

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

RHAYANE SANTOS TERRA

MUITO SAL OU POUCO AÇÚCAR? A RESPOSTA DAS FORMIGAS DA
RESTINGA À SUPLEMENTAÇÃO DESSES DOIS RECURSOS ALIMENTARES

VIÇOSA – MINAS GERAIS
2022

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Terra, Rhayane Santos, 1998-

T323m
2022

Muito sal e pouco açúcar? A resposta das formigas da
restinga à suplementação desses dois recursos alimentares /
Rhayane Santos Terra. – Viçosa, MG, 2022.

1 dissertação eletrônica (29 f.): il.

Orientador: José Henrique Schoereder.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Biologia Geral, 2022.

Referências bibliográficas: f. 25-29.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.605>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Formigas - Ecologia. 2. Animais - Comportamento
agressivo. 3. Sal. 4. Plantas melíferas. 5. Ecologia molecular.
6. Estequiometria . I. Schoereder, José Henrique, 1959-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia
Geral. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. III. Título.

CDD 22. ed. 595.796

RHAYANE SANTOS TERRA

**MUITO SAL OU POUCO AÇÚCAR? A RESPOSTA DAS FORMIGAS DA
RESTINGA À SUPLEMENTAÇÃO DESSES DOIS RECURSOS ALIMENTARES**

Dissertação apresentada á Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: José Henrique Schoereder

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2022**

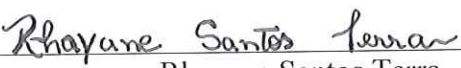
RHAYANE SANTOS TERRA

**MUITO SAL OU POUCO AÇÚCAR? A RESPOSTA DAS FORMIGAS DA
RESTINGA Á SUPLEMENTAÇÃO DESSES DOIS RECURSOS ALIMENTARES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 29 de julho de 2022.

Assentimento:



Rhayane Santos Terra
Autora



José Henrique Schoereder
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência. Obrigado por me permitir errar, aprender e crescer. Por me oferecer tantas oportunidades, me redescobrir, sei que nada foi por acaso.

Dentre as pessoas mais importantes da minha vida, queria agradecer aos meus pais, Edivania, Renato e irmão, Vinicius, por sempre me incentivarem a estudar, buscar evoluir e buscar ser a pessoa que eu sempre quis ser. Pai e mãe, sei que a batalha de vocês trabalhando incansavelmente de domingo a domingo, foi para dar o melhor para nós. Agradeço também a Felipe Farias por sempre acreditar no meu potencial, por sempre me colocar para cima em cada recaída, e por caminhar junto a mim nessa trajetória, que não foi fácil, mas se tornou mais leve ao seu lado.

Ao longo dessa jornada cheia de altos e baixos diversas pessoas estiveram ali por perto sempre me amparando emocionalmente para não fracassar, sei que esses encontros da vida não aconteceram por acaso, Deus sempre me cercou de pessoas grandiosas em minha volta. Aos meus amigos (as), Lucas Gutler, Tainara Fonseca, Pedro Sanders, Danilo Neves, obrigada por sempre me ajudarem de alguma forma nessa trajetória.

Ao meu querido Orientador, José Henrique por não soltar minha mão, por sempre me guiar o caminho que devia seguir, obrigada por agregar tanto no meu conhecimento, os alguns de vários puxões de orelha valeram a pena, haha.

Aos amigos do LABSEI, que sem eles nada teria acontecido, foram dias no sol da restinga de Itaúnas-ES, sempre muito empenhados, para que tudo desse certo, sou muito grata a vocês.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia por todo o aprendizado e pelos ótimos professores.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

TERRA, Rhayane Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2022. **Muito Sal ou pouco açúcar? A resposta das formigas da restinga à suplementação desses dois recursos alimentares.** Orientador: José Henrique Schoederer.

Em certos locais pode-se observar a limitação de um ou vários nutrientes, e a teoria da estequiometria ecológica prediz que, quando os organismos são confrontados com escolhas alimentares alternativas, buscam por nutrientes que são relativamente raros no ambiente. Dentre estes nutrientes fundamentais para os organismos, o NaCl é responsável por manter o equilíbrio osmótico, e os carboidratos são essenciais no fornecimento de energia. Os carboidratos podem estar disponíveis em altas concentrações em plantas com nectários extraflorais (NEFs), os quais são amplamente estudados por sua interação com formigas. Estas podem apresentar um comportamento agressivo na presença de herbívoros, sendo descritas como um tipo de defesa para as plantas. Neste trabalho analisamos se as formigas patrulham mais ativamente as plantas que têm recursos mais escassos no ambiente. Para isso testamos experimentalmente as seguintes hipóteses, em comunidade de restinga: (i) A comunidade de formigas é mais atraída para a suplementação com sacarose (recurso escasso), aumentando a abundância e riqueza de espécies quando comparado a suplementação com NaCl (recurso abundante); (ii) As espécies de formigas diferem entre os tipos de suplementação; (iii) As formigas defendem mais as plantas com suplementação por sacarose, aumentando a agressividade. Foram selecionados 15 indivíduos de cada uma de três espécies de plantas com NEFs e quinze indivíduos de cada uma de três espécies sem NEFs. Estes 15 indivíduos de cada espécie foram subdivididos em três níveis de suplementação: sacarose, sal de cozinha, água (controle). A suplementação foi feita usando frascos distribuídos em galhos da planta, permanecendo por 48 horas. Após esse período foram colocadas três armadilhas pitfall em cada árvore para coleta de formigas, permanecendo por 48 horas. O teste de agressividade foi realizado usando um cupim colado no galho onde foi feita a suplementação, o cupim permaneceu por 10 minutos e foram anotadas as interações com formigas nesse período. Houve um aumento na abundância e riqueza de espécies de formigas em espécies de plantas que possuem NEFs com suplementação de sacarose. A composição de espécies de formigas foi diferente em plantas com e sem NEFs, variando também de acordo com as espécies de plantas. A agressividade das formigas foi maior em plantas que receberam suplementação por sacarose. Nosso trabalho demonstra que o néctar promove vantagens

positivas, tanto para as formigas quanto para as plantas, por mais que seja um elemento energeticamente caro para as plantas. A suplementação de recursos escassos em plantas demonstrou que as formigas de fato, buscam por plantas que possuem nectários extraflorais para suprir sua dieta através dos compostos ricos em carboidratos e aminoácidos, visto que a restrição em si já possui altos níveis de salinidade.

Palavras-chave: Agressividade de formigas. Sal. Nectário extrafloral. Estequiometria ecológica.

ABSTRACT

TERRA, Rhayane Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2022. **Too much salt or too little sugar? The response of restinga ants to the supplementation of these two food resources.** Advisor: José Henrique Schoereder.

In certain locations, one or several nutrients may be limited, and the theory of ecological stoichiometry predicts that when organisms are faced with alternative food choices, they look for nutrients that are relatively rare in the environment. Among these essential nutrients for organisms, NaCl is responsible for maintaining osmotic balance, and carbohydrates are essential in providing energy. Carbohydrates may be available in high concentrations in plants with extrafloral nectaries (EFNs), which are widely studied for their interaction with ants. Ants can present an aggressive behavior in the presence of herbivores, being described as a type of defense for plants. In this work we analyzed whether ants patrol more actively plants that have scarcer resources in the environment. For this, we experimentally tested the following hypotheses, in a restinga community: (i) Ants are more attracted to sucrose supplementation (scarce resource), increasing their abundance and species richness when compared to NaCl supplementation (abundant resource) ; (ii) The ant species differ between the types of supplementation; (iii) Ants defend plants more with sucrose supplementation, increasing aggressiveness. We selected 15 individuals from each of three plant species with NEFs and fifteen individuals from each of three species without NEFs. These 15 individuals of each species were subdivided into three levels of supplementation: sucrose, table salt, water (control). Supplementation was made using flasks distributed on plant branches, remaining for 48 hours. After this period, three pitfall traps were placed in each tree to collect ants, remaining for 48 hours. The aggressiveness test was performed using a termite glued to the branch where the supplementation was made, we left the termite for 10 minutes and recorded the interactions with ants during this period. There was an increase in the abundance and richness of ant species in plant species that have NEFs with sucrose supplementation. The ant species composition was different in plants with and without NEFs, also varying according to the plant species. The aggressiveness of the ants was higher in plants that received sucrose supplementation. Our work demonstrates that nectar promotes positive advantages, both for ants and plants, even though it is an energetically expensive element for plants. The supplementation of scarce resources in plants has shown that ants actually look for plants that have extrafloral nectaries to supply their

diet through compounds rich in carbohydrates and amino acids, since the restinga itself already has high levels of salinity.

Keywords: Ant aggressiveness. Salt. Extrafloral nectary. Ecological stoichiometry

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
Área de estudo	11
Desenho experimental	11
Análise dos Dados	14
RESULTADOS	15
DISCUSSÃO	21
Formigas do ambiente de Restinga.....	21
Abundância e Riqueza de espécies de formigas	21
Composição de espécies	22
Agressividade das formigas.....	22
CONCLUSÃO.....	24
BIBLIOGRAFIA	25

INTRODUÇÃO

A necessidade nutricional está relacionada à maximização do desempenho de um organismo (Tilman, 1982). A busca por alcançar um equilíbrio nutricional adequado tem implicações na organização das comunidades biológicas, uma vez que, a disponibilidade desses elementos varia geograficamente (Kaspari et al., 2008). Em determinados locais pode-se observar a limitação de um ou vários nutrientes, e como forma de reverter as restrições do ambiente, os organismos buscam por nutrientes que são relativamente raros, já que estes devem ser os mais limitantes metabolicamente (Bihn et al., 2008). A estequiometria ecológica estuda a restrição energética e de que forma as proporções de nutrientes moldam e organizam as comunidades biológicas, inclusive por interações competitivas entre espécies, padrões de diversidade e abundância (Ribeiro et al., 2019).

O sódio (Na) é um elemento essencial, responsável por manter o equilíbrio osmótico, a função do sistema nervoso e a atividade muscular. Sua disponibilidade varia geograficamente, tendendo a aumentar próximo ao litoral, o que pode influenciar nas populações e processos dos ecossistemas (Kaspari et al., 2008; Da Silva & Williams, 2001). Por esse motivo algumas populações, como por exemplo, de abelhas (Barrows, 1974), borboletas (Arms et al., 1974) e comunidade de formigas (Kaspari et al., 2008) buscam suplementar a sua dieta para manter o equilíbrio de sódio. Entretanto, as proporções de nutrientes para alguns organismos podem não ser atingidos, devido à disponibilidade do recurso em um habitat (Bihn et al., 2008). Não se sabe ao certo até que ponto a disponibilidade NaCl pode ser um recurso limitante para esses organismos, como demonstra o estudo realizado por Hernández et al. (2012), que identificou que formigas operárias que não conseguiam regular a entrada de sal em seus ninhos sofreram altas taxas de mortalidade. Um estudo recente realizado por Kaspari et al. (2020) traz um dado importantíssimo para o estudo da estequiometria ecológica em formigas, sugerindo que as formigas podem estar adquirindo uma parte substancial de Na de exsudados vegetais.

Além dos 25 elementos químicos essenciais à vida, os carboidratos (CHO) são macronutrientes que sustentam os processos metabólicos, mantêm o crescimento e o desenvolvimento reprodutivo dos seres vivos (Sternner & Elser, 2002). Os CHO podem estar disponíveis em excreções de hemípteros (honeydew) (Fischer & Shingleton, 2001; Hölldobler & Wilson, 1990), e estão disponíveis em altas concentrações em plantas que possuem nectários extraflorais (NEFs). Estas estruturas são glândulas que secretam substâncias ricas em açúcar, aminoácidos, vitaminas, água e outros compostos orgânicos de importante valor nutritivo para

muitos artrópodes (Ruhren & Handel, 1999; (Heil et al. 2004; Nahas et al. 2012), e principalmente formigas das subfamílias Myrmicinae, Formicinae e Dolichoderinae, que utilizam deste recurso para complementar sua dieta (Bluthgen et al., 2004; González & Heil, 2009; Oliveira & Brandão, 1991). Na presença desse recurso as formigas são atraídas, aumentando seu patrulhamento, o que pode levar a uma maior abundância e riqueza de espécies de formigas nas plantas (Alves-Silva & Del-Claro, 2013). Além disso, o consumo desse recurso pode aumentar o fitness dos organismos fornecendo maior tolerância térmica (Bujan & Kaspari, 2017) e aumentando a função imunológica (Kay et al., 2014).

Plantas com NEFs podem ter interações positivas com as formigas (Rico-Gray & Oliveira, 2007), pois as plantas fornecem o líquido açucarado que é secretado através da glândula, que é utilizado como recurso alimentar, e as formigas protegem a planta contra a herbivoria, por exemplo. Alguns autores relatam a diminuição de produção de frutos em plantas que possuem NEFs e que tiveram as formigas isoladas, o que reflete no sucesso evolutivo das mesmas (Oliveira et al., 1999; Stephenson, 1982). Estas formigas geralmente apresentam comportamentos agressivos na presença de potenciais herbívoros, mesmo quando a relação não é obrigatória (Del-Claro et al., 2016; Fagundes et al., 2016; Stephenson, 1982). Em um estudo realizado em laboratório por Grover et al. (2007), foi evidenciado que, a disponibilidade de recursos providos de sacarose pode afetar diretamente a atividade e agressividade das formigas quando este recurso se torna escasso.

Em diversos biomas podemos encontrar espécies de plantas com a presença de nectários extraflorais, inclusive na restinga brasileira. Inserida no bioma Mata Atlântica, a restinga tem como características possuir alta flutuação diária da temperatura, solos arenosos, pobres em nutrientes, além de serem extremamente salinos (Araújo & Lacerda, 1987). Diferentes fitofisionomias constituem esse bioma, variando desde vegetação herbácea, arbustiva fechada ou aberta até a floresta de restinga, que ocorre mais ao interior (Araújo, 1992). Em diversos biomas, são relatados os registros de espécies de Plantas com NEFs (Morellato & Oliveira 1991; Machado et al. 2008; Melo et al. 2010), e principalmente no Cerrado, onde a abundância e frequência de plantas com NEFs são relativamente altas (Oliveira & Leitão-Filho, 1987; Oliveira & Freitas, 2004; Machado et al. 2008; Rico-Gray & Oliveira 2007) e as relações da influência da presença de NEFs são bem estabelecidas (Oliveira & Freitas, 2004; Campos et al. 2008; Schoereder et al. 2010; Nascimento & Del-Claro, 2010; Byk & Del-Claro, 2011; Belchior

et al. 2016). Na Restinga, as fontes de recursos açucarados são bastante limitadas, com apenas 12.7% das espécies encontradas na área de estudo apresentando nectários extraflorais (Miranda et al., 2022), não sabendo ainda as relações existentes, entre espécies de plantas com NEFs e a influência exercida nas espécies de formigas neste bioma. Podemos pressupor que as espécies de formigas que habitam a restinga podem buscar plantas que possuem nectários extraflorais para suprir sua dieta através dos compostos ricos em carboidratos e aminoácidos.

Neste trabalho analisamos como a suplementação de recursos podem influenciar a diversidade e agressividade da comunidade de formigas, usando sacarose como recurso escasso, visto que as fontes são bastante limitadas (Miranda et al., 2022), e NaCl como recurso abundante no ambiente de restinga. Para isso testamos as seguintes hipóteses: (i) A comunidade de formigas é mais atraída para a suplementação com sacarose, aumentando a abundância e riqueza de espécies quando comparado a suplementação com NaCl; (ii) As espécies de formigas diferem entre os tipos de suplementação; (iii) As formigas defendem mais as plantas com suplementação por sacarose, aumentando a agressividade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A coleta dos dados foi realizada durante a estação do inverno no período de julho de 2021, no Parque Estadual de Itaúnas (PEI) (18°20'/18°25'S 39°40'/39°42'W), localizado no município de Conceição da Barra – Espírito Santo, Brasil. O parque abrange uma área de 3.481 ha, possuindo diferentes ambientes, que vão desde mata de tabuleiro, restinga, dunas, ambientes estuarinos de mangues até região de alagados (IEMA, 2021) .

Desenho experimental

Para testarmos nossas hipóteses, foram selecionados 15 indivíduos de cada uma de três espécies de plantas com NEFs e quinze indivíduos de cada uma de três espécies sem NEFs. Estes 15 indivíduos de cada espécie foram subdivididos em três níveis de suplementação: cinco indivíduos com suplementação de açúcar, cinco indivíduos com suplementação de sal, cinco indivíduos com suplementação de água (controle).

As espécies com NEFs foram: *Anacardium occidentale* (Família: Anacardiaceae); *Abarema filamentosa* (Família: Fabaceae); *Hirtella racemosa* (Família: Chrysobalanaceae). As espécies sem NEFs foram: *Ocotea notata* (Família: Lauraceae); *Humiria balsamifera* (Família:

Humiriaceae); *Cupania emarginata* (Família: Sapindaceae) (Figura 1). O fator determinante para selecionar estas espécies de plantas foi o conhecimento prévio da presença das mesmas por meio de estudos já realizados nos mesmos locais.

A suplementação foi dividida em três níveis, dissolvidos em água conforme Kaspari et al. (2012), sendo estes: (1) açúcar, contendo 20% de sacarose em água; (2) Sal (NaCl) a 1% em água; (3) Água como controle. Cada árvore recebeu 15 frascos, que foram distribuídos ao longo do tronco e ramos de forma arbitrária (Figura 2A), cada frasco continha 40 ml do suplemento. Posteriormente, foram adicionadas três armadilhas pitfalls para captura das formigas, essas armadilhas permaneceram em campo em conjunto com a suplementação utilizada em questão por mais 48 horas (Figura 2B).

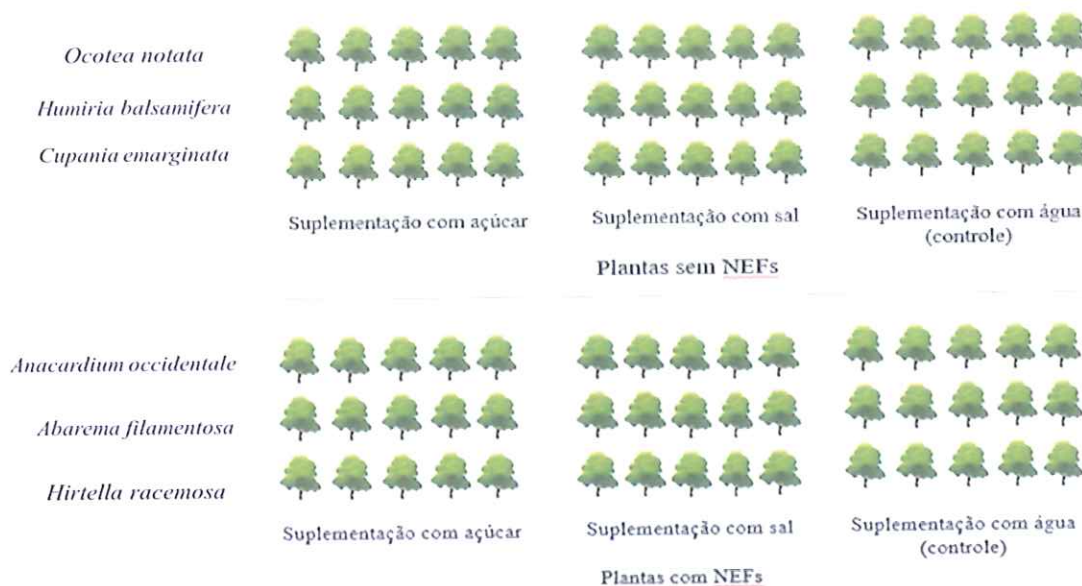


Figura 1: Demonstração simplificada do desenho amostral.



Figura 2A: Tubo de 80ml com barbante e solução de sacarose, Figura 2B sal ou água utilizados como suplementos nas plantas; Figura 2C: Pitfall arbóreo com solução de água, sal e detergente.

Para testar a hipótese da maior agressividade das formigas em plantas com suplementação de sacarose, coletamos cupins de forma manual e colamos um cupim vivo em um galho em cada árvore, no mesmo período em que a planta era suplementada. Esta isca foi observada por 10 minutos, verificando se ela era atacada por formigas. Através de um cronômetro foi anotado o tempo em que a isca era atacada, sendo considerado como ataque: mordidas ou contato através de antenas pelas formigas (Figura 3A, B).

A)

B)



Figura 3 A: Teste de agressividade das formigas utilizando cupins vivos colados no galho das árvores. Em B, vemos uma isca de cupim sendo atacada por formigas.

As formigas coletadas foram transportadas ao Laboratório de Sistemática e Ecologia de Insetos da Universidade Federal do Espírito Santo, campus de São Mateus. Após a triagem, as formigas foram montadas e identificadas até o menor nível taxonômico possível.

As identificações ao nível de subfamílias e gêneros foram conduzidas com base no Guia para Gêneros de Formigas do Brasil (Baccaro et al., 2015) e com o auxílio de informações disponíveis no *website* Antweb (<https://www.antweb.org/>). O refinamento das identificações foi feito com auxílio de especialista na área de taxonomia (Júlio Chaul). Pelo menos um

espécime de cada espécie foi depositado na Coleção de Formigas da CELC (Coleção Entomológica do Laboratório de Coleoptera), da Universidade Federal de Viçosa.

Análise dos Dados

Para analisar os dados utilizamos o software R (R Development Core Team 2018). Para testar nossas hipóteses, foram feitas análises de variância, na qual as variáveis explicativas foram (i) a presença e ausência de nectários extraflorais e (ii) a suplementação dividida em três níveis (suplementação por açúcar, sal e água), e as variáveis resposta foram a riqueza de espécies de formigas e a abundância de formigas. Foi utilizada a distribuição Poisson, por serem dados de contagem, com correção para quasipoisson quando necessário. Os modelos foram submetidos a análises de contrastes, para verificar a semelhança entre os níveis de suplementação. Todos os modelos foram submetidos à análise de resíduos, para conferir a adequabilidade dos mesmos e da distribuição utilizada.

Para testar a agressividade das formigas, fizemos uma análise de sobrevivência, usando distribuição Weibull, usando a presença de NEFs, a suplementação e as espécies de plantas como variáveis explicativas. O modelo foi simplificado através da remoção de variáveis não significativas e da união de níveis significativamente iguais.

E por fim, testamos a previsão de que a composição de espécies de formigas difere entre as suplementações, entre as espécies de plantas e entre as plantas com e sem NEFs, usando PERMANOVA, baseada na dissimilaridade de Jaccard (Anderson, 2001). Os resultados foram plotados graficamente usando PCoA (Análise de Componentes Principais) (Gower, 1966).

RESULTADOS

Foi coletado um total de 656 indivíduos de formigas, distribuídos em 25 espécies, e seis subfamílias, sendo Myrmicinae como a mais representativa (seis gêneros e nove espécies), seguida de Formicinae (três gêneros e seis espécies), Dolichoderinae (quatro gêneros e cinco espécies), Pseudomyrmecinae (um gênero e três espécies), Ponerinae (um gênero e uma espécie), Ectatomminae (um gênero e uma espécie) (Tabela 02). As espécies de formigas que mais tiveram registros são, *Cephalotes pusillus*, *Dorymyrmex* sp.1, *Brachymyrmex* sp. 1.

O modelo completo para a abundância foi significativo ($F(5,84)=15,99$, $p<0,0001$), porém a interação entre as variáveis não foi significativa ($F(2,86)=0,26$, $p=0,77$). Os níveis de suplementação com água e com sal não diferiram entre si ($F(1,87)=2,65$, $p=0,11$), tendo ambos

menor abundância de formigas que o nível de suplementação com açúcar. As plantas com NEFs tiveram uma abundância maior de formigas (Figura 4).

O modelo completo para a riqueza de espécies (Deviance=27,147, gl=5, 84, $p<0,0001$) e para os suplementação foram significativos (Deviance(2,87)=21.4908, $p<0,0001$). Porém, nem a interação (Deviance = 4,91, gl = 2, 84, $p=0,08$) e nem a presença de NEFs (Deviance = 0,74, gl = 1, 86, $p=0,39$) foram significativos. Os níveis de suplementação com água e com sal não diferiram entre si (Deviance = 3,35, gl = 1, 88, $p = 0,067$), e tiveram menos espécies de formigas que o nível com suplementação com açúcar (Figura 5).

Nas análises de composição foi averiguado que os níveis de suplementação não possuem efeito significativo ($p=0,1558$), ou seja, as composições de espécies de formigas não variam de acordo com a suplementação (açúcar, água, sal). Entretanto, plantas com NEFs têm composição de espécies de formigas diferentes das plantas sem NEFs ($p=0,011$, Figura 6). Diferentes espécies de plantas também têm composições de espécies de formigas diferentes ($p<0,0001$, Figura 7).

A análise de sobrevivência das iscas de cupins mostrou que a presença de NEFs não influencia a sobrevivência das iscas ($p>0,05$). Tanto os níveis de suplementação ($p<0,05$, Figura 8), quanto às diferentes espécies de plantas possuem diferenças para o ataque de formigas às iscas ($p<0,05$, Figura 9).

Tabela 02: Espécies de formigas sobre as espécies de plantas: AO- *Anacardium occidentale*, AF- *Abarema filamentosa*, HR- *Hirtela racemosa*, ON- *Ocotea notata*, HB- *Humiria balsamifera*, CE- *Cupania emarginata*. Soluções utilizadas nas suplementações: G-sacarose, S- Sal, A- água. A presença das espécies de formigas encontradas em cada espécie de planta sobre as suplementações é representada por um “X”.

Espécie	CE			HB			HR			ON			AO			AF		
	G	S	A	G	S	A	G	S	A	G	S	A	G	S	A	G	S	A
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1861	X						X	X	X	X		X						X
<i>Brachymyrmex sp.1</i> Mayr, 1868		X											X					
<i>Camponotus compositor</i> Mayr, 1861				X									X					
<i>Camponotus pittieri</i> Mayr, 1861										X								X
<i>Nylanderia sp.1</i> Emery, 1906										X								
<i>Camponotus atriceps</i> Mayr, 1861																		X
Myrmicinae																		
<i>Pheidole sp.1</i> Westwood, 1839					X													
<i>Xeno myrmex</i> <i>ufv.01</i> Forel, 1855	X		X	X			X						X					X
<i>Cephalotes pusilus</i> Latreille, 1802	X		X	X				X					X	X	X			X
<i>Pheidole sp.2</i> Westwood, 1839							X											
<i>Cephalotes minutus</i> Latreille, 1802	X	X		X						X	X	X	X					X
<i>Nesomyrmex sp.1</i> Wheeler, 1910		X																
<i>Cephalotes umbraculatus</i> Latreille, 1802																		X
<i>Procryptocerus goeldii</i> Emery, 1887													X					
<i>Wasmannia auropunctata</i> Forel, 1893				X														
Dolichoderinae																		

<i>Forelius sp.1</i> Lund, 1831					X	X		X		
<i>Dolichoderus diversus</i> Lund, 1831				X						X
<i>Dorymyrmex sp.1</i> Mayr, 1866	X	X	X	X	X		X			X
<i>Azteca sp.1</i> Forel, 1878			X		X		X	X		X
<i>Dolichoderus lutosus</i> Lund, 1831							X		X	X
Pseudomyrmecinae										
<i>Pseudomyrmex elongatus</i> Lund, 1831	X						X		X	X
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> Lund, 1831									X	
<i>Pseudomyrmex filiformis</i> Lund, 1831									X	
Ponerinae										
<i>Neoponera villosa</i> Emery, 1901							X		X	X
Ectatomminae										
<i>Ectatomma edentatum</i> F. Smith, 1858							X			X

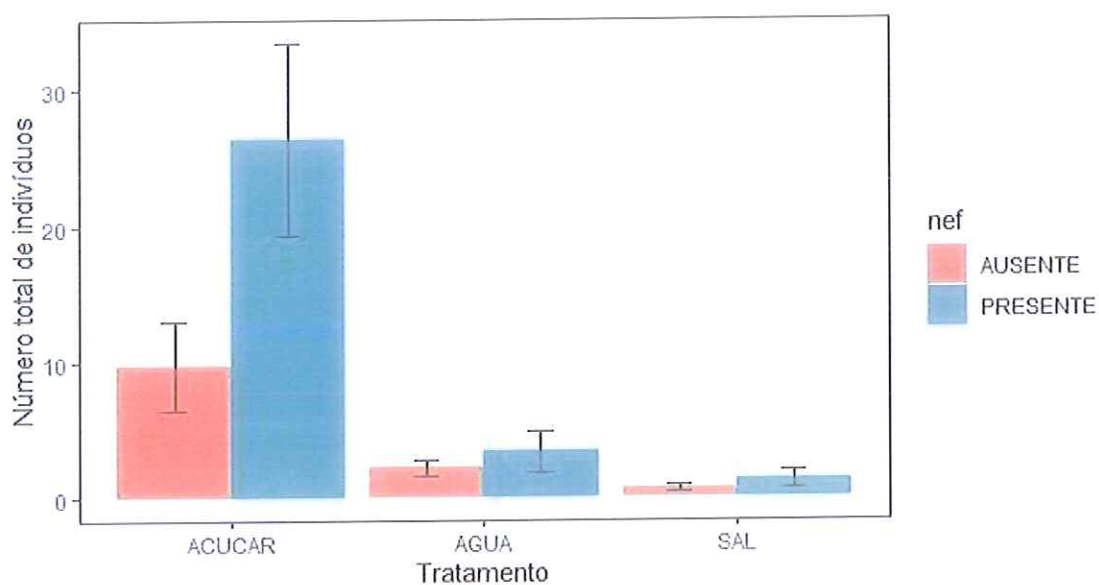


Figura 4: Variação da abundância de formigas em plantas suplementadas com açúcar, água e sal, com e sem NEFs. Os níveis de suplementação com água e com sal não diferiram estatisticamente.

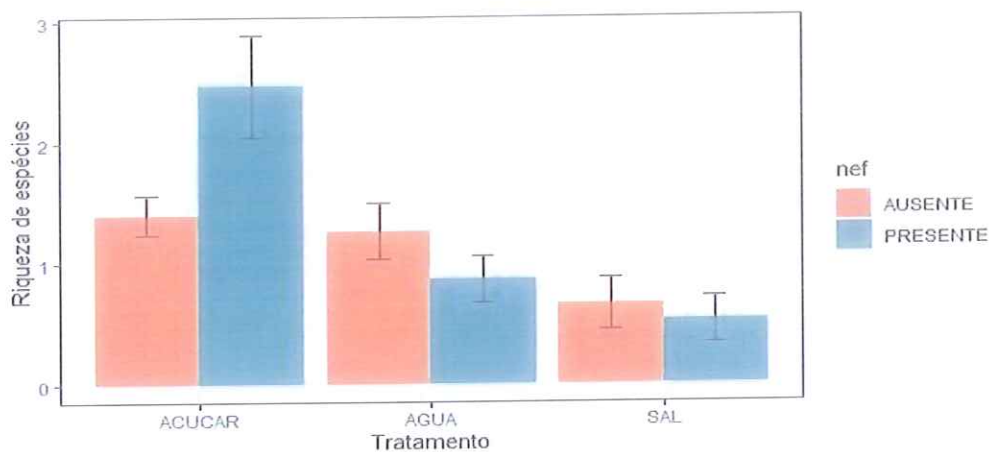


Figura 5: Variação da riqueza de formigas em plantas suplementadas com açúcar, água e sal, com e sem NEFs. Os níveis de suplementação com água e com sal não diferiram estatisticamente.

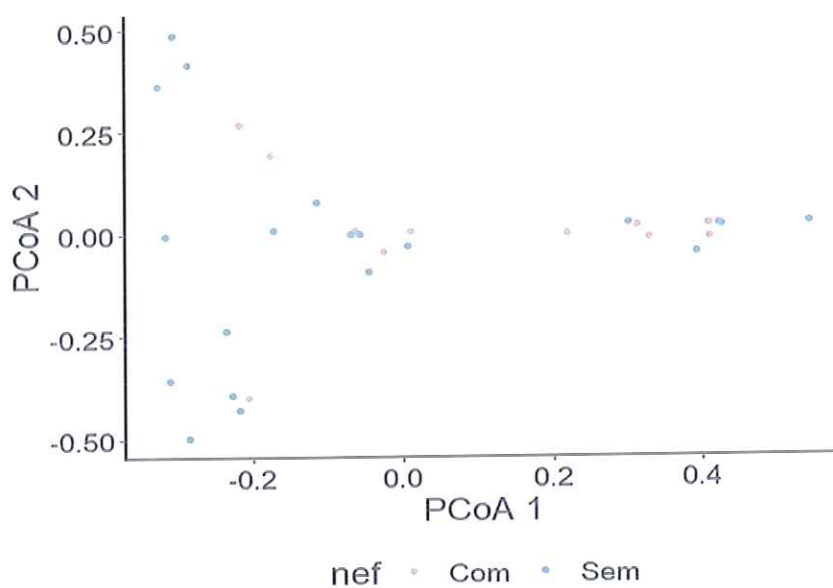


Figura 06: Efeito da presença de NEFs sobre a composição de espécies de formigas, plantas com NEFs têm composição de espécies de formigas diferentes das plantas sem NEFs.

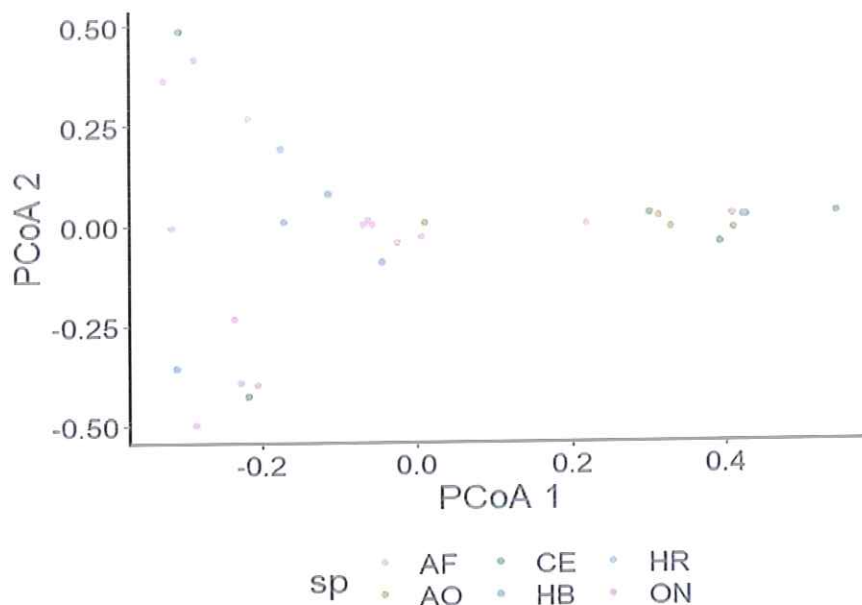


Figura 07: Efeito das espécies de planta sobre a composição das espécies de formigas, diferentes espécies de plantas têm composições de espécies de formigas diferentes.

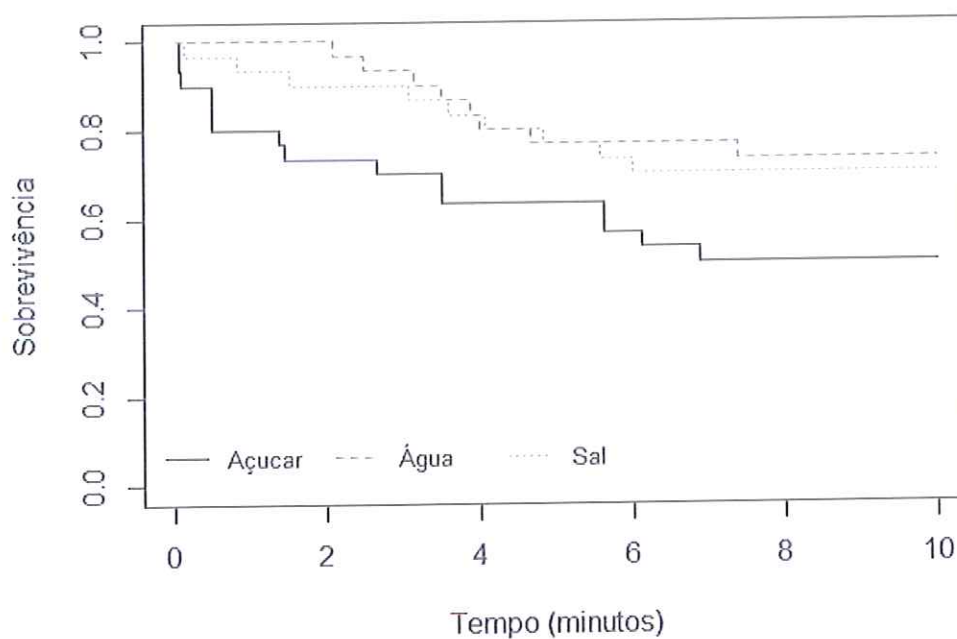


Figura 08: Tempo de sobrevivência dos cupins através do ataque das formigas em um período de 10 minutos nos diferentes tipos de suplementação.

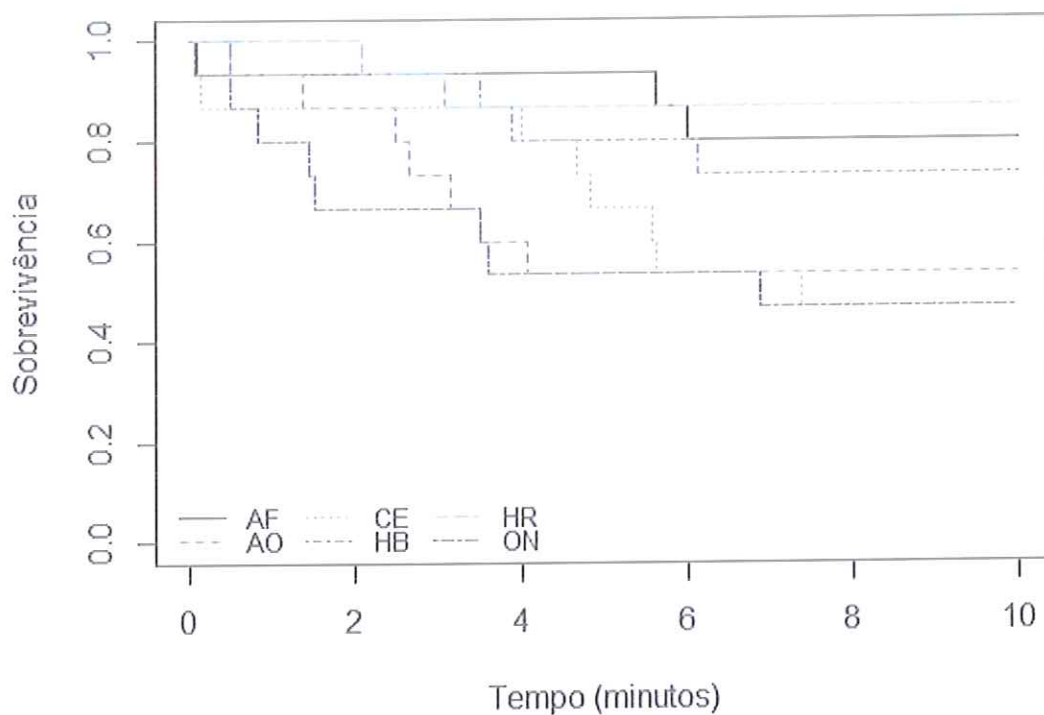


Figura 09: Tempo de sobrevivência dos cupins através do ataque das formigas em um período de 10 minutos nas diferentes espécies de plantas. AF = *Abarema filamentosa*, CE = *Cupania emarginata*, HR = *Hirtella racemosa*, AO = *Anacardium occidentale*, HB = *Humiria balsamifera*, ON = *Ocotea notata*.

DISCUSSÃO

Formigas do ambiente de Restinga

A restinga possui condições ambientais como alta flutuação diária da temperatura, solos arenosos, pobres em nutrientes, além de serem extremamente salinos (Araújo & Lacerda, 1987). Estes fatores podem estar relacionados com a baixa riqueza de espécies de formigas encontrada no presente trabalho, se comparada com a riqueza de espécies de formigas já amostradas em outros ambientes como a Mata Atlântica *stricto sensu* (Ferreira, 2018; Leal et al., 2012; Santos et al., 2006).

A maior riqueza de espécies de formigas em Myrmicinae, de fato, já é esperada, por ser um grupo hiperdiverso, com grande variedade morfológica, possuir diferentes estratégias de reprodução nidificação e obtenção de alimento. As mirmicíneas estão entre os organismos mais perceptíveis em qualquer ecossistema terrestre, seja nos trópicos ou em regiões temperadas (Baccaro et al., 2015).

Os gêneros *Cephalotes* e *Camponotus* apresentam maior frequência de visitas tanto para as espécies de planta, quanto para os tipos de suplementação, sacarose, sal e água, conforme apresentado na (Tabela 02). Tal representatividade, pode se dar devido ao hábito arborícola, uma vez que esses gêneros nidificam nas árvores (Arruda et al., 2016) e também por serem abundantes em espécies de plantas que possuem NEFs e utilizam deste recurso como alimento (Baccaro et al., 2015; Lange et al., 2019; Oliveira & Brandão, 1991). A espécie *Camponotus crassus*, por exemplo, tem sido relatada como mais abundante em plantas com nectários extraflorais por diversos estudos que averiguam os efeitos da interação formiga-planta na herbivoria foliar no Cerrado (Lange & Del-Claro, 2014; Lange et al., 2019; Oliveira & Brandão, 1991; Sendoya et al., 2009).

Abundância e Riqueza de espécies de formigas

O presente trabalho demonstra uma maior abundância de formigas em plantas com NEFs suplementadas com sacarose, de fato, como esperávamos, devido à baixa disponibilidade deste recurso no ambiente natural. A presença de compostos açucarados é apontada como recurso estruturador das assembleias de formigas (Byk & Del-Claro, 2011; Belchior et al., 2016; Schoereder et al., 2010). Dessa forma, um aumento na disponibilidade desse recurso permite que mais indivíduos sejam recrutados para o forrageamento e patrulhamento desse recurso.

Em um estudo recente, Ribeiro et al. (2019) forneceu evidências experimentais de que a disponibilidade de nutrientes influencia as comunidades de formigas arbóreas. De acordo com os resultados evidenciados foi possível notar que, diferentes grupos tróficos são limitados por N e CHO. A presença de mais espécies de formigas pode ser atribuída ao fato de que, na presença de mais recursos as espécies com comportamento mais agressivo e que usualmente estão forrageando nas plantas, tenham se saciado, diminuído sua agressividade diante de espécies mais submissas, permitindo que elas tivessem acesso ao recurso. Dados semelhantes foram relatados por Mendoza-Penagos et al. (2020), onde a riqueza de espécies de formigas foi onze vezes maior em plantas suplementadas com açúcar.

Composição de espécies

O presente estudo não apresentou diferenças na composição de espécies de formigas com relação aos tipos de suplementação, divergente com o estudo de Mendoza-Penagos et al. (2020) onde a composição difere entre os atrativos. Porém, a composição de espécies de formigas foi diferente entre plantas com e sem NEFs, assim como em diferentes espécies de plantas. Sabe-se que, grupos específicos de formigas podem permanecer e nidificar em um ambiente de acordo com a disponibilidade de nutrientes, exigências nutricionais distintas e interações competitivas por um recurso em específico (Bastos & Harada, 2011; Mendoza-Penagos et al., 2020). Desta forma, cada espécie de planta fornece características particulares que atendem às necessidades de espécies de formigas. As estruturas secretoras de açúcares (NEFs) têm sido consideradas como um fator que estrutura interações entre insetos-planta (Belchior et al., 2016; Byk & Del-Claro, 2011; Schoereder et al., 2010), a presença dessas estruturas permite a formação de uma comunidade própria que faz uso desse recurso e que acaba por proteger a planta (Bentley, 1977; Costa et al., 1992).

Agressividade das formigas

A média de ataque variou conforme as espécies de plantas: *Ocotea notata* recebeu maior defesa das formigas, em seguida, as espécies de plantas receberam menor defesa na seguinte ordem, *Anacardium occidentale*, *Cupania emarginata*, *Humiria balsamifera*, *Abarema filamentosa*, *Hirtella racemosa*. É interessante notar que a espécie *Ocotea notata*, é uma planta que não possui NEFs, porém, quando suplementada com sacarose obteve uma maior mortalidade de cupins, ou seja, uma maior defesa das formigas em relação às demais espécies de plantas. Esse achado demonstra a importância que a presença de um recurso exerce sobre as

interações ecológicas de um ambiente. Ao perceberem a disponibilidade do recurso na planta, a comunidade de formigas estabelece novas interações com as plantas.

A maior agressividade de formigas em plantas suplementadas com sacarose está relacionada à maior oferta desse recurso, o que promove um maior recrutamento de formigas sobre as iscas de cupins, os quais são considerados possíveis herbívoros. O aumento na agressividade das formigas é uma resposta protetiva ao recurso que está disponível. Ao achar um recurso energeticamente promissor as formigas aumentam seu forrageamento, a fim de impedir o acesso de possíveis competidores. Por meio desse mecanismo de defesa do recurso, as formigas acabam por fornecer proteção para a planta, eliminando possíveis herbívoros (Bentley, 1977).

Em síntese, esses resultados contribuem para a teoria da estequiometria ecológica, demonstrando como a escassez ou abundância de recursos em um ambiente pode moldar as comunidades biológicas. No caso da restrição a maior disponibilidade de sacarose, recurso energeticamente nutritivo, promove aumento na diversidade de formigas e nas interações delas com as plantas. As fontes de recursos açucarados no ambiente de restrição são bastante limitadas, apenas 12.7% das espécies encontradas na área de estudo apresentam nectários extraflorais (Miranda et al., 2022), quantidade bem abaixo se comparado ao cerrado que possui cerca de 25% das espécies de plantas com essas estruturas (Oliveira & Freitas, 2004), isso mostra como esse recurso é valioso para as comunidades biológicas desse ambiente.

Ao contrário da sacarose, o NaCl é um recurso bastante abundante no ecossistema estudado, tanto pela formação do solo, quanto pelo spray salino vindo do mar. Além disso esse recurso pode ser acessado pela comunidade biológica por diversas formas, já que as plantas por serem halófitas conseguem absorver e destinar o sal para suas diferentes partes vegetativas (Yuan et al., 2019). Entretanto, estudos realizados em ambientes com limitação de NaCl demonstram relações parecidas com as observadas com a sacarose nesse estudo. A suplementação com sódio em ambientes com baixa disponibilidade, promove aumento no número de decompositores potencializando a decomposição (Kaspari et al., 2014), promove aumento da abundância de herbívoros e conseqüentemente de danos foliares (Kaspari et al., 2016; Welti et al., 2020; Welti & Kaspari, 2021), além disso, mostra que a atratividade para fontes de sal aumenta a medida que se distanciam de rodovias (Kaspari et al., 2010). Dessa forma, esse estudo pode contribuir para entender como a dinâmica nutricional exerce efeitos sobre populações, cadeias alimentares e ecossistemas.

CONCLUSÃO

Considerando os resultados reportados no presente trabalho sobre a influência da suplementação alimentar através de compostos em um ambiente salino, nossos dados são consistentes com a hipótese de que a suplementação por sacarose em plantas promove um aumento da abundância e riqueza de espécies de formigas. A disponibilidade deste alimento promoveu um maior recrutamento e agressividade de formigas, demonstrando ser um recurso que está ligado à estruturação das assembleias de formigas. A disponibilidade natural desse recurso, através da presença de NEFs, também influencia a identidade das comunidades de formigas que visitam cada espécie de planta.

Nosso trabalho sugere que o néctar promove vantagens, tanto para as formigas quanto para as plantas, por mais que seja um elemento energeticamente caro para as plantas. A suplementação de recursos escassos no ambiente demonstrou que as formigas de fato, buscam por recursos que são limitados, o aumento na disponibilidade de açúcares potencializa as interações que já ocorrem por meio da presença de NEFs. Entretanto, a presença de nectários extraflorais, em algumas espécies, fornece uma pequena fonte desse recurso comparado aos altos níveis de salinidade encontrados no ambiente de restinga.

BIBLIOGRAFIA

ALVES-SILVA, E. & DEL-CLARO, K. 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.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, v. 26, p. 32-46, 2001.

ARAÚJO, D. S. D. & LACERDA, L. D. A natureza das restingas. *Ciência Hoje*, v. 6, n. 33, p. 42-48, 1987.

ARAÚJO, D. S. D. Vegetation types of sandy coastal plains of Tropical Brazil: A first approximation. In Seeliger, U. (ed.). *Coastal plant communities of Latin America*. Academic Press, 1992. p. 337-347.

ARMS, K.; FEENY, P. & LEDERHOUSE, R. C. Sodium: Stimulus for puddling behavior by tiger swallowtail butterflies, *Papilio glaucus*. *Science*, v. 185, n. 4148, p. 372-374, 1974.

ARRUDA, F. V., PESQUERO, M. A., MARCELINO, D. G., LEITE, G. A., DELABIE, J. H. C. & FAGUNDES, R. Size and condition of bamboo as structural factors behind the vertical stratification of the bamboo-nesting ant community. *Insectes Sociaux*. 63(1), p. 99-107, 2016. doi:10.1007/s00040-015-0440-4.

BACCARO, F. B.; FEITOSA, R. M.; FERNADÉZ, F.; FERNANDES, I. O.; IZZO, T. J.; SOUZA, J. L. P. & SOLAR, R. R. C. Guia para os Gêneros de Formiga do Brasil. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. 388 p, 2015.

BARROWS, W. M. Aggregation behavior and response to sodium chloride in females of a solitary bee, *Augochlora pura* (Hymenoptera: Halictidae). *Florida Entomologist*, 189-193, 1974.

BASTOS, A. H. S. & HARADA, A. Y. Leaf-litter amount as a factor in the structure of a ponerine ants community (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae) in an eastern Amazonian rainforest, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55(4), 589-596, 2011. doi:10.1590/s0085-56262011000400016.

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*, 11, 1-17, 2016.

BENTLEY, B. L. Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards. *Annual Review of Ecology and Systematic*, p. 407-427, 1977.

BIHN, J. H.; VERHAAGH, M. & BRANDL, R. Ecological stoichiometry along a gradient of forest succession: Bait preferences of litter ants. *Biotropica*, 40(5), 597-599, 2008.

BLÜTHGEN, N.; GOTTSBERGER, G. & FIEDLER, K. Sugar and amino acid composition of ant-attended nectar and honeydew sources from an Australian rainforest. *Austral Ecol* 29:418-429, 2004. doi:10.1111/j.1442-9993.2004.01380.

BUJAN, J. & KASPARI, M. Nutrition modifies critical thermal maximum of a dominant canopy ant. *Journal of Insect Physiology*, 102, 1-6, 2017.

BYK, J. & DEL-CLARO, K. Ant-plant interaction in the neotropical savanna: direct beneficial effects of extrafloral nectar on ant colony fitness. *Population Ecology*, 53, 327-332, 2011.

CAMPOS, R. I., LOPES, C. T., MAGALHÃES, W., & VASCONCELOS, H. L. Estratificação vertical de formigas em Cerrado strictu sensu no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 98, 311-316, 2008.

COSTA, F. M. C. B.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. & OLIVEIRA, P. S. The role of extrafloral nectaries in *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in limiting herbivory: an experiment of ant protection in cerrado vegetation. *Ecological Entomology*, 17, 362-365, 1992.

DO NASCIMENTO, E.A; DEL-CLARO, K. 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.

DA SILVA, J. J. R. F. & WILLIAMS, R. J. P. The biological chemistry of the elements: the inorganic chemistry of life. Oxford University Press, 2001.

DEL-CLARO, K.; RICO-GRAY, V.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M.; ALVES-SILVA, E.; FAGUNDES, R.; LANGE, D. & RODRIGUEZ-MORALES, D. Loss and gains in ant-plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. *Insectes Sociaux*, 63(2), 207-221, 2016. doi:10.1007/s00040-016-0466-2.

FAGUNDES, R.; DÁTTILO, W.; RIBEIRO, S. P.; RICO-GRAY, V. & DEL-CLARO, K. Food source availability and interspecific dominance as structural mechanisms of ant-plant-hemipteran multitrophic networks. *Arthropod-Plant Interactions*, 10(3), 207-220, 2016. doi:10.1007/s11829-016-9428-x.

FERREIRA, I. J. M.; FERREIRA, J. H. D.; BUENO, P. A. A.; VIEIRA, L. M.; DE OLIVEIRA BUENO, R. & DO COUTO, E. V. Spatial dimension landscape metrics of Atlantic Forest remnants in Paraná State, Brazil. *Technology*, 40, 36503, 2018.

FISCHER, M. K. & SHINGLETON, A. W. Host plant and ants influence the honeydew sugar composition of aphids. *Functional Ecology*, 15(4), 544-550, 2001.

GONZÁLEZ-TEUBER, M., & HEIL, M. Nectar chemistry is tailored for both attraction of mutualists and protection from exploiters. *Plant signaling & behavior*, 4(9), 809-813, 2009.

GOWER, J. C. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika* 53: 325-338, 1966.

GROVER, C. D.; KAY, A. D.; MONSON, J. A.; MARSH, T. C. & HOLWAY, D. A. Linking nutrition and behavioural dominance: carbohydrate scarcity limits aggression and activity in Argentine ants. *Biological Sciences*, 274(1628), 2951-2957, 2007. doi:10.1098/rspb.2007.1065

HERNÁNDEZ, L. A.; TODD, E. V.; MILLER, G. A. & Frederickson, M. E. Salt intake in Amazonian ants: Too much of a good thing?. *Insectes sociaux*, 59(3), 425-432, 2012.

HEIL M, HILPERT A, KRÜGER R, LINSENMAIR KE. Competition among visitors to extrafloral nectaries as a source of ecological costs of an indirect defence. *J Trop Ecol* 20:201–208, 2004.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. *The ants*. Harvard University Press, 1990.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. PARQUE ESTADUAL DE ITAÚNAS. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/PEI>>. Acesso em: 12 Set. 2021.

KASPARI M.; CHANG C. & WEAVER J. Salted roads and sodium limitation in a northern forest ant community. *Ecol. Entomol.* 35: 543-548, 2010.

KASPARI, M.; WELTI, E. A. & DE BEURS, K. M. The nutritional geography of ants: Gradients of sodium and sugar limitation across North American grasslands. *Journal of Animal Ecology*, 89(2), 276-284, 2020.

KASPARI, M.; YANOVIK, S. P. & DUDLEY, R. On the biogeography of salt limitation: a study of ant communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(46), 17848-17851, 2008.

KASPARI, M.; ROEDER, K. A.; BENSON, B.; WEISER, M. D. & SANDERS, N. Sodium co-limits and catalyzes macronutrients in a prairie food web. *Ecology*, 98, 315-320, 2016.

KASPARI, M.; CLAY, N. A.; DONOSO, D. A., & YANOVIK, S. P. Sodium fertilization increases termites and enhances decomposition in an Amazonian forest. *Ecology*, 95(4), 795-800, 2014.

KASPARI M; DONOSO, D; LUCAS J. A; ZUMBUSCH, T; KAY, A. D. Using nutritional ecology to predict community structure: a field test in neotropical ants. *Ecosphere* 3:1–15, 2012.

KAY, A. D.; BRUNING, A. J.; VAN ALST, A.; ABRAHAMSON, T. T.; HUGHES, W. & KASPARI, M. A carbohydrate-rich diet increases social immunity in ants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281, 20132374, 2014.

LANGE, D. & DEL-CLARO, K. Ant-plant interaction in a tropical Savanna: may the network structure vary over time and influence on the outcomes of associations?. *PLoS One*, 9, 105574, 2014.

LANGE, D.; CALIXTO, E. S.; ROSA, B. B.; SALES, T. A. & DEL-CLARO, K. Natural history and ecology of foraging of the *Camponotus crassus* Mayr, 1862 (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Natural History*, 53(27-28), 1737-1749, 2019.

LEAL, I. R.; FILGUEIRAS, B. K. C.; GOMES, J. P.; IANNUZZI, L. & ANDERSEN, A. N. Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. *Biodiversity and Conservation*, 21(7), 1687- 1701, 2012. doi:10.1007/s10531-012-0271-9.

MORELLATO, L. P. C; OLIVEIRA P. S. Distribution of extrafloral nectaries in different vegetation types of Amazonian Brazil. *Flora* 185:33–38, 1991.

MACHADO, S.R; MORELLATO, L. P. C; SAJO M. G; OLIVEIRA, P. S. Morphological patterns of extrafloral nectaries in woody plant species of the Brazilian Cerrado. *Plant Biol* 10:660–673, 2008.

MELO, Y; CÓRDULA, E; MACHADO, S. R; ALVES, M. Morfologia de nectários em Leguminosae sensu lato em áreas de caatinga no Brasil. *Acta Bot Bras*, 24:1034– 1045, 2010.

MENDOZA-PENAGOS, C. C; HESSEN, K. O. V. & ALMEIDA, R. P. S. Assessing sodium limitation as a resource for ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) in an area of the Amazonian Terra Firme Forest. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais*, 15(1), 135-143, 2020.

MIRANDA, V. S; GUTLER, L. R.; DUTRA, S.; SOBRINHO, T. G. & ALVES-ARAÚJO, A. Extrafloral nectaries of an Atlantic Forest conservation area in Southeastern Brazil. *Acta Botanica Brasilica* (no prelo), 2022.

NAHAS, L; GONZAGA, M. O; DEL-CLARO, K. Emergent impacts of ant and spider interactions: herbivory reduction in a tropical savanna tree. *Biotropica* 44:498–505, 2012.

OLIVEIRA, P. S. & BRANDÃO, C. R. F. The ant Community associated with extrafloral nectaries in the Brazilian cerrado. In: Cutler, D. F. & Huxley, C. R. *Ant- Plant Interactions*. Oxford Univ. Press, Oxford, 601p, 1991.

OLIVEIRA, P. S. & FREITAS, A. V. L. Ant–plant–herbivore interactions in the neotropical cerrado savanna. *Naturwissenschaften*, 91(12), 557-570, 2004. doi:10.1007/s00114-004-0585-x.

OLIVEIRA, P. S.; V. RICO-GRAY, V.; DÍAZ-CASTELAZO, C. & CASTILHO- GUEVARA, C. Interaction between ants, extrafloral nectaries and insect herbivores in Neotropical coastal and dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta* (Cactacea). *Functional Ecology*, 13: 623-631, 1999.

OLIVEIRA, P.S; LEITÃO-FILHO, H. F. Extrafloral nectaries: their taxonomic distribution and abundance in the woody flora of Cerrado vegetation in southeast Brazil. *Biotropica* 19:140–148, 1987.

R, CORE TEAM. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R 563 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R - 564 project.org/>.

RIBEIRO, L. F.; SOLAR, R. R.; SOBRINHO, T. G.; MUSCARDI, D. C.; SCHOEREDER, J. H. & ANDERSEN, A. N. Different trophic groups of arboreal ants show differential responses to resource supplementation in a Neotropical savanna. *Oecologia*, 190(2), 433-443, 2019.

RICO-GRAY, V. & OLIVEIRA, P. S. *The ecology and evolution of ant-plant interactions*. The University of Chicago Press, Chicago, 331 pp, 2007.

RUHREN, S. & HANDEL, S. N. Jumping spiders (Salticidae) enhance the seed production of a plant with extrafloral nectaries. *Oecologia*, 119, 227-230, 1999.

SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N.; DIAS, N.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. & NASCIMENTO, I. C. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em

fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 96, 95-101, 2006.

SCHOEREDER, J. H.; SOBRINHO, T. G.; MADUREIRA, M. S.; RIBAS, C. R. & OLIVEIRA, P. S. The arboreal ant community visiting extrafloral nectaries in the Neotropical cerrado savanna. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 3, 3-27, 2010.

SENDOYA, S. F.; FREITAS, A. V. L. & OLIVEIRA, P. S. Egg-laying butterflies distinguish predaceous ants by sight. *Amer Nat*, 174, 134-140, 2009.

STEPHENSON, A. G. The role of the extrafloral nectaries of *Catalpa speciosa* in limiting herbivory and increasing fruit production. *Ecology*, 63(3), 663-669, 1982. doi:10.2307/1936786

STERNER, R. W. & ELSER, J. J. *Ecological stoichiometry: the biology of elements from molecules to the biosphere*. Princeton University Press, Princeton, 2002.

TILMAN, D. *Resource Competition and Community Structure*. Princeton University Press, Princeton, 1982.

WELTI, E. A. R.; KUCZYNSKI, L.; MARSKE, K. A.; SANDERS, N. J.; BEURS, K. M. & KASPARI, M. Salty, mild, and low plant biomass grasslands increase top-heaviness of invertebrate trophic pyramids. *Global Ecology and Biogeography*, 00:1-12, 2020.

WELTI, E. A. R. & KASPARI, M. Sodium addition increases leaf herbivory and fungal damage across four grasslands. *Functional Ecology*, 00:1-10, 2021.

YUAN, F.; GUO, J.; SHABALA, S. & WANG, B. Reproductive physiology of halophytes: current Standing. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1-13, 2019.