



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS



**FLEXIBILIDADE NA DIETA ALIMENTAR DA FORMIGA
GRANÍVORA *Pogonomyrmex naegelii* (FOREL, 1878) EM
HABITAT FORTEMENTE SAZONAL**

CARLA CRISTINA RODRIGUES BORGES

2016

Carla Cristina Rodrigues Borges

**FLEXIBILIDADE NA DIETA ALIMENTAR DA FORMIGA
GRANÍVORA *Pogonomyrmex naegelii* (FOREL, 1878) EM
HABITAT FORTEMENTE SAZONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador
Prof. Dr. Kleber Del Claro

Co-orientador
Dr. Estevão Alves da Silva

Uberlândia
Fevereiro – 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

B732f Borges, Carla Cristina Rodrigues, 1990
2016 Flexibilidade na dieta alimentar da formiga granívora
Pogonomyrmex naegelii (Forel, 1878) em habitat fortemente sazonal
[recurso eletrônico] / Carla Cristina Rodrigues Borges. - 2016.

Orientador: Kleber Del-Claro.

Coorientador: Estevão Alves da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1222>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ecologia. 2. Formiga - Ecologia. 3. Cerrados. 4. Relação inseto-planta. I. Del-Claro, Kleber, 1965, (Orient.). II. Silva, Estevão Alves da, 1982, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

Carla Cristina Rodrigues Borges

**FLEXIBILIDADE NA DIETA ALIMENTAR DA FORMIGA
GRANÍVORA *Pogonomyrmex naegelii* (FOREL, 1878) EM HABITAT
FORTEMENTE SAZONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

APPROVADA _____ em 16 de fevereiro de 2016.

Roberth Fagundes Souza
Prof. Dr. Roberth Fagundes de Souza(UFOP)

Jean Carlos Santos
Prof. Dr. Jean Carlos Santos (UFU)

Kleber Del Claro
Prof. Dr. Kleber Del Claro (UFU) - Orientador

Dr. Estevão Alves da Silva (UFU) –Co-orientador

Uberlândia
Fevereiro – 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo dom da vida e por guiar minhas escolhas.

À minha mãe Sílvia pelo cuidado, constantes orações e palavras de conforto nos momentos difíceis, toda a sua dedicação com a nossa família que me dá motivos para me esforçar cada dia mais e alcançar meus objetivos. Ao meu pai Carlos, que nunca mediu esforços para investir no meu futuro e na minha felicidade.

Ao meu irmão Leandro, meu muito obrigada por ser compreensivo com as minhas aflições e estar sempre ao meu lado. E a todos os meus familiares, por estarem sempre me aconselhando em todos os momentos da minha vida e pela preocupação e incentivo nos meus estudos.

À Pós-Graduação em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, pela estrutura oferecida e a todos os professores pelo conhecimento e experiências compartilhadas. Em especial ao Prof. Dr. Kleber Del Claro, responsável pela realização deste trabalho, obrigada pelos conselhos, críticas e sugestões transmitidas ao longo destes anos de trabalho. E a Maria Angélica, secretária da Pós-Graduação, pela prestatividade e esclarecimentos a cada dúvida que surgia ao longo do curso.

Ao Prof. Dr. Glein Monteiro de Araújo e Prof. Dr. Jimi Naoki Nakajima pelo apoio e auxílio que me prestaram durante a identificação das espécies de plantas.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações, em especial ao Estevao Alves da Silva pelo auxílio na execução das análises estatísticas e pela paciência nas discussões para melhorar o trabalho.

Aos professores Dr. Jean Carlos Santos e Dr. Roberth Fagundes de Souza, membros da banca de dissertação, por aceitarem o convite e dedicarem parte do tempo com a leitura e sugestões para o trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização do mestrado.

Aos meus amigos, em especial, ao Artur e Ana Letícia, pela paciência em me ouvir, prestatividade e companhia durante toda a realização do trabalho e durante as disciplinas, com vocês ao meu lado essa caminhada se tornou mais fácil e alegre. À Liliane e Renata pela companhia sempre amiga e por dedicar parte do seu tempo me ajudando a achar soluções para os problemas que surgiram.

Aos colegas da turma de mestrado pelos ensinamentos e momentos vividos.

ÍNDICE

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO	01
MATERIAL E MÉTODOS	04
Área de estudo	04
Objeto de estudo	04
Amostragem.....	06
Composição da dieta.....	07
Consumo de sementes	08
Composição e abundância vegetal.....	08
Análises estatísticas	09
RESULTADOS	10
Composição da dieta.....	10
Consumo de sementes	12
Composição e abundância vegetal.....	16
DISCUSSÃO.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

RESUMO

Borges, C. C. R. 2016. Flexibilidade na dieta alimentar da formiga granívora *Pogonomyrmex naegelii* (Forel, 1878) em habitat fortemente sazonal. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 37p.

As formigas estabelecem importantes interações ecológicas com as plantas, sendo a predação de sementes um dos tipos básicos de interações antagonistas. Formigas granívoras desempenham papel ecológico importante como consumidoras de sementes, podendo promover mudanças qualitativas na estrutura da comunidade e funcionamento do ecossistema. Além disso, as flutuações na abundância e composição das espécies de plantas que disponibilizam sementes influenciam a dieta dessas formigas. *Pogonomyrmex naegelii* é uma formiga granívora de ampla distribuição pela América do Sul. No Brasil ocorre no Cerrado, onde suas interações são consideradas um importante componente da teia trófica. O presente estudo foi conduzido em uma área de Cerrado localizada na cidade de Uberlândia, onde se pretendeu analisar a flexibilidade alimentar e consumo de sementes e não-sementes, quais espécies vegetais são coletadas pelas formigas, quais espécies crescem próximas aos ninhos e quando suas sementes estão disponíveis e a seletividade pelo consumo de certas espécies de plantas. Assim, hipotetizamos que existe uma relação negativa entre a diversidade de sementes e não-sementes (e. g., artrópodes, folhas, flores) consumida. Devido à sazonalidade marcante do Cerrado, as plantas devem produzir sementes somente em períodos específicos do ano. Assim, as formigas devem consumir várias espécies de planta durante o ano, porém espera-se que algumas sejam mais consumidas do que outras. Também se espera encontrar uma alta riqueza de plantas próximas aos ninhos, porém poucas espécies devem ser de fato consumidas. Ainda, espera-se que ocorra seletividade quanto aos itens alimentares. Para isso, colônias de *P. naegelii* foram monitoradas a fim de obter dados referentes a composição da dieta dessas formigas, sendo também amostradas as espécies de plantas próximas aos ninhos da formiga, obtendo-se dados de composição e abundância vegetal. Foram observadas diferenças no forrageamento de *P. naegelii* dependentes da marcante sazonalidade do Cerrado. A coleta de sementes foi maior na estação seca, no entanto, apesar da dieta ficar mais balanceada na estação chuvosa, com as formigas consumindo maiores proporções de outros itens que não sementes, sementes foram os itens mais coletados pelas forrageiras independente da estação. As diferentes espécies de plantas produziram sementes em períodos específicos do ano, existindo relação negativa entre a diversidade de sementes e não-sementes consumida pela formiga. Além disso, apesar da alta riqueza de plantas encontradas próximas do ninho, apenas algumas foram consumidas havendo seletividade quanto aos itens alimentares. Essa variação no consumo de itens alimentares de acordo com abundância dos recursos disponíveis para coleta é observada em formigas granívoras corroborando com a Teoria de Forrageamento Ótimo, que prediz que a seletividade deve ser reduzida sob condições de baixa abundância de recurso, ocorrendo a coleta de itens menos preferidos na ausência dos preferidos. Assim, em *P. naegelii* as variações na abundância e composição das espécies de plantas que disponibilizam sementes podem influenciar diretamente a dieta dessa formiga.

Palavras-chave: Cerrado; variação sazonal; disponibilidade de sementes; forrageamento ótimo

ABSTRACT

Borges, C. C. R. 2016. Flexibility in the diet of seed-harvest ant *Pogonomyrmex naegelii* (Forel, 1878) in strongly seasonal habitat. Uberlândia-MG, Brazil. MSc.thesis in Ecology and Conservation of Natural Resources. UFU. Uberlândia-MG. 37p

Ants establish important ecological interactions with plants, and seed predation is one of the basic types of antagonistic interactions. Seed-harvester ants play an important ecological role as seed consumers, may promote qualitative changes in community structure and ecosystem functioning. Furthermore, fluctuations in composition and abundance of species of plants that provide seeds to the ants influence the diet of these insects. *Pogonomyrmex naegelii* is a seed-harvester ant widely distributed in South America. In Brazil, occurs in the Cerrado, where their interactions are considered an important component of the trophic web. Fieldwork was conducted in a Brazilian savanna area in Uberlândia city, where it was intended to analyze the feeding flexibility and consumption of seeds and non-seeds items, which plant species are collected by ants, which species grow near to nests and when their seeds are available and selective seed consumption of certain species of plants. Thus, we hypothesized that there is a negative relationship between the diversity of seeds and non-seeds (e.g., arthropods, leaves, flowers) consumed. Due to the strong seasonality of the Cerrado, the plants should produce seeds only in specific periods of the year. Thus, ants should consume several plant species throughout the year, but it is expected that some are eaten more than others. We also expected to find a high wealth of plants close to their nests, but in fact, few species should be consumed. Further, it is expected that occurs selectivity in the collection of food items. For this, colonies of *P. naegelii* were monitored in order to obtain data on the composition of the diet of these ants, we also sampled species of plants near to the ant's nests to obtain composition and abundance of plants. There were differences in foraging by *P. naegelii* dependent on the seasonality of the Cerrado. Seed collection was higher in the dry season, however, despite the diet become more balanced in the rainy season, with ants consuming higher proportions of other items than seeds, seeds were the items more collected by the ants, independently of the season. Different species of plants produced seeds in specific periods of the year, and there was a negative relationship between seed and non-seed diversity consumed by the ants. Moreover, despite the high proportion of plants found close to the nest just a few were consumed, occurring selectivity in plant food consumption. This variation in the diet reflecting the abundance of available resources is observed in seed-harvester ants, supporting the idea that selectivity should be decreased under conditions of low food abundance through the incorporation of various less preferred items, the prediction of optimal foraging theory. Thus, in *P. naegelii* changes in abundance and composition of plants species can directly influence the diet of this ant.

Key words: Cerrado; seasonal variation; seed availability; optimal foraging

INTRODUÇÃO

As interações animais-plantas podem determinar a distribuição e abundância das espécies em um dado local, além de influenciar a estrutura e o funcionamento das comunidades (e.g., Sanders & Gordon 2000; Wimp & Whitham 2001; Sanders et al. 2003a; Dátillo et al. 2015). Plantas e insetos compartilham interações ecológicas importantes, sendo o mutualismo (polinização, dispersão de sementes e proteção contra herbívoros) a relação positiva animal-planta mais estudada, principalmente na região neotropical (Oliveira & Gibbs 2000; Oliveira & Freitas 2004; Guimarães et al. 2006; Leal et al. 2015). No entanto, as interações insetos-plantas também podem ser antagônicas, pois insetos alimentam-se de tecidos vegetais (e.g., folhas, caule) e, em contrapartida as plantas exibem defesas mecânicas (e.g., presença de tricomas e espinhos – ver Karban & Myers 1989) e químicas (e.g., indução na folha de tanino e fenol após o dano) contra a ação desses herbívoros. Uma terceira forma de proteção contra a ação de herbívoros é a associação biótica com predadores, onde as plantas oferecem abrigo e/ou alimento e em contrapartida recebem proteção por parte principalmente de formigas, mas também vespas e aranhas (Del-Claro & Torezan-Silingardi 2012; Del-Claro et al. 2016).

As formigas (Hymenoptera, Formicidae) são insetos terrestres exclusivamente sociais, que ocorrem naturalmente em todos os continentes, exceto nos polos e em algumas ilhas isoladas. Quase todos os ecossistemas terrestres são influenciados por esses insetos, devido à sua abundância, diversidade de hábitos alimentares, estabilidade populacional e eficiência de forrageamento (Hölldobler & Wilson 1990; Rico-Gray & Oliveira 2007). As formigas estabelecem importantes interações ecológicas com as plantas, atuando na defesa biótica (Dátillo et al. 2015; Del-Claro et al. 2016), herbivoria (Oliveira & Freitas 2004), dispersão (Leal et al. 2015) e predação de sementes (Belchior et al. 2012; Pirk & Lopez de Casenave 2014), polinização (Zhongjian et al. 2008) entre outros. Destas relações, a herbivoria (formigas cortadeiras) e a predação de sementes (formigas granívoras) são os dois tipos básicos de interações antagonistas (Rico-Gray & Oliveira 2007).

Formigas granívoras são coletores de sementes que forrageiam no solo, raramente nas plantas, e levam as sementes para o ninho para serem consumidas, armazenadas ou alimentar as larvas (Whitford 1978; Briese & Macauley 1981; MacMahon et al. 2000; Belchior et al. 2012). São predadoras, mas podem dispersar sementes, e a transição do antagonismo para o

mutualismo é clara quando se combinam interações de predação e dispersão de sementes (Levey & Byrne 1993; Rodgerson 1998; Retana et al. 2004). As plantas são beneficiadas quando as formigas abandonam as sementes no caminho para o ninho, em celeiros subterrâneos ou quando depositam as sementes nos montículos de lixo das colônias, onde são protegidas do fogo e de predadores, podendo então germinar (Levey & Byrne 1993).

Comuns em regiões áridas e semiáridas, as formigas granívoras desempenham importante papel ecológico pela remoção e consumo de sementes e partes vegetativas (efeitos diretos) e modificações no solo (efeitos indiretos) (Hölldobler & Wilson 1990; MacMahon et al. 2000; Pirk & Lopez de Casenave 2014). As formigas podem promover mudanças qualitativas na estrutura da comunidade e funcionamento do ecossistema por alterar a abundância das espécies que têm sementes preferencialmente coletadas (Inouye et al. 1980; Davidson et al. 1984; Carlson & Whitford 1991; Samson et al. 1992; MacMahon et al. 2000; Rico-Gray & Oliveira 2007; Brown et al. 2012; Pol et al. 2014).

No Cerrado, os recursos vegetais são heterogeneamente distribuídos e oscilam sazonalmente (Janzen & Schoener 1968; Rico-Gray et al. 1998). As formigas em várias guildas devem ajustar sua dieta e atividade de forrageamento a fim de acompanhar essas variações ao longo do tempo e do espaço (Hölldobler & Wilson 1990; Rico-Gray & Sternberg 1991; Crist & MacMahon 1992). Particularmente em ambientes com fortes diferenças sazonais, os recursos podem estar concentrados em um determinado período, o que eventualmente favorece o crescimento das populações dos animais que dependem desses recursos (Marquis et al. 2002; Vilela et al. 2014). O Cerrado brasileiro, por exemplo, apresenta duas estações bem definidas, que alternam entre períodos de seca (maio a setembro) e chuva (outubro a abril). As plantas apresentam fenologias marcadamente bem definidas devido a estas estações, ocorrendo maior produtividade vegetal durante a estação chuvosa (Batalha & Mantovani 2000; Gottsberger & Silberbauer - Gottsberger 2006; Munhoz & Felfili 2007). A mirmecofauna que depende de determinados eventos fenológicos das plantas tende a flutuar cicличamente com suas plantas associadas (Yamamoto & Del-Claro 2008, Silva et al. 2011; Vilela et al. 2014). Isso já foi demonstrado largamente para formigas que se alimentam de néctar extrafloral (Holland et al. 2010; Díaz-Castelazo et al. 2013; Lange et al. 2013; Lange & Del-Claro 2014; Santos et al. 2014), mas outras guildas, especialmente a de formigas granívoras, têm sido muito pouco estudadas. De fato, há poucos registros sobre a história natural de formigas granívoras no Cerrado e de como sua dieta varia em relação às condições sazonais (Christianini & Oliveira 2010; Belchior et al. 2012).

Formigas granívoras estão distribuídas em três subfamílias, Myrmicinae, Ponerinae e Formicinae, 18 gêneros (e.g., *Aphaenogaster*, *Messor*, *Monomorium*, *Pheidole*, *Pogonomyrmex* e *Solenopsis*) e 150 espécies (Hölldobler & Wilson 1990; MacMahon et al. 2000). Na América do Sul, formigas do gênero *Pogonomyrmex* (Myrmicinae) são importantes granívoras. Este gênero possui 69 espécies descritas, sendo 34 oriundas da América do Sul, três da América Central e 32 espécies da América do Norte (Bolton 2014). Estudos realizados com *Pogonomyrmex* têm destacado a importância da realização de trabalhos que relacionem a disponibilidade de sementes ao comportamento de forrageamento dessas formigas, pois assim podem-se compreender as interações entre esses organismos e as espécies de plantas. Isso nos permite avaliar as respostas das populações de formigas granívoras às variações temporais e espaciais na abundância de sementes (efeitos base-topo) (Pirk et al. 2009b; Pol et al 2011, Belchior et al. 2012). As *Pogonomyrmex* possuem alta dependência da coleta de sementes, mas também consomem folhas, galhos, flores, pólen, fezes e parte de vários artrópodes (Whitford 1978; Pirk & Lopez de Casenave 2006; Belchior et al. 2012). Quando a disponibilidade de sementes preferidas é baixa, é esperado que formigas granívoras mudem sua dieta, coletando sementes de espécies menos preferidas (Tevis 1958; Hölldobler & Wilson 1990; Wilby & Shachak 2000; Pirk et al. 2009b; Pol et al. 2011).

Seria interessante conhecer a flexibilidade alimentar de formigas granívoras a fim de se prever onde essas formigas podem ser encontradas e quais seriam os habitats ideais para abrigar populações viáveis. Além disso, o papel dessas formigas como agentes dispersores ainda é relativamente pouco conhecido, especialmente pelo fato de sua dieta alimentar e atividade de forrageamento serem pobremente estudados. Dessa forma, avaliar se as flutuações na abundância e composição das espécies de plantas que disponibilizam sementes influenciam a dieta de formigas granívoras é de fundamental importância para a compreensão dos efeitos da abundância e composição dos recursos (sementes) sobre as populações de formigas granívoras.

Recentemente Belchior e colaboradores (2012) estudaram uma população de *Pogonomyrmex naegelii* no Cerrado brasileiro, demonstrando que essas formigas possuem uma dieta flexível e que varia sazonalmente: na estação seca a dieta é predominantemente constituída por sementes, enquanto na estação chuvosa apresenta uma fração maior de artrópodes. Utilizando *P. naegelii* como modelo de estudo, buscou-se analisar a flexibilidade alimentar e consumo de sementes e não-sementes, quais espécies vegetais são coletadas pelas formigas, quais espécies crescem próximas aos ninhos e quando suas sementes estão disponíveis e a seletividade pelo consumo de certas espécies de plantas. Assim, hipotetizamos

que exista uma relação negativa entre a diversidade de sementes e não-sementes (e.g., artrópodes, folhas, flores) consumida. Devido à sazonalidade marcante do Cerrado, as plantas devem produzir sementes somente em períodos específicos do ano. Sendo assim, as formigas devem consumir várias espécies de planta durante o ano, porém espera-se demonstrar que algumas são mais consumidas do que outras. Ainda, espera-se encontrar uma alta riqueza de plantas possivelmente utilizadas por essa formiga próximas aos ninhos de *P. naegelii*, porém poucas espécies devem ser de fato consumidas. Assim sendo, hipotetizamos também que deva haver seletividade quanto aos itens alimentares.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido de março de 2011 a fevereiro de 2012 em uma área de Cerrado localizada na cidade de Uberlândia, Minas Gerais ($18^{\circ}59'S$ e $48^{\circ}18'W$). O cerrado sentido restrito (~230 ha, nessa reserva de 640 ha) é o tipo fisionômico predominante nesta área (*sensu* Oliveira-Filho & Ratter 2002), além de áreas de campo sujo, vereda, mata mesófila e mata de galeria. O clima da região apresenta duas estações bem definidas: uma estação seca-fria que se entende de maio a setembro e uma estação chuvosa-quente que ocorre de outubro a abril. No período de realização do estudo, a precipitação foi de 29 ± 22 mm e a temperatura 22 ± 2 °C na estação seca, e precipitação 184 ± 60 mm e temperatura 24 ± 1 °C na estação chuvosa.

Objeto de estudo

Pogonomyrmex naegelii Forel, 1878 é uma espécie de formiga granívora descrita com base em espécimes do Brasil, é frequente no Paraguai e noroeste da Argentina (Kusnezov 1951), sendo também encontrada na Venezuela (Kugler & Hincapié 1983; Lattke 1990). No Brasil, *P. naegelii* pode ser encontrada no Cerrado (Belchior et al. 2012), Amazônia e Mata Atlântica (Kempf 1972; Taber 1998).

A atividade de *P. naegelii* está positivamente correlacionada à temperatura e negativamente à umidade relativa do ar, apresentando pico nas horas mais quentes e menos úmidas do dia. Os ninhos são encontrados no solo, possuem entre 166-580 operárias por colônia e o forrageamento é solitário ocorrendo exclusivamente no solo (**Figura 1**). Sementes de gramíneas são os itens predominantemente coletados, mas a formiga também coleta outras sementes, artrópodes, flores, frutos e partes vegetativas de plantas (Belchior et al. 2012) (**Figura 2**).

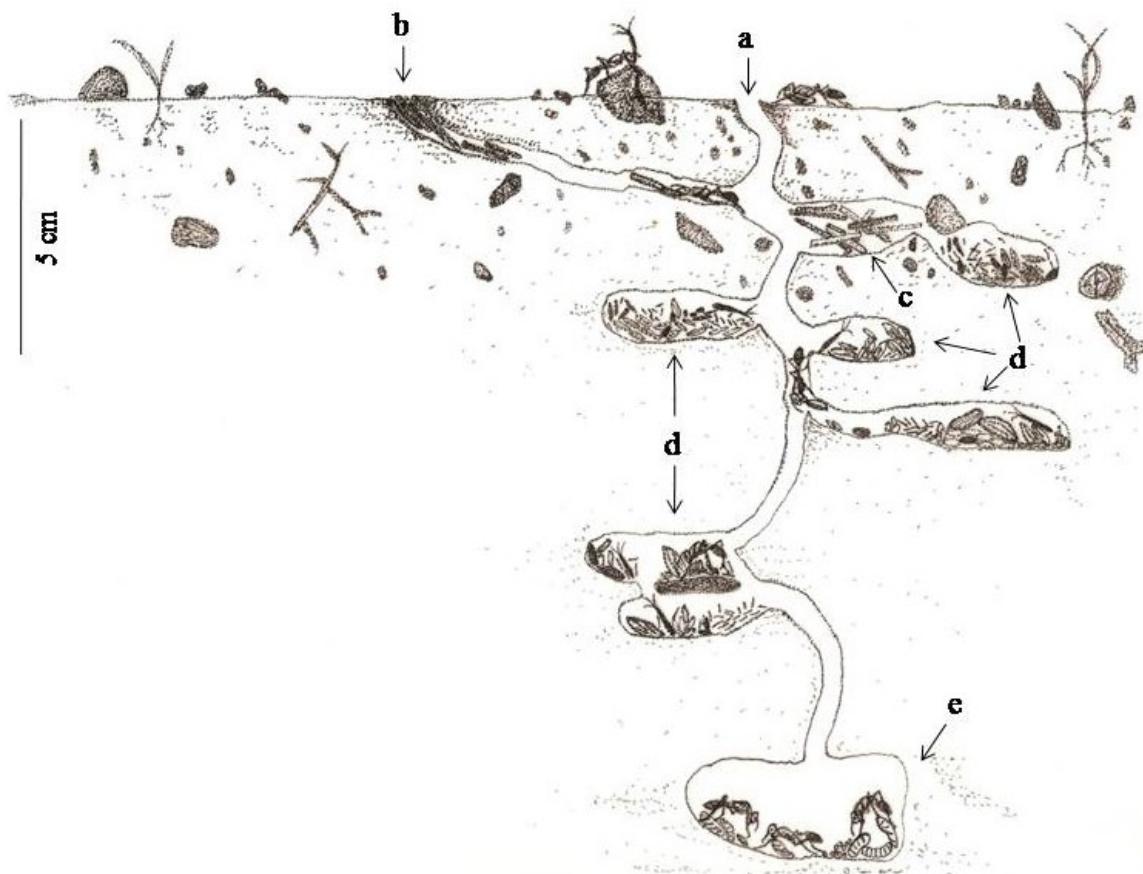


FIGURA 1. Ilustração representativa de uma colônia de *Pogonomyrmex naegelii* (desenho de campo de Kleber Del Claro). A) entrada principal; B) entrada secundária bloqueada com ramos e gravetos; C) câmara de gravetos; D) câmara de sementes; E) câmara com rainha e imaturos - 20 a 25 cm de profundidade.

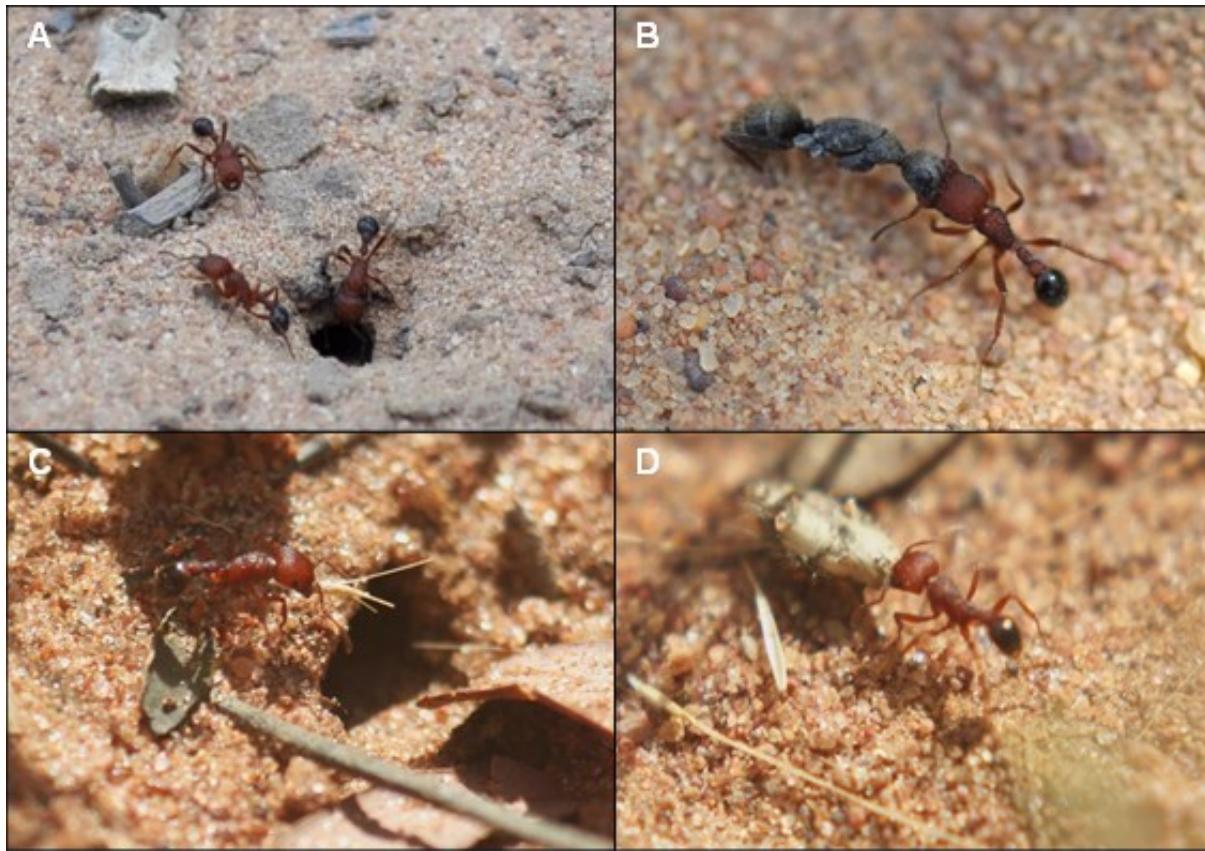


FIGURA 2. *Pogonomyrmex naegelii*: A) abertura do ninho; B) operária coletando *Camponotus* sp. morta; transporte de *Gymnopogon spicatus* (C) e outra semente de gramínea (D) para o ninho.

Amostragem

Ninhos de *P. naegelii* foram localizados através de buscas ativas na trilha principal que atravessa a área de estudo. Esta trilha possui aproximadamente 3,5 km de extensão com uma largura aproximada de 2 metros. Na borda da trilha são encontradas mais comumente gramíneas e arbustos de até 1,5 m de altura, principalmente Malpighiaceae, Fabaceae e Myrtaceae. Algumas árvores maiores (Caryocaraceae, Ochnaceae, Apocynaceae) ocorrem espaçadas entre si e fornecem pouca sombra na trilha da reserva. Os ninhos de *P. naegelii* comumente ocorrem na trilha, e as observações de busca e marcação dos ninhos foram realizadas de janeiro a fevereiro de 2011. Foram encontrados e marcados inicialmente dez ninhos de *P. naegelii* (Figura 3), porém em observações preliminares, notou-se que a metade desses ninhos apresentou baixa atividade de forrageamento (comparado ao estudo de Belchior

et al. 2012). Isto iria eventualmente afetar a coleta de dados e o conhecimento da dieta alimentar e sazonalidade das formigas. Desta forma, a fim de se obter dados mais robustos, nossos esforços se concentraram em cinco ninhos, que apresentaram atividade comparável aos ninhos descritos por Belchior et al. (2012).



FIGURA 3. Imagem aérea da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), localizada no Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia. A área destacada em vermelho corresponde ao local onde os cinco ninhos monitorados foram encontrados (Imagen retirada do Google Earth 2015).

Os dados climáticos mensais de temperatura média e precipitação foram obtidos no Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

Composição da dieta

Para a análise de composição da dieta, os cinco ninhos selecionados foram monitorados dentro do horário de pico de atividade de *P. naegelii* (entre 11:00 e 14:00 na estação seca, e entre 13:00 e 16:00 na estação chuvosa; ver Belchior et al. 2012).

Os itens alimentares transportados pelas forrageadoras de cada ninho foram coletados durante uma hora por mês. Estes itens foram obtidos utilizando-se uma folha de papel A4 como ferramenta para isolar e capturar a forrageadora em seu percurso e um pincel fino para retirar o item alimentar de suas mandíbulas (ver Pirk et al. 2009b; Belchior et al. 2012). Os materiais coletados foram individualizados, identificados e contados em laboratório, sendo posteriormente categorizados em sementes (frutos de uma única semente, como cariopsis e aquênios, foram incluídos nessa categoria, ver Crist & MacMahon 1992; Whitford 1978; Pirk & Lopez de Casenave 2006; Pirk et al. 2009b), flores, partes vegetativas de plantas (estruturas não reprodutivas, como folhas e ramos) e artrópodes (organismos inteiros ou fragmentados). O reconhecimento dos artrópodes foi realizado segundo Triplehorn & Johnson (2011) e Gallo et al. (2002).

Consumo de sementes

Formigas granívoras geralmente transportam o fruto inteiro e, dentro do ninho, retiram a semente da parte não comestível. Nesse estudo o termo “semente” foi utilizado para denotar o item transportado para o ninho, sem distinguir entre fruto e semente (ver Crist & MacMahon 1992; Whitford 1978). A partir das sementes coletadas por *P. naegelii* buscou-se encontrar a espécie correspondente através do encontro da planta na área de estudo. As sementes foram identificadas (por família, gênero ou espécie) a partir da comparação com aquelas encontradas em estudo anterior (ver Belchior et al. 2012) e com a coleção vegetal do *Herbarium Uberlandense* do Instituto de Biologia – UFU. Algumas sementes foram classificadas em morfoespécies.

Também foi determinado o comprimento e largura das sementes coletadas utilizando o software ImageJ. Para espécies em que a formiga coletou poucas sementes, todas as sementes coletadas foram medidas, e para aquelas coletadas em grande número foram tomadas medidas de dez sementes de cada espécie de planta.

Composição e abundância vegetal

P. naegelii procura por alimento exclusivamente no solo, e a distância máxima percorrida pelas forrageiras é de 15m. A área do forrageamento se concentra num raio de 2m

do ninho (Belchior et al. 2012). Assim, foi estabelecida uma área sob influência de cada ninho ($n = 5$), correspondendo à área de cinco metros de raio ($A = 78,54 \text{ m}^2$).

Mensalmente, foram amostrados os indivíduos reprodutivos de todas as espécies de plantas com sementes passíveis de serem coletadas por *P. naegelii* (e.g., asteráceas, ciperaceas, fabáceas, gramíneas). A abundância vegetal correspondeu ao número de indivíduos reprodutivos de cada espécie que se encontrava sob a área de influência de cada ninho, sendo também registrada a porcentagem de frutos maduros em cada indivíduo. Em relação às gramíneas, cada montículo distante entre si 15 cm foi considerado como um indivíduo, a fim de padronizar as contagens. A partir desses dados, foram obtidos os valores de riqueza das espécies de planta disponíveis na área de influência de cada ninho.

Análises estatísticas

A diferença entre as sementes e não-sementes consumidas foi comparada com o teste t de Student. A relação entre o consumo de sementes (intercepto), o consumo de não-sementes e as estações do ano foram examinadas com um modelo linear misto (LMM) (pacote 'lme4' no programa R). Os diferentes ninhos e os meses do ano foram utilizados como variáveis aleatórias no modelo. O modelo com interação entre os fatores fixos, e o modelo sem interação foram comparados (análise de variância que fornece um valor de χ^2) para se verificar qual era o mais robusto. Não havendo diferenças significativas entre os modelos, foi utilizado então o mais simples. Além disso, valores de AIC (Akaike Information Criterion) e BIC (Baysian Information Criterion) foram analisados para se decidir qual modelo utilizar. Valores baixos de AIC e BIC são indicativos de bons modelos.

A comparação entre a riqueza de plantas disponíveis e as plantas consumidas foi feita com o teste t de Student, e para esta análise foram usados os dados mensais. Para se verificar se as plantas consumidas foram influenciadas pelas estações (seca e chuvosa) e pelas plantas totais próximas aos ninhos, foi realizado o teste de Análise de Covariância (ANCOVA), onde as estações do ano (seca e chuvosa) foram usadas como fatores e as plantas totais no sistema como covariáveis. Regressões lineares adicionais foram realizadas com os dados de cada estação. O uso de sementes foi comparado ao comprimento e largura das sementes, bem como ao número de indivíduos com 50% ou mais de frutos maduros. Essas comparações foram realizadas através de correlações de Spearman.

As análises estatísticas foram realizadas no programa R, versão 3.2.2, seguindo Crawley (2007). Programas adicionais, como GraphPad Prism 5.0 e Systat 12.0 também foram utilizados para a construção de gráficos e reordenamento dos dados, respectivamente.

RESULTADOS

Composição da dieta

Pogonomyrmex naegelii coletou sementes, outros itens vegetais (flores, folhas e ramos) e artrópodes (**Tabela 1**). O consumo de sementes foi expressivamente maior do que o consumo de não-sementes ao longo do ano ($t_{22} = 2,1599; p < 0,05$), mas sua porcentagem variou ao longo do tempo. A porcentagem mais baixa ocorreu em novembro e dezembro de 2011 e janeiro de 2012, quando ocorreu a maior taxa de coleta de artrópodes. Em junho de 2011 a dieta foi constituída quase que completamente por sementes, quando ocorreu a menor taxa de coleta de artrópodes. A coleta de flores foi observada somente em uma ocasião, novembro, e mesmo assim, flores compuseram somente 3% dos itens levados ao ninho. O transporte de partes vegetativas para os ninhos também ocorreu em pequenas taxas, e foi responsável, em média, por somente 4% da dieta de *P. naegelii* durante todo o período de observação.

Artrópodes foram coletados pelas forrageiras durante todo o ano, com maiores taxas nos meses de maior precipitação, entre novembro de 2011 e janeiro de 2012, quando artrópodes compuseram mais de 50% dos itens levados aos ninhos. Formigas e cupins foram os artrópodes mais coletados, correspondendo, em média, por 21% e 4% da dieta de *P. naegelii*, respectivamente. Estas formigas também coletaram itens não-orgânicos, como pequenas rochas e fragmentos de solo.

A relação entre sementes e não sementes (porcentagem) levados ao ninho foi negativa e estatisticamente significativa. Também houve um efeito significativo das estações no consumo de sementes por *P. naegelii*, sendo maior na estação seca. O efeito da interação não-sementes x estações também foi significativo, porém o intercepto foi negativo (**Tabela 2**). A

variação atribuída aos efeitos aleatórios foi de 57,4% para os meses ($F_{11,48} = 7,75$; $p < 0,0001$) e somente 1% para os ninhos ($F_{1,58} = 0,483$; $p = 0,49$).

TABELA 1. Porcentagem relativa dos itens alimentares coletados por *Pogonomyrmex naegelii* em uma área de Cerrado. Valores em negrito mostram a porcentagem de sementes, partes vegetativas e artrópodes, enquanto os outros valores se referem a cada tipo de item coletado. A faixa cinza representa a estação seca.

Itens consumidos	Meses 2011						Meses 2012					
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
Sementes	73,40	61,90	72,64	96,61	72,73	57,14	50,00	78,26	15,38	23,08	35,48	63,64
Asteraceae	2,13	2,38	0,94	1,69	-	-	10,00	7,61	-	-	-	9,09
Cyperaceae	2,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Euphorbiaceae	2,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,68	3,03
Fabaceae	1,06	2,38	-	-	-	2,38	2,50	-	-	-	-	3,03
Poaceae	62,77	50,00	63,21	94,92	72,73	54,76	37,50	69,57	15,38	7,69	6,45	30,30
Indeterminada	3,19	7,14	8,49	-	-	-	-	1,09	-	15,38	19,35	18,18
Outros itens vegetais	4,26	7,14	0,94	-	4,55	-	12,50	3,26	5,13	7,69	-	-
Artrópodes	22,34	30,95	26,42	3,39	22,73	42,86	37,50	18,48	79,49	69,23	64,52	36,36
Aranae	-	-	-	-	2,27	-	-	-	-	-	-	-
Coleoptera	-	-	-	-	-	-	-	1,09	7,69	-	9,68	-
Diptera	1,06	-	1,89	1,69	-	-	2,50	2,17	2,56	-	-	-
Hemiptera	2,13	-	-	-	4,55	-	15,00	-	5,13	7,69	3,23	-
Hymenoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Formicidae	9,57	23,81	13,21	-	11,36	35,71	15,00	10,87	48,72	38,46	32,26	18,18
Vespidae	-	-	-	-	-	-	-	2,17	-	-	-	-
Isoptera	5,32	4,76	6,60	-	-	7,14	5,00	1,09	10,26	-	3,23	3,03
Orthoptera	-	-	0,94	1,69	-	-	-	1,09	-	7,69	3,23	3,03
Indeterminado	4,26	2,38	3,77	-	4,55	-	-	-	5,13	15,38	12,90	12,12
Número total de itens	94	42	106	59	44	42	40	92	39	13	31	33

TABELA 2. Resultados do modelo linear misto, analisando a relação entre o consumo de sementes (%), intercepto) e não-sementes e as estações do ano. As variáveis ‘ninho’ ($n = 5$) e ‘meses’ ($n = 12$) foram consideradas fatores aleatórios, os quais não são acompanhados de valores de probabilidade, e não são mostrados na tabela.

Diversidade	Coeficiente	Student - t	Valor de P
Intercepto (sementes)	0,6601	8,511	< 0,0001
Estações (seca e chuvosa)	0,3419	2,992	0,0092
Não sementes	- 0,4167	4,106	0,0001
Não sementes x Estações	- 0,5893	3,461	0,0012

Consumo de sementes

Pogonomyrmex naegelii coleta grande riqueza de plantas (**Figura 4, Tabela 3**). No total, sementes de 25 espécies, de pelo menos cinco famílias, foram transportadas para os ninhos. Para nove espécies de plantas, a identificação a nível específico não foi possível, e estas são apresentadas como morfoespécies. Poaceae foi a família mais representativa, sendo sete espécies de sementes, *Aristida riparia* Trin., *Axonopus pellitus* (Nees ex Trin.) Hitchc. & Chase (tem como sinônimo homotípico *A. barbiger*) e *Gymnopogon spicatus* (Spreng.) Kuntze as mais frequentemente consumidas. As outras espécies de Poaceae contribuíram relativamente pouco para a dieta de *P. naegelii*, com exceção de *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster que foi utilizada substancialmente pelas formigas em fevereiro/2012.

Asteraceae foi a segunda família com maior representatividade na dieta de *P. naegelii*, com seis espécies. No entanto, diferentemente de Poaceae, as Asteraceae foram pouco consumidas. Isso também ocorreu com Fabaceae, cujas três espécies não contribuíram com mais que 5% da quantidade de sementes transportadas aos ninhos de *P. naegelii*. Euphorbiaceae e Cyperaceae tiveram somente uma espécie cujas sementes foram utilizadas pelas formigas, e *Microstachys* cf. *daphnoides* (Mart.) Müll.Arg. (Euphorbiaceae) merece destaque por ser uma parte importante da dieta de *P. naegelii* em janeiro/2012.

No geral, pode-se observar que *P. naegelii* coletou maiores taxas de outras espécies de sementes quando as espécies mais consumidas (*A. riparia*, *A. pellitus* e *G. spicatus*) foram coletadas em pequena quantidade, no meio da estação chuvosa (dezembro a fevereiro). Além disso, quando as forrageiras coletaram sementes de *G. spicatus*, o consumo das outras espécies de sementes foi reduzido. *Axonopus pellitus* foi coletada em maiores proporções em

março e abril, e as sementes das morfoespécies (indeterminadas) entre dezembro e fevereiro. *Aristida riparia* foi coletada em taxas relativamente constantes entre maio e outubro.

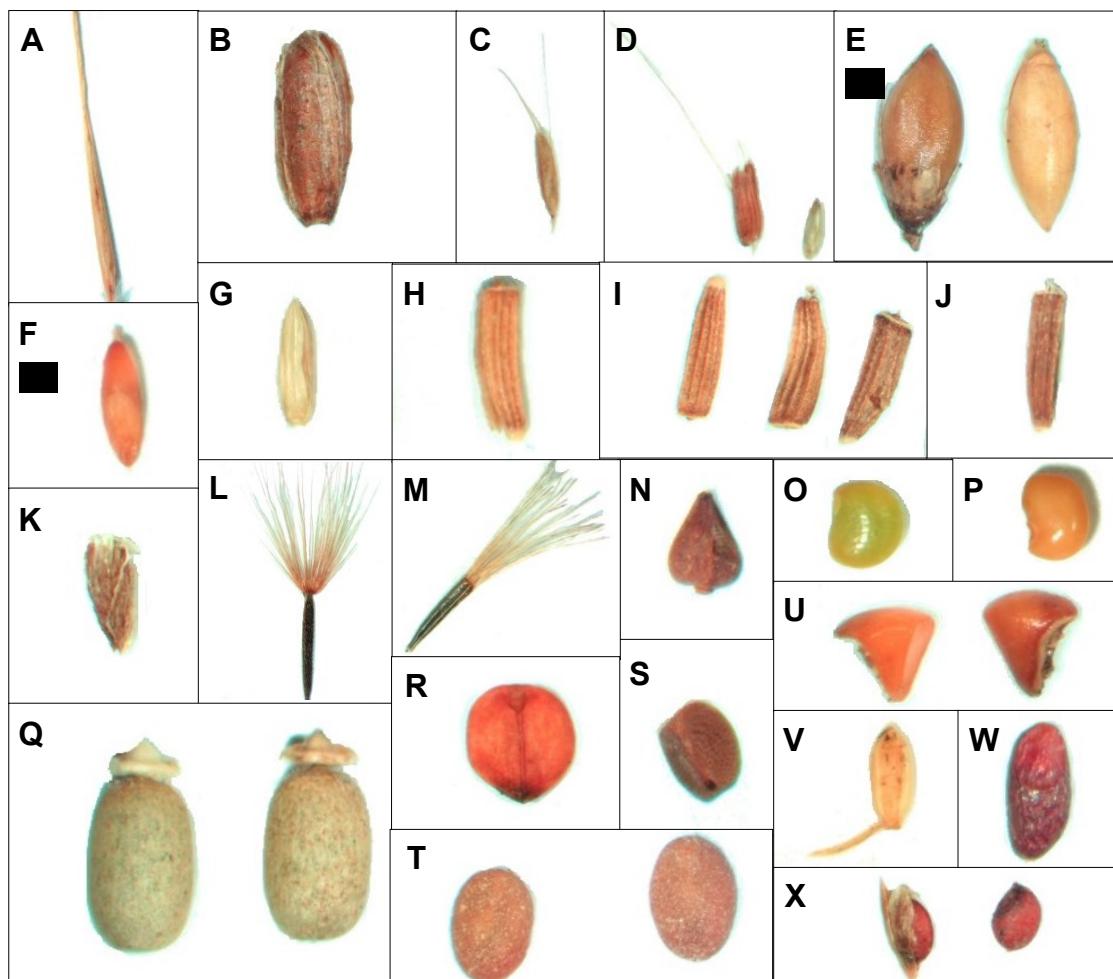


FIGURA 4. Sementes coletadas por *Pogonomyrmex naegelii*: *Aristida riparia* (A), *Axonopus pellitus* (B), *Gymnopogon spicatus* (C), *Melinis minutiflora* (D), *Urochloa decumbens* (E), Indeterminada sp.12 (F), Indeterminada sp.6 (G), *Eupatorium* sp.1 (H), *Eupatorium* sp.2 (I), *Eupatorium* sp.3 (J), *Vernonia* sp. (K), *Porophyllum lanceolatum* (L), *Chromolaena cf. squalida* (M), *Rhynchospora* sp. (N), *Zornia latifolia* (O), *Stylosanthes gracilis* (P), *Microstachys cf. daphnoides* (Q), Indeterminada sp.14 (R), Indeterminada sp.19 (S), Indeterminada sp.15 (T), Indeterminada sp.16 (U), Indeterminada sp.17 (V), Indeterminada sp.21 (W) e Indeterminada sp.13 (X).

TABELA 3. Abundância (em porcentagem) de sementes utilizadas por *Pogonomyrmex naegelii* em uma área de Cerrado. Valores em negrito mostram a porcentagem de sementes por famílias botânicas, enquanto os outros valores se referem a cada espécie de planta. A faixa cinza representa a estação seca.

Famílias / Espécies	Meses/2011							Meses/2012				
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
Poaceae (%)	85,51	80,77	87,01	98,25	96,88	95,83	75,00	88,89	100,00	33,33	18,18	47,62
<i>Aristida riparia</i>	2,90	-	11,69	8,77	25,00	20,83	10,00	18,06	-	-	-	-
<i>Axonopus pellitus</i>	72,46	65,38	10,39	1,75	-	-	5,00	1,39	-	-	-	9,52
<i>Gymnopogon spicatus</i>	-	-	62,34	80,70	71,88	75,00	60,00	68,06	100,00	33,33	-	-
<i>Melinis minutiflora</i>	-	-	-	5,26	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Urochloa decumbens</i>	-	-	2,60	-	-	-	-	-	-	-	18,18	28,57
Indeterminada sp.6	10,14	15,38	-	1,75	-	-	-	-	-	-	-	9,52
Indeterminada sp.12	-	-	-	-	-	-	-	1,39	-	-	-	-
Asteraceae (%)	2,90	3,85	1,30	1,75	-	-	20,00	9,72	-	-	-	14,29
<i>Chromolaena cf. squalida</i>	-	-	-	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eupatorium</i> sp.1	-	-	-	-	-	-	20,00	-	-	-	-	-
<i>Eupatorium</i> sp.2	-	-	-	-	-	-	-	6,94	-	-	-	-
<i>Eupatorium</i> sp.3	-	-	-	-	-	-	-	1,39	-	-	-	-
<i>Porophyllum lanceolatum</i>	2,90	3,85	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-	14,29
<i>Vernonia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	1,39	-	-	-	-
Fabaceae (%)	2,90	3,85	-	-	-	4,17	5,00	-	-	-	-	4,76
<i>Aeschynomene paniculata</i>	-	-	-	-	-	-	5,00	-	-	-	-	-
<i>Stylosanthes gracilis</i>	1,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zornia latifolia</i>	1,45	3,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,76
Euphorbiaceae (%)	1,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,27	4,76
<i>Microstachys cf. daphnoides</i>	1,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,27	4,76
Cyperaceae (%)	2,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhynchospora</i> sp.	2,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada (%)	4,35	11,54	11,69	-	3,13	-	-	1,39	-	66,67	54,55	28,57
Indeterminada sp.13	4,35	-	11,69	-	3,13	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada sp.14	-	3,85	-	-	-	-	-	1,39	-	-	-	9,52
Indeterminada sp.15	-	3,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada sp.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,33	36,36	4,76
Indeterminada sp.17	-	3,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indeterminada sp.19	-	-	-	-	-	-	-	-	33,33	18,18	4,76	-
Indeterminada sp.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,52
Número total de sementes	69	26	77	57	32	24	20	72	6	3	11	21

As sementes coletadas por *P. naegelii* variaram de 0,8 à 7,0 mm de comprimento (mínimo para *Rhynchospora* sp. $1,21 \pm 0,19$ mm e máximo para *A. riparia* $5,71 \pm 0,78$ mm) e

de 0,2 à 2,1 mm de largura (mínimo para *Porophyllum lanceolatum* $0,33 \pm 0,07$ e máximo para *Microstachys* cf. *daphnoides* $1,98 \pm 0,12$). Cyperaceae foi a família com os menores valores e Asteraceae e Euphorbiaceae com os maiores para as duas variáveis. Medidas de comprimento e largura com valores de desvio padrão iguais a zero corresponderam a medidas de uma única semente coletada da espécie (**Tabela 4**). O uso de sementes foi correlacionado ao comprimento ($r_s = 0,4295$; $p = 0,0362$), mas não a largura das mesmas ($r_s = 0,1216$; $p = 0,5713$), e também não houve relação entre essas medidas ($r_s = -0,1115$; $p = 0,6041$).

TABELA 4. Medidas de comprimento e largura das sementes coletadas por *Pogonomyrmex naegelii* em uma área de Cerrado. Os valores correspondem à média ± desvio padrão.

Famílias / Espécies	Comprimento (mm)	Largura (mm)
Asteraceae	3,29 ± 1,04	0,51 ± 0,16
<i>Chromolaena</i> cf. <i>squalida</i> (DC.) R.M.King & H.Rob.	3,13 ± 0,26	0,60 ± 0,09
<i>Eupatorium</i> sp.1	1,75 ± 0,07	0,60 ± 0,00
<i>Eupatorium</i> sp.2	2,30 ± 0,16	0,68 ± 0,08
<i>Eupatorium</i> sp.3	2,00 ± 0,00	0,40 ± 0,00
<i>Porophyllum lanceolatum</i> DC.	4,52 ± 0,27	0,33 ± 0,07
<i>Vernonia</i> sp.	1,80 ± 0,00	0,60 ± 0,00
Cyperaceae	1,21 ± 0,19	0,70 ± 0,07
<i>Rhynchospora</i> sp.	1,21 ± 0,19	0,70 ± 0,07
Euphorbiaceae	3,24 ± 0,24	1,98 ± 0,12
<i>Microstachys</i> cf. <i>daphnoides</i> (Mart.) Müll.Arg.	3,24 ± 0,24	1,98 ± 0,12
Fabaceae	1,89 ± 0,13	1,30 ± 0,10
<i>Stylosanthes gracilis</i> Kunth	1,92 ± 0,09	1,28 ± 0,08
<i>Zornia latifolia</i> Sm.	1,60 ± 0,00	1,50 ± 0,00
Poaceae	2,99 ± 1,46	0,74 ± 0,51
<i>Aristida riparia</i> Trin.	5,71 ± 0,78	0,40 ± 0,07
<i>Axonopus pellitus</i> (Nees ex Trin.) Hitchc. & Chase	2,23 ± 0,11	0,69 ± 0,10
<i>Gymnopogon spicatus</i> (Spreng.) Kuntze	2,08 ± 0,33	0,33 ± 0,05
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	1,55 ± 0,07	0,40 ± 0,00
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	4,10 ± 0,24	1,85 ± 0,13
Indeterminada sp.6	2,22 ± 0,27	0,62 ± 0,08
Indeterminada sp.12	1,88 ± 0,17	0,61 ± 0,09
Indeterminada	1,63 ± 0,37	1,19 ± 0,31
Indeterminada sp.13	1,22 ± 0,10	0,87 ± 0,13
Indeterminada sp.14	1,78 ± 0,22	1,52 ± 0,16
Indeterminada sp.15	1,99 ± 0,15	1,30 ± 0,09
Indeterminada sp.16	1,40 ± 0,28	1,10 ± 0,14
Indeterminada sp.17	1,20 ± 0,00	0,50 ± 0,00
Indeterminada sp.19	1,30 ± 0,00	1,00 ± 0,00
Indeterminada sp.21	2,00 ± 0,00	0,90 ± 0,00

Composição e abundância vegetal

Foram encontradas 35 espécies de plantas ao redor dos ninhos de *P. naegelii*, sendo as mais representativas (com maior abundância) apresentadas na **Tabela 5**. No geral, as plantas observadas produziram frutos maduros durante a estação seca, sendo que, a partir desse período o número de indivíduos com 50% ou mais de frutos maduros foi reduzindo até não existirem ao longo da estação chuvosa (novembro a fevereiro). No entanto, para espécies como *A. pellitus* e *P. lanceolatum* o maior número de indivíduos com fruto maduro ocorreu no final da estação chuvosa (março e abril). Durante quase todo o ano, existiram indivíduos de *A. pellitus* e *A. riparia* com frutos maduros, no entanto, *A. pellitus* sempre apresentou maior número de indivíduos. As morfoespécies coletadas por *P. naegelii* não foram encontradas dentro da área de influência do ninho (até 5 metros distantes da abertura). No geral, houve correlação entre o uso de sementes e número de indivíduos com 50% ou mais de frutos maduros ($r_s = 0,1213$; $p = 0,0078$), inclusive para as três espécies mais consumidas (*Aristida riparia*: $r_s = 0,6214$; $p < 0,0001$; *Axonopus pellitus*: $r_s = 0,5375$; $p < 0,0001$; *Gymnopogon spicatus*: $r_s = 0,8029$; $p < 0,0001$). *Pogonomyrmex naegelii* consumiu uma riqueza de plantas menor do que aquela disponível ao redor do ninho, coletando somente, em média, 11% da riqueza total de plantas (plantas disponíveis por mês: $17,3 \pm 0,76$; plantas consumidas por mês: $1,9 \pm 0,22$; $t_{11} = 11,3103$; $p < 0,0001$). Isso denota alta seletividade quanto aos itens botânicos consumidos (**Figura 5**).

A Análise de Covariância (ANCOVA) mostrou que a riqueza de plantas consumidas dependeu tanto da riqueza de plantas disponíveis, quanto da interação plantas disponíveis x estações do ano (**Tabela 6**). O modelo de ANCOVA com interação forneceu a melhor explicação do sistema ($F_{56,57} = 4,0488$; $p < 0,05$). Houve relação entre o consumo e a disponibilidade de sementes na estação chuvosa ($F_{1,33} = 16,18$; $R^2 = 0,3289$; $p < 0,001$), mas essa relação não ocorreu na estação seca ($F_{1,23} = 0,4493$; $R^2 = 0,0191$; $p > 0,05$) (**Figura 6**).

TABELA 5. Número de indivíduos com 50% ou mais de frutos maduros das espécies de plantas encontradas na área de influência dos ninhos ($n = 5$) ao longo dos meses. A faixa cinza indica a estação seca e o símbolo * corresponde as espécies de plantas que tiveram suas sementes coletadas por *Pogonomyrmex naegelii*.

Famílias / Espécies	Meses 2011						Meses 2012					
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
Asteraceae												
<i>Porophyllum lanceolatum</i> DC. *	13	7	8	7	4	4	-	-	-	-	2	-
Convolvulaceae												
<i>Evolvulus pterocaulon</i> Moric	10	6	18	23	21	7	-	-	-	-	1	1
Cyperaceae												
<i>Bulbostylis cf. jacobinae</i> (Steud.) Lindm.	103	76	52	28	27	30	32	18	1	-	1	1
<i>Bulbostylis sphaerocephala</i> (Boeckeler) C.B.Clarke	50	34	30	14	6	6	3	3	-	-	2	-
<i>Rhynchospora</i> sp. *	31	21	14	13	12	5	6	5	-	-	-	-
<i>Scleria scabra</i> Willd.	2	5	2	7	5	4	4	3	-	-	-	-
Indeterminada sp.1	129	115	136	103	93	93	92	76	7	-	-	-
Indeterminada sp.8	3	2	1	3	2	2	3	1	-	-	-	-
Euphorbiaceae												
<i>Microstachys cf. daphnoides</i> (Mart.) Müll.Arg. *	5	5	3	8	7	9	3	3	1	-	-	-
Fabaceae												
<i>Aeschynomene paniculata</i> Willd. ex Vogel *	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	3
<i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene	5	2	6	1	1	-	-	2	3	1	-	1
<i>Stylosanthes gracilis</i> Kunth *	11	1	2	3	5	5	4	4	-	-	4	3
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.	5	-	1	33	11	6	1	2	-	-	-	-
<i>Zornia latifolia</i> Sm. *	-	1	2	2	-	-	-	4	-	-	-	-
Poaceae												
<i>Aristida riparia</i> Trin. *	5	10	46	24	41	50	42	21	12	6	4	-
<i>Axonopus pellitus</i> (Nees ex Trin.) Hitchc. & Chase *	307	289	179	213	199	140	194	194	61	41	16	-
<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase	100	80	62	104	85	77	66	70	9	6	26	31
<i>Eragrostis cf. solida</i> Nees	1	2	36	73	188	179	39	9	2	-	-	-
<i>Gymnopogon spicatus</i> (Spreng.) Kuntze *	1	22	123	373	382	89	82	64	1	-	1	-
<i>Loudetiaopsis chrysothrix</i> (Nees) Conert	3	4	9	5	3	3	1	-	-	-	-	-
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv. *	-	-	-	2	8	7	-	4	-	-	-	-
<i>Panicum cervicatum</i> Chase	36	32	25	15	15	8	16	11	-	-	-	-
<i>Paspalum gardnerianum</i> Nees	-	5	8	20	14	14	16	14	4	-	-	1
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster *	6	5	4	15	11	11	6	3	-	-	1	-
Indeterminada sp.4	21	23	12	33	-	-	-	-	-	-	-	5
Indeterminada sp.6 *	24	19	1	4	1	-	1	-	-	-	-	2
Indeterminada sp.12 *	-	-	46	56	15	14	8	-	-	-	-	-
Rubiaceae												
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	1	-	-	1	9	15	1	-	-	-	-	-
Número total de indivíduos	877	766	827	1183	1165	778	620	511	101	54	59	48

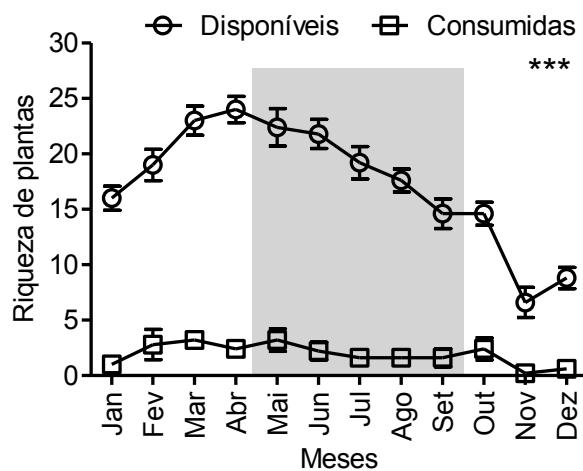


FIGURA 5. Relação entre a riqueza de plantas disponíveis e consumidas por *Pogonomyrmex naegelii* em uma área de Cerrado. A figura mostra a média e erro padrão por mês/ ninho das formigas. A faixa cinza indica a estação seca e o símbolo *** corresponde a diferença estatística entre a riqueza de plantas disponíveis e consumidas pelo teste t-Student.

TABELA 6. Análise de covariância investigando a relação entre a riqueza de plantas consumidas de acordo com a disponibilidade total de plantas e as estações do ano (seca e chuvosa). O teste foi realizado com dados transformados em *log+1*.

Variáveis	G. L.	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Valor de F	Valor de P
Estação	1	0,0506	0,0506	1,019	0,3170
Plantas disponíveis	1	0,6033	0,6033	12,157	0,0009
Estação x Plantas disponíveis	1	0,2009	0,2009	4,049	0,0490
Resíduos	56	2,7790	0,0496		

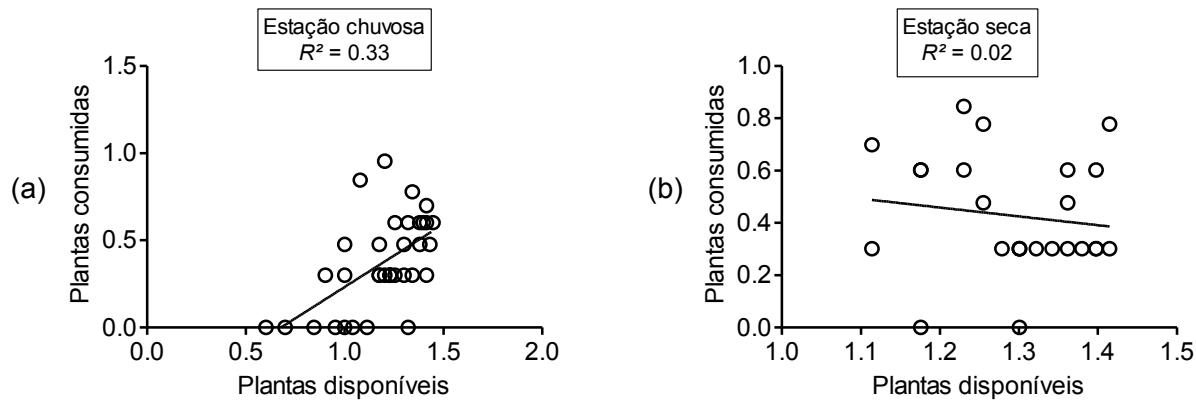


FIGURA 6. Uso de sementes de diferentes espécies de plantas por *Pogonomyrmex naegelii* de acordo com a riqueza de plantas próximas aos ninhos e as estações do ano. As figuras mostram os dados transformados em $\log + 1$.

DISCUSSÃO

Uma das características mais marcantes do Cerrado brasileiro é a distribuição bimodal das chuvas, com as estações seca (maio a setembro) e chuvosa (outubro a abril) bem definidas (Ledru 2002). Assim, as diferenças observadas no forrageamento de *Pogonomyrmex naegelii*, foram claramente dependentes da marcante sazonalidade do habitat. Como hipotetizado, as diferentes espécies de plantas produziram sementes em períodos específicos do ano, existindo relação negativa entre a diversidade de sementes e não-sementes (e. g., artrópodes, folhas, flores) consumida pela formiga. Também foi observado que, apesar da alta riqueza de plantas encontradas próximas do ninho, apenas algumas foram consumidas e dentre as sementes coletadas, determinadas espécies foram mais consumidas do que outras, havendo seletividade quanto aos itens alimentares.

A transição entre as estações marca o início das brotações e emissão de flores em grande número de plantas (Morais et al. 2004; Oliveira & Frizzas 2008), período em que os tecidos vegetais apresentam características (e.g., menores níveis de taninos, maiores conteúdos de nutrientes e água, tecidos mais macios) favoráveis à atividade de insetos herbívoros (Feeny 1970; Del-Claro & Torezan-Silingardi 2012). A variação na

disponibilidade de recursos alimentares representa um papel importante na sazonalidade de insetos (Wolda 1978b, 1988). Em áreas com ciclos de chuva bem definidos, insetos tendem a ser menos abundantes na estação seca (Wolda 1978b), mas persistem durante esse período se as plantas de que eles se alimentam estão disponíveis (Marquis et al. 2002; Vilela et al. 2014). Dessa forma, *P. naegelii* pode coletar artrópodes durante todo o ano, ocorrendo as maiores taxas de consumo ao longo da estação chuvosa, quando, para a maioria das ordens, ocorre alta abundância de insetos (Ribas et al. 2003; Silva et al. 2011). Dentre os artrópodes coletados, formigas e cupins foram os mais frequentes, provavelmente porque são insetos sociais abundantes no Cerrado (Gontijo & Domingos 1991; Constantino 1999; Dangerfield et al. 2003; Araújo 2013). Hymenoptera, principalmente Formicidae, é uma das ordens de insetos mais abundantes (Marques & Del-Claro 2010; Pinheiro et al. 2002; Silva et al. 2011) e sofre menor influencia da variação sazonal do que outras ordens (Moço et al. 2005).

Como a maior parte das formigas granívoras são onívoras (Hölldobler & Wilson 1990), flutuações na disponibilidade de recursos alternativos (e.g., artrópodes) podem ter influencia importante nas taxas de remoção de sementes (Andersen & Ashton 1985; Belchior et al. 2012). Em ambientes com alta disponibilidade de fontes de alimento durante a estação chuvosa, como o Cerrado (Marquis et al. 2002), as formigas podem diversificar a sua matriz de forrageamento durante esse período (Yamamoto & Del-Claro 2008), alternando fontes de alimentos ao longo das estações do ano, de acordo com a disponibilidade do ambiente (Carroll & Janzen 1973; Smythe 1982; Rico-Gray 1993). Assim, devido às condições existentes nesse ambiente e a sua dieta flexível (Belchior et al. 2012), *P. naegelii* forrageiaativamente durante todo o ano, ao contrário das outras espécies de *Pogonomyrmex* encontradas da América do Sul (ver Pol & Lopez de Casenave 2004).

Em estudo anterior, *P. naegelii* coletou predominantemente sementes durante a estação seca, e na estação chuvosa a frequência de artrópodes na dieta foi maior do que a de sementes (Belchior et al. 2012). No presente estudo, a coleta de sementes também foi maior na estação seca, no entanto, apesar da dieta ficar mais balanceada na estação chuvosa, com as formigas consumindo maiores proporções de outros itens que não sementes, a proporção de sementes na dieta de *P. naegelii* sempre foi maior do que a de artrópodes, independente da estação. O que caracteriza variação temporal nessa interação ecológica dependente da sazonalidade do Cerrado (Del-Claro & Marquis 2015). As porcentagens mais baixas de coleta de sementes ocorreram entre novembro e janeiro (meio da estação chuvosa), quando poucos indivíduos com 50% ou mais de frutos maduros foram encontrados sob a área de influencia dos ninhos. Enquanto que em junho (estação seca) a dieta foi constituída quase que completamente por

sementes, quando ocorreu o maior número indivíduos com 50% ou mais de frutos maduros ($n = 1183$). Essas mudanças na abundância de sementes promovem respostas funcionais nas populações de formigas granívoras. Assim, essas formigas têm reduzido a amplitude da dieta durante e logo após períodos de produção de sementes, e adotado uma dieta mais generalista quando a disponibilidade de sementes diminui (Wilby & Shachak 2000; Pirk 2009b; Pol et al. 2011; Belchior et al. 2012). Embora *P. naegelii* tenha coletado grandes proporções de sementes, a dieta dessa espécie foi mais generalista (incluindo uma maior percentagem de artrópodes e outros itens vegetais) quando a abundância de sementes das espécies foi baixa, como previsto pela Teoria do Forrageamento Ótimo (Schoener 1971; Stephens & Krebs 1986).

Sementes foram os itens alimentares mais representativos na dieta de *P. naegelii* e dentre elas, sementes de gramíneas foram as mais consumidas, semelhante ao observado para outras *Pogonomyrmex* spp. (Pol & Lopez de Casenave 2004; Pirk & Lopez de Casenave 2006, 2011; Pirk et al. 2009b). Sementes são recursos valiosos porque podem ser armazenadas no ninho por longos períodos (Briese & Macauley 1981) além de possuir alto valor nutricional, contendo elevadas proporções de lipídios e proteínas (Janzen 1971) e, no caso de sementes de gramíneas, amido (Baker 1972). Provavelmente, sementes de gramíneas são preferidas porque possuem poucas toxinas (Janzen 1971) e morfologia e tamanho que facilitam o transporte pelas formigas (Pulliam & Brand 1975).

As gramíneas *A. riparia*, *A. pellitus* e *G. spicatus* foram as espécies de sementes coletadas em maior proporção por *P. naegelii*, como observado anteriormente por Belchior e colaboradores (2012). Embora *Pogonomyrmex* spp. consuma principalmente sementes de gramíneas, a atividade dessas formigas também inclui períodos de baixa abundância dessas sementes, que no Cerrado correspondeu a estação chuvosa, quando então as formigas passaram a consumir outras sementes (e.g., sementes de fabáceas e dicotiledôneas anuais) (Tevis 1958; Whitford 1978; Buckley 1982; MacMahon et al. 2000; Pirk et al. 2009b). Sementes das morfoespécies (espécies cuja identificação não foi possível) foram coletadas em maior proporção durante esse período, quando a taxa de coleta das espécies mais consumidas (*A. riparia*, *A. pellitus* e *G. spicatus*) foi muito baixa e existiam poucas espécies disponibilizando frutos maduros. Indivíduos dessas morfoespécies não foram encontrados dentro da área de influencia do ninho, sugerindo que as forrageiras devem ter percorrido maiores distâncias, provavelmente, a procura de sementes.

A seleção de diferentes espécies de sementes em diferentes períodos de tempo também foi observada para outras *Pogonomyrmex* sp. (Whitford 1978). Durante todo o período de

estudo (com exceção de fevereiro), existiram indivíduos de *A. pellitus* e *A. riparia* com 50% ou mais de frutos maduros, havendo correspondência entre o período de maior número indivíduos com de fruto maduro e maior proporção de coleta de sementes. Quando *P. naegelii* coletou maiores proporções de *G. spicatus* (maio a novembro) a coleta de outras espécies de sementes foi reduzida, inclusive de *A. pellitus* e *A. riparia*, ocorrendo em junho a maior taxa de coleta. Assim, apesar dessas três espécies de gramíneas constituírem a maior parte da dieta de *P. naegelii*, as forrageiras deixam de coletar sementes de *A. pellitus* e *A. riparia* quando indivíduos de *G. spicatus* disponibilizam 50% ou mais de frutos maduros, indicando preferência da formiga por essa espécie.

Apesar do número de indivíduos de ciperáceas com fruto maduro ser relativamente alto, Cyperaceae foi a família com o menor valor de comprimento, sendo coletada em pequena quantidade, como *Rhynchospora sp.*, ou não coletada pelas formigas. Algumas espécies de planta possuem sementes tão minúsculas que podem escapar da predação ao cair em depressões ou ser rapidamente incorporadas no solo. Além disso, precipitações não sazonais após período de alta disponibilidade de sementes permite que as sementes escapem da predação, pois a chuva reduz a atividade das formigas (Belchior et al. 2012) e promove a germinação de sementes (Andersen & Ashton 1985, Daws et al. 2004).

Formigas do gênero *Pogonomyrmex* coletam sementes de muitas espécies de plantas, mas possuem preferência por algumas, sendo que, atributos como abundância (Whitford 1978; Pirk & Lopez de Casenave 2011), morfologia (Pulliam & Brand 1975), tamanho (Briese & Macauley 1981; Crist & MacMahon 1992), qualidade nutricional (e.g., conteúdo energético, porcentagem de carboidrato) e viabilidade das sementes influenciam em sua seleção pelas formigas. Grande parte das formigas granívoras são especialistas em espécies de sementes pequenas e abundantes (Davidson 1993, MacMahon et al. 2000), como as sementes de gramíneas, e, apesar de arbustos e outras espécies de plantas produzirem grande número de sementes, elas são evitadas ou coletadas em quantidades muito pequenas (Whitford 1978, Pirk et al. 2009b, Belchior et al. 2012). Assim, a seleção de sementes por *P. naegelii* ocorreu em função do tamanho da semente e da fenologia das espécies de plantas, ou seja, de quando elas estavam disponibilizando frutos maduros.

Quando os frutos das espécies sob a área de influencia do ninho ficam maduros eles se desprendem da planta e caem no chão, podendo então ser consumidos pelas formigas. Sendo que, quando esses recursos estão disponíveis para coleta, a maior parte da dieta da formiga foi constituída de sementes, e quando as sementes passíveis de coleta (sementes encontradas no chão, período em que os indivíduos possuem frutos maduros) estavam escassas, *P. naegelii*

passou a consumir maior proporção de artrópodes e outros itens vegetais. Considerando a coleta de sementes, durante praticamente todo o período de estudo, principalmente durante a estação seca, as forrageiras concentraram o forrageamento em espécies de gramíneas, mesmo existindo grande número de indivíduos de várias espécies com frutos maduros, não havendo relação entre riqueza de plantas consumidas e disponíveis durante a estação seca. Por outro lado, no período em que existiam poucos indivíduos com frutos maduros na área de influencia dos ninhos, meio da estação chuvosa, *P. naegelii* coletou sementes de outras espécies, inclusive de algumas que não estavam próximas dos ninhos, existindo relação entre a riqueza de plantas disponíveis e consumidas. Essa variação no consumo de itens alimentares de acordo com abundância recursos disponíveis para coleta é observada em formigas granívoras (Tevis 1958; Hölldobler & Wilson 1990; Wilby & Shachak 2000, Pirk et al. 2009b, Pol et al. 2011), corroborando com a afirmação de MacArthur e Pianka (1966) e Schoener (1971) de que a seletividade deve ser reduzida sob condições de baixa abundância de recurso, ocorrendo a coleta de itens menos preferidos na ausência dos preferidos. Assim, em *P. naegelii* as variações na abundância e composição das espécies de plantas que disponibilizam sementes podem influenciar diretamente a dieta dessa formiga (efeito base-topo), sendo de fundamental importância estudos simultâneos de disponibilidade de recursos alimentares e hábitos alimentares dos consumidores para a compreensão dos fatores envolvidos nas interações insetos-planta no Cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersen, A. N., & Ashton, D. H. (1985). Rates of seed removal by ants at heath and woodland sites in southeastern Australia. *Australian Journal of Ecology*, 10(4), 381-390. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1985.tb00900.x>
- Araújo, W. S. (2013). A importância de fatores temporais para a distribuição de insetos herbívoros em sistemas Neotropicais. *Revista da Biologia*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.7594/revbio.10.01.01>
- Baker, H. G. (1972). Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology*, 997-1010. <https://doi.org/10.2307/1935413>

Batalha, M. A., & Mantovani, W. (2000). Reproductive phenological patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody floras. *Revista Brasileira de Biologia*, 60(1), 129-145. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082000000100016>

Belchior, C., Del-Claro, K., & Oliveira, P. S. (2012). Seasonal patterns in the foraging ecology of the harvester ant *Pogonomyrmex naegelii* (Formicidae, Myrmicinae) in a Neotropical savanna: daily rhythms, shifts in granivory and carnivory, and home range. *Arthropod-Plant Interactions*, 6(4), 571-582. <https://doi.org/10.1007/s11829-012-9208-1>

Bolton, B. (2014). An online catalog of the ants of the world. Disponível em: <http://antcat.org>. (Data de acesso: 16 de novembro de 2015).

Briese, D. T., & Macauley, B. J. (1981). Food collection within an ant community in semi-arid Australia, with special reference to seed harvesters. *Australian Journal of Ecology*, 6(1), 1-19. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1981.tb01269.x>

Brown, G., Scherber, C., Ramos, P., & Ebrahim, E. K. (2012). The effects of harvester ant (*Messor ebeninus* Forel) nests on vegetation and soil properties in a desert dwarf shrub community in north-eastern Arabia. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 207(7), 503-511. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2012.06.009>

Buckley, R. C. (1982a). Ant-plant interactions: a world review. In Buckley R. C. *Ant-plant interactions in Australia* (pp. 111-141). The Hague: Dr W Junk. https://doi.org/10.1007/978-94-009-7994-9_11

Carlson, S. R., & Whitford, W. G. (1991). Ant mound influence on vegetation and soils in a semiarid mountain ecosystem. *American Midland Naturalist*, 125-139. <https://doi.org/10.2307/2426157>

Carroll, C. R., & Janzen, D. H. (1973). Ecology of foraging by ants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 231-257. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.001311>

Constantino, R. (1999). Chave ilustrada para a identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil.

Crawley, M. J. (2007). *The R Book*. John Wiley & Sons, Chichester. 942p. (Programa R Disponível em <http://www.r-project.org/>). <https://doi.org/10.1002/9780470515075>

Christianini, A. V., & Oliveira, P. S. (2010). Birds and ants provide complementary seed dispersal in a neotropical savanna. *Journal of Ecology*, 98(3), 573-582. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01653.x>

Crist, T. O., & MacMahon, J. A. (1992). Harvester ant foraging and shrub-steppe seeds: interactions of seed resources and seed use. *Ecology*, 1768-1779. <https://doi.org/10.2307/1940028>

Dangerfield, J. M. J. P. A., Pik, A. J., Britton, D., Holmes, A., Gillings, M., Oliver, I., Briscoe, D. & Beattie, A. J. (2003). Patterns of invertebrate biodiversity across a natural edge. *Austral Ecology*, 28(3), 227-236. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.01240.x>

Dátilo, W., Aguirre, A., Flores-Flores, R. V., Fagundes, R., Lange, D., García-Chávez, J., Del-Claro & Rico-Gray, V. (2015). Secretory activity of extrafloral nectaries shaping multitrophic ant-plant-herbivore interactions in an arid environment. *Journal of Arid Environments*, 114, 104-109. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.12.001>

Davidson, D. W., Inouye, R. S., & Brown, J. H. (1984). Granivory in a desert ecosystem: experimental evidence for indirect facilitation of ants by rodents. *Ecology*, 1780-1786. <https://doi.org/10.2307/1937774>

Davidson, D. W. (1993). The effects of herbivory and granivory on terrestrial plant succession. *Oikos*, 23-35. <https://doi.org/10.2307/3545305>

Daws, M. I., Lydall, E., Chmielarz, P., Leprince, O., Matthews, S., Thanos, C. A., & Pritchard, H. W. (2004). Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. *New Phytologist*, 162(1), 157-166. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01012.x>

Del-Claro, K., & Marquis, R. J. (2015). Ant species identity has a greater effect than fire on the outcome of an ant protection system in Brazilian cerrado. *Biotropica*, 47(4), 459-467. <https://doi.org/10.1111/btp.12227>

Del-Claro, K., & Torezan-Silingardi, H. M. (2012). *Ecologia das Interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva*. Technical Books Editora.

Del-Claro, K., Rico-Gray, V., Torezan-Silingardi, H.M., Alves-Silva, E., Dátilo, W., Fagundes, R., Lange, D., Vilela, A.A, Aguirre, A. & Rodriguez-Morales, D. (2016). Loss and gains in ant-plant interactions mediated by extrafloral nectar: fidelity, cheats, and lies. *Insectes Sociaux*. <https://doi.org/10.1007/s00040-016-0466-2>

Díaz-Castelazo, C., Sánchez-Galván, I. R., Guimarães, P. R., Raimundo, R. L. G., & Rico-Gray, V. (2013). Long-term temporal variation in the organization of an ant-plant network. *Annals of botany*, 111(6), 1285-1293. <https://doi.org/10.1093/aob/mct071>

Feeny, P. (1970). Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. *Ecology*, 51(4), 565-581. <https://doi.org/10.2307/1934037>

Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R.P.L.; Baptista, G.C.; Berti Filho, E.; Parra, J.R.P.; Zucchi, R.A.; Alves, S.B.; Vendramin, J.D.; Marchini, L.C.; Lopes, J.R.S.; Omoto, C. (2002) *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ,. 920p.

Gontijo, T. A., & Domingos, D. J. (1991). Guild distribution of some termites from cerrado vegetation in south-east Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 7(04), 523-529. <https://doi.org/10.1017/S0266467400005897>

Gottsberger, G.; Silberbauer-Gottsberger, I. *Life in the Cerrado: a South American tropical seasonal vegetation*, Vol. I. Origin, Structure, Dynamics and Plant Use. 2006.

Gottsberger, G.; Silberbauer-Gottsberger, I. *Life in the Cerrado: a South American tropical seasonal vegetation*, Vol. II. Pollination and seed dispersal. 2006.

Guimarães, P. R., Raimundo, R. L., Bottcher, C., Silva, R. R., & Trigo, J. R. (2006). Extrafloral nectaries as a deterrent mechanism against seed predators in the chemically protected weed *Crotalaria pallida* (Leguminosae). *Austral Ecology*, 31(6), 776-782. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2006.01639.x>

Holland, J. N., Chamberlain, S. A., & Horn, K. C. (2010). Temporal variation in extrafloral nectar secretion by reproductive tissues of the senita cactus, *Pachycereus schottii* (Cactaceae), in the Sonoran Desert of Mexico. *Journal of arid environments*, 74(6), 712-714. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.10.008>

Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The ants*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-10306-7>

Inouye, R. S., Byers, G. S., & Brown, J. H. (1980). Effects of predation and competition on survivorship, fecundity, and community structure of desert annuals. *Ecology*, 1344-1351. <https://doi.org/10.2307/1939043>

Janzen, D. H. (1971). Seed predation by animals. *Annual review of ecology and systematics*, 465-492. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.02.110171.002341>

Janzen, D. H., & Schoener, T. W. (1968). Differences in insect abundance and diversity between wetter and drier sites during a tropical dry season. *Ecology*, 96-110. <https://doi.org/10.2307/1933565>

Karban, R., & Myers, J. H. (1989). Induced plant responses to herbivory. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 331-348. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.001555>

Kempf W. W. (1972) Catálogo abreviado das formigas da região neotropical. *Studia Entomológica*, (15), 3–344.

- Kugler, C., & Hincapié, M. C. (1983). Ecology of the ant *Pogonomyrmex mayri*: distribution, abundance, nest structure, and diet. *Biotropica*, 190-198. <https://doi.org/10.2307/2387828>
- Kusnezov N (1951) El género *Pogonomyrmex* Mayr (Hym., Formicidae). *Acta Zool Lilloana*, (11), 227–333.
- Lattke, J. E. (1990). Una nueva especie de *Pogonomyrmex* Mayr de selva húmeda tropical (Hymenoptera: Formicidae). *Rev. Biol. Trop.*, 38(2A), 305-309.
- Lange, D., Dátilo, W., & Del-Claro, K. (2013). Influence of extrafloral nectary phenology on ant-plant mutualistic networks in a neotropical savanna. *Ecological Entomology*, 38(5), 463-469. <https://doi.org/10.1111/een.12036>
- Lange, D., & Del-Claro, K. (2014). Ant-Plant Interaction in a Tropical Savanna: May the Network Structure Vary over Time and Influence on the Outcomes of Associations? *PLoS ONE*, 9(8), e105574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105574>
- Leal, I. R., Leal, L. C., & Andersen, A. N. (2015). The Benefits of Myrmecochory: A Matter of Stature. *Biotropica*, 47(3), 281-285. <https://doi.org/10.1111/btp.12213>
- Ledru, M. P. (2002). Late Quaternary history and evolution of the cerrados as revealed by palynological records. In P. S. Oliveira and R. J. Marquis (Eds.). *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna*, 33-50. Columbia University Press, New York. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-004>
- Levey, D. J., & Byrne, M. M. (1993). Complex ant-plant interactions: rain-forest ants as secondary dispersers and post-dispersal seed predators. *Ecology*, 1802-1812. <https://doi.org/10.2307/1939938>
- MacArthur, R. H., & Pianka, E. R. (1966). On optimal use of a patchy environment. *American Naturalist*, 603-609. <https://doi.org/10.1086/282454>
- MacMahon, J. A., Mull, J. F., & Crist, T. O. (2000). Harvester ants (*Pogonomyrmex* spp.): their community and ecosystem influences. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 265-291. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.265>
- Marques, G. D. V., & Del-Claro, K. (2010). Sazonalidade, abundância e biomassa de insetos de solo em uma reserva de cerrado. *Revista Brasileira de Zoociências*, 12(2).
- Marquis, R. J., H. C. Morais & I. R. Diniz. (2002). Interactions among Cerrado plants and their herbivores: unique or typical? In P. S. Oliveira and R. J. Marquis (Eds.). *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna*, 306-328. Columbia University Press, New York. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-017>

Moço, M. D. S., Gama-Rodrigues, E. F. D., Gama-Rodrigues, A. C. D., & Correia, M. E. F. (2005). Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(4), 555-564. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400008>

Morais, H. C., Diniz, I. R., Aguiar, L. M. S., & Camargo, A. J. A. (2004). Herbívoros e herbivoria em cerrado: lagartas como exemplo. *Cerrado: ecologia e caracterização*. Planaltina, DF, Embrapa-CPAC, 159-175.

Munhoz, C. B. R., & Felfili, J. M. (2007). Reproductive phenology of an herbaceous-subshrub layer of a Savannah (Campo Sujo) in the Cerrado Biosphere Reserve I, Brazil. *Brazilian Journal of biology*, 67(2), 299-307. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842007000200015>

Oliveira, C. M., & Frizzas, M. R. (2008). *Insetos de Cerrado: distribuição estacional e abundância*. Embrapa Cerrados.

Oliveira, P. E., & Gibbs, P. E. (2000). Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora (Jena)*, 195(4), 311-329. [https://doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30990-8](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30990-8)

Oliveira, P. S., & Freitas, A. V. (2004). Ant–plant–herbivore interactions in the neotropical cerrado savanna. *Naturwissenschaften*, 91(12), 557-570. <https://doi.org/10.1007/s00114-004-0585-x>

Oliveira-Filho, A. T. & Ratter, J. A. (2002) Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. In: Paulo S. Oliveira; Robert J. Marquis. (Org.). *The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna*, 91-120. Columbia University Press, New York. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-007>

Pinheiro, F., Diniz, I. R., Coelho, D., & Bandeira, M. P. S. (2002). Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. *Austral Ecology*, 27(2), 132-136. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2002.01165.x>

Pirk, G. I., & Lopez de Casenave, J. (2006). Diet and seed removal rates by the harvester ants *Pogonomyrmex rustratus* and *Pogonomyrmex pronotalis* in the central Monte desert, Argentina. *Insectes sociaux*, 53(1), 119-125. <https://doi.org/10.1007/s00040-005-0845-6>

Pirk, G. I., & Lopez de Casenave, J. (2011). Seed Preferences of Three Harvester Ants of the Genus *Pogonomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) in the Monte Desert: Are They Reflected in the Diet?. *Annals of the Entomological Society of America*, 104(2), 212-220. <https://doi.org/10.1603/AN10093>

- Pirk, G. I., & Lopez de Casenave, J. (2014). Effect of harvester ants of the genus *Pogonomyrmex* on the soil seed bank around their nests in the central Monte desert, Argentina. *Ecological Entomology*, 39(5), 610-619. <https://doi.org/10.1111/een.12140>
- Pirk, G. I., Lopez de Casenave, J., Pol, R. G., Marone, L., & MILESI, F. A. (2009b). Influence of temporal fluctuations in seed abundance on the diet of harvester ants (*Pogonomyrmex* spp.) in the central Monte desert, Argentina. *Austral Ecology*, 34(8), 908-919. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2009.01999.x>
- Pol, R., & Lopez de Casenave, J. (2004). Activity patterns of harvester ants *Pogonomyrmex pronotalis* and *Pogonomyrmex rastratus* in the central Monte desert, Argentina. *Journal of insect behavior*, 17(5), 647-661. <https://doi.org/10.1023/B:JOIR.0000042546.20520.c8>
- Pol, R. G., Lopez de Casenave, J., & Pirk, G. I. (2011). Influence of temporal fluctuations in seed abundance on the foraging behaviour of harvester ants (*Pogonomyrmex* spp.) in the central Monte desert, Argentina. *Austral Ecology*, 36(3), 320-328. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2010.02153.x>
- Pol, R. G., Sagario, M. C., & Marone, L. (2014). Grazing impact on desert plants and soil seed banks: implications for seed-eating animals. *Acta Oecologica*, 55, 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.11.009>
- Pulliam, H. R., & Brand, M. R. (1975). The production and utilization of seeds in plains grassland of southeastern Arizona. *Ecology*, 56, 1158-1166. <https://doi.org/10.2307/1936155>
- Retana, J., Xavier Pico, F., & Rodrigo, A. (2004). Dual role of harvesting ants as seed predators and dispersers of a non-myrmecorous Mediterranean perennial herb. *Oikos*, 105(2), 377-385. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12854.x>
- Ribas, C. R., Schoereder, J. H., Pic, M., & Soares, S. M. (2003). Tree heterogeneity, resource availability, and larger scale processes regulating arboreal ant species richness. *Austral Ecology*, 28(3), 305-314. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.01290.x>
- Rico-Gray, V. (1993). Use of plant-derived food resources by ants in the dry tropical lowlands of coastal Veracruz, Mexico. *Biotropica*, 301-315. <https://doi.org/10.2307/2388788>
- Rico-Gray, V., & Sternberg, L. D. S. L. (1991). Carbon isotopic evidence for seasonal change in feeding habits of *Camponotus planatus* Roger (Formicidae) in Yucatan, Mexico. *Biotropica*, 93-95. <https://doi.org/10.2307/2388694>
- Rico-Gray, V., Palacios-Rios, M., Garcia-Franco, J. G., & Mackay, W. P. (1998). Richness and seasonal variation of ant-plant associations mediated by plant-derived food

- resources in the semiarid Zapotitlan Valley, Mexico. *The American midland naturalist*, 140(1), 21-26. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(1998\)140\[0021:RASVOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(1998)140[0021:RASVOA]2.0.CO;2)
- Rico-Gray, V., & Oliveira, P. S. (2007). *The ecology and evolution of ant-plant interactions*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226713540.001.0001>
- Rodgerson, L. (1998). Mechanical defense in seeds adapted for ant dispersal. *Ecology*, 79(5), 1669-1677. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[1669:MDISAF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[1669:MDISAF]2.0.CO;2)
- Samson, D. A., Philippi, T. E., & Davidson, D. W. (1992). Granivory and competition as determinants of annual plant diversity in the Chihuahuan desert. *Oikos*, 61-80. <https://doi.org/10.2307/3544888>
- Sanders, N. J., & Gordon, D. M. (2000). The effects of interspecific interactions on resource use and behavior in a desert ant. *Oecologia*, 125(3), 436-443. <https://doi.org/10.1007/s004420000463>
- Sanders, N. J., Gotelli, N. J., Heller, N. E., & Gordon, D. M. (2003). Community disassembly by an invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(5), 2474-2477. <https://doi.org/10.1073/pnas.0437913100>
- Santos, G. M., Dátilo, W., & Presley, S. J. (2014). The seasonal dynamic of ant-flower networks in a semi-arid tropical environment. *Ecological Entomology*, 39(6), 674-683. <https://doi.org/10.1111/een.12138>
- Schoener, T. W. (1971). Theory of feeding strategies. *Annual review of ecology and systematics*, 369-404. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.02.110171.002101>
- Silva, N. A. P. D., Frizzas, M. R., & Oliveira, C. M. D. (2011). Seasonality in insect abundance in the "Cerrado" of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(1), 79-87. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262011000100013>
- Smythe, N. (1982). The seasonal abundance of night-flying insects in a neotropical forest. In Leigh, E.G. Jr, Rand, A.S. & Windsor, D.M. *The ecology of a tropical forest*, 309–318. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Stephens, D. W., & Krebs, J. R. (1986). *Foraging theory*. Princeton University Press.
- Taber, S. W. (1998). *The world of the harvester ants*. Texas A & M University Press.
- Tewis, L. (1958). Interrelations between the harvester ant *Veromessor pergandei* (Mayr) and some desert ephemerals. *Ecology*, 695-704. <https://doi.org/10.2307/1931610>

Triplehorn, C. A.; Johnson, N. F. (2011) *Estudos dos insetos*: Tradução da 7^a edição de Borror and Delong's introduction to the study of insects. São Paulo, Cengage Learning.

Vilela, A. A., Torezan-Silingardi, H. M., & Del-Claro, K. (2014). Conditional outcomes in ant–plant–herbivore interactions influenced by sequential flowering. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 209(7), 359-366. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.04.004>

Whitford, W. G. (1978). Foraging in seed-harvester ants *Pogonomyrmex* spp. *Ecology*, 185-189. <https://doi.org/10.2307/1936647>

Wilby, A., & Shachak, M. (2000). Harvester ant response to spatial and temporal heterogeneity in seed availability: pattern in the process of granivory. *Oecologia*, 125(4), 495-503. <https://doi.org/10.1007/s004420000478>

Wimp, G. M., & Whitham, T. G. (2001). Biodiversity consequences of predation and host plant hybridization on an aphid-ant mutualism. *Ecology*, 82(2), 440-452.

Wolda, H. (1978b). Seasonal fluctuations in rainfall, food and abundance of tropical insects. *The Journal of Animal Ecology*, 369-381. <https://doi.org/10.2307/3789>

Wolda, H. (1988). Insect seasonality: why?. *Annual review of ecology and systematics*, 1-18. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.19.110188.000245>

Yamamoto, M., & Del-Claro, K. (2008). Natural history and foraging behavior of the carpenter ant *Camponotus sericeiventris* Guérin, 1838 (Formicinae, Camponotini) in the Brazilian tropical savanna. *Acta Ethologica*, 11(2), 55-65. <https://doi.org/10.1007/s10211-008-0041-6>

Zhongjian, L., Lijun, C., Kewei, L., Liqiang, L., Xueyong, M., & Wenhui, R. (2008). Chenorchis, a new orchid genus, and its eco-strategy of ant pollination. *Acta Ecologica Sinica*, 28(6), 2433-2444. [https://doi.org/10.1016/S1872-2032\(08\)60055-4](https://doi.org/10.1016/S1872-2032(08)60055-4)