



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

**FLUTUAÇÕES NA ABUNDÂNCIA E NO TAMANHO POPULACIONAL
DE *Eulaema nigrita* LEPELETIER (HYMENOPTERA, APIDAE) NO
CERRADO**

ANA CAROLINE FAGUNDES DE CASTRO

UBERLÂNDIA

2019



ANA CAROLINE FAGUNDES DE CASTRO

ii



**FLUTUAÇÕES NA ABUNDÂNCIA E NO TAMANHO POPULACIONAL
DE *Eulaema nigrita* LEPELETIER (HYMENOPTERA, APIDAE) NO
CERRADO**

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

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Solange Cristina Augusto

UBERLÂNDIA

2019

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

C355f Castro, Ana Caroline Fagundes de, 1993
2019 Flutuações na abundância e no tamanho populacional de *Eulaema nigrita* Lepelletier (Hymenoptera, Apidae) no Cerrado [recurso eletrônico] / Ana Caroline Fagundes de Castro. - 2019.

Orientadora: Solange Cristina Augusto.

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.2019.1343>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ecologia. 2. Abelha. 3. Cerrados. 4. Armadilhas para insetos.
I. Augusto, Solange Cristina, 1966, (Orient.) II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

ANA CAROLINE FAGUNDES DE CASTRO

**FLUTUAÇÕES NA ABUNDÂNCIA E NO TAMANHO POPULACIONAL DE
Eulaema nigrita LEPELETIER (HYMENOPTERA, APIDAE) NO CERRADO**

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

Aprovada em 25 de fevereiro de 2019.

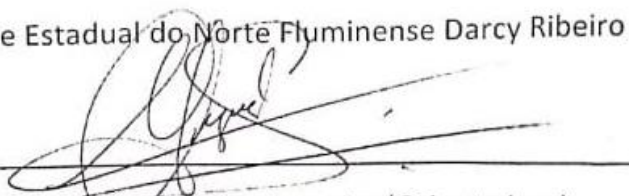
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Celso Feitosa Martins
Universidade Federal da Paraíba



Dr. Wilson Frantine-Silva
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro



Prof.ª Dr.ª Solange Cristina Augusto (Orientadora)
Universidade Federal de Uberlândia

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Rosana e Giuliano, pela educação que me deram e que me fez chegar até aqui. Por tudo que abdicaram e o quanto se esforçaram para me proporcionar o melhor. Agradeço também aos meus colegas de sala (Luan, João e Marina) por todo o apoio e amizade durante esse período. Agradeço ao Guilherme, companheiro de campo que foi essencial à realização desse projeto, e que pude retribuir repassando uma parte do meu conhecimento. Não poderia esquecer do meu colega Thiago Tosta, que vem me acompanhando e orientando desde a graduação, me iniciou na área e me ensinou muitas das coisas que sei hoje. Espero poder repassar para outros alunos todos esses ensinamentos com a dedicação que você teve comigo. Agradeço também ao Diego Nascimento e Rafael Rios por terem disponibilizado tempo e paciência para me ajudar com as análises estatísticas. Sou muito grata, especialmente, à minha orientadora Solange, que também me acompanha desde a graduação. Não consigo descrever em palavras o quanto admiro você e sua jornada. Muito obrigada por tudo! Por último, agradeço à Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pelo apoio estrutural, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro durante esses dois anos.

ÍNDICE

RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	6
3.1. Área de estudo	6
3.2. Amostragens	8
3.3. Marcação dos indivíduos	10
3.4. Análise dos dados	10
3.4.1. Diferenças de abundância entre estações e sítios de amostragem	10
3.4.2. Estimativa populacional	11
3.4.3. Probabilidade de recaptura	12
3.4.4. Aumento do número de sítios de recaptura	12
4. RESULTADOS	12
4.1. Diferenças de abundância entre estações e sítios de amostragem	12
4.2. Estimativas populacionais	14
4.3. Probabilidade de recaptura	15
4.4. Aumento do número de sítios de recaptura	16
5. DISCUSSÃO	18
6. CONSIDERAÇÕES GERAIS	21
7. REFERÊNCIAS	21

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização dos quatro sítios de amostragem (CE: Cerradão; MG: Mata de Galeria; CT: Cerrado Sentido Restrito Típico; CR: Cerrado Sentido Restrito Ralo) na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG (Fonte: Ilustração adaptada de Araújo et al., 2002) 7
- Figura 2.** Fitofisionomias de Cerrado em que os machos de *Eulaema nigrita* foram amostrados na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG: Mata de Galeria (A), Cerrado Sentido Restrito Típico (B), Cerradão (C) e Cerrado Sentido Restrito Ralo (D) 7
- Figura 3.** (A) Macho de *Eulaema nigrita* fotografado na Estação Ecológica do Panga. (B) Armadilha aromática adaptada de Justino & Augusto (2010). 8
- Figura 4.** Esquema das sessões de coleta de machos de *Eulaema nigrita* em diferentes fitofisionomias de Cerrado na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG, entre dezembro de 2017 e agosto de 2018, nas estações seca e chuvosa.. 9
- Figura 5.** (A) Cada forma geométrica representa a remoção do pré-tarso e primeiro tarsômero dos indivíduos de acordo com o dia de coleta (quadrado = 1º dia; círculo = 2º dia; pentágono = 3º dia; triângulo = 4º dia). (B) Indivíduo recapturado marcado na terceira perna direita (marcado no 3º dia de coleta).....10
- Figura 6.** Variação sazonal na abundância dos machos de *Eulaema nigrita* em cada mês de coleta nos quatro sítios de amostragem, na Estação Ecológica do Panga - Uberlândia-MG: Mata de Galeria (MG), Cerrado Típico (CT), Cerradão (CE), Cerrado Ralo (CR).....13
- Figura 7.** Abundância média e desvio padrão por armadilha dos machos de *Eulaema nigrita*, amostrados nas estações chuvosa e seca, na Estação Ecológica do Panga- Uberlândia-MG 13

- Figura 8.** Abundância média e desvio padrão por armadilha dos machos de *Eulaema nigrita* nos quatro sítios de amostragem, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG, nas estações úmida (traço contínuo) e seca (traço pontilhado)..... 14
- Figura 9.** Estimativas populacionais de *Eulaema nigrita* em diferentes meses das estações seca e úmida, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG 15
- Figura 10.** Probabilidades de recaptura de acordo com o número de capturas de machos de *Eulaema nigrita* na estação seca (A) e chuvosa (B)..... 17
- Figura 11.** Média e desvio padrão do número de recapturas de machos de *Eulaema nigrita* de acordo com a quantidade de sítios de recapturas..... 18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Indivíduos capturados (Σn_i) e recapturados (Σm_i), proporção marcada ($\alpha \pm SD$), probabilidade de sobrevivência ($\phi \pm SD$) e tamanho populacional estimado ($\Sigma B_i \pm SD$) de machos de <i>Eulaema nigrita</i> , na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia – MG	15
---	----

RESUMO

CASTRO, A. C. F. 2019. **Flutuações na abundância e no tamanho populacional de *Eulaema nigrita* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae) no Cerrado**. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais. UFU. Uberlândia – MG. 30 p.

O Cerrado apresenta uma variedade de mosaicos vegetacionais e há poucas informações que comparem a abundância das abelhas Euglossini nos diferentes tipos fitofisionômicos desse bioma. Por ser uma das espécies mais abundantes nas fitofisionomias do Cerrado e ser facilmente atraída por armadilhas aromáticas, *Eulaema nigrita* pode ser considerada um bom modelo para estudos populacionais e que visem testar o efeito da sazonalidade e heterogeneidade de ambientes do Cerrado sobre as espécies. O objetivo deste estudo foi avaliar: (a) se a sazonalidade e a diversidade de formações vegetais do Cerrado afetam a abundância de machos de *El. nigrita*; (b) os tamanhos populacionais dessa espécie nas estações seca e chuvosa; (c) se a probabilidade de recaptura, parâmetro usado nas estimativas populacionais, depende da quantidade de indivíduos marcados, e se essa relação varia entre as estações seca e chuvosa; e (d) a influência do número de pontos amostrais na quantidade de recapturas entre as estações seca e chuvosa. O estudo foi conduzido Estação Ecológica do Panga, em Uberlândia – MG, uma unidade de conservação que possui formações florestais, savânicas e campestres. Os machos de *El. nigrita* foram amostrados simultaneamente por meio de armadilhas-aromáticas em quatro sítios: 1- Mata de Galeria (MG); 2- Cerradão (CE); 3- Cerrado Sentido Restrito Típico (CT); e 4- Cerrado Sentido Restrito Ralo (CR). Foram realizadas oito sessões de coleta, quatro na estação chuvosa (entre dezembro/2017 e março/2018) e quatro na estação seca (entre junho/2018 e agosto/2018). Em cada sessão as amostragens foram feitas em 4 dias consecutivos, no período das 8h às 13h. Durante essas sessões, machos coletados

no sítio MG eram marcados por meio de um método não letal, soltos e recapturados nas armadilhas situadas em todos os sítios de amostragem. Aplicou-se o método Jolly-Seber para as estimativas populacionais (b), análises de variância (ANOVA) para responder os objetivos (a) e (d), e regressões logísticas para responder o objetivo (c). As abundâncias e populações foram maiores na estação chuvosa, sendo que a primeira variou de acordo com a fitofisionomia. Já em relação às recapturas, observou-se um maior número de indivíduos recapturados com o aumento dos sítios de recapturas, além de uma relação entre o número de capturas e recapturas na estação seca. Os resultados aqui apresentados reforçam a importância da conservação das diferentes fitofisionomias de Cerrado para *El. nigrita* e a necessidade de um maior esforço de recaptura de indivíduos em trabalhos que visem realizar estimativas populacionais dessa espécie.

Palavras-chave: Estimativa populacional, Fitofisionomia, Recaptura

ABSTRACT

CASTRO, A. C. F. 2019. **Fluctuations in abundance and population size of *Eulaema nigrita* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae) in the Cerrado**. MSc.thesis. UFU. Uberlândia – MG. 30 p.

The Cerrado presents a variety of vegetational mosaics and there is few information comparing the abundance of Euglossini bees in the different physiognomies types of this biome. As one of the most abundant species in Cerrado physiognomies and being easily attracted by aromatic traps, *Eulaema nigrita* can be considered a good model for population studies aiming to test the effect of seasonality and heterogeneity of Cerrado environments on species. The objective of this study was to evaluate: (a) if the seasonality and diversity of Cerrado plant formations affect the abundance of *El. nigrita* males; (b) the population sizes of this species in the dry and rainy seasons; (c) whether the likelihood of recapture, a parameter used in population estimates, depends on the number of marked individuals, and whether this relation varies between the dry and rainy seasons; and (d) the influence of the number of sampling points on the amount of recaptures between the dry and rainy seasons. The study was conducted at Panga Ecological Station, in Uberlândia - MG, a conservation unit that has forest, savanna and field formations. The males of *El. nigrita* were sampled simultaneously by aromatic traps at four sites: 1- Gallery Forest (GF); Cerradão (CE); 3 – Cerrado Typical Restricted Sense (CT); and 4- Cerrado Drain Restricted Sense (CD). Eight collection sessions were conducted, four in the rainy season (between December/2017 and March/2018) and four in the dry season (between June/2018 and August/2018). In each session the samples were made in 4 consecutive days, in the period of 8 AM to 1 PM. During these sessions, males collected at the GF site were marked by a non-lethal method, released and recaptured in the traps located at all sampling sites. The Jolly-Seber method was

applied for population estimates (b), analysis of variance (ANOVA) to respond objectives (a) and (d), and logistic regressions to respond objective (c). The abundances and populations were higher in the rainy season, with the former varying according to physiognomies. Regarding the recaptures, there was a greater number of recaptured individuals with the increase of the recapture sites, as well as a relation between the number of captures and recaptures in the dry season. The results presented here reinforce the importance of the conservation of the different Cerrado physiognomies for *El. nigrita* and the need for a greater effort to recapture individuals in studies that aim to make population estimates of this species.

Key words: Population estimate, Physiognomies, Recapture

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado ocupa aproximadamente 21% do território brasileiro, sendo considerado o segundo maior bioma brasileiro (KLINK; MACHADO, 2005). Este bioma é caracterizado por um mosaico de fitofisionomias que inclui formações savânicas, florestais e campestres (RIBEIRO; WALTER, 2008). Segundo a definição de Méio et al. (2003), as formações florestais apresentam predominância de vegetação arbórea e formação de dossel contínuo, podendo ser associadas aos cursos de água, tais como as Matas de Galeria, ou não, como o Cerradão. Já as formações savânicas e campestres, como, o Cerrado Sentido Restrito e Campo Rupestre, respectivamente, não apresentam formação de dossel contínuo e possuem influência florística das Florestas Atlântica e Amazônica (MÉIO et al., 2003). Por ser um bioma heterogêneo, o Cerrado possui uma grande diversidade de espécies vegetais e animais, podendo representar algo entre 20% a 50% do território nacional, além de apresentar muitas espécies endêmicas (MACHADO et al., 2004).

Paisagens com maior heterogeneidade ambiental tendem a ser vantajosas para as abelhas devido aos processos de complementação de recursos, sendo que, a resposta das espécies de abelhas (NERY et al., 2018) e outros insetos (MATA; TIDON, 2013) tem se mostrado relacionada, tanto positiva como negativamente à complexidade da vegetação. Alguns estudos já observaram variações na abundância e composição de abelhas em diferentes fitofisionomias no Cerrado (FARIA; SILVEIRA, 2011; SILVEIRA et al., 2015) e na Mata Atlântica (COSTA; FRANCOY, 2017; MACHADO et al., 2018), reforçando a importância da conservação de manchas distintas de habitat dentro de um mesmo bioma.

Além dessa diferenciação vegetacional, o Cerrado possui duas estações bem marcadas: invernos secos e verões chuvosos (RIBEIRO; WALTER, 2008). Tais períodos apresentam diferentes padrões de temperatura e precipitação que podem interferir na abundância e composição local de abelhas (AGUIAR;

GAGLIANONE, 2008; ANDRADE-SILVA et al., 2012; COSTA; FRANCOY, 2017) e outros insetos (OLIVEIRA; FRIZZAS, 2008), ocasionando picos de abundância em determinados períodos.

O Cerrado é um dos biomas que mais vem sofrendo com os processos de fragmentação (KLINK; MACHADO, 2005), o que pode limitar o fluxo gênico e os tamanhos populacionais de animais e plantas (SUNI; BROSI, 2014). Mais especificamente em relação as abelhas, esse processo de fragmentação pode promover alterações em suas abundâncias e riqueza (GARIBALDI et al., 2011), ou morfologia e ecologia, como, por exemplo, no tamanho corporal e localização do ninho (CARRIÉ et al., 2017). Abelhas com restrições ecológicas mais específicas, como as abelhas da tribo Euglossini, podem estar ainda mais susceptíveis à este processo de fragmentação, uma vez que muitas espécies são pouco tolerantes às áreas mais abertas e antropizadas (BROSI, 2009; SILVEIRA et al., 2015).

As abelhas Euglossini, popularmente conhecidas como abelhas das orquídeas, apresentam aproximadamente 240 espécies (MOURE et al., 2012). Possuem uma distribuição tipicamente neotropical, ocorrendo por quase todo continente americano (ROUBIK; HANSON, 2004). Apresentam maior diversidade e abundância nas florestas tropicais úmidas e em baixas altitudes e latitudes (ROUBIK; HANSON, 2004; SKOV; WILEY, 2005). Os machos coletam e armazenam compostos aromáticos de fontes florais ou extraflorais (ELTZ et al., 1999), dentre as quais as orquídeas se destacam por possuírem dezenas de espécies visitadas e polinizadas por machos de Euglossini (RAMÍREZ et al., 2002).

A presença de fitofisionomias florestais no Cerrado é um fator determinante para a manutenção de uma maior riqueza de abelhas da tribo Euglossini nesse bioma (TOSTA et al., 2017). Estudos recentes apontam a ocorrência de aproximadamente 18 espécies nessas áreas, incluindo todos os cinco gêneros que compõe a tribo (SILVEIRA et al., 2015; TOSTA et al., 2017). De acordo com Silveira et al. (2015), a riqueza de Euglossini amostrada em Florestas Estacionais Semidecíduais (FES) pode ser comparada à riqueza encontrada em remanescentes

de Floresta Atlântica (AGUIAR; GAGLIANONE, 2008; NEMÉSIO; SILVEIRA, 2007; RÊBELO; GARÓFALO, 1997). Além disso, algumas espécies amostradas no Cerrado são consideradas endêmicas de florestas tropicais úmidas, como *Euglossa decorata*, *Euglossa viridis*, *Euglossa amazônica* e *Aglae caeruleae* (NEMÉSIO et al., 2007; SILVA et al., 2013; SILVEIRA et al., 2015; TOSTA et al., 2017).

A abundância local de polinizadores é determinada pela relação de atratividade planta-polinizador e pela disponibilidade de sítios de nidificação e recursos florais (CAMPOS et al., 2006; KLEIN et al., 2007). As espécies de Euglossini coletadas em áreas florestais de Cerrado, especialmente as do gênero *Euglossa*, apresentam uma abundância muito menor quando comparada às amostragens realizadas em Floresta Estacionais Semidecíduais de mesma latitude, sugerindo a ocorrência de pequenas populações (SILVEIRA et al., 2015; TOSTA et al., 2017), o que pode estar relacionado ao processo de fragmentação e degradação das áreas florestais do bioma.

O método de captura, marcação e recaptura é comum em estudos com Euglossini para estimar frequências de recaptura e tamanho das populações (OTERO & SANDINO, 2003; TOSTA et al., 2017; TOSTA, 2018), e capacidade de dispersão de muitas espécies (MURREN, 2002; POKORNY et al., 2015; TONHASCA et al., 2003). Tosta et al. (2017) estimaram os tamanhos populacionais para algumas espécies de Euglossini em remanescentes de Cerrado utilizando o método de captura, marcação e recaptura. *Eulaema nigrita* Lepeletier, apesar de ser a espécie mais abundante, não foi recapturada na maioria dos remanescentes, diferentemente do que ocorreu com as espécies de *Euglossa*. Para as espécies desse gênero, verificou-se ainda que o aumento de indivíduos marcados aumenta a probabilidade de recaptura, relação não observada para *El. nigrita* (TOSTA, 2018). Esses resultados nos levaram a questionar se essa é uma espécie com grandes tamanhos populacionais nos remanescentes florestais de Cerrado amostrados, ou se a recaptura é dificultada devido à grande capacidade de

dispersão que a espécie apresenta (DRESSLER, 1982; MILET-PINHEIRO; SCHLINDWEIN, 2005).

As estimativas populacionais por meio de captura, marcação e recaptura são mais utilizadas que as análises de abundância por serem mais precisas (KREBS, 2014). Esse método pode ser utilizado para uma infinidade de animais, como: animais aquáticos (HAIN et al., 2016), aves (HORSWILL et al., 2018), mamíferos (BOULANGER et al., 2018; ROY et al., 2014) e insetos (DRAG et al., 2011; LÓPEZ-URIBE et al., 2008). O modelo de Jolly-Seber (JOLLY, 1965; SEBER, 1973) é um dos diferentes métodos e modelos de captura, marcação e recaptura disponíveis na literatura para estimar o tamanho da população. Este modelo prevê que as populações são abertas, os intervalos entre as amostragens são constantes e as coletas de amostras podem ser feitas em poucos dias (KREBS, 2014).

Eulaema nigrita é uma abelha de grande porte e possui uma ampla distribuição geográfica, sendo muito comum em remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual e de Cerrado do estado de São Paulo (CORDEIRO et al., 2013; REBÊLO; GARÓFALO, 1997) e Minas Gerais (ALVARENGA et al., 2007; JUSTINO; AUGUSTO, 2010; SILVEIRA et al., 2015), além de ser encontrada em áreas abertas e fechadas (TONHASCA et al., 2002; 2003). Os machos podem viver em torno de 45 dias, enquanto as fêmeas vivem em torno de 76 dias (ACKERMAN; MONTALVO, 1985).

De acordo as informações apresentadas, *El. nigrita* pode ser considerada um bom modelo para estudos populacionais, bem como aqueles que visem testar o efeito da sazonalidade e heterogeneidade de ambientes do Cerrado sobre as espécies, por ser uma das mais abundantes nesse bioma, ocorrer frequentemente tanto em florestas estacionais, como em formações savânicas do Cerrado e ser facilmente atraída por armadilhas-aromáticas (JUSTINO; AUGUSTO, 2010), possibilitando a realização de amostras simultâneas em diferentes sítios.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

Para desenvolver estratégias de conservação é necessário compreender não apenas os requisitos das espécies quanto aos recursos florais e de nidificação, mas também como diferentes ambientes podem afetar sua abundância. Visto isso, o presente estudo tem como objetivo geral verificar o efeito da sazonalidade e da heterogeneidade de ambientes do Cerrado na abundância e tamanhos populacionais de *El. nigrita*.

Pretende-se mais especificamente avaliar: (a) se a sazonalidade e a diversidade de formações vegetais do Cerrado afetam a abundância de machos de *El. nigrita*; (b) os tamanhos populacionais dessa espécie nas estações seca e chuvosa; (c) se a probabilidade de recaptura, parâmetro usado nas estimativas populacionais, depende da quantidade de indivíduos marcados, e se essa relação varia entre as estações seca e chuvosa; e (d) a influência do número de pontos amostrais na quantidade de recapturas entre as estações seca e chuvosa. As hipóteses são: (a) a abundância será maior na estação chuvosa devido à maior disponibilidade de recursos. Considerando que *El. nigrita* é uma das poucas espécies de Euglossini frequentes em áreas savânicas e ambientes mais degradados, espera-se que não exista um efeito da formação vegetal, independentemente da estação; (b; c) que não haja relação entre a quantidade de indivíduos marcados e recapturados na estação chuvosa, mas que haja na estação seca, onde supõe-se a ocorrência de populações menores e, conseqüentemente, maior chance de recaptura; (d) que o número de pontos amostrais tenha um efeito positivo na quantidade de indivíduos recapturados, tanto na estação seca, quanto na chuvosa.

3. MATERAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

As coletas foram realizadas na Estação Ecológica do Panga (EEP). A EEP é propriedade da Universidade Federal de Uberlândia, com aproximadamente 409,5 ha, sendo uma Unidade de Conservação que se localiza a 30 km do município de Uberlândia, possuindo formações florestais, savânicas e campestres (ARAÚJO *et al.*, 2002; SCHIAVINI & ARAÚJO, 1989).

Os sítios de coleta foram estabelecidos em quatro áreas, em diferentes fitofisionomias, com distância variando entre 255 m a 1,28 km (Figura 1), sendo: um sítio na Mata de Galeria (MG), um no Cerradão (CE), um no Cerrado Sentido Restrito Típico (CT) e outro no Cerrado Sentido Restrito Ralo (CR) (Figura 2 A-D).

De acordo com Ribeiro e Walter (2008), a Mata de Galeria e o Cerradão são formações florestais. A primeira acompanha um curso de água e possui solos bem drenados, e a segunda possui característica esclerófilas e é composta por um sub-bosque formado por arbustos e ervas, com poucas gramíneas. Dentre as subdivisões arbóreo-arbustivas do Cerrado Sentido Restrito, temos o Cerrado Típico, que possui cobertura de 20% a 50% e altura média de 3 m a 6 m, e o Cerrado Ralo com cobertura de 5% a 20% e altura média de 2 m a 3 m (RIBEIRO & WALTER, 2008).

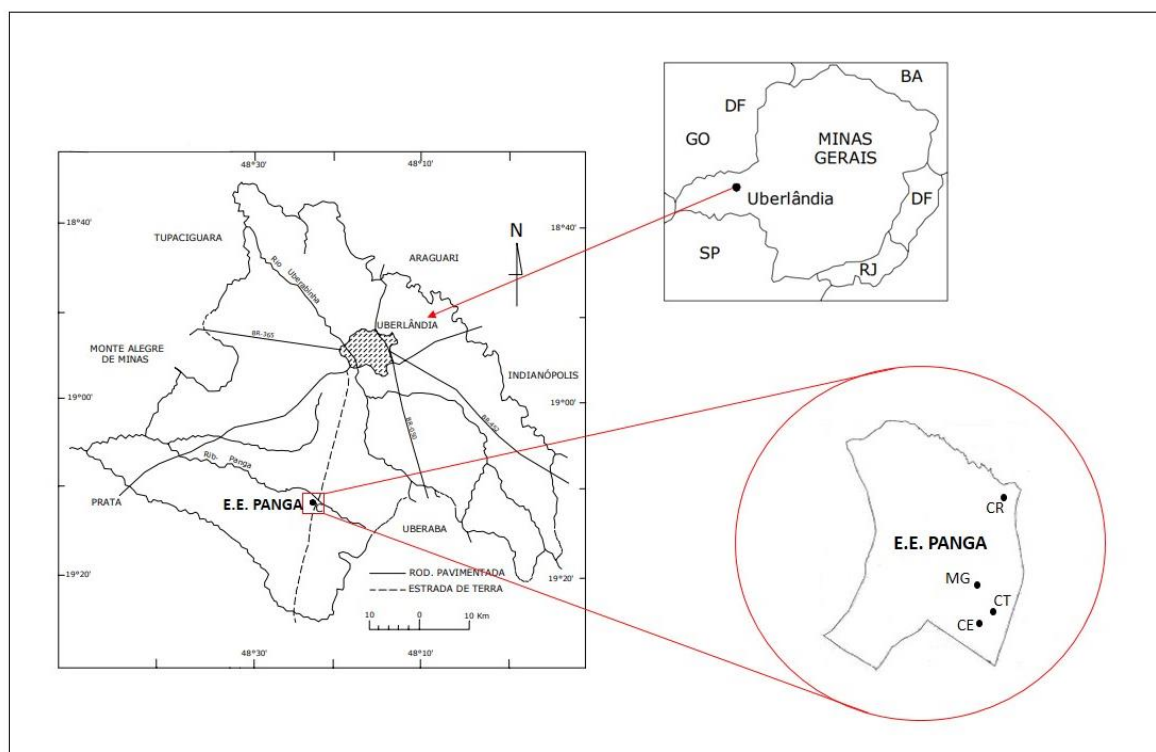


FIGURA 1. Localização dos quatro sítios de amostragem (CE: Cerradão; MG: Mata de Galeria; CT: Cerrado Sentido Restrito Típico; CR: Cerrado Sentido Restrito Ralo) na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG (Fonte: Ilustração adaptada de Araújo et al., 2002).



FIGURA 2. Fitofisionomias de Cerrado em que os machos de *Eulaema nigrita* foram amostrados na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG: Mata de Galeria (A),

Cerrado Sentido Restrito Típico (B), Cerradão (C) e Cerrado Sentido Restrito Ralo (D).

3.2. Amostragens

Para a captura dos machos de *El. nigrita* (Figura 3A), foram utilizadas armadilhas aromáticas adaptadas de Justino & Augusto (2010), que se mostrou eficiente para coletas de espécies de grande porte, como as do gênero *Eulaema*. As armadilhas foram confeccionadas com dois bocais acoplados cobertos com cola e areia para proporcionar um pouso eficiente, e adaptadas com uma tela de organza na extremidade final (Figura 3B). A tela de organza facilita a retirada dos indivíduos, além de proporcionar maior entrada de ar na garrafa e permitir que os indivíduos sobrevivam mais tempo. As garrafas continham em seu interior chumaços de papel presos por meio de um barbante e umedecidos com a isca odor eucaliptol, pelo fato desta ser uma das mais atrativas para essa espécie (FARIAS *et al.*, 2007).



FIGURA 3. (A) Macho de *Eulaema nigrita* fotografado na Estação Ecológica do Panga. (B) Armadilha aromática adaptada de Justino & Augusto (2010).

As amostragens ocorreram simultaneamente nos quatro sítios de coleta, exceto no primeiro dia de cada sessão, onde ocorriam apenas nos pontos MG e CT. As coletas foram realizadas no período de dezembro/2017 a agosto/2018, entre as 8h e 13h, utilizando-se armadilhas-aromáticas. As armadilhas eram colocadas em todos os pontos e retiradas após a coleta diariamente. Foram distribuídas quatro armadilhas em cada ponto, distantes a aproximadamente 2 m uma da outra. Como haviam apenas dois responsáveis pela coleta, os únicos pontos onde as armadilhas eram monitoradas durante todo o período de coleta foram MG e CT. Foram realizadas oito sessões de coleta, onde cada sessão teve a duração de quatro dias. Quatro sessões ocorreram na estação chuvosa (entre dezembro/2017 e março/2018) e as outras quatro na estação seca (entre junho/2018 e agosto/2018) (Figura 4).

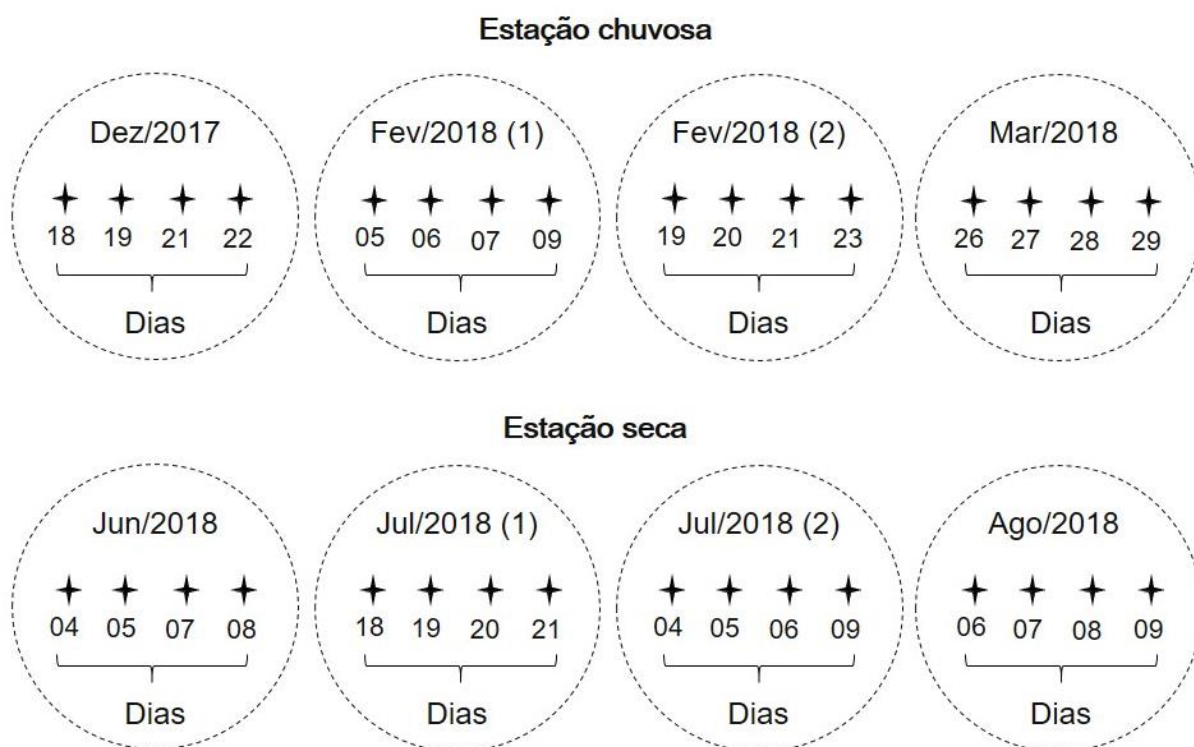


FIGURA 4. Esquema das sessões de coleta de machos de *Eulaema nigrita* em diferentes fitofisionomias de Cerrado na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG, entre dezembro de 2017 e agosto de 2018, nas estações seca e chuvosa.

3.3. Marcação dos indivíduos

Somente no sitio de coleta MG foi realizada a marcação dos indivíduos, de acordo com o método de Jolly-Seber (JOLLY, 1965; SEBER, 1973), durante as seis sessões de coleta. Os machos foram armazenados em potes e colocados dentro de uma caixa térmica com gelo para diminuição de sua atividade, o que facilita uma posterior marcação. A marcação ocorreu através da retirada dos tarsômeros para que os indivíduos fossem identificados de acordo com o dia da coleta (ver TOSTA *et al.*, 2017) (Figura 5 A-B). Depois de marcados, os indivíduos eram soltos após recobrem seus movimentos.

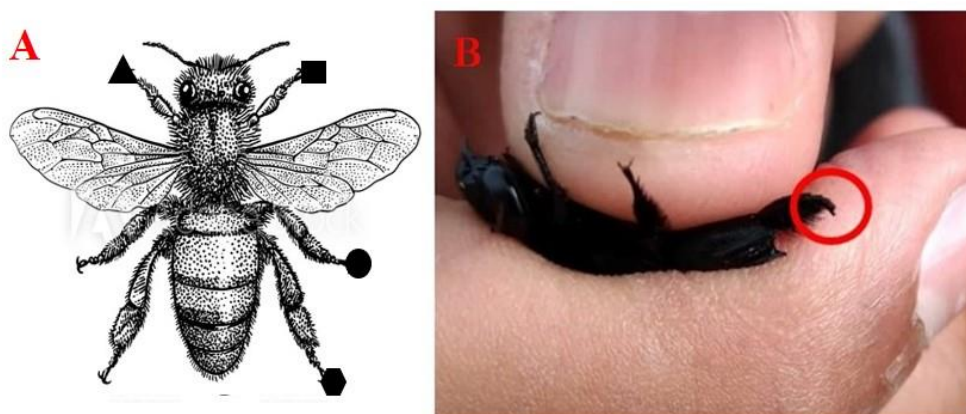


FIGURA 5. (A) Cada forma geométrica representa a remoção do pré-tarso e primeiro tarsômero dos indivíduos de acordo com o dia de coleta (quadrado = 1º dia; círculo = 2º dia; pentágono = 3º dia; triângulo = 4º dia). (B) Indivíduo recapturado marcado na terceira perna direita (marcado no 3º dia de coleta).

3.4. Análise dos dados

3.4.1. Diferenças de abundância entre estações e sítios de amostragem

Para comparar as variâncias das abundâncias de acordo com a estação do ano foi utilizado o total de indivíduos coletados em todos os quatro sítios e nas

oito sessões. Já para análise da abundância de acordo com os sítios de amostragem em cada estação foram descartados os dados referentes aos primeiros dias de coleta, visto que nesses dias as coletas eram feitas em apenas dois sítios conforme informado no item 3.2. Os dados foram calculados com uma análise de variância (ANOVA Fatorial), realizada por meio do *software* R 3.5.1, utilizando os pacotes 'car', 'lmerTest' e 'sciplot'.

3.4.2. Estimativa populacional

Os tamanhos populacionais foram estimados por meio do método de Jolly-Seber, respeitando suas premissas, sendo elas: (1) animais marcados e não marcados tem a mesma probabilidade de captura; (2) as marcações não se perdem, são lidas corretamente e não afetam a sobrevivência; e (3) o tempo de amostragem é insignificante em relação aos intervalos entre as amostras (JOLLY, 1965; SEBER, 1973). Classificou-se como população o conjunto de machos amostrados em intervalos aproximados de 45 dias, sendo este o tempo médio de vida dos machos de *El. nigrita* (ACKERMAN; MONTALVO, 1985). Foram analisados todos os indivíduos marcados e recapturados, com exceção das sessões fevereiro (2) e julho (2), devido ao pequeno intervalo de tempo entre as mesmas com as sessões anteriores feitas no mesmo mês e, conseqüentemente, a falta de independência amostral entre as populações. Também não foram utilizados os dados de março e julho, uma vez que, devido à limitações da fórmula, o cálculo de estimativa para esses meses foi inferior ao total de indivíduos capturados. Os cálculos ocorreram através de planilhas disponibilizadas pela University of Missouri (oak.snr.missouri.edu/nr3110/topics/jolly.php) no programa Microsoft Excel 2010, visto que não há diferença nos resultados obtidos em análises realizadas pelo pacote Office e *softwares* especializados (BISCHOFF, 2003).

3.4.3. Probabilidade de recaptura

Foram analisados todos os indivíduos marcados e recapturados nas oito sessões por meio de regressões logísticas através do *software* R 3.4.3 1 (R CORE TEAM, 2017) utilizando os pacotes 'lmerTest', 'ggplot2' e 'rms'. As análises foram feitas separadamente para cada estação. A variável resposta foi o número de recapturas (presença ou ausência) e a variável preditora foi o número de indivíduos marcados, sendo esse número cumulativo: indivíduos marcados no 1º dia, marcados no 1º dia + 2º dia, marcados no 1º dia + 2º dia + 3º dia, marcados no 1º dia + 2º dia + 3º dia + 4º dia.

3.4.4. Aumento do número de sítios de recaptura

Foram analisados todos os indivíduos recapturados nas oito sessões por meio de uma Anova Fatorial no programa R 3.4.3 1 (R CORE TEAM, 2017), utilizando os pacotes 'car', 'lmerTest' e 'sciplot'. A variável resposta foi a quantidade de recapturas e as preditoras foram: estação e quantidade de sítios, sendo esse fator cumulativo: 1 sítio, 2 sítios, 3 sítios e 4 sítios. Os sítios foram somados aleatoriamente para que não houvesse interferência de nenhum deles na análise, sendo que o fator "1 sítio" sempre se referia às recapturas do mesmo sítio onde os indivíduos foram marcados (MG).

4. RESULTADOS

4.1. Diferenças de abundância entre estações e sítios de amostragem

No total, foram analisados 641 indivíduos capturados na estação chuvosa e 181 na estação seca. A abundância dos machos foi 3.54 vezes maior na estação chuvosa em relação à estação seca ($F_{1,88} = 64.74$, $p < 0.05$) (Figura 6 e 7).

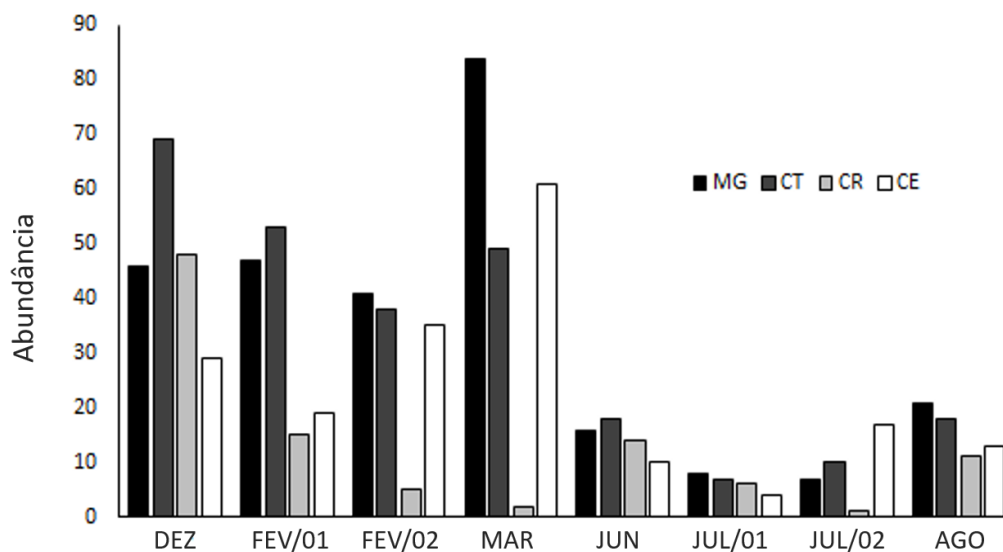


FIGURA 6. Variação sazonal na abundância dos machos de *Eulaema nigrita* em cada mês de coleta nos quatro sítios de amostragem, na Estação Ecológica do Panga - Uberlândia-MG: Mata de Galeria (MG), Cerrado Típico (CT), Cerradão (CE), Cerrado Ralo (CR).

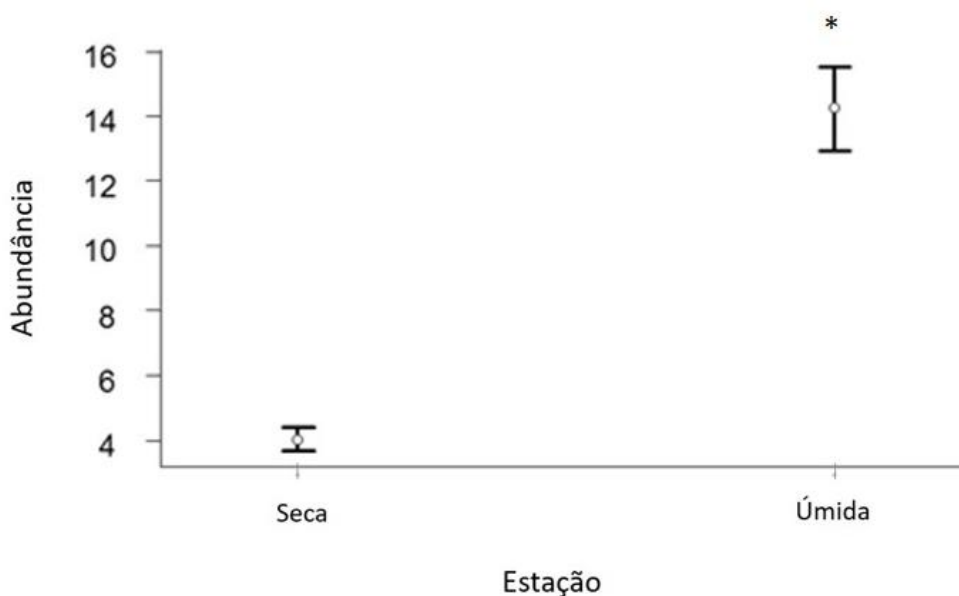


FIGURA 7. Abundância média e desvio padrão por armadilha dos machos de *Eulaema nigrita*, amostrados nas estações chuvosa e seca, na Estação Ecológica do Panga- Uberlândia-MG.

Na estação chuvosa, a abundância de machos no ponto CR diferiu significativamente das abundâncias observadas nos pontos MG e do CT ($F_{3, 45} = 3.90$, $p < 0.05$) (Figura 8), sendo a abundância em MG 2.34 vezes maior, e do CT 2.24 vezes maior em relação à CR. Na estação seca não houve diferença entre os pontos ($F_{3; 45} = 0.6$, $p > 0.05$) (Figura 8).

4.2. Estimativas populacionais

Incluindo os indivíduos não contabilizados nesta análise, foram capturados e marcados 324 indivíduos no sítio MG, 256 na estação chuvosa e 68 na estação seca, e recapturados 14 indivíduos nos diferentes sítios (Tabela 1). As populações foram maiores durante o período chuvoso e decaíram no período seco (Figura 9).

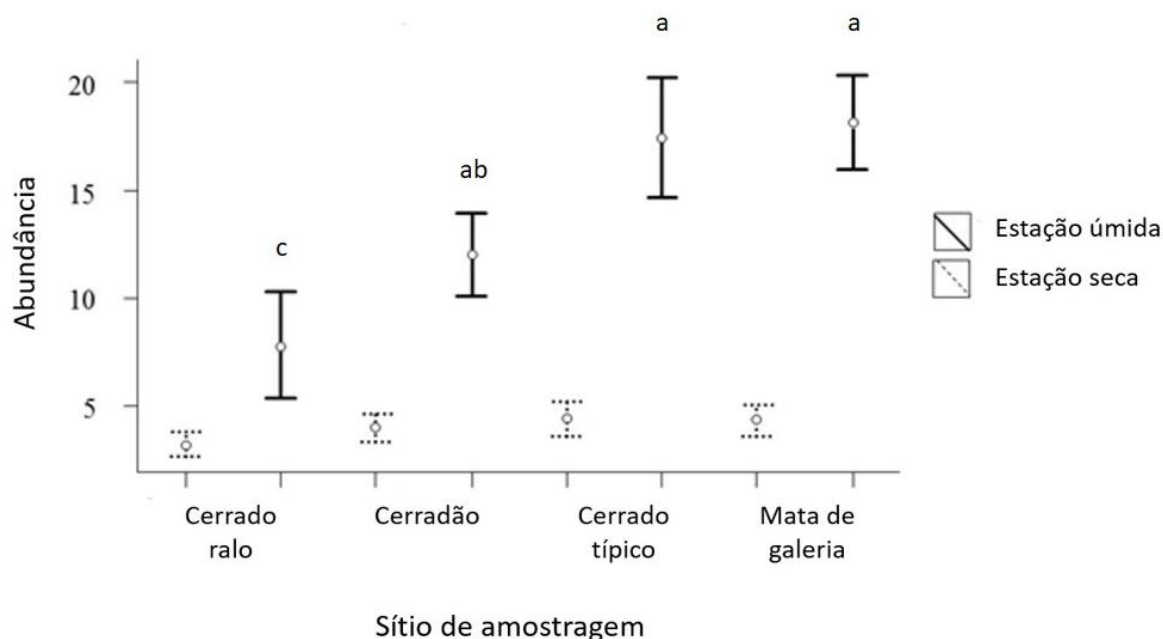


FIGURA 8. Abundância média e desvio padrão por armadilha dos machos de *Eulaema nigrita* nos quatro sítios de amostragem, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG, nas estações úmida (traço contínuo) e seca (traço pontilhado).

TABELA 1. Indivíduos capturados (Σni) e recapturados (Σmi), proporção marcada ($\alpha \pm SD$), probabilidade de sobrevivência ($\phi \pm SD$) e tamanho populacional estimado ($\Sigma Bi \pm SD$) de machos de *Eulaema nigrita*, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia – MG.

Mês	Dados populacionais				
	Σni	Σmi	$\alpha \pm SD$	$\phi \pm SD$	$\Sigma Bi \pm SD$
Dezembro/2017	65	4	$0,0995 \pm 0,0796$	$0,6435 \pm 0,8761$	$138 \pm 80,61$
Fevereiro/2018	62	2	$0,0778 \pm 0,0664$	$0,5505 \pm 0,7304$	$127,5 \pm 79,55$
Junho/2018	29	3	$0,21 \pm 0,1693$	$0,5205 \pm 0,5692$	$79,3 \pm 45,75$
Agosto/2018	27	2	$0,134 \pm 0,1026$	$0,397 \pm 0,263$	$32,5 \pm 11,667$

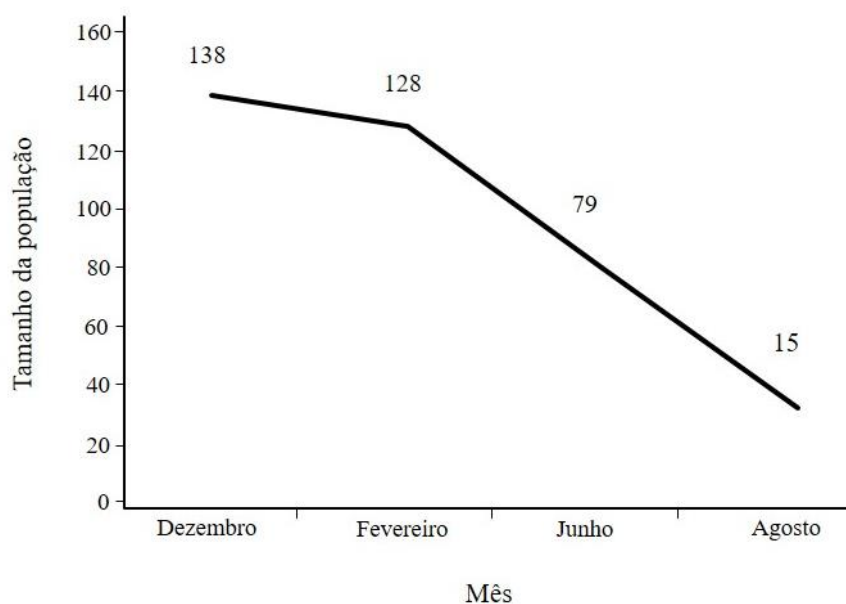


FIGURA 9. Estimativas populacionais de *Eulaema nigrita* em diferentes meses das estações seca e úmida, na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia-MG.

4.3. Probabilidade de recaptura

A probabilidade de recaptura foi dependente do número de indivíduos marcados na estação seca ($\chi^2_{1, 14} = 4.26$, $p < 0.05$), sendo que, a cada aumento de

uma unidade no número de indivíduos marcados, há o aumento na chance de recaptura em 2%. Já na estação chuvosa não houve relação entre o número de indivíduos marcados e a probabilidade de recaptura ($\chi^2_{1, 14} = 1.52, p > 0.05$) (Figura 10 A-B).

4.4. Aumento do número de sítios de recaptura

O aumento no número de sítios de recaptura proporcionou um aumento no número de indivíduos recapturados após a marcação (Figura 11). O número de recapturas obtido com quatro sítios foi significativamente maior do que com um único sítio ($F_{3, 28} = 3.60, p < 0.05$). Não houve influência da estação do ano na relação entre o número de recapturas e o aumento de sítios ($F_{4, 27} = 2.40, p > 0.05$).

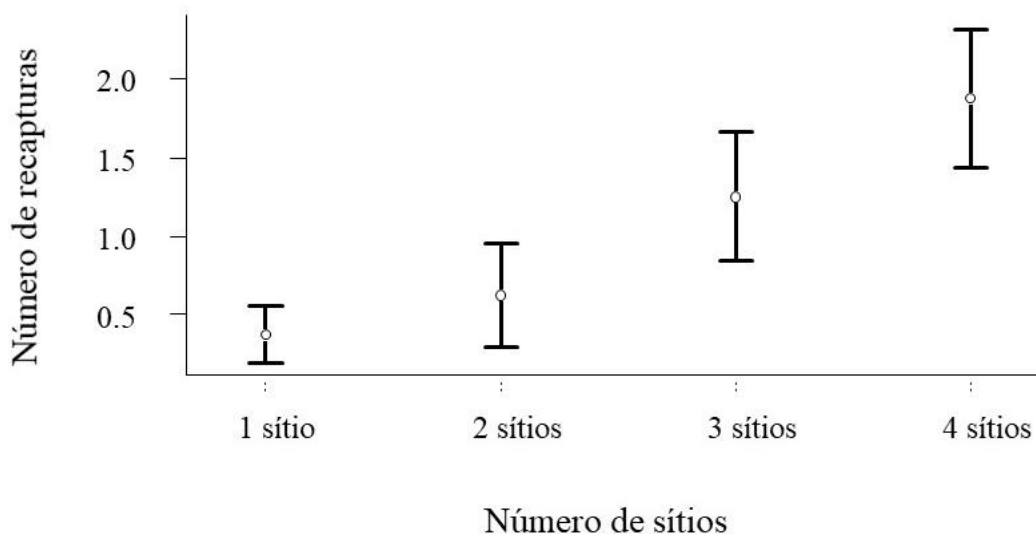


FIGURA 11. Média e desvio padrão do número de recapturas de machos de *Eulaema nigrita* de acordo com a quantidade de sítios de recapturas.

5. DISCUSSÃO

No presente trabalho constatou-se dados importantes sobre a abundância de *El. nigrita* entre estações e fitofisionomias do Cerrado. Verificou-se que a abundância de indivíduos foi maior na estação chuvosa e diferente entre fitofisionomias, sendo maior nas áreas florestais. Além disso, observou-se flutuações populacionais durante as estações, sendo as populações maiores na estação chuvosa. Por último, observou-se também que o aumento no número de sítios amostrais levou a um aumento no número de recapturas.

A maior abundância de machos de *El. nigrita* na estação úmida era esperada e corrobora nossa hipótese, visto que muitas populações de insetos são maiores nesse período em decorrência de fatores climáticos mais favoráveis e da fenologia vegetacional (OLIVEIRA & FRIZZAS, 2008). Embora o sudeste do Brasil não apresente um inverno tão rigoroso como no sul, ele geralmente é muito seco e, as vezes, com ausência de chuvas (COUTINHO, 2000). De fato, estudos mostram que, de maneira geral, há uma maior abundância de *El. nigrita* e *Euglossini* durante o

período chuvoso (AGUIAR & GAGLIANONE, 2008; BEZERRA & MACHADO, 2003; REBÊLO & GARÓFALO, 1997). Além da questão dos recursos, sabe-se que o tempo de desenvolvimento dos estágios imaturos de *El. nigrita* na estação fria e seca é maior (SANTOS & GARÓFALO, 1994), o que, apesar de não acarretar total ausência de emergência nesse período, leva a uma diminuição acentuada nas frequências das espécies (REBÊLO & GARÓFALO, 1991).

Apesar das abelhas Euglossini serem capazes de explorar localidades distintas, a maioria das espécies está associada às florestas tropicais úmidas (ROUBIK & HANSON, 2004). *El. nigrita* é uma das poucas espécies frequentemente amostrada tanto em áreas florestais como em ambientes abertos ou antropizados (PERUQUETTI et al., 1999; TONHASCA et al., 2002; 2003). Devido à sua plasticidade, não esperava-se grandes diferenças de abundância entre as fitofisionomias neste trabalho. De fato, nossos resultados realmente mostraram que, durante a estação seca, não houve diferença entre as áreas com diferentes níveis de cobertura vegetal e umidade. Porém, durante a estação chuvosa a abundância de *El. nigrita* foi significativamente menor no habitat com vegetação mais esparsa, corroborando outros trabalhos realizados na Mata Atlântica também na estação chuvosa (FERREIRA et al. 2015; NERY et al., 2018), onde áreas com menores coberturas florestais apresentaram menores abundâncias de abelhas. No Cerrado, variações na abundância de acordo com a fitofisionomia também foram verificadas em outros estudos com abelhas Euglossini (FARIA & SILVEIRA, 2011; SILVEIRA et al., 2015) e outras ordens de insetos, como Lepidoptera, Hemiptera e Coleoptera (VARANDA & PAIS, 2006).

As diferenças nas abundâncias encontradas entre sítios de um mesmo remanescente podem ser um reflexo de que há um padrão definido de distribuição desses animais mesmo entre sítios tão próximos, o que se relaciona com a variabilidade e distribuição dos recursos desses habitats (ACKERMAN, 1983). Partindo-se do mesmo princípio de que os recursos poderiam estar modulando a abundância, supõe-se que, devido a uma menor disponibilidade desses recursos

durante o período seco, os machos necessitariam se deslocar mais em busca de fontes de néctar e compostos aromáticos e, por esse motivo, a abundância dos machos seja semelhante entre os diferentes habitats durante a estação seca. No entanto, é possível também que a razão para esse resultado seja um simples problema de escalonamento durante a estação seca, ou seja, a baixa abundância durante esse período impediu que fosse detectada uma diferença entre os sítios.

A probabilidade de recapturar machos de *El. nigrita* não foi dependente da quantidade de indivíduos marcados na estação chuvosa, corroborando os dados de Tosta (2018). No entanto, houve relação de dependência durante a estação seca, corroborando nossa hipótese. Além disso, observamos uma flutuação nos tamanhos populacionais, sendo estes maiores na estação chuvosa. O fato das abelhas Euglossini voarem longas distâncias ou de alguns indivíduos permanecerem em locais muito específicos (KROODSMA, 1975) são alguns fatores que podem afetar a probabilidade de recaptura. Com os resultados encontrados aqui, verificamos que o tamanho populacional também pode interferir na probabilidade de recaptura, visto que a não dependência entre as marcações e recapturas na estação chuvosa pode ser justificada pelo maior tamanho da população nesse período dificultando a chance de recaptura.

Finalmente, constatou-se também um aumento no número de recapturas com o aumento de sítios amostrais, resultado que corrobora nossa hipótese. *El. nigrita* é uma espécie que possui uma alta capacidade de voo (PINTO et al., 2015) decorrente de seu grande tamanho corporal (GREENLEAF et al., 2007). Essa característica possivelmente dificulta as chances de recapturar essa espécie quando a amostragem ocorre em um único sítio. Esse resultado coloca em questão a necessidade de um maior esforço amostral para próximos trabalhos com essa espécie e que visem a utilização do método de captura, marcação e recaptura.

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este trabalho mostra o efeito da sazonalidade e heterogeneidade de fitofisionomias do Cerrado na abundância de *El. nigrita* em uma escala local. Verificamos que a abundância foi maior na estação úmida e nas áreas com maior cobertura florestal, fornecendo discussões sobre fatores bióticos e abióticos que podem atuar nas populações locais.

Observamos também que o número de recapturas de *El. nigrita* foi influenciado pelo número de capturas somente na estação seca, período em que foi verificada uma menor abundância de machos e estimados os menores tamanhos populacionais. Contudo, independentemente da estação, verificamos que o aumento de sítios com armadilhas aromáticas aumenta a quantidade de recapturas. Portanto, os trabalhos com marcação-captura-recaptura com *El. nigrita* podem ser dificultados quando as populações são muito grandes ou quando são realizados em poucos sítios amostrais, já que ambos os fatores diminuem a chance de recapturar indivíduos.

Os resultados aqui apresentados reforçam a importância da conservação das áreas florestais de Cerrado para *El. nigrita*, apesar de sua plasticidade, e a necessidade de um maior esforço de recaptura de indivíduos em trabalhos que visem a estimativas populacionais dessa espécie.

7. REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, J. D. (1983). Specificity and mutual dependency of the orchid-euglossine bee interaction. *Biological Journal of the Linnean Society*, 20(3), 301–314. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1983.tb01878.x>
- ACKERMAN, J. D., & MONTALVO, A. M. (1985). Longevity of Euglossine Bees. *Biotropica*, 17(1), 79. <https://doi.org/10.2307/2388384>
- AGUIAR, W. M., & GAGLIANONE, M. C. (2008). Comunidade de abelhas euglossina

- (Hymenoptera: Apidae) em remanescentes de mata estacional semidecidual sobre tabuleiro no estado do Rio de Janeiro. *Neotropical Entomology*, 37(2), 118–125. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000200002>
- ALVARENGA, P. E. F., FREITAS, R. F., AUGUSTO, S. C. (2007). Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de Cerrado do Triângulo Mineiro. *Bioscience Journal*, 23.
- ARAÚJO, G. M., BARBOSA, A. A. A., ARANTES, A. A., & AMARAL, A. F. (2002). Composição florística de veredas no Município de Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 4(25), 475–493. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002012000012>
- BEZERRA, E. L. DE S., & MACHADO, I. C. (2003). Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica*, 17(2), 247–257. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000200007>
- BISCHOFF, I. (2003). Population dynamics of the solitary digger bee *Andrena vaga* Panzer (Hymenoptera, Andrenidae) studied using mark-recapture and nest counts. *Population Ecology*, 45(3), 197–204. <https://doi.org/10.1007/s10144-003-0156-6>
- BOULANGER, J., NIELSEN, S. E., STENHOUSE, G. B. (2018). Using spatial mark-recapture for conservation monitoring of grizzly bear populations in Alberta. *Scientific Reports*, 8(1), 5204. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23502-3>
- BROSI, B. J. (2009). The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biological Conservation*, 142(2), 414–423. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2008.11.003>
- CAMPOS, M. J. O.; PIZANO, M. A.; MALASPINA, O.; GIORDANO, L.; LEUNG, R.; CHAUD-NETO, J.; GOMIG, E. G.; PRATA, E. PATRICIO, G. B.; FERREIRA, B.; FANG, H.; SILVA, E. (2006). Manejo Agrícola e Riqueza de polinizadores. In Anais do VII Encontro Sobre Abelhas, Ribeirão Preto, pp.1-8.
- CARRIÉ, R., ANDRIEU, E., CUNNINGHAM, S. A., LENTINI, P. E., LOREAU, M., & OUIN,

- A. (2017). Relationships among ecological traits of wild bee communities along gradients of habitat amount and fragmentation. *Ecography*, *40*(1), 85–97. <https://doi.org/10.1111/ecog.02632>
- CORDEIRO, G. D., BOFF, S., CAETANO, T. A., FERNANDES, P. C., ALVES-DOS-SANTOS, I. (2013). Euglossine bees (Apidae) in Atlantic forest areas of São Paulo State, southeastern Brazil. *Apidologie*, *44*(3), 254–267. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0176-3>
- COSTA, C. P., & FRANCOY, T. M. (2017). The Impact of Different Phytophysionomies on the Composition of Orchid Bee Communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the Atlantic Forest in Brazil. *Annals of the Entomological Society of America*, *110*(3), saw089. <https://doi.org/10.1093/aesa/saw089>
- COUTINHO, L. M. (2000). O Bioma do Cerrado. In A. L. KLEIN (Ed.), *Eugen Warming e o Cerrado brasileiro : um século depois*. São Paulo: UNESP. pp. 77–91.
- DRAG, L., HAUCK, D., POKLUDA, P., ZIMMERMANN, K., CIZEK, L. (2011). Demography and Dispersal Ability of a Threatened Saproxyllic Beetle: A Mark-Recapture Study of the *Rosalia longicorn* (*Rosalia alpina*). *PLoS ONE*, *6*(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021345>
- DRESSLER, R. L. (1982). Biology of the Orchid Bees (Euglossini). *Annual Review of Ecology and Systematics*, *13*(1), 373–394. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.002105>
- ELTZ, T., WHITTEN, W. M., ROUBIK, D. W., LINSENMAIR, K. E. (1999). Fragrance Collection, Storage, and Accumulation by Individual Male Orchid Bees. *Journal of Chemical Ecology*, *25*(1), 157–176. <https://doi.org/10.1023/A:1020897302355>
- FARIA, L. R. R., & SILVEIRA, F. A. (2011). The orchid bee fauna (Hymenoptera, Apidae) of a core area of the Cerrado, Brazil: the role of riparian forests as corridors for forest-associated bees. *Biota Neotropica*, *11*(4), 87–94. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000400009>

- FARIAS, R. C. A. P., MADEIRA-DA-SILVA, M. C., PEREIRA-PEIXOTO, M. H., MARTINS, C. F. (2007). Horário de atividade de machos de Euglossina (Hymenoptera: Apidae) e preferência por fragrâncias artificiais em mata e dunas na Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape, Rio Tinto, PB. *Neotropical Entomology*, 36(6), 863–867. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000600006>
- FERREIRA, P. A., BOSCOLO, D., CARVALHEIRO, L. G., BIESMEIJER, J. C., ROCHA, P. L. B., VIANA, B. F. (2015). Responses of bees to habitat loss in fragmented landscapes of Brazilian Atlantic Rainforest. *Springer*, 30(10), 2067–2078. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0231-3>
- GARIBALDI, L. A., STEFFAN-DEWENTER, I., KREMEN, C., MORALES, J. M., BOMMARCO, R., CUNNINGHAM, S. A., KLEIN, A. M. (2011). Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, 14(10), 1062–1072. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x>
- GREENLEAF, S. S., WILLIAMS, N. M., WINFREE, R., KREMEN, C. (2007). Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153(3), 589–596. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0752-9>
- HAIN, E. F., LAMPHERE, B. A., BLUM, M. J., MCINTYRE, P. B., NELSON, S. A. C., GILLIAM, J. F. (2016). Comparison of Visual Survey and Mark–Recapture Population Estimates of a Benthic Fish in Hawaii. *Transactions of the American Fisheries Society*, 145(4), 878–887. <https://doi.org/10.1080/00028487.2016.1159610>
- HORSWILL, C., HUMPHREYS, E. M., ROBINSON, R. A. (2018). When is enough ... enough? Effective sampling protocols for estimating the survival rates of seabirds with mark-recapture techniques. *Bird Study*, 65(3), 290–298. <https://doi.org/10.1080/00063657.2018.1516191>
- JOLLY, G. M. (1965). Explicit Estimates from Capture-Recapture Data with Both Death and Immigration-Stochastic Model. *Biometrika*, 52(1/2), 225.

- <https://doi.org/10.2307/2333826>
- JUSTINO, D. G., & AUGUSTO, S. C. (2010). Avaliação da eficiência de coleta utilizando armadilhas aromáticas e riqueza de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) em áreas de Cerrado do Triângulo Mineiro. *Revista Brasileira de Zoociências*, 12(3), 227–239.
- KLEIN, A. M., VAISSIÈRE, B., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., KREMEN, C., TSCHARNTKE, T. (2007). Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, London, GB, v. 274, pp. 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- KLINK, C. A., & MACHADO, R. B. (2005). A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1, 147–155.
- KNOLL, F. R. N. (2016). Variation in the Abundance of Neotropical Bees in an Unpredictable Seasonal Environment. *Neotropical Entomology*, 45(2), 129–138. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0347-9>
- KREBS, C. J. (2014). *Ecological Methodology. University of British Columbia, Vancouver.*
- KROODSMA, D. E. (1975). Flight Distances of Male Euglossine Bees in Orchid Pollination. *Biotropica*, 7(1), 71. <https://doi.org/10.2307/2989803>
- LANDER, T. A., BOSHIER, D. H., HARRIS, S. A. (2010). Fragmented but not isolated: Contribution of single trees, small patches and long-distance pollen flow to genetic connectivity for *Gomortega keule*, an endangered Chilean tree. *Biological Conservation*, 143(11), 2583–2590. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2010.06.028>
- LÓPEZ-URIBE, M. M., OI, C. A., DEL LAMA, M. A. (2008). Nectar-foraging behavior of Euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) in urban areas. *Apidologie*, 39(4), 410–418. <https://doi.org/10.1051/apido:2008023>
- MACHADO, R. B., RAMOS NETO, M. B., PEREIRA, P. G. P., CALDAS, E. F., GONÇALVES, D. A., SANTOS, N. S., TABOR, STEININGER, K., M. (2004).

- Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF.
- MACHADO, C. A. DA S., COSTA, C. P., FRANCOY, T. M. (2018). Different Physiognomies and the Structure of Euglossini bee (Hymenoptera: Apidae) Communities. *Sociobiology*, 65(3), 471. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i3.2718>
- MATA, R. A., & TIDON, R. (2013). The relative roles of habitat heterogeneity and disturbance in drosophilid assemblages (Diptera, Drosophilidae) in the Cerrado. *Insect Conservation and Diversity*, 6(6), 663–670. <https://doi.org/10.1111/icad.12020>
- MÉIO, B. B., FREITAS, C. V., JATOBÁ, L., SILVA, M. E. F., RIBEIRO, J. F., HENRIQUES, R. P. B. (2003). Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado sensu stricto. *Revista Brasileira de Botânica*, 26(4), 437–444. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042003000400002>
- MILET-PINHEIRO, P., & SCHLINDWEIN, C. (2005). Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures? *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(4), 853–858. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752005000400008>
- MOURE, J.S., MELO, G.A.R., FARIA JR., L.R.R. (2012) Euglossini Latreille, 1802. In Moure, J. S., Urban, D. and Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed Jan/2019
- MURREN, C.J. (2002) Effects of habitat fragmentation on pollination: pollinators, pollinia viability and reproductive success. *J. Ecol.* 90, 100–107. <https://doi.org/10.1046/j.0022-0477.2001.00638.x>
- NEMÉSIO, A., SILVEIRA, F. A. (2007) Orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossina) of Atlantic Forest fragments inside an urban area in southeastern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 36 , 186–191. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000200003>

- NEMÉSIO, A., AUGUSTO, S. C., ALMEIDA, E. A. B. (2007). *Euglossa decorata* Smith (Hymenoptera: Apidae) in central Brazil - Biogeographic implications. *Lundiana*, 8(1), 57–61
- NERY, L. S., TAKATA, J. T., DE CAMARGO, B. B., CHAVES, A. M., FERREIRA, P. A., & BOSCOLO, D. (2018). Bee diversity responses to forest and open areas in heterogeneous Atlantic Forest. *Sociobiology*, 65(4), 686. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3472>
- OLIVEIRA, C. M., & FRIZZAS, M. R. (2008). Insetos de Cerrado: distribuição estacional e abundância. *Embrapa Cerrados*, 216, 1–26.
- OTERO, J.T., SANDINO, J.C. (2003) Capture Rates of Male Euglossine Bees across a Human Intervention Gradient, Choco Region, Colombia. *Biotropica*. 35 (4), 520–529. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00608.x>
- PERUQUETTI, R. C., CAMPOS, L. A. DE O., COELHO, C. D. P., ABRANTES, C. V. M., LISBOA, L. C. DE O. (1999). Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: abundância, riqueza e aspectos biológicos. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(2), 101–118. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751999000600012>
- PINTO, N. S., SILVA, D. P., RODRIGUES, J. G., DE MARCO, P. (2015). The Size But not the Symmetry of the Wings of *Eulaema nigrita* Lepeletier (Apidae: Euglossini) is Affected by Human-Disturbed Landscapes in the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotropical Entomology*, 44(5), 439–447. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0316-3>
- POKORNY T., LOOSE D., DYKER G., QUEZADA-EUÁN J.J.G., ELTZ T. (2015) Dispersal ability of male orchid bees and direct evidence for long-range flights. *Apidologie*. 46, 224–237. <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0317-y>
- R CORE TEAM. (2017). R: a language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*.
- RAMÍREZ, S., DRESSLER, R.L., OSPINA, M. (2002). Euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) from the Neotropical Region: A species checklist with notes on their

- biology. *Biota Colombiana*, 3(1), 7–118.
- REBÊLO, J.M.M., GARÓFALO, C. A. (1991). Diversidade e Sazonalidade de machos de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) e preferências por iscas odores em um fragmento de floresta no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 51, 787–799.
- REBÊLO, J. M. M., & GARÓFALO, C. A. (1997). Comunidades de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em matas semidecíduas do Nordeste do estado de São Paulo. *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil*, 26(2), 243–255. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591997000200005>
- RIBEIRO, J. F., & WALTER, B. M. T. (2008). As principais fitofitofisionomias do bioma Cerrado. *Cerrado: Ecologia e Flora*, 151–212.
- ROUBIK, D. W. (2001). Ups and Downs in Pollinator Populations: When is there a Decline? *Conservation Ecology*, 5(1). <https://doi.org/10.5751/ES-00255-050102>
- ROUBIK, D. W., DAVID W., HANSON, P. E. (2004). *Abejas de orquídeas de la América tropical : biología y guía de campo = Orchid bees of tropical America : biology and field guide*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica : Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio.
- ROY, J., VIGILANT, L., GRAY, M., WRIGHT, E., KATO, R., KABANO, P., ROBBINS, M. M. (2014). Challenges in the use of genetic mark-recapture to estimate the population size of Bwindi mountain gorillas (*Gorilla beringei beringei*). *Biological Conservation*, 180, 249–261. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2014.10.011>
- SANTOS, M. L., & GARÓFALO, C. A. (1994). Nesting biology and nest re-use of *Eulaema nigrita* (Hymenoptera: Apidae, Euglossini). *Insectes Sociaux*, 41(1), 99–110. <https://doi.org/10.1007/BF01240577>
- SCHIAVINI, I., & ARAÚJO, G. M. (1989). Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). *Sociedade e Natureza*, 61–66.
- SEBER, G. A. F. (1973). *The estimation of animal abundance and related*

- parameters*. Griffin: London. <https://doi.org/10.1007/s10841-017-9966-2>
- SILVA, D. P., AGUIAR, A. J. C., MELO, G. A. R., ANJOS-SILVA, E. J., DE MARCO, P. (2013). Amazonian species within the Cerrado savanna: new records and potential distribution for *Aglae caerulea* (Apidae: Euglossini). *Apidologie*, *44*(6), 673–683. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0216-7>
- SILVEIRA, G. C., FREITAS, R. F., TOSTA, T. H. A., RABELO, L. S., GAGLIANONE, M. C., & AUGUSTO, S. C. (2015). The orchid bee fauna in the Brazilian savanna: do forest formations contribute to higher species diversity? *Apidologie*, *46*(2), 197–208. <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0314-1>
- SKOV, C., & WILEY, J. (2005). Establishment of the Neotropical Orchid Bee *Euglossa viridissima* (Hymenoptera: Apidae) in Florida. *Florida Entomologist*, *88*(2): 225–228. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2005\)088\[0225:EOTNOB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2005)088[0225:EOTNOB]2.0.CO;2)
- SUNI, S. S., BRONSTEIN, J. L., & BROSI, B. J. (2014). Spatio-temporal Genetic Structure of a Tropical Bee Species Suggests High Dispersal Over a Fragmented Landscape. *Biotropica*, *46*(2), 202–209. <https://doi.org/10.1111/btp.12084>
- TONHASCA, A., BLACKMER, J. L., ALBUQUERQUE, G. S. (2002). Abundance and Diversity of Euglossine Bees in the Fragmented Landscape of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, *34*(3), 416–422. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00555.x>
- TONHASCA JR., A., ALBUQUERQUE, G. S., BLACKMER, J. L. (2003). Dispersal of euglossine bees between fragments of the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Tropical Ecology*, *19*(01), 99–102. <https://doi.org/10.1017/S0266467403003122>
- TOSTA, T. H. A. (2018). *Diversidade, Dinâmica Populacional e Uso de Recursos Aromáticos por Abelhas Euglossini em Formações Florestais do Bioma Cerrado*. Tese de Doutorado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia - MG. 87 p.
- TOSTA, T. H. A., SILVEIRA, G. DO C., SCHIAVINI, I., SOFIA, S. H., & AUGUSTO, S. C.

(2017). Using short-term surveys and mark–recapture to estimate diversity and population size of orchid bees in forest formations of the Brazilian savanna. *Journal of Natural History*, 51(7–8), 391–403. <https://doi.org/10.1080/00222933.2016.1274441>

VARANDA, E. M., & PAIS, M. P. (2006). Insect folivory in *Didymopanax vinosum* (Apiaceae) in a vegetation mosaic of Brazilian cerrado. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2b), 671–680. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000400011>