



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA  
BIODIVERSIDADE**

**INTERAÇÃO ENTRE *CECROPIA* (CECROPIACEAE) E FORMIGAS ASSOCIADAS  
AO LONGO DE UMA FAIXA LONGITUDINAL NO SUDESTE DA BAHIA**

**GABRIELA VASCONCELOS DE OLIVEIRA**

**ILHÉUS - BAHIA  
2013**

**GABRIELA VASCONCELOS DE OLIVEIRA**

**INTERAÇÃO ENTRE *CECROPIA* (CECROPIACEAE) E FORMIGAS ASSOCIADAS  
AO LONGO DE UMA FAIXA LONGITUDINAL NO SUDESTE DA BAHIA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade.

Orientador: Dr. Jacques Hubert Charles Delabie

Co-orientador (a): Dra. Michele Martins Corrêa

**ILHÉUS – BAHIA**

**2013**

O48      Oliveira, Gabriela Vasconcelos de.  
Interação entre Cecropia (Cecropiaceae) e formi-  
gas associadas ao longo de uma faixa longitudinal  
no Sudeste da Bahia / Gabriela Vasconcelos de  
Oliveira. – Ilhéus, BA: UESC, 2013.  
59f. : il.

Orientador: Jacques Hubert Charles Delabie.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual  
de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia e conservação da Biodiversidade.  
Inclui bibliografia e apêndice.

1. Relação – Inseto-planta. 2. Formiga – Com-  
portamento. 3. Biodiversidade – Conservação.  
I. Título.

CDD 591.5

**GABRIELA VASCONCELOS DE OLIVEIRA**

**INTERAÇÃO ENTRE *CECROPIA* (CECROPIACEAE) E FORMIGAS ASSOCIADAS  
AO LONGO DE UMA FAIXA LONGITUDINAL NO SUDESTE DA BAHIA**

Ilhéus – Bahia, 24 de julho de 2013

---

Dr. Jacques Hubert Charles Delabie  
UESC  
(Orientador)

---

Dra. Michele Martins Corrêa  
UESB  
(Co-orientadora)

---

Dr. Heraldo Luis de Vasconcelos  
UFU

---

Dra. Inara Roberta Leal  
UFPE

A minha mãe, Suzete de Vasconcelos Oliveira,  
por todo apoio e incentivo. Sem você eu não teria  
chegado até aqui.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Dr. Jacques Delabie por toda a paciência e compreensão. Durante este período de convivência aprendi que um bom pesquisador se faz com humildade e parcerias.

À minha co-orientadora Dra. Michele Martins Corrêa pela atenção e prontidão para me ajudar, mesmo nos momentos turbulentos, e também pelas correções enriquecedoras para a dissertação, assim como para minha formação profissional.

Aos doutores Heraldo Vasconcelos e Inara Leal pelas contribuições enriquecedoras para a melhoria deste trabalho.

À Ingrid Matos de Araújo Góes e Gil Marcelo Reuss pela confecção dos mapas.

Ao Dr. Raymundo José de Sá Neto pelo auxílio nas análises dos dados.

Ao quase Dr. Anderson Ferreira Machado pelo auxílio na identificação das plantas.

À José Raimundo, José Crispim, José Abade pelo auxílio essencial e muitas gargalhadas nas coletas de campo.

À CEPLAC pelo apoio logístico para execução do trabalho.

À CAPES pela bolsa concedida.

Aos colegas da turma e do Laboratório de Mirmecologia pelos momentos agradáveis e por todo apoio.

À minha filha, Marina, por compreender a necessidade da distância e por ser o motivo de me fazer seguir em frente, mesmo querendo desistir em vários momentos.

À minha mãe, Suzete, e minha irmã, Camila, por terem sido as segunda e terceira mães da minha pequena neste período que me ausentei.

Ao meu namorado Allan, pelos incentivos para seguir em frente e pela compreensão nas horas de estresse.

À todos aqueles que ajudaram direta e indiretamente na construção deste trabalho.

Muito obrigada!

## **A casa de ninguém**

Poema denso, frio, tenso, comprido  
lembrando o frágil mato que persiste:  
a casa do animal desconhecido.

Porque mora, porque ainda resiste  
nessa vegetação seca, tão pouca?  
Como pode viver assim, tão triste?

Bicho desconhecido... Casa tosca.  
Desconhecida está sua morada  
nos capinzais da varejeira mosca.

Mas ela existe... nem que disfarçada  
nos olhos vinhos desse estranho inseto,  
em mosaico, por si multiplicada.

São poucos benfeitores, arquitetos  
que, fecundos, a vêem. Somos, no fundo,  
todos demolidores... tão concretos!

Casa invisível... tosca... submundo...  
animais transparentes... mentes foscas...  
A casa é de ninguém? De todo mundo!

Do livro A Casa dos Animais  
(Paulo Robson de Souza, OAK, 2000)

## RESUMO

Uma das interações mais comuns e conspícuas em todos os ecossistemas terrestres é a existente entre plantas e formigas. Uma interação bem conhecida é a associação entre plantas do gênero *Cecropia* e suas formigas associadas, na maioria das vezes pertencentes ao gênero *Azteca*. Apesar desta associação ser bem conhecida, estudos sobre a distribuição geográfica e a variação de espécies associadas as plantas do gênero *Cecropia* nunca foram realizados no nordeste brasileiro. Os objetivos deste estudo foram avaliar ao longo de um gradiente longitudinal no sudeste da Bahia a riqueza das espécies de formigas associadas a *Cecropia*, a frequência de ocupação das árvores por formigas e a existência de relação espécie-específica nesta associação mutualística. Plantas de *Cecropia* foram coletadas segundo um gradiente leste (costa)-oeste (interior) ao longo de 19 cidades da região sudeste da Bahia. A faixa amostrada possuiu cerca de 195 km no sentido leste-oeste por 50 km sentido norte-sul. A vegetação variou de Floresta úmida no litoral a Mata de cipó em Vitória da Conquista, e a altitude variou de 11m em Ilhéus e a 947 m em Barra do Choça. Foram coletadas 521 plantas de *Cecropia* pertencentes a quatro espécies, das quais 437 tinham sua região apical ocupada por formigas. No total, foram amostradas 40 espécies de formigas, sendo sete do gênero *Azteca*. A formiga mais frequente foi *Azteca alfari* (Emery). A abundância de *Cecropia*, a frequência de ocupação, a riqueza de formigas e a associação entre diferentes espécies de formigas diminuíram no sentido leste-oeste, ao longo das formações vegetais e com a altitude. A menor quantidade de plantas na área oeste e a menor porcentagem de formigas estão relacionadas com a altitude, o uso das terras e a variação da cobertura vegetal ao longo do gradiente.

**Palavras-chave:** altitude, *Azteca*, formação vegetal, gradiente, ocupação.



## ABSTRACT

One of the most common and conspicuous interactions in all terrestrial ecosystems is the existing between plants and ants. A well-known interaction is the association between plants of the genus *Cecropia* and their associated ants, mostly belonging to the genus *Azteca*. Despite this association be well known, studies on geographical distribution and variation of associated species with plants of the genus *Cecropia* have never been carried in Brazilian northeast. The aims of this study were to evaluate the *Cecropia* ant species richness, the tree occupation frequency by ants and the existence of species-specific relationship in this mutualism along a longitudinal gradient in southeastern Bahia, Brazil. *Cecropia* plants were collected in a longitudinal gradient east (coast)- west (mainland) over 19 counties in southeastern Bahia, Brazil. The sampled area has about 195 km east-west by 50 km north-south. Vegetation ranged from wet forest around Ilhéus to deciduous forest at Vitória da Conquista. We collected 521 *Cecropia* plants belonging to four species, of which 437 had their apical region occupied by ants. In total, 40 species of ants were sampled, being seven of the genus *Azteca*. The commonest ant was *Azteca alfari* (Emery). The *Cecropia* abundance, the occupation frequency, the ant richness and the association between different ant species decreased from east to west, along the plant formations and with altitude. The least amount of plants in western area and the lowest percentage of ants are related with the altitude, use of the land and vegetation cover variation along the gradient.

**Key-words:** altitude, *Azteca*, vegetable formation, gradient, occupation.

## SUMÁRIO

Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
1 – Introdução Geral.....	10
2 – Manuscrito .....	17
2.1 – Resumo.....	19
2.2 – Abstract.....	20
2.3 – Introdução.....	21
2.4 – Metodologia.....	23
2.5 – Resultados.....	29
2.6 – Discussão.....	40
2.7 – Referências.....	46
3 – Considerações Finais.....	50
4- Referências.....	51
5 – Apêndices.....	55

## INTRODUÇÃO GERAL

Uma das interações mais comuns e conspícuas em todos os ecossistemas terrestres é a interação entre plantas e formigas, que é geograficamente bem difundida, e têm mostrado ser importante para a defesa da planta contra herbívoros e, em muitos casos, para sua reprodução (Beattie, 1985; Hölldobler & Wilson, 1990; Heil & Mckey, 2003; Rico-Gray & Oliveira, 2007). As formigas desempenham diversas funções ecológicas (Hölldobler & Wilson, 1990; Ness *et al.*, 2009), uma vez que podem agir como dispersoras de sementes (Beattie, 1985; Hölldobler & Wilson, 1990; Jolivet, 1996; Delabie *et al.*, 2003) e, com menor frequência, podem agir como polinizadoras (Beattie, 1985; Hölldobler & Wilson, 1990; Delabie *et al.*, 2003; Rico-Gray & Oliveira, 2007).

Em interações mais específicas, algumas plantas oferecem para as formigas nectários extraflorais ou corpos alimentares ricos em lipídio e/ou proteína “em troca” da proteção contra outros artrópodes herbívoros (Janzen, 1973; Beattie, 1985; Schultz & McGlynn, 2000; Delabie *et al.*, 2003; Rico-Gray & Oliveira, 2007). Essa produção de corpos alimentares pelas plantas para alimentar as formigas é conhecida como mirmecotrofia (Jolivet, 1996; Delabie *et al.*, 2003). As plantas também podem formar estruturas onde as formigas constroem seu ninho, chamadas “domáceas”, como espinhos inchados, raízes, bulbos, tubérculos, caules ocos e bolsas laminares formadas na base das folhas (Janzen, 1969; Hölldobler & Wilson, 1990; Jolivet, 1996; Delabie *et al.*, 2003; Heil & Mckey, 2003; Rico-Gray & Oliveira, 2007). As plantas que possuem esse tipo de estrutura abrigando formigas são chamadas de mirmecófitas (Davidson & Mckey, 1993; Jolivet, 1996; Delabie *et al.*, 2003; Heil & Mckey, 2003).

Exemplos bem conhecidos de mutualismo entre plantas e formigas são as associações entre árvores do gênero *Macaranga* e formigas do gênero *Crematogaster* e *Camponotus*, e plantas do gênero *Acacia* e formigas do gênero *Pseudomyrmex*. Nestas associações as plantas hospedeiras possuem domáceas onde as formigas nidificam e produzem corpos alimentares dos quais as formigas se alimentam (Beattie, 1985; Jolivet, 1990; Fiala *et al.*, 1991; Fiala *et al.*, 1999; Rico-Gray & Oliveira, 2007). Em compensação, as formigas mantêm a planta livre de herbívoros e de outras plantas competidoras, como trepadeiras (Janzen, 1966; Janzen, 1969; Fiala *et al.*, 1991; Fiala *et al.*, 1999; Rico-Gray & Oliveira, 2007).

A análoga neotropical de *Macaranga* é a árvore do gênero *Cecropia*, associada comumente a formigas do gênero *Azteca* (Fiala *et al.*, 1991; Fiala *et al.*, 1999). Nesta

associação, assim como naquelas descritas anteriormente, a *Cecropia* oferece local de nidificação e corpos alimentares às formigas e estas oferecem à planta proteção contra herbívoros e plantas trepadeiras (Janzen, 1969; Janzen, 1973; Schupp, 1986; Jolivet, 1990; Davidson & Fisher, 1991; Vasconcelos & Casimiro, 1997).

Plantas do gênero *Cecropia* são árvores pioneiras de crescimento rápido e exclusivamente neotropicais (Schupp, 1986; Berg & Rosselli, 2005), bastante utilizadas em reflorestamentos de áreas degradadas (Lorenzi, 2002). Este gênero possui cerca de 61 espécies (Berg & Rosselli, 2005; Gaglioti & Romaniuc, 2012) que se distribuem desde o sul do México até o norte da Argentina (Davidson, 2005). Cerca de 80% das espécies são mirmecófitas (Davidson, 2005), sendo quase sempre ocupadas por formigas (Longino, 1991). No Brasil existe cerca de 20 espécies, com maior concentração na região Norte (Gaglioti & Romaniuc, 2012). Na Bahia, existem registros de quatro espécies (Romaniuc Neto & Gaglioti, 2013).

Plantas mirmecófitas evoluíram tanto para fornecer recursos alimentares para as formigas, quanto para conceder locais de nidificação dentro de partes modificadas de seu corpo ou em estruturas pré-adaptadas (Davidson, 2005). Mirmecófitas do gênero *Cecropia* possuem o tronco oco e segmentado, formando câmeras dentro do tronco (Figura 1a) (Dumpert, 1978), onde as formigas nidificam (Janzen, 1969). A parede do tronco possui locais menos robustos conhecidos como prostoma (Figura 1b), localizados nos entrenós e que não possuem tecido vascularizado, por onde as rainhas penetram em uma das câmeras sem romper os tecidos vasculares da planta (Wheeler, 1942; Dumpert, 1978; Davidson & Fisher, 1991; Davidson, 2005). Além do lugar para nidificação, *Cecropia* também oferece recursos alimentares às formigas, uma vez que produz corpúsculos müllerianos em uma estrutura aveludada localizada na base do pecíolo (triquílio) (Figura 1c), e que são ricos em glicogênio (Janzen, 1969; Dumpert, 1978). Algumas espécies de *Cecropia* também possuem corpúsculos em pérolas (“pearl bodies”), presentes como tricomas na superfície inferior da folha, contendo proteína e ricos em lipídios (Rickson, 1977), dos quais as formigas se alimentam.



Figura 1. a) Tronco de *Cecropia* partido longitudinalmente; b) Prostoma localizados nos entrenós; c) Triquílio localizado na base do pecíolo da planta carregados de corpos müllerianos. Fontes: a) Gabriela Vasconcelos; b) Carvajal & González-Villarreal, 2005; c) Jolivet, 1996.

*Cecropia*, em sua maioria das espécies, ocorre em habitats abertos, beira de estrada e clareiras de vegetação secundária (Harada, 1982; Longino, 1989a; Berg & Rosselli, 2005), porém algumas destas podem ser encontradas em florestas maduras e primárias, lugares inundados, matas úmidas e matas ciliares (Harada, 1982; Guerrero *et al.*, 2010). Essas diferenças no habitat refletem diferenças no crescimento da planta e na taxa de produção de recursos alimentares usados pelas formigas (Davidson & Fisher, 1991). Espécies de ambientes abertos possuem crescimento mais rápido quando comparadas as mais tolerantes à sombra e apresentam folhas de vida curta. Já as espécies mais tolerantes à sombra possuem crescimento lento e folhas de vida longa, e produzem prostomas e triquílios mais cedo durante o seu desenvolvimento (Davidson & Mckey, 1993).

A maioria das espécies também é mirmecófila, entretanto cerca de 10% é mirmecofóbica (Jolivet, 1990), ou seja, perderam suas características atrativas (triquílio e corpúsculos mullerianos), como espécies que habitam ilhas e altas altitudes – acima de 2000 m (Janzen, 1973; Rickson, 1977; Jolivet, 1990). Entretanto, a ausência de formigas em *Cecropia* em altitudes pode variar entre diferentes áreas, de acordo com a umidade do local

(Janzen, 1973). No Brasil existem duas espécies que não possuem triquílio e não formam corpúsculos mullerianos, *C. sciadophylla* e *C. hololeuca* (Jolivet, 1990), sendo que esta última ocorre no estado da Bahia.

Várias espécies de formigas podem habitar as plantas de *Cecropia*, entretanto a associação mais comum é com o gênero *Azteca*. Outros dois gêneros com espécies frequentes que habitam e conseguem manter ninhos maduros e persistentes em *Cecropia* são *Pachycondyla* e *Camponotus* (Davidson & Fisher, 1991; Longino, 1991; Yu & Davidson, 1997). Além destas, várias espécies de formigas podem residir ocasionalmente em *Cecropia* (Longino, 1989a), ocupando partes inferiores do tronco e forrageando fora da planta (Davidson & Fisher, 1991). Outros gêneros de formigas que habitam árvores do gênero *Cecropia* na Costa Rica são *Cephalotes*, *Crematogaster*, *Gnamptogenys*, *Heteroponera*, *Myrmelachista*, *Pheidole*, *Pseudomyrmex*, *Solenopsis* e *Wasmannia* (Longino, 1991).

A riqueza e diversidade de formigas associadas à *Cecropia* indicam a frequência e facilidade em que o mutualismo evoluiu ao longo do tempo, e fornecem evidências de que *Cecropia* foi colonizada diversas vezes e independentemente por alguns gêneros de formigas (Davidson & Mckey, 1993). Estudos moleculares mostram que as espécies de *Azteca* associadas com *Cecropia* não formam um grupo monofilético, indicando mais uma vez processos independentes de colonização destas plantas (Ayala *et al.*, 1996). Formigas que ocuparam o tronco de *Cecropia* podem ter beneficiado de várias formas a planta hospedeira e exercido pressão de seleção, sendo um dos fatores decisivos para o desenvolvimento de outros traços atrativos para as formigas, tais como prostoma e o triquílio com corpos müllerianos (DumPERT, 1978; Davidson, 2005). O fornecimento de recursos alimentares garantiu que as formigas pudessem se tornar um componente biótico da planta, e facilitou a evolução de interações mais específicas (Davidson & Mckey, 1993). Entre as formigas associadas obrigatoriamente à *Cecropia*, o reconhecimento e uso de prostoma e corpos müllerianos pelas rainhas e operárias de *Azteca* podem ser considerados traços coadaptados resultantes da associação com *Cecropia*. Já formigas que não são obrigatoriamente associadas à *Cecropia*, e que forrageiam ou habitam a planta de modo oportuno, tendem a não explorar os corpos müllerianos como recurso alimentar (Putz & Holbrook, 1988; Wetterer, 1997; Davidson & Fisher, 1991), nem o prostoma como entrada para o tronco oco (Longino, 1989a).

De acordo com Longino (1989a), as formigas do gênero *Azteca* são as mais comuns nos troncos de *Cecropia* devido ao tamanho e forma de suas colônias. Enquanto a maioria das formigas arborícolas forma pequenas colônias ou, ainda, grandes colônias distribuídas num espaço reduzido, ocupando apenas uma parte do tronco da planta, as colônias de *Azteca* são

capazes de se expandir até ocupar todo volume da árvore, onde podem eliminar colônias já ocorrendo ali. Entretanto espécies como *Camponotus*, *Crematogaster*, *Pachycondyla* e *Solenopsis* podem ser encontradas em plantas que possuem colônias maduras de *Azteca*, assim como colônias de mais de uma espécie de *Azteca* podem ocorrer simultaneamente na mesma planta (Harada & Benson, 1988; Davidson & Fisher, 1991; Longino, 1991).

Apesar do mutualismo *Cecropia* e *Azteca* ser muito comum, nenhuma espécie de *Azteca* é moradora estrita de uma única espécie hospedeira (Longino, 1989a). Cada espécie de *Cecropia* pode ser habitada por mais de uma espécie de formiga, e as formigas *Azteca*, por sua vez, habitam mais de uma espécie de *Cecropia*, sendo que algumas habitam até plantas de outros gêneros como *Cordia*, *Tachigali*, *Tococa* e *Triplaris* (Longino, 1989a; Longino, 1991; Davidson & Mckey, 1993; Longino, 1996).

*Azteca* é um gênero exclusivamente Neotropical, e são conhecidas 84 espécies (Bolton, 2012), distribuídas desde o México até Paraguai e Argentina (Wheeler, 1942; Harada, 1982). Todas as espécies são arborícolas, entretanto, apresentam hábitos e habitats diferentes. Algumas nidificam em galhos secos ou mortos, outras em troncos vivos, ou ainda em pequenas dilatações do caule ou das folhas, algumas constroem ninhos de cartões dentro do tronco e outras constroem ninhos de cartões fora dele (Harada, 1982; Longino, 1989b; Longino, 1991; Guerrero *et al.*, 2010). As *Azteca* quase que exclusivamente nidificam em plantas adaptadas (Jolivet, 1996), mas apresentam diferentes graus de especificidade com a planta hospedeira (Longino, 1991).

As espécies do gênero *Azteca* são conhecidas por possuir comportamento agressivo, dominando e protegendo o território onde se encontram os triquílios, fonte de alimento essencial para o crescimento da colônia (Davidson & Mckey, 1993). A capacidade de nidificar próximo ao recurso alimentar reduz os custos de forrageamento (Ness *et al.*, 2009), e contribui para intensificação do comportamento agressivo e dominância da colônia (Davidson & Mckey, 1993). Além de proteger os triquílios, estas formigas removem trepadeiras e outras plantas que competem com a hospedeira por luz, influenciando positivamente a reprodução e sobrevivência da *Cecropia* (Janzen, 1969; Schupp, 1986).

A planta hospedeira é beneficiada também pelos nutrientes fornecidos pelas formigas através dos resíduos depositados nos entrenós dentro do tronco (Sagers *et al.*, 2000; Dejean *et al.*, 2012). Cerca de 93% do nitrogênio assimilado pelas plantas de *Cecropia* é derivado das formigas ou dos depósitos de resíduos das formigas (Sagers *et al.*, 2000), conferindo uma grande vantagem para as plantas que abrigam *Azteca*, uma vez que o nitrogênio pode limitar o crescimento nesta espécie pioneira.

Além destes benefícios, a ocorrência da *Azteca* na planta reduz o número de herbívoros, tais como formigas cortadeiras e insetos mastigadores, assim como os danos causados por eles (Schupp, 1986; Jolivet, 1990; Vasconcelos & Casimiro, 1997), influenciando positivamente o crescimento das árvores que habitam (Schupp, 1986; Vasconcelos & Casimiro, 1997). A eficácia da defesa é resultado da mobilidade e da relativa baixa especificidade das formigas, já que podem ser efetivas contra vários tipos de insetos (Heil *et al.*, 2001). Entretanto a efetividade das formigas na defesa contra herbívoros pode variar em função da espécie de formiga mutualística e agressividade da mesma (Davidson & Mckey, 1993; Bronstein, 1998; Bruna *et al.*, 2004), assim como com as características do meio em que a planta vive, tais como abundância de herbívoros e trepadeiras (Putz & Holbrook, 1988; Bronstein, 1998; Fáveri & Vasconcelos, 2004).

Dentro do gênero *Azteca*, 21 espécies possuem associação com plantas de *Cecropia*, sendo que a maioria também habita outras mirmecófitas (Harada & Benson, 1988). Destas, 12 espécies foram registradas no Brasil e nove são consideradas especialistas de *Cecropia*, a saber: *A. alfari*, *A. coeruleipennis*, *A. constructor*, *A. isthmica*, *A. lanuginosa*, *A. muelleri*, *A. schimperi*, *A. xanthochroa* e *Azteca* sp. (Harada & Benson, 1988). Dentre elas *A. alfari* é a que possui distribuição mais ampla, ocorrendo desde o México até a Argentina (Harada & Benson, 1988; Longino, 1991) e nidifica em qualquer espécie de *Cecropia* mirmecófitas, principalmente em áreas de capoeira e áreas abertas como pastos e beira de estrada (Harada, 1982; Harada & Benson, 1988; Longino, 1989b; Longino, 1991). Já as formigas *A. constructor* e *A. xanthochroa* são mais comuns em florestas fechadas (Longino, 1991).

A partição entre espécies de *Azteca* pode variar de acordo com a altitude; por exemplo, na Costa Rica, *A. alfari* é mais comum em baixas altitudes, enquanto que *A. constructor* é mais frequente em áreas mais elevadas (Longino, 1989a). Espécies de *Cecropia* que habitam ilhas e altitudes acima de 2000m geralmente não são habitadas por formigas (Janzen, 1973; Rickson, 1977). Entretanto, a ausência de formigas em *Cecropia* de altitudes elevadas pode variar entre diferentes áreas, uma vez que foi registrada a ocorrência de formigas habitando uma espécie de *Cecropia* a mais de 2.000 m de altitude na Colômbia (Janzen, 1973).

Além destas diferenças conhecidas entre as espécies de *Azteca*, sabe-se que a diversidade e riqueza de espécies de formigas diminuem com a latitude e elevação (Janzen, 1973; Longino, 1991b; Gotelli & Ellison, 2002; Zelikova *et al.*, 2008; Dunn *et al.*, 2009), assim como em ambiente mais secos e/ou frios (Longino, 1989a; Rico-Gray *et al.*, 1998); e aumentam com a complexidade da vegetação (Gotelli & Ellison, 2002). É sabido também que a riqueza de formigas é sensível a escala espacial. Em larga escala, a riqueza pode ser



influenciada pela composição taxonômica e estrutura vegetal do habitat. E em pequena escala, onde a estrutura vegetal geralmente é mais homogênea, a riqueza de formigas é sensível a diversidade e cobertura vegetal (Gotelli & Ellison, 2002). Para Rico-Gray *et al.* (1998), a diversidade da vegetação influencia a comunidade de formigas até um certo ponto, pois fatores abióticos ao longo de gradientes ambientais e distúrbios ecológicos agem influenciando esta diversidade, que por sua vez influencia a diversidade de formigas.

A elevação também afeta interações mutualísticas como a dispersão de sementes. Zelikova e colaboradores (2008) sugeriram que a variação na interação ao longo de um gradiente altitudinal pode ocorrer devido a variação geográfica na densidade e diversidade das formigas mutualistas, a variação geográfica na densidade ou diversidade de plantas e a variação nas variáveis climáticas.

Sendo assim, estudos sobre a distribuição das espécies de formigas associadas a *Cecropia* em diferentes paisagens vegetais são relevantes para a compreensão de como esta associação mutualística varia. O mutualismo entre *Cecropia* e formigas tem sido alvo de diversos estudos ao longo dos anos (Janzen, 1969; Janzen, 1973; Harada & Benson, 1988; Schupp, 1986; Putz & Holbrook, 1988; Longino, 1989a; Vasconcelos & Casimiro, 1997; Agrawal, 1998; Agrawal & Dubin-Thaler, 1999; Vieira *et al.*, 2010; Dejean *et al.*, 2012). Contudo, estudos sobre distribuição e variação de espécies associadas a esta planta nunca foram realizados no nordeste brasileiro. Sendo assim, estudos que procuram preencher esse tipo de lacuna são importantes para o entendimento dos padrões de distribuição de *Cecropia* e formigas associadas na região nordeste.

**MANUSCRITO A SER ENVIADO PARA A REVISTA NEOTROPICAL  
ENTOMOLOGY**

## **Interação entre *Cecropia* (Cecropiaceae) e formigas associadas ao longo de uma faixa longitudinal no sudeste da Bahia**

**GV Oliveira<sup>1</sup>, MM Corrêa<sup>2</sup>, JHC Delabie<sup>1,3</sup>**

1. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

2. Laboratório de Biodiversidade do Semi-Árido. Departamento de Ciências Naturais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB

3. Laboratório de Mirmecologia, Centro de Pesquisa do Cacau – CEPEC

\*autor para correspondência: Gabriela Vasconcelos de Oliveira, oliveira.gvo@gmail.com

## RESUMO

*Cecropia* são comumente associadas as formigas do gênero *Azteca*, mas outros gêneros também são observados. Apesar do mutualismo entre *Cecropia* e suas formigas ser bem documentado, estudos analisando padrões geográficos de distribuição das formigas associadas a *Cecropia* nunca foram realizados no nordeste brasileiro. Os objetivos deste trabalho foram avaliar ao longo de um gradiente longitudinal no sudeste da Bahia a riqueza das espécies de formigas associadas a *Cecropia*, a frequência de ocupação das árvores por formigas e a existência de relação espécie-específica nesta associação mutualística. O estudo foi realizado em uma região com cerca de 195 km sentindo leste-oeste por 50 km sentindo norte-sul, abrangendo 19 municípios. No sentido leste (costa)-oeste (interior), a vegetação variou de Floresta úmida no litoral a Mata de cipó em Vitória da Conquista, e a altitude variou de 11m em Ilhéus e a 947 m em Barra do Choça. Foram amostradas as formigas ocorrendo nas partes apicais de 521 indivíduos de *Cecropia*, em sua maioria *C. pachystachya* (Trécul). Do total, 437 árvores estavam ocupadas por formigas, pertencentes a 40 espécies. A formiga mais frequente foi *Azteca alfari* (Emery). A abundância de *Cecropia*, assim como a frequência de plantas ocupadas, riqueza de formigas e a associação entre diferentes espécies de formigas foram maiores nas áreas de menores altitudes com vegetação de Floresta úmida. A menor quantidade de plantas na área oeste e a menor porcentagem de formigas associadas estão relacionadas com a altitude, o uso das terras e a variação da cobertura vegetal ao longo da faixa geográfica estudada.

**Palavras-chave:** altitude, *Azteca*, *Cecropia pachystachya*, Floresta úmida.

## ABSTRACT

*Cecropia* are commonly associated with ants belong to the genus *Azteca*, but other ants are also frequent. Despite the mutualism between *Cecropia* and their ants being well documented, studies on geographic distribution patterns of *Cecropia* associated ants have never been held in the Brazilian northeast. The aims of this study were to evaluate the *Cecropia* ant species richness, the tree occupation frequency by ants and the existence of species-specific relationship in this mutualism along a longitudinal gradient in southeastern Bahia, Brazil. The study was conducted in a region of about 195 km east-west by 50 km north-south, formed by 19 municipalities. From east (coast) to west (mainland), vegetation ranged from wet forest around Ilhéus to deciduous forest at Vitória da Conquista, and the altitude ranged from 11m at Ilhéus to 947 m at Barra do Choça. We sampled the ants occurring on the apical parts of 521 individuals of *Cecropia*, mostly *C. pachystachya* (Trécul). Between them, 437 trees were occupied by ants belonging to 40 species. The commonest ant was *Azteca alfari* (Emery). The abundance of *Cecropia*, as well as the frequency of occupied plants, ant richness and the association between different ants were higher in lower altitudes where occurs wet forest vegetation. The least amount of plants in the western area and the lowest percentage of ants are related with altitude, land use and vegetation cover throughout the geographic range studied.

**Key-words:** altitude, *Azteca*, *Cecropia pachystachya*, wet forest.

## INTRODUÇÃO

Associações mutualísticas são comuns entre formigas e plantas Angiospermas tropicais (Beattie 1985, Hölldobler & Wilson 1990, Heil & Mckey 2003, Rico-Gray & Oliveira 2007). Essas interações favorecem o sucesso reprodutivo e proteção das plantas contra herbívoros uma vez que atividades de forrageamento de várias espécies de formigas são realizadas utilizando as plantas como substrato (Rico-Gray & Oliveira 2007). Algumas plantas formam estruturas onde as formigas constroem seu ninho, chamadas “domáceas” (Janzen 1969, Jolivet 1996, Hölldobler & Wilson 1990, Delabie *et al* 2003, Heil & Mckey 2003, Rico-Gray & Oliveira 2007). Podem ainda produzir néctar ou corpos alimentares “em troca” da proteção contra outros artrópodes herbívoros (Hölldobler & Wilson 1990, Schultz & McGlynn 2000, Delabie *et al* 2003).

Plantas do gênero *Cecropia* são árvores pioneiras de crescimento rápido, exclusivamente neotropicais, e quase sempre habitadas por formigas (Schupp 1986, Putz & Holbrook 1988, Longino 1991a, Berg & Rosselli 2005). No Brasil, existe cerca de 20 espécies de *Cecropia*, com maior concentração na região Norte (Gaglioti & Romaniuc 2012), sendo que na Bahia ocorrem quatro espécies (Romaniuc Neto & Gaglioti 2013). Cerca de 80% das espécies do gênero são mirmecófitas (Davidson 2005) e abrigam formigas que nidificam nas domáceas formadas pelo seu tronco oco e segmentado (Schupp 1986, Longino 1991a). Além disso, essas plantas oferecem recursos alimentares, como corpúsculos mullerianos localizados nos triquílios na base do pecíolo (Janzen 1969, Dumpert 1978), e corpúsculos em pérola (“pearl bodies”), localizados na superfície inferior da folha (Rickson 1977), dos quais as formigas se alimentam.

As formigas que comumente se associam a estas plantas pertencem ao gênero *Azteca* e possuem comportamento agressivo, dominando e protegendo os triquílios, que são essenciais para o crescimento da colônia (Davidson & Mckey 1993; Davidson 2005). Além de proteger os triquílios, as formigas removem trepadeiras e outras plantas que competem com a hospedeira por luz (Janzen 1969, Schupp 1986) e reduzem o número de herbívoros, tais como formigas cortadeiras e insetos mastigadores, assim como os danos causados por eles na planta (Jolivet 1990, Vasconcelos & Casimiro 1997), influenciando positivamente o crescimento e a sobrevivência da *Cecropia* (Janzen 1969, Schupp 1986, Vasconcelos & Casimiro 1997). Além disso, elas nutrem a planta através de nutrientes fornecidos pelos resíduos depositados em alguns entrenós dentro do tronco (Sagers *et al* 2000, Dejean *et al* 2012).

Embora o mutualismo *Cecropia* e *Azteca* seja muito comum, nenhuma espécie de *Azteca* é moradora estrita de uma única espécie hospedeira (Longino 1989a), e cada espécie de *Cecropia* pode ser habitada por mais de uma espécie de formiga (Longino 1989a, Longino 1991a, Davidson & Mckey 1993, Longino 1996). Vários gêneros de formigas já foram observados habitando estas plantas, como *Camponotus*, *Crematogaster*, *Pachycondyla* e *Pseudomyrmex* (Davidson & Fisher 1991, Longino 1991a, Yu & Davidson 1997).

A riqueza de formigas de maneira geral pode ser influenciada pela latitude, elevação (Janzen 1973, Longino 1991b, Gotelli & Ellison 2002, Dunn *et al* 2009), complexidade da vegetação (Gotelli & Ellison 2002), fatores abióticos ao longo de gradientes ambientais e distúrbios ecológicos (Rico-Gray *et al* 1998). Do mesmo modo a variação geográfica e ambiental também deve influenciar a riqueza de formigas associadas a *Cecropia*.

Apesar da relação mutualística entre *Cecropia* e formigas do gênero *Azteca* ser relativamente bem estudada, nada se sabe sobre a especificidade das formigas em função da ocorrência de diferentes espécies de *Cecropia*, nem sobre esse mutualismo em geral no contexto regional do sudeste da Bahia. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar, ao longo de um gradiente longitudinal no sudeste da Bahia, 1) a riqueza das espécies de formigas associadas a *Cecropia*; 2) a frequência de ocupação das árvores por formigas; e 3) a existência de relação espécie-específica nesta associação mutualística.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O estudo foi realizado na região sudeste da Bahia, nos municípios de Una, Ilhéus, Itabuna, Buerarema, São José da Vitória, Itapé, Jussari, Ibicaraí, Itaju do Colônia, Floresta Azul, Santa Cruz da Vitória, Firmino Alves, Ibicuí, Itororó, Itapetinga, Caatiba, Itambé, Barra do Choça, Vitória da Conquista (Figura 1). O clima desta região varia de sub-úmido em Vitória da Conquista a úmido no litoral, e a vegetação varia de mata de cipó em Vitória da Conquista a floresta ombrófila densa em Ilhéus.

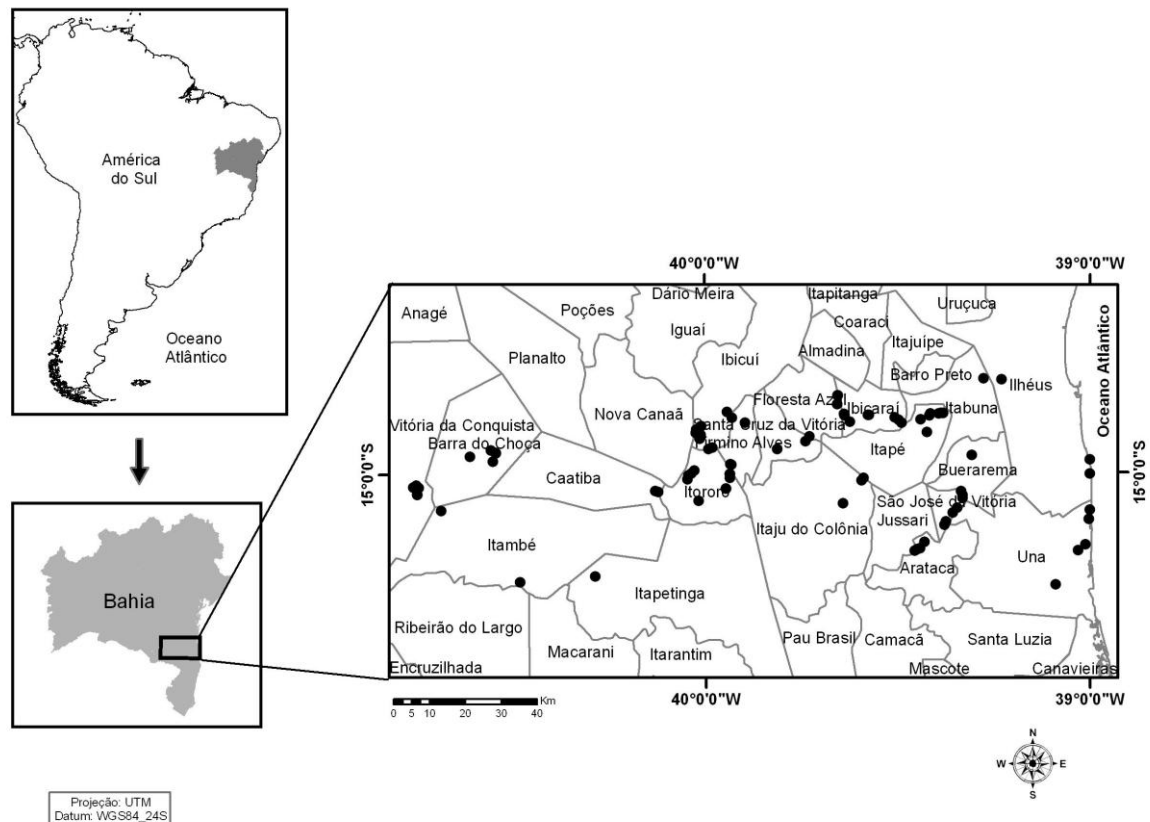


Figura 1. Locais de coleta dos indivíduos de *Cecropia* na região sudeste do estado da Bahia.



## Caracterização climática e vegetal

O sudeste da Bahia é um mosaico de diferentes tipos de formações vegetais, variando de restinga e floresta úmida, próximos a costa, a vegetações mais secas como mata de cipó e mata mesófila, mais distante da costa (Figura 2) (Mori 1989, Thomas *et al* 1997).

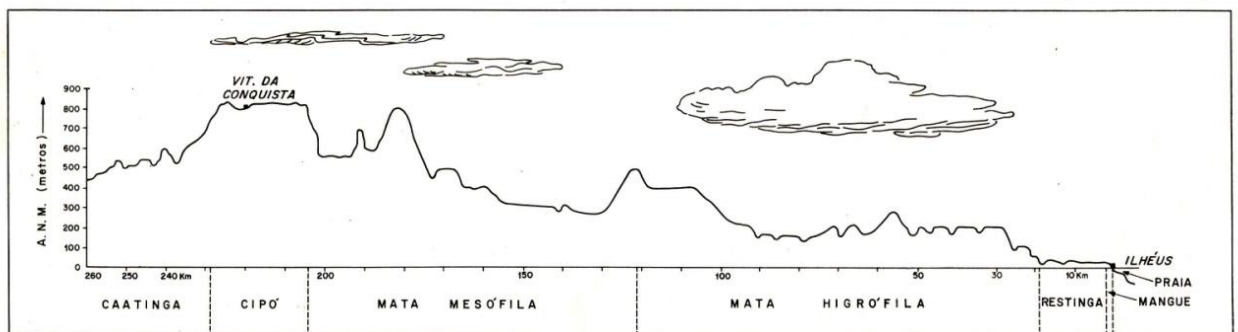


Figura 2. Corte altitudinal e sucessão das formações vegetais partindo da costa para o interior do continente. Fonte: Gouvêa *et al* 1976.

Partindo do litoral em direção ao interior, a primeira formação vegetal onde foram coletados os dados foi a floresta úmida ou mata higrófila, situada na faixa costeira de aproximadamente 100 km para o interior. Possui um clima típico de floresta costeira úmida, ou seja, é quente, muito úmida, sem estação seca definida, com precipitações pluviométricas superiores a 1.300 mm/ano, temperatura média de 25°C e umidade relativa anual média de 80 a 90%. A vegetação característica é formada por árvores de grande porte e substrato arbustivo e herbáceo denso e diverso, formando uma floresta tropical sempre verde (Gouvêa *et al* 1976, Mori *et al* 1983, Mori 1989, Thomas 2003).

Seguindo para o interior está a mata mesófila, situada na porção ocidental das florestas costeiras. Recebe em torno de 1.000 mm de chuva/ano e é marcada por uma curta estação seca. Possui árvores altas com diâmetros pequenos e uma vegetação arbórea não tão exuberante quanto à mata higrófila, que perde as folhas durante a estação seca formando uma floresta tropical com folhas caducas (Foury 1972, Gouvêa *et al* 1976, Novaes & São José 1992). Geralmente é formada por espécies de mata úmida e de floresta decídua, sendo possível observar a ocorrência de espécies xerófilas ao lado de espécies típicas de mata úmida (Thomas 2003).

A umidade relativa média e a pluviosidade vão decrescendo de 90% para 80% ou menos, e de 1.900 mm para 700 mm, respectivamente (Apêndice 1), à medida que se penetra no interior (Foury 1972, Roeder 1975, Gouvêa *et al* 1976), e a floresta se torna progressivamente mais seca no interior (Thomas *et al* 1997). A floresta de liana ou mata de cipó é uma zona de transição entre a zona litorânea com clima tropical úmido e a zona semiárida do interior (Foury 1972) e ocorre entre 600 e 1.000 m de altitude (Mori 1989), situação que é exclusiva da Bahia. Nessa região, a pluviosidade está em torno de 800 mm com uma estação seca bem definida. A vegetação possui muitos cipós e árvores baixas com diâmetros pequenos, muitas das quais perdem suas folhas na estação seca (Foury 1972, Gouvêa *et al* 1976, Mori 1989, Thomas 2003). A transição entre a mata de cipó e a mata mesófila é marcada por um declínio abrupto: a mata de cipó se encontra a uma altitude de 800 m, enquanto que na base do declínio, a altitude é somente de 400 m (Foury 1972).

Grande parte da vegetação original de toda a região já foi destruída e estão restritas a pequenas manchas distribuídas pontualmente. Menos de 10% da área original continua coberta pela vegetação nativa, com a maior parte perturbada de alguma maneira (Mori *et al* 1983) (Figura 3). Além das formações florestais citadas acima, outros tipos de formações vegetais provenientes da ação humana constituem o mosaico vegetal da região sudeste da Bahia. Vegetações secundárias como capoeiras e pastos sujos, e comunidades manejadas como pastos e cacauais também compõem este mosaico, e possuem uma estrutura bem diferente das formações florestais originais (Gouvêa *et al* 1976). Plantações de coqueiros e piaçavas, e construções de hotéis e casas de veraneio destruíram boa parte da restinga. Cacauais substituíram as florestas úmidas da costa e parte das matas mesófilas, as quais também foram substituídas na sua maioria por pastagens. A mata de cipó foi praticamente eliminada para dar lugar às pastagens para criação de bovinos, plantações de café, que se desenvolvem bem em altas altitudes, ou ainda para obtenção de carvão vegetal (Foury 1972, Gouvêa *et al* 1976, Mori 1989).

Nas áreas de floresta úmida e mata mesófila da região, os cacauais foram estabelecidos sobre um sistema conhecido como cabruca, no qual o sub-bosque original é raleado e parte das árvores nativas é deixada como sombreamento em baixo do qual o cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) é plantado. Este sistema tem a vantagem de preservar parte da flora nativa assim como, estruturalmente, imita a floresta original, minimizando mudanças no ciclo hidrológico e no clima (Mori *et al* 1983, Mori 1989).

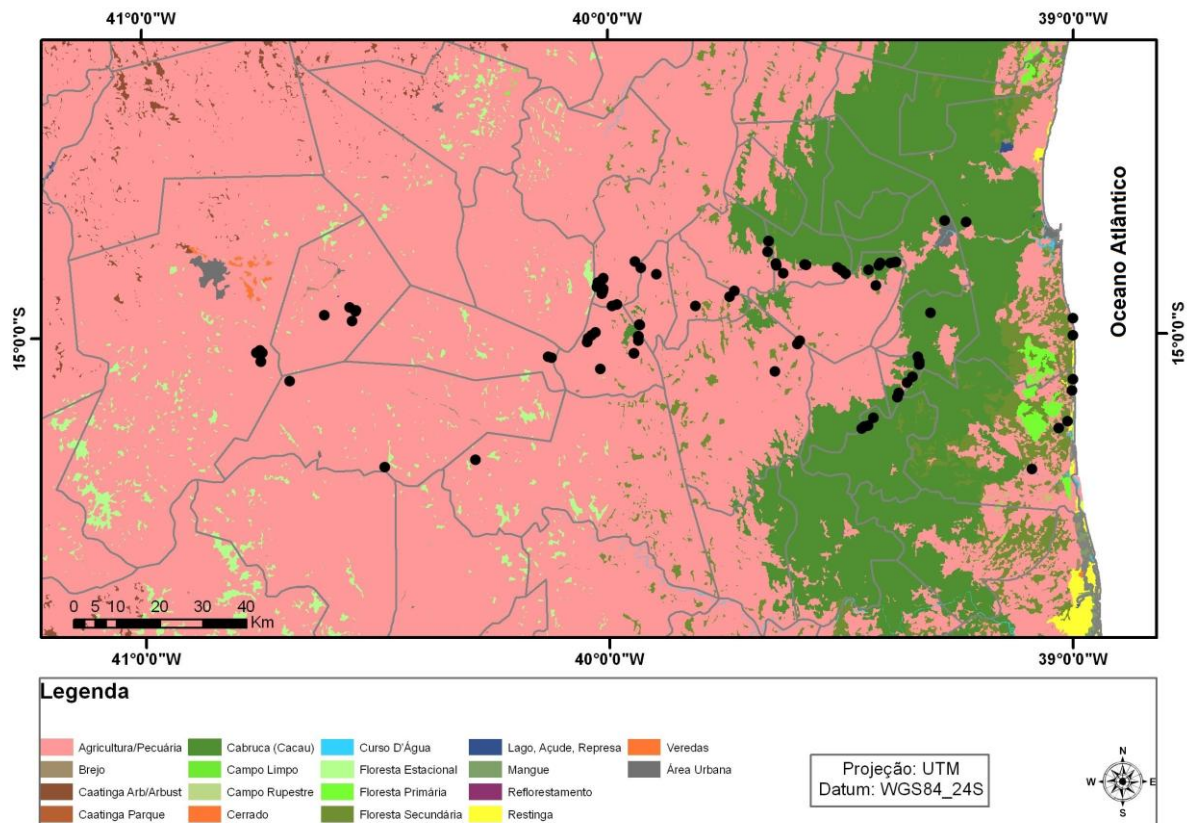


Figura 3. Usos do solo na região sudeste da Bahia. Os círculos pretos representam as localizações dos pontos de amostragem do presente experimento.

## Coleta de dados

Indivíduos de *Cecropia* foram coletados seguindo um transecto de orientação leste-oeste, definido com base em um mapa da região sudeste da Bahia, de aproximadamente 50 km de largura e 195 km de comprimento, com início nos municípios de Ilhéus e Una e término no município de Vitória da Conquista (Figura 1). A altitude mínima abrangida nos pontos de coleta foi de 11 m em Ilhéus e a máxima foi de 947 m em Barra do Choça (Apêndice 1). As coletas foram realizadas em todos os municípios encontrados no transecto, no período de julho a dezembro de 2012. Em cada município foram coletados pelo menos 30 indivíduos do gênero, quando existia o número suficiente de árvores para cada localidade.

As plantas foram procuradas por busca ativa preferencialmente em áreas abertas e mais úmidas, como cabruças e beiras de rio nas áreas onde as plantas eram escassas, ao longo da rodovia que liga Ilhéus a Vitória da Conquista (BA-415) e nas estradas que ligam a mesma aos municípios adjacentes. Os pontos de coleta tinham distância mínima de 2 km entre si, e o número de plantas coletadas em cada ponto, assim como o número de pontos de coleta por

município, variou de acordo com a disponibilidade de plantas no local, não ultrapassando 20 indivíduos (Apêndice 2).

Para a identificação específica das árvores, foram coletadas folhas e quando presentes, flores e frutos para posterior identificação. O tipo de local onde a planta se encontrava (beira de estrada, pasto, etc.) foi anotado. O tronco das plantas foi aberto longitudinalmente, sendo verificada a ocorrência de formigas associadas, e estas quando presentes, incluindo as rainhas encontradas, foram coletadas e fixadas em álcool 70% para posterior identificação no laboratório. Todos os indivíduos das plantas hospedeiras possuíam de 3 a 10 m de altura.

Os indivíduos de *Cecropia* foram identificados com base na chave de Berg & Carauta (1996) e com o auxílio de Anderson Ferreira P. Machado, doutorando da Universidade Estadual de Feira de Santana. As formigas coletadas foram identificadas utilizando-se como referência a coleção do Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisas do Cacau (acrônimo CPDC, Brandão 2000), e com auxílio das publicações de Longino (1989b, 1991a, 1996, 2007). A nomenclatura segue Bolton (2012). As formigas estão depositadas na coleção CPDC e as plantas no Herbário do Centro de Pesquisa do Cacau (CEPEC/Ilhéus-Ba).

## **Análise dos dados**

A variação geográfica da comunidade de *Cecropia* e de suas formigas mutualísticas foi analisada com auxílio de mapas gerados pelo programa ArcGis 10.1. A riqueza e abundância de formigas encontradas nas plantas foram analisadas apenas para *Cecropia pachystachya*, pois as outras espécies não possuíram amostragem suficiente para seus dados serem significantes.

Para padronizar a riqueza de formigas nos diferentes tipos de vegetação (Floresta úmida, Mata mesófila e Mata de Cipó) foi feita uma rarefação. A rarefação estima o número esperado de espécies que seria coletado nas áreas com diferente tamanho amostral, caso todas as áreas possuísem amostragem do mesmo tamanho da menor área comparada (Gotelli & Colwell 2001, Melo & Hepp 2008), no caso desse estudo a mata de cipó. A rarefação foi realizada no pacote vegan 2.0-7 (Oksanen *et al* 2013) do software R 3.0.1 (R Development Core Team 2010).

Para testar a influência das variáveis ambientais sobre o número de espécies e porcentagem de formigas, foi realizada uma análise de redundância baseada em distâncias (db-RDA). A análise de redundância é a extensão da regressão múltipla para dados que

possuem resposta multivariada (Legendre & Legendre 1998). A db-RDA pode ser usada com qualquer medida de distância não-euclidiana, métrica ou simétrica, não requer que os dados tenham uma distribuição normal multivariada, ou que existam mais observações do que variáveis respostas medidas (Legendre & Anderson 1999, Gotelli & Ellison 2011). A medida de distância utilizada na análise foi Bray-Curtis, com correção quadrática.

As variáveis independentes utilizadas na análise foram a distância do ponto de coleta para o mar, a altitude e o tipo de vegetação (floresta úmida, mata mesófila e mata de cipó), e as variáveis dependentes testadas foram o número de espécies de formigas especialistas por *Cecropia*, o número de espécies de formigas oportunistas por *Cecropia*, a porcentagem de formigas especialistas e a porcentagem de formigas oportunistas. Foram consideradas formigas especialistas aquelas pertencentes ao gênero *Azteca* e as oportunistas todas as outras espécies encontradas. Para a variável porcentagem de formigas, foi utilizada a frequência de *Cecropia* ocupada por formigas especialistas ou oportunistas. Utilizando a frequência ao invés dos dados brutos, foi possível retirar o efeito do número elevado de *Cecropia* amostradas no litoral.

A variável tipo de vegetação foi transformada em duas variáveis dummy atribuindo valores 0 e 1 para as diferentes classes (Missio & Jacobi 2007). A primeira variável dummy recebeu o valor 1 na classe de vegetação floresta úmida e valor 0 nas outras classes, enquanto a segunda variável dummy recebeu o valor 1 na classe de vegetação mata mesófila e valor 0 nas outras classes. Para reduzir o efeito de correlação entre as variáveis e avaliar quais se adequavam melhor ao modelo, foi feita uma análise do fator de inflação da variância (VIF) baseada em análise restrita de coordenada principal. As variáveis que apresentaram  $VIF > 10$  foram consideradas inflacionadas e retiradas do modelo (Zuur *et al* 2009). A variável floresta úmida foi retirada do modelo, pois estava inflacionada ( $VIF=21.14$ ). Foi realizado um teste de permutação com 1.000 simulações, para testar a significância do modelo e dos eixos do modelo. As análises foram realizadas no pacote *vegan* 2.0-7 (Oksanen *et al* 2013) do software R 3.0.1 (R Development Core Team 2010).

As espécies de formigas associadas a cada espécie de *Cecropia*, assim como a frequência das interações, foram representadas através de um grafo de rede. A rede de interações retratam as relações entre as espécies de uma comunidade (Jordano *et al* 2003). O grafo foi realizado no pacote *bipartite* 2.01 (Dormann *et al* 2013) do software R 3.0.1 (R Development Core Team 2010).

## RESULTADOS

Foram amostrados 521 indivíduos de *Cecropia*, distribuídos em quatro espécies: 481 de *C. pachystachya* (Trécul), 23 de *C. saxatilis* (Snethl.), 15 indivíduos de *C. glaziovii* (Snethl.) e 2 de *C. hololeuca* (Miq.). Deste total, 332 foram coletados em beira de estrada perto de áreas com cobertura florestal, 125 em áreas de pasto, 63 em áreas de cabruca. *C. pachystachya* foi a espécie mais frequente e distribuída em toda a região amostrada, desde o litoral até o interior (Tabela 1), com ocorrência em todos os pontos de coleta. *C. glaziovii* e *C. saxatilis* não foram encontradas no litoral, sendo que *C. glaziovii* só foi encontrada nos municípios de Caatiba e Itororó, e *C. saxatilis* foi mais frequente em Barra do Choça (Figura 4). A abundância de *Cecropia* decresceu do litoral para o interior, e consequentemente, da Floresta úmida para a Mata de cipó (Tabela 2). Em algumas localidades, tais como Itapetinga e Santa Cruz da Vitória, só foi encontrado um único indivíduo por ponto de amostragem (Tabela 1).

Tabela 1. Número de indivíduos de *Cecropia* por espécie, com presença e ausência de formigas associadas por município no sudeste da Bahia, no período de julho a dezembro de 2012.

Município	<i>Cecropia glaziovii</i>		<i>Cecropia hololeuca</i>		<i>Cecropia pachystachya</i>		<i>Cecropia saxatilis</i>		Porcentagem de plantas (%)	
	Ocupadas	Desocupadas	Ocupadas	Desocupadas	Ocupadas	Desocupadas	Ocupadas	Desocupadas	Ocupadas	Desocupadas
Barra do Choça	5				8	9	2	11	33	64
Buerarema					29	1			97	3
Caatiba					10				100	0
Firmino Alves					14	8			64	36
Floresta Azul					26	7	1		79	21
Ibicaraí					27	6	1		82	18
Ibicuí					24	6			77	23
Ilhéus					34				100	0
Itabuna					36				100	0
Itaju do Colônia					4				100	0
Itambé	10		1		2	1		6	22	78
Itapé					27	4			87	13
Itapetinga					1				100	0
Itororó					22	3			89	11
Juçari					34	1			97	3
Santa Cruz da Vitória						1			0	100
São José da Vitória					43	1			98	2
Una					63	0			100	0
Vitória da Conquista					12	17	1	1	42	58
Total					15		2		481	

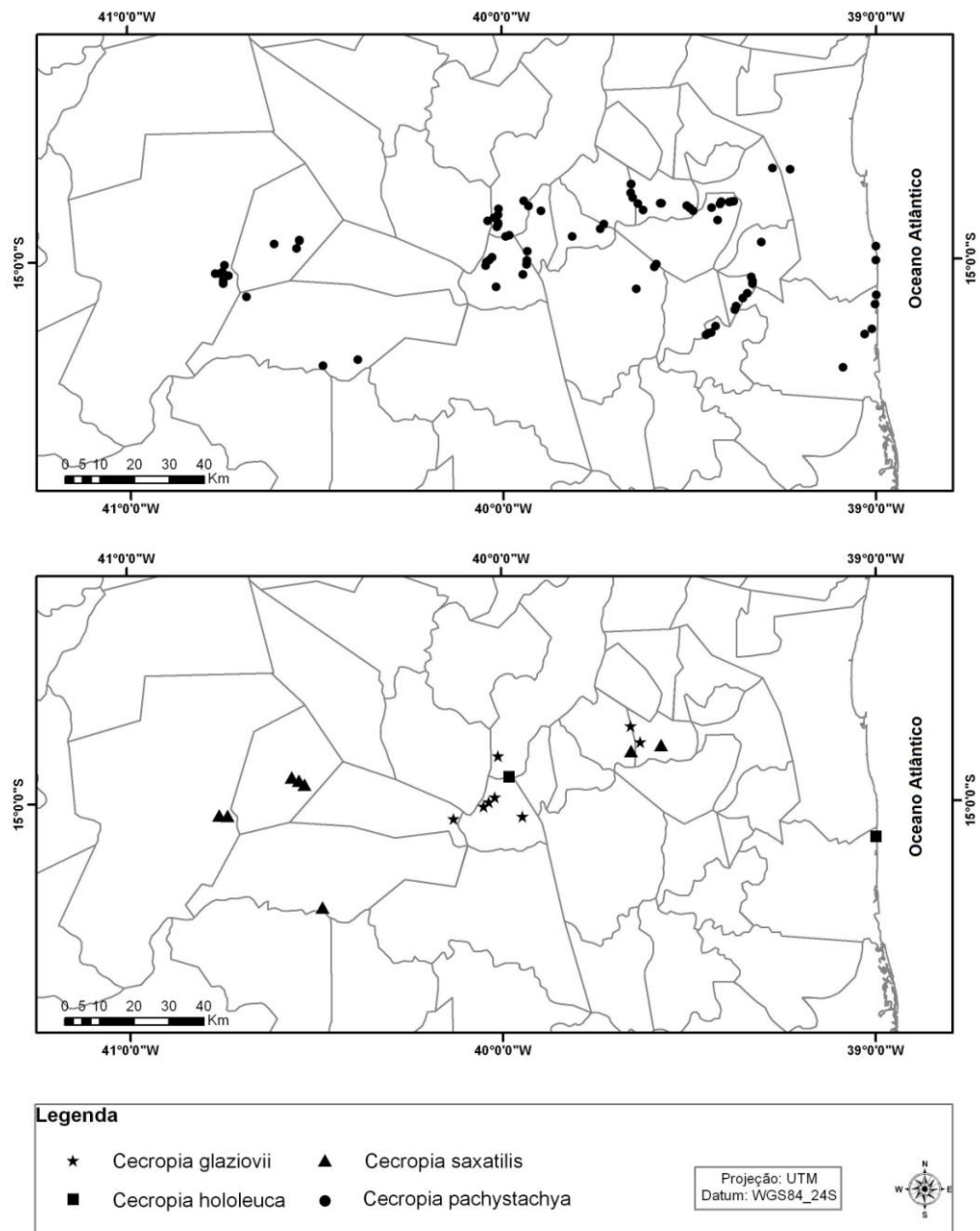


Figura 4. Distribuição geográfica das espécies de *Cecropia* no sudeste da Bahia.



Tabela 2. Número de indivíduos de *Cecropia* por espécie nos diferentes tipos de vegetação do sudeste da Bahia, no período de julho a dezembro de 2012.

Espécie	Floresta úmida	Mata mesófila	Mata de cipó
<i>Cecropia glaziovii</i>	0	15	0
<i>Cecropia hololeuca</i>	1	1	0
<i>Cecropia pachystachya</i>	339	96	46
<i>Cecropia saxatilis</i>	2	6	15
Total	342	118	61

Do total de plantas coletas, 437 (84%) estavam ocupadas por formigas e apenas 84 (16%) não possuíam formigas associadas. Embora o número de plantas coletadas em cada ponto nas áreas do oeste inviabilize análise estatística, é notável uma tendência das áreas mais altas possuir maior porcentagem de plantas desocupadas que aquelas mais baixas (Figura 5). A maioria das plantas desocupadas estavam localizadas a oeste do estado, nos municípios de Barra do Choça, Itambé e Vitória da Conquista (Figura 6).

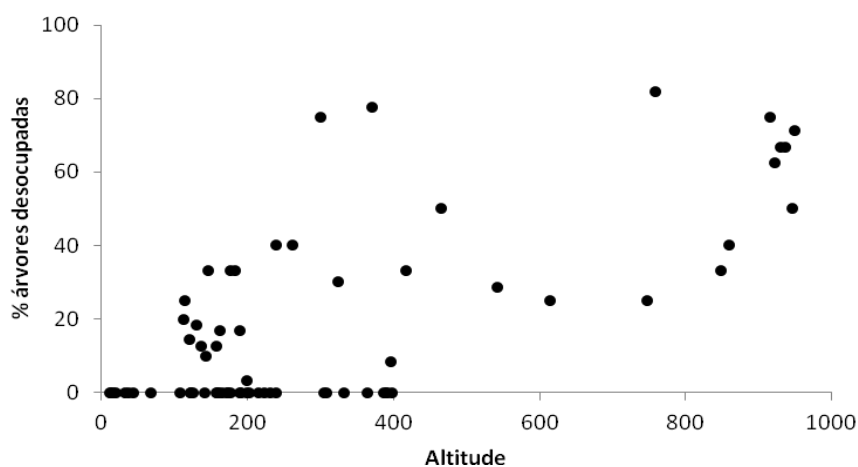


Figura 5. Porcentagem de plantas de *Cecropia* sem formigas ao longo do gradiente altitudinal no sudeste da Bahia. Apenas os pontos que tiveram mais de três plantas amostradas foram analisados.

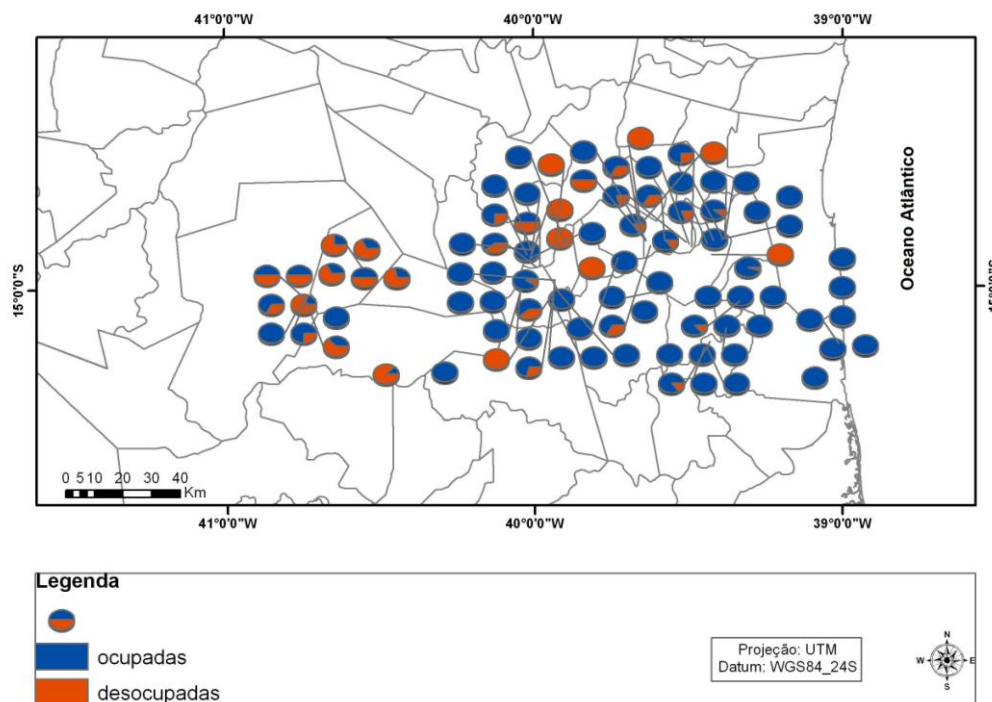


Figura 6. Porcentagem de plantas de *Cecropia* ocupadas e não ocupadas por formigas no sudeste da Bahia.

A riqueza total de espécies de formigas também diminuiu no sentido leste-oeste. No total, foram amostradas 40 espécies, sendo 35 na Floresta úmida, 10 na Mata mesófila e 5 na Mata de cipó. A rarefação mostrou que quando consideramos o mesmo tamanho amostral a riqueza de formigas mantém o mesmo padrão, diminui no sentido leste-oeste (Figura 7).

Do total de espécies coletadas, sete espécies pertencem ao gênero *Azteca* e foram consideradas especialistas enquanto as demais 33 foram consideradas oportunistas (Tabela 3), e sua porcentagem e número de espécies foram associados com as variáveis ambientais testadas na db-RDA. O teste de permutação mostrou que o modelo final do db-RDA foi significativo ( $p=0,001$ ;  $F=3,54$ ), assim como os dois primeiros eixos do modelo (eixo1:  $P=0,001$  e  $F=6,48$ ; eixo2:  $P=0,006$  e  $F=3,19$ ). Este modelo explica relativamente pouco da variância (11,13%), mas um padrão ecológico pode ser observado. Os eixos altitude e distância para mar estão associados, e mostram que quanto maior a distância para mar, maior é a altitude. Já os pontos de coleta de Floresta úmida, o número de espécies e a porcentagem das espécies oportunistas não se associaram com nenhum eixo. A porcentagem de espécies especialistas teve associação inversa com a altitude e distância para o mar, sendo maior nas áreas mais baixas e perto do mar. Já o número de espécies especialistas se associou com a variável vegetação mesófila, sendo maior nestas áreas (Figura 8).

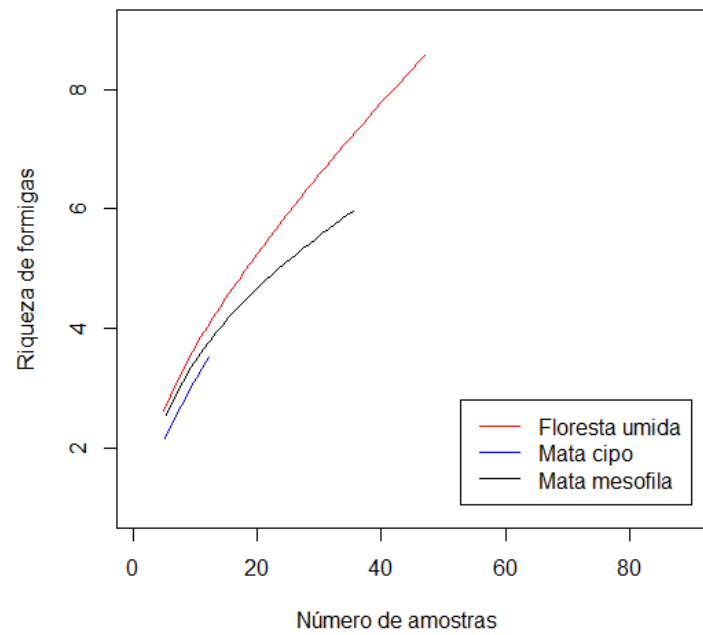


Figura 7. Rarefação da riqueza de formigas coletada nas áreas de Floresta úmida, Mata de cipó e Mata mesófila.

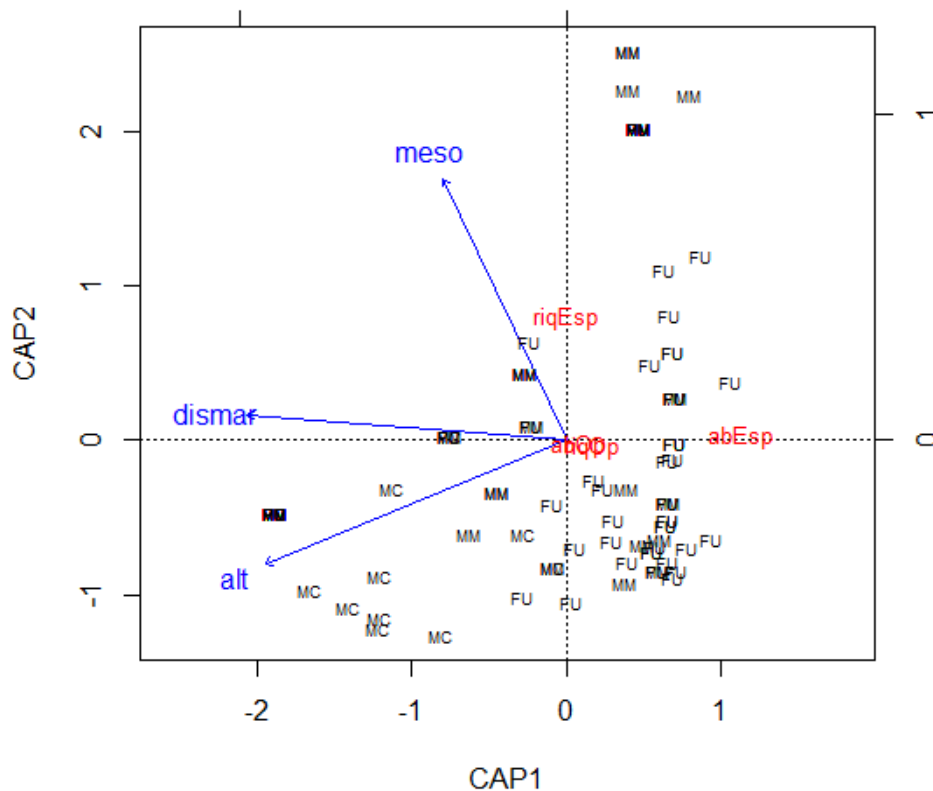


Figura 8. Diagrama de ordenação da análise de redundância baseada em distância (db-RDA) das formigas associadas a *Cecropia* no sudeste da Bahia, no período de julho a dezembro de 2012, com variáveis ambientais (setas), variáveis dependentes (nomes em vermelho) e pontos de coleta (letras em preto). As variáveis ambientais são: meso=vegetação mesófila; alt=altitude; dismar=distância do ponto de coleta para o mar. As variáveis dependentes são: riqEsp=número de espécies especialistas; riqOp=número de espécies oportunistas; abEsp=porcentagem das espécies especialistas; abOp=porcentagem das espécies oportunistas. Os pontos de coleta são: FU=floresta úmida MM=mata mesófila; MC=mata de cipó.

Tabela 3. Espécies de formigas associadas a *Cecropia* no sudeste da Bahia, no período de julho a dezembro de 2012.

Espécie de formiga	<i>Cecropia glaziovii</i>	<i>Cecropia hololeuca</i>	<i>Cecropia pachystachya</i>	<i>Cecropia saxatilis</i>
<i>Azteca alfari</i> Emery		1	271	1
<i>Azteca ovaticeps</i> Forel (forma clara)			106	1
<i>Azteca ovaticeps</i> Forel (forma escura)			25	
<i>Azteca</i> prox. <i>flavigaster</i>			1	
<i>Azteca</i> prox. <i>nigra</i>	15	1	76	
<i>Azteca schimperi</i> Emery			1	
<i>Azteca</i> sp.1			1	
<i>Camponotus leptcephalus</i> Emery			8	
<i>Camponotus</i> ( <i>Myrmothrix</i> ) sp.1			2	
<i>Camponotus</i> ( <i>Pseudocolobopsis</i> ) sp.2			2	
<i>Camponotus atriceps</i> Smith			2	
<i>Camponotus cingulatus</i> Mayr			2	1
<i>Camponotus depressus</i> Mayr				1
<i>Camponotus fastigatus</i> Roger			2	
<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr				1
<i>Camponotus rectangularis</i> Emery			3	
<i>Camponotus rufipes</i> Fabricius			2	
<i>Camponotus senex</i> Smith			3	
<i>Camponotus trapezoideus</i> Mayr			2	
<i>Cephalotes pavonii</i> Latreille			1	
<i>Crematogaster carinata</i> Mayr			1	
<i>Crematogaster curvispinosa</i> Mayr			2	
<i>Crematogaster erecta</i> Mayr			4	
<i>Crematogaster limata</i> Smith			1	
<i>Crematogaster</i> sp.1			1	
<i>Crematogaster victima</i> Smith			2	
<i>Dolichoderus lutosus</i> Smith			1	

<i>Dolichoderus voraginosus</i> Mackay			2	
<i>Dorymyrmex thoracicus</i> Gallardo			1	
<i>Ectatomma tuberculatum</i> Olivier			2	
<i>Monomorium floricola</i> Jerdon			1	
<i>Nylanderia</i> sp.1			1	
<i>Pachycondyla crenata</i> Roger			1	1
<i>Pachycondyla curvinodis</i> Forel			1	
<i>Pheidole</i> grupo <i>Fallax</i> sp 1			1	
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> Fabricius			1	
<i>Pseudomyrmex oculatus</i> Smith			1	
<i>Pseudomyrmex schuppi</i> Forel			1	
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> Smith			1	
<i>Solenopsis</i> sp.1			1	

A formiga mais frequente em *Cecropia* foi *Azteca alfari* (Emery) ocorrendo em 273 indivíduos, seguida por *A. ovaticeps* (Forel) (forma clara) com 107 registros, *Azteca* prox. *nigra* com 92 registros (Tabela 3). Dos 273 registros de *A. alfari*, 271 foram em indivíduos de *C. pachystachya* (Figura 9), que é a espécie predominante do gênero *Cecropia* na região. Para *C. glaziovii*, a espécie predominante foi *A. prox. nigra*, sendo esta a única espécie registrada neste estudo para esta *Cecropia*. *C. hololeuca* e *C. saxatilis* não apresentaram nenhuma espécie de formiga predominante, uma vez que cada espécie de formiga registrada nelas só ocorreu uma vez (Figura 9 e Tabela 3). Para *C. pachystachya*, espécie mais abundante na região em número de registros, 86,5% das plantas estavam habitadas por formigas e, destas, 95,6% estavam habitadas por *Azteca*. Do total de *C. pachystachya* ocupadas, 271 possuíam *A. alfari*, 106 *A. ovaticeps* (forma clara) e 76 *A. prox. nigra* (tabela 3).

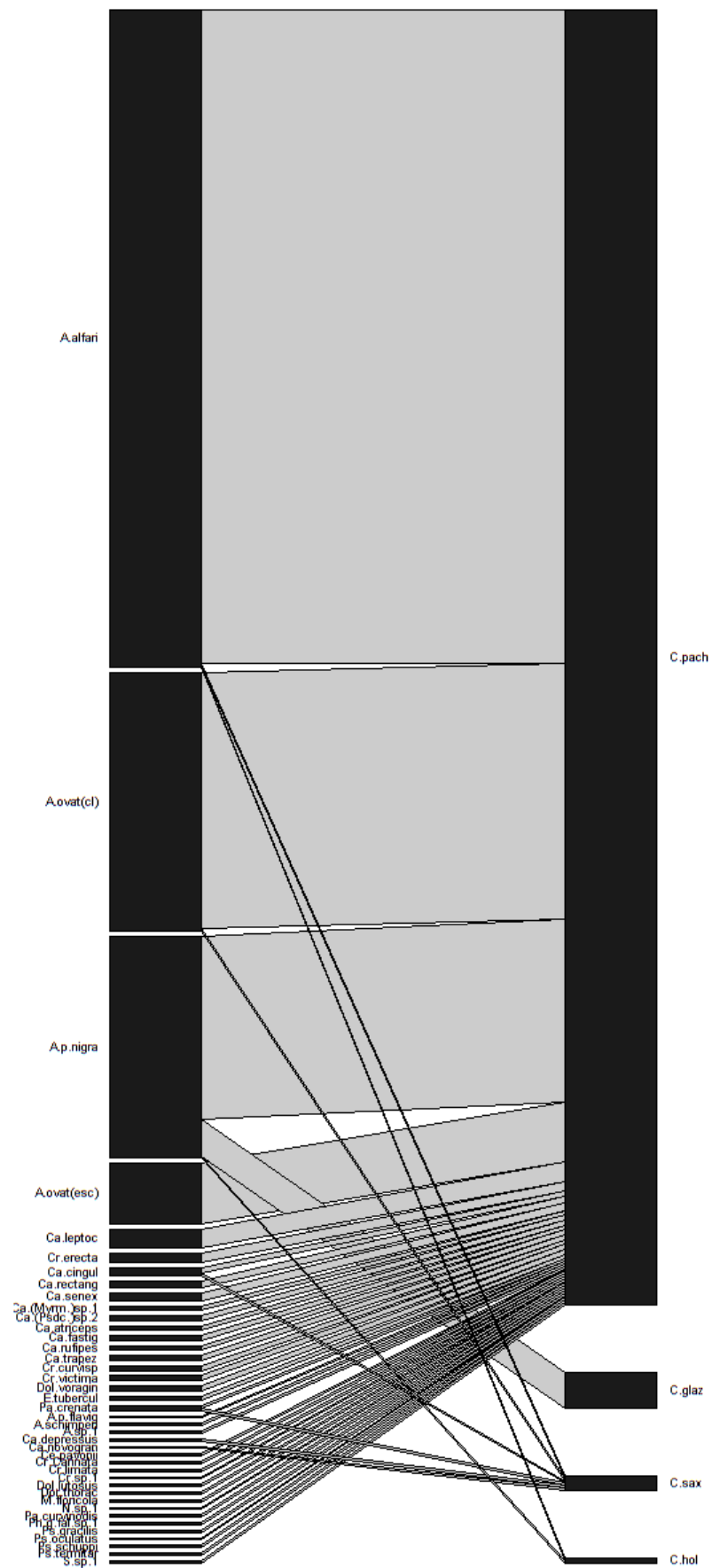


Figura 9. Grafo de rede das espécies de formigas associadas a *Cecropia* no sudeste da Bahia .

Também observou-se diferença entre as espécies de formigas predominantes na Floresta úmida e nos demais tipos vegetais (Figuras 10 e 11). Na Floresta úmida, a espécie predominante foi *A. alfari*, enquanto *A. prox. nigra* predominou nas áreas de Mata mesófila (63 dos 103 registros de formigas) e de Mata de Cipó (18 dos 24 registros de formigas). Não houve nenhum registro de *A. alfari* na Mata de cipó e em altitudes acima de 600m. Nas áreas de cabruca, dos 50 indivíduos de *Cecropia* coletados, 34 estavam habitados por *A. prox. nigra*. Esta também foi a espécie predominante nas cidades de Caatiba, Ibicuí, Itororó, Vitória da Conquista e Barra do Choça. Apesar da diferença nas espécies predominantes de cada tipo de formação vegetal, a distribuição de cada espécie não se restringiu ao tipo de formação vegetal onde predomina.

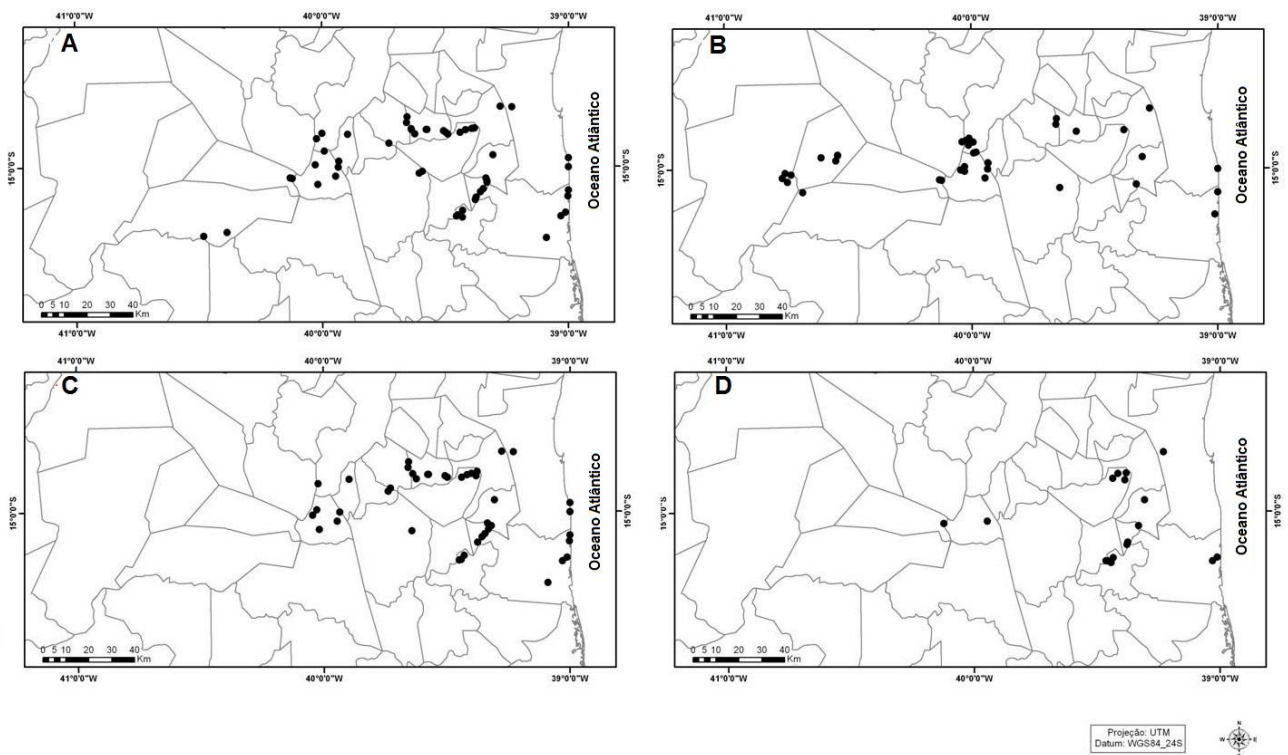


Figura 10. Distribuição geográfica das formigas do gênero *Azteca* associadas a *Cecropia* no sudeste da Bahia. a) *Azteca alfari*; b) *Azteca prox. nigra*; c) *Azteca ovaticeps* (clara); d) *Azteca ovaticeps* (escura).

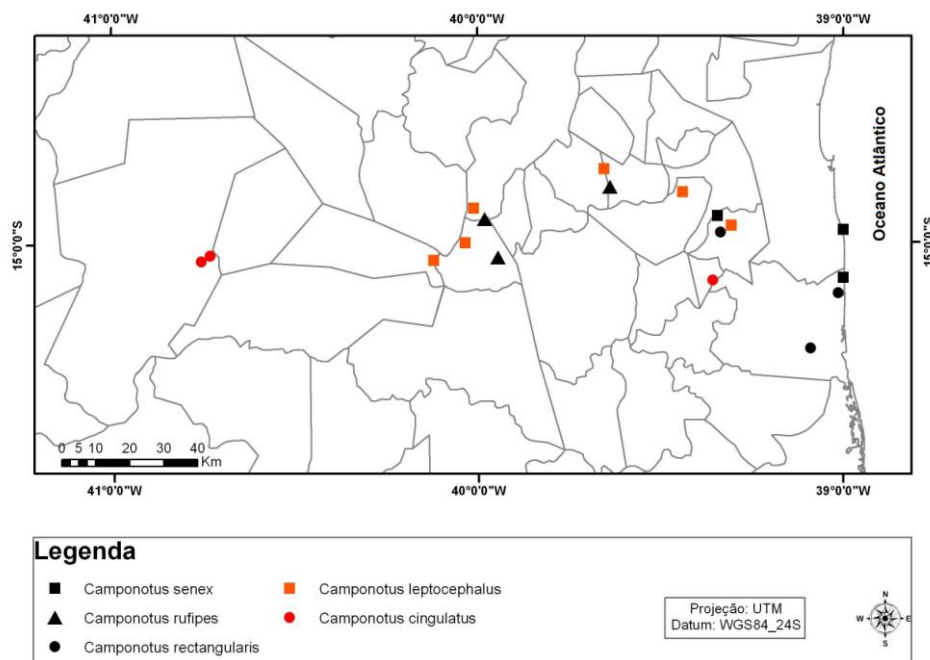


Figura 11. Distribuição geográfica das formigas do gênero *Camponotus* associadas a *Cecropia* no sudeste da Bahia.

Do total de plantas ocupadas por formigas, 21% possuíam mais de uma espécie de formiga por indivíduo, sendo 20,5% *C. pachystachya* e 0,5% as outras espécies de *Cecropia*. Destas, 76 árvores tinham duas espécies, 13 tinham três espécies, duas tinham quatro espécies e duas mais de quatro espécies. As associações mais comuns entre as formigas foram *A. alfari* com *A. ovaticeps* e *Azteca* com *Camponotus*. Estas associações foram mais comuns nos municípios situados nas áreas de Floresta úmida, como Ilhéus (20 ocorrências), Una (21), São José da Vitória (12) e Buerarema (11). Ilhéus foi o município onde foi observado o maior número de plantas com mais de uma espécie de formigas, 20 plantas das 35 coletadas, e as quatro plantas com quatro ou mais espécies foram coletadas nesta cidade. Já os municípios do interior tiveram poucos registros de associação entre duas espécies de formigas, Firmino Alves (3 ocorrências), Itororó (2), Ibicuí (2) e Barra do Choça (1). Itambé, Itapetinga e Vitória da Conquista não tiveram nenhuma de associação entre mais de uma espécie de formiga.



## DISCUSSÃO

A ocorrência de *Cecropia* encontrada na região sudeste da Bahia está de acordo com a descrita na literatura, uma vez que este táxon é mais abundante em áreas baixas e úmidas e a maioria das espécies não são comuns em altitudes acima de 500 m e áreas com um período seco severo (Janzen, 1973, Longino 1989a, Franco-Rosselli & Berg 1997, Longino 2007). A menor quantidade de plantas nas áreas do interior da região, e consequentemente a menor porcentagem de formigas, também está relacionada com o uso da terra. Enquanto no litoral, grande parte da região é coberta por floresta secundária e cabruca, a oeste predomina a agricultura/pecuária. Sabendo que o desmatamento tem influência direta sobre o clima, e fez desaparecer o “meio florestal” caracterizado por um ambiente úmido (Foury 1972), é de se esperar que quanto mais desmatado e menos úmido for o ambiente, menos indivíduos de *Cecropia* fossem encontrados devido a sua preferência por ambientes úmidos.

Todas as espécies de *Cecropia* coletadas neste trabalho já possuíam registro de ocorrência para o estado da Bahia (Romaniuc Neto & Gaglioti 2013). A identificação de *C. pachystachya* foi considerada no seu sentido amplo devido a dificuldade na distinção das espécies pertencentes ao grupo. Das embaúbas extra-amazônicas, esta é a espécie com distribuição geográfica mais extensa, sendo registrada tanto no cerrado como na região litorânea (Berg & Carauta 1996, Franco-Rosselli & Berg 1997). *C. glaziovii* possui ocorrência descrita para Mata Atlântica (Romaniuc Neto & Gaglioti 2013), entretanto, neste trabalho foi encontrada apenas na Mata mesófila. A distribuição de *C. hololeuca*, *C. pachystachya* e *C. saxatilis* observadas no sudeste da Bahia já tiveram ocorrência descritas anteriormente nos domínios fitogeográficos onde foram encontradas (Romaniuc Neto & Gaglioti 2013). Apesar de *C. hololeuca*, *C. glaziovii* e *C. saxatilis* não terem sido amostradas suficientemente para avaliar se ocorre variação no seu mutualismo, o tamanho das amostras reflete a abundância natural destas espécies nas áreas coletadas e a biologia da espécie, como preferência por áreas menos perturbadas. Sabe-se que na região amostrada existe uma diversidade de micro-habitats que variam com a topografia e tipos de solo existentes (Thomas *et al* 1997). Este fator reflete na distribuição de outras espécies de plantas, como exemplo aquelas que são encontradas com maior frequência em áreas serranas (Jardim 2003), e pode influenciar, juntamente com a biologia das espécies, a distribuição das espécies de *Cecropia*.

Neste trabalho, 16% das plantas estudadas não possuíam formigas associadas e a maioria estava localizada em locais de maior altitude e com vegetação Mata de cipó. Essa

frequência de interação foi semelhante à observada por Longino (1989a) que registrou 14% de *Cecropia* desocupadas na Costa Rica. De acordo com Longino (1991b), em áreas com estações secas prolongadas a produção de corpúsculos mullerianos é menor assim como a umidade dos entrenós, provocando efeitos adversos na comunidade de formigas associadas a *Cecropia*. Estas características são semelhantes àsquelas encontradas nas áreas mais altas e com vegetação Mata de cipó da região estudada, e provavelmente influencia a frequência de ocupação das plantas de *Cecropia* e a diferença entre as espécies que ocupam estas áreas e as áreas mais úmidas. Entretanto, a produção de corpúsculos mullerianos nas plantas das diferentes áreas não foi mensurada neste trabalho, e estudos posteriores seriam necessários para comprovar se a produção de corpúsculos mullerianos é menor nas áreas de Mata de cipó.

As áreas mais altas, além da maior frequência de desocupação, também possuíram menor número de plantas e de espécies de formigas. O menor número de *Cecropia* e sua dificuldade em encontrá-la nas áreas mais altas, diminuem a chance das formigas de encontrá-las em época de reprodução, e consequentemente diminui sua chance de ocupação. Provavelmente, este fator dificulta a retroalimentação do sistema mutualístico nessas áreas e por isso, as plantas de *Cecropia* têm frequência menor de ocupação nestas áreas.

A porcentagem de *C. pachystachya* ocupadas por *Azteca* no estado da Bahia é similar a observada por Vieira *et al* (2010) no pantanal matogrossense. Entretanto, esses autores encontraram apenas uma espécie de formiga habitando cada planta, enquanto que, na Bahia, 21,3% das *C. pachystachya* estavam ocupadas por mais de uma espécie de formiga, e estas associações geralmente envolviam pelo menos uma espécie de *Azteca*. A ocorrência de outras espécies de formigas habitando *Cecropia* juntamente com *Azteca* também já foi reportada por diversos autores (Harada & Benson 1988, Longino 1989a, Longino 1991a, Vieira *et al* 2010).

Formigas dos gêneros *Camponotus* e *Crematogaster* são outros habitantes frequentes de *Cecropia* em diversas áreas (Janzen 1973, Harada & Benson 1988, Davidson *et al* 1989, Longino 1989a, Davidson & Fisher 1991, Longino 1991a, Bonato *et al* 2003). Outros gêneros coletados neste estudo, tais como *Pachycondyla*, *Pseudomyrmex*, *Pheidole* e *Solenopsis*, também já foram registrados associados a *Cecropia*, mas em menor frequência de ocorrência (Janzen 1973, Davidson *et al* 1989, Longino 1989a, Davidson & Fisher 1991, Longino 1991a, Yu & Davidson 1997). *Camponotus*, *Crematogaster* e *Pseudomyrmex*, assim como *Azteca*, estão entre os gêneros de formigas que mais interagem e possuem associações mutualísticas com plantas. Todos estes gêneros possuem espécies arbóreas que nidificam em domáceas e podem proteger as plantas que oferecem recursos alimentares para elas (Hölldobler & Wilson 1990, Rico-Gray & Oliveira 2007).

Neste estudo, apenas *C. glaziovii* apresentou apenas uma espécie de formiga associada. A grande riqueza de espécies de formigas associadas a *Cecropia* encontrada na Bahia reforça o padrão registrado em diversos estudos de que a associação entre *Cecropia* e suas formigas não é específica, uma vez que cada espécie de planta é associada a várias espécies de formigas e cada espécie de formiga pode ocupar espécies diferentes de *Cecropia* (Longino 1989a, Longino 1991a, Davidson & McKey 1993, Longino 1996, Yu & Davidson 1997). Apesar de não haver uma relação espécie-específica, *A. alfari* demonstrou uma associação forte com *C. pachystachya*, pois estava presente em grande parte dos indivíduos coletados desta espécie sendo ambas distribuídas amplamente na região, com exceção do Planalto de Vitória da Conquista aonde não foram coletados exemplares de *A. alfari*.

A associação de uma única planta de *Cecropia* com diferentes espécies e de gêneros de formigas, especialistas ou oportunistas, está ligada à colonização múltipla da planta e à competição entre as colônias pela dominância da planta hospedeira, resultando geralmente na emergência de uma das colônias e morte das outras (Davidson & Fisher 1991, Davidson & McKey 1993). Para o nosso trabalho, provavelmente nenhuma das colônias de espécies distintas que habitavam a mesma planta tinham se estabelecido (ou não tinham crescido o suficiente para matar a outra colônia) e por isso ainda estavam convivendo juntas; ou a escassez de locais para nidificação “forçou” a associação de espécies diferentes. De acordo com Longino (1989a), espécies oportunistas raramente são encontradas nidificando em associação com *Azteca* em plantas adultas. Apesar do tamanho das colônias de formigas não ter sido avaliado neste trabalho, todas as plantas ocupadas por mais de uma espécie de formiga eram adultas.

Plantas com mais de uma espécie de formiga foram mais comuns nos municípios situados nas áreas com menor altitude, perto da costa, vegetação Floresta úmida e maior cobertura florestal, provavelmente porque nestas áreas a riqueza e abundância de formigas são maiores. Consequentemente locais de nidificação são mais escassos, obrigando as formigas de diferentes espécies a competirem, dividirem a mesma planta e coexistirem. Para Shenoy & Borges (2010), a escassez de domáceas adequadas para nidificação levam à ocupação de plantas por mais de uma espécie de invertebrados. Outro fator relacionado pode ser a qualidade dos locais de nidificação em áreas úmidas, nos quais, em grande parte do ano, principalmente durante os períodos de maior pluviosidade, o solo e a serapilheira são inadequados para nidificação (Alonso 1998). Assim, em florestas úmidas, as domáceas são locais adequados para nidificação durante todo o ano para muitas espécies de formigas

arborícolas ou oportunistas, aumentando a competição ou coexistência de diferentes formigas pelos mesmos locais.

Outro fator que pode influenciar este resultado é a agressividade das colônias de *Azteca*. *A. alfari* é conhecida por ser a menos agressiva entre as espécies desse gênero, e foi a espécie mais frequente nas áreas de Floresta úmida, enquanto *A. prox nigra* foi mais frequente nas outras áreas. A menor agressividade de *A. alfari* pode permitir a coexistência de outras espécies com a colônia (Longino 1991a, 2007), enquanto espécies mais agressivas eliminam rapidamente outras colônias que se estabeleçam na árvore ocupada.

De acordo com a teoria do mosaico geográfico (Thompson, 1999) as espécies possuem parceiros mutualistas e antagonistas diferentes ao longo da sua distribuição geográfica, de forma que as pressões seletivas são diferentes e, conseqüentemente, as características fenotípicas da planta também. Assim, se uma planta de *Cecropia* é ocupada por diferentes espécies de *Azteca* ao longo do gradiente, que diferem na sua agressividade, nas áreas onde a espécie de formiga mais agressiva ocorre, as plantas vão apresentar, por exemplo, flores maiores, mais frutos e sementes, menos defesas físicas ou químicas contra herbívoros, e vice-versa.

O número de espécies de formigas associadas com *Cecropia* também pode variar com o habitat (Davidson & Mackey 1993, Yu & Davidson 1997), com a densidade e diversidade de plantas (Gotelli & Ellison 2002, Debout *et al* 2009), o que favorece a coexistência de diferentes espécies por causa da competição por colonização (Debout *et al* 2009). Entretanto mais estudos são necessários para avaliar a coexistência entre espécies especialistas e oportunistas, pois a frequência de cada espécie oportunista foi baixa (máximo de oito para *Camponotus leptcephalus* Emery), e possivelmente as formigas ocupavam a planta por acaso, podendo ser substituídas a curto ou médio prazo. É necessário acompanhamento das árvores para saber a taxa de substituição ou eliminação, ou se elas coexistiriam com as espécies de *Azteca* sem serem eliminadas.

Para Rico-Gray *et al* (1998), a diversidade da vegetação influencia a comunidade de formigas até um certo ponto, pois fatores abióticos ao longo de gradientes ambientais e distúrbios ecológicos agem influenciando esta diversidade, que por sua vez influencia a diversidade de formigas. Sabe-se que a diversidade e riqueza de espécies de formigas diminuem com a latitude e elevação (Janzen 1973, Longino 1991b, Gotelli & Ellison 2002, Dunn *et al* 2009), assim como em ambiente mais secos e/ou frios (Longino 1989a, Rico-Gray *et al* 1998), e aumentam com a complexidade da vegetação (Gotelli & Ellison 2002). Longino (1989a) encontrou diferença na distribuição das espécies de *Cecropia* e *Azteca* em diferentes

altitudes na Costa Rica, e *A. alfari* foi a espécie mais comum em baixas elevações. Neste trabalho, *A. alfari* também foi mais comum nos locais de baixa altitude e não foi coletada nas localidades de maiores altitudes. Já *A. prox. nigra* foi mais comum nos locais com maiores altitudes. A ocupação da maioria das plantas por formigas especialistas evidenciam que a associação entre *Cecropia* e formigas está também relacionada com adaptações inatas das espécies de formigas para localizar e colonizar a planta hospedeira (Longino 1989a, Fiala *et al* 1991, Heil *et al* 2001).

*A. alfari*, espécie mais frequente nas plantas de *Cecropia* da Bahia, é uma formiga associada obrigatoriamente à *Cecropia* e a mais amplamente distribuída entre as formigas associadas a esta planta (Harada & Benson 1988), se estendendo de uma extremidade a outra do subtropico. Nidifica em *Cecropia* encontradas em qualquer ambiente (Harada & Benson 1988), mas tem preferência por áreas abertas e muito perturbadas, tais como beira de estradas e áreas de agricultura (Longino 1989b). As áreas amostradas neste trabalho foram em sua maioria beira de estrada e pasto, preferidas por esta espécie, e por isso esta foi a mais frequente. A agressividade das operárias varia geograficamente e com a idade da colônia, e as árvores ocupadas por esta espécie geralmente possuem grandes danos foliares, muitas trepadeiras e hospedam várias outras espécies de insetos, incluindo outras espécies de formigas forrageadoras (Longino 1991a, 2007).

A riqueza total de formigas associadas a *Cecropia* foi maior nas áreas de Floresta úmida e menor nas áreas de Mata de Cipó. Esse resultado pode refletir a maior e menor diversidade biológica, respectivamente, desses ambientes (Mori 1989, Gotelli & Ellison 2002, Thomas 2003) bem como o efeito da altitude (Janzen 1973, Dunn *et al* 2009). Contudo, a análise ponderada do número de plantas coletadas em cada área revelou maior riqueza de espécies de formigas especialistas nas áreas de Mata Mesófila. Esse resultado reflete maior sucesso de estabelecimento e reprodução de *Azteca* nestas áreas provavelmente devido à menor competição com formigas oportunistas pelas domáceas existentes na área.

A variação no habitat também pode ocasionar diferenças na coloração interespecífica de *Azteca* (Davidson & Mckey 1993). Entretanto a partir das análises dos mapas não houve diferença na distribuição e/ou habitat para os dois tipos de *A. ovaticeps* encontrados (clara e escura), indicando que provavelmente trata-se de uma única espécie com dois padrões de coloração que predominam. A variação na coloração, de marrom claro a escuro, já foi apontada para *A. alfari* (Longino 1989b).

*A. ovaticeps*, segunda espécie mais frequente, é uma espécie obrigatória de *Cecropia*, que habita qualquer planta mirmecófita deste gênero, e geralmente é mais abundante em áreas

mais úmidas, como florestas secundárias, margens de rios e em áreas perturbadas envoltas por florestas, como beira de estrada e clareiras, não sendo bem sucedida em áreas com distúrbios permanentes (Longino 1989b, 2007).

A terceira espécie de *Azteca* mais frequente, *A. prox. nigra*, ocorre em florestas úmidas de planície e pode se associar com formigas do gênero *Camponotus* (Longino 2007), entretanto neste trabalho foi encontrada nas áreas mais altas e secas.

A espécie mais abundante pertencente a outro gênero neste estudo foi *Camponotus leptcephalus*, com ocorrência descrita anteriormente no estado do Espírito Santo (Mackay 1997), e todos os indivíduos desta espécie ocorreram sempre com a mesma espécie de *Cecropia*, *C. pachystachya*. Este é o primeiro registro desta espécie vivendo em associação com *Cecropia*, para qual não se tem nenhuma informação biológica, indicando que possui hábito de nidificação arborícola. A frequência de ocupação por esta espécie foi alta quando comparada as outras espécies que não eram *Azteca*, indicando que esta espécie provavelmente é uma habitante obrigatória da planta. Mais estudos são necessários para entender melhor esta associação e como se dá a colonização das plantas por esta formiga: ela coloniza e se estabelece primeiro na *Cecropia* ou se estabelece em domácias abandonadas pelas *Azteca*?

Este é o primeiro trabalho a estudar a interação de *Cecropia* e suas formigas associadas no nordeste brasileiro. Os resultados mostram que na Bahia a distribuição destas plantas segue o padrão relatado em outros locais e diminui com a altitude (Janzen 1973, Longino 1989a), assim como a riqueza de formigas associadas (Janzen 1973, Gotelli & Ellison 2002, Dunn *et al* 2009). Fatores como uso das terras na região e complexidade da vegetação também influenciam esta distribuição. Este estudo registrou pela primeira vez a ocorrência de *Camponotus leptcephalus* associada a *Cecropia* e também registrou dados importantes para o entendimento da distribuição das espécies de formigas associadas a esse gênero em escala regional.

## REFERÊNCIAS

- Alonso LE (1998) Spatial and temporal variation in the ant occupants of a facultative ant-plant. *Biotropica* 30(2): 201-213
- Beattie AJ (1985) The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms. Cambridge University Press, Cambridge, p 182
- Berg CC, Carauta JPP (1996) *Cecropia* (Cecropiaceae) no Brasil, ao sul da Bacia Amazônica. *Albertoa* 4 (16): 213-221
- Berg CC, Rosselli PF (2005) Flora Neotropica Monograph 94: *Cecropia*. Organization for Flora Neotropica, New York, p 230
- Bolton B (2012) Bolton's Catalogue and Synopsis. <http://gap.entclub.org/> Version: 1 January 2012
- Bonato V, Cogni R, Venticinque EM (2003) Ants nesting on *Cecropia purpurascens* (Cecropiaceae) in Central Amazonia: influence of tree height, domatia volume and food bodies. *Sociobiology* 42 (3): 719-727
- Brandão CRF (2000) Major regional and type collections of ants (Formicidae) of the World and sources for the identification of ant species. In: Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR (eds) *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington e Londres, Smithsonian Institution, pp 172-185
- Davidson DW, Snelling RR, Longino JT (1989) Competition among ants for myrmecophytes and the significance of plant trichomes. *Biotropica* 21 (1): 64-73
- Davidson DW, Fisher BL (1991) Symbiosis of ants with *Cecropia* as a function of light regime. In: Huxley CR, Cutler DF (eds.) *Ant-Plant Interactions*. Oxford University Press, New York, pp 289-309
- Davidson DW, Mckey D (1993) The evolutionary ecology of symbiotic ant-plant relationships. *Journal of Hymenoptera Research* 2 (1): 13-83
- Davidson DW (2005) *Cecropia* and its biotic defenses. In: BERG CC, ROSSELLI PF *Flora Neotropica Monograph 94: Cecropia*. Organization for Flora Neotropica, New York, pp 214-226
- Debout GDG, Dalecky A, Ngomi A, Mckey DB (2009) Dynamics of species coexistence: maintenance of a plant-ant competitive metacommunity. *Oikos* 118: 873-884
- Dejean A, Petitclerc F, Roux O, Orivel J, Leroy C (2012) Does exogenic food benefit both partners in an ant-plant mutualism? The case of *Cecropia obtusa* and its guest *Azteca* plant-ants. *Comptes Rendus Biologies* 335: 214-219
- Delabie JHC, Ospina M, Zabala G (2003) Relaciones entre hormigas y plantas: una introducción. In: Fernández F (ed) *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Acta Noturna, Bogotá, pp 167-180
- Dormann CF, Fruend J, Gruber B (2013) Bipartite Visualising bipartite networks and calculating some (ecological) indices. R package version 2.01. <http://cran.r-project.org/web/packages/bipartite/index.html>
- Dumpe K (1978) *The Social Biology of Ants*. Pitman Publishing Limited, London, p 289
- Dunn RR, Guénard B, Weiser MD, Sanders NJ (2009) Geographic gradients In: Lach L, Parr CL, Abbott KL (eds) *Ant Ecology*. Oxford University Press, New York, pp 38-58
- Fiala B, Maschwitz U, Pong TY (1991) The association between *Macaranga* trees and ants in South-east Asia. In: Huxley CR, Cutler DF (eds) *Ant-Plant Interactions*. Oxford University Press, New York, pp 263-270
- Foury AP (1972) As matas do Nordeste Brasileiro e sua importância econômica. *Boletim Geográfico* 31 (228): 30-85

- Franco-Rosselli P, Berg CC (1997) Distributional patterns of *Cecropia* (Cecropiaceae): a panbiogeographic analysis. *Caldasia* 19 (1-2): 285-295
- Gaglioti AL, Romaniuc SN (2012) Urticaceae. In: Wanderley MGL, Shepherd GJ, Melhem TS, Giulietti AM, Martins SE (eds) Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. Volume 7. FAPESP, São Paulo, pp 331-361
- Gotelli NJ, Colwell RK (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391
- Gotelli NJ, Ellison AM (2002) Biogeography at a regional scale: determinants of ant species density in New England bogs and forests. *Ecology* 83 (6): 1604-1609
- Gotelli NJ, Ellison AM (2011) Princípios de Estatística em Ecologia. Artmed, Porto Alegre, p 528
- Gouvêa JBS, Silva LAM, Hori M (1976) Fitogeografia. In: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira e Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas – OEA. Diagnóstico socioeconômico da região cacaueira: recursos florestais. Vol 7. Carto-Gráfica Cruzeiro Sul, Rio de Janeiro, pp 1-7
- Harada AY (1982) Contribuição ao conhecimento do gênero: *Azteca* Forel, 1878 (Hymenoptera: Formicidae) e Aspectos da interação com plantas do gênero *Cecropia* Loefling, 1758. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia e Universidade do Amazonas, Manaus, Brasil, p 181
- Harada AY, Benson WW (1988) Espécies de *Azteca* (Hymenoptera, Formicidae) especializadas em *Cecropia* spp. (Moraceae): distribuição geográfica e considerações ecológicas. *Revista Brasileira de Entomologia* 32 (3/4): 423-435
- Heil M, Fiala B, Maschwitz U, Linsenmair KE (2001) On benefits of indirect defence: short- and long-term studies of antiherbivore protection via mutualistic ants. *Oecologia* 126: 395-403
- Heil M, Mckey D (2003) Protective Ant-plant Interactions as Model Systems in Ecological and Evolutionary Research. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 425-453
- Hölldobler B, Wilson EO (1990) The ants. Springer-Verlag, Berlin, p 732
- Jardim JG (2003) Uma Caracterização Parcial da Vegetação na Região Sul da Bahia, Brasil. In: Prado PI, Landau EC, Moura RT, Pinto LPS, Fonseca GAB, Alger K (orgs) Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia. Publicação em CD-ROM, Ilhéus, IESB/CI/ CABS/ UFMG/ UNICAMP
- Janzen DH (1969) Allelopathy by myrmecophytes: the ant *Azteca* as an allelopathic agent of *Cecropia*. *Ecology* 50(1): 147-153
- Janzen DH (1973) Dissolution of mutualism between *Cecropia* and its *Azteca* ants. *Biotropica* 5 (1): 15-28
- Jolivet P (1990) Relative protection of *Cecropia* trees against leaf-cutting ants in tropical America. In: Meer RKV, Jaffe K, Cedeno A (eds) Applied Myrmecology: A World Perspective. Westview Press, San Francisco, pp 251-254
- Jolivet P (1996) Ants and Plants: an Example of Coevolution. Backhuys Publishers, Leiden, p 303
- Jordano P, Bascompte J, Olesen JM (2003) Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. *Ecology Letters* 6: 69-81
- Legendre P, Anderson MP (1999) Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69 (1):1-24
- Legendre P, Legendre L (1998) Numerical Ecology. 2<sup>a</sup> ed. Elsevier Science, Amsterdam, p 853
- Longino JT (1989a) Geographic variation and community structure in an ant-plant mutualism: *Azteca* and *Cecropia* in Costa Rica. *Biotropica* 21 (2): 126-132



- Longino JT (1989b) Taxonomy of the *Cecropia*-inhabiting ants in the *Azteca alfari* species group (Hymenoptera: Formicidae): evidence for two broadly sympatric species. Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County, number 412: 1-16
- Longino JT (1991a) *Azteca* ants in *Cecropia* trees: taxonomy, colony structure, and behavior. In: Huxley CR, Cuttler DF (eds) Ant-plant Interactions. Oxford Science Publications, New York, pp 271- 288
- Longino JT (1991b) Taxonomy of the *Cecropia*-inhabiting *Azteca* ants. Journal of Natural History 25:1 571-1602
- Longino JT (1996) Taxonomic characterization of some live-stem inhabiting *Azteca* (Hymenoptera: Formicidae) in Costa Rica, with special reference to the ants of *Cordia* (Boraginaceae) ant *Triplaris* (Polygonaceae). Journal of Hymenoptera Research 5: 131-156
- Longino JT (2007) A taxonomic review of the genus *Azteca* (Hymenoptera: Formicidae) in Costa Rica and a global revision of the *aurita* group. Zootaxa 1491. Magnolia Press New Zealand, p 63
- Mackay WP (1997) A revision of the Neotropical ants of the genus *Camponotus*, subgenus *Myrmostenus* (Hymenoptera: Formicidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington 99 (1): 194-203
- Melo AS, Hepp LU (2008) Ferramentas estatísticas para análise de dados provenientes de biomonitoramento. Oecologia Brasiliensis 12 (3): 463-486
- Missio F, Jacobi LF, (2007) Variáveis dummy: especificações de modelos com parâmetros variáveis. Ciência e Natura 29 (1): 111-135
- Mori SA, Boom BM, Carvalho AM, Santos TS (1983) Southern Bahian moist forest. The Botanical Review 49 (2): 155- 232
- Mori SA (1989) Eastern, Extra-Amazonian Brazil. In: Campbell DG, Hammond D (eds) Floristic Inventory of Tropical Countries: The Status of Plant Systematics, Collections, and Vegetation, plus Recommendations for the Future. The New York Botanical Garden, New York, pp 427-454
- Novaes AB, São José AR (1992) Caracterização da região de Mata de Cipó no Sudoeste da Bahia. In: Novaes AB, São José AR, Barbosa AA, Souza IVB (eds) Reflorestamento no Brasil. Uesb, Vitória da Conquista
- Oksanen J, Guillablanche FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H (2013) Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-7. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Putz FE, Holbrook NM (1988) Further observations on the dissolution of mutualism between *Cecropia* and its ants: the Malaysian case. Oikos 53 (1): 121-125
- Rickson FR (1977) Progressive loss of ant-related traits of *Cecropia peltata* on selected Caribbean Islands. American Journal of Botany 64 (5): 585-592
- Rico-Gray V, Garcia-Franco JG, Palacios-Rios M, Diaz-Castelazo C, Parra-Tabla V, Navarro JA (1998) Geographical and seasonal variation in the richness of ant-plant interactions in Mexico. Biotropica 30(2): 190-200
- Rico-Gray V, Oliveira PS (2007) The ecology and evolution of ant-plants interactions. University of Chicago Press, Chicago, p 331
- Roeder, M. (1975) Diagnóstico socioeconômico da região cacauzeira: reconhecimento climatológico. Vol. 4. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira e Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas – OEA. Carto-Gráfica Cruzeiro Sul, Rio de Janeiro, p 89
- Romaniuc Neto S, Gaglioti AL (2013) *Urticaceae* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/florado brasil>
- Sagers CL, Ginger SM, Evans RD (2000) Carbon and nitrogen isotopes trace nutrient exchange in an ant-plant mutualism. Oecologia 123:582–586

- Schultz TR, McGlynn TP (2000) The interactions of ants with other organisms. In: Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR (eds) *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp 35-44
- Schupp EW (1986) *Azteca* protection of *Cecropia*: ant occupation benefits juvenile trees. *Oecologia* 70: 379-385
- Shenoy M, Borges RM (2010) Geographical variation in an ant–plant interaction correlates with domatia occupancy, local ant diversity, and interlopers. *Biological Journal of the Linnean Society* 100: 538–551
- Thomas W, Carvalho AM, Herrera-Macbryde O (1997) Atlantic moist forest of Southern Bahia. In: Davis SD, Heywood VH, Herrera-Macbryde O, Villa-Lobos J, Hamilton AC (eds) *Centres of Plant Diversity: A Guide and Strategy of their Conservation, Volume 3: The Americas*. The World Wide Fund For Nature and IUCN – The World Conservation Union, Cambridge, pp 364-368
- Thomas WW (2003) Natural vegetation types in Southern Bahia. In: Prado PI, Landau EC, Moura RT, Pinto LPS, Fonseca GAB, Alger K (orgs) *Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia*. Publicação em CD-ROM, Ilhéus, IESB/CI/ CABS/ UFMG/ UNICAMP
- Thompson JN (1999) Specific Hypotheses on the Geographic Mosaic of Coevolution. *The American Naturalist* 153: S1-S14
- Vasconcelos HL, Casimiro AB (1997) Influence of *Azteca alfari* ants on the exploitation of *Cecropia* trees by a leaf-cutting ant. *Biotropica* 29 (1): 84-92
- Vieira AS, Faccenda O, Antonialli-Junior WF, Fernandes WD (2010) Nest structure and occurrence of three species of *Azteca* (Hymenoptera, Formicidae) in *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) in non-floodable and floodable pantanal areas. *Revista Brasileira de Entomologia* 54(3): 441–445
- Yu DW, Davidson DW (1997) Experimental studies of species-specificity in *Cecropia*–ant relationships. *Ecological Monographs* 67(3): 273-294
- Zuur AF, Ieno EN, Elphick CS (2009) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology & Evolution*, p 12

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve diferença ao longo do gradiente, uma vez que a abundância de *Cecropia* foi menor no interior do gradiente, assim como sua frequência de ocupação por formigas. A riqueza total de espécies de formigas também diminui à medida que se dirige para o oeste, se relacionando provavelmente com a quantidade de *Cecropia* coletada nos diferentes ambientes e esta, por sua vez, com a altitude, o uso das terras e variação da cobertura vegetal ao longo do gradiente.

Também houve diferença entre as espécies predominantes nos diferentes tipos vegetais, sendo *A. alfari* a espécie predominante na Floresta úmida, enquanto *A. prox. nigra* predominou nas áreas de Mata mesófila e Mata de Cipó. Entretanto, não houve associação específica entre as espécies de *Cecropia* e as de *Azteca*.

*Cecropia* se mostrou um importante local de nidificação para várias espécies de formigas na Floresta úmida, uma vez que a riqueza e a associação entre diferentes espécies de formigas foram maiores nestas áreas.

*Camponotus leptcephalus* foi registrada pela primeira vez habitando *C. pachystachya*, nas áreas de Floresta úmida e Mata mesófila. Mais estudos são necessários para entender a associação desta espécie com *Cecropia*.

## REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, A.A. Leaf damage and associated cues induce aggressive ant recruitment in a Neotropical ant-plant. **Ecology**, 79 (6): 2100–2112, 1998.
- AGRAWAL, A.A.; DUBIN-THALER, B.J. Induced responses to herbivory in the Neotropical ant-plant association between *Azteca* ants and *Cecropia* trees: response of ants to potential inducing cues. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 45: 47-54, 1999.
- AYALA, F.J.; WETTERER, J.K.; LONGINO, J.; HARTL, D.L. Molecular phylogeny of *Azteca* ants (Hymenoptera: Formicidae) and the colonization of *Cecropia* trees. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 5 (2): 423–428, 1996.
- BEATTIE, A.J. **The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. 182 p.
- BERG, C.C.; ROSSELLI, P.F. **Flora Neotropica Monograph 94: *Cecropia***. New York: Organization for Flora Neotropica, 2005. 230 p.
- BOLTON, B. **Bolton's Catalogue and Synopsis**. 2012 Disponível em: <http://gap.entclub.org/> Version: 1 January 2012.
- BRONSTEIN, J.L. The Contribution of Ant-Plant Protection Studies to Our Understanding of Mutualism. **Biotropica**, 30 (2): 150-161, 1998.
- BRUNA, E.M.; LAPOLA, D.M.; VASCONCELOS, H.L. Interspecific variation in the defensive responses of obligate plant-ants: experimental tests and consequences for herbivory. **Oecologia**, 138: 558-565, 2004.
- CARVAJAL, S.; GONZÁLEZ-VILLARREAL, L.M. **La familia Cecropiaceae en el estado de Jalisco, México**. México: Universidad de Guadalajara, 2005. 22 p.
- DAVIDSON, D.W.; FISHER, B.L. Symbiosis of ants with *Cecropia* as a function of light regime. In: HUXLEY, C.R. and CUTLER, D.F. (eds.). **Ant-Plant Interactions**. New York: Oxford University Press, 1991. p. 289-309.
- DAVIDSON, D.W.; MCKEY, D. The evolutionary ecology of symbiotic ant-plant relationships. **Journal of Hymenoptera Research**, 2 (1): 13-83, 1993.
- DAVIDSON, D.W. *Cecropia* and its biotic defenses. In: BERG, C.C. and ROSSELLI, P.F. **Flora Neotropica Monograph 94: *Cecropia***. New York: Organization for Flora Neotropica, 2005. p. 214-226.
- DEJEAN, A.; PETITCLERC, F.; ROUX, O.; ORIVEL, J.; LEROY, C. Does exogenic food benefit both partners in an ant-plant mutualism? The case of *Cecropia obtusa* and its guest *Azteca* plant-ants. **Comptes Rendus Biologies**, 335: 214-219, 2012.

DELABIE, J.H.C.; OSPINA, M.; ZABALA, G. Relaciones entre hormigas y plantas: una introducción. In: FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Acta Noturna, 2003. p. 167-180.

DUMPERT, K. **The Social Biology of Ants**. London: Pitman Publishing Limited, 1978. 289 p.

FÁVERI, S.B.; VASCONCELOS, H.L. The *Azteca-Cecropia* association: are ants always necessary for their host plants? **Biotropica**, 36 (4): 641-646, 2004.

FIALA, B.; MASCHWITZ, U.; PONG, T.Y. The association between *Macaranga* trees and ants in South-east Asia. P. 263-270. In: HUXLEY, C.R. and CUTLER, D.F. (eds.). **Ant-Plant Interactions**. New York: Oxford University Press, 1991. p. 263-270.

FIALA, B.; JAKOB, A.; MASCHWITZ, U.; LINSÉNMAIR, K.E. Diversity, evolutionary specialization and geographic distribution of a mutualistic ant-plant complex: *Macaranga* and *Crematogaster* in South East Asia. **Biological Journal of the Linnean Society**, 66: 305-331, 1999.

GAGLIOTI, A.L.; ROMANIUC, S.N. Urticaceae. P. 331-361. In: WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; MELHEM, T.S.; GIULIETTI, A.M.; MARTINS, S.E. (eds.) **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. Volume 7. São Paulo: FAPESP, 2012. p. 331-361.

GUERRERO, R.J.; DELABIE, J.H.C.; DEJEAN, A. Taxonomic contribution to the *Aurita* group of the ant genus *Azteca* (Formicidae: Dolichoderinae). **Journal of Hymenoptera Research: Festschrift Honoring Roy Snelling**, 19 (1): 51-65, 2010.

HARADA, A.Y. **Contribuição ao conhecimento do gênero: *Azteca* Forel, 1878 (Hymenoptera: Formicidae) e Aspectos da interação com plantas do gênero *Cecropia* Loefling, 1758**. 1982. 181 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia e Universidade do Amazonas, Manaus. 1982.

HARADA, A.Y.; BENSON, W.W. Espécies de *Azteca* (Hymenoptera, Formicidae) especializadas em *Cecropia* spp. (Moraceae): distribuição geográfica e considerações ecológicas. **Revista Brasileira de Entomologia**, 32 (3/4): 423-435, 1988.

HEIL, M.; FIALA, B.; MASCHWITZ, U.; LINSÉNMAIR, K.E. On benefits of indirect defence: short- and long-term studies of antiherbivore protection via mutualistic ants. **Oecologia**, 126: 395-403, 2001.

HEIL, M.; MCKEY, D. Protective Ant-plant Interactions as Model Systems in Ecological and Evolutionary Research. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 34: 425-453, 2003.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The ants**. Berlin: Springer-Verlag, 1990. 732 p.

JANZEN, D.H. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. **Evolution**, 20 (3): 249-275, 1966.

JANZEN, D.H. Allelopathy by myrmecophytes: the ant *Azteca* as an allelopathic agent of *Cecropia*. **Ecology**, 50(1): 147-153, 1969.

JANZEN, D.H. Dissolution of mutualism between *Cecropia* and its *Azteca* ants. **Biotropica**, 5 (1): 15-28, 1973.

JOLIVET, P. Relative protection of *Cecropia* trees against leaf-cutting ants in tropical America. In: Meer, R.K.V.; Jaffe, K. Cedeno, A. (eds.) **Applied Myrmecology: A World Perspective**. San Francisco: Westview Press, 1990. p. 251-254.

JOLIVET, P. **Ants and Plants: an Example of Coevolution**. Leiden: Backhuys Publishers, 1996. 303 p.

LONGINO, J.T. Geographic variation and community structure in an ant-plant mutualism: *Azteca* and *Cecropia* in Costa Rica. **Biotropica**, 21 (2): 126-132, 1989a.

LONGINO, J.T. Taxonomy of the *Cecropia*-inhabiting ants in the *Azteca alfari* species group (Hymenoptera: Formicidae): evidence for two broadly sympatric species. **Contributions in Science**, Natural History Museum of Los Angeles County, number 412: 1-16, 1989b.

LONGINO, J.T. *Azteca* ants in *Cecropia* trees: taxonomy, colony structure, and behavior. p. 271-288. In: Huxley, C.R. and Cuttler, D.F. **Ant-plant Interactions**. New York: Oxford Science Publications, 1991. p. 271-288.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA. v.2, 2 edição, 2002. 368p.

NESS, J.; MOONEY, K.; LACH, L. Ants as Mutualists. P.97-114. In: LACH, L.; PARR, C.L.; ABBOTT, K.L. (eds.) **Ant Ecology**. New York: Oxford University Press, 2009. p. 97-114.

PUTZ, F.E. & HOLBROOK, N.M. Further observations on the dissolution of mutualism between *Cecropia* and its ants: the Malaysian case. **Oikos**, 53 (1): 121-125, 1988.

RICKSON, F.R. Progressive loss of ant-related traits of *Cecropia peltata* on selected Caribbean Islands. **American Journal of Botany**, 64 (5): 585-592, 1977.

RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P.S. **The ecology and evolution of ant-plants interactions**. Chicago: University of Chicago Press, 2007. 331 p.

ROMANIUC NETO, S.; GAGLIOTI, A.L. *Urticaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil>

SAGERS, C.L.; GINGER, S.M.; EVANS, R.D. Carbon and nitrogen isotopes trace nutrient exchange in an ant-plant mutualism. **Oecologia**, 123:582-586, 2000.

SCHULTZ, T.R.; McGLYNN, T.P. The interactions of ants with other organisms. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (ed.) **Ants: standard**

**methods for measuring and monitoring biodiversity.** Washington: Smithsonian Institution Press, 2000. p. 35-44.

SCHUPP, E.W. *Azteca* protection of *Cecropia*: ant occupation benefits juvenile trees. **Oecologia**, 70: 379-385, 1986.

VASCONCELOS, H.L.; CASIMIRO, A.B. Influence of *Azteca alfari* ants on the exploitation of *Cecropia* trees by a leaf-cutting ant. **Biotropica**, 29 (1): 84-92, 1997.

VIEIRA, A.S.; FACCENDA, O.; ANTONIALLI-JUNIOR, W.F.; FERNANDES, W.D. Nest structure and occurrence of three species of *Azteca* (Hymenoptera, Formicidae) in *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) in non-floodable and floodable pantanal areas. **Revista Brasileira de Entomologia**, 54(3): 441–445, 2010.

WHEELER, W.M. Studies of Neotropical ant-plants and their ants. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology** N. 1, 1942.

WETTERER, J.K. Ants on *Cecropia* in Hawaii. **Biotropica**, 29 (1): 128-132, 1997.

YU, D.W.; DAVIDSON, D.W. Experimental studies of species-specificity in *Cecropia*–ant relationships. **Ecological Monographs**, 67(3): 273-294, 1997.

ZELIKOVA, T.J.; DUNN, R.R.; SANDERS, N.J. Variation in seed dispersal along an elevational gradient in Great Smoky Mountains National Park. *Acta Oecologica*, 34: 155–162, 2008.

## APÊNDICES

Apêndice 1. Caracterização dos municípios em que foram realizadas as coletas.

<b>Cidade</b>	<b>Coordenadas geográficas da sede municipal<sup>a</sup></b>	<b>Altitude da sede municipal</b>	<b>Temperatura média anual<sup>b</sup></b>	<b>Precipitações pluviométricas<sup>b</sup></b>	<b>Umidade relativa do ar<sup>b</sup></b>	<b>Vegetação<sup>c</sup></b>
Barra do Choça	14°51'50.80"S 40°33'32.63"O	949m	21°-22°	930 mm	<80%	Mata de cipó
Buerarema	14°56'49.54"S 39°18'16.82"O	378m	22°-24°	1.400 mm	80-90%	Floresta úmida
Caatiba	14°57'57.65"S 40°25'11.56"O	385m	22°-24°	*	<80%	Mata mesófila
Firmino Alves	14°59'05.66"S 39°55'33.49"O	392m	22°-24°	*	<80%	Mata mesófila
Floresta Azul	14°50'51.66"S 39°39'22.90"O	239m	22°-24°	1.000 mm	<80%	Floresta úmida
Ibicaraí	14°51'01.14"S 39°35'34.07"O	146m	22°-24°	*	<80%	Floresta úmida
Ibicuí	14°49'47.59"S 39°58'58.30"O	614m	22°-24°	*	<80%	Mata mesófila
Ilhéus	14°47'49.84"S 39°02'03.84"O	66m	24°-25°	1.900 mm	80-90%	Floresta úmida/restinga
Itabuna	14°47'21.40"S 39°16'40.09"O	200m	23°-25°	1.500 mm	80-90%	Floresta úmida
Itaju do Colônia	15°08'34.17"S 39°43'35.29"O	167m	23°-25°	900 mm	<80%	Mata mesófila
Itambé	15°14'43.60"S	384m	22°-24°	750 mm	<80%	Mata mesófila



	40°37'27.52"O					
Itapé	14°52'35.50"S 39°25'59.01"O	203m	23°-25°	1.900 mm	<80%	Floresta úmida
Itapetinga	15°15'23.24"S 40°15'27.49"O	315m	22°-24°	800 mm	<80%	Mata mesófila
Itororó	15°07'02.73"S 40°04'04.99"O	397m	22°-24°	*	<80%	Mata mesófila
Juçari	15°10'09.97"S 39°29'17.58"O	191m	22°-24°	1.250 mm	<80%	Floresta úmida
Santa Cruz da Vitória	14°57'42.14"S 39°48'36.65"O	212m	22°-24°	930 mm	<80%	Mata mesófila
São José da Vitória	15°04'39.27"S 39°20'15.60"O	223m	22°-24°	*	80-90%	Floresta úmida
Una	15°16'10.43"S 39°04'09.92"O	38m	24°-25°	1.900 mm	80-90%	Floresta úmida/restinga
Vitória da Conquista	14°51'03.80"S 40°50'54.21"O	923m	21°-22°	700 mm	<80%	Mata de cipó

Fontes: a: Google Earth; b: Roeder, 1975; c: Gouvêa *et al.*, 1976.

\*Dado estimado por interpolação a partir do mapa de Roeder, 1975.

Apêndice 2. Localização de cada ponto de coleta.

\	Município	Coordenadas geográficas		Observação
		S-latitude	W-longitude	
Buera1	Buerarema	14°57'22.8"	039°18'23.7"	B. estrada
Barra1	Barra do Choça	14°56'26.0"	040°33'20.0"	Mata/pasto sujo
Barra2	Barra do Choça	14°56'53.8"	040°32'35.3"	B. estrada
Barra3	Barra do Choça	14°56'48.2"	040°32'32.6"	B. estrada
Barra4	Barra do Choça	14°57'21.7"	040°36'36.9"	B. rio
Barra5	Barra do Choça	14°58'07.5"	040°33'01.8"	Pasto sujo/B. estrada
Caatiba1	Caatiba	14°58'49.2"	039°55'54.7"	B. estrada
Caatiba2	Caatiba	15°02'53.2"	040°07'17.7"	Cabruca/B. estrada
Caatiba3	Caatiba	15°02'42.9"	040°07'47.6"	Cabruca
Conquista1	Vitória da Conquista	15°02'01.9"	040°44'37.9"	Pasto sujo/B. estrada
Conquista2	Vitória da Conquista	15°01'56.0"	040°44'53.2"	B. estrada
Conquista3	Vitória da Conquista	15°01'40.7"	040°44'58.7"	Pasto sujo
Conquista4	Vitória da Conquista	15°01'58.8"	040°45'26.3"	Pasto sujo/B. estrada
Conquista5	Vitória da Conquista	15°01'58.8"	040°45'26.3"	Pasto sujo/B. estrada
Conquista6	Vitória da Conquista	15°03'05.9"	040°44'50.4"	B. estrada
Conquista7	Vitória da Conquista	15°03'05.8"	040°44'50.3"	Pasto sujo/B. rio
Firmino1	Firmino Alves	14°48'19.4"	039°39'15.7"	Pasto/B. estrada
Firmino10	Firmino Alves	14°58'44.1"	039°55'59.8"	Cabruca
Firmino2	Firmino Alves	14°48'19.4"	039°39'15.7"	Pasto/B. estrada

Firmino3	Firmino Alves	15°00'11.9"	039°56'05.1"	Beira rio
Firmino4	Firmino Alves	15°00'47.6"	039°56'06.9"	Pasto/B. estrada
Firmino5	Firmino Alves	15°00'11.9"	039°56'05.1"	Pasto/B. estrada
Firmino6	Firmino Alves	15°02'22.4"	039°56'42.5"	Pasto/B. estrada
Firmino7	Firmino Alves	14°52'25.7"	039°53'45.2"	Beira rio
Firmino8	Firmino Alves	14°51'40.9"	039°55'45.5"	Pasto/B. estrada
Firmino9	Firmino Alves	14°50'50.5"	039°56'30.3"	Pasto sujo
Floresta1	Floresta azul	14°51'08.8"	039°38'17.2"	B. estrada
Floresta2	Floresta azul	14°54'33.3"	039°43'41.8"	B. estrada
Floresta3	Floresta azul	14°55'18.5"	039°44'17.0"	B. estrada
Floresta4	Floresta azul	14°51'23.1"	039°38'13.6"	B. estrada
Floresta5	Floresta azul	14°52'22.4"	039°37'23.0"	B. estrada
Floresta6	Floresta azul	14°49'41.3"	039°39'23.2"	B. estrada
Floresta7	Floresta azul	14°48'19.4"	039°39'15.9"	B. estrada
Ibica1	Ibicaraí	14°52'29.3"	039°29'20.6"	B. estrada
Ibica2	Ibicaraí	14°52'02.8"	039°29'49.2"	B. estrada
Ibica3	Ibicaraí	14°51'41.3"	039°30'23.0"	B. estrada
Ibica4	Ibicaraí	14°51'19.2"	039°34'36.3"	B. estrada
Ibica5	Ibicaraí	14°51'20.3"	039°34'24.4"	B. estrada
Ibicui1	Ibicuí	14°52'56.3"	040°00'34.3"	Pasto/B.cabruca
Ibicui2	Ibicuí	14°53'00.6"	040°00'38.3"	Pasto sujo
Ibicui3	Ibicuí	14°54'15.3"	040°00'38.2"	Pasto sujo
Ibicui4	Ibicuí	14°54'32.9"	040°00'40.6"	Pasto sujo
Ibicui5	Ibicuí	14°54'52.6"	040°00'49.7"	Pasto sujo/Brejo
Ibicui6	Ibicuí	14°53'59.7"	040°01'24.7"	Pasto sujo
Ibicui7	Ibicuí	14°53'27.0"	040°01'18.1"	Pasto sujo
Ibicui8	Ibicuí	14°56'12.9"	039°58'52.0"	B. estrada

Ibicui9	Ibicuí	14°56'24.6"	039°59'28.1"	B. estrada
IOS1	Ilhéus	14°46'00.17"	039°13'44.98"	Ceplac
IOS2	Ilhéus	14°58'04.37"	039°00'00.42"	B. estrada
IOS3	Ilhéus	15°00'13.7"	039°00'00.3"	B. estrada
IOS4	Ilhéus	15°05'41.94"	38°59'58.85"	B. estrada
Itabu1	Itabuna	14°45'50.8"	039°16'34.1"	B. estrada
Itabu2	Itabuna	14°51'09.3"	039°23'33.6"	B. estrada
Itabu3	Itabuna	14°51'03.4"	039°23'14.7"	B. estrada
Itabu4	Itabuna	14°51'01.3"	039°22'51.6"	B. estrada
Itaju1	Itaju do Colônia	15°00'49.6"	039°35'15.4"	B. estrada
Itaju2	Itaju do Colônia	15°01'14.9"	039°35'35.0"	B. estrada
Itaju3	Itaju do Colônia	15°04'40.7"	039°38'29.7"	B. estrada
Itambe1	Itambé	15°16'26.7"	040°28'55.4"	Pasto/B. estrada
Itambe2	Itambé	15°05'35.2"	040°41'07.7"	Pasto/B. estrada
Itape1	Itapé	14°51'01.1"	039°22'51.6"	B. estrada
Itape2	Itapé	14°53'57.7"	039°25'25.3"	Cidade
Itape3	Itapé	14°52'00.8"	039°26'21.3"	Pasto sujo/B. estrada
Itape4	Itapé	14°51'26.6"	039°25'02.1"	B. estrada
Itape5	Itapé	14°51'06.2"	039°24'50.5"	B. estrada
Itapeti1	Itapetinga	15°15'32.9"	040°23'16.4"	Pasto/B. estrada
Itororo1	Itororó	15°02'22.5"	039°56'42.4"	Cabruca
Itororo2	Itororó	15°00'57.0"	040°02'42.2"	Cabruca
Itororo3	Itororó	15°00'25.1"	040°02'34.9"	Cabruca
Itororo4	Itororó	15°00'05.7"	040°02'07.1"	Cabruca
Itororo5	Itororó	14°59'40.5"	040°01'39.9"	Cabruca
Itororo6	Itororó	15°04'16.3"	040°01'01.9"	Pasto sujo
Juçari1	Juçari	15°10'32.2"	039°25'46.1"	B. estrada

Juçari2	Juçari	15°11'29.9"	039°26'28.2"	B. estrada
Juçari3	Juçari	15°11'37.6"	039°26'57.0"	Cabruca
Juçari4	Juçari	15°11'38.1"	039°26'56.8"	B. estrada
Juçari5	Juçari	15°11'54.0"	039°27'17.8"	B. estrada
SantaCruz1	Santa Cruz da Vitória	14°56'26.3"	039°48'44.3"	B. estrada
SãoJosé1	São José da Vitória	15°02'52.5"	039°20'03.4"	B. estrada
SãoJosé2	São José da Vitória	15°03'28.7"	039°19'49.2"	B. estrada
SãoJosé3	São José da Vitória	15°03'53.1"	039°19'49.4"	B. estrada
SãoJosé4	São José da Vitória	15°05'24.8"	039°20'42.0"	Entrada fazenda
SãoJosé5	São José da Vitória	15°06'09.2"	039°21'23.8"	B. estrada
SãoJosé6	São José da Vitória	15°07'58.0"	039°22'41.6"	B. estrada
SãoJosé7	São José da Vitória	15°07'25.6"	039°22'27.9"	B. estrada
Una1	Una	15°10'57.64"	39°00'40.18"	B. estrada
Una2	Una	15°07'07.33"	39°00'07.77"	Pasto sujo/B. estrada
Una3	Una	15°16'59.90"	39°05'19.07"	Ceplac
Una4	Una	12°34'12.66"	38°41'05.60"	B. estrada
Una5	Una	15°11'49.02"	39°01'50.37"	B. estrada