

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DYESSICA GONÇALVES NUNES

PADRÕES DE FORRAGEIO DA FORMIGA-CORTADEIRA-DE-FOLHA *ATTA*
LAEVIGATA (FORMICIDAE, ATTINI) EM UMA ÁREA DE CERRADO

UBERLÂNDIA

2021

DYESSICA GONÇALVES NUNES

PADRÕES DE FORRAGEIO DA FORMIGA-CORTADEIRA-DE-FOLHA *ATTA*
LAEVIGATA (FORMICIDAE, ATTINI) EM UMA ÁREA DE CERRADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência para obtenção do grau de Bacharelado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Alan Nilo da Costa

UBERLÂNDIA

2021

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial minha mãe Mônia e minha avó Leinice pelo amparo e carinho.

Ao meu orientador Alan Nilo da Costa pela confiança, ajuda e ensinamentos que foram essenciais para a realização deste trabalho. A todos que contribuíram nas idas ao campo e que fizeram companhia, especialmente Jaqueline Vaz, pela ajuda na coleta dos dados.

Aos amigos que fiz na graduação, em especial Laura, Isabella, Leonardo e Pedro que me acompanharam durante todo esse período, obrigada pelos momentos de leveza, pelos conselhos, apoio, amizade, e ao meu companheiro Victor por acreditar em mim e sempre me ajudar a não perder o foco.

À Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade de fazer o curso, a DIASE/PROAE pela assistência estudantil, e especialmente à equipe do Museu de Biodiversidade do Cerrado (MBC) e à EJ MinasBio que contribuíram na minha formação profissional ao longo do curso.

RESUMO

As formigas apresentam um ritmo de forrageio circadiano, que pode ser modificado de acordo com as necessidades nutricionais da colônia ou pelas condições do ambiente. Na maior parte do Cerrado brasileiro o clima é fortemente sazonal, com a temperatura e precipitação apresentando grande variação entre as estações seca e chuvosa. A temperatura é a variável climática mais frequentemente correlacionada às mudanças nos padrões de forrageio, podendo também existir alguma relação com a umidade, pressão atmosférica e precipitação. O presente estudo teve como objetivo determinar: i) o ritmo circadiano apresentado por *Atta laevigata* no Cerrado; ii) se o ritmo pode mudar sazonalmente; iii) se fatores ambientais (como temperatura, umidade e precipitação) podem explicar os padrões observados e eventuais mudanças sazonais, iv) se a quantidade e qualidade do material vegetal coletado pelas colônias também pode variar sazonalmente; e vi) analisar a eficiência da coleta de fragmentos. Foi monitorado 10 colônias de *A. laevigata* em uma área de cerrado sentido restrito, durante 18 meses em intervalos de 3 h por 24 horas. As formigas foram mais ativas durante as noites com temperaturas entre 15 e 25° C e umidade relativa entre 70 e 90%, e a atividade foi quase inexistente abaixo de 14 e acima de 35° C. A *Atta laevigata* apresentou três padrões de ciclos circadianos (noturno, diurno e misto) que se alteram ao longo do ano entre as colônias e de forma sincronizada. As mudanças dos ciclos aconteceram em três períodos por influência de fatores ambientais e intrínsecos das colônias. O ritmo de forrageio é maior na transição das estações seca para a chuvosa, com taxa média de eficiência de 25%. Os tipos de materiais vegetais variam ao longo do ano, sendo folhas, flores e material seco os itens mais coletados. Este estudo forneceu informações mais concretas sobre o padrão de forrageio que *A. laevigata* apresenta em uma fitofisionomia de cerrado, tornando possível avaliar melhor seu impacto nesse ecossistema.

Palavras-chave: Ritmo circadiano, ritmo de forrageio, sincronia entre colônias, sazonalidade, variações ambientais, diferentes itens vegetais.

ABSTRACT

Ants have a circadian foraging rhythm, which can be modified according to the colony's nutritional needs or environmental conditions. In most of the Brazilian Cerrado, the climate is strongly seasonal, with temperature and precipitation showing great variation between the dry and rainy seasons, and it is known that temperature is the climate variable most frequently correlated with changes in foraging patterns. There is also some relationship to humidity, atmospheric pressure and precipitation. The present study aimed to determine: i) the circadian rhythm presented by *Atta laevigata* in the Cerrado; ii) whether the pace can change seasonally; iii) whether environmental factors (such as temperature, humidity and precipitation) can explain the observed patterns and occasional seasonal changes, and it was sought to iv) determine whether the quantity and quality of plant material collected by the colonies can also vary seasonally; and vi) to analyze the efficiency of the collection of fragments against the activity of 10 colonies of *A. laevigata* in an area of cerrado restricted sense, monitored for 18 months at intervals of 3 h for 24 hours. Ants were more active at night with temperatures between 15 and 25° C and relative humidity between 70 and 90%, and almost non-existent activity below 14 and above 35° C. They presented three patterns of circadian cycles (nocturnal, diurnal and mixed) that change throughout the year between the colonies and in a synchronized way. Changes in cycles occurred in three periods under the influence of environmental factors and intrinsic to the colonies. The foraging rate is greater in the transition from dry to rainy seasons, with an average efficiency rate of 25%. The types of plant material vary throughout the year, with leaves, flowers and dry material being the most collected items. This study provided more concrete information about the foraging pattern that *A. laevigata* presents in a cerrado phytophysiology, making it possible to better assess its impact on this ecosystem.

Keywords: Circadian rhythm, foraging rhythm, synchrony between colonies, seasonality, environmental variations, different vegetable items.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
2.1. Área de estudo e espécie.....	8
2.2. Monitoramento da atividade e forrageio.....	9
2.3. Medida de variáveis ambientais.....	10
2.4. Análises estatísticas.....	11
3. RESULTADOS.....	11
3.1. Ritmo de atividade.....	11
3.2 Ritmo de forrageio.....	15
4. DISCUSSÃO.....	18
5. CONCLUSÕES.....	20
6. REFERÊNCIAS.....	21

1. INTRODUÇÃO

O forrageio é a busca e exploração de recursos alimentares, importante para a manutenção e sobrevivência dos animais. Assim como nos demais grupos, nas formigas esse comportamento é apresentado por um ritmo circadiano, que pode ser modificado de acordo com as necessidades nutricionais ou pelas condições do ambiente (Hölldobler; Wilson, 1990). O padrão de atividade de forrageio das formigas-cortadeiras-de-folhas (gêneros *Atta* e *Acromyrmex*) é influenciado principalmente por variações ambientais e apresentam um comportamento flexível ajustado a essas mudanças (Rockwood, 1975; Wetterer; Himler; Yospin, 2001; Calheiros et al., 2019; Bustamante; Amarillo-Suárez; Wirth, 2020). Em geral, nestas formigas o forrageio ocorre em ciclos diários de 24 h, compostos por um período de forrageio seguido de um período de inatividade (Wirth et al., 1997). Quando ativas, as formigas realizam a busca, seleção, corte e transporte de pequenos pedaços de vegetais para o interior das colônias (Della Lucia et al., 1993).

Próximo à linha do equador, onde as flutuações sazonais na temperatura são menores, as mudanças nos padrões de forrageio das formigas-cortadeiras-de-folha parecem ser ocasionadas principalmente por variações nutricionais das colônias, mais do que devido a flutuações apresentadas pelo clima (Farji-Brener, 1993). Entretanto, nas regiões subtropicais o clima parece ser o maior determinante do ritmo de forrageio (Cherrett, 1989). A temperatura é a variável climática mais frequentemente correlacionada às mudanças nos padrões de forrageio, podendo também existir alguma relação com a umidade relativa, pressão atmosférica e precipitação (Caldato et al., 2016; Farji-Brener et al., 2018; Sujimoto et al., 2020).

As formigas-cortadeiras-de-folhas estão distribuídas exclusivamente no continente americano, entre o norte da Argentina e o sul dos Estados Unidos (Weber, 1966). São conhecidas como os “herbívoros dominantes” da região Neotropical, por atacarem uma grande variedade e quantidade de plantas, superando qualquer outro herbívoro de densidade semelhante, com o intuito de alimentar seu fungo simbiote utilizado como alimento para a colônia (Hölldobler; Wilson, 1990). Para diversas espécies de saúvas, como por exemplo *Atta laevigata* (Smith, 1858), existem poucos estudos sobre os padrões de atividade e forrageio e como estes são influenciados por fatores ambientais. No Cerrado o padrão de forrageio de *A. laevigata* parece ser regulado pela temperatura, umidade, tamanho de ninho e especialização de microhabitats (Viana et al., 2004). Contudo, colônias da mesma espécie acompanhadas em

uma área de savana na Venezuela não apresentaram um padrão único ou sincrônico entre colônias, sendo que alguns dos ninhos estudados apresentaram atividade principalmente diurna na estação chuvosa, enquanto que outros foram noturnos na estação seca. Aparentemente, essa mudança no padrão de forrageio não esteve relacionada a variações ambientais, com exceção a possíveis respostas a valores extremos que limitariam sua atividade, sugerindo que fatores intrínsecos da colônia, como por exemplo a necessidade nutricional, seriam os principais responsáveis pelas mudanças (Farji-Brener, 1993).

O bioma Cerrado é considerado um hotspot de biodiversidade, por ser a savana mais rica em espécies ameaçada pela alta degradação humana (Myers et al., 2000). Na maior parte do Cerrado brasileiro o clima é fortemente sazonal, com a temperatura e a precipitação apresentando grande variação entre as estações seca e chuvosa (Alvares et al., 2013). Devido a essas variações ambientais as espécies presentes nesse bioma se adaptaram a sazonalidade da região para garantir sua sobrevivência, ocorrendo adaptações a nível morfológico e fenológico nas espécies vegetais, e reprodutivo e alimentar nos animais (Malheiros, 2016). *A. laevigata* tem dominância nas fitofisionomias de savana presentes no Cerrado (Costa; Vieira-Neto, 2016). Estabelecer os padrões de forrageio dessa espécie no Cerrado é extremamente importante para podermos entender o papel e impacto dessa espécie na dinâmica da vegetação desse bioma tão ameaçado.

O presente estudo tem como objetivo geral determinar os padrões diário e anual de atividade e forrageio de 10 colônias da saúva-cabeça-de-vidro *A. laevigata* em uma área de cerrado sentido restrito. Mais especificadamente, pretendeu-se determinar: 1) qual o ritmo circadiano de atividade apresentado por *A. laevigata* no Cerrado; 2) se o ritmo poderia mudar sazonalmente; e 3) se fatores ambientais (como temperatura, umidade e precipitação) poderiam explicar os padrões observados e eventuais mudanças sazonais. Além disso, buscou-se 4) determinar se a quantidade e qualidade do material vegetal coletado pelas colônias também pode variar sazonalmente; e 5) analisar a eficiência da coleta de fragmentos frente a atividade da colônia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e espécie

O estudo foi realizado na Reserva Ecológica do Panga (REP; 19°10'S e 48°23'O), uma Reserva Particular de Patrimônio Natural de 409 ha, localizada a 30 km ao sul do centro da cidade de Uberlândia-MG, Brasil. A região é caracterizada por duas estações bem definidas, um inverno seco, de maio a setembro, e um verão chuvoso, de outubro a abril (Alvares et al., 2013). A precipitação anual varia entre 1.600 e 1.900 mm, com temperatura média anual de 22 a 24° C.

Na reserva ocorre diversas fisionomias de cerrado, que vão desde áreas de campo até ambientes florestais (Cardoso et al., 2009; Gonçalves et al., 2021). O local específico de estudo apresentava vegetação típica de savana, denominado de cerrado sentido restrito, no qual ocorre forte presença de estrato herbáceo-graminoso e vegetação arbóreo-arbustivo esparsa, constituída principalmente por arbustos e árvores baixas (sensu Ribeiro; Walter, 2008). Parte da área de estudo foi queimada por um incêndio em setembro de 2017, o que favoreceu o aumento da presença do estrato herbáceo-graminoso e redução na estrutura da vegetação lenhosa, com o entouceiramento de arbustos e árvores após a rebrota (Moreira, 2000). Enquanto isso, na parte não queimada foi observada dominância da vegetação arbustivo-arbórea (cobertura ~60%), com pouca presença de gramíneas e outras herbáceas.

A formiga-cortadeira-de-folhas *A. laevigata* é uma espécie popularmente conhecida no Brasil como saúva-cabeça-de-vidro, por apresentar soldados com a superfície da cabeça e gáster sem pelos e brilhantes, com aparência vítrea (Zanuncio et al., 2010; Fig. 1a). A espécie possui uma vasta distribuição na América do Sul, principalmente nas áreas mais secas (Weber, 1966), sendo que no Cerrado tem predominância nas fitofisionomias savânicas (Costa; Vieira-Neto, 2016). Os ninhos (popularmente conhecidos como saueiros) possuem uma parte externa visível, o murundu, sendo este um monte de terra solta depositada pela escavação do solo pelas formigas, além de existir também uma parte subterrânea formada por numerosas câmaras e túneis (Moreira et al., 2004). Os túneis de forrageio são usados para transportar o material vegetal coletado para dentro do ninho a partir de entradas abertas na superfície do solo, os olheiros (Fig.1b). Assim como outras espécies de saúva, *A. laevigata* constrói um sistema de trilhas sobre o solo, através da retirada da serapilheira e outros detritos. Estas trilhas se estendem dos olheiros até os recursos vegetais explorados, sendo usadas pelas formigas para facilitar o

transporte do material vegetal das áreas de forrageio até os ninhos (Bouchebti et al., 2019; Fig. 1c).

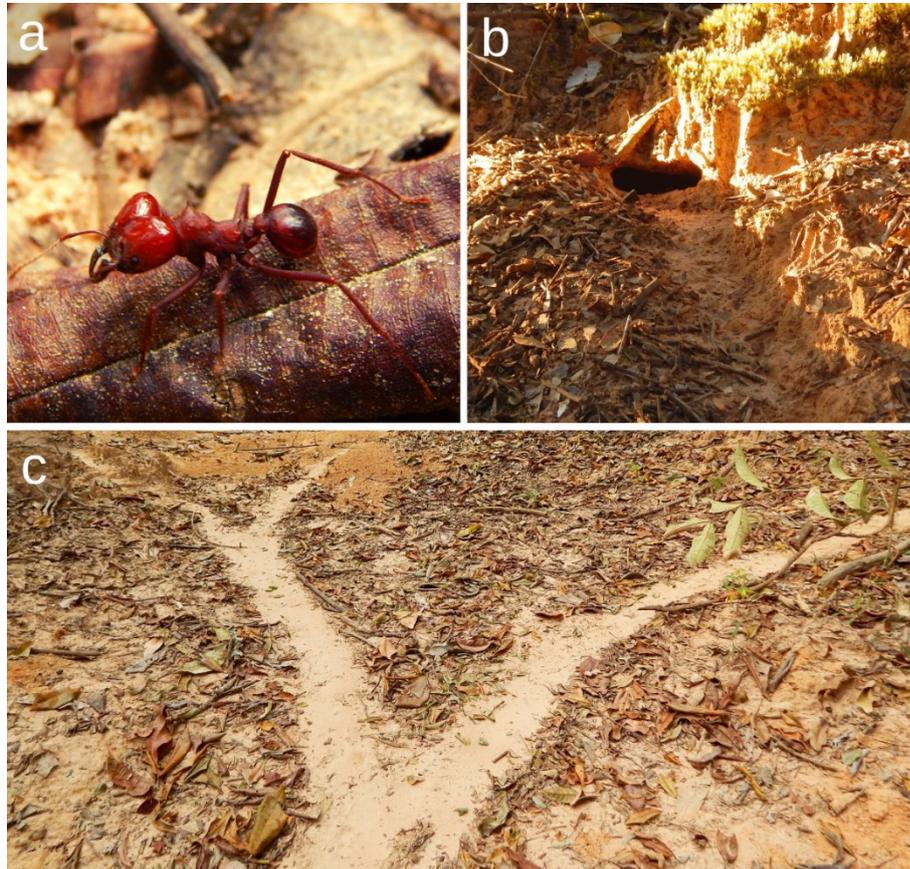


Fig. 1: a) Soldado de saúva-cabeça-de-vidro (*Atta laevigata*); b) Trilha saindo de um olheiro aberto; c) Ramificação de um sistema de trilha. Fonte: Acervo da autora, Dyessica Nunes.

2.2. Monitoramento da atividade e forrageio

Para determinar os padrões de atividade e forrageio de *A. laevigata*, foram monitoradas 10 colônias adultas/maduras (presença de soldados) cuja área média do murundu = 23 m². Ao longo dos 18 meses de monitoramento, as colônias foram acompanhadas quinzenal ou mensalmente entre junho de 2019 e maio de 2020. Em maio de 2019 e entre junho e outubro de 2020 foram realizadas apenas uma amostragem mensal, enquanto no restante do período de realização deste estudo a amostragem foi quinzenal, totalizando 29 dias de coletas de dados. Em cada amostragem, foi selecionada para o monitoramento uma trilha ativa por colônia, a qual foi acompanhada durante 24 h, em intervalos de 3 h, totalizando 8 medidas por dia por colônia.

Para mensurar o ritmo de atividade das colônias, o trânsito de operárias nas trilhas foi filmado usando-se uma câmera digital (HX300 Sony). Em um ponto fixo da trilha próximo ao olheiro (aprox. 50 cm), a câmera foi posicionada sobre um tripé a altura de 50 cm, sendo a atividade nas trilhas registrada por 1 min a cada 3 h. Durante as filmagens noturnas, foi utilizado papel celofane vermelho nas lanternas para que a iluminação artificial vermelha não interferisse no comportamento natural das formigas. No laboratório, as filmagens foram utilizadas para a contagem de formigas transitando na trilha. A partir de um ponto de referência no centro do vídeo e com o uso do recurso de câmera lenta, foi possível contabilizar os indivíduos se dirigindo em direção aos locais de coleta de material vegetal e os indivíduos retornando para o ninho. Com base na distribuição da atividade das colônias ao longo de 24 h, foram previstos três possíveis padrões de ciclo circadiano: i. ciclo noturno, ii. ciclo diurno, e iii. ciclo misto. O ciclo foi considerado noturno quando mais de 2/3 da atividade ocorreria entre as 18 e 6 h, diurno quando mais de 2/3 da atividade ocorreria entre as 6 e 18 h, e misto quando a atividade ocorreria ao longo de quase ou todo o dia.

Para determinar o ritmo de forrageio das colônias, quinzenalmente durante 12 meses (de junho de 2019 a maio de 2020), foi realizada a coleta de todos os fragmentos transportados pelas formigas que atravessavam um ponto fixo da trilha durante 3 min. As coletas dos fragmentos também foram realizadas em intervalos de 3 h durante 24 h, sendo feitas logo após a finalização de cada filmagem para não interferir na atividade das trilhas. Os fragmentos coletados foram contabilizados e classificados em: material fresco (folha, ramo, flor e fruto) e material seco.

2.3. Medida de variáveis ambientais

Mensalmente durante 12 meses (de novembro de 2019 a outubro de 2020), foi registrado a temperatura e umidade utilizando um termo-higrômetro digital (Elitech BT-3, -50 a 70°C / 20-99% UR). As medidas foram realizadas próximo ao solo e diretamente ao lado das trilhas monitoradas, durante as filmagens. Em cada medida, o aparelho foi mantido no local de filmagem por 5 min, até os valores medidos pelo termo-higrômetro se estabilizarem. A precipitação diária também foi registrada durante todo o período de estudo com pluviômetro plástico (capacidade 130 ml).

2.4. Análises estatísticas

Para verificar se havia diferença no ritmo de atividade da saúva entre as estações seca e chuvosa foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney. As análises e figuras foram realizadas no programa estatístico Systat v.12 (Systat, 2007).

3. RESULTADOS

3.1. Ritmo de atividade

Durante o monitoramento do ritmo de atividade das colônias de *A. laevigata*, foram registradas em média 25,1 formigas ($\pm 16,7$ DP) transitando nas trilhas por minuto, considerando a soma das operárias saindo e voltando para o ninho. Nos horários de pico, a atividade média subiu para 72,2 formigas ($\pm 43,1$ DP) por minuto. A atividade das colônias variou ao longo dos 18 meses, existindo uma diferença significativa entre as estações seca e chuvosa ($U = 12.252$, $n_1 = 140$ e $n_2 = 150$, $P = 0,014$). Em geral, as colônias tenderam a aumentar sua atividade gradativamente ao longo da estação seca, com os dias de maior atividade ocorrendo no início da estação chuvosa (entre outubro e novembro; Fig. 2). A atividade das colônias também variou ao longo do dia, geralmente estando ativas por um certo período, seguido por um período de pouca ou nenhuma atividade. No geral, as formigas estiveram mais ativas entre as temperaturas de 16 a 27° C e umidade relativa do ar entre 70 a 90%, com atividade quase inexistente abaixo de 14 ou acima de 35° C (Fig.3).

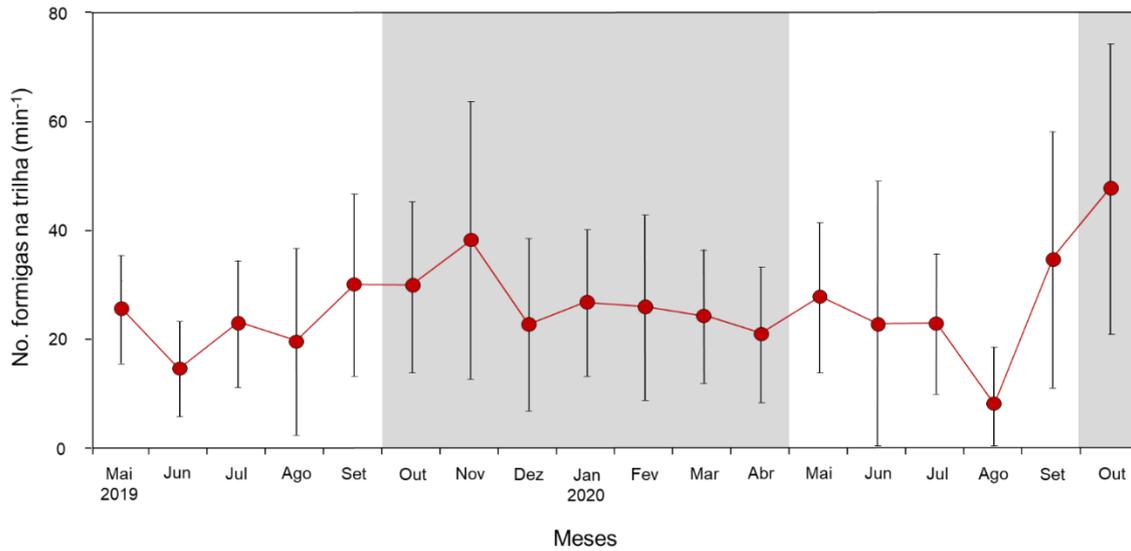


Fig. 2: Variação temporal da atividade (média \pm DP) de colônias da formiga saúva *Atta laevigata* monitoradas por 24 h ao longo de 18 meses, em uma área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Destaque para a estação chuvosa (fundo cinza).

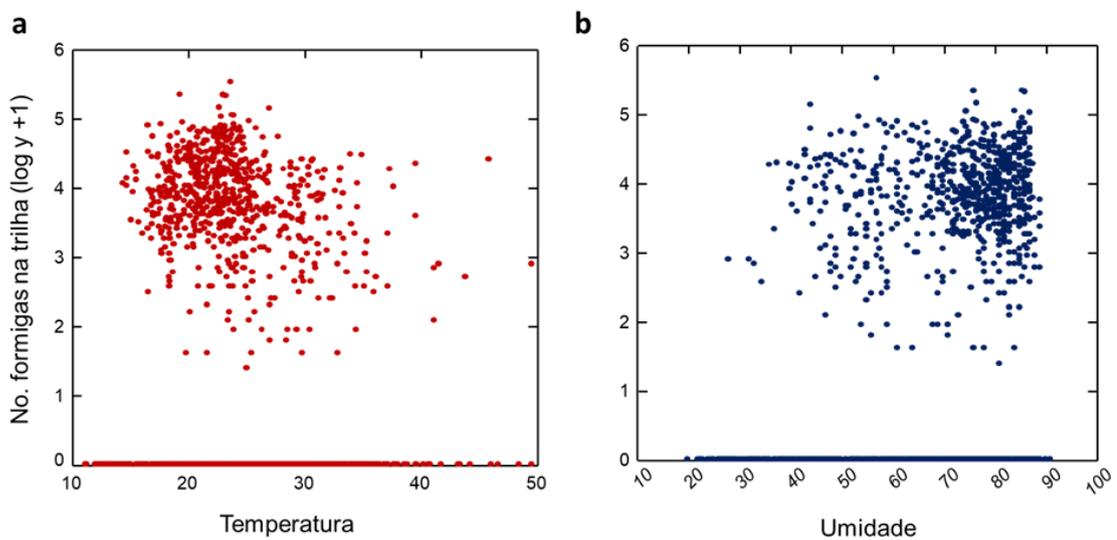


Fig. 3: Relação entre a atividade de formigas nas trilhas de colônias da saúva *Atta laevigata* com a) temperatura e b) umidade, em uma área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. As colônias ($n = 10$) foram monitoradas em intervalos de 3 h, em 18 dias de monitoramento, distribuídos ao longo de 12 meses (novembro de 2019 e outubro de 2020).

Foram registrados os três padrões de ciclos circadianos previstos (Fig. 4). O ciclo circadiano noturno foi o mais registrado (73,9%), tanto na estação seca quanto na chuvosa, seguido respectivamente pelo ciclo diurno (14,1%) e pelo ciclo misto (9,6%). Além disso, ocorreram sete registros (2,4%) de inatividade das colônias durante as 24 h monitoradas. No ciclo noturno, o pico de atividade ocorreu principalmente entre as 18 e 21 h, enquanto nos ciclos diurno ou misto, a atividade máxima foi registrada entre 12 e 15 h (Fig. 5). Durante o estudo, foi observada grande sincronia no ritmo circadiano entre as colônias. Em 22 dos 29 dias monitorados, a maioria das colônias (no mínimo 7 entre 10) apresentaram o mesmo padrão de atividade (Fig. 6). Ao longo do ano, essa sincronia também foi mantida em três eventos de transição de ciclo, nos quais a maioria das colônias mudaram da atividade noturna para diurna ou mista. A primeira mudança ocorreu em fevereiro, a segunda entre maio e junho, e a terceira entre outubro e novembro (Fig. 6).

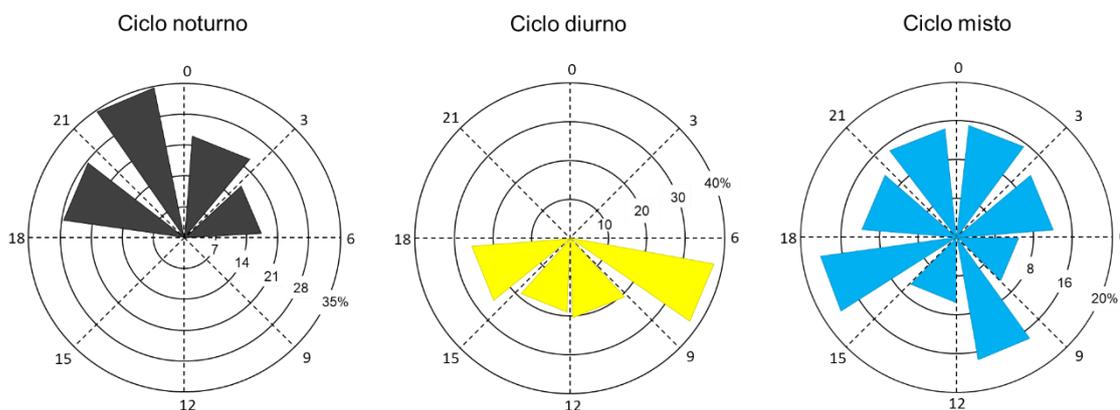


Fig. 4: Caracterização dos três ciclos circadianos da formiga saúva *Atta laevigata* em uma área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. O ciclo foi considerado noturno quando mais de 2/3 da atividade ocorreu entre as 18 e 6 h; diurno quando mais de 2/3 da atividade ocorreu entre as 6 e 18 h; e misto quando a atividade ocorreu ao longo de quase ou todo o dia.

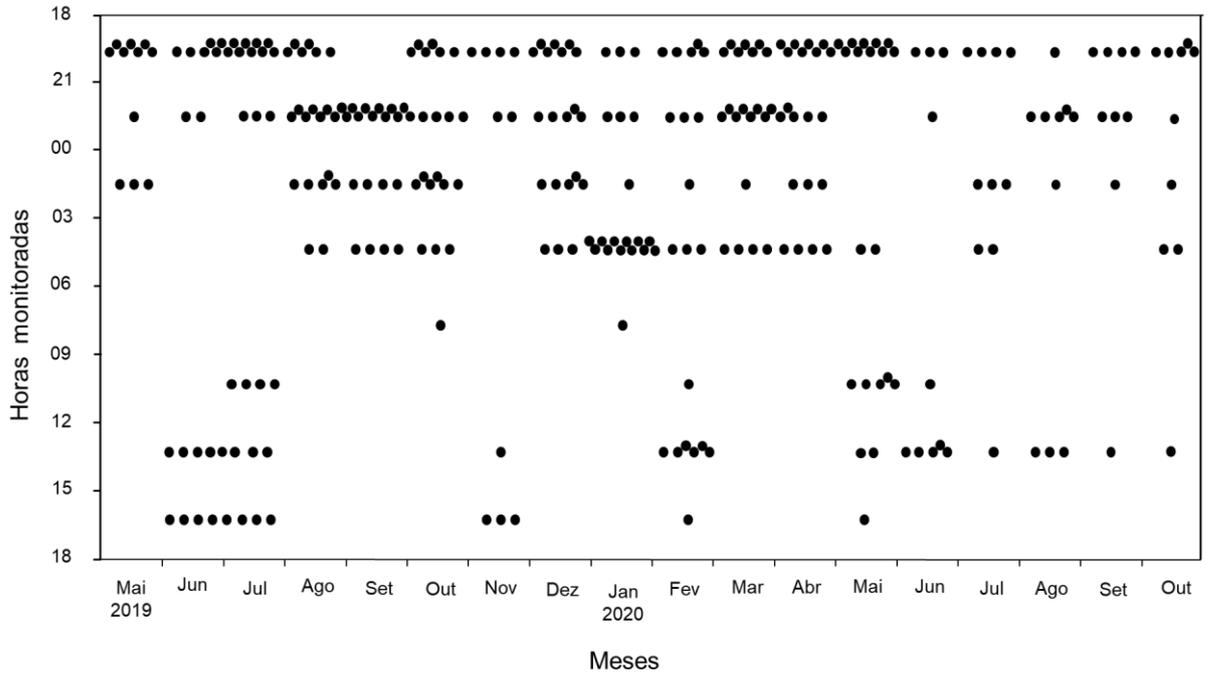


Fig. 5: Variação dos horários de pico de colônias da formiga saúva *Atta laevigata* monitoradas em intervalos de 3 h completando um ciclo de 24 h ao longo de 18 meses, em uma área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG.

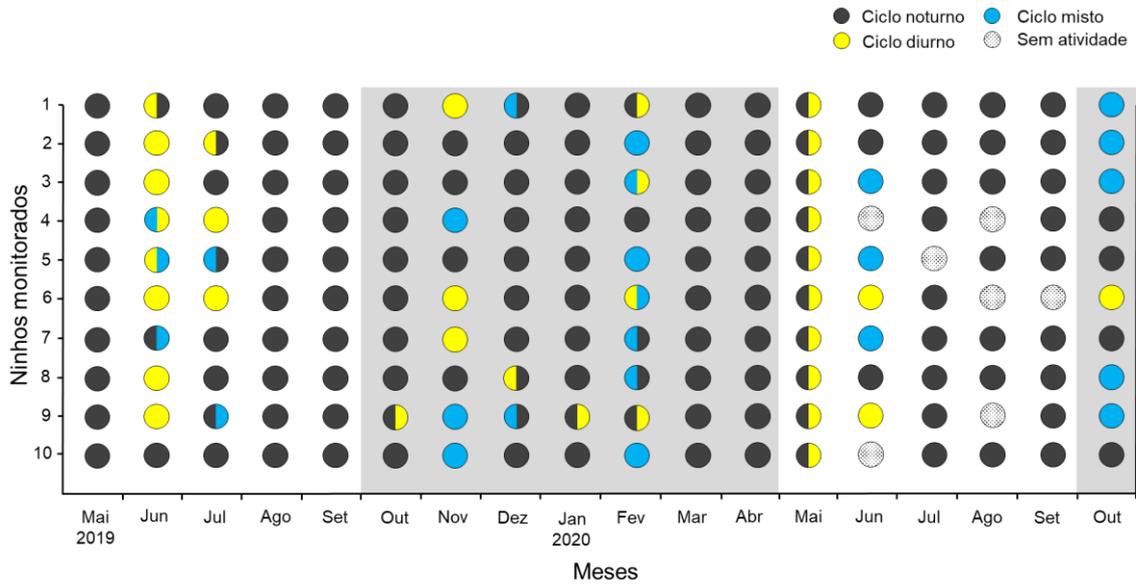


Fig. 6: Variação do ritmo circadiano de colônias da formiga saúva *Atta laevigata* monitoradas ao longo de 18 meses em uma área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Destaque para a estação chuvosa (fundo cinza). Os círculos com duas cores representam os meses que foram realizadas duas coletas de dados, ocorrendo padrão diferente entre os dias monitorados.

Aparentemente, a variações na temperatura e umidade ou a ocorrência de precipitação influenciaram na mudança dos ciclos circadianos das colônias vistos nos três eventos de transição. No início da estação seca, de maio a junho, a mudança para o ciclo diurno provavelmente foi devida a queda da temperatura, cujo mínimo durante o período noturno foi inferior a 14° C (Fig. 7a). Na estação chuvosa, a precipitação acumulada 48 h antes e durante o dia de monitoramento foi maior nos dias com ciclo misto e diurno, respectivamente. Enquanto isso, a temperatura máxima e a umidade não apresentaram diferenças marcantes entre os diferentes ciclos.

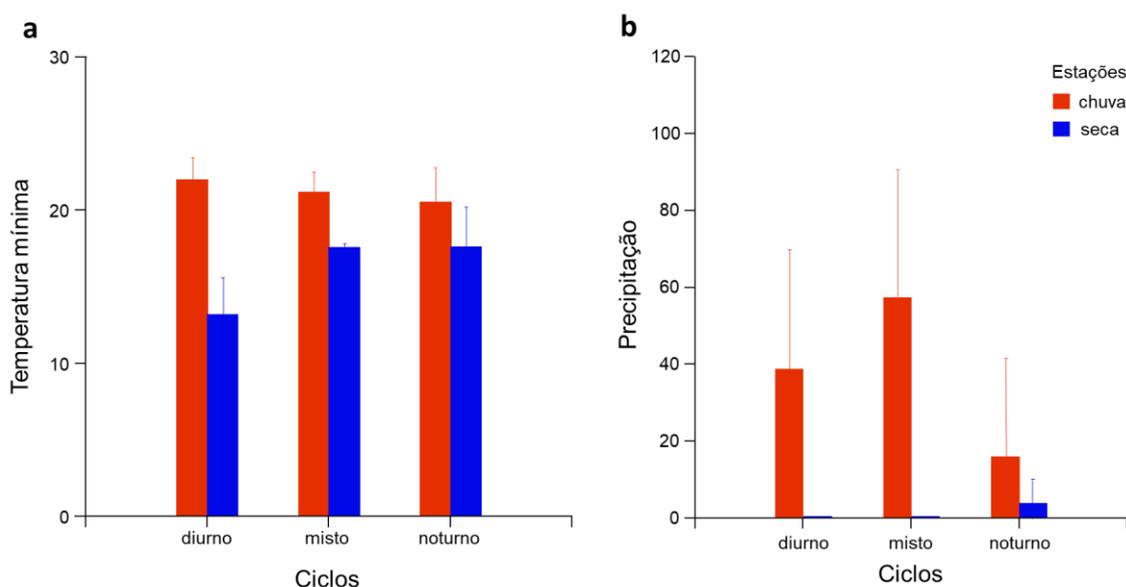


Fig. 7: Comparação da a) temperatura mínima e b) precipitação acumulada (72 h) entre as estações (seca e chuvosa) e os ciclos circadianos, para 10 colônias da saúva *Atta laevigata* em uma área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG.

3.2 Ritmo de forrageio

Em média, as colônias coletaram uma estimativa de 5.484 fragmentos por dia, com um ápice de coleta ocorrendo durante os meses de transição da estação seca para a estação chuvosa (setembro e outubro; Fig. 8). Durante o monitoramento foi registrado uma taxa média de eficiência de forrageio (quantidade de formigas carregadas pelo total de formigas retornando o para o ninho) de 25%. Aparentemente, essa taxa não diferiu entre os ciclos noturno (26,1%), diurno (23,4%) e misto (21,8%), nem entre as estações seca (27,7%) e chuvosa (24,0%). A eficiência de forrageio variou ao longo do ano, o que foi acompanhado de perto pela diminuição ou aumento da quantidade de material coletado (Fig. 8).

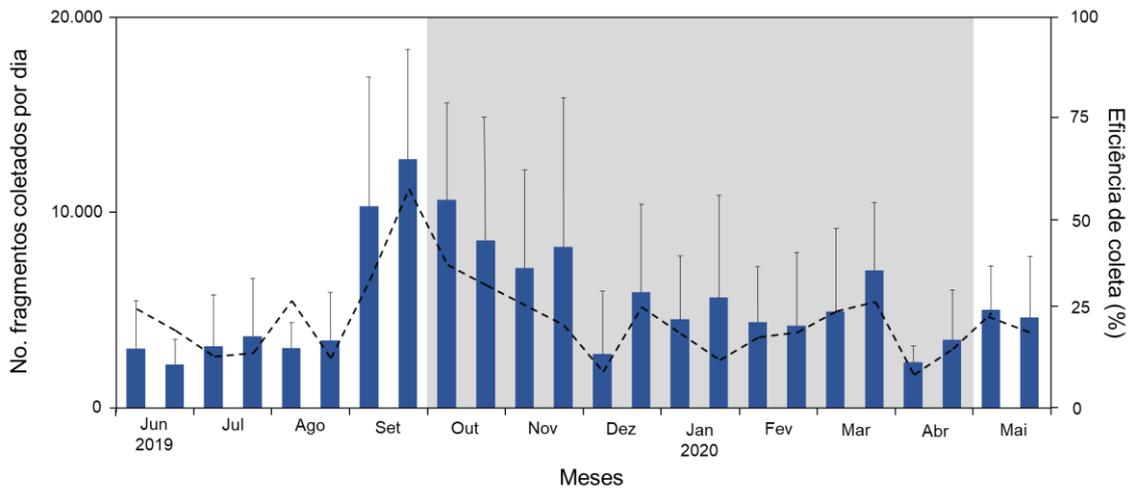


Fig. 8: Variação do ritmo de forrageio (média \pm DP) e eficiência de coleta (linha tracejada) de colônias da formiga saúva *Atta laevigata* monitoradas ao longo do ano em uma área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Destaque para a estação chuvosa (fundo cinza).

O material vegetal fresco coletado diretamente das plantas representou 90,3% do material coletado durante 12 meses pelas colônias, e o restante foi composto por material seco coletado na serapilheira. A coleta de material seco variou ao longo do ano, sendo mais coletado durante a estação seca, período no qual chegou a representar quase 50% do total coletado pelas colônias (Fig. 9). Entre as frações de material vegetal fresco, as folhas foram o principal item coletado (67,1%), seguido por flores (11,8%), ramos (6,0%) e frutos (5,4%), respectivamente. O uso dos diferentes itens frescos também variou ao longo do ano, sendo que folhas foi o principal item coletado durante todo o período estudado. Contudo, no final da estação seca e grande parte da estação chuvosa, foi observado um forte aumento na coleta de flores, enquanto o mesmo ocorreu para o consumo de frutos nos primeiros meses da estação chuvosa; ramos foram poucos coletados durante todo o ano (Fig. 10).

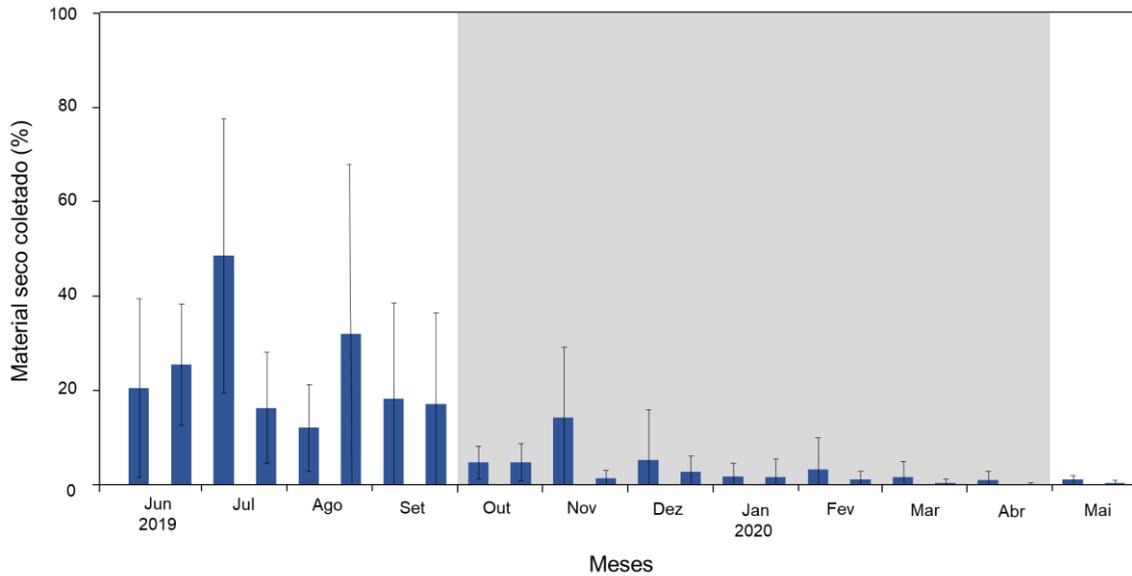


Fig. 9: Variação do forrageio de material seco (media \pm DP) por colônias da formiga saúva *Atta laevigata* monitoradas ao longo de 12 meses em uma área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Destaque para a estação chuvosa (fundo cinza).

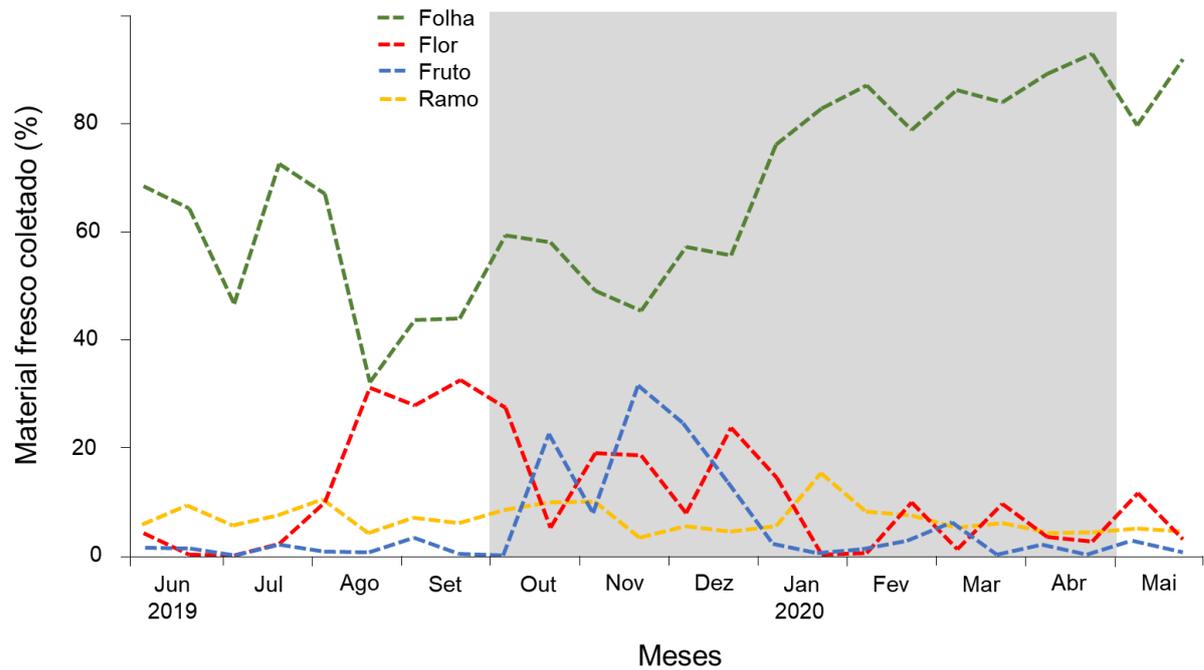


Fig. 10: Variação do forrageio de materiais frescos (folha, flor, fruto e ramo) por colônias da formiga saúva *Atta laevigata* monitoradas ao longo de 12 meses em uma área de cerrado sentido restrito na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. Destaque para a estação chuvosa (fundo cinza).

4. DISCUSSÃO

O ritmo circadiano voltado para o padrão de atividade de forrageio das formigas-cortadeiras-de-folha aparentemente pode ser ajustado as variações do ambiente ou a mudanças nas demandas internas das colônias, quando influenciado pelas variações ambientais pode apresentar um comportamento flexível ajustado a essas mudanças (Hölldobler; Wilson, 1990; Rockwood, 1975; Wetterer; Himler; Yospin, 2001; Caldato et al., 2016; Farji-Brener et al., 2018; Bustamante et al., 2020; Sujimoto et al., 2020). Neste estudo foi possível determinar como o ritmo de atividade e forrageio de colônias de *A. laevigata* mudam ao longo do ano, e quais variáveis ambientais aparentemente influenciam nestas mudanças. Além disso, foi possível analisar a eficiência do forrageio e a variação sazonal na importância relativa de diferentes itens coletados pelas colônias.

Na área de Cerrado estudada, a atividade da *A. laevigata* foi variável, aumentando gradativamente na estação seca com pico no início da estação chuvosa. Durante a atividade a saúva ficou mais ativa no ciclo noturno, entre as 18 h e 21 h e na faixa de temperaturas entre 16 e 27° C com umidade entre 70 e 90%. Da mesma forma que em *A. laevigata*, a temperatura e umidade são variáveis climáticas que influenciam na atividade de algumas espécies de cortadeiras, como na *Atta capiguara*, mais ativa a noite e em temperaturas entre 20 e 30° C e umidade entre 50 e 70% (Caldato et al., 2016). Enquanto que em *Atta cephalotes*, a atividade é diurna na faixa de temperaturas entre 24 e 45° C, e noturna quando em temperaturas entre 17 e 24° C, com umidade bem variada, entre 40 e 100% (Bustamante; Amarillo-Suárez; Wirth, 2020). Apesar de ativas em uma ampla faixa de temperatura e umidade, a variação das temperaturas mínimas e máximas são fatores que podem atuar como limitantes da atividade (Fowler; Robinson, 1979; Mintzer, 1979). Neste estudo a atividade de *A. laevigata* foi quase inexistente abaixo de 14 e acima de 35° C. Muito parecido com o que foi encontrado para *Atta capiguara* no cerrado, com atividade quase inexistente abaixo de 15 e acima de 35° C (Caldato et al., 2016).

As colônias apresentaram uma grande sincronia em relação aos ritmos circadianos, divididos nos ciclos noturno, diurno e misto. Essa sincronia foi vista tanto durante o ciclo mais ativo quanto nos períodos de transição. Essa sincronia encontrada entre as colônias no Cerrado diverge do resultado observado previamente para *A. laevigata* em outra área de savana na Venezuela, que mostrou uma ausência de padrão diário da atividade devido a assincronia das

colônias estudadas, sugerindo que as mudanças nos ritmos não foram determinadas pela sazonalidade e sim por fatores intrínsecos das colônias, como a necessidade nutricional (Farji-Brener, 1993).

Em várias espécies de cortadeiras a sazonalidade é o principal fator que influencia na mudança dos ciclos circadianos, geralmente noturnas no verão e diurnas no inverno (Gamboa, 1976; Fowler; Robinson, 1979; Mintzer, 1979; Giesel; Boff; Boff, 2013; Nickele et al., 2016). As mudanças de noturno para diurno e/ou misto neste estudo sofreram influência da sazonalidade, mas não seguiram o padrão de ritmo circadiano, de ter um ciclo principal diferente em cada estação. As mudanças nos ciclos aconteceram na estação chuvosa por influência da precipitação acumulada, muito alta no período de transição em fevereiro, onde as formigas ficaram diurnas e mistas provavelmente para compensar a atividade perdida nos momentos de chuva intensa. Já a mudança no período de outubro a novembro poderia estar mais relacionada a época de revoada da espécie do que pela precipitação acumulada, visto que neste período as formigas alteram suas atividades para prepararem o ninho para o momento do voo nupcial (Autuori, 1942). Na estação seca a temperatura mínima foi o fator que influenciou nas mudanças dos ciclos, muito baixa no período de transição de maio a junho.

A taxa de coleta de material vegetal variou ao longo do ano e foi maior durante os meses de transição da estação seca para a estação chuvosa (setembro e outubro), no entanto o número de formigas na trilha foi maior no início da estação chuvosa (outubro e novembro). Isso mostra que a variação da eficiência de forrageio não esteve diretamente relacionada com o ritmo de atividade (tráfego nas trilhas) e sim acompanhado pela quantidade de material coletado. Em *Atta capiguara* a eficiência de forrageio e a atividade foram diretamente relacionadas, sendo ambas maiores durante a estação chuvosa (Caldato et al., 2016).

Os tipos de materiais vegetais coletados que mais representam a dieta da *A.laevigata* neste estudo foram principalmente as folhas, seguido das flores e material seco, sendo o último considerável na estação seca pela maior disponibilidade em função da perda de folhas (Malheiros, 2016). Dos itens frescos, durante todo o ano, as folhas foram as mais coletadas pelas formigas, seguido pelas flores, coletadas no final da estação seca e grande parte da estação chuvosa. Esses materiais frescos também foram os mais coletados por *Acromyrmex subterraneus* no cerrado (Calheiros et al., 2019). A coleta de flores e folhas mesmo na estação seca é possível no cerrado sentido restrito em função da produção desses itens durante todo o ano, principalmente entre as estações (Lenza; Klink, 2006).

A maioria das pesquisas sobre forrageio e ecologia comportamental de formigas-cortadeiras-de-folhas foram realizadas com espécies de *Atta* (Hölldobler; Wilson, 2011). Em *A. laevigata* é comum encontrar mais estudos sobre forrageio focado na seletividade e disponibilidade de recursos coletados (Vasconcelos & Cherrett, 1996; Nagamoto et al., 2009; Tavares; Alves; Moráis, 2016; Costa et al., 2019). Já sobre padrões de atividade e forrageio e como estes são influenciados por fatores ambientais há poucos estudos disponíveis (Farji-Brener, 1993; Viana et al., 2004). Este estudo forneceu mais informações sobre a ecologia comportamental, em especial sobre o padrão de forrageio que *A. laevigata* apresenta em uma fitofisionomia de cerrado. Em função de sua abundância em um bioma hotspot, e atuação como “herbívoro dominante”, é extremamente importante conhecer seus padrões de forrageio para entender a dinâmica da espécie e avaliar seu impacto nesse ecossistema. Por serem suscetíveis a temperatura, umidade e precipitação, podem ajudar sendo fonte de dados sobre as condições ambientais ideais e limitantes para futuros trabalhos que tragam implicações e busquem construir cenários a respeito de alterações no ritmo de atividade como efeito das mudanças climáticas.

5. CONCLUSÕES

A atividade da *A. laevigata* no Cerrado varia ao longo das estações e apresenta três padrões de ciclos circadianos, que se alteram ao longo do ano entre as colônias de forma síncrona por influência de fatores ambientais e intrínsecos das colônias. São mais ativas durante o ciclo noturno, com pico entre as 18 e 21 h e com temperaturas entre 15 e 25° C e umidade relativa entre 70 e 90%, e atividade é quase inexistente abaixo de 14 e acima de 35° C. O ritmo de forrageio é maior na transição das estações seca para a chuvosa, com taxa média de eficiência de 25%. Os tipos de materiais vegetais variam ao longo do ano, sendo folhas, flores e material seco os itens mais coletados. Encontrar um padrão de forrageio auxilia a entender como estes insetos sociais impactam seu habitat e as influências que o meio desempenha em seus comportamentos.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, 2013.
- AUTUORI, M. Contribuição para o conhecimento da saúva (*Atta* spp – Hymenoptera-Formicidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, v.13, p.137-150, 1942.
- BOUCHEBTI, S. et al. Dynamics of physical trail construction and of trail usage in the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Ethology Ecology and Evolution*, v. 31, n. 2, 2019.
- BUSTAMANTE, S.; AMARILLO-SUÁREZ, A.; WIRTH, R. Effects of pasture and forest microclimatic conditions on the foraging activity of leaf-cutting ants. *Biotropica*, v. 52, n. 4, 2020.
- CALDATO, N. et al. Foraging activity pattern and herbivory rates of the grass-cutting ant *Atta capiguara*. *Insectes Sociaux*, v. 63, n. 3, 2016.
- CALHEIROS, A. C. et al. Foraging Ecology of the Leaf-Cutter Ant, *Acromyrmex subterraneus* (Hymenoptera: Formicidae), in a Neotropical Cerrado Savanna. *Environmental Entomology*, v. 48, n. 6, 2019.
- COSTA, A. N. et al. Adaptive foraging of leaf-cutter ants to spatiotemporal changes in resource availability in Neotropical savannas. *Ecological Entomology*, v. 44, n. 2, 2019.
- COSTA, A. N.; VIEIRA-NETO, E. H. M. Species turnover regulates leaf-cutter ant densities in environmental gradients across the Brazilian Cerrado. *Journal of Applied Entomology*, v. 140, n. 6, 2016.
- CHERRETT, J.M. 1989. Leaf-cutting ants. In: Lieth, H & Werger M.J.A. (eds). *Ecosystems of the world*. Elsevier. Amsterdam, pp 473–488.
- DELLA LÚCIA, T.M.C. & M.A. Oliveira, 1993. *As Formigas Cortadeiras*. Viçosa: Folha de Viçosa, 262 p.
- FARJI BRENER, A. G. Influência de la estacionalidad sobre los ritmos forrajeros de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) en una sabana tropical. *Rev. Biol.Trop*, v. 41, n. 3, 1993.
- FARJI-BRENER, A. G. et al. Working in the rain? Why leaf-cutting ants stop foraging when it's raining. *Insectes Sociaux*, v. 65, n. 2, 2018.

- FOWLER, H. G.; ROBINSON, S. W. Foraging by *Atta sexdens* (Formicidae: Attini): seasonal patterns, caste and efficiency. *Ecological Entomology*, v. 4, n. 3, 1979.
- GAMBOA, G. J. Effects of Temperature on the Surface Activity of the Desert Leaf-cutter Ant, *Acromyrmex versicolor versicolor* (Pergande) (Hymenoptera: Formicidae). *American Midland Naturalist*, v. 95, n. 2, 1976.
- GIESEL, A.; BOFF, M. I. C.; BOFF, P. Seasonal Activity and Foraging Preferences of the Leaf-Cutting Ant *Atta sexdens piriventris* (Santschi) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, v. 42, n. 6, 2013.
- GONCALVES, R. V. S. et al. Changes in the Cerrado vegetation structure: Insights from more than three decades of ecological succession. *Web Ecology*, v. 21, n. 1, 2021.
- HÖLLDOBLER B, WILSON EO (1990) The ants. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- HÖLLDOBLER, B., AND E. O. WILSON. 2011. The leafcutter ants: civilization by instinct. W. W. Norton & Company, New York.
- INÊS, M. et al. Mudanças fitofisionômicas no cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. *Caminhos de Geografia*, v. 10, n. 32, 2009.
- LENZA, E.; KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 29, n. 4, 2006.
- MALHEIROS, R. A Influência Da Sazonalidade Na Dinâmica Da Vida No Bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 19, 2016.
- MINTZER, A. Foraging activity of the Mexican leafcutting ant *Atta mexicana* (F. Smith), in a sonoran desert habitat (Hymenoptera, Formicidae). *Insectes Sociaux*, v. 26, n. 4, 1979.
- MOREIRA, A. A. et al. Nest architecture of *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, v. 39, n. 2, 2004.
- MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in central Brazil. *Journal of Biogeography*, v. 27, n. 4, 2000.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, 2000.

- NAGAMOTO, N. S. et al. Differentiation in selection of dicots and grasses by the leaf-cutter Ants *Atta capiguara*, *Atta laevigata* and *Atta sexdens rubropilosa*. *Sociobiology*, v. 54, n. 1, 2009.
- NICKELE, M. A. et al. Daily foraging activity of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) leaf-cutting ants. *Sociobiology*, v. 63, n. 1, 2016.
- ROCKWOOD, L. L. The Effects of Seasonality on Foraging in Two Species of Leaf-Cutting Ants (*Atta*) in Guanacaste Province, Costa Rica. *Biotropica*, v. 7, n. 3, 1975.
- SUJIMOTO, F. R. et al. Foraging activity of leaf-cutter ants is affected by barometric pressure. *Ethology*, v. 126, n. 3, 2020.
- TAVARES, P. R. A.; ALVES, V. V.; MORÁIS, G. A. Does *Atta laevigata* (Smith, 1858) act as *Solanum lycocarpum* seed dispersers? *Sociobiology*, v. 63, n. 1, 2016.
- VASCONCELOS, H. L.; CHERRETT, J. M. The effect of wilting on the selection of leaves by the leaf-cutting ant *Atta laevigata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 78, n. 2, 1996.
- VIANA, L. R. et al. Foraging patterns of the leaf-cutter ant *Atta laevigata* (Smith) (Myrmicinae: Attini) in an area of cerrado vegetation. *Neotropical Entomology*, v. 33, n. 3, 2004.
- WEBER, N. A. 1966. Fungus-growing ants. *Science* 153:587–604.
- WETTERER, J. K.; HIMLER, A. G.; YOSPIN, M. M. Foraging ecology of the desert leaf-cutting ant, *Acromyrmex versicolor*, in Arizona (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, v. 37, n. 3 B, 2001.
- WIRTH, R. et al. Annual foraging of the leaf-cutting ant *Atta colombica* in a semideciduous rain forest in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, v. 13, n. 5, 1997.
- ZANUNCIO, A. J. V. et al. Occurrence of *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) in the South of Espírito Santo State, Brazil. Recently introduced or endangered species? *Sociobiology*, v. 56, n. 2, 2010.