. Cite references in alphabetical order by first author's surname. References by a single author precede multi-authored works by the same senior author, regardless of date.

.. List works by the same author chronologically, beginning with the earliest date of publication.

.. Insert a period and space after each initial of an author's name; example: YAZ, A. B., AND B. AZY. 1980.

.. Authors Names: use SMALL CAPS.

.. Every reference should spell out author names as described above. BIOTROPICA no longer uses 'em-dashes' (—) to substitute previously mentioned authors.

.. Use journal name abbreviations (see <http://www.bioscience.org/atlas/jourabbr/list.htm>). If in doubt provide full journal name.

.. Double-space. Hanging indent of 0.5 inch.

.. Leave a space between volume and page numbers and do not include issue numbers. 27: 3–12

.. Article in books, use: AZY, B. 1982. Title of book chapter. In G. Yaz (Ed.). Book title, pp. 24–36. Blackwell Publications, Oxford, UK.

.. Dissertations, use: 'PhD Dissertation' and 'MSc Dissertation'.

VI. Tables

(Continue page numbering)

.. Each table must start on a separate page, double-spaced. The Table number should be in Arabic numerals followed by a period. Capitalize first word of title, double space the table

caption. Caption should be italicized, except for words and species names that are normally in italics.

.. Indicate footnotes by lowercase superscript letters (a, b, c, etc.).

.. Do not use vertical lines in tables.

.. Ensure correct alignment of numbers and headings in the table (see current issues)

.. Tables must be inserted as a Word table or copy and pasted from Excel in HTML format.

VII. Figure Legends

(Continue page numbering)

.. Double-space legends. All legends on one page.

.. Type figure legends in paragraph form, starting with 'FIGURE' (uppercase) and number.

.. Do not include 'exotic symbols' (lines, dots, triangles, etc.) in figure legends; either label them in the figure or refer to them by name in the legend.

.. Label multiple plots/images within one figure as A, B, C etc, as in 'FIGURE 1. Fitness of *Medusagyne oppositifolia* as indicated by (A) seed set and (B) seed viability', making sure to include the labels in the relevant plot.

VIII. Preparation of Illustrations or Graphs

Please consult <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/illustration.asp> for detailed information on submitting electronic artwork

.. Black-and-white or half-tone (photographs), drawings, or graphs are all referred to as 'Figures' in the text. Consult editor about color figures. Reproduction is virtually identical to what is submitted; flaws will not be corrected. Consult a recent issue of *BIOTROPICA* for examples.

.. If it is not possible to submit figures embedded within the text file, then submission as *.pdf, *.tif or *.eps files is permissible.

.. Native file formats (Excel, DeltaGraph, SigmaPlot, etc.) cannot be used in production. When your manuscript is accepted for publication, for production purposes, authors will be asked upon acceptance of their papers to submit:

- Line artwork (vector graphics) as *.eps, with a resolution of < 300 dpi at final size
- Bitmap files (halftones or photographs) as *.tif or *.eps, with a resolution of < 300 dpi at final size

.. Final figures will be reduced. Be sure that all text will be legible when reduced to the appropriate size. Use large legends and font sizes. We recommend using Arial font (and NOT Bold) for labels within figures.

.. Do not use negative exponents in figures, including axis labels.

.. Each plot/image grouped in a figure or plate requires a label (e.g., A, B). Use upper case letters on grouped figures, and in text references.

.. Use high contrast for bar graphs. Solid black or white is preferred.

IX. Insights (up to 2000 words)

Title page should be formatted as with Papers (see above; RRH: “Insights”)

.. No section headings.

.. Up to two figures or tables (additional material can be published as Online Supplementary Material).

X. Appendices

.. We do NOT encourage the use of Appendices unless absolutely necessary. Appendices will be published as Online Supplementary Material in almost all cases.

.. Appendices are appropriate for species lists, detailed technical methods, mathematical equations and models, or additional references from which data for figures or tables have been derived (e.g., in a review paper). If in doubt, contact the editor.

.. Appendices must be referred to in the text, as Appendix S1. Additional figures and tables may be published as OSM (as described above), but these should be referred to as Fig. S1, Table S1.

.. Appendices should be submitted as a separate file.

.. The editor reserves the right to move figures, tables and appendices to OSM from the printed text, but will discuss this with the corresponding author in each case.

English Editorial Assistance

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English and to prepare the manuscript in accordance with the journal style. Biotropica provides this service at the cost of US\$ 25, - per hour. Please contact the Biotropica office at Biotropica@env.ethz.ch if you wish to make use of this service. The service is paid for by the author and use of a service does not guarantee acceptance or preference for publication.

Manuscripts that are scientifically acceptable but require rewriting to improve clarity and to conform to the Biotropica style will be returned to authors with a provisional acceptance subject to rewriting. Authors of such papers may use the Biotropica editing service at the cost of US\$ 25, - per hour for this purpose.

Most papers require between two to four hours, but this is dependent on the work required. Authors will always be contacted should there be any uncertainty about scientific meaning, and the edited version will be sent to authors for final approval before proceeding with publication.

Questions? Please consult the online user's guide at Manuscript Central first before contacting the editorial office

Phone: 0041 44 632 89 45

Editor's Phone: 0041 44 632 86 27

Fax: 0041 44 632 15 75

biotropica@env.ethz.ch

Please use this address for all inquiries concerning manuscripts and editorial correspondence.

Normas para publicação no periódico

Journal of Tropical Ecology

Journal of Tropical Ecology

Potential contributors are advised that careful attention to the details below will greatly assist the Editor and thus speed the processing of their manuscripts. Poorly prepared manuscripts will be returned to authors.

Scope of the journal

Papers may deal with terrestrial, freshwater and strand/coastal tropical ecology, and both those devoted to the results or original research as well as those which form significant reviews will be considered. Papers normally should not exceed 6000 words of text. *Short Communications* are acceptable: they should not exceed four printed pages in total length.

Submission

All manuscripts must be submitted online via the website:

<http://mc.manuscriptcentral.com/jte>

Detailed instructions for submitting your manuscript online can be found at the submission website by clicking on the 'Instructions and Forms' link in the top right of the screen; and then clicking on the 'Author Submission Instructions' icon on the following page.

The Editor will acknowledge receipt of the manuscript, provide it with a manuscript reference number and assign it to reviewers. The reference number of the manuscript should be quoted in all correspondence with *JTE* Office and Publisher.

The submission of a manuscript will be taken to imply that the material is original, and that no similar paper has been published or is currently submitted for publication elsewhere. The original typescript and three complete copies must be submitted. Original figures should not be sent until they are requested; instead, submit four photocopies with the copies of your text and tables. In your covering letter please indicate the number of pages of text, references and appendices and the number of tables, figures and plates. Papers are first inspected for suitability by the Editor or a Board member. Those suitable papers are then critically reviewed by usually two or three expert persons. On their advice the Editor provisionally accepts, or rejects, the paper. If acceptance is indicated the manuscript is usually returned to the author for revision. In some cases a resubmission is invited and on receipt of the new version the paper will be sent to a third referee. If the author does not return the revised or resubmitted version within six months the paper will be classified as rejected. Final acceptance is made when the manuscript has been satisfactorily revised.

Language

All papers should be written in English, and spelling should generally follow *The Concise Oxford Dictionary of Current English*. Abstracts in other languages will be printed if the author so desires together with an abstract in English. All abstracts must be provided by the author.

Preparation of the manuscript

Authors are strongly advised to consult a recent issue of the *JTE* to acquaint themselves with the general layout of articles. Double spacing must be used throughout, allowing wide margins (about 3 cm) on all sides. Main text pages should be numbered.

A paper should be prepared using the following format:

Page 1. *Title page*. This should contain (a) the full title, preferably of less than 20 words and usually containing the geographical location of the study; (b) a running title of not more than 48 letters and spaces; (c) a list of up to 10 key words in alphabetical order suitable for international retrieval systems; (d) the full name of each author; (e) the name of the institution in which the work was carried out; and (f) the present postal address of the author to whom proofs should be sent.

Page 2. *Abstract*. This should be a single paragraph, in passive mode, no more than 200 words long, a concise summary of the paper intelligible on its own in conjunction with the title, without abbreviations or references.

Page 3 *et seq.* The main body of the text may contain the following sections in the sequence indicated: (a) Introduction, (b) Methods, (c) Results, (d) Discussion, (e) Acknowledgements, (f) Literature Cited, (g) Appendices, (h) Tables, (i) Legends to Figures. An extra section between (a) and (b) for Study Site or Study Species might be necessary.

Main headings should be in capital type and centred; sub-headings should be ranged left and italicised.

A *Short Communication* has a title and keywords but no abstract or section headings until Acknowledgements and item Literature Cited.

Acknowledgements should be brief. *Notes* should be avoided if at all possible; any notes will be printed at the end of the paper and not as footnotes.

Scientific names. The complete Latin name (genus, species and authority) must be given in full for every organism when first mentioned in the text unless a standard reference is available which can be cited. Authorities might alternatively appear in Tables where they are first used.

Underlining. The only underlining permitted is that of Latin names of genera and species; and subheadings.

Units of measurement. Measurements must be in metric units; if not, metric equivalents must also be given. The minus index (m^{-1} , mm^{-3}) should be used except where the unit is an object, e.g. 'per tree', not 'tree⁻¹'). Use d^{-1} , mo^{-1} and y^{-1} for per day, per month and per year.

Abbreviations. In general, abbreviations should be avoided. Numbers one to nine should be spelled out and number 10 onwards given in figures. Dates should follow the sequence day-month-year, e.g. 1 January 1997*. The 24-hour clock should be used, e.g. 1615 h.

Online supplementary material

Supplementary material is not copy edited or typeset but loaded onto CJO exactly as supplied. Supplementary material must be submitted at the same time as the article and must be clearly marked to distinguish it from the main article text. Authors should ensure that they mention within their article that supplementary material is available on CJO.

Literature cited

References to literature in the text should conform to the 'name-and-date' system: e.g. Fleming (1982); (Goh & Sasekumar 1980); Montgomery *et al.* (1981). If a number of references are cited at one place in the text, they should be arranged alphabetically and not chronologically. In the reference list citations should take the forms given below. References with two or more authors should be arranged first alphabetically then chronologically. The names of cited journals should be given in full. Certain foreign language citations may be translated into English, and this should always be done where the English alphabet is not used (e.g. Chinese, Russian, Thai). FLEMING, T. H. 1982. Foraging strategies of plant-visiting bats. Pp. 287-325 in Kunz, T. H. (ed.). *Ecology of bats*. Plenum Press, New York. 425 pp.

GOH, A. H. & SASEKUMAR, A. 1980. The community structure of the fringing coral reef, Cape Rachado. *Malayan Nature Journal* 34:25-27.

MONTGOMERY, G. G., BEST, R. C. & YAMAKOSHI, M. 1981. A radio-tracking study of the American manatee *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia). *Biotropica* 13:81-85.

WHITMORE, T. C. 1984. *Tropical rain forests of the Far East* (2nd edition). Oxford University Press, Oxford. 352 pp.

Use the following as contractions in text: 'pers. obs.', 'pers. comm.'; but 'unpubl. data', 'in press'.

Authors should double-check that all references in the text correspond exactly to those in the Literature Cited section.

Tables and figures

Tables should be typed, together with their titles, on separate sheets. Column headings should be brief, with units of measurement in parenthesis. Vertical lines should not be used to separate columns. Avoid presenting tables that are too large to be printed across the page; table width must not exceed 80 characters, including spaces between words, figures and columns. Each table should be numbered consecutively with arabic numerals. The author should mark in the margin of the text where tables and figures are to be inserted; all tables and figures must be mentioned in the text.

Authors should ensure that all figures, whether line drawings or photographs, clarify or reduce the length of the text. Draw both diagrams and lettering in black ink on white drawing paper or tracing film, or on graph paper with *faint* blue ruling. Laser printer, or high quality ink-jet printer, output from computer graphics programs is preferable. Photographs should be provided as glossy black-and-white prints. If lettering or a scale is to be inserted on a print, this should be shown on a spare copy or an overlay, and an unmarked print should be provided for marking by the printer. Make sure that all figures are boldly drawn.

Figures need be no more than 50% larger than the final printed size (which is no more than 13 cm x 21 cm), great care being taken to make sure that all parts (e.g. lettering, scales, shading) will reduce satisfactorily. Especially ensure that histogram shading is simple and clear. Avoid solid black infills. Small illustrations should be grouped to occupy the least space consistent with good appearance. All unnecessary parts should be trimmed (e.g. borders of photographs). Allowing at least 3 cm margin on all sides, groups should be mounted on stout white paper using rubber cement. On the back of each figure the name of the author(s) and the figure number should appear. Send figures flat; do not fold or roll. All figures should be numbered consecutively with arabic numerals, using lower case letters for their subdivisions. Legends should be typed on a separate sheet. Where possible put keys to symbols and lines in Legends not on figures.

Proofs

When proofs are received they should be corrected carefully and returned to the Editor without delay, together with the final marked-up typescript. Authors should adhere to the colour codes (blue for authors new changes/errors, red only for typesetter's errors) and complete and sign the accompanying 'notes to authors'. Authors, when returning proofs, should indicate whether they want the originals of their figures returned to them; typescripts will not be returned. Errors remaining in these first proofs after the author has checked them are the authors responsibility. Any further editorial changes, apart from minor grammatical and syntactical improvements, will be communicated to the author before second proofs are prepared. Ensure that the editorial office knows of changes in your address.

Offprints

Twenty-five offprints of each paper will be provided free. Additional copies may be purchased from Cambridge University Press, and these should be ordered from the Press when the proofs are returned using the order form provided.

Copyright

Authors of articles published in the journal assign copyright to Cambridge University Press (with certain rights reserved) and you will receive a copyright assignment form for signature on acceptance of your paper. Authors receiving requests for permission to reproduce their work should contact Cambridge University Press for advice.

Business correspondence

Correspondence concerning offprints, copyright, back numbers, advertising and sales to libraries should be addressed to the publishers: Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU, UK or Cambridge University Press, 40 West 20th Street, New York, NY 10011-4211, USA.

(Revised 13/3/2009)