



**Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Instituto de Ciências Exatas e da Natureza
Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas**

Byanca Nilda Tavares Cavalcante

**Dinâmica de atividade dos nectários extraflorais da planta feijão-bravo
Cynophalla flexuosa (L.) J.Presl e seus efeitos na visitação pela formiga
nectarívora *Camponotus arboreus***

Redenção-Ceará

2021



**Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Instituto de Ciências Exatas e da Natureza
Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas**

Byanca Nilda Tavares Cavalcante

**Dinâmica de atividade dos nectários extraflorais da planta feijão-bravo
Cynophalla flexuosa (L.) J.Presl. e seus efeitos na visitação pela formiga
nectarívora *Camponotus arboreus***

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Ciências Biológicas da UNILAB,
como requisito parcial para obtenção
de título de Licenciada em Ciências
Biológicas.

ORIENTADOR: Roberth Fagundes de Souza

Redenção - Ceará

2021

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

Cavalcante, Byanca Nilda Tavares.

C377d

Dinâmica de atividade dos nectários extraflorais da planta feijão-bravo *Cynophalla flexuosa* L. J.Presl e seus efeitos na visitação pela formiga nectarívora *Camponotus arboreus* / Byanca Nilda Tavares Cavalcante. - Redenção, 2021.
32f: il.

Monografia - Curso de Ciências Biológicas, Instituto De Ciências Exatas E Da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2021.

Orientador: Prof.º Dr.º Roberth Fagundes de Souza.

1. Caatinga. 2. Insetos. 3. Néctar extrafloral. 4. Maciço de Baturité - Ce. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 595.796

FOLHA DE APROVAÇÃO

Byanca Nilda Tavares Cavalcante

**Dinâmica de atividade dos nectários extraflorais da planta feijão-bravo
Cynophalla flexuosa (L.) J.Presl e seus efeitos na visitação pelas formigas
nectaríferas *Camponotus arboreus***

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 Licenciada em Ciências Biológicas.

Local: Sala virtual (meet.google.com/ura-wmhh-zna)

Data de aprovação: 12/04/2021

Nota (Conceito): 10 (DEZ)

Banca Examinadora:



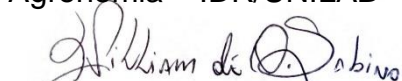
Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza (Orientador)

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



Profa. Dra. Eveline Pinheiro de Aquino (Membro Titular)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Agronomia – IDR/UNILAB



Dr. William de Oliveira Sabino (Membro Titular)

Instituto Tecnológico da Vale

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo e orientador Roberth Fagundes, por acreditar no meu potencial e pela humanidade e maestria em me orientar durante os processos de coleta e escrita, tornando esse trabalho possível.

À minha família, em especial ao meu pai, Washigton, por sempre acreditar em mim e ter me ensinado respeito à natureza, às pessoas e à vida. Ensinaamentos indispensáveis para a realização desse trabalho.

Aos meus amigos, Gabriel, Wesley, Matheus, Clairton e Alane, por toda a ajuda em campo. A presença de vocês deixou o trabalho e a graduação mais alegres.

À minha amiga Larissa do Laboratório de Botânica, pela ajuda com a comparação e depósito do material vegetal, e pelo companheirismo durante a graduação.

Ao Carlos, à Adairla, ao Américo, à Eveliny e à Amanda por terem me apoiado emocionalmente em diversos momentos durante a execução da pesquisa e escrita desse documento.

Aos integrantes do grupo de pesquisa InterZoa, o qual faço parte, pelas trocas de experiências e aprendizados.

Aos professores participantes da Banca examinadora Profa. Dr. Eveline Pinheiro de Aquino, Dr. William de Oliveira Sabino, Profa. Dr. Vanessa Lúcia Rodrigues Nogueira e Dr. Henrique Pinho pela disponibilidade em avaliar meu trabalho.

Ao Pibic/UNILAB pela concessão da minha bolsa de Iniciação Científica.

RESUMO

A secreção de néctar extrafloral é um importante influenciador do forrageio de formigas nectaríferas, que protegem plantas com nectários extraflorais do ataque de herbívoros. Porém, pouco se sabe sobre a dinâmica de secreção do néctar extrafloral e seus efeitos na interação das plantas com formigas, especialmente em ambientes altamente variáveis, como a Caatinga. Visto isso, obtivemos dados sobre as variações na secreção de néctar extrafloral pela planta Feijão-bravo *Cynophalla flexuosa* e seus efeitos no forrageio da formiga *Camponotus arboreus* em uma área de Caatinga no Maciço de Baturité. Obtivemos que as plantas secretam néctar com concentração média de 26% de açúcar de forma equivalente, mas a maior parte dos NEFs não secreta ou secreta esporadicamente. Por outro lado, não houve diferença entre as plantas na quantidade de formigas forrageando, apesar de haver grande variação, sendo em média três formigas em cada vegetal. Porém, houve diferença na quantidade de galhos e NEFs visitados pelas formigas, o que variou diariamente, sendo a maior atividade das formigas em ramo com nectários ativos ou com estruturas reprodutivas. Com isso, esse estudo contribuiu com dados pioneiros para corroborar a hipótese da variação na secreção de néctar extrafloral como fator regulador do forrageio de formigas nectaríferas.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga. Insetos. Néctar extrafloral. Maciço de Baturité - Ce

ABSTRACT

The secretion of extrafloral nectar is an important influence on the foraging of nectariferous ants, which protect plants with extrafloral nectaries from the attack of herbivores. However, little is known about the secretion dynamics of extrafloral nectar and its effects on the interaction of plants with ants, especially in highly variable environments, such as the Caatinga. In view of this, we obtained data on the variations in the secretion of extrafloral nectar by the plant Feijão-bravo *Cynophalla flexuosa* and its effects on the foraging of the ant *Camponotus arboreus* in a Caatinga area in the Baturité Massif. We obtained that the plants secrete nectar with an average concentration of nectar of 26% of sugar in an equivalent way, but the majority of NEFs do not secrete or secrete sporadically. On the other hand, there was no difference between the plants in the amount of ants foraging, although there is great variation, with an average of three ants in each plant. However, there was a difference in the number of branches and NEFs visited by the ants, which varied daily, with the largest activity of ants in the branch with active nectaries or with reproductive structures. Thus, this study contributed pioneering data to corroborate the hypothesis of variation in the secretion of extrafloral nectar as a regulating factor in the foraging of nectariferous ants.

KEYWORDS: Caatinga. Bug. Extrafloral néctar. Baturité Massif

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - A. Área onde ocorreu a realização do estudo; B. Indivíduo de *Cynophala flexuosa*; C. Marcação realizada com fita adesiva e pincel permanente, fixada no caule das plantas; D. Marcação dos galhos com braçadeiras numeradas para análise e acompanhamento de secreção de néctar extrafloral; E. Ensacamento dos galhos marcados; F. Herbívoro em fase adulta conservado em álcool 70%, encontrado em fase larval parasitando frutos de *C. Flexuosa* usadas durante a pesquisa..... 8
- Figura 2 – *Camponotus arboreus* forrageando em nectário extrafloral de *Cynophala flexuosa*..... 10
- Figura 3 - Comparação entre as plantas de Feijão-bravo quanto a atividade dos nectários extraflorais e a atividade das formigas nos nectários. 12
- Figura 4 - Padrão de atividade de nectários extraflorais em 10 ramos de 13 plantas de feijão-bravo. O tamanho do círculo representa a quantidade de nectários ativos (menor área= 1 nef ativo; maior área= 5 nefs ativos), ou concentração do néctar (menor= 4%; maior= 50% de açucares). 14
- Figura 5 - Padrão de atividade de nectários extraflorais e de formigas em 11 ramos de 13 plantas de feijão-bravo evidenciando a correspondência entre a secreção do néctar pelo nectário e a visitação por formigas em diferentes galhos das plantas. O tamanho do círculo representa a quantidade de nectários ativos (menor área= 1 nef ativo; maior área= 5 nefs ativos), ou quantidade de formigas nos nefs (menor: 1; maior= 3)..... 15
- Figura 6 - Comparação entre ramos reprodutivos e vegetativos de plantas de feijão-bravo quanto a quantidade de nefs ativos(a), concentração do néctar (b) e quantidade de formigas (c). Caixas representam quartis, o xis representa a média e os pontos são valores extremos. 16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 DESENVOLVIMENTO	2
2.1 Referencial Teórico	2
2.1.1 Nectários extraflorais	2
2.1.2. Interações entre formigas e plantas portadoras de nectários extraflorais	3
2.1.3 Forrageio de formigas por néctar.....	4
2.2 Hipóteses ou Objetivos.....	5
2.2.1 Hipóteses	5
2.2.2 Predições das Hipóteses	5
2.3 Metodologia.....	6
2.4 RESULTADOS	9
2.5 DISCUSSÃO	16
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1 INTRODUÇÃO

A presença de nectários extraflorais (NEFs) em plantas é frequentemente atrelada à associação com formigas, as quais protegem o vegetal contra ataques de herbívoros, compondo dessa forma, um sistema de defesa biológico da planta (Keeler, 1977; Del-Claro e Berto e Rel, 1996; Do Nascimento e Del-Claro, 2010; Fagundes et al., 2017). O feijão-bravo (*Cynophalla flexuosa*) é uma planta portadora de nectários extraflorais de hábito arbustivo e de ampla distribuição na região neotropical e componente da flora de Capparaceae da caatinga cearense (Soares Neto, 2014). Entretanto, nada se sabe sobre a atividade de secreção por NEFs nessa planta e como suas formigas parceiras respondem a essa atividade em ambiente de caatinga.

Camponotus arboreus é uma espécie de formiga nectarífera, visitante de nectários extraflorais e apontada como espécie comum e abundante em estabelecer relações com plantas em biomas secos como o cerrado brasileiro (Camarota et al., 2012). Em pesquisa realizada em áreas de caatinga do maciço de Baturité, *C. arboreus* é documentada como principal formiga interativa com plantas portadoras de NEFs e como importante visitante do Feijão-bravo (Franco, 2019). Tornando estudos sobre o comportamento de forrageio dessa espécie, fundamentais para compreensão das relações ecológicas formiga-planta.

O forrageio de formigas em plantas portadoras de NEFs configura uma interação mutualista, onde a formiga recebe um alimento altamente nutritivo e energético e as plantas recebem proteção contra herbívoros, que são espantados ou predados pelas formigas. Como o nectário extrafloral é a base dessa interação, entende-se a composição e dinâmica de secreção do néctar extrafloral pode ter efeitos diretos no forrageio das formigas e indiretos na proteção da planta pelas formigas. Como o néctar é caro para a planta, deve existir um balanço entre a quantidade e qualidade do néctar secretado e a quantidade de formigas atraídas suficiente para proteger contra herbívoros, de forma que o gasto no néctar seja compensado pelo lucro em redução de herbivoria (Nepi e Grasso e Mancuso, 2018).

O presente trabalho buscou analisar a composição e dinâmica da concentração de açúcar do néctar extrafloral, e seus efeitos no forrageio de formigas. Partimos da hipótese que a planta feijão-bravo varia a secreção de néctar extrafloral de forma a

regular o gasto com néctar enquanto garante um número constante de formiga *C. arboreus*. Buscando, dessa forma, contribuir com dados acerca da dinâmica de secreção e comportamento de forrageio, em interações planta-formiga em ecossistema de caatinga.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Referencial Teórico

2.1.1 Nectários extraflorais

Nectários extraflorais são glândulas secretoras de néctar que podem ocorrer em diversas partes de vegetais, não estando diretamente ligadas à polinização (Oliveira e Pie, 1998). A principal função atribuída a essas estruturas é promover associação com fauna de artrópodes, em sua maioria formigas, que compõem um sistema de defesa biológico da planta, protegendo o vegetal contra ataques de herbívoros (Keeler, 1977; Del-Claro e Berto e Reu, 1996; Do Nascimento e Del-Claro, 2010; Fagundes et al., 2017). Assim, os NEFs se diferenciam dos nectários florais, pois não são encontrados em órgãos reprodutores de vegetais e secretam néctar que não são atratores de polinizadores, sendo dessa maneira, não relacionados a reprodução, mas à defesa (Bernardello, 2007). Entretanto, estudos já apontaram NEFs participando de processos de polinização por aves (Knox et al., 1985; Vanstone e Paton, 1988).

Espécies portadoras de NEFs ocorrem em diversos habitats, climas e latitudes em todo o mundo, desde florestas tropicais a desertos (Marazzi e Bronstein e Koptur, 2013). Sendo possível observar grande variabilidade morfológica e anatômica dessas estruturas (Kuo e Pate, 1985; Melo e Machado e Alves, 2010). Podendo diferir entre formatos globular, côncavo, calicióide, fenda, entre outros (Melo, 2008). Nectários extraflorais são amplamente distribuídos em 3941 plantas vasculares no mundo, sendo elas angiospermas e pteridófitas, distribuídas em 745 gêneros e 108 famílias. As famílias botânicas com mais espécies portadoras de NEFs são Fabaceae (1.069 espécies), Passifloraceae (438 espécies) e Malvaceae (301 espécies) (Weber e Keeler, 2013). A flora de Capparaceae para o Ceará é composta por quatro gêneros

e cinco espécies, bem distribuídas no domínio fitogeográfico caatinga, e algumas, como a *Cynophalla flexuosa*, amplamente distribuídas na região neotropical. Sendo apenas duas (*Cynophalla flexuosa* e *Cynophalla hastata*) das cinco espécies, portadoras de nectários extraflorais (Soares Neto, 2014).

O néctar extrafloral é uma substância adocicada composta não só por carboidratos e aminoácidos, mas também por proteínas específicas relacionadas à patogênese e outras enzimas protetoras, sendo dessa maneira, uma recompensa exclusiva (Galletto e Bernardello, 1992; González-Teuber et al., 2009; Heil, 2015). A produção desse néctar pode depender de fatores bióticos e abióticos, como hora do dia, danos foliares e remoção de néctar (Heil et al., 2000). Muitos estudos demonstram que a dinâmica de secreção de néctar extrafloral pode estar ligada também à presença de herbívoros, revelando que plantas que sofrem danos nas folhas apresentam maior produção de néctar extrafloral, a fim de aumentar a proteção por formigas na região afetada pela lesão (Wäckers et al., 2001; Ness, 2003; Lach e Hobbs e Majer, 2009; Jones e Koptur, 2015). A quantidade e qualidade do néctar extrafloral também pode diferir a depender da estrutura da planta em que os NEFs estão localizados, geralmente sendo superior em partes mais valiosas ou vulneráveis das plantas, como próximo a flores, frutos e folhas jovens (Calixto et al., 2020; Wäckers e Bonifay, 2004) e do forrageio de formigas no NEF (Bixenmann e Coley e Kursar, 2011).

2.1.2. Interações entre formigas e plantas portadoras de nectários extraflorais

As interações ecológicas entre formigas e plantas envolvem processos de predação das plantas pelas formigas, mutualismos, polinização, dispersão de sementes, proteção biótica contra herbívoros, entre outros (Buckley, 1982; Dáttilo et al., 2009). Podendo as interações formiga-planta, ocorrer entre plantas de linhagens filogenéticas distantes, bem como, formigas de diferentes subfamílias (Davidson, 1993). Uma das relações mutualísticas mais comuns estabelecidas por formigas, envolve a defesa de plantas de seus inimigos naturais em troca de alimento e, às vezes, abrigo (Bronstein, 1998), esses alimentos são comumente ofertados em forma de néctar extrafloral disponibilizados por plantas portadoras de nectários extraflorais

(Baker e Opler Baker, 1978). Entretanto, interações formiga-planta com NEFs varia dependendo de muitos fatores bióticos e abióticos, como a identidade das espécies envolvidas (Del-Claro et al., 2016), pois, algumas espécies de formigas consomem o néctar extrafloral, ao passo que não fornecem proteção ou reduzem consistentemente a aptidão da planta, gerando relação parasítica (Raine et al., 2004; Oliver e Cook e Leather, 2007; Alves-Silva e Del-Claro, 2014).

Trabalhos envolvendo formigas e plantas com NEFs na caatinga já foram executados na perspectiva de composição e abundância dessas interações em diferentes períodos sazonais e condicionadas a perturbações antropogênicas (Leal e Andersen e Leal, 2015; Câmara et al., 2018; Oliveira, 2018; Da Silva et al., 2019). Contudo, estudos envolvendo a visitação de formigas mediadas pela secreção de néctar extrafloral de *C. flexuosa* nesse ambiente, nunca foram realizados.

2.1.3 Forrageio de formigas por néctar

As formigas consomem diversos itens alimentares como sementes, presas, material vegetal, carcaças e secreções animais e vegetais, sendo o exsudato rico em açúcar de nectários extraflorais de plantas e insetos homópteros o alimento preferido por muitas espécies de formigas (Carroll e Janzen, 1973). A seleção do alimento tende a depender da casta, idade e experiência da forrageira, bem como, distância de viagem, qualidade do recurso, estresse térmico e estado nutricional atual da colônia (Traniello, 1989). Para formigas coletoras de néctar, a variabilidade na secreção, a composição do néctar, a competição com outras espécies e os requisitos de colônia podem afetar o forrageio pelo recurso (Blüthgen e Fiedler, 2004), assim como fatores climáticos (Dornhaus e Powell, 2010).

Partindo da perspectiva de associação mutualística, é apontado que o efeito do benefício para cada parceiro é maximizado pelo investimento na interação e a regulação do custo da atração do parceiro e do ganho pelo serviço do parceiro. Nas interações animal-planta, os vegetais buscam um serviço eficiente por nectarívoros ao menor custo possível, sendo comum que as plantas diminuam a secreção de néctar, a fim de reduzir seu investimento na relação (Nepi e Grasso e Mancuso, 2018). Dessa forma, as plantas poderiam regular seus gastos com néctar ao mesmo tempo

que mantém o forrageio constante de um número necessário de formigas para um ganho em defesa que compense o gasto no néctar. O mesmo acontece com formigas, que podem regular seu forrageio na planta de acordo com o balanço positivo entre os ganhos com o consumo do néctar e os gastos com a coleta do néctar e defesa da planta. Em experimento realizado por Schilman e Roces (2003), é possível afirmar que formigas ajustam o tempo gasto em visitas a diferentes taxas de fluxo de néctar. Assim como maior qualidade do recurso oferecido, gera mais visitação por formigas (Alves-Silva e Del-Claro, 2013), e respostas mais rápidas em encontrar e atacar possíveis herbívoros (Flores-Flores et al., 2018).

2.2 Hipóteses ou Objetivos

2.2.1 Hipóteses

1. As plantas *Cynophalla flexuosa* influenciam a visitação por formigas *Camponotus arboreus* através de variação na secreção de néctar extrafloral.

2.2.2 Predições das Hipóteses

1. A planta *C. flexuosa* varia a secreção de néctar extrafloral entre os indivíduos e entre os galhos de cada indivíduo, principalmente em estágios reprodutivos.

2. A quantidade de formigas forrageando nas plantas depende da dinâmica de secreção do néctar, sendo maior em plantas com mais nectários ativos e néctar mais concentrado em açúcares.

3. A dinâmica de secreção de néctar torna o néctar imprevisível e garante o movimento da formiga por toda planta, mesmo com poucos NEFs ativos, reduzindo o custo e aumentando o lucro da planta na interação.

2.3 Metodologia

Área de estudo

A área de estudo é localizada em ambiente de Caatinga, pertencente ao Campus das Auroras da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), no município de Redenção, Ceará (4°13'00.4''S 38°42'54.3''W), e inserida na macrorregião do maciço de Baturité, região classificada como prioritária para conservação e de grande importância biológica (BRASIL, 2004) (Fig. 1, A). Localiza-se a aproximadamente 60Km de Fortaleza (Machado e Lima e Furtado, 2017). Detendo clima semiárido, marcado por uma estação chuvosa no primeiro semestre do ano, geralmente entre março e maio, e um período seco marcado pela ausência de chuvas, com precipitação média anual de 1163,5mm (Freitas Filho, 2011) e temperatura média anual entre 26 a 28°C (Leal e Tabarelli e Da Silva, 2003).

Coleta de dados

As coletas de dados ocorreram entre setembro de 2019 e março de 2020, durante o período de seca e início do período de chuvas. Foram marcados 13 indivíduos de *Cynophala flexuosa*, utilizando-se de fita adesiva e pincel permanente (Fig.1, B e C). Foram marcados 10 galhos de cada indivíduo com o uso de braçadeiras numeradas (Fig. 1, D). E em cada galho foi marcado um NEF. Todas as medidas foram realizadas nesses indivíduos como blocos aleatórios, sendo os 10 galhos marcados como amostras desses blocos, e repetidas ao longo de 3 dias.

O procedimento para análises do néctar extrafloral das plantas foi iniciado ao final do dia, aproximadamente 16h. Onde foi realizado lavagem dos galhos marcados com água destilada, para logo em sequência serem ensacados com sacos de tecido TNT de cor branca (Fig. 1, E). Dessa forma o néctar pode acumular sem que as formigas removam. Na manhã do dia seguinte, aproximadamente às 8h, os sacos eram retirados e o néctar extrafloral que havia acumulado sobre um NEF de cada galho era coletado com o auxílio de um microcapilar e analisado em campo com o uso de um refratômetro portátil para açúcar (Souza, 2015). O refratômetro fornece a

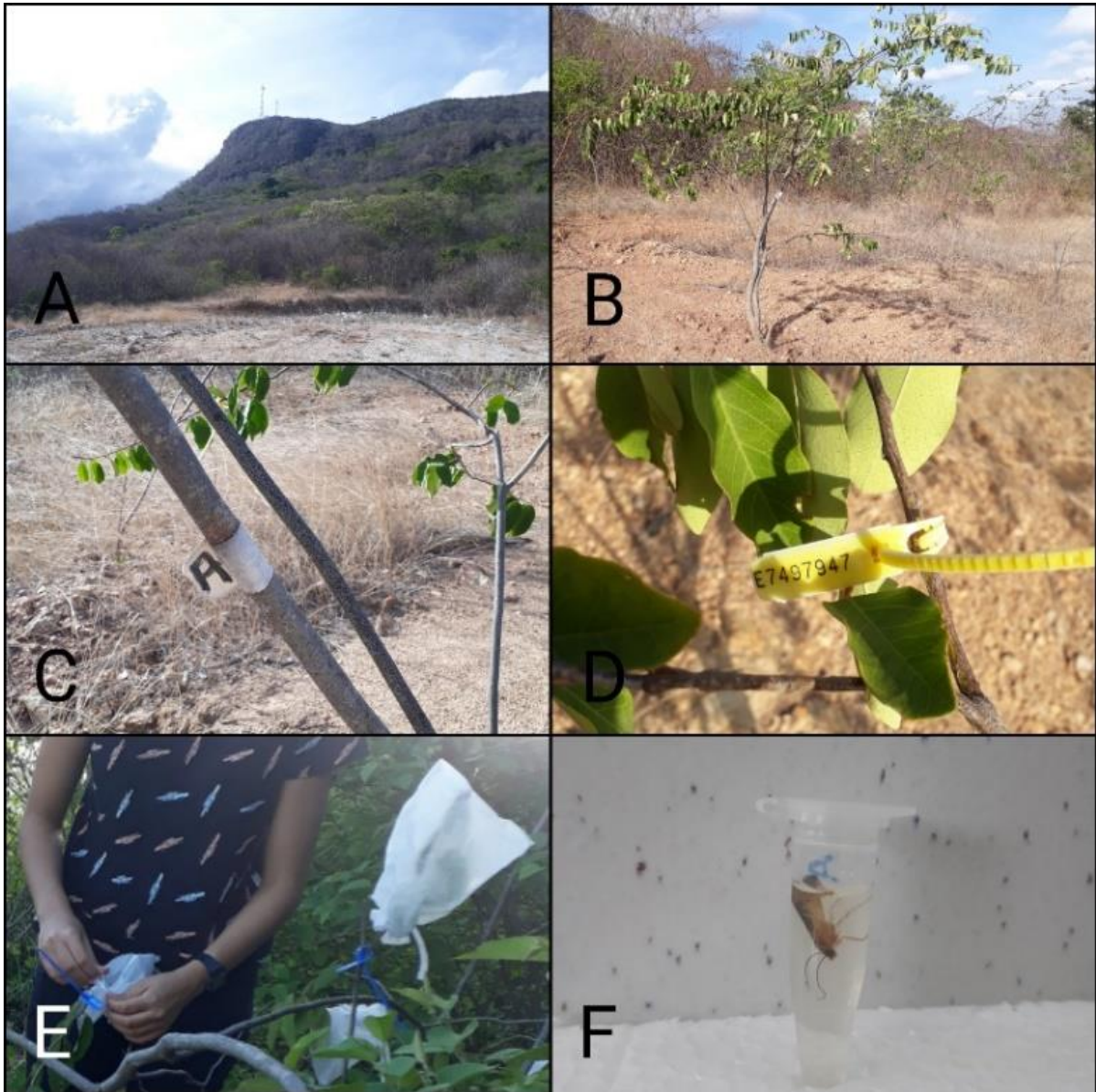
concentração de açúcares em BRIX, que é a porcentagem de massa de açúcar em massa de solução (mg/mg), ponderado pela temperatura ambiente.

Junto as análises do teor de açúcar do néctar extrafloral, foi observado a dinâmica de secreção de néctar extrafloral. Da mesma forma, os galhos marcados foram lavados com água destilada e ensacados com sacos de tecido TNT branco ao final do dia, e pela manhã do dia seguinte. As observações foram repetidas em 3 dias consecutivos, usando os mesmos NEFs das mesmas plantas em uma amostragem repetida.

Para avaliar o efeito do néctar extrafloral na formação da interação entre formigas e plantas, foram quantificadas até no máximo 6 formigas *C. arboreus* que subiram na planta para coletar néctar, algumas plantas não tiveram formigas e outras apresentaram 6. Todas as formigas que subiram nas plantas foram seguidas por um período de 3 minutos cada, onde foi registrado quais galhos de 10 galhos marcados em cada planta a formiga visitou e contabilizado a quantidade de galhos visitados, incluindo galhos marcados e galhos não marcados.

Para confirmação da identificação, algumas formigas foram coletadas e conservadas em álcool 70%, e identificadas no Laboratório de Zoologia da UNILAB onde foram depositadas na Coleção Zoológica da UNILAB. Para confirmação da identificação da planta, foram coletados galhos em estágio reprodutivo das plantas marcadas, os quais passaram por processo de secagem, herborização e identificação de material botânico, e encontram-se depositadas no herbário da UNILAB (Número de depósito: 812). Alguns herbívoros encontrados em estado larval ou ovo sobre os vegetais, foram levados ao laboratório de zoologia da UNILAB onde terminaram seu desenvolvimento, e sua fase adulta foi conservada em álcool 70% para posterior identificação científica (Fig. 1, F).

Figura 1 - A. Área onde ocorreu a realização do estudo; B. Indivíduo de *Cynophala flexuosa*; C. Marcação realizada com fita adesiva e pincel permanente, fixada no caule das plantas; D. Marcação dos galhos com braçadeiras numeradas para análise e acompanhamento de secreção de néctar extrafloral; E. Ensacamento dos galhos marcados; F. Herbívoro em fase adulta conservado em álcool 70%, encontrado em fase larval parasitando frutos de *C. flexuosa* usadas durante a pesquisa.



Fonte - Cavalcante B. N. T. (2019)

Análise dos dados

As variáveis medidas referentes a atividade dos NEFs (quantidade de NEFs, porcentagem de NEFs ativos, concentração de açúcares no néctar) e atividade das formigas (quantidade de formigas nos NEFs e quantidade de NEFs visitados pelas

formigas), foram comparadas individualmente entre as 13 plantas amostradas usando ANOVA unifatorial com a identidade da planta como fator aleatório.

A dinâmica do padrão de atividade dos 10 NEFs marcados em 13 plantas amostradas ao longo de 3 dias de observação foi avaliada através de correlação de matrizes de Mantel. Foi construída uma matriz espacial A_{ij} para cada dia de coleta, onde A é a quantidade de NEFs ativos em um ramo i de uma planta j . Então, as três matrizes foram testadas para correlação baseada em sua similaridade pela análise de correspondência de matrizes de Mantel, ou seja, foi testado se nos três dias de coleta os mesmos nectários estavam ativos ou não.

A concentração do néctar também foi comparada entre os três dias de observação usando ANOVA unifatorial com os dias como fator aleatório. Depois, a matriz para atividade dos NEFs foi comparada a uma matriz F_{ij} para atividade das formigas, considerando F a quantidade de formigas nos nectários em um ramo i de uma planta j . Para explicar a correspondência entre a atividade dos NEFs e das formigas, a quantidade de NEFs ativos e a concentração do néctar foram individualmente correlacionadas a quantidade de formigas nos NEFs usando Correlação de Spearman.

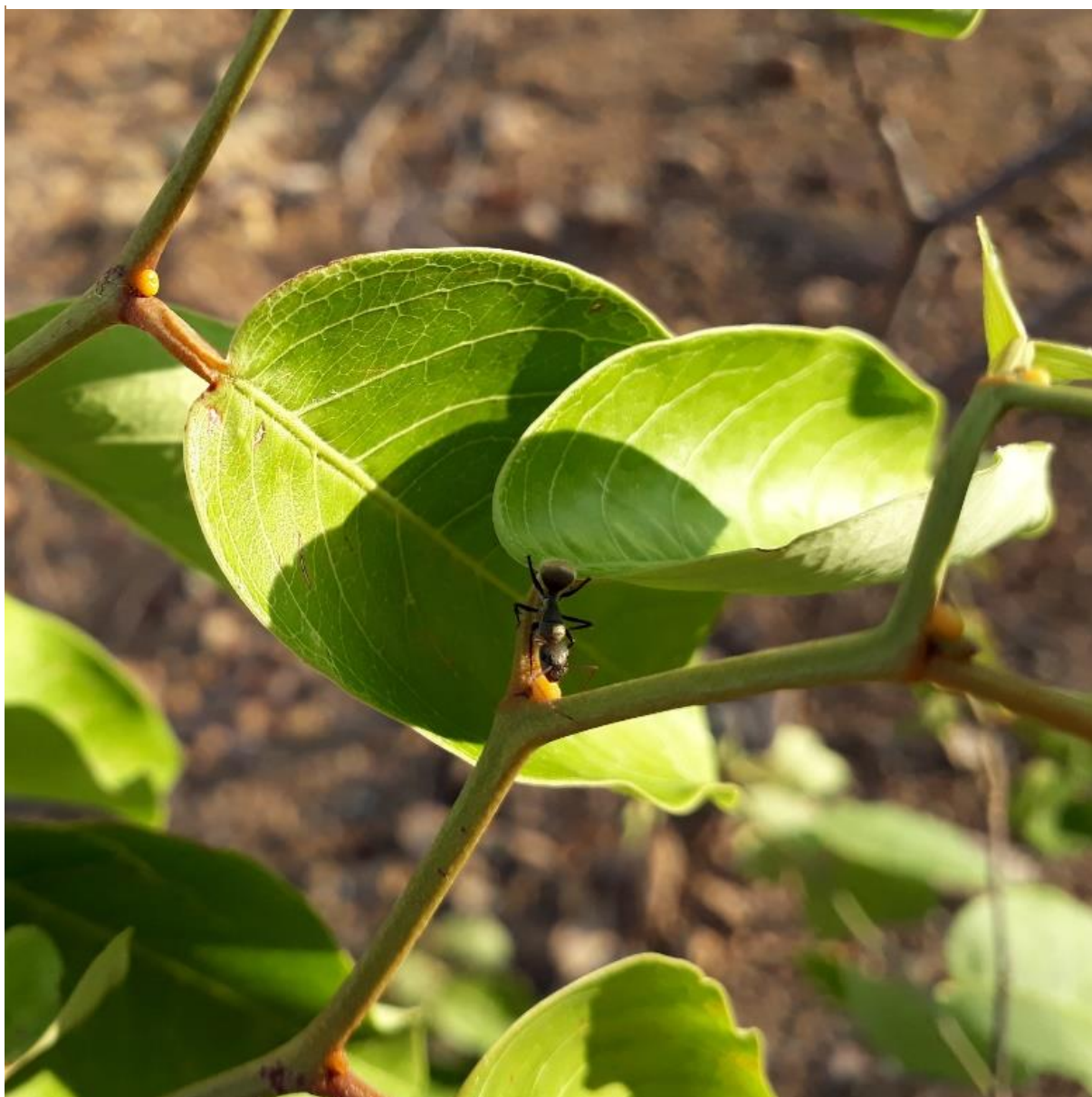
O efeito do estado fenológico da planta como fator explicativo da variação na atividade dos NEFs e atividade das formigas foi avaliado comparando individualmente a quantidade de NEFs ativos, a concentração do néctar e a quantidade de formigas nos NEFs entre ramos vegetativos e reprodutivos usando Teste de Friedman. As análises paramétricas foram realizadas para variáveis com distribuição normal, e as alternativas não paramétricas para dados com distribuição de Poisson ou Binomial. Todas as análises foram realizadas no Programa Past v3.0 (Hammer and Harper 2012) e os gráficos construídos no Excel 365 (Microsoft Office 2021).

2.4 RESULTADOS

A planta feijão-bravo (*C. flexuosa*) apresentou um nectário extrafloral localizado na base do pecíolo da folha, adaxial à inserção do pecíolo no galho. O nectário tem formato piriforme com dois lobos secretores separados por um sulco central onde o

néctar acumula. Cada folha possui um nectário (extrafloral), e não foi observado nectários associados a pedúnculos florais e frutíferos (extranupciais), apesar de haver secreção de néctar a partir de tecidos do botão floral. Foram observadas apenas formigas coletando néctar nos nectários extraflorais (Figura 2).

Figura 2 – *Camponotus arboreus* forrageando em nectário extrafloral de *Cynophala flexuosa*



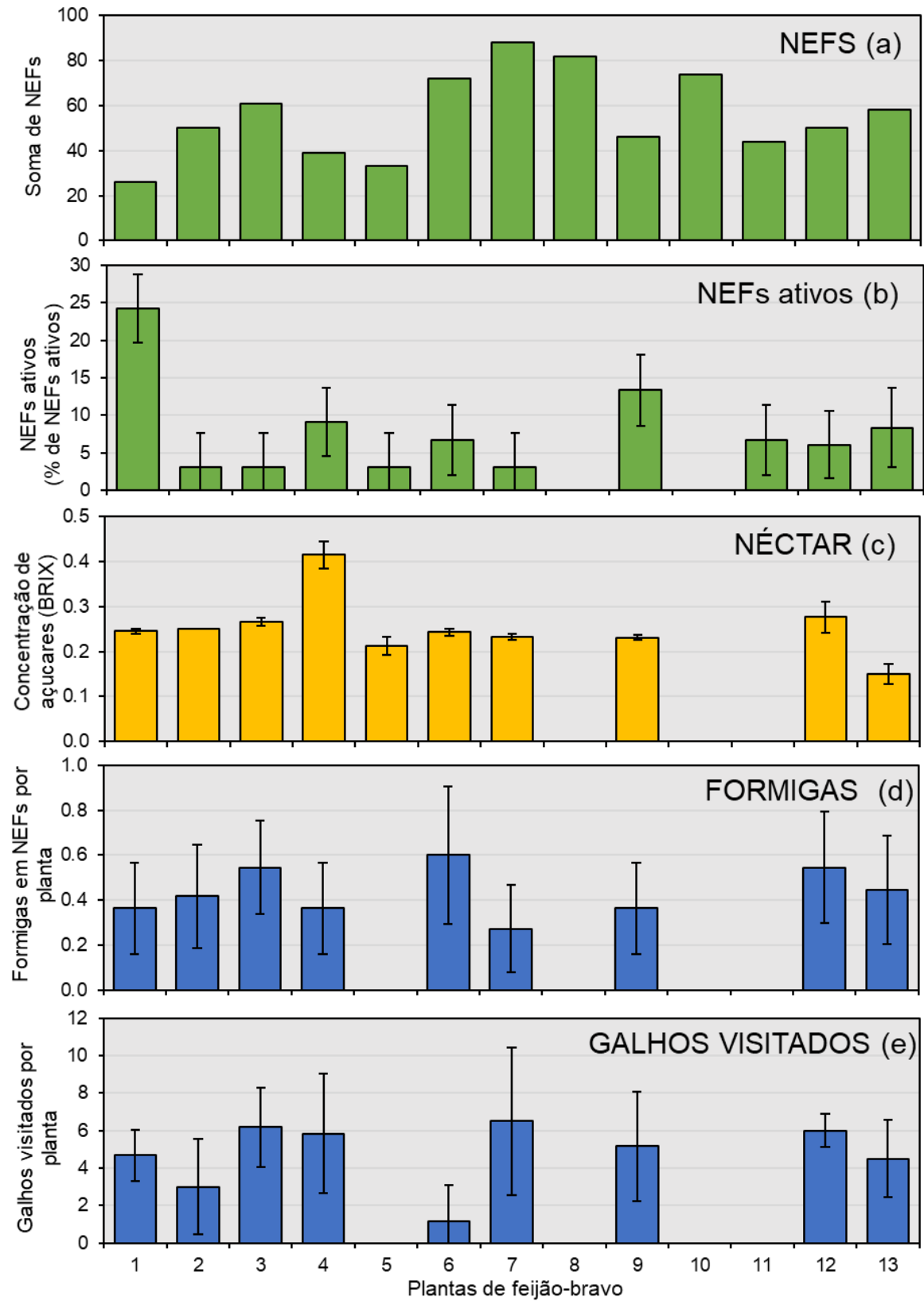
Fonte - Cavalcante B. N. T (2019)

As plantas diferem entre si quanto a quantidade de NEFs (ANOVA: $F_{1,12} = 2$, $p = 0.03$), quantidade de NEFs ativos (ANOVA: $F_{1,10} = 2.4$, $p = 0.01$), quantidade de secreções (ANOVA: $F_{1,10} = 2$, $p = 0.03$) e concentração de açúcares no néctar

secretado (ANOVA: $F_{1,9} = 14$, $p = 0.001$) (Figura 3). As plantas possuem em média 55 ± 14 NEFs (Figura 3a). Dos 10 nectários marcados em cada planta, e medidos em 3 dias, apenas 3 ± 1 NEFs (média \pm erro padrão) estavam ativos em cada planta por dia, o que representa em média $7 \pm 4\%$ de NEFs ativos em cada planta (Figura 3b), sendo que não observamos atividade em NEFs de duas plantas. Esses NEFs secretaram em média 2 ± 1 vez em um período de 3 dias de observação, o que representa $20 \pm 4\%$ das observações, permanecendo a maior parte do tempo sem secretar quantidade significativa de néctar. A concentração do néctar secretado pelos NEFs foi em média 26 ± 9 mg/mg por planta (Figura 3c), ainda que não tenha sido possível coletar néctar suficiente para medir em 4 plantas.

Apesar da variação entre plantas nas características do NEF, não houve diferença entre plantas na quantidade de formigas forrageando (ANOVA: $F_{1,9} = 1.3$, $p = 0.3$), sendo em média 3 ± 6 formigas em cada planta, mesmo que nenhuma formiga foi observada em 3 plantas (Figura 3d). Porém, a quantidade de galhos e NEFs visitados pelas formigas diferiu entre plantas (ANOVA: $F_{1,9} = 2.8$, $p = 0.01$; Figura 3e). A quantidade de formigas nas plantas e a quantidade de galhos visitados por essas formigas não foi explicado pelas características dos NEFs da planta, seja quantidade de NEFs ativos (Correlação: $r_p = 0.22$, $p > 0.05$), frequência de secreção (Correlação: $r_p = 0.28$, $p > 0.05$), ou concentração do néctar (Correlação: $r_p = 0.1$, $p > 0.05$).

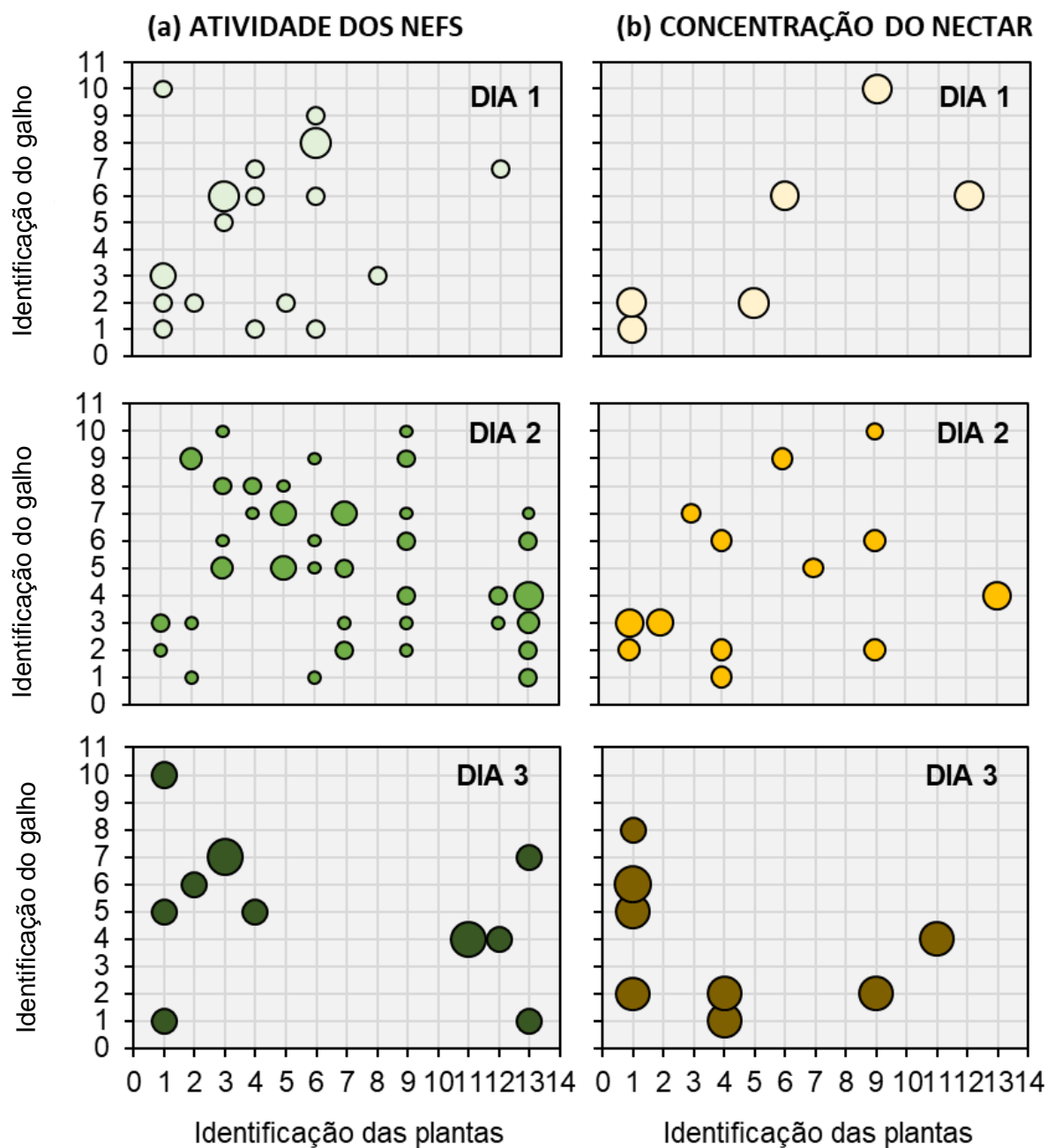
Figura 3 - Comparação entre as plantas de feijão-bravo quanto a atividade dos nectários extraflorais e a atividade das formigas nos nectários.



Fonte - Cavalcante B. N. T. (2021)

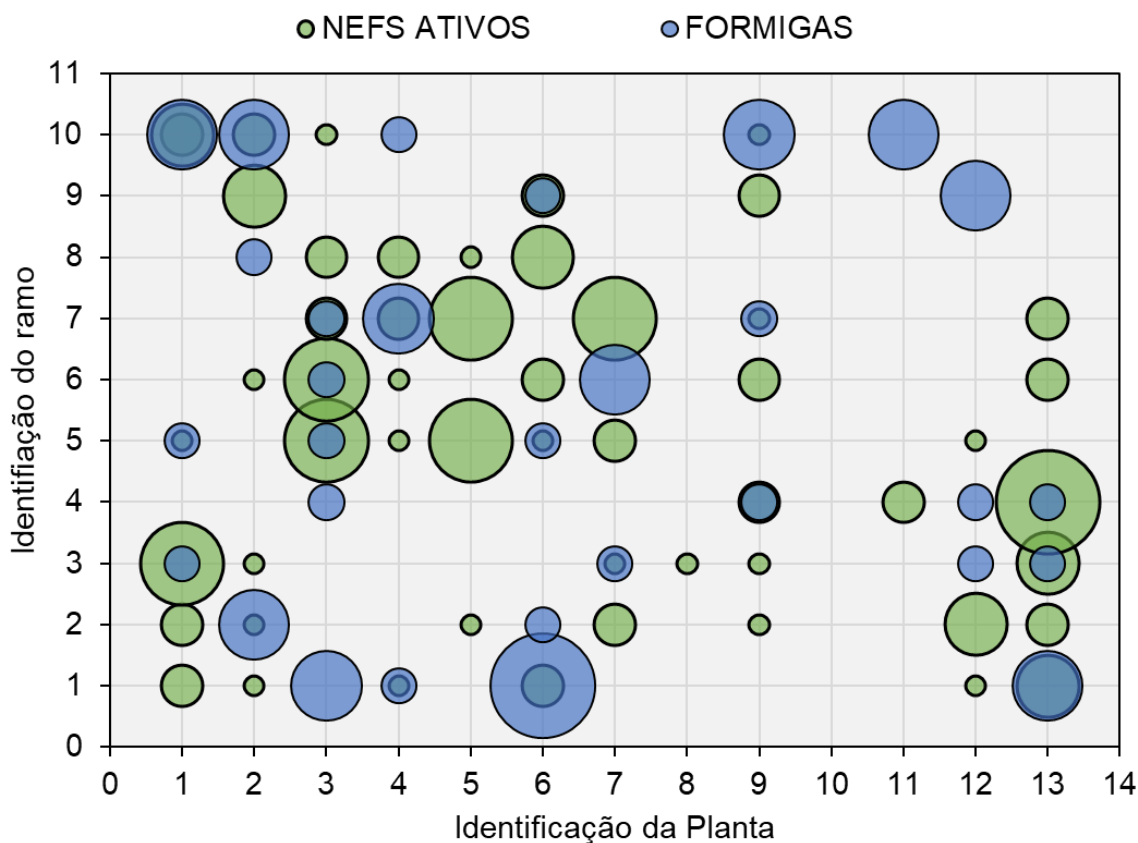
Encontramos uma variação grande na dinâmica de secreção de néctar pelos NEFs de cada planta. Em cada uma das coletas, diferentes NEFs estavam ativos (Mantel: $R=0.04$, $p=1$), apesar de secretarem néctar com semelhante concentração (ANOVA: $F_{2,24}=0.9$, $p=0.43$), não havendo correlação entre essas dinâmicas de secreção ao longo dos três dias (Figura 4). O mesmo ocorreu para o forrageio das formigas, que em cada dia apresentaram diferente padrão de forrageio na planta (Figura 5) e não houve correlação dos padrões entre os três dias (Mantel: $R=0.05$; $p=0.7$). Encontramos correspondência entre a atividade dos NEFs em ramos das plantas e a atividade de formigas nos NEFs (Mantel: $R=0.27$, $p=0.02$), o que foi explicado pela quantidade de nectários ativos no ramo (Spearman: $r_s=0.27$, $p=0.001$) mas não pela concentração média do néctar secretado por esses NEFs (Spearman: $r_s=0.11$, $p=0.41$).

Figura 4 - Padrão de atividade de nectários extraflorais em 10 ramos de 13 plantas de Feijão-bravo. O tamanho do círculo representa a quantidade de nectários ativos (menor área= 1 NEF ativo; maior área= 5 NEFs ativos), ou concentração do néctar (menor: 4%; maior= 50% de açúcares).



Fonte - Cavalcante B. N. T. (2021)

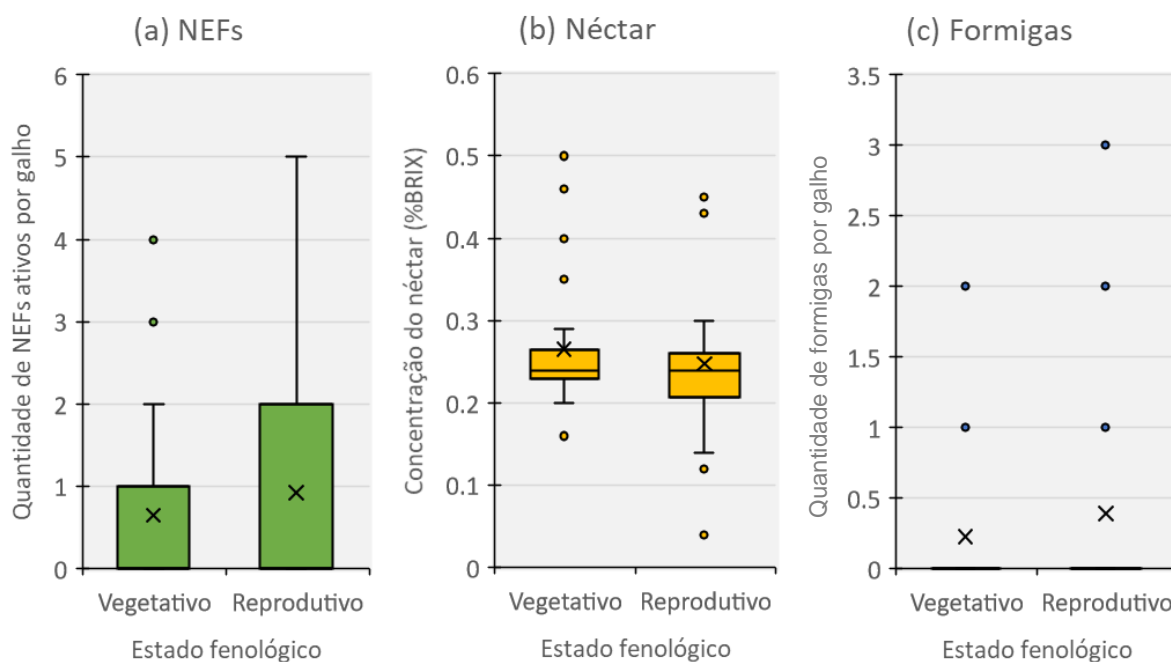
Figura 5 - Padrão de atividade de nectários extraflorais e de formigas em 10 ramos de 13 plantas de feijão-bravo evidenciando a correspondência entre a secreção do néctar pelo nectário e a visitação por formigas em diferentes galhos das plantas. O tamanho do círculo representa a quantidade de nectários ativos (menor área= 1 NEF ativo; maior área= 5 NEFs ativos), ou quantidade de formigas nos NEFs (menor= 1; maior= 3).



Fonte - Cavalcante B. N. T. (2021)

A produtividade do NEF não foi influenciada pelo estado fenológico da planta e a presença de flores e frutos nos ramos (Figura 6). Plantas apresentaram semelhante quantidade de nectários ativos (teste-F: $F= 1.1$, $p= 0.8$) e concentração de néctar (teste-F: $F=1.9$, $p= 0.1$), em ramos reprodutivos comparado com ramos vegetativos (Figura 6a, b). Por outro lado, o estado fenológico afetou a atividade de formigas nos NEFs. Ramos em estado reprodutivo apresentaram maior quantidade de formigas forrageando por néctar (teste-F: 2.6 , $p= 0.002$) comparado a ramos vegetativos das plantas (Figura 6c).

Figura 6 - Comparação entre ramos reprodutivos e vegetativos de plantas de feijão-bravo quanto a quantidade de NEFs ativos(a), concentração do néctar (b) e quantidade de formigas (c). Caixas representam quartis, o xis representa a média e os pontos são valores extremos.



Fonte - Cavalcante B. N. T. (2021)

2.5 DISCUSSÃO

A partir do estudo, obtivemos que as plantas de feijão-bravo (*C. flexuosa*) possuem diferenças na secreção de néctar dos indivíduos. Tendo distinção na quantidade de NEFs ativos e quantidades de secreções. Esses dados já foram consolidados por trabalhos que demonstraram diferenças na secreção por nectários florais (Klinkhamer e De Jong e Linnebank, 2001) e extraflorais (Heil et al. 2000). O teor de açúcar no néctar também diferiu entre as plantas. Variação anteriormente observada entre populações de plantas sul-americanas (Chalcoff e Aizen e Galetto, 2006). As diferenças na produção de néctar pelos indivíduos entre os dias de observações, pode ter sido ocasionado devido à fatores biológicos não avaliados pelo estudo, como herbivoria (Wäckers et al., 2001; Ness, 2003; Lach e Hobbs e Majer, 2009; Jones e Koptur, 2015) e taxa de forrageio de formigas em momentos anteriores ao ensacamento dos galhos (Bixenmann e Coley e Kursar, 2011). Como também, a

diferenças ambientais entre as observações, como temperatura e umidade relativa do ar (Wyatt e Broyles e Derda, 1992).

Obtivemos que as plantas ficaram grande parcela das observações sem secretar quantidades significativas de néctar. É comum que os vegetais diminuam a disponibilidade de néctar a fim de aumentar seus ganhos em relação aos custos (Nepi e Grasso e Mancuso, 2018). Encontramos grande variação na secreção pelos NEFs de cada planta. Dados já esperados, uma vez que o néctar pode ser distribuído de maneira irregular em flores de uma mesma planta (Shimida e Kadmon, 1991; Witt et al., 1999; Nepi e Guarnieri e Pacine, 2001; Pacini e Nepi, 2007) e o néctar extrafloral pode ser alocado conforme as necessidades atuais dos vegetais (Wäckers e Bonifay, 2004; Jones e Koptur, 2015). No estudo, não houve variação em concentração do néctar entre os ramos dos indivíduos. Dados similares foram alcançados por Chalcoff e Aizen e Galetto (2006), onde obtiveram diferenças na composição do néctar entre espécies e populações diferentes, porém não foi apresentado pelos autores, distinção entre a composição de néctar dentro de cada indivíduo.

As formigas apresentaram diferente padrão de forrageio na planta pois a quantidade de galhos visitados pelas formigas divergiu entre as plantas. Comportamento que pode ser explicado a partir da variação da secreção de néctar entre os galhos, possivelmente levando as formigas a diferir em quantidades de visitas e tempo gasto nos ramos. Essa estratégia já foi observada na variação da produção de néctar por flores, onde a irregularidade da secreção de néctar por indivíduo, fez com que polinizadores realizassem mais visitas e passassem mais tempo forrageando sobre a planta (Jones e Reithel e Irwin, 1998). Com isso, é possível que essa diferença no padrão de forrageio das formigas estenda a área de patrulha e o tempo que passam sobre as plantas, aumentando as chances de encontrar possíveis herbívoros. Esses dados entram em concordância, quando interpretados pelos argumentos de Shimida e Kadmon (1991), onde falam que a irregularidade na secreção de néctar por flores implica em mudanças de visita pelos forrageadores polinizadores, quando encontrado uma flor rica em néctar ou pobre em néctar, o forrageador deve escolher se visita flores vizinhas ou se deixa a planta.

Encontramos que a atividade de formigas nos NEFs foi explicada pela quantidade de nectários ativos nos galhos. Ideia já consolidada, na qual maiores produções de néctar implicam em maior abundância de formigas visitantes (Lange e

Calixto e Del-Claro, 2017). Porém, a quantidade de formigas forrageando entre plantas não pôde ser explicada pela variação do néctar ou pela concentração média do néctar secretado pelos NEFs de cada ramo. Uma explicação para esse dado é que algumas espécies de formigas em determinadas situações podem não apresentar preferências entre tipos e qualidades de néctar (Wagner e Kay, 2002). Contrariando o previsto, de que plantas alocariam o néctar extrafloral próximo a estruturas valiosas (Calixto et al., 2020; Wäckers e Bonifay, 2004), os vegetais do estudo não apresentaram maior produtividade de néctar em ramos contendo flores e frutos. Dentre os fatores que podem ter conduzido a esses resultados, estão a identidade da planta, possivelmente sendo comum para a espécie realizar esse tipo de secreção, ou, seguindo a tendência dos dados, que demonstram ligeira mudança de secreção e qualidade entre os galhos reprodutivos e vegetativos, houve baixa amostragem de ramos em diferentes estágios fenológicos.

Em termos gerais, o presente trabalho revela que *C. flexuosa* possui variação na secreção e qualidade de néctar extrafloral e a partir disso, influencia a visitação por formigas *C. arboreus*, corroborando com a nossa hipótese. Desse modo, as formigas visitaram quantidades de galhos diferentes entre os vegetais, apresentaram diferentes padrões de forrageamento a nível da planta e tiveram maior atividade em galhos que continham maior quantidade de NEFs ativos. Porém, mesmo com variação na secreção de néctar, a quantidade de formigas foi semelhante entre as plantas e as formigas forragearam por toda a planta, mesmo em galhos sem NEFs ativos. Isso pode indicar que realmente existe um balanço entre o investimento na secreção do néctar e o forrageio de formigas. Além disso, o néctar secretado é mais abundante ou concentrado quando é preciso atrair formigas e menos quando não é, e esse néctar é secretado de forma variada entre os NEFs da planta, tornando o recurso imprevisível e mantendo a formiga forrageando por toda a planta.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados da pesquisa reforçam a presença da dinâmica de secreção de néctar extrafloral, como importante fator capaz de reger associações com formigas. O estudo fornece informações importantes acerca dos mecanismos de interações

ecológicas entre formigas e plantas na caatinga, proveu dados acerca das secreções da planta *Cynophala flexuosa*, onde os indivíduos apresentaram diferentes quantidades de nectários extraflorais ativos e diferenças no teor de açúcar. Demonstramos a influência do néctar extrafloral de *C. flexuosa* no comportamento da formiga *C. arboreus*, onde, nessas condições, um néctar menos concentrado, porém mais abundante, foi mais atrativo para as formigas. E reforçamos a presença de variação no néctar extrafloral sendo influente em interações com formigas. Nesse sentido, esperamos que novos estudos investiguem e avaliem a interferência de insetos herbívoros na produção de néctar, a taxa de eficácia das formigas contra os herbívoros e principalmente o sucesso reprodutivo das plantas. Como também, realizar análises, observações e experimentos acerca das interações entre outras plantas portadoras de NEFs e outras espécies de formigas na caatinga, a fim de contribuir para o entendimento da complexidade dessas interações, especialmente em ambiente semiárido.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES-SILVA, Estevão; DEL-CLARO, Kleber. Effect of post-fire resprouting on leaf fluctuating asymmetry, extrafloral nectar quality, and ant-plant-herbivore interactions. **Naturwissenschaften**, v. 100, n. 6, p. 525-532, 2013.
- ALVES-SILVA, Estevao; DEL-CLARO, Kleber. Fire triggers the activity of extrafloral nectaries, but ants fail to protect the plant against herbivores in a neotropical savanna. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 8, n. 3, p. 233-240, 2014.
- BAKER, Herbert G.; OPLER, Paul A.; BAKER, Irene. A comparison of the amino acid complements of floral and extrafloral nectars. **Botanical Gazette**, v. 139, n. 3, p. 322-332, 1978.
- BECKERS, Ralph et al. Colony size, communication and ant foraging strategy. **Psyche**, v. 96, n. 3-4, p. 239-256, 1989.
- BERNARDELLO, Gabriel. A systematic survey of floral nectaries. In: **Nectaries and nectar**. Springer, Dordrecht, 2007. p. 19-128.
- BIXENMANN, R. J.; COLEY, P. D.; KURSAR, T. A. Is extrafloral nectar production induced by herbivores or ants in a tropical facultative ant-plant mutualism?. **Oecologia**, v. 165, n. 2, p. 417-425, 2011.
- BLÜTHGEN, Nico; FIEDLER, Konrad. Preferences for sugars and amino acids and their conditionality in a diverse nectar-feeding ant community. **Journal of Animal Ecology**, p. 155-166, 2004.

BRASIL, Ministério do planejamento, orçamento e gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Biomas do Brasil, escala 1:5.000.000, projeção policônica, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2004.

BRONSTEIN, Judith L. The contribution of ant-plant protection studies to our understanding of mutualism 1. **Biotropica**, v. 30, n. 2, p. 150-161, 1998.

BUCKLEY, Ralf C. Ant-plant interactions: a world review. In: **Ant-plant interactions in Australia**. Springer, Dordrecht, 1982. p. 111-141.

CALIXTO, Eduardo Soares 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**, 2020.

CÂMARA, Talita et al. Effects of chronic anthropogenic disturbance and rainfall on the specialization of ant-plant mutualistic networks in the Caatinga, a Brazilian dry forest. **Journal of Animal Ecology**, v. 87, n. 4, p. 1022-1033, 2018.

CAMAROTA, Flávio de Carvalho et al. A influência da presença de nectários extraflorais na estrutura da comunidade de formigas arbóreas do cerrado. **Tese de doutorado**. Universidade Federal de Uberlândia. 2012.

CARROLL, C. Ronald; JANZEN, Daniel H. Ecology of foraging by ants. **Annual Review of Ecology and systematics**, v. 4, n. 1, p. 231-257, 1973.

CHALCOFF, Vanina R.; AIZEN, Marcelo A.; GALETTO, Leonardo. 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.

DA SILVA, Carlos Henrique Félix et al. Extrafloral nectar as a driver of ant community spatial structure along disturbance and rainfall gradients in Brazilian dry forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 35, n. 6, p. 280-287, 2019.

DÁTILLO, Wesley et al. Interações mutualísticas entre formigas e plantas. **EntomoBrasilis**, v. 2, n. 2, pág. 32-36, 2009.

DAVIDSON, Diane West. The evolutionary ecology of symbiotic ant-plant relationships. **Journal of Hymenoptera research**, v. 2, p. 13-83, 1993.

DEL-CLARO, Kleber et al. Loss and gains in ant-plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. **Insectes Sociaux**, v. 63, n. 2, p. 207-221, 2016.

DEL-CLARO, Kleber; BERTO, Vanderlei; REU, Wilson. Effect of herbivore deterrence by ants on the fruit set of an extrafloral nectary plant, *Qualea multiflora* (Vochysiaceae). **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, n. 6, p. 887-892, 1996.

DO NASCIMENTO, Elynton Alves; DEL-CLARO, Kleber. Ant visitation to extrafloral nectaries decreases herbivory and increases fruit set in *Chamaecrista debilis* (Fabaceae) in a Neotropical savanna. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 205, n. 11, p. 754-756, 2010.

DORNHAUS, Anna; POWELL, Scott. Foraging and defence strategies. **Ant ecology**, p. 210-230, 2010.

FAGUNDES, Roberth et al. Differences among ant species in plant protection are related to production of extrafloral nectar and degree of leaf herbivory. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 122, n. 1, p. 71-83, 2017.

FLORES-FLORES, Rocío Vianey et al. Food source quality and ant dominance hierarchy influence the outcomes of ant-plant interactions in an arid environment. *Acta Oecologica*, v. 87, p. 13-19, 2018.

Franco, Letícia de Almeida costa. Desvendando as interações mirmecófilas do maciço do baturité, ceará: plantas, hemípteros e suas formigas mutualistas.

Trabalho de conclusão de curso. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira. 2019.

GALETTO, Leonardo; BERNARDELLO, Luis M. Extrafloral nectaries that attract ants in Bromeliaceae: structure and nectar composition. **Canadian Journal of Botany**, v. 70, n. 6, p. 1101-1106, 1992.

GONZÁLEZ-TEUBER, Marcia et al. Pathogenesis-related proteins protect extrafloral nectar from microbial infestation. **The Plant Journal**, v. 58, n. 3, p. 464-473, 2009.

HEIL, M. et al. Temporal, spatial and biotic variations in extrafloral nectar secretion by *Macaranga tanarius*. **Functional Ecology**, p. 749-757, 2000.

HEIL, Martin. Extrafloral nectar at the plant-insect interface: a spotlight on chemical ecology, phenotypic plasticity, and food webs. **Annual review of entomology**, v. 60, p. 213-232, 2015.

JONES, Ian M.; KOPTUR, Suzanne. Dynamic extrafloral nectar production: the timing of leaf damage affects the defensive response in *Senna mexicana* var. *chapmanii* (Fabaceae). **American journal of botany**, v. 102, n. 1, p. 58-66, 2015.

JONES, Kristina N.; REITHEL, Jennifer S.; IRWIN, Rebecca E. A trade-off between the frequency and duration of bumblebee visits to flowers. **Oecologia**, v. 117, n. 1-2, p. 161-168, 1998.

KEELER, Kathleen H. The extrafloral nectaries of *Ipomoea carnea* (Convolvulaceae). **American Journal of Botany**, v. 64, n. 10, p. 1182-1188, 1977.

KLINKHAMER, Peter GL; DE JONG, Tom J.; LINNEBANK, Lucas A. Small-scale spatial patterns determine ecological relationships: an experimental example using nectar production rates. **Ecology Letters**, v. 4, n. 6, p. 559-567, 2001.

KNOX, R. B. et al. Extrafloral nectaries as adaptations for bird pollination in *Acacia terminalis*. **American Journal of Botany**, v. 72, n. 8, p. 1185-1196, 1985.

KUO, J.; PATE, J. S. The extrafloral nectaries of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp): I. Morphology, anatomy and fine structure. **Planta**, v. 166, n. 1, p. 15-27, 1985.

LACH, Lori; HOBBS, Richard J.; MAJER, Jonathan D. Herbivory-induced extrafloral nectar increases native and invasive ant worker survival. **Population Ecology**, v. 51, n. 2, p. 237-243, 2009.

LANGE, Denise; CALIXTO, Eduardo Soares; DEL-CLARO, Kleber. Variation in extrafloral nectary productivity influences the ant foraging. **PloS one**, v. 12, n. 1, p. e0169492, 2017.

LEAL, Inara Roberta; TABARELLI, Marcelo; DA SILVA, José Maria Cardoso. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária UFPE, 2003.

LEAL, Laura C.; ANDERSEN, Alan N.; LEAL, Inara R. Disturbance winners or losers? Plants bearing extrafloral nectaries in Brazilian Caatinga. **Biotropica**, v. 47, n. 4, p. 468-474, 2015.

MACHADO, Eduardo Gomes; LIMA, Erlanio; FURTADO, Osvaldo. Urbanização e desafios à política urbana em pequenas cidades: o caso de Redenção, Ceará, no contexto de implantação da UNILAB. **Revista Políticas Públicas & Cidades-2359-1552**, v. 5, n. 1, 2017.

MARAZZI, Brigitte; BRONSTEIN, Judith L.; KOPTUR, Suzanne. The diversity, ecology and evolution of extrafloral nectaries: current perspectives and future challenges. **Annals of botany**, v. 111, n. 6, p. 1243-1250, 2013.

MELO, Yanna Carla da Silva. **Diversidade de nectários extraflorais em Leguminosae em áreas de caatinga-PE**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MELO, Yanna; MACHADO, Silvia R.; ALVES, Marccus. Anatomy of extrafloral nectaries in Fabaceae from dry-seasonal forest in Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 163, n. 1, p. 87-98, 2010.

NEPI, Massimo; GRASSO, Donato A.; MANCUSO, Stefano. Nectar in plant–insect mutualistic relationships: from food reward to partner manipulation. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1063, 2018.

NEPI, Massimo; GUARNIERI, Massimo; PACINI, Ettore. Nectar secretion, reabsorption, and sugar composition in male and female flowers of Cucurbita pepo. **International Journal of Plant Sciences**, v. 162, n. 2, p. 353-358, 2001.

NESS, J. *Catalpa bignonioides* alters extrafloral nectar production after herbivory and attracts ant bodyguards. **Oecologia**, v. 134, n. 2, p. 210-218, 2003.

OLIVEIRA, Fernanda Maria Pereira de. Perturbações antrópicas e mudanças climáticas na Caatinga: efeitos sobre os serviços providos por formigas às plantas. 2018.

OLIVEIRA, Paulo S.; PIE, Marcio R. Interaction between ants and plants bearing extrafloral nectaries in cerrado vegetation. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 2, p. 161-176, 1998.

OLIVER, Thomas H.; COOK, James M.; LEATHER, Simon R. When are ant-attractant devices a worthwhile investment? *Vicia faba* extrafloral nectaries and *Lasius niger* ants. **Population ecology**, v. 49, n. 3, p. 265-273, 2007.

PACINI, Ettore; NEPI, Massimo. Nectar production and presentation. In: **Nectaries and nectar**. Springer, Dordrecht. p. 167-214, 2007.

RAINE, Nigel E. et al. Guards and thieves: antagonistic interactions between two ant species coexisting on the same ant-plant. **Ecological Entomology**, v. 29, n. 3, p. 345-352, 2004.

SCHILMAN, Pablo E.; ROCES, Flavio. Assessment of nectar flow rate and memory for patch quality in the ant *Camponotus rufipes*. **Animal Behaviour**, v. 66, n. 4, p. 687-693, 2003.

SOARES NETO, Raimundo Luciano et al. Flora of Ceará state, Brazil: Capparaceae. **Rodriguésia**, v. 65, n. 3, p. 671-684, 2014.

SOUZA, Roberth Fagundes de et al. Competição por mutualismos: hierarquia de dominância interespecífica mediada pela qualidade do recurso regulando interações formiga-planta. 2015.

TRANIELLO, James FA. Foraging strategies of ants. **Annual review of entomology**, v. 34, n. 1, p. 191-210, 1989.

VANSTONE, V. A.; PATON, D. C. Extrafloral nectaries and pollination of *Acacia pycnantha* Benth by birds. **Australian Journal of Botany**, v. 36, n. 5, p. 519-531, 1988.

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.

WÄCKERS, Felix L.; BONIFAY, Claire. How to be sweet? Extrafloral nectar allocation by *Gossypium hirsutum* fits optimal defense theory predictions. **Ecology**, v. 85, n. 6, p. 1512-1518, 2004.

WAGNER, Diane; KAY, Adam. Do extrafloral nectaries distract ants from visiting flowers? An experimental test of an overlooked hypothesis. **Evolutionary Ecology Research**, v. 4, n. 2, p. 293-305, 2002.

WEBER, Marjorie G.; KEELER, Kathleen H. The phylogenetic distribution of extrafloral nectaries in plants. **Annals of botany**, v. 111, n. 6, p. 1251-1261, 2013.

WITT, Taina et al. Nectar dynamics and sugar composition in flowers of *Silene* and *Saponaria* species (Caryophyllaceae). **Plant Biology**, v. 1, n. 3, p. 334-345, 1999.

WYATT, Robert; BROYLES, Steven B.; DERDA, Gregory S. Environmental influences on nectar production in milkweeds (*Asclepias syriaca* and *A. exaltata*). **American Journal of Botany**, v. 79, n. 6, p. 636-642, 1992.