



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

**Variações morfométricas de *Ectatomma permagnum* Forel, 1908
(Formicidae: *Ectatomminae*) sob o efeito de fatores ambientais no
Cerrado**

Anne Gabrielle Velick Sandim

Dissertação apresentada à Fundação
Universidade Federal de Mato Grosso do
Sul, como requisito à obtenção do título
de Mestre em Biologia Animal.
Área de concentração: Zoologia.

Orientador: Rodrigo Aranda

Campo Grande, MS
Fevereiro, 2022

Unless someone like you cares a whole awful
lot, nothing is going to get better. It's not.

- Dr. Seuss, The Lorax

AGRADECIMENTOS

Agradeço meu orientador, Rodrigo Aranda, que sem dúvidas foi a pessoa que mais acreditou em minha capacidade de concluir esse trabalho. Agradeço por seus ensinamentos, sua compreensão e principalmente por ter acreditado em mim.

Agradeço minha mãe, Jeovaní da Silva Velick, que foi a pessoa fundamental para eu chegar até aqui. Sei que tudo que eu escrever não seria suficiente para mostrar minha gratidão. Mas sou extremamente agradecida por todo apoio, incentivo, consolo e pelo amor que recebi durante esses anos. Nas vezes que eu mais precisei, você estava pronta para me apoiar em qualquer momento. Amo você.

Agradeço minha família, que sempre estiveram dispostos a me apoiar e torcer por mim em qualquer decisão. Sempre tive a certeza que estaria sobre orações e confiança, e que ao final do dia, eu teria vocês ao meu lado.

Agradeço meus amigos e companheiros de laboratório, pelos bons momentos que passamos e pelas conversas produtivas. Agradeço Máriah Tibcherani, por ter me auxiliado na identificação das espécies, pelos conselhos, apoio em todos os momentos e por ter escolhido me orientar e passar seus ensinamentos sobre Formicidae e, principalmente, por despertar a cada dia mais, meu amor por formigas. Agradeço também a Beatriz Oliveira Garbin, uma das minhas maiores companheiras durante esses dois anos, sempre presente nas minhas horas de almoço e em alguns momentos durante minhas medições. Agradeço de coração por nossas conversas, seu incentivo e todos os momentos que passamos juntas - bons ou ruins, saiba que todos foram importantes de alguma forma, estarei sempre ao seu lado. Agradeço ao Mateus Yan de Oliveira, pelas conversas divertidas, pelo cafezinho e por me ajudar em meus momentos de desespero.

Agradeço às pessoas que foram meu suporte nesses seis anos de UFMS, Ana Paula Sales, Fernanda Nogueira, Karina Paullineli, Rebeca Rocha e Thaís da Glória, todas nossas comemorações, nossas conversas sem sentido, nossas briguinhas bobas me mostram o quanto somos amigos e que sempre posso contar com vocês. Meus dias foram e são muito melhores com vocês ao meu lado. Agradeço ao Leonardo de Carvalho Franzzo, pela companhia nos meus almoços, por me dar broncas quando necessário, estar ao meu lado em todos os momentos que eu mais precisava, e por todos os momentos bons que tivemos durante esses anos. Agradeço a Henrique Ranieri Covali Pontes, por sempre me incentivar no mundo da ciência, por sempre acreditar em mim e estar presente me dando apoio de alguma forma, em todos os meus momentos de insegurança. Agradeço à um dos melhores presentes que a biologia me deu, Jéssica de Souza, pela sua parceria em todos os momentos, por me fazer rir em conversas aleatórias, por manter a calma quando eu estava super nervosa e por estar ao meu lado. Agradeço à Bruna Moroto Sanae, por ser minha grande companheira nesses dois anos de mestrado, por ser meu ponto de consolo e desabafo, estar sempre pronta a me dar conselhos valiosos e principalmente por me apoiar nos meus momentos de angústia e felicidade.

Agradeço meus amigos Alexandre Kondo, Amanda Costa, Carolina Mattos, Giulia Mariê, Jade Nacasato e Pietra Piratelli, por todos os anos de amizade, pelo apoio em todas minhas escolhas e por estarem presentes em todos os momentos importantes para mim. Sei que posso contar com vocês.

Agradeço meus sete meninos, que mesmo inconscientemente, estiveram ao meu lado em todos os momentos, seja através de uma música, fotos postadas ou palavras de incentivo e consolo. Eu queria agradecer do fundo do meu coração pelo esforço de vocês em sempre mostrarem a importância de ser seres humanos melhores que se preocupam com a sociedade, com o meio ambiente, com raças e cores. Quero que a Anne do futuro possa falar por ela mesmo, sem medo de lutar pelo que ela acredita. Vocês me incentivam a querer melhorar como bióloga, pesquisadora, indivíduo e ARMY. Borahae.

Agradeço à Universidade Federal do Mato Grosso do Sul e ao PPG Biologia Animal por prestar o suporte necessário para este trabalho e para o meu crescimento acadêmico. Agradeço ao técnico do Laboratório de Ecologia, Alan Fredy Eriksson, por me ensinar a mexer na lupa e me acudir nos momentos que mais precisei. Agradeço aos membros da banca, por aceitarem o convite e por contribuírem de alguma forma no desenvolvimento acadêmico.

Agradeço a CAPES por financiar este estudo.

E meus maiores agradecimentos a Deus, por ter me mantido firme nessa caminhada.

SUMÁRIO

| | |
|----------------------------|----|
| RESUMO | 6 |
| INTRODUÇÃO | 8 |
| METODOLOGIA | 10 |
| ÁREAS DE COLETA | 10 |
| AMOSTRAS | 11 |
| ANÁLISES | 12 |
| RESULTADOS | 13 |
| DISCUSSÃO | 20 |
| CONCLUSÃO | 25 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 25 |

Variações morfométricas de *Ectatomma permagnum* Forel, 1908 (Formicidae: *Ectatomminae*) sob o efeito de fatores ambientais no Cerrado

Anne Sandim^{1 2} & Rodrigo Aranda²

¹ Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, Mato Grosso do Sul, Brasil

² Laboratório de Ecologia de Comunidade de Insetos, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal de Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil

RESUMO: O trabalho tem como objetivo avaliar as possíveis alterações morfológicas de diferentes populações de *Ectatomma permagnum* ocorridas em resposta às alterações ambientais em fragmentos urbanos de Cerrado, avaliando se i) existe a proporção do tamanho das pernas em relação ao corpo de acordo com a teoria do tamanho-grão, ii) comparar medidas morfométricas das pernas e do corpo para verificar se a proporção é influenciada por variáveis ambientais responsáveis pela formação e heterogeneidade da serapilheira, e iii) verificar se a heterogeneidade ambiental influencia no tamanho das características morfológicas utilizadas para forrageamento e predação. Foram utilizados 844 indivíduos de *E. permagnum* de quatro fragmentos urbanos com diferentes tipos de vegetação de Cerrado, onde 11 medidas morfológicas da cabeça, corpo e pernas foram mensuradas para descrever a morfometria, bem como sete variáveis ambientais das áreas para caracterizar o ambiente. Para a análise de dados foram utilizadas i) a medida do Weber e medida total da perna comparando-se a média dos valores encontrados, realizado test-t e regressão linear para confirmar a relação de alometria ii) NMDS e MANOVA para diferenciar as áreas considerando as características morfométricas. iii) PCA para analisar a contribuição de cada característica para diferenciar os fragmentos e iv) para verificar a influência das variáveis ambientais nas características morfológicas foi realizado CCA. O comprimento total da perna em relação ao comprimento de Weber, corroborou com a hipótese de tamanho-grão. Considerando os resultados da MANOVA, existe diferença significativa entre os fragmentos quando comparado com todas as variáveis morfométricas. Nos resultados da análise de PCA, as características morfológicas que mais contribuíram para a distinção entre os grupos de fragmentos, foram o tamanho do fêmur e o comprimento do Weber. A correspondência canônica não apresentou resultado significativo entre os eixos, mostrando que a heterogeneidade das áreas amostradas não influencia os tamanhos das características mensuradas no trabalho. Nosso trabalho também demonstrou que as variáveis ambientais não influenciam significativamente no tamanho das estruturas, podemos supor que outros fatores podem agir juntamente às variáveis ambientais sobre a morfometria dos indivíduos. Os baixos valores de desvio padrão para as características dos indivíduos do Segredo, mostram que não há uma dispersão das medidas como nas outras áreas, mostrando uma homogeneidade no tamanho dos caracteres morfológicos. Concluímos que indivíduos de *E. permagnum* corroboram com a hipótese de tamanho-grão, confirmando assim uma alometria positiva para a espécie. Nossas medidas morfométricas não apresentaram influência significativa das variáveis ambientais, levando a crer que outros fatores internos e externos também podem ser importantes modificar o ambiente de cada fragmento, assim selecionando os caracteres dos indivíduos.

Palavras-chave: Formigas Generalistas; Fragmentos; Mirmecologia; Morfologia; Regeneração natural; Tamanho-Grão.

INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, o ambiente sofre mudanças em suas paisagens, desde mudanças pequenas e lentas às mudanças bruscas e rápidas, que no final do processo, influenciam as diversas populações das espécies nesse ambiente. Devido às transformações no ambiente, os indivíduos também se transformam. A morfologia do indivíduo está interligada ao espaço onde ele habita, se alimenta, se reproduz e morre. Devido às muitas transformações geológicas no planeta, algumas espécies também foram separadas por barreiras físicas como rios, oceanos e montanhas, causando a especiação (Edwards et al. 2005), ou de outra forma, o isolamento de populações, que responderam as condições específicas de seu ambiente e com o tempo, expressando adaptações microevolutivas dentro da espécie (Worsham et al. 2017).

Adaptações na morfologia podem ser influenciadas por pressões ambientais (Vahdati et al. 2016). As pressões são importantes para atribuição de características para adaptação aos habitats (Yang et al. 2008, Hayward et al. 2011, Fernández-Marín et al. 2017), que podem acabar sendo acumuladas e selecionadas ao longo do tempo. Fatores ambientais também podem influenciar os indivíduos, como mudanças fisiológicas e nos mecanismos de proteção em resposta à intensidade de luz (Matos et al. 2009), modificações no tamanho e biomassa de caracteres morfológicos (Leclaire e Brandl, 1994), mudanças climáticas afetando taxas reprodutivas (Przybylo et al. 2000), aumento da tolerância térmica devido a ilhas de calor causadas pela urbanização (Diamond et al. 2018) e diferenças morfológicas, fisiológicas e endócrinas entre castas, influenciadas pelas variações sazonais que refletem a disponibilidade de alimentos durante o ano (Wheeler, 1986), como no caso de formigas, vespas e abelhas.

Modificações morfológicas podem influenciar diretamente em certos traços funcionais, características biológicas que afetam o desempenho nos indivíduos e são selecionadas pelas condições ambientais da área (Violle et al. 2007), sendo importante para a distribuição das espécies de formigas. Outra variável na seleção dos indivíduos seria a sazonalidade, refletindo em características relacionadas a recursos, como tamanho de estruturas morfológicas entre os indivíduos no ninho. A fragmentação das áreas também é um fator importante (Matesanz et al. 2017, Gentili et al. 2018), por exemplo, com o aumento da distância entre áreas, causada pela fragmentação, alguns insetos voadores necessitam de mais recursos para se locomover a procura de um espaço ideal para a ovoposição, reduzindo consequentemente, os recursos direcionados à prole ou obrigando o indivíduo a desenvolver outras estratégias para não prejudicar seus ovos (Gibbs e Van Dyck, 2009). Esse processo pode provocar a extinção local de certas espécies, redução das populações, diminuição da riqueza e facilitar a entrada de espécies exóticas (Suarez et al. 1998; Leal et al. 2012; Gomes et al. 2014).

A fragmentação de habitats é um processo no qual ocorre perda da área nativa, transformando a

área em manchas isoladas, conseqüentemente, mudando a configuração do ecossistema (Fahrig, 2003). Esse processo pode ser causado por fatores naturais do ambiente (incêndios e inundações), entretanto, as causas mais comuns são fatores antrópicos (urbanização, pastagem e incêndios criminosos). O Cerrado é o segundo maior domínio Brasileiro, abrangendo cerca de 24% do território (IBGE, 2019), conhecido por ser *hotspot* global, área com elevado grau de endemismo, e possui elevada riqueza em questão de biodiversidade (Ratter et al. 1997). São publicados muitos estudos relacionados à diminuição da área do Cerrado (Resck et al. 2000, Carvalho et al. 2009, Grecchi et al. 2014, Colli et al. 2020), devido à expansão da agropecuária e monocultura no país.

Em grandes centros urbanos, como Campo Grande no estado de Mato Grosso do Sul, é possível encontrar pequenas manchas de Cerrado cercadas pelo ambiente antrópico. Atualmente há muitos trabalhos focados nas conseqüências para as comunidades de diferentes espécies atingidas por processos de antropização (Ferraguti et al. 2016; Cruz et al. 2017, Santiago et al. 2018), alguns grupos atingidos possuem funções fundamentais para o sistema ecológico e a perda de habitat pode reduzir a população, desequilibrar o ecossistema, e levar espécies à extinção (Martins et al. 2013). Sendo o domínio do Cerrado caracterizado por diversas formações vegetais indo desde áreas abertas com predomínio de gramíneas (Cerrado campo limpo) até formações do tipo florestais (Cerradão), a composição e tipo da vegetação podem ser considerados fatores importantes para populações de formigas. Essas características da fitofisionomia podem afetar a abundância (Graham et al. 2004; Ríos-Casanova et al. 2006), riqueza (Araújo et al. 2013; Fotso Kuate et al. 2014) e composição de espécies na área (Milesi et al. 2016; Aggemyr et al. 2018; Ramos et al. 2018). Além disso, a heterogeneidade pode influenciar a composição da serrapilheira (Rubbo e Kiesecker, 2004; Swan e Palmer 2006), possibilitando maior número e diversidade de recursos (Silva et al. 2011), podendo atrair espécies generalistas predadoras como *Ectatomma permagnum* (Orsolon-Souza et al. 2011; Silvestre et al. 2012).

Kaspari e Weiser (1999) sugeriram na hipótese do tamanho-grão (SGH) que existe uma alometria positiva entre o comprimento do corpo e o comprimento da perna das formigas. Essa hipótese também se refere à facilidade de percorrer ambientes complexos durante o forrageamento conforme o aumento do comprimento das pernas, entretanto, dificulta o acesso a pequenas passagens onde pode se encontrar recursos, como no caso da serapilheira que é utilizada para esconderijo de indivíduos menores, resultando em benefício para espécies pequenas que vivem naquele habitat.

Formicidae é uma das famílias que possibilita trabalhos sobre bioindicadores por serem abundantes em todos os ambientes, apresentarem diversidade de espécies e pela facilidade de amostragem e identificação (Andersen, 1997). A presença e/ou a ausência de determinadas espécies de formigas também demonstram as características do ambiente do estudo (Andersen, 1997; Stephens e Wagner, 2006), sendo boas ferramentas para testar hipóteses, por exemplo a SGH. Poneromorfos é um

grupo não natural e diverso com gêneros distribuídos por todo o mundo, onde as principais diferenças nas características morfológicas e comportamentos basais que dificilmente são encontrados em grupos derivados, citando como exemplo, a ausência de polimorfismo entre a casta operária do ninho, o que acaba resultando em pouca ou nenhuma diferenciação entre os indivíduos (Delabie et al. 2015). Alguns trabalhos abordaram a importância do polimorfismo na colônia (Gill et al. 2009; Pie e Tschá, 2013) para a organização social das formigas, demonstrando que o polimorfismo está diretamente ligado à especialização da tarefa de cada operária, mostrando ser uma estratégia para aumentar a eficiência ergonômica da colônia, já descrita por Oster e Wilson (1979).

O gênero *Ectatomma* (Formicidae: Ectatomminae) é um dos gêneros incluídos no grupo de Poneromorfos e endêmico da região neotropical (Fernández, 2003), e os indivíduos do gênero são considerados predadores generalistas, formando ninhos simples no solo (Fernández, 1991), em áreas florestais, clareiras, bordas de florestas e ambientes abertos com grama (Brown, 1958; Delabie et al. 2007; Pereira et al. 2019). Espécies como *E. ruidum*, *E. tuberculatum*, *E. brunneum*, *E. opaciventre* são conhecidas pelo forrageamento arbóreo e terrícola (Majer et al. 1994; Valenzuela-González et al. 1995; Tofolo et al. 2011). Ao observar grande abundância de indivíduos de *Ectatomma permagnum*, causou certa intriga notar uma diferenciação incomum no tamanho dos espécimes presentes nas amostras de Aranda (2014), uma vez que não são descritas mudanças significativas em diferenciação de subcasta e poucos estudos relacionados sobre a espécie.

Diante do contexto, o objetivo do trabalho foi comparar as medidas morfométricas de diferentes populações de *E. permagnum* em fragmentos urbanos de Cerrado, a fim de i) Analisar se existe uma proporção entre corpo e pernas para *E. permagnum* nas diferentes populações dos fragmentos esperando-se que formigas do gênero *Ectatomma* tenha o comprimento da perna proporcional ao tamanho do corpo, baseando na teoria de tamanho-grão (Kaspari e Weiser, 1999); ii) Comparar medidas morfométricas das pernas e do corpo para ver se a proporção é influenciada por variáveis ambientais responsáveis pela formação e heterogeneidade da serapilheira, esperando-se que quanto mais complexo seja o ambiente, menor seja o tamanho do comprimento da perna e do corpo, baseando na teoria de tamanho-grão, na qual propõe que quanto menor o comprimento da perna dos indivíduos, mais ele será beneficiado em substratos complexos. iii) Verificar se a heterogeneidade influencia no tamanho das características morfológicas utilizadas para forrageamento e predação, como cabeça, pronoto, mandíbula, e distância interocular. Esperando que haja características maiores em ambientes mais heterogêneos devido a quantidade de recursos disponíveis e a atração de outras formigas predadoras, levando a disputa desses recursos.

METODOLOGIA

ÁREAS DE COLETA

Para o trabalho, foram utilizadas operárias de *Ectatomma permagnum* coletadas por Aranda et al. (2022), em quatro fragmentos urbanos com diferentes tipos de vegetação em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, entre os meses de janeiro a dezembro de 2012. Os fragmentos estudados foram: (i) Parque Estadual Mata do Segredo – Segredo (20°23'S. 54°35'W) com uma área de 175 ha, possuindo vegetação de savana típica de matas ciliares e pastagens, com entorno constituído por uma matriz urbana com baixa densidade populacional e fazendas de gado; (ii) Parque Estadual do Prosa – Prosa (20°27'S. 54°33'W) com 128 ha, é composto por vegetação de cerrado e mata ciliar, com uma matriz urbana com média densidade populacional; (iii) Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS (20°30'S, 54°36'W) possuindo 32 ha, e constituído de vegetação do tipo savana típica com algumas pastagens aos arredores demonstra uma matriz urbana com densidade populacional média; e (iv) Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Católica Dom Bosco - UCDB (20°24'S, 54°36'W) com 25 ha, com vegetação típico de savana e nos arredores consistem em uma área urbana com matriz de baixa densidade populacional e pequenas propriedades rurais (Aranda e Gracioli, 2015).

AMOSTRAS

Os indivíduos foram coletados por meio de armadilha de queda do tipo *pitfall*, sendo cada fragmento separado em parcelas de 100x100m. Foram amostradas oito parcelas no Segredo, seis parcelas no Prosa e na área da UFMS e cinco parcelas no fragmento UCDB. Foram instalados 51 *pitfalls* em cada parcela, permanecendo por 72 horas. Os indivíduos coletados foram devidamente etiquetados e armazenados em álcool 70% (para maiores detalhes da metodologia, ver Aranda et al., 2022).

Os indivíduos foram identificados conforme a classificação descrita por Baccaro et al. (2015), neste os indivíduos de *Ectatomma permagnum* foram separados, montados em alfinetes entomológicos com triângulos devidamente identificados quanto ao número e informações relacionadas a coleta. Para as medidas morfológicas, foi utilizado estereomicroscópio óptico utilizando o software ZEN para medições. Devido à ausência de trabalhos específicos relacionados à morfometria do gênero *Ectatomma*, foram utilizados 11 medidas descritas nos trabalhos de Silva e Brandão (2010) e Oliveira et al. (2015) para morfometria de formigas de serapilheira, sendo elas: largura da cabeça (LC), comprimento da cabeça (CC), comprimento da mandíbula (CM), largura da mandíbula (LM), comprimento dos olhos (CO), largura dos olhos (LO), distância interocular (DIO), largura do pronoto na face dorsal (Lpro), comprimento do Weber (CWeber - que se inicia na parte apical do pronoto e em diagonal, se estende até a parte inferior do propódeo), comprimento da tíbia posterior (Ctib) e comprimento do fêmur posterior (Cfem) (Fig 1). Foram mensurados 844 indivíduos, sendo 157 do Segredo, 260 do Prosa, 72 da UFMS e 355 da UCDB. Para a caracterização da vegetação de Cerrado, em cada um dos pontos amostrados, uma parcela de 20x20m foi utilizada para mensuração das

seguintes variáveis ambientais: número de árvores e número de arbustos (n), altura da árvore e altura do arbusto (m), profundidade da serapilheira (cm), cobertura de serapilheira e de gramíneas (%) (para maiores detalhes da metodologia, ver Aranda et al., 2022).

ANÁLISES

Para analisar se existe uma proporção entre o comprimento do corpo e o comprimento das pernas de *E. permagnum* foram utilizados a medida do comprimento de Weber (CWeber), e a soma das medidas do fêmur (Cfem) e da tíbia (Ctib) de cada indivíduo de *E. permagnum* (mensurados a fim de obter o valor total da perna). Após a compilação dos dados, a média das medidas de cada característica e seu desvio padrão foram calculados. As médias do comprimento da perna e do Weber de todas as formigas amostradas foram comparados através de um teste-t. Além disso, foi realizada regressão linear entre o comprimento da perna e comprimento do Weber para verificar se há uma relação de alometria. Para analisar se há diferenças entre as áreas considerando as características morfológicas mensuradas, foi realizada análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS), na qual foi usada a medida de distância euclidiana para a análise dos dados. Além disso, um teste de análise Multivariada da Variância (MANOVA) foi realizado, sendo avaliada as diferenças entre os fragmentos e posteriormente de forma pareada (Teste de Tukey, comparando fragmento por fragmento). Com a finalidade de especificar a contribuição de cada característica morfológica para a distinção de cada fragmento, utilizamos a análise de Componentes Principais (PCA). Para testar as diferenças entre os fragmentos para cada característica morfológica, foi utilizado o teste de Mann-whitney e teste T (dependendo da normalidade dos dados). Também usamos a análise de correspondência canônica (CCA) para testar a influência das variáveis ambientais nas características morfológicas, onde utilizamos a média das medidas morfométricas de cada ponto de coleta para associar as variáveis ambientais mensuradas em cada área. Foi utilizado o software livre Past (Hammer et al. 2001) na realização das análises.

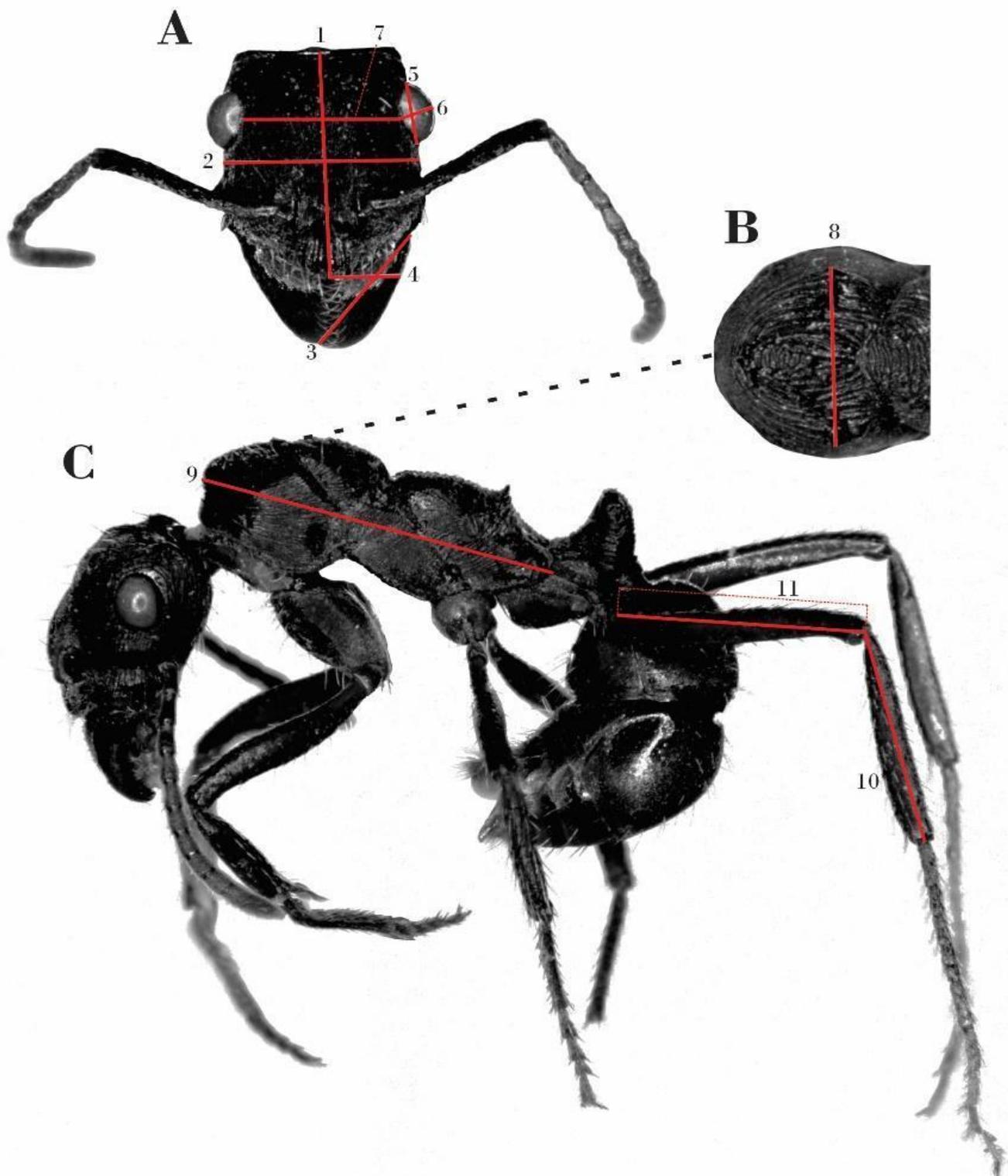


Fig. 1. Medidas mensuradas do corpo de operária de *Ectatomma permagnum*. (A) Cabeça em vista frontal; (B) Pronoto em vista dorsal; (C) Corpo da formiga em vista lateral. Características morfométricas mensuradas: 1: Comprimento da cabeça (CC), 2: Largura da cabeça (LC), 3: Comprimento da mandíbula (CM), 4: Largura da mandíbula (LM), 5: Comprimento dos olhos (CO), 6: Largura dos olhos (LO), 7: Distância Interocular (DIO), 8: Largura do pronoto na face dorsal (Lpro), 9: Comprimento de Weber, 10: Comprimento da tíbia (Ctib), 11: Comprimento do fêmur (Cfem).

RESULTADOS

Para todas as populações, o comprimento total da perna apresentou média de 5.556,72 μm ($\pm 71,922$) e o comprimento de Weber uma média de 3.970,57 μm ($\pm 84,151$), sendo a perna maior do que o comprimento ($t = 73,430$, $p < 0,01$). Podemos observar, que a média do comprimento da perna dos indivíduos é 1,45 x maior que a média do comprimento de Weber (Fig. 2), desta forma observando para a espécie a aplicação da teoria de tamanho-grão. Através da análise de regressão linear, pode-se observar uma relação positiva e significativa entre o tamanho da perna e a do corpo ($R^2: 0,33$; $p < 0,01$) (Fig. 3). As proporções entre o comprimento da perna e o comprimento de Weber apresentaram padrões distintos entre os fragmentos (Fig.4), considerando valores de R^2 abaixo de 0,50 como uma relação fraca, entre 0,50 a 0,70 moderada e acima de 0,70 forte, a população da UFMS apresentou a relação para a diferença entre as características ambientais mais forte ($R^2: 0,50$; $p < 0,01$), seguido da UCDB ($R^2: 0,39$; $p < 0,01$), Prosa ($R^2: 0,27$; $p < 0,01$) e Segredo ($R^2: 0,10$; $p < 0,01$).

Considerando os resultados da MANOVA, percebemos que existe diferença significativa entre as variáveis das formigas dos diferentes fragmentos (*Pillai trace*: 1,793, $F=1,889$, $p=0,02$) (NMDS Stress:0,10 Fig. 5). As maiores diferenças foram observadas entre as variáveis do fragmento da UCDB em relação aos outros fragmentos analisados. Já para os resultados do NMDS, observamos que o primeiro (57%) e segundo eixo (32%) explicam 89% das variações (Fig. 5). No gráfico analisamos que a área do Prosa não possui tanta similaridade com a área do Segredo, entretanto a área da UCDB está completamente sobreposta ao fragmento do Segredo, indicando possuir traços similares entre as duas áreas em relação às variáveis morfométricas analisadas.

Tabela 1. Tabelas com médias e desvio padrão de cada característica morfométrica medida. Valores em micrômetro (μm). Sendo as seguintes localizações: Parque Estadual Mata do Segredo – Segredo; Parque Estadual do Prosa – Prosa; Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Católica Dom Bosco - UCDB; Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS.

| Medidas morfométricas | SEGREDO | | PROSA | | UCDB | | UFMS | |
|--|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| Largura da Cabeça (LC) | 1999,66 | 69,63 | 2000,55 | 94,37 | 1976,24 | 198,59 | 2002,81 | 94,61 |
| Comprimento da Cabeça (CC) | 2399,63 | 82,40 | 2414,97 | 113,44 | 2375,28 | 117,29 | 2407,82 | 125,98 |
| Comprimento da mandíbula (CM) | 1434,18 | 83,94 | 1427,65 | 98,50 | 1426,24 | 100,51 | 1460,26 | 96,92 |
| Largura da mandíbula (LM) | 0,72 | 0,06 | 0,71 | 0,06 | 0,71 | 0,07 | 0,72 | 0,07 |
| Largura do olho (LO) | 0,65 | 0,04 | 0,67 | 0,04 | 0,66 | 0,05 | 0,67 | 0,05 |
| Comprimento do olho (CO) | 0,34 | 0,03 | 0,35 | 0,03 | 0,35 | 0,03 | 0,34 | 0,03 |
| Distância interocular (DIO) | 1572,78 | 58,88 | 1589,99 | 84,83 | 1570,47 | 80,63 | 1606,43 | 86,14 |
| Largura do pronoto na face dorsal (Lpro) | 1550,84 | 85,10 | 1515,08 | 110,68 | 1481,27 | 101,20 | 1490,67 | 114,71 |
| Comprimento do Weber (CWeber) | 2623,48 | 130,89 | 2655,91 | 141,15 | 2611,57 | 187,10 | 2685,57 | 157,49 |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| Comprimento da tíbia (Ctib) | 3983,08 | 148,33 | 3993,50 | 205,05 | 3943,39 | 218,04 | 4058,17 | 244,95 |
| Comprimento do fêmur (Cfem) | 2918,71 | 224,32 | 2955,69 | 233,46 | 2926,02 | 262,46 | 2961,21 | 224,56 |

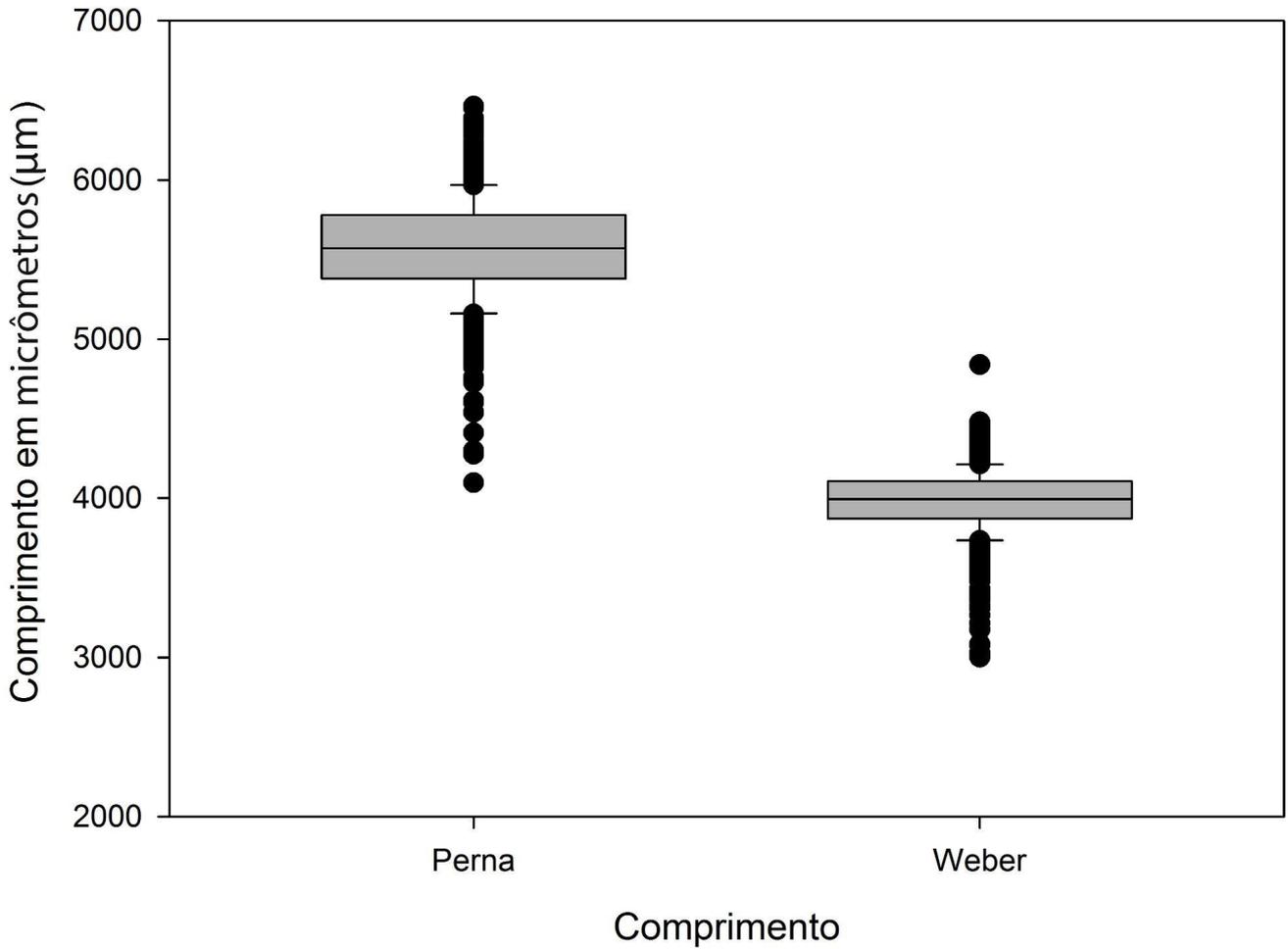


Fig 2 Comprimento total (µm) da perna e do comprimento de Weber de *Ectatomma permagnum* em fragmentos urbanos de Cerrado, observando a diferença significativa entre os tamanhos ($t = 73,430$, $p < 0,01$).

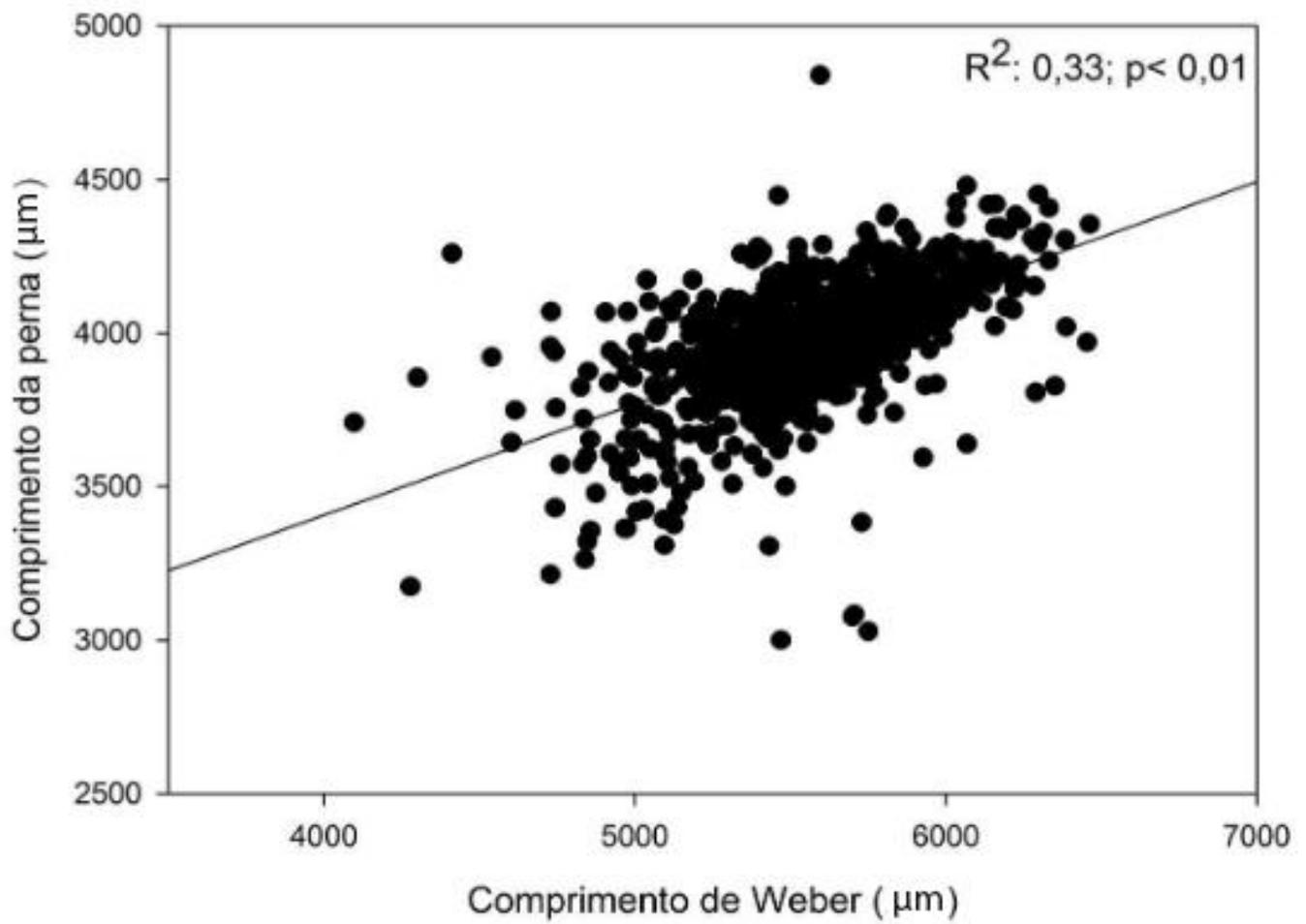


Fig 3. Regressão linear entre o comprimento total (µm) da perna e do comprimento de Weber de *Ectatomma permagnum* em fragmentos urbanos de Cerrado, havendo relação significativa, porém fraca ($R^2: 0,33; p < 0,01$).

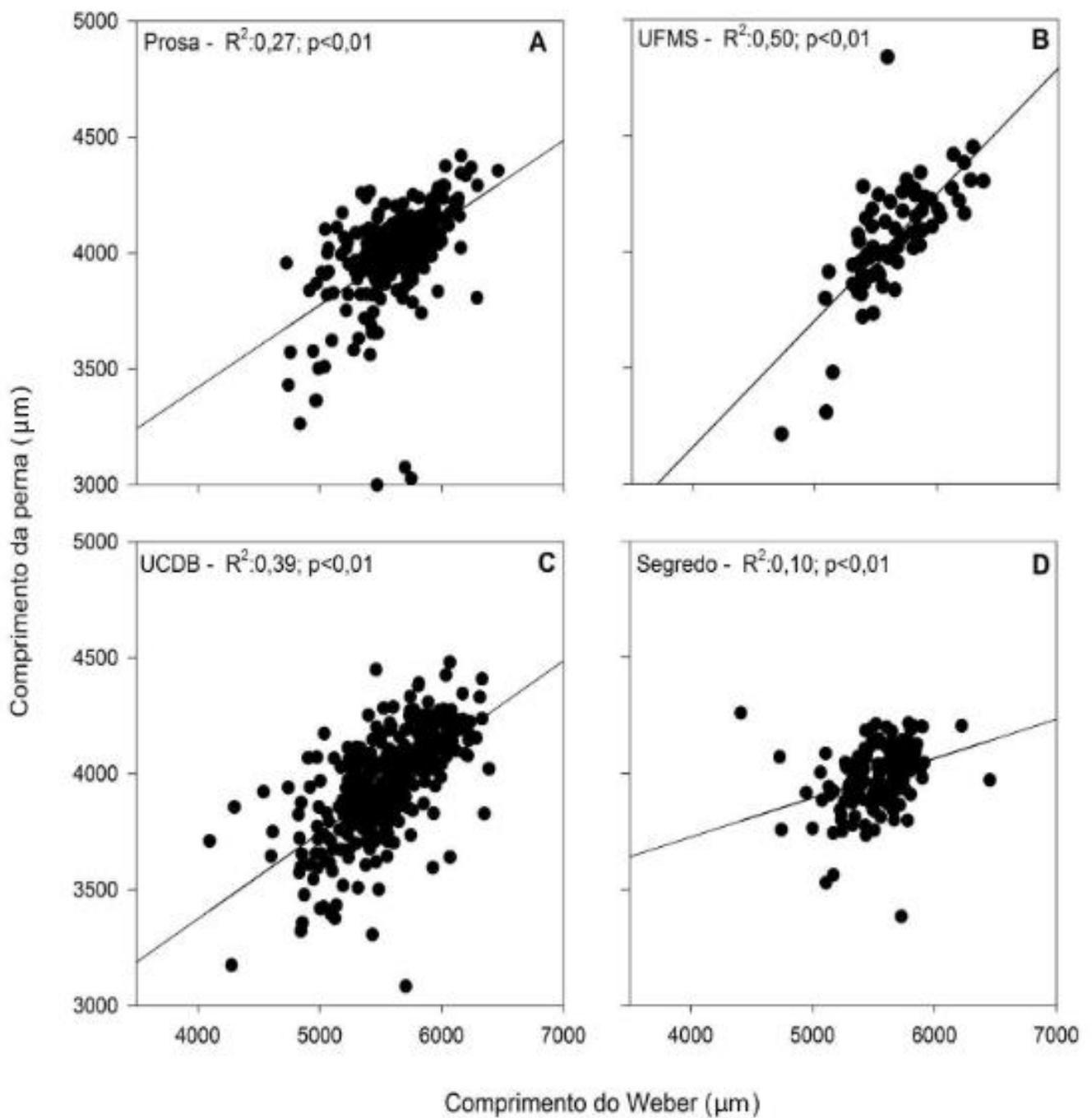


Fig 4. Regressão linear entre o comprimento total (μm) da perna e do comprimento de Weber de *Ectatomma permagnum* em cada um dos fragmentos urbanos de Cerrado, havendo relação significativa, porém de fraca a média. Fragmentos: A) Prosa ($R^2: 0,27; p < 0,01$); B) UFMS ($R^2: 0,50; p < 0,01$); C) UCDB ($R^2: 0,39; p < 0,01$); e D) Segredo ($R^2: 0,10; p < 0,01$).

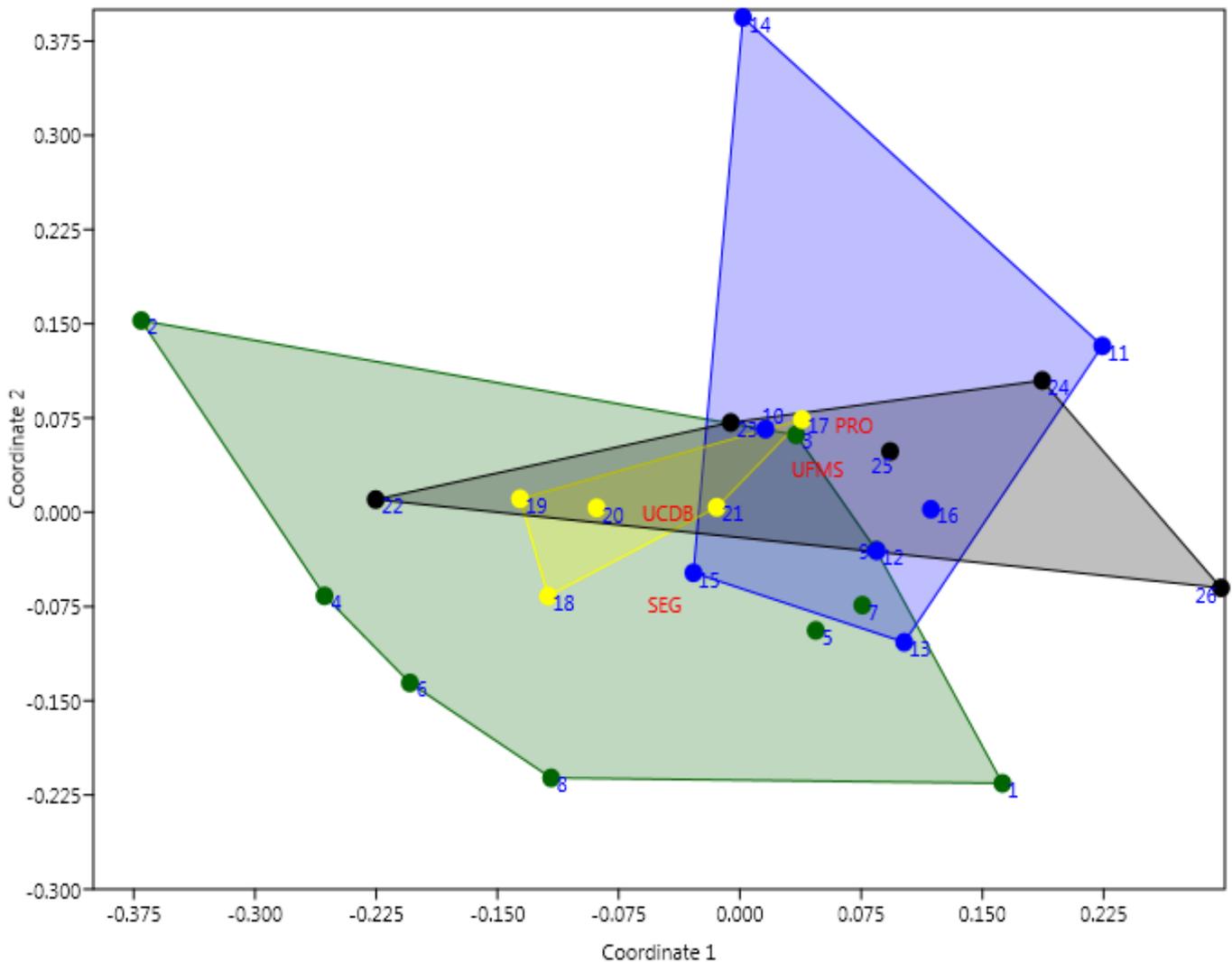


Fig 5. Gráfico com a análise de NMDS com stress de 0,10, indicando diferença entre os fragmentos. Primeiro eixo explica 57% da variação e segundo eixo, explica 32%, ambos explicando 89% da variação total entre as áreas. Sendo área verde para a região do Segredo, área azul para região do Prosa, área preta para região da UFMS e área amarela para região da UCDB

Quando analisadas de entre os fragmentos de forma pareada, também observamos diferença significativa com valores de p menores que 0,05 para todas as áreas (Tab 2). Com base na média das medidas de cada característica (Tab 2) foi possível observar que para medidas do Comprimento da cabeça (CC) e Largura da cabeça (LC), a área da UCDB demonstrou um resultado significativo, possuindo uma média menor (2.375,28 μm e 1.976,24 μm respectivamente). Além de que as medidas de LC obteve um desvio padrão (198.58) maior dentre os locais de coleta. Já para a medida Comprimento da mandíbula (CM) a área da UFMS demonstrou diferença das outras áreas, apresentando uma média maior (1.460,26 μm).

Para Largura do olho (LO), o Segredo (0.65 μm) teve diferença significativa em relação à Prosa (0.67 μm) e UFMS (0.67 μm), sendo que UCDB (0.66 μm) também demonstrou diferença significativa com o Prosa (Tab. 2). Já a medida Comprimento do olho (CO) foi significativa entre Segredo (0.34 μm) e

UCDB (0.35 μm), UCDB e UFMS (0.34 μm) e entre UFMS e Prosa (0.35 μm) (Tab. 2). Para a Distância interocular (DIO), foi observada diferença significativa dos fragmentos UFMS (1.606,43 μm) e Prosa (1.589,99 μm) (Tab. 2).

Analisando as medidas corporais, podemos observar que para Largura do Pronoto na face dorsal (Lpro), o Segredo (1.550,84 μm) apresentou diferença significativa em relação às outras áreas (Tab. 2). Prosa (1.515,05 μm) e UCDB (1.481,27 μm) também demonstraram diferenças significativas entre si. Considerando o Comprimento do Weber (CWeber) percebemos que a UCDB (2.611,57 μm) possui diferenças com o Prosa (2.655,91 μm) e UFMS (2.685,57 μm) (Tab. 2). Para a medida de Comprimento da tibia (Ctib), o Segredo (3.983,08 μm), apresentou valores significativos em relação à UFMS (4.058,17 μm). Prosa (3.993,50 μm) diferiu da UCDB (3.943,39 μm), esta também apresentou resultado significativo com a UFMS (Tab. 2). As medidas Largura da mandíbula (LM) e Comprimento do fêmur (Cfem) foram as únicas mensurações que não apresentaram diferença entre as áreas coletadas no trabalho.

Tabela 2. Tabelas com médias e desvio padrão de cada característica medida, com os resultados do test-t, onde o asterisco demonstra as áreas que demonstraram resultado significante em relação à todas as outras áreas e cada dupla de letras (a, b, c e d) simboliza quais áreas foram significantes entre si. Valores em micrômetros (μm). Sendo as seguintes localizações: Parque Estadual Mata do Segredo – Segredo; Parque Estadual do Prosa – Prosa; Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Católica Dom Bosco - UCDB; Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS.

| Medidas morfológicas | SEGREDO | | PROSA | | UCDB | | UFMS | |
|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|
| | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| LC | 1999,66 | 69,63 | 2000,55 | 94,37 | 1976,24 | 198,59 [*] | 2002,81 | 94,61 |
| CC | 2399,63 | 82,40 | 2414,97 | 113,44 | 2375,28 | 117,29 [*] | 2407,82 | 125,98 |
| CM | 1434,18 | 83,94 | 1427,65 | 98,50 | 1426,24 | 100,51 | 1460,26 | 96,92 [*] |
| LM | 0,72 | 0,06 | 0,71 | 0,06 | 0,71 | 0,07 | 0,72 | 0,07 |
| LO | 0,65 | 0,04 ^{ac} | 0,67 | 0,04 ^{ab} | 0,66 | 0,05 ^b | 0,67 | 0,05 ^c |
| CO | 0,34 | 0,03 ^b | 0,35 | 0,03 ^a | 0,35 | 0,03 ^{bc} | 0,34 | 0,03 ^{ac} |
| DIO | 1572,78 | 58,88 | 1589,99 | 84,83 [*] | 1570,47 | 80,63 | 1606,43 | 86,14 [*] |
| Lpro | 1550,84 | 85,10 [*] | 1515,08 | 110,68 ^a | 1481,27 | 101,20 ^a | 1490,67 | 114,71 |
| CWeber | 2623,48 | 130,89 | 2655,91 | 141,15 ^a | 2611,57 | 187,10 ^{ab} | 2685,57 | 157,49 ^b |
| Ctib | 3983,08 | 148,33 ^{ac} | 3993,50 | 205,05 ^{ab} | 3943,39 | 218,04 ^{bd} | 4058,17 | 244,95 ^{cd} |
| Cfem | 2918,71 | 224,32 | 2955,69 | 233,46 | 2926,02 | 262,46 | 2961,21 | 224,56 |

Já nos resultados da análise de PCA (Fig. 6), podemos observar que as características morfológicas que mais contribuíram para a distinção entre os grupos de fragmentos, foram o tamanho do fêmur (50,17%) e o comprimento do Weber (20,77%), sendo essas duas variáveis explicando mais de 70% dessa variação. Percebemos que apenas o Comprimento do Weber apresentou diferenças significativas entre algumas áreas, ao contrário das medidas do Comprimento do fêmur que não apresentou diferença significativa em nenhuma área amostrada (Tab. 2). Através da análise de

correspondência canônica (Fig. 7) para verificar a influência das variáveis ambientais (Tab. 3) nas medidas dos caracteres das formigas, não foi encontrado resultado significativo entre os eixos analisados, mostrando que a heterogeneidade das áreas amostradas não influencia os tamanhos das características mensuradas no trabalho. Podemos verificar que as variáveis referentes à profundidade de serrapilheira (55,9% $p= 0,77$), porcentagem de cobertura de dossel (26,9%, $p= 0,73$) e cobertura do solo (9,9%, $p= 0,79$), foram as variáveis mais expressivas, entretanto não sendo suficientes para influenciar nas medidas de forma significativa.

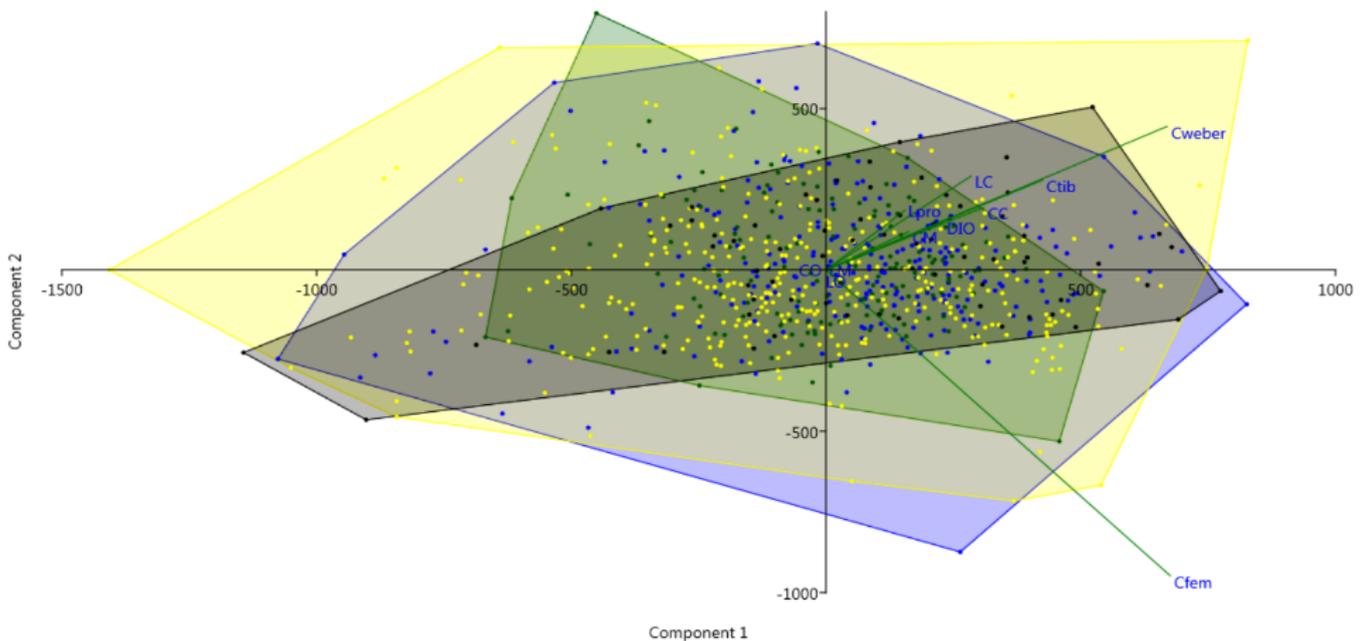


Fig 6. Gráfico com a análise de PCA, mostrando a contribuição de cada medida para a distinção das áreas. Explicando mais de 70% da variação apenas com o primeiro e segundo eixo do gráfico. Sendo a área verde para a região do Segredo, área azul para região do Prosa, área preta para região da UFMS e área amarela para região da UCDB.

Tabela 3. Tabelas com médias de cada variável ambiental coletada, por área. Sendo as seguintes localizações: Parque Estadual Mata do Segredo – Segredo; Parque Estadual do Prosa – Prosa; Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Católica Dom Bosco - UCDB; Reserva Particular do Patrimônio Natural da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS.

| Variáveis ambientais | PROSA | SEGREDO | UCDB | UFMS |
|------------------------------|--------|---------|--------|--------|
| Nº de árvores | 124.56 | 183.33 | 217.20 | 100.89 |
| Nº de arbustos | 89.56 | 102.96 | 142.53 | 70.57 |
| Altura árvores (n) | 6.60 | 5.42 | 4.42 | 23.43 |
| Altura arbustos (n) | 1.21 | 1.23 | 1.19 | 1.22 |
| Profundidade de serapilheira | 2.08 | 2.21 | 2.44 | 1.91 |
| Cobertura dossel % | 82.63 | 79.28 | 80.67 | 65.07 |
| Cobertura solo % | 100 | 100 | 98.67 | 97.50 |

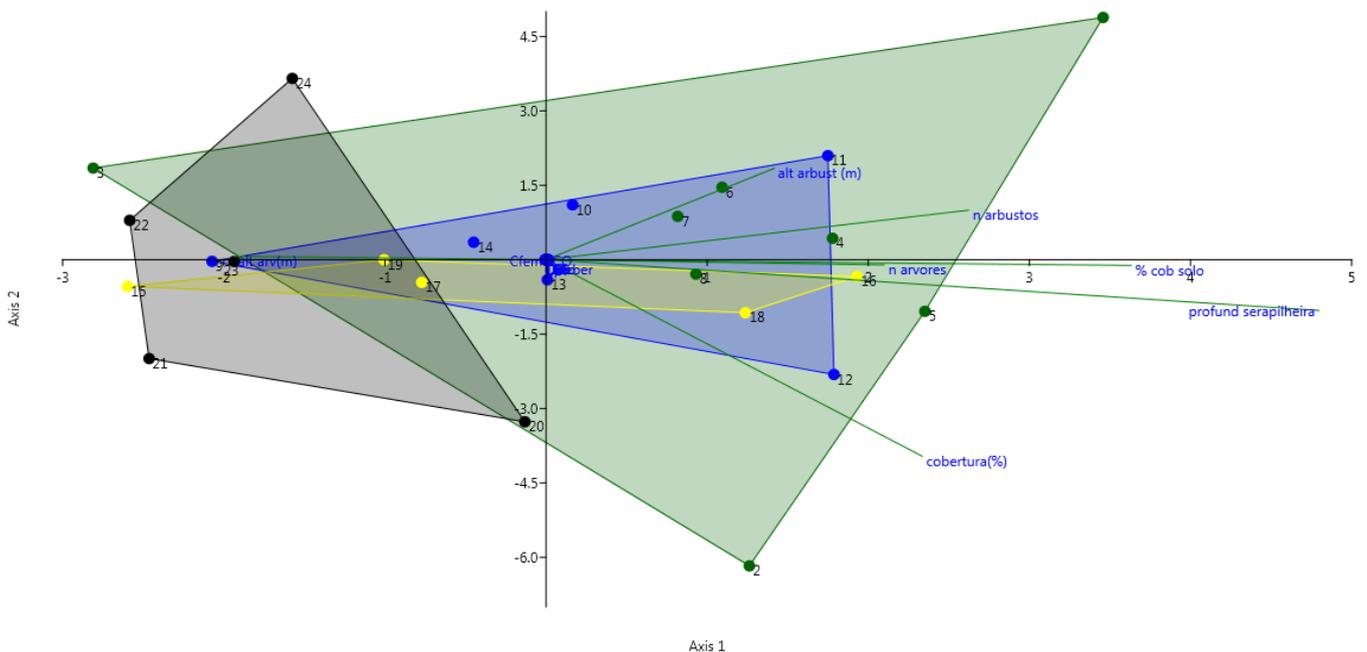


Fig 7. Gráfico de análise de CCA, testando a influência das variáveis ambientais nas medidas morfométricas entre as áreas. Sendo usada a média de cada ponto das medidas a fim de associar com as parcelas e variáveis ambientais. Apresentando valores de $p > 0.05$, não indicando associação entre as medidas morfométricas e as variáveis ambientais. Sendo a área verde para a região do Segredo, área azul para região do Prosa, área preta para região da UFMS e área amarela para região da UCDB.

DISCUSSÃO

Segundo a hipótese tamanho-grão (SGH) (Kaspari e Weiser, 1999), quanto maior o tamanho do corpo da formiga, maior o comprimento das pernas, proporcionalmente. Como outros trabalhos realizados anteriormente (Kaspari e Weiser, 1999, Espadaler e Gomez, 2001), nossos resultados corroboram com a hipótese SGH, na qual foi encontrado um aumento proporcional no comprimento de perna em relação ao aumento do comprimento de Weber, confirmando assim uma alometria positiva. Entretanto, a relação entre as medidas de todas as áreas se mostrou moderada ($R^2 \leq 0.50$) e em algumas áreas específicas de moderada e fraca (Fig. 4). Relações fracas para o SGH para formigas também já foram encontradas (Queiroz, 2015), todavia, o trabalho analisou o comprimento do fêmur em relação à largura da cabeça dos indivíduos.

Considerando as abordagens de medidas usadas nos trabalhos encontrados na literatura, não é possível encontrar um “padrão” utilizado na escolha das mensurações para as análises a fim de testar a SGH. Há trabalhos nos quais foram utilizados a medida do fêmur comparando com a medida da cabeça da formiga (Willott et al. 2000, Queiroz, 2015), contudo no trabalho de Willott et al. (2000), ainda foi usado a massa dos indivíduos para as análises, obtendo um resultado de alometria negativa entre a perna e o

corpo dos indivíduos. Outra abordagem encontrada, é a soma das medidas da tíbia e do fêmur, juntamente analisada com comprimento de Weber e a massa dos indivíduos (Grevé et al. 2019), no qual foi encontrado uma alometria positiva, todavia, não houve resultado similar para duas espécies de *Camponotus* analisadas, mostrando diferença nos resultados quando comparado interespecificamente. Já outros autores utilizam a soma do comprimento do fêmur, tíbia e tarso com a medidas da cabeça e a massa do indivíduo (Frizzi, 2018) ou juntamente com pronoto (Sarty et al. 2006). Analisando as abordagens utilizadas nos trabalhos, é possível perceber que o resultado não está apenas relacionado com qual abordagem é utilizada nas análises, levando em consideração, que até abordagens diferentes podem ter resultados similares ao tamanho-grão. Considerando importante estabelecer um padrão para análises de tamanho-grão

Em nosso trabalho, foi analisada apenas a relação alométrica entre o corpo da formiga e o comprimento das pernas, mas segundo Tschinkel et al. (2003), o corpo das formigas é formado por um conjunto de isometrias e alometrias, tanto positivas quanto negativas. Considerando a hipótese que as variáveis ambientais influenciam as medidas do comprimento da perna e de Weber, nosso trabalho demonstrou que as variáveis ambientais não influenciaram significativamente no tamanho das estruturas, podemos supor que outros fatores podem agir juntamente às variáveis ambientais sobre a morfometria dos indivíduos.

Outros trabalhos comentam sobre as diferenças nos comprimentos das características morfológicas que podem ocorrer devido às diferenças genéticas entre as populações (Stevenson et al. 1995; Bargum et al. 2004; Shingleton et al. 2009), a temperatura do habitat onde o indivíduo se encontra (Shingleton et al. 2009; Nijhout et al. 2013) ou dieta alimentar durante os períodos de larva. Uma das principais causas da diferenciação das características entre os gêneros, seria a alimentação durante a fase larval dos insetos holometábolos, onde as larvas possuem em seus corpos, tecidos epiteliais específicos chamados popularmente de discos imaginiais, que irão se desenvolver em caracteres morfológicos dos indivíduos adultos (Hayne e Bryant, 1986; Currie et al. 1988; Bate e Aria, 1991).

Antes da metamorfose, ocorre o estágio de desenvolvimento de apêndices, onde os discos imaginiais compartilham nutrientes, resultando numa alta ou baixa quantidades de recursos em alguns discos específicos, variando assim o tamanho dos caracteres morfológicos (Nijhout e Wheeler, 1996). Aliado a isso, outros trabalhos mostraram uma variação nos caracteres dependendo do tipo de recurso que são fornecidos para as larvas (Deslippe e Savolainen, 1994; Hoover et al. 2005; Sorvari e Hakkarainen, 2009). Todavia, mesmo diante das possíveis modificações em seu corpo e na diversidade de tamanho dos caracteres, o meio onde o indivíduo habita é um fator importante na seleção desses caracteres.

Outro resultado controverso à teoria SGH encontrado por nós, é que nos ambientes com maior complexidade estrutural, as formigas demonstraram um valor de comprimento da perna maior quando

comparado com ambientes com variáveis menos heterogêneas, como por exemplo, a área do Segredo, que possui a maior heterogeneidade, mas resultou na relação mais fraca ($R^2: 0,10$; $p < 0,01$). Grevé et al. (2019) sugerem que pernas alongadas podem reduzir os custos do percurso da exploração, enquanto as formigas “pisoteiam” as folhas, dando passos maiores no terreno complexo como serrapilheiras, levando ao entendimento que o custo de possuir pernas maiores em terrenos não planos seria mais vantajoso. Já Parr et al. (2003), realizando trabalho na África do Sul, com assembleias de formigas coletadas em uma área com vegetação de savana e outra área com o solo compactado por queimadas constantes, após analisar as espécies, obtiveram resultados que corroboram com a SGH quando analisado a parte alométrica entre o corpo, nesse caso utilizado a medida da cabeça, e a perna posterior da formiga. Entretanto não obtiveram o resultado esperado quando compararam o tamanho das formigas e o terreno no qual estavam forrageando, sendo que formigas com pernas mais curtas foram mais frequentes na área “plana” da coleta, não se enquadrando na SGH.

Como também podemos observar, os quatro fragmentos onde foram realizadas as coletas possuíam algumas diferenças na vegetação e na matriz urbana, que podem influenciar nos dados de variáveis ambientais. Áreas com mais árvores e mais arbustos como o fragmento da UCDB possuía maior profundidade de serrapilheira e árvores e arbustos com alturas menores (Tab. 3). Ao contrário do fragmento da UFMS que possuía menor número de árvores e arbustos. Um ponto a se considerar é que UCDB e UFMS são fragmentos menores quando comparados aos fragmentos do Segredo e do Prosa (Tab. 3). Quando analisamos as características de cada área, podemos notar uma semelhança entre o fragmento do Segredo e da UCDB, onde possuem vegetação típica de savanas com uma densidade populacional baixa ao seu redor.

Os caracteres morfológicos podem mostrar algumas características em relação a ecologia, comportamento e biologia do indivíduo (Sosiak & Barden, 2020), a cabeça, o Weber e o pronoto são utilizados como referência de tamanho para as espécies (Modlmeier et al. 2013; Grevé et al. 2018), podendo influenciar principalmente no forrageamento da formiga, onde indivíduos maiores tendem a buscar mais recursos e não conseguem se esquivar pelas frestas pequenas em busca do alimento ou ser responsável pela defesa no ninho. Com base em nossos resultados, os indivíduos do fragmento da UCDB mostraram menores valores para essas características, entretanto para o pronoto, os indivíduos da área do Segredo também obtiveram o maior comprimento significativo entre os fragmentos.

Em relação a mandíbula, os tamanhos e formatos podem variar dentro da família Formicidae, devido a sua versatilidade e especificidade dos gêneros e suas biologias, podendo ser utilizada na proteção (Guerrieri e Ettore, 2008; Welzel et al. 2018), além de manipulação de alimentos e substratos (Rudolph e Loudon, 1986; Hughes e Westoby, 1992; Czackes et al., 2010), além de que mandíbulas maiores conseguem capturar presas maiores (Fowler et al. 1991; Weiser e Kaspari, 2006). No fragmento da UFMS, os indivíduos analisados possuíam um maior comprimento da mandíbula comparado aos

outros fragmentos, podendo facilitar na hora da predação de outros artrópodes, por exemplo, uma vez que por ser uma área mais antropizada, a disponibilidade de recursos é inferior, forçando uma possível diferenciação na dieta (Aranda et al. 2021).

O comprimento da perna pode demonstrar a velocidade do indivíduo (Kaspari & Weiser, 1999), onde formigas com pernas maiores tendem a serem mais velozes, o que influencia no forrageamento. Em nossos resultados, a UCDB mostrou um valor menor do comprimento da tíbia e os indivíduos da UFMS mostraram um valor maior. Considerando nossos resultados das medições de serapilheira nas áreas de coleta, é possível perceber que a UCDB apresentou maior quantidade de serapilheira, ao contrário da UFMS, que apresentou a menor, mostrando uma relação inversamente proporcional ao comprimento da tíbia. Já os olhos são um dos atributos mais importantes para os animais, tanto no tamanho quanto na posição e distância entre eles. Os olhos podem mostrar o habitat do animal (Gibb et al. 2014) e são importantes na busca de presas (Weiser & Kaspari, 2006), onde predadores tendem a possuir olhos menores e menor distância interocular (Fowler et al. 1991). Em nossos resultados, o tamanho dos olhos se mostrou bastante variável em relação aos fragmentos analisados, entretanto observamos um leve padrão onde a área do Segredo e UCDB apresentaram a menor ou uma das menores médias em relação a largura dos olhos, comprimento dos olhos e distância interocular e comprimento da tíbia a área do Prosa e UFMS apresentaram a maior ou uma das maiores médias nas mesmas categorias. Além disso ao compararmos nossas medidas LO, CO, DIO e Ctib com as medidas morfométricas que são utilizadas para calcular o tamanho das formigas, como LC, CC e CWeber, podemos perceber o mesmo padrão apresentado pelos fragmentos do Segredo e UCDB com o Prosa e UFMS, podendo confirmar a relação de alometria entre o corpo e a perna dos indivíduos de *E. permagnum* e também demonstrando uma alometria entre os olhos e o corpo da formiga.

No geral, foi possível observar os baixos valores de desvio padrão para grande parte das características dos indivíduos do fragmento do Segredo, podemos perceber que não há uma dispersão tão grande das medidas como foi notado nas outras áreas, mostrando uma homogeneidade no tamanho dos caracteres morfológicos de *E. permagnum*. Considerando que o fragmento do Segredo demonstrou uma alta heterogeneidade com base nos dados das variáveis ambientais coletadas, áreas homogêneas e heterogêneas podem gerar diferentes pressões sobre espécies generalistas e especialistas no habitat (Van Tienderen, 1991; Kassen, 2002). Espécies generalistas, como *E. permagnum*, tendem a se beneficiar de ambientes heterogêneos, devido suas amplas possibilidades de recursos disponíveis (Erlinge et al. 1984), aumentando assim sua estabilidade de sobrevivência em áreas heterogêneas (Root, 1973). Diferente do fragmento do Segredo, as áreas do Prosa, UFMS e UCDB, demonstraram desvios padrões semelhantes para as características morfológicas, e ao considerar a heterogeneidade do ambiente, percebemos não ser tão alta quanto a do Segredo, podendo assim, haver uma pressão maior sobre a população, que conseqüentemente pode proporcionar uma diversidade maior nos

tamanhos dos caracteres, aumentando as chances de sobrevivência.

Podemos perceber também que algumas variáveis ambientais se mostraram significantes quando analisadas em conjunto das medidas morfológicas, como profundidade de serrapilheira que apresentou 55,9%, porcentagem de cobertura de dossel com 26,9% e cobertura do solo com 9,9%, todavia não se mostraram suficientes para influenciar significativamente a morfologia de *E. permagnum*, entretanto a área que possui maior profundidade de serapilheira obteve uma menor média de comprimento da tibia e a área de menor profundidade de serapilheira apresentou a maior média. Como dito anteriormente, as variáveis ambientais presentes no fragmento podem sofrer influência de fatores externos das áreas fragmentadas, sendo que esses fatores também podem contribuir em conjunto para a modificação do ambiente e conseqüentemente nas espécies que habitam a área. Exemplos desses fatores podem ser a localização do fragmento e a intensidade solar que recebe o ponto amostrado recebe durante o dia, além da intensidade de luz que entra na parte da borda e no meio que podem afetar variáveis ambientais importantes para ecossistema do ambiente (Young e Mitchell, 1994; Renhorn et al. 1997). A intensidade de luz solar que adentra, pode influenciar principalmente na temperatura e umidade relativa do ar na área (Helmer et al. 2019; Los et al. 2019) nos diferentes pontos dos fragmentos, todavia, são fatores importantes para a distribuição das espécies de formiga (Sanders et al. 2007; Dunn et al. 2009; Silva & Brandão, 2014). Além disso, a mudança nos fatores ambientais pode engatilhar modificações nas características da serapilheira, que são extremamente importantes para os indivíduos que forrageiam pela área em busca de recurso e para os microhabitats que existe entre suas frestas (Barrientos, 2012; Oliveira et al. 2013).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados do nosso estudo, os indivíduos de *E. permagnum* corroboram com a hipótese de tamanho-grão, demonstraram que quanto maior o comprimento da perna, maior será o comprimento do corpo, confirmando assim uma alometria positiva para a espécie. Entretanto, os valores se mostraram relações moderadas a fracas quando comparados por fragmentos, onde a relação de alometria se mostrou mais fraca no fragmento com o ambiente mais heterogêneo.

As medidas morfométricas das nossas formigas não apresentaram influência significativa das variáveis ambientais escolhida para o estudo, levando a crer que outros fatores internos e externos também podem ser importantes para a biologia da formiga e para ecologia da área, podendo talvez em conjunto, modificar o ambiente de cada fragmento, assim selecionando os caracteres dos indivíduos. Além disso, foi possível concluir que a heterogeneidade ambiental de

cada fragmentos não influenciou de maneira significativa o tamanho das características morfológicas dos indivíduos de *E. permagnum*. Entretanto no fragmento do Segredo – mais heterogêneo dos fragmentos apresentou formigas com medidas menos variáveis do que ambientes mais homogêneos, que possuíam uma diversidade maior de tamanhos dos caracteres entre os indivíduos de *E. permagnum*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aggemyr, E., Auffret, A. G., Jädergård, L., & Cousins, S. A. O. (2018). *Species richness and composition differ in response to landscape and biogeography*. *Landscape Ecology*, 33(12), 2273–2284. doi:10.1007/s10980-018-0742-9

Andersen, A. N. (1997). *Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology*. *Conservation Ecology* [online] 1(1): 8. Available from the Internet. URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8/>

Aranda, R. (2014). *Padrões de distribuição espacial de Mutillidae (Hymenoptera, Aculeata) em relação à heterogeneidade espacial e à composição de espécies de hospedeiros, em fragmentos de Cerrado no Brasil Central*. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação) - Universidade do Mato Grosso do Sul. 71 pag.

Aranda, R., Gracioli, G. (2015). *Spatial–temporal distribution of the Hymenoptera in the Brazilian Savanna and the effects of habitat heterogeneity on these patterns*. *J Insect Conserv* 19, 1173–1187 <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9832-z>

Aranda, R., Peil, A., Rebello, N., Bordin, R. O., Moraes, T., & Terra, V. (2021). *Abundance and seasonality of insects in urban fragments of the Brazilian Cerrado*. *EntomoBrasilis*, 0, 9. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v14.e933>

Aranda, R., Tibcherani, M., Nacagava, V.A.F. et al. (2022). *The role of urban savannah fragments and their characteristics for the conservation of ants (Hymenoptera: Formicidae) in central Brazil*. *COMMUNITY ECOLOGY* 23, 115–127 <https://doi.org/10.1007/s42974-022-00078-7>

Araújo, W. S., Scareli-Santos, C., Guilherme, F. A. G., & Cuevas-Reyes, P. (2013). *Comparing galling insect richness among Neotropical savannas: effects of plant richness, vegetation structure and super-host presence*. *Biodiversity and Conservation*, 22(4), 1083–1094. doi:10.1007/s10531-013-0474-8

Baccaro, F., Feitosa, R., Fernández, F., Fernandes, I., Izzo, T., Souza, J., Solar, R. (2015). *Guia para os gêneros de formigas do Brasil*. Editora INPA, Manaus. DOI: 10.5281/zenodo.32912.

Bargum, K., Boomsma, J. J., & Sundström, L. (2004). *A genetic component to size in*

queens of the ant, *Formica truncorum*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 57(1), 9–16. doi:10.1007/s00265-004-0836-z

Barrientos, Z. (2012). *Dynamics of leaf litter humidity, depth and quantity: two restoration strategies failed to mimic ground microhabitat conditions of a low montane and premontane forest in Costa Rica*. Revista de Biología Tropical, 60(3), 1041-1053.

Bate, M., Arias, A. M. (1991) *The embryonic origin of imaginal discs in Drosophila*. Development 112 (3): 755–761. doi: <https://doi.org/10.1242/dev.112.3.755>

Brown, W. L., Jr. (1958). *Contributions toward a reclassification of the Formicidae. II. Tribe Ectatommini (Hymenoptera)*. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, 118: 173- 362.

Carvalho, F. M. V., Júnior, P. D. M. & Ferreira, L. G. (2009). *The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil*. Biological Conservation 142: 1392–1403.

Colli, G. R., Vieira, C. R. & Dianese, J. C. (2020). *Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges*. Biodiversity and Conservation 29 (5): 1465–1475.

Cruz, R., Ramos, S. M. S., Fonseca, J. C., Motta, C. M. de S., & Moreira, K. A. (2017). *Anthropization Effects on the Filamentous Fungal Community of the Brazilian Catimbau National Park*. Revista Brasileira de Ciência Do Solo, 41(0). doi:10.1590/18069657rbc20160373

Currie, D. A., Milner, M. J., Evans C. W. (1988). *The growth and differentiation in vitro of leg and wing imaginal disc cells from Drosophila melanogaster*. Development 102 (4): 805–814. doi: <https://doi.org/10.1242/dev.102.4.805>

Czaczkas, T. J., Nouvellet, P., & Ratnieks, F. L. W. (2010). *Cooperative food transport in the Neotropical ant, Pheidole oxyops*. Insectes Sociaux, 58(2), 153–161. doi:10.1007/s00040-010-0130-1

Delabie, J., Alves, H. S. R., França, V. C., Martins, P. T. A., Nascimento, I.C. (2007). *Biogeografia das formigas predadoras do gênero Ectatomma (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) no leste da Bahia e regiões vizinhas*. Agrotrópica 19: 13-20.

Delabie, J. H. C., Feitosa, R., Serrão, J. E., Mariano, Cléa; Majer, Jonathan. (2015). *As formigas Poneromorfas do Brasil - Introdução*. In: DELABIE, Jacques H. C. et al. *As formigas poneromorfas do Brasil*. Ilhéus: Editus, p. 9-12.

Deslippe, R. J., & Savolainen, R. (1994). *Role of food supply in structuring a population of Formica ants*. Journal of Animal Ecology, 63(4), 756-764.

Diamond, S. E., Chick, L. D., Perez, A., Strickler, S. A., & Martin, R. A. (2018). *Evolution of thermal tolerance and its fitness consequences: parallel and non-parallel responses to urban*

heat islands across three cities. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285(1882), 20180036. doi:10.1098/rspb.2018.0036

Dunn, R. R., Agosti, D., Andersen, A. N., Arnan, X., Bruhl, C. A., Cerdá, X., ... Sanders, N. J. (2009). *Climatic drivers of hemispheric asymmetry in global patterns of ant species richness*. Ecology Letters, 12(4), 324–333. doi:10.1111/j.1461-0248.2009.01291.x

Edwards, S. V., Kingan, S. B., Calkins, J. D., Balakrishnan, C. N., Jennings, W. B., Swanson, W. J., & Sorenson, M. D. (2005). *Speciation in birds: Genes, geography, and sexual selection*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(Supplement 1), 6550– 6557. doi:10.1073/pnas.0501846102

Erlinge, S., Goransson, G., Hogstedt, G., Jansson, G., Liberg, O., Loman, J., Nilsson, I. N., Schantz, T. V., & Sylven, M. (1984). *Can vertebrate predators regulate their prey?* The American Naturalist 1984 123:1, 125-133

Espadaler, X. & Gómez, C. (2001) *Formicinae ants comply with the size-grain hypothesis*. Functional Ecology, 15, 136–139.

Fahrig, L. (2003). *Effects of habitat fragmentation on biodiversity*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 34. 487-515. 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419.

Fernández, F. (1991). *Las Hormigas Cazadoras Del Genero Ectatomma (Formicidae: Ponerinae) En Colombia*. Caldasia, 16(79), 551-564. Retrieved April 23, 2020. From www.Jstor.Org/Stable/23641395

Fernández, F. (ed.). 2003. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. XXVI + 398 p.

Fernández-Marín, B., Hernández, A., Garcia-Plazaola, J. I., Esteban, R., Míguez, F., Artetxe, U., & Gómez-Sagasti, M. T. (2017). *Photoprotective Strategies of Mediterranean Plants in Relation to Morphological Traits and Natural Environmental Pressure: A Meta-Analytical Approach*. Frontiers in Plant Science, 8. doi:10.3389/fpls.2017.01051

Ferraguti, M., Martínez-de la Puente, J., Roiz, D., Ruiz, S., Soriguer, R., & Figuerola, J. (2016). *Effects of landscape anthropization on mosquito community composition and abundance*. Scientific Reports, 6(1). doi:10.1038/srep29002

Fotso Kuate, A., Hanna, R., Tindo, M., Nanga, S., & Nagel, P. (2014). *Ant Diversity in Dominant Vegetation Types of Southern Cameroon*. Biotropica, 47(1), 94–100. doi:10.1111/btp.12182

Fowler, H. G., Forti, L. C., Brandão, C. R. F., Delabie, J. H. C. & Vasconcelos, H. L. (1991). *Ecologia nutricional de formigas*. Ecologia Nutricional de Insetos. pp. 131-223. In: A.R.

Panizzi & J.R.P. Parra (eds.) Editora Manole, São Paulo.

Frizzi, F. (2018). *Complexity of searching movement in the European harvester ant *Messor wasmanni*: effect of temperature and body size*. *Insectes Sociaux*, 65(2), 263–273. doi:10.1007/s00040-018-0609-8

Gentili, R., Solari, A., Diekmann, M., Duprè, C., Monti, G. S., Armiraglio, S., Assini, S., Citterio, S. (2018). *Genetic differentiation, local adaptation and phenotypic plasticity in fragmented populations of a rare forest herb*. *PeerJ* 6:e4929 <https://doi.org/10.7717/peerj.4929>

Gibb, H., Stoklosa, J., Warton, D. I., Brown, A. M., Andrew, N. R., & Cunningham, S. A. (2014). *Does morphology predict trophic position and habitat use of ant species and assemblages?* *Oecologia*, 177(2), 519–531. doi:10.1007/s00442-014-3101-9

Gibbs, M., & Van Dyck, H. (2009). Reproductive plasticity, oviposition site selection, and maternal effects in fragmented landscapes. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64(1), 1–11. doi:10.1007/s00265-009-0849-8

Gill, R. J., Arce, A., Keller, L., & Hammond, R. L. (2009). *Polymorphic social organization in an ant*. *Proceedings. Biological sciences*, 276(1677), 4423–4431. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1408>

Gomes, E., Ribeiro, G., Souza, T., Sousa-Souto, L. (2014). *Ant assemblages (Hymenoptera: Formicidae) in three different stages of forest regeneration in a fragment of Atlantic Forest in Sergipe, Brazil*. *Sociobiology*. 61. 250-257. 10.13102/sociobiology.v61i3.250-257

Graham, J. H., Hughie, H. H., Jones, S., Wrinn, K., Krzysik, A. J., Duda, J. J., ... Balbach, H. (2004). *Habitat disturbance and the diversity and abundance of ants (Formicidae) in the Southeastern Fall-Line Sandhills*. *Journal of Insect Science*, 4(1). doi:10.1093/jis/4.1.30

Grecchi, R. C., Gwyn, Q. H. J., Bénié, G. B., Formaggio, A. R., & Fahl, F. C. (2014). *Land use and land cover changes in the Brazilian Cerrado: A multidisciplinary approach to assess the impacts of agricultural expansion*. *Applied Geography*, 55, 300–312. doi:10.1016/j.apgeog.2014.09.014

Grevé, M. E., Hager, J., Weisser, W. W., Schall, P., Gossner, M. M., & Feldhaar, H. (2018). *Effect of forest management on temperate ant communities*. *Ecosphere*, 9(6), e02303. doi:10.1002/ecs2.2303

Grevé, M. E., Bláha, S., Teuber, J., Rothmaier, M., & Feldhaar, H. (2019). *The effect of ground surface rugosity on ant running speed is species-specific rather than size dependent*. *Insectes Sociaux*. doi:10.1007/s00040-019-00694-z

Guerrieri, F. J., & d' Ettore, P. (2008). *The mandible opening response: quantifying*

aggression elicited by chemical cues in ants. Journal of Experimental Biology, 211(7), 1109–1113. doi:10.1242/jeb.008508

Hammer, O., Harper, D.A.T. and Rian, P.D. (2001). *Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis: version. 1.37.* Palaeontologia Electronica [online], vol. 4, no. 1, 9 pp. Available from: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Haynie, J. L., & Bryant, P. J. (1986). *Development of the eye-antenna imaginal disc and morphogenesis of the adult head in Drosophila melanogaster.* Journal of Experimental Zoology, 237(3), 293–308. doi:10.1002/jez.1402370302

Hayward, A. D., Wilson, A. J., Pilkington, J. G., Clutton-brock, T. H., Pemberton, J. M., & Kruuk, L. E. B. (2011). *Natural selection on a measure of parasite resistance varies across ages and environmental conditions in a wild mammal.* Journal of Evolutionary Biology, 24(8), 1664–1676. doi:10.1111/j.1420-9101.2011.02300.x

Helmer, E. H., Gerson, E. A., Baggett, L. S., Bird, B. J., Ruzycski, T. S., & Voggeser, S. M. (2019). *Neotropical cloud forests and páramo to contract and dry from declines in cloud immersion and frost.* PLOS ONE, 14(4), e0213155. doi:10.1371/journal.pone.0213155

Hoover, S. E. R., Higo, H. A., & Winston, M. L. (2005). *Worker honey bee ovary development: seasonal variation and the influence of larval and adult nutrition.* Journal of Comparative Physiology B, 176(1), 55–63. doi:10.1007/s00360-005-0032-0

Hughes, L., & Westoby, M. (1992). *Fate of Seeds Adapted for Dispersal by Ants in Australian Sclerophyll Vegetation.* Ecology, 73(4), 1285–1299. doi:10.2307/1940676

IBGE. (2019). *Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com escala 1:250 000.* IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, v.45, 17-28.

Kaspari, M., & Weiser, M. D. (1999). *The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants.* Functional Ecology, 13(4), 530–538. doi:10.1046/j.1365-2435.1999.00343.x

Kassen, R. (2002). *The experimental evolution of specialists, generalists, and the maintenance of diversity.* Journal of Evolutionary Biology, 15(2), 173–190. doi:10.1046/j.1420-9101.2002.00377.x

Leal, I. R., Filgueiras, B. K. C., Gomes, J. P., Iannuzzi, L., & Andersen, A. N. (2012). *Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest.* Biodiversity and Conservation, 21(7), 1687–1701. doi:10.1007/s10531-012-0271-9

Leclaire, M., & Brandl, R. (1994). *Phenotypic plasticity and nutrition in a phytophagous insect: consequences of colonizing a new host.* Oecologia, 100(4), 379–385.

doi:10.1007/bf00317858

Los, S. O., Street-Perrott, F. A., Loader, N. J., Froyd, C. A., Cuní-Sánchez, A., & Marchant, R. A. (2019). *Sensitivity of a tropical montane cloud forest to climate change, present, past and future: Mt. Marsabit, N. Kenya*. *Quaternary Science Reviews*, 218, 34–48. doi:10.1016/j.quascirev.2019.06.016

Majer, J.D., Delabie, J.H.C. & Smith, M.R.B. (1994). *Arboreal ant community patterns in Brazilian cocoa farms*. *Biotropica* 26: 73–83.

Martins, A. C., Gonçalves, R. B., & Melo, G. A. R. (2013). *Changes in wild bee fauna of a grassland in Brazil reveal negative effects associated with growing urbanization during the last 40 years*. *Zoologia (Curitiba)*, 30(2), 157–176. doi:10.1590/s1984-46702013000200006

Matesanz, S., Rubio Teso, M. L., García-Fernández, A., & Escudero, A. (2017). *Habitat Fragmentation Differentially Affects Genetic Variation, Phenotypic Plasticity and Survival in Populations of a Gypsum Endemic*. *Frontiers in Plant Science*, 8. doi:10.3389/fpls.2017.00843

Matos, F. S., Wolfgramm, R., Gonçalves, F. V., Cavatte, P. C., Ventrella, M. C., & DaMatta, F. M. (2009). *Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree*. *Environmental and Experimental Botany*, 67(2), 421–427. doi:10.1016/j.envexpbot.2009.06.018

Milesi, S. V., Dolédec, S., & Melo, A. S. (2016). *Substrate heterogeneity influences the trait composition of stream insect communities: an experimental in situ study*. *Freshwater Science*, 35(4), 1321–1329. doi:10.1086/688706

Modlmeier, A. P., foitzik, S., & scharf, I. (2013). *Starvation endurance in the ant *Temnothorax nylanderide* depends on group size, body size and access to larvae*. *Physiological Entomology*, 38(1), 89–94. doi:10.1111/phen.12007

Nijhout, H. F., Riddiford, L. M., Mirth, C., Shingleton, A. W., Suzuki, Y., & Callier, V. (2013). *The developmental control of size in insects*. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology*, 3(1), 113–134. doi:10.1002/wdev.124

Nijhout, H. F., & Wheeler, D. E. (1996). *Growth Models of Complex Allometries in Holometabolous Insects*. *The American Naturalist*, 148(1), 40–56. doi:10.1086/285910

Oliveira, J. C. F., Pralon, E., Coco, L., Pagotto, R. V., & Rocha, C. F. D. (2013). *Environmental humidity and leaf-litter depth affecting ecological parameters of a leaf-litter frog community in an Atlantic Rainforest area*. *Journal of Natural History*, 47(31-32), 2115–2124. doi:10.1080/00222933.2013.769641

Oliveira, R. F., Silva, R. R., Souza-Campana, D. R., Nakano, M. A., & Morini, M. S. C. (2015). *Worker morphology of the ant *Gnamptogenys striatula* Mayr (Formicidae, Ectatomminae) in different landscapes from the Atlantic Forest domain*. *Revista Brasileira de*

Entomologia, 59(1), 21–27. doi:10.1016/j.rbe.2015.02.002

Orsolon-Souza, G., Esbérard, C., Mayhé-Nunes, A., Vargas, A., Veiga-Ferreira, S., & Folly-Ramos, E. (2011). *Comparison between Winkler's extractor and pitfall traps to estimate leaf litter ants richness (Formicidae) at a rainforest site in southeast Brazil*. Brazilian Journal of Biology, 71(4), 873–880. doi:10.1590/s1519-69842011000500008

Oster, G.F. & Wilson E. O. (1979). *Caste and ecology in the social insects*. Acta Biotheorica, 28(3), 234-235. doi:10.1007/bf00046355

Parr, Z. J. E., Parr, C. L., & Chown, S. L. (2003). *The size-grain hypothesis: a phylogenetic and field test*. Ecological Entomology, 28(4), 475–481. doi:10.1046/j.1365-2311.2003.00529.x

Pereira, M., Firmino, E., Bernardi, R., Lima, L., Guimarães, I., Cardoso, C., Antonialli Junior, W. (2019). *Dear Enemy Phenomenon in the Ant Ectatomma brunneum (Formicidae: Ectatomminae): Chemical Signals Mediate Intraspecific Aggressive Interactions*. Sociobiology. 66. 218-226. 10.13102/sociobiology.v66i2.3554

Pie, M. R., & Tschá, M. K. (2013). *Size and shape in the evolution of ant worker morphology*. PeerJ, 1, e205. <https://doi.org/10.7717/peerj.205>

Przybylo, R., Sheldon, B. C., & Merila, J. (2000). *Climatic effects on breeding and morphology: evidence for phenotypic plasticity*. Journal of Animal Ecology, 69(3), 395–403. doi:10.1046/j.1365-2656.2000.00401.x

Queiroz, J. M. (2015). *The influence of environmental complexity on the worker morphometry of ant assemblages*. Sociobiology, 62(1), 23–27. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v62i1.23-27>

Ramos, C. S., Isabel Belloq, M., Paris, C. I., & Filloy, J. (2018). *Environmental drivers of ant species richness and composition across the Argentine Pampas grassland*. Austral Ecology, 43(4), 424–434. doi:10.1111/aec.12579

Renhorn, K. E., Esseen, P. A., Palmqvist, K., & Sundberg, B. (1997). *Growth and vitality of epiphytic lichens*. Oecologia, 109(1), 1–9. doi:10.1007/s004420050051

Ratter, J. A., Ribeiro, J. F., and Bridgewater, S. (1997). *The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity*. Ann. Bot. 80(3):223–30. doi:10.1006/anbo.1997.0469

Resck, D. V. S., Vasconcellos, C. A., Vilela, L., M., M. C. M. (2000). *Impact of conversion of Brazilian Cerrados to cropland and pastureland on soil carbon: pool and dynamics*. In: R. Lao; J.M. Kimble; B.A. Stewart. (Org.). Global Climate Change and Tropical Ecosystems. 1ªed.London: CRC Press, v., 169-197

Ríos-Casanova, L., Valiente-Banuet, A., & Rico-Gray, V. (2006). *Ant diversity and its*

relationship with vegetation and soil factors in an alluvial fan of the Tehuacán Valley, Mexico. Acta Oecologica, 29(3), 316–323. doi:10.1016/j.actao.2005.12.001

Root, R. B. (1973). *Organization of a Plant-Arthropod Association in Simple and Diverse Habitats: The Fauna of Collards (Brassica Oleracea).* Ecological Monographs, 43(1), 95–124. doi:10.2307/1942161

Rubbo, M. J., & Kiesecker, J. M. (2004). *Leaf Litter Composition And Community Structure: Translating Regional Species Changes Into Local Dynamics.* Ecology, 85(9), 2519–2525. doi:10.1890/03-0653

Rudolph, S. G., & Loudon, C. (1986). *Load size selection by foraging leaf-cutter ants (Atta cephalotes).* Ecological Entomology, 11(4), 401–410. doi:10.1111/j.1365-2311.1986.tb00319.x

Santiago, G. S., Campos, B. R. F., Ribas, C. R. (2018). *How does landscape anthropization affect the myrmecofauna of urban forest fragments?.* Sociobiology. 65. 10.13102/sociobiology.v65i3.3042.

Sanders, N. J., Lessard, J.-P., Fitzpatrick, M. C., & Dunn, R. R. (2007). *Temperature, but not productivity or geometry, predicts elevational diversity gradients in ants across spatial grains.* Global Ecology and Biogeography, 16(5), 640–649. doi:10.1111/j.1466-8238.2007.00316.x

Sarty, M., Abbott, K. L., & Lester, P. J. (2006). *Habitat complexity facilitates coexistence in a tropical ant community.* Oecologia, 149(3), 465–473. doi:10.1007/s00442-006-0453-9

Silva, P. S. D., Bieber, A. G. D., Corrêa, M. M., Leal, I. R. (2011). *Do leaf-litter attributes affect the richness of leaf-litter ants?.* Neotropical Entomology, 40(5), 542-547. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000500004>

Silva, R. & Brandão, C. (2010). *Morphological patterns and community organization in leaf-litter ant assemblages.* Ecological Monographs - ECOL MONOGR. 80. 107-124. 10.1890/08-1298.1.

Silva, R. R., & Brandão, C. R. F. (2014). *Ecosystem-Wide Morphological Structure of Leaf-Litter Ant Communities along a Tropical Latitudinal Gradient.* PLoS ONE, 9(3), e93049. doi:10.1371/journal.pone.0093049

Silvestre, R., Demétrio, M. F., & Delabie, J. H. C. (2012). *Community Structure of Leaf Litter Ants in a Neotropical Dry Forest: A Biogeographic Approach to Explain Betadiversity.* Psyche: A Journal of Entomology, 2012, 1–15. doi:10.1155/2012/306925

Sorvari, J., & Hakkarainen, H. (2009). *Forest Clear-Cutting Causes Small Workers in the Polydomous Wood Ant Formica aquilonia.* Annales Zoologici Fennici, 46(6), 431–438. doi:10.5735/086.046.0604

Sosiak, C. E., & Barden, P. (2020). *Multidimensional trait morphology predicts ecology*

across ant lineages. *Functional Ecology*. doi:10.1111/1365-2435.13697

Stephens, S. S., & Wagner, M. R. (2006). *Using Ground Foraging Ant (Hymenoptera: Formicidae) Functional Groups as Bioindicators of Forest Health in Northern Arizona Ponderosa Pine Forests*. *Environmental Entomology*, 35(4), 937–949. doi:10.1603/0046-225x-35.4.937

Stevenson, R. D., Hill, M. F., & Bryant, P. J. (1995). *Organ and Cell Allometry in Hawaiian Drosophila: How to Make a Big Fly*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 259(1355), 105–110. doi:10.1098/rspb.1995.0016

Shingleton, A. W., Estep, C. M., Driscoll, M. V., & Dworkin, I. (2009). *Many ways to be small: different environmental regulators of size generate distinct scaling relationships in Drosophila melanogaster*. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B*, 276, 2625-2633

Suarez, A. V., Bolger, D. T., Case, T. J. (1998). *Effects of fragmentation and invasion on native ant communities in coastal southern California*. *Ecology* 79:2041-2056.

Swan, C. M., & Palmer, M. A. (2006). *Composition of speciose leaf litter alters stream detritivore growth, feeding activity and leaf breakdown*. *Oecologia*, 147(3), 469–478. doi:10.1007/s00442-005-0297-8

Tofolo, V.C., Giannotti, E., Moleiro, H.R. & Simões, M.R. (2011). *Diet and spatial pattern of foraging in Ectatomma opaciventre (Hymenoptera: Formicidae) in an anthropic area*. *Sociobiology* 58: 607–620.

Tschinkel, W. R., Mikheyev, A. S., & Storz, S. R. (2003). *Allometry of workers of the fire ant, Solenopsis invicta*. *Journal of Insect Science*, 3(1). doi:10.1093/jis/3.1.2

Vahdati, F. B., Mehrvarz, S. S., Dey, D. C., & Naqinezhad, A. (2016). *Environmental factors-ecological species group relationships in the Surash lowland-mountain forests in northern Iran*. *Nordic Journal of Botany*, 35(2), 240–250. doi:10.1111/njb.01221

Valenzuela-González, J., López-Méndez, A. & Lachaud, J.-P. (1995). *Activity patterns and foraging activity in nests of Ectatomma tuberculatum (Hymenoptera: Formicidae) in cacao plantations*. *Southwestern Entomologist* 20: 507–515.

Van Tienderen, P. H. (1991). *Evolution of generalists and specialists in spatially heterogeneous environments*. *Evolution*, 45(6), 1317–1331. doi:10.1111/j.1558-5646.1991.tb02638.x

Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). *Let the concept of trait be functional!* *Oikos*, 116(5), 882–892. doi:10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x

Weiser, M. D., & Kaspari, M. (2006). *Ecological morphospace of New World ants*.

Ecological Entomology, 31(2), 131–142. doi:10.1111/j.0307-6946.2006.00759.x

Welzel, K. F., Lee, S. H., Dossey, A. T., Chauhan, K. R., & Choe, D.-H. (2018). *Verification of Argentine ant defensive compounds and their behavioral effects on heterospecific competitors and conspecific nestmates*. Scientific Reports, 8(1). doi:10.1038/s41598-018-19435-6

Wheeler, D. E. (1986). *Developmental and Physiological Determinants of Caste in Social Hymenoptera: Evolutionary Implications*. The American Naturalist, 128(1), 13–34. doi:10.1086/284536

Willott, S. J., Compton, S. G., & Incoll, L. D. (2000). *Foraging, food selection and worker size in the seed harvesting ant Messor bouvieri*. Oecologia, 125(1), 35–44. doi:10.1007/pl00008889

Worsham, M. L. D., Julius, E. P., Nice, C. C., Diaz, P. H., & Huffman, D. G. (2017). *Geographic isolation facilitates the evolution of reproductive isolation and morphological divergence*. Ecology and Evolution, 7(23), 10278–10288. doi:10.1002/ece3.3474

Yang, J., Wang, Z. L., Zhao, X. Q., Wang, D. P., Qi, D. L., Xu, B. H., ... Tian, H. F. (2008). *Natural Selection and Adaptive Evolution of Leptin in the Ochotona Family Driven by the Cold Environmental Stress*. PLoS ONE, 3(1), e1472. doi:10.1371/journal.pone.0001472

Young, A., & Mitchell, N. (1994). *Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand*. Biological Conservation, 67(1), 63–72. doi:10.1016/0006-3207(94)90010-8