



UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

VICTOR ALEXANDRE NOGUEIRA

**A NOITE É ESCURA E CHEIA DE AÇÚCARES: análise do ciclo diurno-noturno de
produção de néctar extrafloral *por Cynophalla hastata* (Jacq.) J. Presl. (Capparaceae)
para atração de formigas nectarívoras**

REDENÇÃO – CEARÁ

2024



UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

VICTOR ALEXANDRE NOGUEIRA

**A NOITE É ESCURA E CHEIA DE AÇÚCARES: análise do ciclo diurno-noturno de
produção de néctar extrafloral *por Cynophalla hastata* (Jacq.) J. Presl. (Capparaceae)
para atração de formigas nectarívoras**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Graduação em Ciências Biológicas da UNILAB, como
requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em
Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza

REDENÇÃO – CEARÁ

2024

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Nogueira, Victor Alexandre.

N711n

A noite é escura e cheia de açúcares: análise do ciclo diurno-noturno de produção de néctar extrafloral por *Cynophalla hastata* Jacq. J. Presl. Capparaceae para atração de formigas nectarívoras / Victor Alexandre Nogueira. - Redenção, 2024.
51f: il.

Monografia - Curso de Ciências Biológicas, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza.

1. Mutualismo (Biologia). 2. Nectários Extraflorais (NEFs). 3. Formigas. I. Título

CE/UF/BSP

CDD 574

VICTOR ALEXANDRE NOGUEIRA

**A NOITE É ESCURA E CHEIA DE AÇÚCARES: ANÁLISE DO CICLO DIURNO-
NOTURNO DE PRODUÇÃO DE NÉCTAR EXTRAFLORAL POR *CYNOPHALLA*
HASTATA (JACQ.) J. PRESL. (CAPPARACEAE) PARA ATRAÇÃO DE FORMIGAS
NECTARÍVORAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Data de aprovação: 11 / 07 / 2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza (Orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Ciências Biológicas – ICEN/UNILAB

Prof. Dr. Victor Emanuel Pessoa Martins

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Ciências Biológicas – ICEN/UNILAB

Ma. Byanca Nilda Tavares Cavalcante

Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal - PPGBV/UFPE

Dedico este trabalho às mulheres da minha vida: minhas tias Conceição e Jucy, minha avó Maria de Fátima e minha mãe Carmen. Também dedico a mim, que não desisti da jornada, entendendo que, como disse Dalasam, minha noção mais recente do amor sou eu me levando no braço.

AGRADECIMENTOS

Às mulheres que me ensinaram tanto sobre ser humano e às quais devo a conclusão da minha graduação, pois sempre me ajudaram em todos os sentidos: minhas tias Conceição e Jucy, minha avó Maria de Fátima e minha mãe Carmen. Não há palavras, em línguas vivas, mortas ou extintas, que possam descrever a admiração, o respeito e o amor que sinto por vocês. Nos momentos em que não acreditei em mim, agradeço por terem acreditado.

Aos amigos de caminhada na graduação, João Carlos e Geissiele Freitas, pela companhia nos trabalhos acadêmicos e nas disciplinas, tornando o curso mais leve e divertido. Obrigado pelos conhecimentos compartilhados, pelos encontros, pelas conversas (especialmente aquelas acompanhadas por café e bolo) e, principalmente, pelos valiosos conselhos. O que sou enquanto professor e biólogo carrega um pouco de vocês.

Aos integrantes do grupo INTERZOA, pelos dias alegres de trabalho no laboratório. Em especial, agradeço a Juliano Moreira, Rafael Albuquerque e Beatriz Monteiro, sempre disponíveis para ajudar nas identificações e nas coletas em dias de sol ou chuva.

Ao professor Roberth Fagundes, meu orientador, que me mostrou que a construção de um trabalho acadêmico não precisa ser tortuosa. Agradeço pela humanidade, carinho e atenção com que sempre me tratou. Tenho orgulho em dizer que sou mais uma das suas sementes lançadas ao mundo e, assim como o senhor, desejo cultivar nos meus futuros alunos o entusiasmo por aprender sobre a natureza.

Aos professores integrantes da minha banca examinadora, Victor Martins e Byanca Cavalcante, por terem aceito o convite e também pelas valorosas contribuições que forneceram ao meu trabalho.

À UNILAB, por ter concedido à minha família o primeiro diploma universitário.

RESUMO

Na natureza, as relações mutualísticas são interações ecológicas que se manifestam de maneiras diversas e apresentam características tão peculiares quanto as histórias evolutivas por trás de suas origens. Formigas e plantas desenvolveram um tipo de mutualismo que ocorre em diversos biomas, constituindo uma troca geralmente benéfica para ambas as partes: os insetos fornecem defesa contra herbívoros em troca de néctar, secretado por Nectários Extraflorais (NEFs) localizados em diferentes regiões das partes vegetativas da planta. No Maciço de Baturité, uma área que abrange 13 municípios do Ceará, incluindo Redenção, onde esta pesquisa foi realizada, uma das espécies vegetais que participam dessas relações mirmecófilas é *Cynophalla hastata*, popularmente conhecida como “feijão-bravo” e bastante comum em regiões de Caatinga. Neste estudo, foi analisado como os períodos diurno e noturno, assim como as estações climáticas seca e chuvosa, influenciam a produção de néctar pelos NEFs de *Cynophalla hastata* e a taxa de visitação por formigas associadas. O experimento corroborou os resultados de estudos anteriores com outras espécies de plantas, indicando uma maior produção de néctar extrafloral durante os períodos noturnos e uma presença significativa de formigas do gênero *Camponotus*, especialmente à noite, em ambas as estações. Além disso, observou-se uma maior produção geral de néctar extrafloral na estação seca, um achado divergente de pesquisas semelhantes, sugerindo que outros aspectos, como a fenologia da planta, o estresse fisiológico causado pela herbivoria, a disponibilidade de recursos alimentares alternativos, a presença de competidores e predadores, bem como a taxa de remoção de herbívoros pelas formigas, também podem influenciar a atividade dos NEFs na espécie analisada. Por fim, entende-se que este trabalho fortalece o entendimento das relações mirmecófilas mediadas por NEFs em regiões de Caatinga, especialmente no Maciço do Baturité, podendo servir como base para futuras pesquisas, recomendando-se a estas a adoção de uma abordagem metodológica que leve em consideração mais variáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Mutualismo. Nectários Extraflorais (NEFs). *Cynophalla hastata*. Formigas.

ABSTRACT

In nature, mutualistic relationships are ecological interactions that manifest in diverse ways and exhibit characteristics as unique as the evolutionary histories behind their origins. Ants and plants have developed a type of mutualism occurring across various biomes, constituting an exchange generally beneficial to both parties: insects provide defense against herbivores in exchange for nectar secreted by Extrafloral Nectaries (EFNs) located in different regions of the plant's vegetative parts. In the Maciço de Baturité, an area encompassing 13 municipalities in Ceará, including Redenção, where this research was conducted, one plant species participating in these myrmecophilous relationships is *Cynophalla hastata*, commonly known as "feijão-bravo" and prevalent in Caatinga regions. This study analyzed how diurnal and nocturnal periods, as well as the dry and rainy climatic seasons, influence the production of nectar by *Cynophalla hastata*'s EFNs and the visitation rate by associated ants. The experiment corroborated previous findings in other plant species, indicating higher production of extrafloral nectar during nocturnal periods and a significant presence of *Camponotus* ants, especially at night, in both seasons. Additionally, an overall higher production of extrafloral nectar was observed during the dry season, diverging from similar research, suggesting that other factors such as plant phenology, physiological stress caused by herbivory, availability of alternative food resources, presence of competitors and predators, as well as the rate of herbivore removal by ants, may also influence EFN activity in the species studied. Ultimately, this study enhances the understanding of myrmecophilous relationships mediated by EFNs in Caatinga regions, particularly in the Maciço de Baturité, and may serve as a foundation for future research, recommending adoption of a methodological approach that considers a broader range of variables.

KEYWORDS: Mutualism. Extrafloral Nectaries (EFNs). *Cynophalla hastata*. Ants.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Mutualismo: aspectos gerais	11
2.2 As defesas das plantas contra a herbivoria.....	12
2.3 Caracterização de Formicidae: um olhar sobre formigas arborícolas	13
2.4 A produção de néctar pelos nectários extraflorais e as variações que a afetam.....	14
2.5 A dinâmica na interação entre formigas arborícolas e plantas com nectários extraflorais	16
2.6 A espécie <i>Cynophalla hastata</i>	17
2.7 O domínio fitogeográfico da Caatinga e as mudanças climáticas: a questão dos mutualismos entre formigas e plantas	18
3 OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo geral.....	19
3.2 Objetivos específicos	19
4 METODOLOGIA	19
4.1 Área de estudo	19
4.2 <i>Cynophalla hastata</i> : motivos para a escolha.....	20
4.3 Mapeamento da localização das plantas	21
4.4 Construção dos <i>pitfalls</i> arbóreos para coleta de espécimes	22
4.5 Procedimentos em campo: <i>pitfalls</i> arbóreos	23
4.6 Procedimentos em campo: análise dos nectários extraflorais ativos	24
4.7 Tratamento das amostras e identificação das formigas a nível de gênero e morfoespécie	26
4.8 Montagem das formigas e identificação a nível de espécie	26
4.9 Análises estatísticas	27
5 RESULTADOS	27
6 DISCUSSÃO	32
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo evolutivo, plantas e insetos desenvolveram relações de mutualismo significativas que desempenham papéis fundamentais nos ecossistemas mundiais (Bronstein, 1994b; Holland; DeAngelis; Bronstein, 2004). Na polinização, por exemplo, as plantas evoluíram estruturas florais específicas para atrair insetos, como abelhas e borboletas, que transportam o pólen entre as flores, promovendo a reprodução das plantas (Barônio *et al.*, 2016). A liberação do néctar é realizada por glândulas especializadas chamadas nectários (Elias, 1983; Koptur, 1992; Diaz-Castelazo, 2005).

Além da polinização, muitas espécies vegetais estabelecem associações com formigas para se protegerem contra herbívoros (Bronstein; Alarcón; Gebe, 2006). As formigas interagem com plantas que possuem nectários extraflorais (NEFs), localizados nas estruturas vegetativas da planta (Marazzi; Bronstein; Koptur, 2013), protegendo-as contra herbívoros em troca de abrigo ou alimento, no caso, o néctar (Del-Claro *et al.*, 2016). O néctar é uma substância essencialmente rica em água e açúcar (Chalcoff, 2006), fundamentais para a sobrevivência das formigas. As interações formiga-planta mediadas por NEFs podem ser obrigatórias em alguns casos (Janzen, 1967; Leal *et al.*, 2017b), mas geralmente são facultativas (Rico-Gray; Oliveira, 2007).

As formigas que vivem em plantas são classificadas como arborícolas (Queiroz, 2013) e podem apresentar diferenças morfológicas em seus sistemas digestivos, quando comparadas com espécies de solo ou subsolo. Essas diferenças são adaptações ao estilo de vida no qual grandes quantidades de líquidos precisam ser processadas (Cook; Davidson, 2006).

Na perspectiva das plantas, a interação com formigas mediada pelos NEFs constitui uma defesa contra herbívoros do tipo indireta ou biológica e que apresenta um caráter constitutivo, embora o aumento ou diminuição da ação dos NEFs possa ser induzido por fatores bióticos e abióticos (Agrawal; Karban, 1999; Heil *et al.*, 2000; Wäckers; Bonifay, 2004), como o tamanho dos nectários, as variações temporais (dia-noite) e sazonais, a temperatura e umidade e a presença de herbívoros, bem como os danos causados por eles nas plantas (Holland; DeAngelis, 2010; Heil, 2015; Lange *et al.*, 2017; Alencar *et al.*, 2023).

É importante ressaltar que nem todas as formigas que consomem o néctar extrafloral desempenham o papel de defensoras da planta contra herbívoros (Bronstein, 2001). Portanto, uma planta que produz néctar em maior quantidade e qualidade (representada principalmente pela concentração de açúcar no néctar), tende a atrair formigas defensoras mais agressivas e eficazes (Blüthgen; Fiedler, 2004).

De maneira geral, as partes da planta mais protegidas, devido à elevada probabilidade de serem alvo de ataques por herbívoros, são as estruturas florais (Calixto *et al.*, 2021) e as folhas mais jovens (O’ Dowd, 1979; Dáttilo *et al.*, 2005). Isso segue a lógica da teoria da defesa ótima (McKey 1979; Rhoades 1979), o que leva a planta a alocar mais recursos defensivos para essas áreas específicas (Zangerl; Rutledge, 1996).

Assim como o néctar está sujeito a alterações ambientais e climáticas que podem afetar sua produção, as formigas também estão expostas a essas mudanças, que podem interferir em suas taxas de forrageio (Traniello, 1989). Embora os ritmos circadianos desempenhem um papel importante na regulação das atividades das formigas, dependendo do contexto a qual estas estejam expostas, eles podem ser sobrepujados (Hölldobler; Wilson, 1990) por diversos fatores que variam tanto temporal quanto sazonalmente (Belchior; Del-Claro; Oliveira, 2012), como diferenças de temperatura, precipitação e umidade (Vogt *et al.*, 2003; Kuate *et al.*, 2008; Tizón; Wulff; Peláez, 2014), disponibilidade de recursos (Lasmar *et al.*, 2021) e a presença de predadores (Gálvez, 2023). Ao afetar o forrageio de formigas, esses fatores influenciam nas interações ecológicas realizadas por elas.

Considerando, por exemplo, os potenciais usos das interações formiga-planta mediadas por NEFs no controle de pragas em culturas de plantas de interesse comercial na agroecologia (Rezende *et al.*, 2014), é necessário compreender como essas interações ocorrem em contextos ambientais diversos. Um bom ambiente para isso é a Caatinga, um domínio fitogeográfico exclusivamente brasileiro (Schober, 2002), que apresenta características ambientais e climáticas próprias, a exemplo de variações temporais e sazonais significativas de temperatura e umidade (Alves; Araújo; Nascimento, 2009; Gomes; Ribeiro; Lucena, 2016), e marcado contraste na disponibilidade de recursos entre as estações seca e chuvosa (Barbosa; Viana; Rangel, 2014).

A Caatinga está distribuída por todos os estados do Nordeste e parte de Minas Gerais e apresenta uma composição florística altamente heterogênea (Ferraz, 2009), embora as espécies vegetais encontradas nesse domínio geralmente exibam características xerofíticas e decíduas (Fernandes; Queiroz, 2018), existem exceções perenifólias, como *Cynophalla hastata* (Jacq.) J.Presl. (Soares Neto *et al.*, 2014).

A espécie *Cynophalla hastata*, popularmente conhecida como feijão-bravo ou feijão de boi, é amplamente distribuída em áreas de Caatinga na Região Nordeste (Cornejo, 2015) e possui nectários extraflorais axilares globosos (Silva *et al.*, 2022). Em períodos de escassez de recursos, tipicamente associados à estação seca da Caatinga (Sousa-Souto *et al.*, 2016), essa

planta pode ser vista pelas formigas como um oásis verde, momento em que as relações ecológicas entre ela e as formigas podem se intensificar.

Nesse contexto, ao analisar a atividade dos nectários extraflorais e a abundância e riqueza de formigas associadas a *Cynophalla hastata*, espera-se elucidar as estratégias ecológicas empregadas por ela para atrair formigas e, conseqüentemente, obter benefícios em termos de defesa e sobrevivência. Essas informações podem contribuir significativamente para entender as dinâmicas ecológicas das interações formiga-planta na Caatinga, especialmente em um contexto de mudanças climáticas globais. Dessa forma, o estudo buscou investigar como a produção de néctar extrafloral por *Cynophalla hastata* varia ao longo do dia e da noite, considerando as estações seca e chuvosa. A pesquisa buscou identificar padrões na produção de néctar e na atividade de forrageamento das formigas visitantes, observando como essas variáveis são influenciadas por aspectos temporais e sazonais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mutualismo: aspectos gerais

O mutualismo é uma forma de interação na qual duas espécies diferentes estabelecem uma relação de benefício mútuo. Nesse tipo de interação, ambas as espécies são favorecidas de alguma forma, seja através da obtenção de recursos, como alimento ou nutrientes, do compartilhamento de abrigo ou da reprodução (Boucher; James; Keeler, 1982). As relações mutualísticas, influenciadas por fatores bióticos e abióticos, são incrivelmente variadas e extensas na natureza (Bronstein, 2001). Podem ser divididas em mutualismo obrigatório, no qual o sucesso da interação é crucial para a sobrevivência dos organismos envolvidos e mutualismo facultativo, em que os participantes podem ser considerados como parceiros esporádicos e a cessação da relação não tem um impacto direto em sua sobrevivência (Vandermeer; Boucher, 1978).

As interações mutualísticas desempenham um papel essencial para a estabilidade dos ecossistemas, contribuindo significativamente para sua manutenção, principalmente quando se leva em consideração a polinização, a dispersão de sementes e as relações entre plantas e animais com foco na proteção contra a herbivoria (Bronstein, 1994b; Holland; DeAngelis; Bronstein, 2004). Ainda, podem influenciar e serem influenciadas pela composição genética (Assis *et al.*, 2020), distribuição geográfica (Thompson, 1999) e dinâmica populacional (Holland; DeAngelis; Bronstein, 2004) dos entes envolvidos. Em caso de a relação impactar positivamente na taxa de sobrevivência das espécies envolvidas e, conseqüentemente, no seu

sucesso reprodutivo, ao longo do tempo evolutivo, o ambiente pode selecionar indivíduos na população que possuam material genético que favorece ou até mesmo intensifica a relação (Weiblen; Treiber, 2015).

As relações mutualísticas também podem ajudar as espécies a obter recursos de forma mais eficiente e a melhor explorar seus nichos ecológicos (Connor, 1995), e até mesmo expandir suas distribuições geográficas caso as condições em novos ambientes sejam viáveis (Thompson; Cunningham, 2002). Portanto, o mutualismo pode ser benéfico tanto do ponto de vista ecológico quanto evolutivo (Bronstein, 1994b). No entanto, é importante ressaltar que a perda de mutualismos obrigatórios ou a interrupção de mutualismos facultativos pode acarretar consequências graves. Dependendo do grau de dependência entre as espécies envolvidas e dos benefícios gerados para o ecossistema pela relação, podem ocorrer alterações significativas na estrutura e funcionamento destes, afetando sua estabilidade e resiliência, e podendo desencadear, em situações mais graves, uma cascata de extinções (Olesen *et al.*, 2007).

Embora essas interações sejam muitas vezes associadas ao altruísmo, na verdade, elas só persistem enquanto forem benéficas para as espécies envolvidas, ou seja, enquanto os benefícios superarem os custos (Boucher; James; Keeler, 1982; Bronstein, 1994a). Um tipo de relação de caráter geralmente variável que segue essa lógica é a interação entre animais e plantas com nectários extraflorais.

2.2 As defesas das plantas contra a herbivoria

Inicialmente, a relação entre plantas e animais foi marcada pela herbivoria, uma relação antagônica que foi um dos principais catalisadores para o surgimento de interações mutualísticas entre as plantas e alguns táxons do reino animal (Abrahamson, 1989; Del-Claro; Torezan-Silingardi, 2021). No contexto da pressão exercida pelos herbívoros nas plantas, o ambiente começou a favorecer populações com defesas mais complexas (Núñez-Farfán; Fornoni; Valverde, 2007).

Seguindo a lógica da teoria da defesa ótima (McKey 1979; Rhoades 1979), as plantas precisam adotar uma abordagem estratégica na alocação de recursos para produzir defesas, sem comprometer seu crescimento e reprodução (Pavia; Toth; Åberg, 2002). Para tanto, a planta considera o custo da produção de uma defesa específica, o benefício que ela pode proporcionar e o investimento proporcionalmente maior em partes da planta com maior probabilidade de ataque (Steppuhn; Baldwin, 2008). Nesse sentido, quanto maior o valor reprodutivo e adaptativo e a probabilidade de ataque a uma determinada parte da planta, maiores serão os recursos alocados para sua defesa (Zangerl; Rutledge, 1996), portanto, as estruturais florais

(Calixto *et al.*, 2021) e as folhas mais jovens (O’ Dowd, 1979; Dáttilo *et al.*, 2005) tendem a ser mais protegidas.

As defesas das plantas contra herbívoros podem ser classificadas tanto de acordo com o tipo de ação, seja direta ou indireta, quanto à natureza da resposta, seja constitutiva ou induzida. As defesas de caráter constitutivo são permanentes nos tecidos vegetais, ocorrendo independentemente de estímulos externos (Garcia *et al.*, 2021). Por outro lado, as defesas induzidas são acionadas em resposta a danos ou ameaças, como ataques de herbívoros (Agrawal, 1998). Conforme Chen (2008), as defesas diretas podem ser categorizadas em duas formas principais: antinutrição e toxicidade. As defesas diretas de antinutrição podem limitar o suprimento de alimento e reduzir o valor nutricional deste. Já as defesas diretas de toxicidade causam danos físicos e químicos aos herbívoros por meio de estruturas e substâncias específicas produzidas pela planta (Hanley *et al.*, 2007). De acordo com Aljibory e Chen (2018), as defesas indiretas atuam através da atração de inimigos naturais dos herbívoros, transformando certos animais em soldados em sua guerra contra a herbivoria. As defesas indiretas induzidas incluem uma cascata de reações químicas que, em última instância, resultam na liberação de compostos voláteis, utilizados como sinal para atrair inimigos naturais dos herbívoros (Arimura; Matsui; Takabayashi, 2009). As defesas indiretas constitutivas fornecem alimento ou abrigo em troca da proteção de certos animais. Entre essas defesas, estão os nectários extraflorais (Heil *et al.*, 2000).

As estruturas vegetativas, em comparação com as estruturas reprodutivas, são menos propensas a ataques e possuem menor importância para a planta, pois sua função não está diretamente ligada à reprodução. Nesse sentido, as maiores taxas de defesa geral e constitutiva tendem a ser encontradas em estruturas reprodutivas, enquanto as induzidas são mais comuns em estruturas vegetativas (Zangerl; Bazzaz, 1992). Menos frequentes em estruturas vegetativas, as defesas constitutivas nesses tecidos, em certas plantas, geralmente exibem uma característica induzida, ou seja, elas podem diminuir ou aumentar sua ação dependendo de estresses bióticos e abióticos (Agrawal; Karban, 1999; Wäckers; Bonifay, 2004). Nas plantas que possuem tanto nectários extraflorais associados às estruturas vegetativas quanto às estruturas reprodutivas, observa-se uma tendência de maior produção de néctar e aumento na quantidade de formigas visitantes nos nectários extraflorais próximos às flores (Calixto *et al.*, 2021).

2.3 Caracterização de Formicidae: um olhar sobre formigas arborícolas

Entre os animais, os insetos configuram-se como aqueles que mais se relacionam com as plantas com flores. Esses animais são pequenos, abundantes, se reproduzem rapidamente e

têm capacidades de dispersão surpreendentes (Del-Claro; Torezan-Silingardi, 2021). Considerando a ampla distribuição das formigas em diversos ambientes, fica claro que suas interações com as plantas desempenham um papel fundamental no entendimento global do mutualismo (Bronstein, 1998). Portanto, entre os insetos que se destacam nessas relações, as formigas são reconhecidas como um dos principais protagonistas.

As formigas são insetos da ordem Hymenoptera e constituem uma única grande família, a Formicidae, que apresenta uma ampla distribuição global e habita uma variedade de nichos ecológicos devido à sua notável capacidade de adaptação (Hölldobler; Wilson, 1990). Nesse sentido, o sucesso adaptativo desses organismos se explica pelo seu comportamento eussocial e os sistemas de comunicação complexos que desenvolveram (Hölldobler; Wilson 1990; Bächtold *et al.*, 2012), além de sua alta capacidade para interagir com outros organismos (Ness; Mooney; Lach, 2009). Nos ecossistemas mundiais, as formigas realizam intrincadas relações com outros insetos, fungos, micróbios e plantas (Chomicki; Renner, 2017; Juárez-Juárez; Dáttilo; Moreno, 2023).

As formigas podem ser classificadas de acordo com seu habitat em três grupos principais: as hipogeicas, que habitam o subsolo; as epígeas, que vivem na superfície do solo; e as arborícolas, que estão associadas a árvores (Queiroz, 2013). Conforme Davidson (1997), nos dosséis das árvores em regiões tropicais, as formigas reinam supremas entre os artrópodes, com uma presença extraordinária em uma variedade de nichos ecológicos. Morfológicamente, as formigas arborícolas podem apresentar adaptações em seus sistemas digestivos que as distinguem das espécies que vivem no solo. Essas adaptações permitem que as formigas arborícolas processem grandes quantidades de exsudatos, como a melada produzida por hemípteros e o néctar produzido por plantas com nectários extraflorais, que as fornecem quantidades elevadas de energia, essenciais ao forrageio (Cook; Davidson, 2006).

Nas interações planta-formiga mediadas por nectários extraflorais, considerando o aspecto ecológico do custo/benefício envolvido, ou seja, os recursos (como alimento) fornecidos pela planta em troca de serviços (como proteção contra herbivoria) incumbidos as formigas, o principal meio de pagamento dessa transação ecológica é o néctar (Del-Claro *et al.*, 2016).

2.4 A produção de néctar pelos nectários extraflorais e as variações que a afetam

Os nectários são glândulas secretoras de néctar, estruturas especializadas com diversas morfologias, encontradas em diferentes partes das plantas (Elias, 1983; Koptur, 1992; Diaz-Castelazo, 2005). Embora a composição do néctar possa variar entre espécies vegetais e devido

a fatores bióticos e abióticos, essencialmente pode ser definido como uma solução líquida composta por açúcares simples, como sacarose, glicose e frutose, além de aminoácidos proteicos e não proteicos, lipídios, ácidos orgânicos, minerais e metabólitos secundários, como flavonoides (Chalcoff, 2006).

Segundo Marazzi, Bronstein e Koptur (2013), as espécies vegetais podem apresentar dois tipos principais de nectários: os florais e os extraflorais. Os nectários florais se subdividem em duas categorias: aqueles diretamente relacionados à polinização, presentes nos órgãos reprodutivos da flor, e aqueles indiretamente relacionados à polinização, localizados nos órgãos florais externos, como corola e cálice. Por sua vez, os nectários extraflorais são encontrados em estruturas vegetativas localizadas acima do solo, tais como estípulas, caules e folhas. Na planta, desempenham diferentes papéis, como atrair presas em espécies carnívoras ou servir como um mecanismo atrativo que promove a proteção da planta, especialmente contra ataques de herbívoros, além de auxiliarem indiretamente na polinização (Delpino, 1874; Bentley, 1977).

Tanto fatores abióticos, quanto bióticos podem influenciar a produção de néctar pelos nectários extraflorais, entre eles, destacam-se o tamanho dos nectários, a variação temporal (dia-noite), temperatura e umidade, além da presença de herbívoros e de danos causados por eles nas plantas (Holland; DeAngelis, 2010; Heil, 2015; Lange *et al.*, 2017; Alencar *et al.*, 2023). No estudo conduzido por Alencar *et al.* (2023) com três espécies do gênero *Chamaecrista*, que possuem nectários extraflorais, foi observada uma relação diretamente proporcional entre o tamanho desses nectários e a produção de néctar, tanto em condições normais quanto imediatamente após danos foliares causados por herbivoria. Esse aumento na produção de néctar, em virtude de nectários maiores, resultou em uma maior atratividade para formigas, especialmente as espécies dominantes, contribuindo assim para uma melhor taxa de defesa das plantas. Em ambientes onde há escassez de água e condições adversas, como temperatura elevadas e baixas umidades, as plantas podem redirecionar recursos para priorizar funções vitais, como a fotossíntese, em detrimento da produção de néctar (Rocha *et al.*, 2019). Por outro lado, durante períodos do dia com maior atividade de herbívoros, as plantas podem aumentar a produção de néctar como uma estratégia para mitigar os efeitos dos ataques. Isso acontece ao atrair insetos, como formigas, que podem agir em defesa da planta (Heil, 2015).

Nesse contexto, considerando o néctar como a recompensa que as formigas recebem pelos serviços de defesa prestados à planta e sabendo que nem todas as formigas que visitam plantas com nectários extraflorais de fato as protegem (Bronstein, 2001), é importante indicar que a quantidade e qualidade desse néctar influenciam diretamente na abundância e identidade

das formigas que visitam e que realmente protegem a planta em situações de ataque (Blüthgen; Fiedler, 2004).

2.5 A dinâmica na interação entre formigas arborícolas e plantas com nectários extraflorais

A dinâmica das formigas na natureza é explicada por diferentes perspectivas, incluindo a Teoria de Forrageamento, que se baseia na relação entre a energia adquirida e a energia gasta durante as atividades (Oster; Wilson, 1978). Com o objetivo de maximizar o rendimento, cada atividade de forrageamento é avaliada com base em quatro aspectos principais: seleção de alimentos, escolha de locais de forrageamento, distribuição do tempo entre diferentes locais e regulação do movimento de forrageio, dependendo da disponibilidade de recursos em uma área específica. Para formigas com ninhos, adiciona-se a esses aspectos a distância entre o recurso e o ninho (Hölldobler; Wilson, 1990).

Por mais que os ritmos circadianos geralmente exerçam influência sobre a atividade de forrageamento em formigas, em várias espécies, estes podem ser modificados ou até mesmo sobrepujados pela necessidade de alimento da colônia ou por alterações específicas no ambiente (Hölldobler; Wilson, 1990). Dentre as principais alterações, destacam-se diferenças de temperatura, precipitação e umidade (Vogt *et al.*, 2003; Kuate *et al.*, 2008; Tizón; Wulff; Peláez, 2014), na disponibilidade de recursos (Lasmar *et al.*, 2021) e na presença mais intensa de predadores, que pode diminuir a atividade de forrageio (Gálvez, 2023). Ambos esses aspectos podem variar tanto temporalmente quanto sazonalmente (Belchior; Del-Claro; Oliveira, 2012).

Em ambientes onde a disponibilidade de proteínas é limitada, as formigas tendem a intensificar suas atividades de defesa em torno das plantas com nectários extraflorais, se tornando mais agressivas (Passos; Leal, 2019). Nesse sentido, infere-se que, em cenários de escassez alimentar, esse tipo de relação de defesa entre formigas e plantas se apresentam de maneira mais frequente e intensa, haja vista que é quando as formigas se tornam mais ativas na busca por alimentos e na proteção de fontes valiosas de nutrientes, como o néctar produzido pelos nectários extraflorais (Lach; Parr; Abbott, 2009; Passos; Leal, 2019).

Conforme observado por Hölldobler e Wilson (1990), a maioria das espécies de formigas habita ambientes com temperaturas variando entre 10 e 45 graus Celsius. É importante ressaltar que o intervalo específico de tolerância térmica de cada espécie é determinado por uma combinação de fatores genéticos e ambientais e que temperaturas abaixo ou acima desse espectro geral podem atuar como inibidores da atividade de forrageamento das formigas (Silva *et al.*, 2019).

No contexto das chuvas, especialmente aquelas associadas à estação chuvosa da Caatinga Brasileira, nota-se que estão correlacionadas com uma ampliação na disponibilidade de recursos (Barbosa; Viana; Rangel, 2014). Na presença de mais água, ingrediente majoritário do néctar, a planta pode aumentar a produção de néctar, o que favorece a visita de formigas (Souza *et al.*, 2022). No entanto, se existirem recursos mais atrativos disponíveis no ambiente, as interações podem ser diminuídas (Fagundes *et al.*, 2016).

Ainda que haja exemplos de mutualismos obrigatórios, como o observado na espécie *Acacia cornigera* (Janzen, 1967; Leal *et al.*, 2017b), em um contexto geral, as relações entre formigas e plantas com nectários extraflorais são frequentemente caracterizadas como facultativas e generalistas (Rico-Gray; Oliveira, 2007). Devido à habilidade das plantas de ajustar a secreção de néctar ao longo do dia e da noite, há uma variação na composição das espécies de formigas que interagem com elas (Anjos *et al.*, 2016). Nessas relações facultativas, a tendência é as formigas não residirem diretamente nas plantas, nem necessariamente estarem próximas delas. No entanto, a oferta de néctar pelos nectários extraflorais, principalmente em situações de escassez de recursos, pode ocasionalmente atrair as formigas para as plantas (Boucher; James; Keeler, 1982; Bronstein, 1998). A plasticidade característica dessas interações se traduz em cenários em que raramente há a monopolização do néctar por uma espécie específica, sendo comum observar diferentes espécies de formigas interagindo com a mesma planta (Floren; Linsenmair, 2000; Lange *et al.*, 2017). Isso implica que, até mesmo em curtas distâncias, podem ser observadas diferenças acentuadas na diversidade e quantidade de formigas interagindo (Horvitz; Schemske, 1984).

Nesse sentido, é evidente que o mutualismo entre formigas e plantas com nectários extraflorais traz benefícios mútuos significativos, desde que a defesa seja concretizada pelas formigas que visitam as plantas. De acordo com Gomes *et al.* (2021), as plantas que mantêm essa associação com formigas frequentemente demonstram um desempenho superior, muitas vezes refletido em maior altura, já que enfrentam menos problemas que comprometem seu desenvolvimento, como herbivoria e infecções por fungos patogênicos. Em contrapartida, as colônias de formigas que participam desse mutualismo também colhem vantagens, podendo experimentar maiores taxas de sobrevivência, crescimento e reprodução (Byk; Del-Claro, 2011).

2.6 A espécie *Cynophalla hastata*

A família Capparaceae é composta por uma ampla variedade de plantas que podem apresentar diferentes formas de crescimento, adaptadas a uma variedade de habitats. Essas

plantas podem ser encontradas como subarbustos, arbustos, árvores ou, raramente, lianas (Soares Neto; Luber, 2020). No Brasil, inclui 19 gêneros e 56 espécies, sendo 25 delas de caráter endêmico, além de 2 subespécies não endêmicas (Forzza *et al.*, 2010).

De acordo com o levantamento realizado por Soares Neto *et al.* (2014), o estado do Ceará registrou, até a data do estudo, a presença de quatro gêneros e cinco espécies de Capparaceae, sendo estas: *Capparidastrum frondosum*, *Crateva tapia*, *Cynophalla flexuosa*, *Cynophalla hastata* e *Neocalyptrocalyx longifolium*.

A espécie *Cynophalla hastata*, popularmente conhecida como feijão bravo ou feijão de boi, é nativa do Brasil, porém não endêmica. Sua distribuição se restringe aos domínios fitogeográficos da Caatinga e Mata Atlântica da região Nordeste do país, com exceção do estado do Maranhão (Cornejo, 2015).

Cynophalla hastata pode apresentar-se como arbusto ou árvore, podendo atingir até 6 metros de altura (Soares Neto *et al.*, 2014). Além disso, pode ser reconhecida, conforme Silva *et al.* (2022), pelos seus nectários axilares globosos, botões florais quadrangulares e pelos estames com base vinácea.

2.7 O domínio fitogeográfico da Caatinga e as mudanças climáticas: a questão dos mutualismos entre formigas e plantas

O Neotrópico é uma região biogeográfica que abrange a América Central, as ilhas do Caribe e grande parte dos territórios da América do Sul (Schultz, 2005). Caracteriza-se por seu clima tropical e é conhecido por abrigar os mais altos índices de biodiversidade do planeta, distribuídos entre diversos domínios fitogeográficos existentes, entre eles, a Caatinga (Tundisi, Tundisi, 2008; Antonelli, Sanmartín, 2011). A Caatinga, assim como todos os outros domínios fitogeográficos, se caracteriza pela heterogeneidade em sua composição florística, abrigando uma variedade de tipos de vegetação (Ferraz, 2009).

Este domínio fitogeográfico abrange todos os estados nordestinos do Brasil e parte de Minas Gerais. Caracteriza-se por um clima semiárido, com chuvas escassas e irregulares difundidas em suas duas estações, uma seca e uma chuvosa, estando concentradas nesta última os maiores índices pluviométricos do ano (Fernandes; Queiroz, 2018). Em termos gerais, a vegetação é predominantemente do tipo xerófita e decidual, embora haja ocorrência de espécies perenifólias, como *Cynophalla hastata*, pertencente ao grupo das angiospermas (Moro *et al.*, 2015).

Sob o ponto de vista climático, na Caatinga são observadas mudanças extremas entre o dia e a noite em relação às temperaturas e umidades. Geralmente, durante o dia, as temperaturas

são elevadas e as umidades são baixas (Gomes; Ribeiro; Lucena, 2016). Na estação chuvosa, variações de temperatura e umidade costumam ser menos bruscas do que na estação seca (Alves; Araújo; Nascimento, 2009) e, durante este período, as plantas aproveitam a maior disponibilidade de água para crescer, aumentando a produção de folhas (Barbosa, 1989), o que atrai mais herbívoros, como lagartas (Lins, 2015).

Esse contraste temporal e sazonal marcado por um certo caráter abrupto, pode começar a ser visto em outros ambientes no mundo em que não ocorria naturalmente em virtude de novas dinâmicas climáticas locais e regionais geradas por alterações climáticas globais (Wake, 2015). As mudanças climáticas em curso e suas consequências ambientais podem influenciar as interações mutualísticas entre plantas e formigas, impactando sua dinâmica e ecologia (Parr; Bishop, 2022).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a dinâmica temporal do forrageamento de formigas em *Cynophalla hastata* a partir da produção de néctar extrafloral, nas estações seca e chuvosa, em uma área de Caatinga.

3.2 Objetivos Específicos

- Investigar as diferenças temporais e sazonais na abundância e riqueza de formigas forrageando em *Cynophalla hastata*;
- Analisar as variações temporais e sazonais na produção de néctar pelos NEFs de *Cynophalla hastata*;
- Avaliar as alterações na interação entre formigas e *Cynophalla hastata* em resposta à alta ou baixa atividade dos NEFs da planta.

4 METODOLOGIA

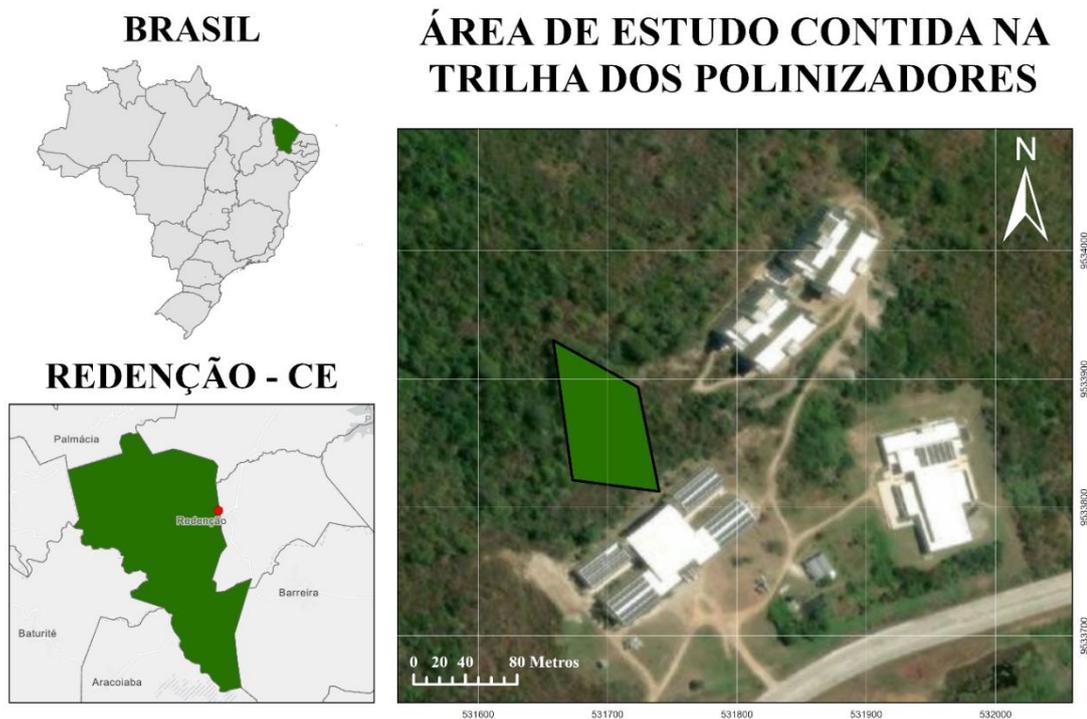
4.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na Trilha Ecológica dos Polinizadores (4° 13' 3.35" S, 38° 42' 50.5" W), localizada na porção posterior do campus das Auroras, vinculado à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). A área estudada, compreendendo 3.000 m² (Fig. 1), está inserida no semiárido brasileiro, encontrada na encosta de um Maciço Residual, apresentando vegetação do tipo Mata Seca do Cristalino.

Conforme Moro *et al.* (2015), a Mata Seca do Cristalino está associada à unidade geomorfológica Cristalina e aos Maciços Residuais do estado do Ceará. Esse tipo de vegetação geralmente se desenvolve em solos rasos e pedregosos, que possuem capacidade limitada de retenção de água. Essas condições influenciam diretamente a flora dessa mata, que é predominantemente composta por espécies xerófitas e decíduas, ainda que espécies perenifólias sejam comuns, como a *Cynophalla hastata*. Em seu interior, habitam espécies vegetais tanto da mata úmida quanto da caatinga arbórea, adaptadas para sobreviver neste ambiente devido à sua ampla faixa de tolerância ecológica (Gomes; Medeiros; Albuquerque, 2010).

O município de Redenção, onde se encontra a área de estudo, insere-se na porção norte do estado do Ceará, a aproximadamente 60 km da capital Fortaleza. A cidade está situada a uma altitude de 88,8 metros acima do nível do mar, apresentando uma pluviosidade média anual de 1.062 mm e temperaturas médias oscilando entre 26° a 28° (Ipece, 2017).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



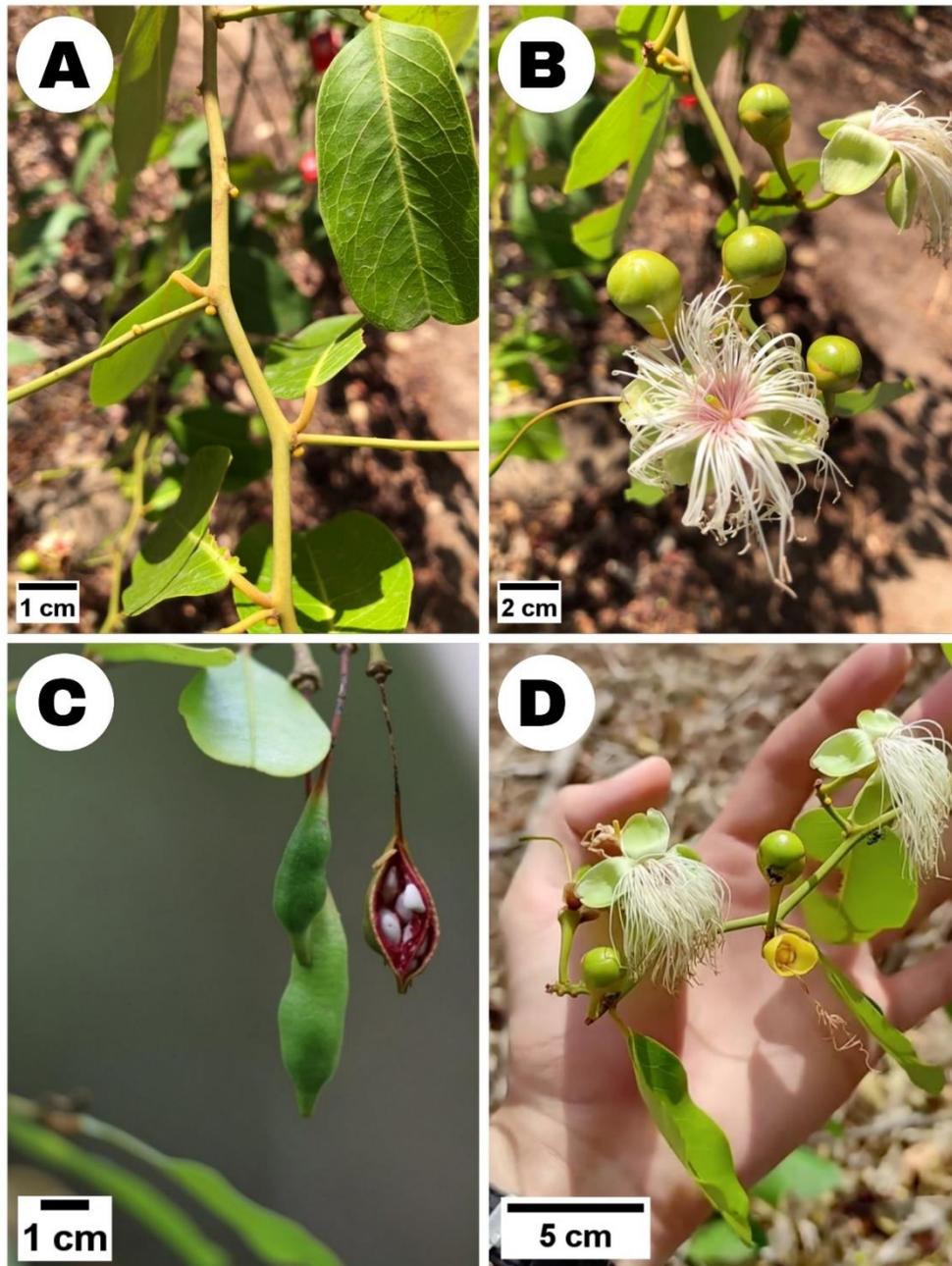
Fonte: Próprio autor.

4.2 *Cynophalla hastata*: motivos para a escolha

A seleção da espécie *Cynophalla hastata* (Fig. 2) para este estudo se deve à sua ampla distribuição na área estudada e à sua característica pereniforme (Fabricante *et al.*, 2015). Por manter suas folhas durante a época de seca, evita-se a variação associada a essa característica

durante a mudança de estações. Além disso, a escolha de uma planta que apresenta nectários extraflorais favorece a visita de formigas e, por consequência, uma maior captura de espécimes, tendo em vista o teor atrativo ao forrageio dessa característica (Madureira, 2004).

Figura 2 – *Cynophalla hastata*. A. nectários extraflorais axilares globosos. B. flores e botões florais. C. Frutos. D. formigas visitantes.



Fonte: Próprio autor.

4.3 Mapeamento da localização das plantas

Como medida para facilitar a instalação das armadilhas, um dia de campo foi designado para uma expedição à trilha, com o objetivo de identificar onde ocorria a espécie *Cynophalla*

hastata. As plantas foram identificadas por meio da utilização de uma chave de identificação taxonômica específica para as espécies pertencentes à família Capparaceae encontradas na região do Ceará, elaborada por Soares Neto *et al.* (2014). Ainda, informações adicionais sobre as características morfológicas e taxonômicas das espécies foram consultadas, disponíveis em trabalho de Soares Neto e Jardim (2015). Durante essa excursão, as árvores encontradas foram marcadas com fitas coloridas para facilitar sua localização em momentos posteriores, além de serem numeradas de 1 a 20 (Fig. 3). A seleção das árvores foi feita de modo a respeitar um espaçamento mínimo entre elas, de forma que a conexão de seus dosséis não fosse estabelecida, preservando a independência das unidades amostrais.

Figura 3 - Mapa de localização das plantas utilizadas no estudo.



Fonte: Próprio autor.

4.4 Construção dos *pitfalls* arbóreos para coleta de espécimes

As armadilhas *pitfall* arbóreas, utilizadas neste estudo, consistiram em coletores de plásticos de 80 mililitros. Adaptando as orientações de Teixeira (2012), esses recipientes foram preenchidos com 60 mililitros de uma solução preparada com 1 litro de água, 12 gramas de sal e 4 gotas de detergente neutro. Ainda, considerando que as armadilhas podem ser preparadas com diversas substâncias, a depender do tipo de inseto que se pretende capturar (Schauff, 1998), foi adicionada à solução-base de captura 20 gramas de açúcar, para aumentar a sua atratividade. De acordo com Freire *et al.* (2011), esses dispositivos de captura são projetados para capturar insetos. Nestas armadilhas, os insetos caem e, uma vez capturados, são incapazes de escapar,

muito em virtude da presença do detergente na composição da solução que é colocada dentro das armadilhas. O detergente é empregado para diminuir a tensão superficial da água, evitando a fuga dos insetos capturados na armadilha (Krug; Santos, 2008). Além disso, sua natureza neutra garante que não haja interferência nos odores durante o processo de amostragem (Santos, 2018).

Assim como as os *pitfalls* de solo, os *pitfalls* arbóreos são armadilhas que dependem pouco do coletor (Camargo *et al.*, 2015), portanto, “constituem um método passivo de coleta, dependente da atividade do inseto, que fornece uma estimativa aproximada do número total de espécies de uma comunidade, além de ser uma metodologia simples e barata para estudos ecológicos” (Silva; Carvalho, 2000). Ainda, indica-se que esse tipo de método costuma gerar “amostras mais representativas em termos tanto qualitativos quanto quantitativos” (Camargo *et al.*, 2015).

Para cada coleta, foram separados 40 potes e, após a preparação da solução e preenchimento dos potes, estes foram diferenciados quanto ao turno (dia ou noite) por meio da fixação de pedaços de fita crepe, indicando a classificação correspondente de cada recipiente. Adicionalmente, para facilitar a identificação, uma fita azul foi aplicada para representar a noite, enquanto uma fita vermelha foi utilizada para representar o dia em cada pote. Cada recipiente recebeu uma numeração de 1 a 20, correspondente à árvore à qual seria fixado. Obtendo-se, dessa forma, 20 potes classificados como noturnos e 20 como diurnos.

4.5 Procedimentos em campo: *pitfalls* arbóreos

Os recipientes fechados, previamente categorizados quanto ao turno (dia ou noite) e numerados de 1 a 20, foram fixados com fita adesiva em 20 árvores da espécie *Cynophalla hastata*, cada árvore recebendo dois recipientes (Fig. 4). Além disso, para fixar as armadilhas, foi respeitada uma altura mínima de 1,5 metros, de modo a evitar a captura de formigas do solo que eventualmente subissem nas árvores em busca de alimento.

Na trilha, as armadilhas passaram por um período de aclimação de aproximadamente 8 horas, objetivando garantir que se ajustassem ao ambiente local no que diz respeito às suas condições ambientais específicas, minimizando possíveis interferências nos resultados dos experimentos. Posteriormente, as tampas foram abertas conforme o turno correspondente, marcando o início da coleta, com duração de 3 dias para cada coleta.

Os métodos adotados em campo foram os mesmos nas duas estações, respeitando a seguinte lógica: no primeiro dia, às 8:00, os potes eram fixados nas árvores e iniciava-se o processo de aclimação, que se estendia até as 16:00, quando a coleta se iniciava com a abertura

dos potes noturnos. No segundo dia, às 8:00, os potes noturnos eram fechados, enquanto os diurnos eram abertos, permanecendo assim até as 16:00, quando eram fechados, e os potes noturnos eram abertos novamente. No terceiro dia, às 8:00, os potes diurnos eram abertos, os noturnos eram fechados e, às 16:00, os potes diurnos eram fechados, marcando o final de uma coleta com o recolhimento de todos os potes.

Para este trabalho, foram realizadas três coletas na estação seca e duas coletas na estação chuvosa. Na estação seca, as três coletas foram conduzidas durante o mês de novembro de 2023. Na estação chuvosa, as duas coletas foram realizadas no decorrer do mês de março de 2024.

Figura 4 – Fixação de potes para coleta de formigas.



Fonte: Próprio autor.

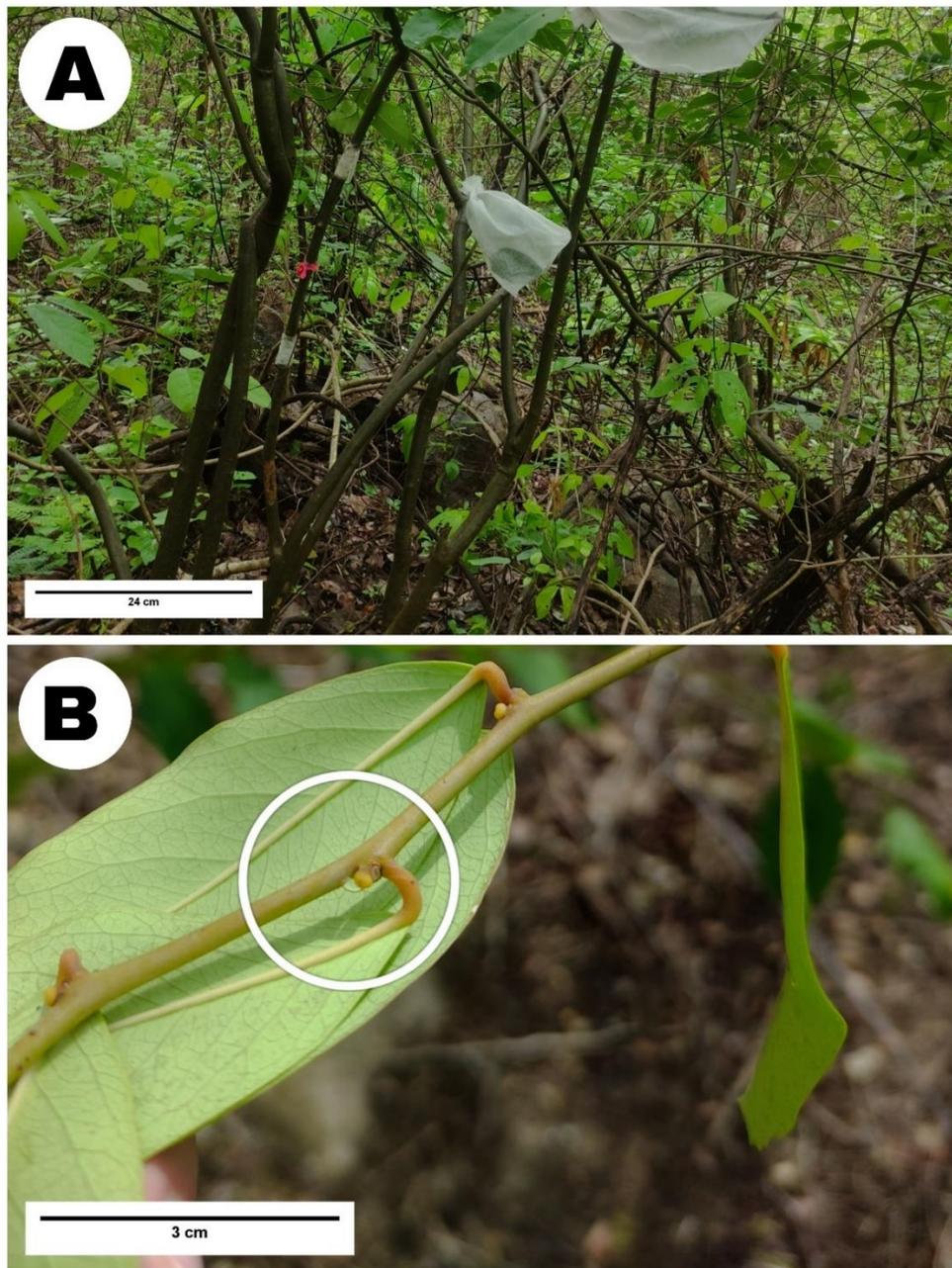
4.6 Procedimentos em campo: análise dos nectários extraflorais ativos

Para a análise da quantidade de néctar produzido pelas plantas, foram adaptados os procedimentos descritos por Freitas *et al.* (2021). Em cada árvore, tanto na estação seca quanto na chuvosa, dois galhos foram ensacados utilizando sacos de TNT, com proporções de 24 cm de altura por 14 cm de largura (Fig. 5). Devido à baixa produção de néctar, que impediu sua quantificação por refratômetro, optou-se por visualizar a quantidade de NEFs ativos por planta. Portanto, nos dois galhos, foram analisados os cinco primeiros nectários, totalizando 10 nectários por planta. De um total de 20 plantas, os nectários de 17 foram analisados, enquanto as outras 3 não apresentaram galhos com NEFs em altura que possibilitasse seu alcance.

Foram realizadas quatro coletas de néctar, uma diurna e noturna para a estação seca e uma diurna e noturna para a estação chuvosa. As coletas da estação seca foram feitas no mês de novembro de 2023 e as da estação chuvosa no mês de março de 2024.

Os métodos adotados em campo para coleta de dados de néctar não sofreram alterações durante as duas estações, respeitando a seguinte lógica: no primeiro dia, os galhos foram ensacados às 8:00 e, às 16:00, os sacos foram retirados para quantificar os NEFs que produziram néctar, bem como aqueles que não o fizeram; esta coleta correspondeu ao turno diurno. No segundo dia, às 16:00, os galhos foram ensacados e, às 8:00 do terceiro dia, os sacos foram removidos e os NEFs ativos e não ativos quantificados, finalizando a coleta do turno noturno.

Figura 5 – Procedimentos para verificação de NEFs ativos em *Cynophalla hastata*. A. ensacamento dos galhos. B. néctar secretado pelos NEFs.



Fonte: Próprio autor.

4.7 Tratamento das amostras e identificação das formigas a nível de gênero e morfoespécie

Depois de coletar todos os *pitfalls* arbóreos, os potes foram levados para o Laboratório de Zoologia da UNILAB. A solução de captura foi substituída por álcool 70%, a fim de conservar as amostras (Silva *et al.*, 2019). Para esse procedimento, foram utilizados beckers de plástico, bandejas e pissetas graduadas para manipular os líquidos. Após esse processo, todos os potes foram identificados com as seguintes informações: estação de coleta (se seca ou chuvosa), número da coleta (de 1 a 5), número do pote (de 1 a 20) e turno correspondente (diurno ou noturno). Em seguida, procedeu-se à etapa de identificação dos espécimes.

Para a identificação, empregou-se o Guia para os Gêneros de Formigas do Brasil, proposto por Baccaro *et al.* (2015). Os espécimes foram dispostos em placas de Petri e manipulados com o auxílio de pinças. Para uma análise mais detalhada, um estereomicroscópio FWL-SMZ 7.5 foi empregado, permitindo a observação de características morfológicas distintivas essenciais para suas diferenciações, conforme as indicações presentes na chave de identificação.

Todos os potes receberam uma ficha de identificação com dados referentes aos gêneros e morfoespécies que continham, além da quantidade para cada uma dessas categorias. Em todos os potes que apresentaram formigas, um representante de cada morfoespécie foi depositado em microtubo para posterior montagem e identificação a nível de espécie.

4.8 Montagem das formigas e identificação a nível de espécie

Seguindo as orientações de Almeida, Ribeiro-Costa e Marinoni (1998), as morfoespécies identificadas foram montadas seguindo o princípio da dupla montagem, uma técnica padrão na preparação da entomofauna de pequeno porte para exibição e estudo. Utilizando um alicate picador, um papel rígido foi recortado em múltiplos pedaços menores, constituindo os triângulos entomológicos, os quais foram perfurados por alfinetes e fixados em uma base de isopor, servindo como a estrutura principal da montagem. Nas extremidades dos triângulos, as formigas foram posicionadas de modo a expor suas partes laterais e dorsais de maneira ótima para observação. Isso permite uma visualização clara das características morfológicas relevantes. Para assegurar a aderência adequada do inseto ao triângulo, fixado pela sua parte ventral, empregou-se uma base de unha incolor, uma substância colante que adere bem em superfícies pequenas.

Para a identificação taxonômica em nível de espécie, empregou-se artigo de listagem de espécies para formigas da Caatinga, proposto por Leal *et al.* (2017a), consultas a especialistas

da UNILAB e a utilização do site AntWeb, um repositório on-line de imagens e informações sobre formigas do mundo todo.

4.9 Análises estatísticas

Um Modelo Linear Generalizado (GLM), fundamentado em uma Análise de Variância Bifatorial (ANOVA Bifatorial), foi empregado para investigar a variabilidade na quantidade de NEFs ativos, bem como a abundância e a riqueza de espécies de formigas que visitaram *Cynophalla hastata*, considerando os fatores temporais (dia e noite) e climáticos (seca e chuvosa). Paralelamente, utilizou-se um Teste T de Student para amostras independentes para examinar a influência desses mesmos fatores na atividade dos NEFs, bem como na abundância e riqueza de espécies de formigas que interagem com esta planta. Uma Análise de Regressão Linear foi conduzida para investigar a influência da quantidade de NEFs ativos sobre a abundância e riqueza de espécies de formigas. Os GLMs, os Testes T e a Análise de Regressão Linear foram executados com o software Palaeontological Statistics (PAST).

Além disso, foram analisados os dados de média e desvio padrão relacionados às atividades dos NEFs, à abundância e riqueza de espécies de formigas que visitaram *Cynophalla hastata*, considerando os períodos diurno e noturno, e as estações seca e chuvosa. Adicionalmente, as médias de abundância e riqueza de formigas foram comparadas em relação ao aumento na quantidade de NEFs ativos. Os cálculos das médias e desvios padrão e a construção dos gráficos foram realizados por intermédio do programa Microsoft Excel.

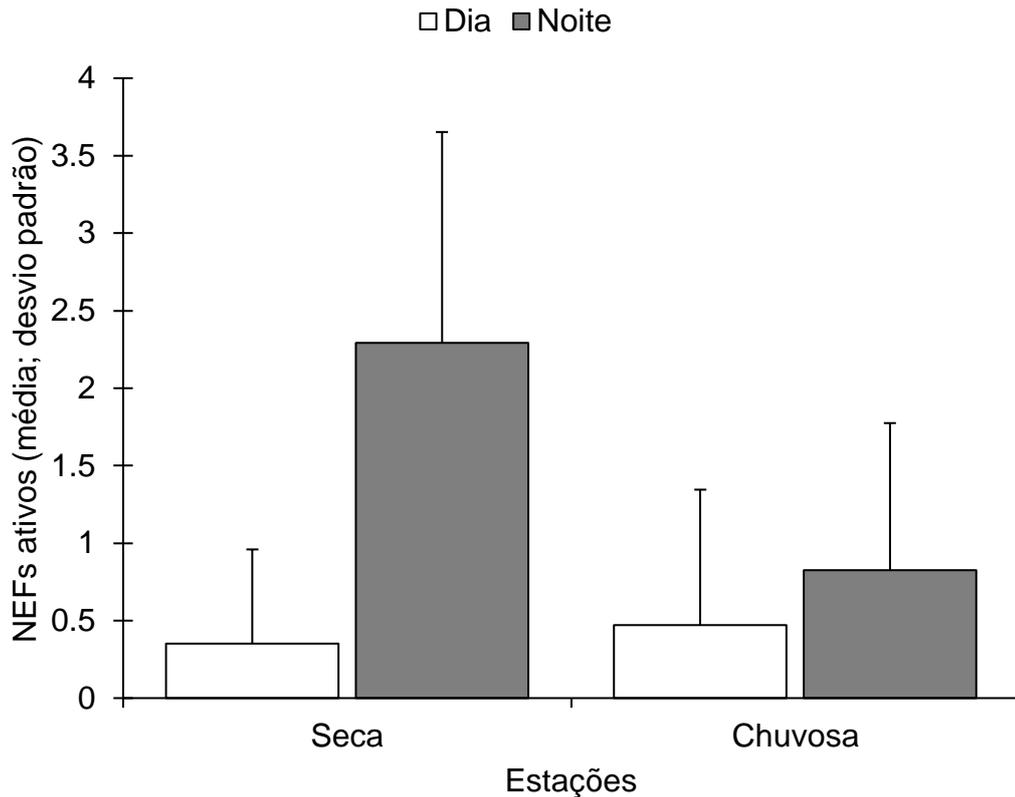
Por fim, foram calculadas as médias de abundância, por *pitfall*, diurna e noturna das espécies de formigas que visitaram *Cynophalla hastata* ao longo das estações seca e chuvosa, com esses dados apresentados em uma tabela gerada pelo programa Microsoft Excel. Os dados de abundância foram transformados utilizando a raiz quadrada para reduzir a heterogeneidade de variância.

5 RESULTADOS

A quantidade de nectários ativos nas plantas diferiu entre os períodos do dia, o que foi intensificado pelas estações do ano (Interação de fatores: $F = 13,5$, $p < 0,00001$, $R^2 = 0,29$), implicando que a quantidade de NEFs ativos é modulada tanto pelo período do dia quanto pela da estação climática. Durante a estação seca, a média da quantidade de NEFs ativos durante o dia foi de $0,35 \pm 0,61$ (média \pm desvio padrão), enquanto à noite, registrou-se uma média de $2,29 \pm 1,36$. Em contrapartida, na estação chuvosa, as médias durante o dia e a noite foram de $0,47 \pm 0,87$ e $0,82 \pm 0,95$, respectivamente. Complementarmente, houve diferença significativa

na atividade dos NEFs entre os dois períodos ($t = 4,6$, $p < 0,00003$). A média de NEFs ativos na estação seca foi significativamente maior do que na estação chuvosa ($t = -2,6$, $p < 0,01$), indicando que a estação climática tem um impacto na atividade dos NEFs em *Cynophalla hastata* (Fig. 6).

Figura 6 - Média de NEFs ativos de *Cynophalla hastata* por período do dia e por estação climática.

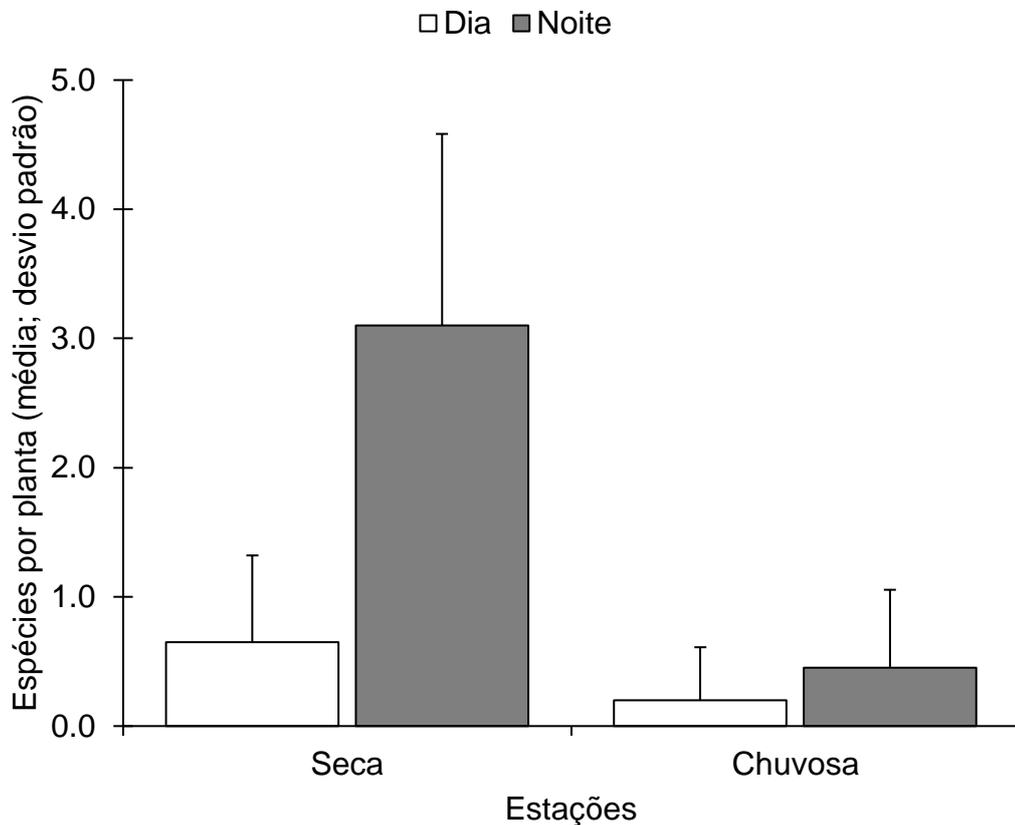


Fonte: Próprio autor.

Durante a estação seca, a riqueza de espécies de formigas durante o dia foi de $0,7 \pm 0,7$ (média \pm desvio padrão), enquanto durante a noite, registrou-se uma média significativamente mais elevada de $3,1 \pm 1,5$. Na estação chuvosa, as médias durante o dia e a noite foram de $0,2 \pm 0,4$ e $0,5 \pm 0,6$, respectivamente. A quantidade de espécies de formigas que frequentaram *Cynophalla hastata* diferiu entre os fatores período diurno e estação climática (Interação de fatores: $F = 38,4$, $p < 0,001$, $R^2 = 0,49$). Observou-se que nos períodos noturnos, tanto na estação seca quanto na chuvosa, as plantas foram visitadas por mais espécies de formigas em comparação com os períodos diurnos ($t = 5,8$, $p < 0,0001$) atingindo o maior valor no período noturno, durante a estação seca (Fig. 7). Durante a estação seca, a riqueza de espécies de formigas foi relativamente maior do que na estação chuvosa, evidenciando a relevância da

estação climática na composição das espécies de formigas que interagem com a planta ($t = -6,6$, $p < 0,0001$).

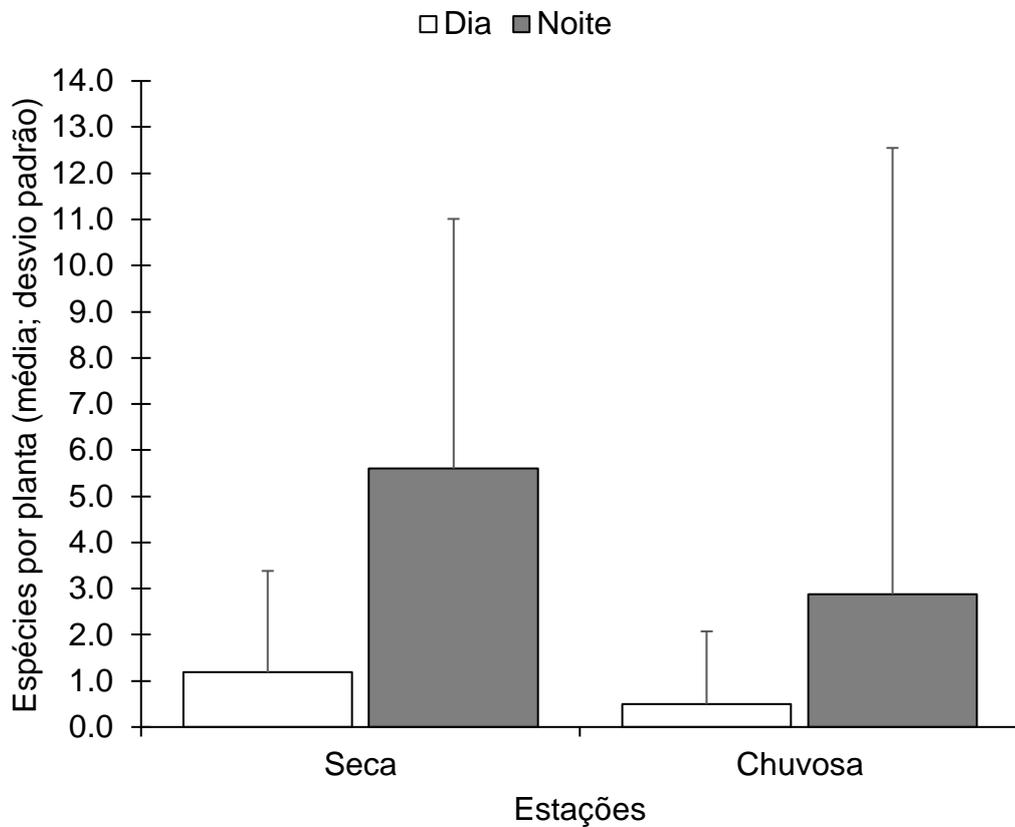
Figura 7 - Média da riqueza de espécies de formigas que visitaram *Cynophalla hastata* por período do dia e por estação climática.



Fonte: Próprio autor.

Os resultados também revelaram uma associação significativa entre a abundância de formigas e os períodos diurnos e noturnos, bem como as estações seca e chuvosa (Interação de fatores: $F = 14,2$, $p < 0,001$, $R^2 = 0,27$). Durante a estação seca, a abundância de formigas durante o dia foi de $1,2 \pm 2,2$ (média \pm desvio padrão), enquanto durante a noite, registrou-se uma média significativamente mais elevada de $3,1 \pm 5,4$. Na estação chuvosa, as médias durante o dia e a noite foram de $0,5 \pm 1,6$ e $2,9 \pm 9,7$, respectivamente (Fig. 8). Houve uma diferença significativa entre os períodos diurnos e noturnos ($t = 3,8$, $p < 0,0001$), assim como entre as estações ($t = -3,6$, $p < 0,001$).

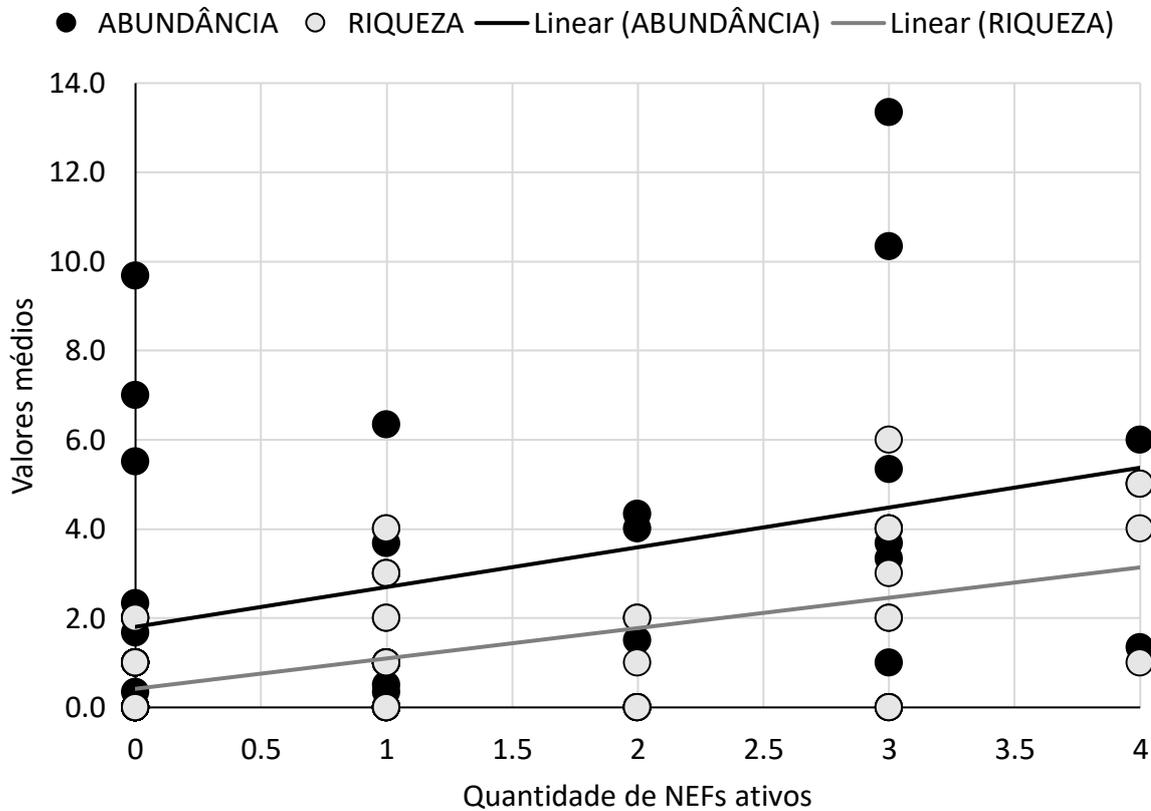
Figura 8 - Média da abundância de formigas que visitaram *Cynophalla hastata* por período do dia e por estação climática.



Fonte: Próprio autor.

Complementarmente, a quantidade de NEFs ativos exerceu uma influência parcial sobre a abundância e riqueza de espécies de formigas ($t = 2,8$, $p < 0,006$, $R^2 = 0,1$), mostrando que existe uma relação significativa entre esses fatores (Fig. 9). Em termos de riqueza de espécies, as variações foram mais uniformes, indicando uma tendência a uma correlação positiva com o aumento da atividade dos NEFs. Por outro lado, em relação à abundância, foram observadas oscilações mais pronunciadas e uma correlação menos significativa com o aumento da atividade dos NEFs.

Figura 9 - Variação das médias de abundância e riqueza de formigas em relação à quantidade de NEFs ativos.



Fonte: Próprio autor.

Foram observadas diferenças significativas tanto na riqueza de espécies quanto na abundância média por *pitfall* em relação ao período do dia e à estação climática (Tab. 1). Seis espécies de formigas visitaram as plantas durante o dia, sendo uma delas exclusivamente diurna, e onze espécies durante a noite, sendo seis delas exclusivamente noturnas. As mais comuns foram *Solenopsis sp1*, registrada durante a noite e o dia na estação chuvosa, *Camponotus crassus*, *Cephalotes pusilus* e *Wasmannia rochai*, observadas em ambos os períodos do dia durante a estação seca, *Camponotus arboreus* foi observada à noite durante a estação seca e de dia na estação chuvosa. *Crematogaster sp1* foi exclusiva do período diurno da estação seca, e *Dorymyrmex brunneus* foi exclusiva do período noturno da mesma estação. *Pheidole sp3* foi exclusiva do período noturno da estação chuvosa. *Crematogaster sp1*, *Camponotus crassus*, *Wasmannia rochai* e *Dorymyrmex brunneus* foram exclusivas da estação seca, enquanto *Solenopsis sp1* e *Pheidole sp3* foram exclusivas da estação chuvosa. Certas espécies foram observadas apenas durante a noite em ambas as estações, incluindo *Dorymyrmex brunneus*,

Camponotus balzani, *Nylanderia sp1*, *Camponotus melanoticus*, *Camponotus atriceps* e *Pheidole sp3*.

Tabela 1 - Abundância e riqueza de espécies de formigas ao longo dos períodos diurno e noturno durante as estações seca e chuvosa.

Variação na composição de formigas interagindo com <i>Cynophalla hastata</i>				
Espécies e Morfoespécies	Estação / Turno			
	Seca (dia)	Seca (noite)	Chuvosa (dia)	Chuvosa (noite)
<i>Camponotus arboreus</i>		0,3	0,5	
<i>Camponotus atriceps</i>		1,3		0,5
<i>Camponotus balzani</i>		2,3		0,3
<i>Camponotus crassus</i>	0,3	0,6		
<i>Camponotus melanoticus</i>		0,8		0,3
<i>Cephalotes pusillus</i>	0,4	0,4		0,3
<i>Crematogaster sp1</i>	0,1			
<i>Dorymyrmex brunneus</i>		0,1		
<i>Nylanderia sp1</i>		0,7		0,5
<i>Pheidole sp3</i>				0,5
<i>Solenopsis sp1</i>			0,5	2,7
<i>Wasmannia rochai</i>	0,5	0,3		

Fonte: Próprio autor.

6 DISCUSSÃO

A atividade dos NEFs em *Cynophalla hastata* variou notavelmente entre os períodos e as estações investigadas. Durante a estação seca, observou-se uma atividade mais intensa dos NEFs durante a noite. Por outro lado, na estação chuvosa, a diferença entre os dois períodos não foi tão pronunciada, ainda que tenha ocorrido um discreto aumento na atividade dos NEFs durante o período noturno. A maior atividade de NEFs durante o período noturno não é exclusivo de *Cynophalla hastata*, sendo observada em estudos anteriores na Caatinga envolvendo outras espécies vegetais, como *Pityrocarpa moniliformis* (Souza *et al.*, 2022), além de pesquisas também no Cerrado com 7 plantas pertencentes aos gêneros *Qualea*, *Ouratea*, *Stryphnodendron* e *Lafoensia* (Lange; Calixto; Del-Claro, 2017). No México, em uma região xerófito com uma estação seca prolongada e uma estação chuvosa curta, um estudo com *Prosopis laevigata* também revelou uma maior atividade de seus NEFs durante a noite (Dáttilo *et al.*, 2015).

Embora a influência do período do dia e da estação climática na atividade dos NEFs em plantas seja bem documentada na literatura (O'Dowd, 1979; Rico-Gray, 1993; Bronstein, 1998; Oliveira *et al.*, 1999; Heil *et al.*, 2000; Wäckers *et al.*, 2001; Del-Claro, 2004; Holland; Chamberlain; Horn, 2010; Falcão; Dáttilo; Izzo, 2014; Belchior; Sendoya; Del-Claro, 2016;

Anjos *et al.*, 2017; Nogueira *et al.*, 2020; Navarro-Ulloa *et al.*, 2023), essa influência pode ser consideravelmente variável entre as diferentes espécies vegetais, muito em virtude das suas características fisiológicas distintas (Koptur, 1994; Hossaert-Mackey *et al.*, 2001; Escalante-Pérez; Heil, 2012), e dependente das dinâmicas climáticas específicas dos ambientes que abrigam as inúmeras espécies de plantas possuidoras de NEFs.

Assim como realizado neste estudo com *Cynophalla hastata*, Dáttilo *et al.* (2015) estabeleceu uma relação entre a maior atividade de NEFs de *Prosopis laevigata* durante a noite com fatores abióticos, como a redução das temperaturas e o aumento da umidade. Fatores bióticos são moduladores da atividade dos NEFs, como a presença mais abundante de herbívoros e formigas, atribuída, em parte, à incapacidade de muitas espécies desses animais em tolerarem condições climáticas extremas, indicando que suas restrições fisiológicas limitam suas atividades de forrageio (Byk; Del-Claro, 2010). A consistência na maior atividade noturna de NEFs entre diferentes espécies pode sugerir uma adaptação estratégica a fatores ambientais relacionados ao período noturno. Na Caatinga, os valores de temperatura tendem a ser mais baixos e os níveis de umidade mais altos durante a noite.

A redução da disparidade entre os níveis de atividade dos NEFs durante o dia e a noite na estação chuvosa pode ser atribuída à sensibilidade dos NEFs à influência de fatores climáticos (Del-Claro *et al.*, 2016), em conjunto com a diminuição das flutuações climáticas durante essa estação (Alves; Araújo; Nascimento, 2009). Dessa forma, na estação chuvosa, caracterizada por condições climáticas menos extremas entre os períodos do dia, a atividade dos NEFs pode se apresentar de forma mais equitativa. Dado que os NEFs frequentemente se originam de estômatos modificados (Heil, 2011), sua atividade também pode ser afetada por fatores ambientais que influenciam a ação dos estômatos (Leal *et al.*, 2017b). Logo, em situações de estresse hídrico, comuns durante o período diurno na Caatinga, a produção de néctar pelos NEFs pode ser impactada negativamente (Santos; Dáttilo; Presley, 2014). Portanto, esses fatores podem se caracterizar como moduladores na atividade e eficácia dos NEFs como mecanismos de defesa e interação ecológica em plantas.

Considerando que a dinâmica biológica específica de cada espécie vegetal, especialmente no que diz respeito à expansão foliar e à floração, pode influenciar a secreção de néctar pelos NEFs (Korndorfer; Del-Claro, 2006), a fenologia das plantas adquire um papel crucial na variação temporal das interações que estas estabelecem com suas formigas visitantes (Lange; Dáttilo; Del-Claro, 2013). Durante a época de chuvas, quando a presença de herbívoros geralmente aumenta, a planta pode intensificar a atividade de seus NEFs para atrair formigas que possam atuar na proteção à ataques de herbívoros (Calixto *et al.*, 2021). No entanto, os

resultados do presente estudo revelaram uma tendência contrária, caracterizada pela diminuição da atividade dos NEFs em *Cynophalla hastata* durante essa estação. Esse fenômeno pode estar relacionado a fenologia da planta. Durante as observações realizadas em novembro, correspondentes à estação seca, ainda foram encontradas plantas da espécie em questão com flores, o que não foi verificado em março, período em que foram conduzidas as observações referentes à estação chuvosa. Calixto *et al.* (2021) também aponta o papel significativo do período de floração como um modulador da atividade dos NEFs, o que indica uma consonância com os princípios da Teoria da Defesa Ótima (McKey 1979; Rhoades 1979), que postula uma alocação diferencial de recursos para defender áreas suscetíveis a ataques e de maior importância para a sobrevivência da planta (Zangerl; Rutledge, 1996), como é o caso das flores.

No que tange à abundância e riqueza de espécies de formigas, os achados deste estudo revelaram um padrão comparável ao observado na atividade dos NEFs, com índices mais elevados durante o período noturno, especialmente durante a estação seca, além de uma maior variação desses índices entre os períodos diurno e noturno nessa estação, em contraste com uma discrepância menor durante a estação chuvosa. Em uma pesquisa realizada por Dáttilo *et al.* (2014) em áreas abrangidas pelo bioma do Cerrado, não foram observadas diferenças significativas na média da riqueza de espécies de formigas entre os períodos diurno e noturno para três espécies de plantas analisadas: *Chamaecrista mucronata*, *Stachytarpheta glabra* e *Qualea grandiflora*.

A maior abundância e diversidade de espécies de formigas durante a estação seca em *Cynophalla hastata* podem ser atribuídas à influência das dinâmicas sazonais na disponibilidade de recursos. Em períodos de escassez, comumente observado durante a estação seca (Vieira; Freitas; Cortêz, 2017), pode ocorrer uma maior sobreposição de nichos entre as diferentes espécies de formigas (Santos; Dáttilo; Presley, 2014), resultando em um aumento do número de espécies que visitam a mesma fonte alimentar, o que pode fazer com que plantas com NEFs se tornem refúgios atrativos para diversas espécies de formigas. Nas duas estações, a maior abundância e diversidade de formigas durante o período noturno pode ser atribuída ao aumento da atividade dos NEFs, influenciado por diversas variáveis, incluindo condições ambientais mais propícias e a presença mais acentuada de herbívoros, que exercem pressão sobre as plantas, podendo levá-las a intensificar suas defesas contra possíveis ataques (Pulice; Packer, 2008).

Na estação chuvosa, devido ao aumento na disponibilidade de recursos (Fernandes; Queiroz, 2018), as formigas observadas nesse estudo, que são em geral generalistas, podem preferir explorar outras fontes de alimento, ponderando constantemente sobre os custos e

benefícios envolvidos na busca por esses alimentos (Oster; Wilson, 1978; Boucher; James; Keeler, 1982; Hölldobler; Wilson 1990; Bronstein, 1994a). Essa estratégia pode explicar a relativa uniformidade observada nos índices de riqueza e abundância entre os períodos diurno e noturno durante essa estação. Além disso, a ausência de flores na planta pode reduzir o investimento em defesas (Zangerl; Rutledge, 1996; Calixto *et al.*, 2021), levando a uma diminuição na produção de néctar pelos NEFs. Nesse contexto, em que há uma maior disponibilidade de outros recursos, a atratividade do forrageio em plantas com NEFs pode ser reduzida.

Durante a estação chuvosa, é frequente observar a acumulação de serrapilheira, atingindo o seu pico no início da estação seca (Santana; Souto, 2011). Essa dinâmica sazonal pode exercer influência significativa sobre o comportamento de forrageamento das formigas, particularmente as espécies generalistas, que são capazes de explorar uma ampla gama de fontes alimentares presentes na serrapilheira. De maneira geral, as discrepâncias observadas na abundância e diversidade de espécies de formigas entre os períodos diurno e noturno, durante ambas as estações, podem ser atribuídas à diversificação das atividades ecológicas entre as diferentes espécies de formigas. Algumas espécies podem exibir uma atividade noturna mais marcante devido a adaptações específicas, enquanto outras podem preferir forragear durante o dia. Essa diversificação de atividades ecológicas reduz a competição e favorece o uso comunitário de um recurso alimentar valioso.

Em consonância com os achados de Leal *et al.* (2017b), neste estudo, foi observado que os gêneros de formigas que visitaram *Cynophalla hastata* incluíram tanto gêneros arbóreos típicos, como *Camponotus*, *Cephalotes* e *Crematogaster*, quanto formigas de gêneros que nidificam no solo e frequentemente exploram plantas em busca de recursos, como *Dorymyrmex*, *Pheidole*, *Solenopsis*, além de espécies de *Nylanderia* e *Wasmannia* (Baccaro *et al.*, 2015). *Crematogaster sp1*, *Camponotus crassus*, *Wasmannia rochai* e *Dorymyrmex brunneus* manifestaram uma ocorrência exclusiva durante a estação seca, enquanto *Solenopsis sp1* e *Pheidole sp3* apresentaram uma distribuição exclusiva durante a estação chuvosa. Houve um aumento significativo no número de espécies durante o período noturno em ambas as estações, sugerindo uma maior atividade geral de formigas que visitam *Cynophalla hastata* durante a noite. Este fenômeno possivelmente se deve às condições climáticas mais favoráveis ao forrageamento para a maioria das espécies durante o período noturno, indicando uma adaptação comportamental em resposta às variações diárias de temperatura e umidade comuns ao bioma da Caatinga. Outros estudos corroboram a preferência por forrageio noturno em plantas com NEFs, a exemplo de pesquisas conduzidas por Moreira (2019) e Dáttilo *et al.* (2015).

Uma proporção significativa das espécies do gênero *Camponotus* são arborícolas e demonstram preferência pelo forrageamento noturno (Hölldobler; Wilson, 1990). É frequente observar espécies desse gênero visitando nectários extraflorais (Knoechelmann; Morais, 2008). Essas informações corroboram com os resultados do presente estudo, visto que o gênero *Camponotus* emergiu como o mais significativo em termos de diversidade de espécies e abundância, particularmente durante o período noturno em ambas as estações. Conforme observado por Longino (2002), as espécies de forrageamento diurno de *Camponotus* são geralmente menores e tendem a apresentar coloração preta ou escura, como é o caso de *Camponotus crassus*. Por outro lado, as espécies de forrageamento noturno geralmente são maiores e exibem uma variedade de cores que variam de marrom avermelhado claro a amarelo, como observado em *Camponotus melanoticus* e *Camponotus balzani*, respectivamente.

A alta abundância de *Solenopsis spl* durante a estação chuvosa pode estar relacionada às estratégias eficazes de recrutamento em massa típicas do gênero (Fowler *et al.*, 1991). Entre as espécies identificadas, como relatado por Carrascosa (2014) e Silvestre, Brandão e Silva (2003), destacam-se como onívoras: *Camponotus melanoticus*, *Camponotus crassus*, *Camponotus atriceps* e *Wasmannia rochai*. Além disso, uma proporção significativa das espécies dos gêneros *Solenopsis*, *Pheidole*, *Nylanderia* e *Crematogaster* demonstra comportamento onívoro. *Cephalotes pusillus* e *Dorymyrmex brunneus* têm preferência alimentar por exsudatos, como o néctar secretado pelos NEFs. Todos os gêneros ou espécies citadas tem preferência pela nidificação arbórea ou em troncos, com exceção dos gêneros *Solenopsis* e *Pheidole*, que tendem a construir ninhos no solo. A predominância de gêneros com tendências generalistas observadas nas coletas pode ser explicada pela marcante dinâmica sazonal na disponibilidade de recursos na Caatinga. De acordo com Vieira, Freitas e Cortêz (2017), essa variação na oferta de recursos não sustentaria o sucesso contínuo de organismos com dietas mais especializadas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, ao analisar a dinâmica da produção de NEFs e das formigas visitantes em *Cynophalla hastata*, contribui para aumentar o entendimento sobre as interações ecológicas e as adaptações de plantas e formigas na Caatinga. Aqui, foi observada uma tendência encontrada em pesquisas anteriores na Caatinga e em outros biomas, destacando a maior produção de néctar extrafloral durante a noite e uma presença marcante de espécies do gênero *Camponotus*, indicando uma forte relação deste gênero não apenas com a planta em questão, mas com diversas outras que possuem NEFs.

Além disso, os resultados revelaram uma dinâmica contrastante com estudos prévios ao mostrar uma maior produção de néctar extrafloral durante a estação seca em vez da estação chuvosa. Isso sugere que, para uma compreensão mais abrangente da atividade dos NEFs, a análise apenas do período do dia e da estação climática não é suficiente, sendo necessária a consideração de outras variáveis.

Portanto, para estudos futuros, recomenda-se uma abordagem metodológica mais abrangente que incorpore, além dos fatores climáticos já citados, aspectos como a fenologia da planta, o estresse fisiológico da herbivoria, a disponibilidade de recursos alimentares alternativos, a presença de competidores e predadores e a taxa de remoção de herbívoros pelas formigas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMSON, W. G. Plant-animal interactions: an overview. *In*: ABRAHAMSON, W. G. (Eds.). **Plant-animal interactions**. New York: Mc-Graw-Hill Publishing, 1989. cap 1, p 1–22.

AGRAWAL, A. A. Induced Responses to Herbivory and Increased Plant Performance. **Science**, v. 279, p. 1201-1202, 1998. DOI 10.1126/science.279.5354.1201. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.279.5354.1201>. Acesso em: 1 jan. 2024.

AGRAWAL, A. A.; KARBAN, R. Why induced defenses may be favored over constitutive strategies in plants. *In*: TOLLRIAN, R.; HARVELL, C. D. (Eds.). **The ecology and evolution of inducible defenses**. Princeton: Princeton University Press, 1999. p. 45-61.

ALENCAR, C. L. da S. *et al.* Plant species with larger extrafloral nectaries produce better quality nectar when needed and interact with the best ant partners. **Journal of Experimental Botany**, v. 74, n. 15, p. 4613-4627, 2023. DOI 10.1093/jxb/erad160. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erad160>. Acesso em: 2 jan. 2024.

ALJBORY, Z.; CHEN, M. S. Indirect plant defense against insect herbivores: a review. **Insect Science**, v. 25, n. 1, p. 2-23, 2018. DOI 10.1111/1744-7917.12436. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12436>. Acesso em: 29 jan. 2024.

ALMEIDA, L. M. de; RIBEIRO-COSTA, C. S.; MARINONI, L. **Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 1998. 78 p.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. do. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 27, p. 143–155, 2008. DOI: 10.14393/RCG92715740. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCG92715740>. Acesso em: 2 mar. 2024.

ANJOS, D. V. *et al.* Extrafloral-nectaries and interspecific aggressiveness regulate day/night turnover of ant species foraging for nectar on *Bionia coriácea*. **Austral Ecology**, v. 42. n. 3, p.

317-328, 2016. DOI 10.1111/aec.12446. Acesso em: <https://doi.org/10.1111/aec.12446>. Acesso em: 30 jan. 2024.

ANTONELLI, A.; SANMARTÍN, I. Why are there so many plant species in the Neotropics? **TAXON**, v. 60, n. 2, p. 403-414, 2011. DOI 10.1002/tax.602010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/tax.602010>. Acesso em: 5 jan. 2024.

ARIMURA, G. I.; MATSUI, K.; TAKABAYASHI, J. Chemical and molecular ecology of herbivore-induced plant volatiles: proximate factors and their ultimate functions. **Plant Cell Physiology**, v. 50, n. 5, p. 911-923, 2009. DOI 10.1093/pcp/pcp030. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcp030>. Acesso em: 7 jan. 2024.

ASSIS, A. P. A. *et al.* Genetic correlations and ecological networks shape coevolving mutualisms. **Ecology Letters**, v. 23, n. 2, p. 1789-1799, 2020. DOI 10.1111/ele.13605. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ele.13605>. Acesso em: 15 jan. 2024.

BACCARO, F. B. *et al.* **Guia para os gêneros de formigas do Brasil**. Manaus: Editora INPA, 2015. 388 p.

BÄCHTOLD, A *et al.* Natural history of an ant–plant–butterfly interaction in a Neotropical savanna. *Journal of Natural History*. **Journal of Natural History**, v. 46, n. 15-16, p. 943-954, 2012. DOI 10.1080/00222933.2011.651649. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00222933.2011.651649>. Acesso em: 20 jan. 2024.

BARBOSA D. C. A. *et al.* Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de Caatinga (Alagoinha – PE). **Acta Botanica Brasilica**, v. 3, n. 2, p. 109-117, 1989. DOI 10.1590/S0102-33061989000300011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33061989000300011>. Acesso em: 25 jan. 2024.

BARBOSA, R. P.; VIANA, V. J.; RANGEL, M. B. A. **Fauna e Flora Silvestres: Equilíbrio e Recuperação Ambiental**. São Paulo: Érica, 2014.

BARÔNIO, G. J. *et al.* Plantas, polinizadores e algumas articulações da biologia da polinização com a teoria ecológica. **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 275–293, 2016. DOI 10.1590/2175-7860201667201. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667201>. Acesso em: 28 jan. 2024.

BELCHIOR, C.; DEL-CLARO, K.; OLIVEIRA, P. S. Seasonal patterns in the foraging ecology of the harvester ant *Pogonomyrmex naegelii* (Formicidae, Myrmicinae) in a Neotropical savanna: daily rhythms, shifts in granivory and carnivory, and home range. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 6, p. 571–582, 2012. DOI 10.1007/s11829-012-9208-1. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11829-012-9208-1>. Acesso em: 27 jan. 2024.

BELCHIOR, C.; SENDOYA, S. F.; DEL-CLARO, K. Temporal Variation in the Abundance and Richness of Foliage-Dwelling Ants Mediated by Extrafloral Nectar. **PLOS ONE**, v. 11, n. 7, 2016. DOI 10.1371/journal.pone.0158283. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158283>. Acesso em: 16 mar. 2024.

- BENTLEY, B. L. Extrafloral Nectaries and Protection by Pugnacious Bodyguards. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 8, p. 407–427, 1977. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2096735>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- BLÜTHGEN, N.; FIEDLER, K. Competition for composition: lessons from nectar-feeding ant communities. **Ecology**, v. 85, n. 6, p. 1479–1485, 2004. DOI 10.1890/03-0430. Disponível em: <https://doi.org/10.1890/03-0430>. Acesso em: 1 jan. 2024.
- BOUCHER, D. H.; JAMES, S.; KEELER, K. H. The Ecology of Mutualism. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 13, n. 1, p. 315–347, 1982. DOI 10.1146/annurev.es.13.110182.001531. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.001531>. Acesso em: 1 jan. 2024.
- BRONSTEIN J. L.; ALARCÓN, R.; GEBE, M. The evolution of plant-insect mutualisms. **New Phytologist**, v. 172, n. 3, p. 412–428, 2006. DOI 10.1111/j.1469-8137.2006.01864.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01864.x>. Acesso em: 11 jan. 2024.
- BRONSTEIN, J. L. Our Current Understanding of Mutualism. **The Quarterly Review of Biology**, v. 69, n. 1, p. 31–51, 1994b. DOI 10.1086/418432. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/418432>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- BRONSTEIN, J. L. The Contribution of Ant-Plant Protection Studies to Our Understanding of Mutualism. **Biotropica**, v. 30, n. 2, p. 150–161, 1998. DOI 10.1111/j.1744-7429.1998.tb00050.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1998.tb00050.x>. Acesso em: 13 mar. 2024.
- BRONSTEIN, J. L. The exploitation of mutualisms. **Ecology Letters**, v. 4, n. 3, p. 277–287, 2001. DOI 10.1046/j.1461-0248.2001.00218.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00218.x>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- BRONSTEIN, J. L. Conditional outcomes in mutualistic interactions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 6, p. 214–217, 1994a. DOI 10.1016/0169-5347(94)90246-1. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(94\)90246-1](https://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90246-1). Acesso em: 29 jan. 2024.
- BYK, J.; DEL-CLARO, K. Ant–plant interaction in the Neotropical savanna: direct beneficial effects of extrafloral nectar on ant colony fitness. **Population Ecology**, v. 53, n. 2, p. 327–332, 2011. DOI 10.1007/s10144-010-0240-7. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s10144-010-0240-7>. Acesso em: 13 jan. 2024.
- BYK, J.; DEL-CLARO, K. Nectar - and pollen - gathering Cephalotes ants provide no protection against herbivory: a new manipulative experiment to test ant protective capabilities. **Acta Ethologica**, v. 13, p. 33–38, 2010. DOI 10.1007/s10211-010-0071-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10211-010-0071-8>. Acesso em: 5 mar. 2024.
- CALIXTO, E. S. *et al.* Climate seasonality drives ant–plant–herbivore interactions via plant phenology in an extrafloral nectary-bearing plant Community. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 2, p. 639–651, 2021. DOI 10.1111/1365-2745.13492. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13492>. Acesso em: 28 mar. 2024.

CALIXTO, E. S. *et al.* Optimal Defense Theory in an ant–plant mutualism: Extrafloral nectar as an induced defence is maximized in the most valuable plant structures. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 1, p. 167-178, 2021. DOI 10.1111/1365-2745.13457. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13457>. Acesso em: 3 jan. 2024.

CAMARGO, A. J. A. de *et al.* **Coleções entomológicas: legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomias para as principais ordens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2015. 116 p.

CARRASCOSA, V. A. C. **Importância da heterogeneidade e quantidade de recursos na riqueza e redundância funcional de formigas arborícolas**. 2014. 48 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

CHALCOFF, V. R. Nectar Concentration and Composition of 26 Species from the Temperate Forest of South America. **Annals of Botany**, v. 97, n. 3, p. 413-421, 2006. DOI 10.1093/aob/mcj043. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcj043>. Acesso em: 22 jan. 2024.

CHEN, M. S. Inducible direct plant defense against insect herbivores: a review. **Insect Science**, v. 15, n. 2, p. 101-104, 2008. DOI 10.1111/j.1744-7917.2008.00190.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2008.00190.x>. Acesso em: 22 jan. 2024.

CHOMICKI, G.; RENNER, S. S. The interactions of ants with their biotic environment. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 284, n. 1850, 2017. DOI 10.1098/rspb.2017.0013. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0013>. Acesso em: 22 jan. 2024.

CONNOR, R. C. The Benefits of Mutualism: A Conceptual Framework. **Biological Reviews**, v. 70, n. 3, p. 427-457, 1995. DOI 10.1111/j.1469-185x.1995.tb01196.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185x.1995.tb01196.x>. Acesso em: 28 jan. 2024.

COOK, S. C.; DAVIDSON, D. W. Nutritional and functional biology of exudate-feeding ants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 118, n. 1, p. 1-10, 2006. DOI 10.1111/j.1570-7458.2006.00374.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00374.x>. Acesso em: 5 jan. 2024.

CORNEJO, X. **Cynophalla**. *In*: Re flora. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB105672>. Acesso em: 25 jan. 2024.

DÁTTILO, W. *et al.* Individual-Based Ant-Plant Networks: Diurnal-Nocturnal Structure and Species-Area Relationship. **PLOS ONE**, v. 9, n. 6, 2014. DOI 10.1371/journal.pone.0099838. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099838>. Acesso em: 23 mar. 2024.

DÁTTILO, W. *et al.* Secretory activity of extrafloral nectaries shaping multitrophic antplant-herbivore interactions in an arid environment. **Journal of Arid Environments**, v. 114, p. 104-109, 2015. DOI 10.1016/j.jaridenv.2014.12.001. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.12.001>. Acesso em: 18 mar. 2024.

DAVIDSON, D. W. The role of resource imbalances in the evolutionary ecology of tropical arboreal ants. **Oecologia**, v. 61, n. 2, p. 153-181, 1997. DOI 10.1111/j.1095-8312.1997.tb01785. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1997.tb01785>. Acesso em: 3 fev. 2024.

DEL-CLARO K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. (Eds.). Plant-Animal Interactions: Source of Biodiversity. **Springer Cham**, 2021. 326 p. DOI 10.1007/978-3-030-66877-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-66877-8>. Acesso em: 8 fev. 2024.

DEL-CLARO, K. *et al.* Loss and gains in ant–plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. **Insectes Sociaux**, v. 63, p. 207–221, 2016. DOI 10.1007/s00040-016-0466-2. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0466-2>. Acesso em: 3 mar. 2024.

DEL-CLARO, K. Multitrophic relationships, conditional mutualisms, and the study of interaction biodiversity in tropical savannas. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 6, p. 665–672, 2004. DOI 10.1590/S1519-566X2004000600002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000600002>. Acesso em: 10 mar. 2024.

DELPINO, F. **Ulteriori osservazioni e considerazioni sulla dichogamia nel regno vegetale. Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano**, v. 16, p. 151-349, 1874.

DIAZ-CASTELAZO, C. Morphological and Secretary Characterization of Extrafloral Nectaries in Plants of Coastal Veracruz, Mexico. **Annals of Botany**, v. 96, n. 7, p. 1175-1189, 2005. DOI 10.1093/aob/mci270. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mci270>. Acesso em: 10 fev. 2024.

ELIAS, T. S. Extrafloral nectaries: their structure and distribution. *In*: BENTLEY, B.; ELIAS, T. (Eds.). **The biology of nectaries**, 1983. p. 174-203.

ESCALANTE-PÉREZ, M.; HEIL, M. Nectar Secretion: Its Ecological Context and Physiological Regulation. *In*: VIVANCO, J.; BALUŠKA, F. (Eds.). **Secretions and Exudates in Biological Systems**. Springer, 2012. cap. 9, 187-219.

FABRICANTE, J. R. *et al.* Seleção de espécies autóctones da Caatinga para a recuperação de áreas invadidas por algaroba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 371–379, 2015. DOI: 10.4336/2015.pfb.35.84.876. Disponível em: <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.84.876>. Acesso em: 10 mar. 2024.

FAGUNDES, R. *et al.* Food source availability and interspecific dominance as structural mechanisms of ant-plant-hemipteran multitrophic networks. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 10, p. 207-220, 2016. DOI 10.1007/s11829-016-9428-x. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11829-016-9428-x>. Acesso em: 2 mar. 2024.

FALCÃO, J. C. F.; DÁTILLO, W.; IZZO, T. J. Temporal variation in extrafloral nectar secretion in different ontogenic stages of the fruits of *Alibertia verrucosa* S. Moore (Rubiaceae) in a Neotropical savanna. **Journal of Plant Interactions**, v. 9, n. 1, p. 137-142, 2014. DOI 10.1080/17429145.2013.782513. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17429145.2013.782513>. Acesso em: 9 mar. 2024.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. de. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018. DOI 10.21800/2317-66602018000400014. Disponível em: <https://doi.org/10.21800/2317-66602018000400014>. Acesso em: 28 jan. 2024.

FERRAZ, R. C. **Florística e fitossociologia de uma área de caatinga localizada no monumento natural Grota do Angico, Sergipe**. 2009. 46 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

FLOREN, A.; LINSENMAIR, K. E. Do Ant Mosaics Exist in Pristine Lowland Rain Forests? **Oecologia**, v. 123, n. 1, p. 129–137, 2000. DOI 10.1007/s004420050998. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s004420050998>. Acesso em: 20 fev. 2024.

FORZZA, R. C. *et al.* (Org.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010**. 828 p. Vol. 2. DOI 10.7476/9788560035090. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788560035090>. Acesso em: 8 fev. 2024.

FOWLER, H. G. *et al.* Ecologia nutricional de formigas. *In*: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas aplicações no manejo de pragas**. São Paulo: Editora Manole, 1991. p. 131-223.

FREIRE, E. S. *et al.* Eficácia de armadilhas *pitfall* no controle de *Neocurtilla* sp. (Orthoptera: Grillotalpidae) em hortas orgânicas. v. 6, n. 2, p. 1-4, 2011. Trabalho apresentado no **CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA**, 7., 2011, Fortaleza. Resumos.

FREITAS, J. G. *et al.* (Orgs.). **Coleta de material botânico: guia prático**. Campina Grande, PB: INSA – Instituto Nacional do Semiárido, 2021. 49 p.

GÁLVEZ, D. Ecology of fear: predator avoidance reduces seed dispersal in an ant. **Royal Society Open Science**, v. 10, n. 7, 2023. DOI 10.1098/rsos.230530. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsos.230530>. Acesso em: 7 fev. 2024.

GARCIA, A. *et al.* The Price of the Induced Defense Against Pests: A Meta-Analysis. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2021. DOI 10.3389/fpls.2020.615122. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.615122>. Acesso em: 10 fev. 2024.

GOMES, D. D. M.; MEDEIROS, C. N. de; ALBUQUERQUE, E. L. S. **Análise têmporo-espacial das ocorrências de focos de calor no estado do Ceará: configuração dos cenários no contexto das unidades fitogeográficas e das macrorregiões de planejamento**. 2010. 28 p. (Texto para Discussão N° 90 – IPECE).

GOMES, D. da S.; RIBEIRO, J. E. da S.; LUCENA, R. F. P. de. Uso e disponibilidade local da aroeira *Myracrodruon urundeuva* (Allemão) Engl. (Magnoliopsida: Anacardiaceae) em uma comunidade rural da Depressão Sertaneja, São José de Piranhas, Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 6, p. 265-276, 2016. DOI 10.21438/rbgas.030602. Disponível em: <https://doi.org/10.21438/rbgas.030602>. Acesso em: 18 fev. 2024.

GOMES, I. J. M. T. *et al.* Multiple effects of mutualistic ants improve the performance of a neotropical ant-plant: A long-term study with the Cecropia-Azteca system. **Basic and Applied Ecology**, v. 57, p. 78-90, 2021. DOI 10.1016/j.baae.2021.09.004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.09.004>. Acesso em: 1 fev. 2024.

HANDEL, S. N.; BEATTIE, A. J. Seed dispersal by ants. **Scientific American**, v. 263, n. 2, p. 76-83, 1990. DOI 10.1038/scientificamerican0890-76. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0890-76>. Acesso em: 7 fev. 2024.

HANLEY, M. E. *et al.* Plant structural traits and their role in antiherbivore defense. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 8, n. 4, p. 157-178, 2007. DOI 10.1016/j.ppees.2007.01.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.01.001>. Acesso em: 28 fev. 2024.

HEIL, M. *et al.* Temporal, spatial and biotic variations in extrafloral nectar secretion by *Macaranga tanarius*. **Functional Ecology**, v. 14, n. 6, p. 749-757, 2000. DOI 10.1046/j.1365-2435.2000.00480.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2000.00480.x>. Acesso em: 27 fev. 2024.

HEIL, M. Extrafloral Nectar at the Plant-Insect Interface: A Spotlight on Chemical Ecology, Phenotypic Plasticity, and Food Webs. **Annual Review of Entomology**, v. 60, n.1, p. 213-232, 2015. DOI 10.1146/annurev-ento-010814-020753. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020753>. Acesso em: 5 fev. 2024.

HEIL, M. Nectar: generation, regulation and ecological functions. **Trends in Plant Science**, v. 16, n. 4, p. 191-200, 2011. DOI 10.1016/j.tplants.2011.01.003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.01.003>. Acesso em: 20 mar. 2024.

HOLLAND, J. N.; CHAMBERLAIN, S. A.; HORN, K. C. Temporal variation in extrafloral nectar secretion by reproductive tissues of the senita cactus, *Pachycereus schottii* (Cactaceae), in the Sonoran Desert of Mexico. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 6, p. 712-714, 2010. DOI 10.1016/j.jaridenv.2009.10.008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.10.008>. Acesso em: 10 mar. 2024.

HOLLAND, J. N.; DEANGELIS, D. L.; BRONSTEIN, J. L. Population dynamics and mutualism: Functional responses of benefits and costs. **The American Naturalist**, v. 164, n. 4, p. 113-126, 2004. DOI 10.1086/338510. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/338510>. Acesso em: 5 fev. 2024.

HOLLAND, J.; N.; DEANGELIS, D. L. A Consumer—Resource Approach to the Density-Dependent Population Dynamics of Mutualism. **Ecology**, v. 91, n. 5, 2010, p. 1286–1295, 2010. DOI 10.1890/09-1163.1. Disponível em: <https://doi.org/10.1890/09-1163.1>. Acesso em: 3 fev. 2024.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Cambridge: Harvard University Press, 1990. 732 p.

HORVITZ, C. C.; SCHEMSKE, D, W. Effects of Ants and An Ant-Tended Herbivore on Seed Production Of a Neotropical Herb. **Ecology**, v. 65, n. 5, p. 1369-1378, 1984. DOI 10.2307/1939117. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1939117>. Acesso em: 15 fev. 2024.

HOSSAERT-MACKEY, M. *et al.* Differential associations with ants of three co-occurring extrafloral nectary-bearing plants. **Écoscience**, v. 8, n. 3, p. 325-335, 2001. DOI 10.1080/11956860.2001.11682660. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/11956860.2001.11682660>. Acesso em: 6 mar. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Municipal 2017: Redenção**. 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf. Acesso em: 7 fev. 2024.

JANZEN, D. H. **Interaction of the bull's-horn acacia (*Acacia cornigera* L.) with an ant inhabitant (*Pseudomyrmex ferruginea* F. Smith) in eastern Mexico**. University of Kansas Science Bulletin, v. 47, p. 315-558, 1967.

JUÁREZ-JUÁREZ, B.; DÁTILLO, W; MORENO, C. E. Synthesis and perspectives on the study of ant-plant interaction networks: A global overview. **Ecological Entomology**, v. 48, n. 3, p. 269–283, 2023. DOI 10.1111/een.13227. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/een.13227>. Acesso em: 7 fev. 2024.

KNOECHELMANN, C. M.; MORAIS, H. C. Visitas de formigas (Hymenoptera, Formicidae) a nectários extra-florais de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov. (Fabaceae, Mimosoideae) em uma área de cerrado frequentemente queimado. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 10, n.1, p. 35-40, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/zoociencias/article/view/24083>. Acesso em: 23 mar. 2024.

KOPTUR, S. Extrafloral nectary-mediated interactions between insects and plants. *In*: BERNAYS, E. (Ed.). **Insect–plant interactions**, 1992. p. 81-129.

KOPTUR, S. Floral and extrafloral nectars of neotropical *Inga* trees: a comparison of their constituents and composition. **Biotropica**, v. 26, n. 3, p. 276-284, 1994. DOI 10.2307/2388848. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2388848>. Acesso em: 3 mar. 2024.

KORNDÖRFER, A. P.; DEL-CLARO, K. Ant Defense versus Induced Defense in *Lafoensia pacari* (Lythraceae), a Myrmecophilous Tree of the Brazilian Cerrado. **Biotropica**, v. 38, n. 6, p. 786-788, 2006. DOI 10.1111/j. 1744-7429.2006.00200.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j. 1744-7429.2006.00200.x>. Acesso em: 28 mar. 2024.

KRUG, C.; SANTOS, I. A. dos. O uso de diferentes métodos para amostragem da fauna de abelhas (hymenoptera: apoidea), um estudo em floresta ombrófila mista em Santa Catarina. **Neotropical Entomology**, v. 3, n. 37, p. 265-278, 2008. DOI 10.1590/S1519-566X2008000300005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000300005>. Acesso em: 7 fev. 2024.

KUATE, A. F. *et al.* Foraging activity and diet of the ant, *Anoplolepis tenella* Santschi (Hymenoptera: Formicidae), in southern Cameroon. **African Entomology**, v. 16, n. 1, p. 107-114, 2008. DOI 1021-3589-16.1.107. disponível em: <https://doi.org/10.4001/1021-3589-16.1.107>. Acesso em: 13 fev. 2024.

LACH, L.; PARR, C.; ABBOTT, K. (Eds.). **Ants Ecology**. Oxford University Press, 2009.

LANGE, D.; CALIXTO, E. S.; DEL-CLARO, K. Variation in Extrafloral Nectary Productivity Influences the Ant Foraging. **PLOS ONE**, v. 12, n. 1, 2017. DOI 10.1371/journal.pone.0169492. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169492>. Acesso em: 17 fev. 2024.

LANGE, D.; DÁTILLO, W.; DEL-CLARO, K. Influence of extrafloral nectary phenology on ant–plant mutualistic networks in a neotropical savanna. **Ecological Entomology**, v. 38, n. 5, p. 463-469, 2013. DOI 10.1111/een.12036. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/een.12036>. Acesso em: 17 mar. 2024.

LASMAR, C. J. *et al.* Geographical variation in ant foraging activity and resource use is driven by climate and net primary productivity. **Journal of Biogeography**, v. 48, n. 6, p 1448-1459, 2021. DOI 10.1111/jbi.14089. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jbi.14089>. Acesso em: 22 fev. 2024.

LEAL, I. R. *et al.* Ants of the Caatinga: Diversity, Biogeography, and Functional Responses to Anthropogenic Disturbance and Climate Change. *In*: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Org.). **Caatinga**. Cham: Springer, 2017a. cap. 3, p. 65-95. DOI: 10.1007/978-3-319-68339-3_3. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3_3. Acesso em: 22 fev. 2024.

LEAL, I. R. *et al.* Plant–Animal Interactions in the Caatinga: Overview and perspectives. *In*: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (org.). **Caatinga**. Springer, Cham, 2017b. cap 9, p. 255-278.

LINS, K. C. **A influência do efeito de borda na taxa de herbivoria em fragmento florestal de Caatinga, na Serra de Santa Catarina-PB. 2015.** 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Campina Grande.

LONGINO, J. T. **Camponotus Overview.** 2002. Disponível em: <https://ants.biology.utah.edu/genera/camponotus/camponotus.html>. Acesso em: 6 fev. 2024.

MADUREIRA, M. S. **Plantas com nectários extraflorais são protegidas por formigas?** 2004. 26 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

MARAZZI, B.; BRONSTEIN, J. L.; KOPTUR, S. The diversity, ecology and evolution of extrafloral nectaries: current perspectives and future challenges. **Annals of Botany**, v. 111, n. 6, p. 1243-1250, 2013. DOI 10.1093/aob/mct109. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mct109>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MCKEY, D. Distribution of secondary compounds in plants. *In*: ROSENTHAL, G. A.; JANZEN, D. H. (Eds.). **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites.** New York: Academic Press, 1979. p. 55-134.

MOREIRA, I de J S. **Interações formiga-planta em vegetação de restinga.** 2019. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2019.

MORO, M. F. *et al.* Vegetação, unidades fitoecológicas e leal paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015. DOI doi.org/10.1590/2175-7860201566305. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566305>. Acesso em: 21 jan. 2024.

NAVARRO-ULLOA, E. *et al.* Temporal and spatial variation in extrafloral nectar and associated ants in *Canavalia rosea* (Fabaceae) on coastal dunes along the Gulf of Mexico. **Écoscience**, v. 30, n. 3-4, p. 247-257, 2023. DOI [10.1080/11956860.2024.2303190](https://doi.org/10.1080/11956860.2024.2303190). Disponível em: <https://doi.org/10.1080/11956860.2024.2303190>. Acesso em: 11 mar. 2024.

NESS, J.; MOONEY, K.; LACH, L. Ants as Mutualists. *In*: LACH, L.; PARR, C.; ABBOTT, K. (Eds.). **Ant Ecology**. 2009. cap. 6, p. 97–114.

NOGUEIRA, A. *et al.* Variation in the production of plant tissues bearing extrafloral nectaries explains temporal patterns of ant attendance in Amazonian understory plants. **Journal of Ecology**, v. 108, n. 4, p. 1578-1591, 2020. DOI [10.1111/1365-2745.13340](https://doi.org/10.1111/1365-2745.13340). Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13340>. Acesso em: 16 mar. 2024.

NÚÑEZ-FARFÁN, J.; FORNONI, J.; VALVERDE, P. L. The Evolution of Resistance and Tolerance to Herbivores. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 38, n. 1, p. 541–566, 2007. DOI [10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.09582](https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.09582). Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.09582>. Acesso em: 6 fev. 2024.

O'DOWD, D. J. Foliar nectar production and ant activity on a neotropical tree, *Ochroma pyramidale*. **Oecologia**, v. 43, n. 2, p. 233-248, 1979. DOI [10.1007/bf00344773](https://doi.org/10.1007/bf00344773). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/bf00344773>. Acesso em: 8 mar. 2024.

OLESEN, J. M. *et al.* The modularity of pollination networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 50, 2007. DOI [10.1073/pnas.0706375104](https://doi.org/10.1073/pnas.0706375104). Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0706375104>. Acesso em: 9 mar. 2024.

OLIVEIRA, P. S. *et al.* Interactions between ants, extrafloral nectaries and insects herbivores in neotropical coastal sand dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta* (Cactaceae). **Functional Ecology**, v. 13, n. 5, p. 623-631, 1999. DOI [10.1046/j.1365-2435.1999.00360.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00360.x). Disponível: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00360.x>. Acesso em: 17 mar. 2024.

OSTER, G. F.; WILSON, E. O. **Caste and ecology in the social insects**. Princeton: Princeton University Press, 1978. 352 p.

PAIVA, H.; TOTH, G. B.; ÅBERG, P. Optimal Defense Theory: Elasticity Analysis as a Tool to Predict Intraplant Variation in Defenses. **Ecology**, v. 83, n. 4, p. 891-897, 2002. DOI [10.2307/3071898](https://doi.org/10.2307/3071898). Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3071898>. Acesso em: 2 fev. 2024.

PARR, C. L.; BISHOP, T. R. The response of ants to climate change. **Global Change Biology**, v. 28, n. 10, p. 3188-3205. DOI [10.1111/gcb.16140](https://doi.org/10.1111/gcb.16140). Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.16140>. Acesso em: 1 fev. 2024.

PASSOS, F. C. S.; LEAL, L. C. Protein matters: ants remove herbivores more frequently from extrafloral nectary-bearing plants when habitats are protein poor. **Biological Journal of the**

Linnean Society, v. 127, n. 2, p. 407–416, 2019. DOI 10.1093/biolinnean/blz033. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blz033>. Acesso em: 14 fev. 2024.

PAVIA, H.; TOTH, G. B.; ÅBERG, P. Optimal Defense Theory: Elasticity Analysis as a Tool to Predict Intraplant Variation in Defenses. **Ecology**, v. 83, n. 4, p. 891–897, 2002. DOI 10.2307/3071898. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3071898>. Acesso em: 13 fev. 2024.

PULICE, C. E.; PACKER, A. A. Simulated herbivory induces extrafloral nectary production in *Prunus avium*. **Functional Ecology**, v. 22, n. 5, p. 801–807, 2008. DOI 10.1111/j.1365-2435.2008.01440.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01440.x>. Acesso em: 17 mar. 2024.

QUEIROZ, A. C. M. de. **Formigas como indicadoras de impacto e reabilitação em áreas de mineração**. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

REZENDE, M. Q. *et al.* Extrafloral nectaries of associated trees can enhance natural pest control. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 188, p. 198–203, 2014. DOI 10.1016/j.agee.2014.02.024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.02.024>. Acesso em: 7 fev. 2024.

RHOADES, D. F. Evolution of plant chemical defense against herbivores. *In*: ROSENTHAL, G. A.; JANZEN, D. H. (Eds.). **Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites**. New York: Academic Press, 1979. p. 3–54.

RICO-GRAY, V. Use of Plant-Derived Food Resources by Ants in the Dry Tropical Lowlands of Coastal Veracruz, Mexico. **Biotropica**, v. 25, n. 3, p. 301–315, 1993. DOI 10.2307/2388788. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2388788>. Acesso em: 13 mar. 2024.

RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P. S. **The Ecology and Evolution of Ant-Plant Interactions**. Chicago: The University of Chicago Press, 2007. 338 p.

ROCHA, M. L. da C. *et al.* Production of extrafloral nectar in the Neotropical shrub *Turnera subulata* mediated by biotic and abiotic factors. **Flora**, v. 260, 2019. DOI 10.1016/j.flora.2019.151483. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151483>. Acesso em: 23 fev. 2024.

SANTANA, J. A. da S.; SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **IDESIA**, v. 29, n. 2, p. 87–94, 2011. DOI 10.4067/S0718-34292011000200011. Disponível em: <http://doi.org/10.4067/S0718-34292011000200011>. Acesso em: 6 mar. 2024.

SANTOS, G. M. M.; DÁTILLO, W.; PRESLEY, S. J. The seasonal dynamic of ant-flower networks in a semi-arid tropical environment. **Ecological Entomology**, v. 39, n. 6, p. 674–683, 2014. DOI 10.1111/een.12138. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/een.12138>. Acesso em: 19 mar. 2024.

SANTOS, R. R. **Levantamento de visitantes florais do Parque Municipal Dr. Petrônio Chaves no município de Ituiutaba-MG**. 2018. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia.

SCHAUFF, M. E. (Ed.). **Collecting and Preserving Insects and Mites: Techniques & Tools**. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1998. 103 p. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/80420580/CollectingandPreservingInsectsandMites/collpres.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2024.

SCHOBBER, J. Preservação e uso racional do único bioma exclusivamente nacional. **Ciência e cultura**, v. 54, n. 2, p. 06-07, 2002. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252002000200003&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 8 fev. 2024.

SCHULTZ, J. **The ecozones of the world: The ecological division of the geosphere**. 2005. 252 p. DOI 10.1007/3-540-28527-X. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/3-540-28527-X>. Acesso em: 16 fev. 2024.

SILVA, B. F. *et al.* Ants Promote Germination of the Tree *Guarea guidonia* by Cleaning its Seeds. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 3, 2019. DOI 10.1590/2179-8087.015118. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.015118>. Acesso em: 14 fev. 2024.

SILVA, E. de S. *et al.* Flora da Paraíba, Brasil: Capparaceae Juss. **Hoehnea**, v. 49, 2022. DOI 10.1590/2236-8906-71-2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2236-8906-71-2021>. Acesso em: 18 fev. 2024.

SILVA, I. L. H. *et al.* Spatiotemporal responses of ant communities across a disturbance gradient: the role of behavioral traits. **Insectes Sociaux**, v. 66, n. 4, p. 623-635, 2019. DOI 10.1007/s00040-019-00717-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00040-019-00717-9>. Acesso em: 4 fev. 2024.

SILVA, R. A. da; CARVALHO, G. S. Ocorrência de insetos na cultura do milho em sistema de plantio direto, coletados com armadilhas-de-solo. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 199–203, 2000. DOI 10.1590/S0103-84782000000200001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782000000200001>. Acesso em: 9 fev. 2024.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, F.; SILVA, R. Grupos funcionales de hormigas: El caso de los gremios del Cerrado. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. cap. 7, p. 113-148.

SOARES NETO, R. L. *et al.* Flora do Ceará, Brasil: Capparaceae. **Rodriguésia**, v. 65, n. 3, p. 671-684, 2014. DOI 10.1590/2175-7860201465307. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201465307>. Acesso em: 23 fev. 2024.

SOARES NETO, R. L.; JARDIM, J. G. Capparaceae no Rio Grande do Norte, Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 847-857, 2015. DOI: 10.1590/2175-7860201566312. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566312>. Acesso em: 19 fev. 2024.

SOARES NETO, R. L.; LUBER, J. **Capparaceae**. *In*: Reflora. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB100861>. Acesso em: 21 fev. 2024.

SOUSA-SOUTO, L. *et al.* Composition and Richness of Arboreal ants in Fragments of Brazilian Caatinga: Effects of Secondary Succession. **Sociobiology**, v. 63, n. 2, p. 762–769, 2016. DOI 10.13102/sociobiology.v63i2.909. Disponível em: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.909>. Acesso em: 22 fev. 2024.

SOUZA, C. *et al.* Extrafloral nectar secretion does not mediate ant predatory activity on *Pityrocarpa moniliformis* plants in a seasonally dry forest. **Acta Oecologica**, v. 114, 2022. DOI 10.1016/j.actao.2021.103806. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103806>. Acesso em: 8 fev. 2024.

STEPPUHN, A.; BALDWIN, I. T. Induced Defenses and the Cost-Benefit Paradigm. *In*: SCHALLER, A. (Eds.). **Induced Plant Resistance to Herbivory**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 61-83.

TEIXEIRA, F. M. Técnicas de captura de Hymenoptera (Insecta). **Vértices**, v. 14, n. 1, p. 169-198, 2012. DOI 10.19180/1809-2667.v14n12012p169-198. Disponível em: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v14n12012p169-198>. Acesso em: 18 fev. 2024.

THOMPSON, J. N. The Evolution of Species Interactions. **Science**, v. 284, n. 5423, p. 2116–2118, 1999. DOI 10.1126/science.284.5423.2116. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.284.5423.2116>. Acesso em: 27 fev. 2024.

THOMPSON, J. N.; CUNNINGHAM, B. M. Geographic structure and dynamics of coevolutionary selection. **Nature**, v. 417, n. 6887, p. 735-738, 2002. DOI 10.1038/nature00810. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature00810>. Acesso em: 26 fev. 2024.

TIZÓN, R.; WULFF, J. P.; PELÁEZ, D. V. The effect of increase in the temperature on the foraging of *Acromyrmex lobicornis* (Hymenoptera: Formicidae). **Zoological Studies**, v. 53, n. 40, 2014. DOI 10.1186/s40555-014-0040-4. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40555-014-0040-4>. Acesso em: 28 fev. 2024.

TRANIELLO, J. F. A. Foraging strategies of ants. **Annual Review of Entomology**, v. 34, p. 191-210, 1989.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Biodiversity in the Neotropics: ecological, economic and social values. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 913-915, 2008. DOI 10.1590/S1519-69842008000500002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500002>. Acesso em: 27 fev. 2024.

VANDERMEER, J. H.; BOUCHER, D. H. Varieties of mutualistic interaction in population models. **Journal of Theoretical Biology**, v. 74, n. 4, p. 549-558, 1978. DOI 10.1016/0022-5193(78)90241-2. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(78\)90241-2](https://doi.org/10.1016/0022-5193(78)90241-2). Acesso em: 23 fev. 2024.

VIEIRA, A. M.; FREITAS, S. M. S. de; CORTÊZ, J. S. de A. Mudanças na estrutura da comunidade de formigas arborícolas frente as alterações sazonais da Floresta Tropical Seca. *In: CONGRESSO DE ECOLOGIA*, 13., 2017, Viçosa. Resumos [...]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

VOGT, J. T. *et al.* Effects of temperature and season on foraging activity of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Oklahoma. **Environmental Entomology**, v. 32, n. 3, p. 447–451, 2003. DOI 10.1603/0046-225X-32.3.447. Disponível em: <https://doi.org/10.1603/0046-225X-32.3.447>. Acesso em: 9 fev. 2024.

WÄCKERS, F. L. *et al.* The Effect of Herbivory on Temporal and Spatial Dynamics of Foliar Nectar Production in Cotton and Castor. **Annals of Botany**, v. 87, n. 3, p. 365-370, 2001. DOI 10.1006/anbo.2000.1342. Disponível em: <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1342>. Acesso em: 10 mar. 2024.

WÄCKERS; F. L.; BONIFAY, C. How to Be Sweet? Extrafloral Nectar Allocation by *Gossypium Hirsutum* Fits Optimal Defense Theory Predictions. **Ecology**, v. 85, n. 6, p. 1512–1518, 2004. DOI 10.1890/03-0422. Disponível em: <https://doi.org/10.1890/03-0422>. Acesso em: 18 fev. 2024.

WAKE, B. Global versus local. **Nature Climate Change**, v. 5, n. 974, 2015. DOI 10.1038/nclimate2858. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nclimate2858>. Acesso em: 7 jan. 2024.

WEIBLEN, G. D.; TREIBER, E. L. Evolutionary origins and diversification of mutualism. *In: BRONSTEIN, J. L. (Ed.). Mutualism*. 2015. cap. 3, p. 37-56.

ZANGERL, A. R.; BAZZAZ, F. A. Theory and pattern in plant defense allocation. *In: FRITZ, R.; SIMMS, E. L. (Eds.). Plant resistance to herbivores and pathogens*. Illinois: University of Chicago Press, 1992. p. 363-392.

ZANGERL, A. R.; RUTLEDGE, C. E. The Probability of Attack and Patterns of Constitutive and Induced Defense: A Test of Optimal Defense Theory. **The American Naturalist**, v. 147, n. 4, p. 599–608, 1996. DOI 10.1086/285868. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/285868>. Acesso em: 2 mar. 2024.