

JÚLIO MIGUEL ALVARENGA DA SILVA



**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE UMA COMUNIDADE
DE MUTILLIDAE (HYMENOPTERA) DO CERRADO**

**NOVA XAVANTINA
MATO GROSSO - BRASIL**

2017

ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação

**Dinâmica espaço-temporal de uma comunidade de Mutillidae (Hymenoptera) do
Cerrado**

Júlio Miguel Alvarenga da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso – *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Guarino Rinaldi Colli

Nova Xavantina–MT

Março de 2017

Ficha catalográfica

**Dinâmica espaço-temporal de uma comunidade de Mutillidae (Hymenoptera) do
Cerrado**

Júlio Miguel Alvarenga da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da
Universidade do Estado de Mato Grosso como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Guarino Rinaldi Colli
Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Ciências Biológicas - Departamento de Zoologia
Orientador

Dr. Márcio Luiz de Oliveira
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Coordenação de Pesquisas Em Entomologia
Membro Titular

Dr. Eddie Lenza de Oliveira
Universidade do Estado de Mato Grosso,
Departamento de Ciências Biológicas
Membro Titular

Dr. Denis Silva Nogueira
Universidade do Estado de Mato Grosso,
Departamento de Ciências Biológicas
Membro Suplente

*Dedico à minha família, pois não
pouparam esforços para me ajudar em
mais uma conquista.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo apoio, minha mãe (Divina Maria), meu pai (João Batista) e meu irmão (João Aurélio) que sempre me deram forças nessa jornada.

À minha amada (Naiara Ferreira Alves), à minha sogra e sogro (Mercê e Nelson).

Ao meu orientador Prof. Guarino Rinaldi Colli e à Cecília Rodrigues Vieira, pela oportunidade e ajuda no desenvolvimento desse trabalho e do meu crescimento profissional.

Aos companheiros de campo, Leandro, Pedro Henrique e Bruno, dias árduos de coletas. Ao Fabricius pelas dicas e dúvidas tiradas.

Às professoras responsáveis pelos laboratórios de Mamíferos (Prof. Teresa Cristina) e de Genética (Prof. Karina) pelo espaço cedido; a todos que compõem os laboratórios pelo convívio harmonioso.

A todos os professores e funcionários da UNEMAT, agradeço de coração.

À UNEMAT, à CAPES pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsas de estudo. Aos colegas de turma pela troca de experiências, enfim a todos que me ajudaram diretamente e indiretamente nessa jornada.

SUMÁRIO

Resumo	1
1. Introdução	2
2. Material e Métodos	4
2.1. Área de Estudo	4
2.2. Coleta de Dados	5
2.3. Variáveis Ambientais	6
2.4. Análises Estatísticas	7
3. Resultados	9
4. Discussão	11
5. Conclusão	14
6. Referências Bibliográficas	15
Figuras e legendas.....	28
Tabelas e Material Suplementar.....	48

Resumo

Compreender como as comunidades se estruturam ao longo do tempo e do espaço ainda é um desafio para ecólogos. Entender os processos que atuam na estruturação das comunidades auxilia em ações de conservação da biodiversidade. Neste trabalho foi examinada a influência de distâncias geográficas e de parâmetros macro e microclimáticos sobre a estrutura de comunidades de formigas-veludo e sua variação ao longo de um gradiente savana-floresta. Foi estabelecida uma transeção de ~750 m ao longo de um gradiente ambiental abrangendo cerrado *sensu stricto* - cerradão. Foram instaladas 25 armadilhas de interceptação-e-queda nesta transeção para a captura de formigas-veludo. Com o auxílio de coletores automáticos de dados instalados em cada armadilha, foram registrados mensalmente parâmetros macro e microclimáticos do habitat. Durante um ano, foram coletadas 1737 formigas-veludo de 62 espécies. Foi verificado um gradiente de redução da temperatura e aumento da umidade relativa do ar do cerrado *sensu stricto* até o cerradão. Foi encontrada maior riqueza e abundância de formigas-veludo no cerrado *sensu stricto*, e os melhores preditores ambientais da substituição de espécies (diversidade beta) ao longo do gradiente foram a temperatura mínima absoluta, a temperatura média, a umidade máxima absoluta e o desvio padrão da temperatura. Foi encontrada forte estruturação da comunidade de formigas-veludo ao longo do gradiente, com espécies pertencentes à subtribo Sphaerophthalmina e Pseudomethocina mais associadas ao cerrado *sensu stricto* e ao cerradão, respectivamente. Os resultados sugerem que alterações climáticas relacionadas às mudanças globais podem afetar a estrutura da comunidade de formigas-veludo e gerar consequências ecológicas sobre as interações entre espécies associadas.

Palavras-chave: diversidade beta, estrutura de comunidades, gradiente ambiental, vespa

1. INTRODUÇÃO

Fatores ecológicos e históricos interagem de maneira complexa e em diferentes escalas durante o processo de formação de comunidades biológicas (Cavender-Bares et al., 2009; Vamosi et al., 2009; Webb et al., 2002). Em amplas escalas do espaço-tempo, destaca-se o papel da especiação, extinção e dispersão, enquanto que em escalas menores a formação de comunidades é mediada por processos neutros, filtros ambientais e interações ecológicas (Ricklefs, 2007; Ricklefs & Jenkins, 2011; Wiens & Donoghue, 2004). Filtros ambientais promovem a coocorrência de espécies que compartilham características adequadas, seja devido à herança de um ancestral comum ou à convergência, enquanto que a competição atua no sentido oposto, limitando a coexistência de espécies muito semelhantes. Uma vez que espécies aparentadas tendem a ser mais semelhantes, a atuação de filtros ambientais resulta em comunidades com menor dispersão filogenética, enquanto que a competição produz o efeito inverso (Webb et al., 2002). Dessa forma, a integração de filogenias com dados ecológicos obtidos em diferentes escalas é essencial em estudos contemporâneos sobre a formação de comunidades (Burbrink & Myers, 2015; Emerson & Gillespie, 2008; Stephens & Wiens, 2009). Entretanto, essa integração é limitada pelo déficit Darwiniano, ou seja, a falta de conhecimento das relações filogenéticas entre as espécies, sobretudo nas regiões tropicais (Hortal et al., 2015). Ainda, a identificação das escalas relevantes para a condução de estudos sobre a formação de comunidades é um grande desafio (Cardillo & Warren, 2016; Willis & Whittaker, 2002), especialmente em abordagens multitaxonômicas pela grande variação no tamanho corporal, capacidade de dispersão e tempo de geração entre as espécies (Bino et al., 2013; Harms & Dinsmore, 2016; Laporta & Sallum, 2014; Sanders et al., 2007; Tylianakis et al., 2006).

Desde os trabalhos seminais de Whittaker (1953, 1960, 1967), análises de gradientes ecológicos são utilizadas para entender o efeito de fatores espaciais e ambientais sobre a

formação das comunidades, bem como questões relacionadas aos limites das comunidades e à substituição de espécies (diversidade beta) em diferentes escalas espaciais (Anderson et al., 2011; Buckley & Jetz, 2008; Kraft, 2011). Ainda, padrões de variação da diversidade beta em função de distâncias geográficas e gradientes ambientais são relevantes para entender a sensibilidade de comunidades biológicas às mudanças ambientais, como alterações climáticas (Fitzpatrick et al., 2013; Guerin et al., 2013; Socolar et al., 2016) ou o aparecimento de espécies invasoras (Lortie & Cushman, 2007; Martin & Wilsey, 2015; Qian, 2008). Análises de gradientes ecológicos se tornaram populares com o avanço de métodos de ordenação de comunidades (Legendre & Legendre, 1998) e alternativas mais modernas (e.g., Ellis et al., 2012; Ferrier et al., 2007; Rosauer et al., 2014), bem como pela sua implementação em uma plataforma modular de software livre para computação estatística e gráficos (Borcard et al., 2011; R Core Team, 2016).

Neste trabalho, foi examinada a influência de distâncias geográficas e de parâmetros macro e microclimáticos para entender como a estrutura de comunidades de formigas-veludo (Hymenoptera, Mutillidae) varia ao longo de um gradiente savana-floresta no Cerrado do Brasil central. Formigas-veludo compreendem cerca de 4200 espécies distribuídas principalmente na região tropical (Lelej, 2005; Lelej & Brothers, 2008). As relações filogenéticas entre as principais linhagens de Mutillidae são ainda mal estabelecidas (Brothers, 1999; Pilgrim et al., 2008) e praticamente nada se sabe das relações entre as espécies Neotropicais (Williams, 2012). Apesar do nome vulgar, formigas-veludo são vespas ectoparasitóides de larvas ou pupas de outros insetos, principalmente de abelhas ou vespas solitárias e atuam como reguladores naturais de populações (Brothers et al., 2000; Polidori et al., 2010); assim, elas desempenham papel fundamental no funcionamento de diversos ecossistemas. Formigas-veludo possuem acentuado dimorfismo sexual, mais evidente pelo fato dos machos serem geralmente alados e as fêmeas ápteras, mas também refletido no

tamanho corporal, padrão de setas e na coloração (Brothers & Finnermore, 1993; Deyrup & Manley, 1986; Manley & Pitts, 2007; Pilgrim & Pitts, 2006); tal dimorfismo dificulta a taxonomia do grupo. Em sua maioria, formigas-veludo são diurnas, com maior atividade no início da manhã e final da tarde (Manley & Spangler, 1983; Polidori et al., 2010), e preferem ambientes abertos e secos (Vieira et al., 2015; Wilson et al., 2012; Wilson et al., 2010).

Variáveis macro e microclimáticas desempenham um papel essencial no desenvolvimento e na sobrevivência de parasitóides ectotérmicos, bem como nos seus hospedeiros e no padrão assíncrono da flutuação populacional de parasitóides e seus hospedeiros (Hance et al., 2007; Polidori et al., 2009; Polidori et al., 2010).

Especificamente, foram abordadas as seguintes questões: (1) a abundância e riqueza de formigas-veludo variam de maneira previsível ao longo do ano e do gradiente ambiental? (2) qual a importância relativa da distância geográfica e de parâmetros macro- e microclimáticos sobre a variação na estrutura da comunidade? (3) existe estruturação filogenética das formigas-veludo ao longo do gradiente ambiental? Respondendo a essas perguntas, buscou-se entender a resposta de comunidades de formigas-veludo à variação espacial e ambiental, avaliar o papel de filtros ambientais e interações interespecíficas sobre a formação das comunidades de formigas-veludo e, ainda, avaliar os possíveis efeitos de alterações ambientais, como queimadas, desmatamento e mudanças climáticas sobre essas comunidades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado no Parque Municipal Mário Viana, localmente conhecido como Parque do Bacaba (-14.706632°, -52.352665°), Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil (Fig.

1). Com área de 492 ha, o parque está inserido na porção oeste do Cerrado, próximo ao

contato com a Amazônia (Abad & Marimon, 2008). O relevo varia de plano a ondulado, com altitudes entre 250 e 300 m e solo predominante do tipo latossolo amarelo distrófico álico (Marimon-Júnior & Haridasan, 2005). O parque apresenta habitats florestais, como cerradão e mata de galeria, e savânicos, como cerrado *sensu stricto* e cerrado rupestre (Marimon et al., 2002; Marimon-Júnior & Haridasan, 2005). Para uma caracterização das fisionomias do Cerrado, vide Oliveira-Filho & Ratter (2002) e Ribeiro & Walter (2008). O clima da região é sazonal, com estação seca de Maio a Setembro e estação chuvosa de Outubro a Abril (Nimer, 1989). A precipitação anual varia entre 1300 mm e 1500 mm e a temperatura média anual é de aproximadamente 26°C (INMET, 2017).

2.2. Coleta de Dados

Os dados foram coletados ao longo de um gradiente cerrado *sensu stricto* – cerradão. O cerrado *sensu stricto* é caracterizado por árvores com cerca de 7 m de altura, com estrato herbáceo-graminoso abundante e fisionomia tipicamente savânica, enquanto que o cerradão apresenta árvores que atingem mais de 14 m de altura, com dossel fechado e fisionomia tipicamente florestal (Eiten, 1993; Marimon-Júnior & Haridasan, 2005). Ao longo de uma transeção linear de ~750 m, foram instaladas 25 armadilhas do tipo alçapão com cercas-guia, intercaladas a cada 30 m. Cada armadilha consistiu de quatro baldes plásticos de 35 l enterrados no chão e dispostos em forma de Y, com um balde central conectado a três baldes periféricos por três cercas-guia de chapa galvanizada, com 6 m de comprimento e 50 cm de altura (Fig. 1).

As armadilhas foram abertas durante uma semana a cada mês, de agosto de 2015 a julho de 2016. As formigas-veludo foram coletadas com pinças, acondicionadas em frascos de vidro separadamente por armadilha e preservadas em álcool absoluto. Somente fêmeas de

formigas-veludo foram amostradas. Posteriormente, os espécimes foram montados em via seca e identificados.

Para caracterizar a estrutura do ambiente, em cada armadilha foram registradas a temperatura e a umidade do ar em intervalos de 10 min, ininterruptamente e ao longo de todo o período de estudo através de coletores automático de dados (HOBO Pro v2 Temperature/Relative Humidity, Onset Computer Corporation, MA, EUA), instalados a cerca de 50 cm do solo e protegidos contra a chuva e irradiação solar direta por uma cobertura de PVC (Fig. 1). Médias mensais de precipitação e temperatura registradas na estação meteorológica de Nova Xavantina, localizada no Parque do Bacaba, foram obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

2.3. Variáveis Ambientais

Para cada hora, dia e armadilha, foram calculadas médias da temperatura e umidade do ar registradas pelos coletores automáticos de dados. A partir dessas médias, foram calculados valores absolutos mensais (mínima e máxima absoluta) e o desvio padrão mensal. Ainda, foram calculadas médias mensais da média, mínima, máxima e desvio padrão diários. Com isso, obtivemos 14 variáveis ambientais para cada mês de amostragem e para cada armadilha, denominadas: (1) Hmaxa, umidade máxima absoluta (%); (2) Hmina, umidade mínima absoluta (%); (3) Hmax, umidade máxima (%); (4) Hmin, umidade mínima (%); (5) Hmean, umidade média (%); (6) Hsda, desvio padrão da umidade absoluta (%); (7) Hsd, desvio padrão da umidade (%); (8) Tmaxa, temperatura máxima absoluta (°C); (9) Tmina, temperatura mínima absoluta (°C); (10) Tmax, temperatura máxima (°C); (11) Tmin, temperatura mínima (°C); (12) Tmean, temperatura média (°C); (13) Tsda, desvio padrão da temperatura absoluta (°C); (14) Tsd, desvio padrão da temperatura (°C). Essas variáveis representam diferentes aspectos do microclima, tais como sua tendência central e

variabilidade, bem como padrões mensais e valores extremos. Um estudo prévio mostrou que parâmetros do microclima são altamente correlacionados com parâmetros estruturais do hábitat e da vegetação, e são bons preditores da variação na estrutura de comunidades de Mutillidae (Vieira et al., 2015).

Devido a problemas técnicos com alguns coletores automáticos de dados, as variáveis ambientais não foram registradas em março de 2016 na armadilha 6, em julho de 2016 na armadilha 2, em setembro de 2015 na armadilha 25 e em outubro de 2015 na armadilha 25. Observações faltantes diminuem o poder de análises estatísticas devido à perda de informação e de graus de liberdade. Dentre os diversos métodos disponíveis para estimar os valores faltantes (Quinn & Keough, 2002; Tabachnick & Fidell, 2013) a imputação múltipla é considerada o mais robusto, por requerer menos premissas acerca do padrão de falta de dados (Rubin, 1996; Van Buuren et al., 2006) e, em alguns casos, introduzir menor viés nas análises do que a simples remoção dos dados faltantes (Penone et al., 2014). Os valores faltantes (1,3% do total) foram estimados através da média de 100 imputações realizadas com o pacote *Amelia II* (Honaker et al., 2011) do programa R (R Core Team, 2016). O pacote *Amelia II* calcula imputações dos valores faltantes através de um algoritmo de EMB (“expectation-maximization with bootstrapping”), especialmente adequado para séries temporais (Honaker et al., 2011).

2.4. Análises Estatísticas

Para explorar as associações entre as variáveis ambientais, bem como entre variáveis ambientais e armadilhas, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) da matriz de correlação (Crawley, 2013) com o pacote *vegan* (Oksanen, 2015). Curvas de acumulação de espécies baseadas em armadilhas ou indivíduos foram calculadas para avaliar a qualidade da amostragem (Gotelli & Colwell, 2001), com o pacote *vegan*. Para estimar a

riqueza assintótica da comunidade, de forma a reduzir efeitos da subamostragem e explicar a presença de espécies não detectadas, foi calculado o índice Chao1 (Chao, 1987; Colwell & Coddington, 1994) com o pacote *vegan*. Foi utilizada uma Análise de Correspondência (CA) para explorar as associações entre espécies, bem como entre espécies e armadilhas, com o pacote *CA* (Nenadic & Greenacre, 2007). Para eliminar o efeito das espécies raras, apenas as espécies com número de capturas maior que a média foram utilizadas. Antes das análises, os dados de abundância (número de capturas) das espécies foram transformados para logaritmo na base 10. Para identificar os melhores preditores ambientais da variação na estrutura da comunidade de Mutillidae ao longo do gradiente, foram utilizadas duas abordagens: Análise de Correspondência Canônica (Ter Braak, 1986) e uma combinação de Modelagem Generalizada de Dissimilaridade (Ferrier et al., 2007) e partição de variância (Borcard et al., 1992). Enquanto a CCA relaciona os dados brutos de abundância das espécies com as variáveis ambientais, a GDM relaciona a dissimilaridade na composição de espécies (e.g., diversidade beta) com a dissimilaridade ambiental e distância geográfica entre os pontos amostrais. A CCA foi realizada com o pacote *vegan* e se iniciou com um modelo nulo, contendo apenas a interseção, seguido da adição por passos das variáveis ambientais considerando o Critério de Informação de Akaike (AIC) e a significância do modelo, determinada por uma análise de variância (ANOVA) baseada em 1000 aleatorizações de Monte Carlo. Da mesma forma que na CA, apenas as espécies com número de capturas maior que a média foram utilizadas. A Modelagem Generalizada de Dissimilaridade (GDM) foi implementada com o pacote *gdm* (Manion et al., 2016) usando uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis (Bray & Curtis, 1957) para representar a diversidade beta e as configurações padrão do pacote *gdm*.

Para determinar a existência de estruturação filogenética na distribuição das formigas-veludo ao longo do gradiente ambiental, foi utilizada uma análise de componentes de

variância das preferências microclimáticas das espécies entre preditores descrevendo sua associação hierárquica aos respectivos gêneros, subtribos, tribos e subfamílias. Na ausência de informações sobre as relações filogenéticas entre as espécies, a hierarquia taxonômica foi considerada como sua melhor aproximação (Bell, 1989; Harvey & Pagel, 1991; Smith, 1994). A análise de componentes de variância foi implementada com o pacote *VCA* (Schuetzenmeister, 2016), através de um modelo linear misto (LME) onde os preditores foram considerados como efeitos aleatórios e os parâmetros foram estimados através de máxima verossimilhança (REML; Bolker, 2008). Altos componentes da variância indicam diferenças na preferência microclimática entre os grupos taxonômicos em questão e conservadorismo filogenético nos dados. As preferências microclimáticas das espécies foram consideradas como seus escores no primeiro eixo da CCA (acima). Esses escores correspondem aproximadamente às médias dos preditores ambientais ponderadas pelas abundâncias das espécies em cada armadilha. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (R Core Team 2016), com um nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS

Os dois primeiros eixos da PCA (Fig. 2) reduziram, conjuntamente, 86.33% da variação total dos parâmetros ambientais (PC1 = 60.39%, PC2 = 25.94%). A ordenação descreveu um gradiente de redução da temperatura e aumento da umidade relativa do ar do cerrado *sensu stricto* até o cerradão (Fig. 2, Tabela S1).

Foram coletados 1737 indivíduos de formiga-veludo durante o estudo, distribuídos em 62 espécies e 19 gêneros (Fig. 3). As espécies mais abundantes foram *Traumatomutilla sancta* (Trs) e *Hoplomutilla pollens* (Hop). As curvas de acumulação de espécies indicaram tendência de estabilização, de forma que poucas novas espécies devem ser adicionadas com o aumento do esforço amostral (Fig. 4). A riqueza estimada (Chao1) foi de 63 ± 1.7 espécies,

um valor muito próximo da riqueza observada. Os dois primeiros eixos da CA foram responsáveis por 42.8% da associação total entre armadilhas e espécies de formigas-veludo (CA1 =30.6%, CA2 = 12.2%). A ordenação separou as armadilhas em dois grupos, correspondendo ao cerrado *sensu stricto* e ao cerradão (Fig. 5, Tabela S2). As espécies de *Traumatotilla* (Sphaerophthalmina), principalmente *T. geographica*, *T. bellifera* e *T. integella*, foram fortemente associadas ao cerrado *sensu stricto* (armadilhas 1-12), enquanto que as espécies de Pseudomethocina, principalmente *Horcomutilla fronticornis*, *Mickelia harpyia* e *Pseudomethoca gounellei*, foram mais associadas ao cerradão (armadilhas 13-25). A riqueza e abundância de formigas-veludo foram maiores nos meses mais chuvosos (Novembro e Dezembro) e na porção mais aberta do gradiente (cerrado *sensu stricto*), sendo que a variação temporal foi mais pronunciada que a variação espacial (Fig. 6).

A seleção de modelos da CCA indicou a umidade média e a temperatura mínima absoluta como os preditores mais importantes ($F_{2,22} = 3.62$, $P < 0.05$), reduzindo 23% da variação na abundância das espécies entre as armadilhas. A CCA ordenou as armadilhas e espécies de maneira muito similar à CA, mostrando forte estruturação da comunidade ao longo do gradiente (Fig. 7, Tabela S3). *Traumatotilla* (Sphaerophthalmina), principalmente *T. geographica*, *T. bellifera* e *T. integella*, foram fortemente associadas a porções do gradiente com menor umidade média e menor temperatura mínima absoluta (cerrado *sensu stricto*, armadilhas 1-12), enquanto que as espécies em Pseudomethocina, principalmente *Mickelia harpyia*, *Horcomutilla fronticornis* e *Pseudomethoca gounellei*, mostraram associação inversa (cerradão, armadilhas 13-25).

A Modelagem Generalizada de Dissimilaridade (GDM) indicou que as variáveis ambientais e distâncias geográficas explicaram 36% da diversidade beta ao longo do gradiente. A distância geográfica reduziu apenas 8% da variação explicada (Fig. 8) e a GDM revelou que existe substituição de espécies ao longo de todas as distâncias compreendidas

pela transeção (Fig. 9A, 9B e 9C). Foi detectada alta covariância entre a diversidade beta explicada pelas variáveis ambientais e distâncias geográficas, correspondendo a 44% da variação explicada (Fig. 8). As condições ambientais reduziram a maior parte (48%) da variação explicada da diversidade beta ao longo do gradiente (Fig. 8). Os melhores preditores ambientais da diversidade beta foram a temperatura mínima absoluta, a temperatura média, a umidade máxima absoluta e o desvio padrão da temperatura (Tabela S4). A substituição de espécies foi muito rápida para valores baixos da temperatura mínima absoluta e mostrou fraca resposta a partir de valores intermediários (Fig. 9E). Ao contrário, houve fraca substituição de espécies para valores baixos e intermediários do desvio padrão da temperatura absoluta, mas a substituição aumentou rapidamente acima desse limite (Fig. 9D). Uma contínua substituição de espécies foi observada com o aumento dos valores da umidade máxima absoluta (Fig. 9F).

A análise de componentes de variação indicou significativa estruturação filogenética nas preferências microclimáticas acima do nível de espécie, sendo que praticamente toda essa variação foi concentrada entre as subtribos (Tabela 1). As espécies de *Sphaerophthalmina*, todas no gênero *Traumatomutilla*, mostraram preferência por trechos do gradiente com menores valores de umidade média e temperatura mínima absoluta em relação às espécies das demais subtribos (Fig. 10).

4. DISCUSSÃO

As mudanças na estrutura da vegetação ao longo do gradiente cerrado *sensu stricto* – cerradão promovem importantes variações no microclima próximo do nível do solo; áreas mais abertas têm maior incidência de radiação solar, conseqüentemente são mais quentes e secas, e experimentam maiores variações nesses parâmetros. Além da variação espacial, existe pronunciada sazonalidade climática no Cerrado, caracterizada principalmente por uma

variação regular e previsível na pluviosidade ao longo do ano. Essa variação das condições ambientais no espaço e no tempo está refletida na estrutura das comunidades de formigas-veludo, onde a abundância e riqueza de espécies é maior na porção mais quente e seca do gradiente e no início da estação chuvosa, bem como nos padrões de substituição de espécies ao longo do gradiente. As diferentes combinações dos parâmetros do microclima podem definir condições favoráveis em pequenas escalas espaço-temporais e promover a coexistência de um maior número de espécies em relação a ambientes mais constantes (Albrecht & Gotelli, 2001). Em parte, isso pode explicar a alta riqueza de espécies que registramos, em relação a outros estudos conduzidos na região Neotropical (e.g., Aranda & Graciolli, 2015, 2016; Auko & Silvestre, 2013; dos Santos et al., 2014; Morato et al., 2008; Vieira et al., 2015). Contudo, essas diferenças podem ainda ser atribuídas à variação nos métodos e esforço amostral. Por exemplo, armadilhas de interceptação-e-queda com cercas-guia parecem ser muito mais eficientes que armadilhas do tipo Malaise ou Moericke na captura formigas-veludo (Vieira et al., 2015; 2017). Ainda, a proximidade da área de estudo da transição Amazônia-Cerrado pode proporcionar condições e recursos para a persistência de espécies de ambos os biomas (Maracahipes et al., 2011; Ratter et al., 1973; Vieira et al., 2015). Regiões de transição entre biomas podem exibir uma biodiversidade maior do que áreas adjacentes, devido a processos aditivos e presença de espécies endêmicas (Fahr & Kalko, 2011; Tews et al., 2004), além de serem importantes para a diversificação de linhagens e para a conservação da biodiversidade (Smith et al., 2001; Smith et al., 1997).

Picos da abundância no início da estação chuvosa são aparentemente um padrão entre formigas-veludo na região Neotropical (e.g., Aranda & Graciolli, 2016). Por serem ectoparasitóides de larvas ou pupas de outros insetos, principalmente de Hymenoptera Aculeata (Loyola & Martins, 2006; Luz et al., 2016; Quintero & Cambra, 1996; Zanette et al., 2004), formigas-veludo devem mostrar picos de abundância coincidentes com o final do

período de provisionamento de seus hospedeiros a cada geração, o que resulta em picos assíncronos de abundância dos parasitóides e seus hospedeiros (Polidori et al., 2009; Polidori et al., 2010; Zhao et al., 2015). Praticamente inexitem dados precisos sobre os hospedeiros das espécies de Mutillidae do Cerrado; porém, o pico de floração das espécies de plantas lenhosas do Cerrado, que são primariamente zoocóricas, ocorre principalmente no final da estação seca (Batalha & Martins, 2004; Bulhão & Figueiredo, 2002; Leite et al., 2006; Oliveira & Gibbs, 2000; Silvério & Lenza, 2010), o que deve proporcionar grande oferta de recursos alimentares para as populações de hospedeiros, que são mais abundantes no mesmo período (Aranda & Graciolli, 2016; da Silva et al., 2011; Loyola & Martins, 2006; Pinheiro et al., 2002). Dessa forma, a maior abundância de formigas-veludo no início da estação chuvosa ocorre pouco depois dos picos de abundância dos seus hospedeiros. Ainda, por serem organismos ectotérmicos, as baixas temperaturas durante os meses secos podem contribuir para uma redução da sua atividade (Heinrich, 1984; Kovac et al., 2009).

A porção mais aberta do gradiente ambiental concentrou maior riqueza e abundância de formigas-veludo. Assim como a variação temporal, esse resultado deve advir de limitações fisiológicas das diferentes espécies aos valores de temperatura e umidade próximo do solo, bem como da distribuição das espécies de hospedeiros ao longo do gradiente. A maior heterogeneidade ambiental e o clima mais ameno de áreas florestais propiciam maior riqueza e abundância de abelhas e vespas (Lassau & Hochuli, 2005; Lassau & Hochuli, 2007; Santos et al., 2007; Souza et al., 2005); porém, formigas-veludo parecem de fato ser mais abundantes e diversas em áreas abertas (Vieira et al., 2015; Wilson et al., 2012; Wilson et al., 2010). Na região Neotropical, isso parece associado à preferência por áreas abertas de dois importantes grupos de hospedeiros, Crabronidae e Sphecidae (Aranda & Graciolli, 2016; Brothers et al., 2000; Buschini & Woiski, 2008). Alguns estudos mostram que a distribuição dos parasitóides e as taxas de parasitismo são frequentemente mais altas em ambientes com características

aberta ou bordas oriundas da fragmentação (Holzschuh et al., 2010; Rossetti et al., 2013). Ainda, formigas-veludo podem estar mais bem adaptadas para tolerar variações de temperatura e umidade, ou seja, ambientes com pouca vegetação e solo exposto são adequadas para o estabelecimento desses organismos (Vieira et al., 2015; Wilson et al., 2012). A forte estruturação filogenética das formigas-veludo ao longo do gradiente indica um papel predominante de filtros ambientais na estruturação da comunidade. Aparentemente, as tolerâncias fisiológicas aos parâmetros microclimáticos ou as preferências por espécies de hospedeiros, determinantes da substituição de espécies ao longo do gradiente, são características herdadas e compartilhadas por membros das mesmas linhagens (subtribos).

O Cerrado, maior e mais diversa savana tropical, é um dos *hotspots* de biodiversidade e passa por acelerada perda de habitats naturais pela expansão das atividades agrícolas. Os remanescentes de vegetação sofrem com queimadas periódicas e com o efeito de borda. Ainda, a biota sofre com alterações climáticas locais, caracterizadas pela redução das chuvas e aumento da temperatura. Todos esses fatores devem contribuir para significativas mudanças na estrutura das comunidades de formigas-veludo, especialmente o favorecimento daquelas linhagens mais adaptadas às áreas abertas (Sphaerophthalmina), em detrimento das linhagens mais associadas a áreas com maior cobertura vegetal (Ephutini, Pseudomethocina e Smicromyrmina). Por sua vez, essas alterações certamente repercutirão sobre as populações de hospedeiros, com consequências ecológicas imprevisíveis para a cadeia trófica e os serviços ambientais que proporcionam.

5. CONCLUSÃO

Em comunidades locais do Cerrado, formigas-veludo são mais abundantes e diversas em áreas de cerrado *sensu stricto* do que no cerradão. Mesmo em pequenas escalas da ordem de poucas centenas de metros, existe forte substituição de espécies ao longo desse gradiente

ambiental, associada à variação na cobertura vegetal, aos parâmetros microclimáticos no nível do solo e provavelmente à disponibilidade de hospedeiros adequados. A variação temporal ao longo do ano é ainda mais pronunciada que a variação espacial, provavelmente associada à fenologia das espécies lenhosas do Cerrado, que florescem no final da época seca e promovem maior abundância de hospedeiros. A estruturação filogenética das comunidades ao longo do gradiente ambiental sugere um papel predominante de filtros ambientais em detrimento das interações interespecíficas e que as tolerâncias ecofisiológicas e preferências por hospedeiros das formigas-veludo são compartilhadas entre membros das mesmas linhagens. Alterações antrópicas do Cerrado podem impactar profundamente as comunidades desses parasitóides e de seus hospedeiros, com consequências ecológicas imprevisíveis sobre os ecossistemas e os serviços prestados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, J.C.S. & Marimon, B.S. (2008). Caracterização e Diagnóstico Ambiental do Parque do Bacaba (Nova Xavantina, MT). In: Gestão e Educação Ambiental: Água, Biodiversidade e Cultura (ed. by J.E. Santos & C. Galbiati), Vol. 1, pp. 421. Rima.
- Albrecht, M. & Gotelli, N.J. (2001) Spatial and temporal niche partitioning in grassland ants. *Oecologia*, **126**, 134-141.
- Anderson, M.J., Crist, T.O., Chase, J.M., Vellend, M., Inouye, B.D., Freestone, A.L., Sanders, N.J., Cornell, H.V., Comita, L.S., Davies, K.F., Harrison, S.P., Kraft, N.J.B., Stegen, J.C., & Swenson, N.G. (2011) Navigating the multiple meanings of beta diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, **14**, 19-28.
- Aranda, R. & Graciolli, G. (2015) Spatial-temporal distribution of the Hymenoptera in the Brazilian savanna and the effects of habitat heterogeneity on these patterns. *Journal of Insect Conservation*, **19**, 1173-1187.

Aranda, R. & Graciolli, G. (2016) Environmental heterogeneity in parasitoid–host interaction for Mutillidae (Hymenoptera: Apocrita). *Environmental Entomology*, **45**, 1146-1153.

Auko, T.H. & Silvestre, R. (2013) Composição faunística de vespas (Hymenoptera: Vespoidea) na Floresta Estadual do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, Brasil. *Biota Neotropica*, **13**, 292-299.

Batalha, M.A. & Martins, F.R. (2004) Reproductive phenology of the Cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Australian Journal of Botany*, **52**, 149-161.

Bell, G. (1989) A comparative method. *American Naturalist*, **133**, 553-571.

Bino, G., Ramp, D., & Kingsford, R.T. (2013) Niche evolution in Australian terrestrial mammals? Clarifying scale-dependencies in phylogenetic and functional drivers of co-occurrence. *Evolutionary Ecology*, **27**, 1159-1173.

Bolker, B.M. (2008) *Ecological Models and Data in R*. Princeton University Press, Princeton, N.J.

Borcard, D., Gillet, F., & Legendre, P. (2011) *Numerical Ecology with R*. Springer, New York, NY.

Borcard, D., Legendre, P., & Drapeau, P. (1992) Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology*, **73**, 1045-1055.

Bray, J.R. & Curtis, J.T. (1957) An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, **27**, 326-349.

Brothers, D.J. (1999) Phylogeny and evolution of wasps, ants and bees (Hymenoptera, Chrysidoidea, Vespoidea and Apoidea). *Zoologica Scripta*, **28**, 233-249.

Brothers, D.J. & Finnamore, A.T. (1993). Superfamily Vespoidea. In: Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families (ed. by H. Goulet & J.T. Huber), Vol. 1, pp. 161-278. Agriculture Canada, Ottawa.

Brothers, D.J., Tschuch, G., & Burger, F. (2000) Associations of mutillid wasps (Hymenoptera, Mutillidae) with eusocial insects. *Insectes Sociaux*, **47**, 201-211.

Buckley, L.B. & Jetz, W. (2008) Linking global turnover of species and environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **105**, 17836-17841.

Bulhão, C.F. & Figueiredo, P.S. (2002) Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica*, **25**, 361-369.

Burbrink, F.T. & Myers, E.A. (2015) Both traits and phylogenetic history influence community structure in snakes over steep environmental gradients. *Ecography*, **38**, 1036-1048.

Buschini, M.L.T. & Woiski, T.D. (2008) Alpha-beta diversity in trap-nesting wasps (Hymenoptera: Aculeata) in Southern Brazil. *Acta Zoologica*, **89**, 351-358.

Cardillo, M. & Warren, D.L. (2016) Analysing patterns of spatial and niche overlap among species at multiple resolutions. *Global Ecology and Biogeography*, **25**, 951-963.

Cavender-Bares, J., Kozak, K.H., Fine, P.V.A., & Kembel, S.W. (2009) The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters*, **12**, 693-715.

Chao, A. (1987) Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics*, **43**, 783-791.

Colwell, R.K. & Coddington, J. (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, **345**, 101-118.

Crawley, M.J. (2013) *The R Book*, 2nd edn., Chichester, WS.

da Silva, N.A.P., Frizzas, M.R., & de Oliveira, C.M. (2011) Seasonality in insect abundance in the "Cerrado" of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, **55**, 79-87.

Deyrup, M. & Manley, D. (1986) Sex-biased size variation in velvet ants (Hymenoptera, Mutillidae). *Florida Entomologist*, **69**, 327-335.

dos Santos, E.F., Noll, F.B., & Brandão, C.R.F. (2014) Functional and taxonomic diversity of stinging wasps in Brazilian Atlantic rainforest areas. *Neotropical Entomology*, **43**, 97-105.

Eiten, G. (1993). Vegetação do Cerrado. In: Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas (ed. by M.N. Pinto), Vol. 2, pp. 17-73. Universidade de Brasília, Brasília.

Ellis, N., Smith, S.J., & Pitcher, C.R. (2012) Gradient forests: calculating importance gradients on physical predictors. *Ecology*, **93**, 156-168.

Emerson, B.C. & Gillespie, R.G. (2008) Phylogenetic analysis of community assembly and structure over space and time. *Trends in Ecology & Evolution*, **23**, 619-630.

Fahr, J. & Kalko, E.K.V. (2011) Biome transitions as centres of diversity: habitat heterogeneity and diversity patterns of west African bat assemblages across spatial scales. *Ecography*, **34**, 177-195.

Ferrier, S., Manion, G., Elith, J., & Richardson, K. (2007) Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. *Diversity and Distributions*, **13**, 252-264.

Fitzpatrick, M.C., Sanders, N.J., Normand, S., Svenning, J.C., Ferrier, S., Gove, A.D., & Dunn, R.R. (2013) Environmental and historical imprints on beta diversity: insights from variation in rates of species turnover along gradients. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, **280**.

Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, **4**, 379-391.

Guerin, G.R., Biffin, E., & Lowe, A.J. (2013) Spatial modelling of species turnover identifies climate ecotones, climate change tipping points and vulnerable taxonomic groups. *Ecography*, **36**, 1086-1096.

Hance, T., Van Baaren, J., Vernon, P., & Boivin, G. (2007) Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology*, **52**, 107-126.

Harms, T.M. & Dinsmore, S.J. (2016) Spatial scale matters when modeling avian co-occurrence. *Ecosphere*, **7**, 13.

Harvey, P.H. & Pagel, M.D. (1991) *The Comparative Method in Evolutionary Biology* Oxford University Press, New York, NY.

Heinrich, B. (1984) Strategies of thermoregulation and foraging in two vespid wasps, *Dolichovespula maculata* and *Vespula vulgaris*. *Journal of Comparative Physiology B*, **154**, 175-180.

Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., & Tscharrntke, T. (2010) How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *Journal of Animal Ecology*, **79**, 491-500.

Honaker, J., King, G., & Blackwell, M. (2011) Amelia II: a program for missing data. *Journal of Statistical Software*, **45**, 1-47.

Hortal, J., de Bello, F., Diniz, J.A.F., Lewinsohn, T.M., Lobo, J.M., & Ladle, R.J. (2015). Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **46**, 523-549.

- INMET (2017) Parâmetros diários da Estação Meteorológica de Nova Xavantina. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil, Brazil. <http://www.inmet.gov.br/portal/> (accessed 17 August 2016).
- Kovac, H., Stabentheiner, A., & Schmaranzer, S. (2009) Thermoregulation of water foraging wasps (*Vespula vulgaris* and *Polistes dominulus*). *Journal of Insect Physiology*, **55**, 959-966.
- Kraft, N.J.B. (2011) Disentangling the drivers of beta diversity along latitudinal and elevational gradients. *Science*, **334**, 1348-1348.
- Laporta, G.Z. & Sallum, M.A.M. (2014) Coexistence mechanisms at multiple scales in mosquito assemblages. *BMC Ecology*, **14**, 10.
- Lassau, S.A. & Hochuli, D.F. (2005) Wasp community responses to habitat complexity in Sydney sandstone forests. *Austral Ecology*, **30**, 179-187.
- Lassau, S.A. & Hochuli, D.F. (2007) Associations between wasp communities and forest structure: do strong local patterns hold across landscapes? *Austral Ecology*, **32**, 656-662.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998) *Numerical Ecology*, 2nd edn. Elsevier, Amsterdam, NH.
- Leite, G.L.D., Veloso, R.V.D., Zanúncio, J.C., Fernandes, L.A., & Almeida, C.I.M. (2006) Phenology of *Caryocar brasiliense* in the Brazilian Cerrado region. *Forest Ecology and Management*, **236**, 286-294.
- Lelej, A.S. (2005) *Catalogue of the Mutillidae (Hymenoptera) of the Oriental region*, Dalnauka, Vladivostok, PK.
- Lelej, A.S. & Brothers, D.J. (2008) The genus-group names of Mutillidae (Hymenoptera) and their type species, with a new genus, new name, new synonymies, new combinations and lectotypifications. *Zootaxa*, **1889**, 1-79.

- Lortie, C.J. & Cushman, J.H. (2007) Effects of a directional abiotic gradient on plant community dynamics and invasion in a coastal dune system. *Journal of Ecology*, **95**, 468-481.
- Loyola, R.D. & Martins, R.P. (2006) Trap-nest occupation by solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in a forest urban remnant. *Neotropical Entomology*, **35**, 41-48.
- Luz, D.R., Waldren, G.C. & Melo, G.A.R. (2016) Bees as hosts of mutillid wasps in the Neotropical region (Hymenoptera, Apidae, Mutillidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, **60**, 302-307.
- Manion, G., Lisk, M., Ferrier, S., Nieto-Lugilde, D., & Fitzpatrick, M.C. (2016) gdm: Functions for Generalized Dissimilarity Modeling. Rpackage version 1.1.7.
- Manley, D.G. & Pitts, J. (2007) Tropical and subtropical velvet ants of the genus *Dasymutilla* Ashmead (Hymenoptera: Mutillidae) with descriptions of 45 new species. *Zootaxa*, **1487**, 1-128.
- Manley, D.G. & Spangler, H.G. (1983) Observations on daily activity patterns of mutillid wasps of the genus *Dasymutilla*. *Journal of the Georgia Entomological Society*, **18**, 235-239.
- Maracahipes, L., Lenza, E., Marimon, B.S., Oliveira, E.A., Pinto, J.R.R., & Marimon-Junior, B.H. (2011) Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica*, **11**, 133-141.
- Marimon, B.S., Felfili, J.M., & Lima, E.S. (2002) Floristics and phytosociology of the gallery forest of the Bacaba stream, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. *Edinburgh Journal of Botany*, **59**, 303-318.

Marimon-Júnior, B.H. & Haridasan, M. (2005) Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, **19**, 913-926.

Martin, L.M. & Wilsey, B.J. (2015) Differences in beta diversity between exotic and native grasslands vary with scale along a latitudinal gradient. *Ecology*, **96**, 1042-1051.

Morato, E.F., Amarante, S.T., & Silveira, O.T. (2008) Rapid ecological assessment of wasp fauna (Hymenoptera: Aculeata) of the Serra do Divisor National Park, Acre, Brazil. *Acta Amaz*, **38**, 789-798.

Nenadic, O. & Greenacre, M. (2007) Correspondence analysis in R, with two-and three-dimensional graphics: The ca package. *Journal of Statistical Software*, **20**, 1-13.

Nimer, E. (1989). Climatologia do Brasil. IBGE Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, RJ.

Oksanen, J. (2015) Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial. 1-43.

Oliveira, P.E. & Gibbs, P.E. (2000) Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora*, **195**, 311-329.

Oliveira-Filho, A.T. & Ratter, J.A. (2002). Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In: The Cerrados of Brazil. Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna (ed. by P.S. Oliveira & R.J. Marquis), pp. 91-120. Columbia University Press, New York.

Penone, C., Davidson, A.D., Shoemaker, K.T., Di Marco, M., Rondinini, C., Brooks, T.M., Young, B.E., Graham, C.H., Costa, G.C., & Freckleton, R. (2014) Imputation of missing data in life-history trait datasets: which approach performs the best? *Methods in Ecology and Evolution*, **5**, 961-970.

Pilgrim, E.M. & Pitts, J.P. (2006) A molecular method for associating the dimorphic sexes of velvet ants (Hymenoptera: Mutillidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, **79**, 222-230.

Pilgrim, E.M., Williams, K.A., & Pitts, J.P. (2008) Sex association and synonymy in southwestern U.S. species of *Dasymutilla* (Hymenoptera: Mutillidae). *The Pan-Pacific Entomologist*, **84**, 57-68.

Pinheiro, F., Diniz, I.R., Coelho, D., & Bandeira, M.P.S. (2002) Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian Cerrado. *Austral Ecology*, **27**, 132-136.

Polidori, C., Borruso, L., Boesi, R., & Andrietti, F. (2009) Segregation of temporal and spatial distribution between kleptoparasites and parasitoids of the eusocial sweat bee, *Lasioglossum malachurum* (Hymenoptera: Halictidae, Mutillidae). *Entomological Science*, **12**, 116-129.

Polidori, C., Mendiola, P., Asís, J.D., Tormos, J., & Selfa, J. (2010) Temporal asynchrony and spatial co-occurrence with the host: the foraging patterns of *Nemka viduata*, a parasitoid of digger wasps (Hymenoptera: Mutillidae and Crabronidae). *Journal of Ethology*, **28**, 353-361.

Qian, H. (2008) A latitudinal gradient of beta diversity for exotic vascular plant species in North America. *Diversity and Distributions*, **14**, 556-560.

Quinn, G.P. & Keough, M.J. (2002) *Experimental Design and Data Analysis for Biologists.*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Quintero, D. & Cambra, R. (1996) *Timulla centroamericana* (Dalla Torre) (Hymenoptera: Mutillidae), a parasitoid of *Liris* (Hymenoptera: Sphecidae). *Southwestern Entomologist*, **21**, 205-207.

R Core Team. (2016) *R: a Language and Environment for Statistical Computing.* R Foundation for Statistical Computing.

Ratter, J.A., Richards, P.W., Argent, G., & Gifford, D.R. (1973) Observations on the vegetation of northeastern Mato Grosso: I. The woody vegetation types of the Xavantina-Cachimbo expedition area. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **266**, 449-492.

Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Cerrado: ecologia e flora (ed. by S.P. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro). Embrapa, Brasília.

Ricklefs, R.E. (2007) History and diversity: explorations at the intersection of ecology and evolution. *American Naturalist*, **170**, S56-S70.

Ricklefs, R.E. & Jenkins, D.G. (2011) Biogeography and ecology: towards the integration of two disciplines. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, **366**, 2438-2448.

Rosauer, D.F., Ferrier, S., Williams, K.J., Manion, G., Keogh, J.S., & Laffan, S.W. (2014) Phylogenetic generalised dissimilarity modelling: a new approach to analysing and predicting spatial turnover in the phylogenetic composition of communities. *Ecography*, **37**, 21-32.

Rossetti, M.R., Salvo, A., Videla, M., & Valladares, G. (2013) Forest remnants contribute to parasitoid conservation: experimental evaluation of parasitism on a leafminer host. *Journal of Insect Conservation*, **17**, 1137-1144.

Rubin, D.B. (1996) Multiple imputation after 18+ years. *Journal of the American Statistical Association*, **91**, 473-489.

Sanders, N.J., Gotelli, N.J., Wittman, S.E., Ratchford, J.S., Ellison, A.M., & Jules, E.S. (2007) Assembly rules of ground-foraging ant assemblages are contingent on disturbance, habitat and spatial scale. *Journal of Biogeography*, **34**, 1632-1641.

Santos, G.M.M., Bichara, C.C., Resende, J.J., da Cruz, J.D., & Marques, O.M. (2007) Diversity and community structure of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in three ecosystems in Itaparica Island, Bahia state, Brazil. *Neotropical Entomology*, **36**, 180-185.

Schuetzenmeister, A. (2016) VCA: Variance Component Analysis. R package version 1.3.2.

Silvério, D.V. & Lenza, E. (2010) Fenologia de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica*, **10**, 205-216.

Smith, R.J. (1994) Degrees of freedom in interspecific allometry: an adjustment for the effects of phylogenetic constraint. *American Journal of Physical Anthropology*, **93**, 95-107.

Smith, T.B., Kark, S., Schneider, C.J., Wayne, R.K., & Moritz, C. (2001) Biodiversity hotspots and beyond: the need for preserving environmental transitions. *Ecology & Evolution*, **6**, 431.

Smith, T.B., Wayne, R.K., Girman, D.J., & Bruford, M.W. (1997) A role for ecotones in generating rainforest biodiversity. *Science*, **276**, 1855-1857.

Socolar, J.B., Gilroy, J.J., Kunin, W.E., & Edwards, D.P. (2016) How should beta-diversity inform biodiversity conservation? *Trends in Ecology & Evolution*, **31**, 67-80.

Souza, A.K.P., Hernández, M.I.M., & Martins, C.F. (2005) Riqueza, abundância e diversidade de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em três áreas da Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **22**, 320-325.

Stephens, P.R. & Wiens, J.J. (2009) Bridging the gap between community ecology and historical biogeography: niche conservatism and community structure in emydid turtles. *Molecular Ecology*, **18**, 4664-4679.

Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2013) Using Multivariate Statistics., 6th edn., Boston, MS.

Ter Braak, C.J.F. (1986) Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, **67**, 1167-1179.

Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielborger, K., Wichmann, M.C., Schwager, M., & Jeltsch, F. (2004) Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, **31**, 79-92.

Tylianakis, J.M., Klein, A.-M., Lozada, T., & Tschardtke, T. (2006) Spatial scale of observation affects alpha, beta and gamma diversity of cavity-nesting bees and wasps across a tropical land-use gradient. *Journal of Biogeography*, **33**, 1295-1304.

Vamosi, S.M., Heard, S.B., Vamosi, J.C., & Webb, C.O. (2009) Emerging patterns in the comparative analysis of phylogenetic community structure. *Molecular Ecology*, **18**, 572-592.

Van Buuren, S., Brand, J.P.L., Groothuis-Oudshoorn, C.G.M., & Rubin, D.B. (2006) Fully conditional specification in multivariate imputation. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, **76**, 1049–1064.

Vieira, C.R., Pitts, J., & Colli, G.R. (2015) Microhabitat changes induced by edge effects impact velvet ant (Hymenoptera: Mutillidae) communities in southeastern Amazonia, Brazil. *Journal of Insect Conservation*, **19**, 849–861.

Vieira, C.R., Waichert, C., Williams, K.A., & Pitts, J.P. (2017) Evaluation of Malaise and Yellow Pan Trap performance to assess velvet ant (Hymenoptera: Mutillidae) diversity in a Neotropical savanna. *Environmental Entomology* (no prelo).

Webb, C.O., Ackerly, D.D., McPeck, M.A., & Donoghue, M.J. (2002) Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **33**, 475-505.

Whittaker, R.H. (1953) A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. *Ecological Monographs*, **23**, 41-78.

Whittaker, R.H. (1960) Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, **30**, 280-338.

Whittaker, R.H. (1967) Gradient analysis of vegetation. *Biological Reviews*, **42**, 207-264.

Wiens, J.J. & Donoghue, M.J. (2004) Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology & Evolution*, **19**, 639-644.

Williams, K. (2012) Systematics of Mutillidae (Hymenoptera) with special emphasis on *Dasymutilla* and their allies. PhD Dissertation, Utah State University, Logan, UT.

Willis, K.J. & Whittaker, R.J. (2002) Species diversity – Scale matters. *Science*, **295**, 1245-1248.

Wilson, J.S., Clark, S.L., Williams, K.A., & Pitts, J.P. (2012) Historical biogeography of the arid-adapted velvet ant *Sphaerophthalma arota* (Hymenoptera: Mutillidae) reveals cryptic species. *Journal of Biogeography*, **39**, 336-352.

Wilson, J.S., Williams, K.A., & Pitts, J.P. (2010) Preliminary assessment of velvet ant (Hymenoptera: Mutillidae) diversity in the deserts of southern California. *Western North American Naturalist*, **70**, 224-232.

Zanette, L.R.S., Soares, L.A., Pimenta, H.C., Gonçalves, A.M., & Martins, R.P. (2004) Nesting biology and sex ratios of *Auplopus militaris* (Lynch-Arribalzaga 1873) (Hymenoptera Pompilidae). *Tropical Zoology*, **17**, 145-154.

Zhao, Z.H., Hui, C., Li, Z.H., & Li, B.L. (2015) Habitat heterogeneity stabilizes the spatial and temporal interactions between cereal aphids and parasitic wasps. *Basic and Applied Ecology*, **16**, 510-518.

FIGURAS E LEGENDAS

Figura 1. Localização da área de estudo no Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. Ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão, foram instaladas 25 armadilhas de interceptação-e-queda com cercas-guia, onde cada armadilha possui um coletor de dados automáticos.



Figura 2. Análise de Componentes Principais (PCA) descrevendo a variação dos parâmetros ambientais ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão, no Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. O comprimento e a direção das setas representam a correlação entre os parâmetros ambientais e os eixos de ordenação. Legenda: Hmaxa, umidade máxima absoluta (%); Hmina, umidade mínima absoluta (%); Hmax, umidade máxima (%); Hmin, umidade mínima (%); Hmean, umidade média (%); Hsda, desvio padrão da umidade absoluta (%); Hsd, desvio padrão da umidade (%); Tmaxa, temperatura máxima absoluta (°C); Tmina, temperatura mínima absoluta (°C); Tmax, temperatura máxima (°C); Tmin, temperatura mínima (°C); Tmean, temperatura média (°C); Tsda, desvio padrão da temperatura absoluta (C); Tsd, desvio padrão da temperatura (°C).

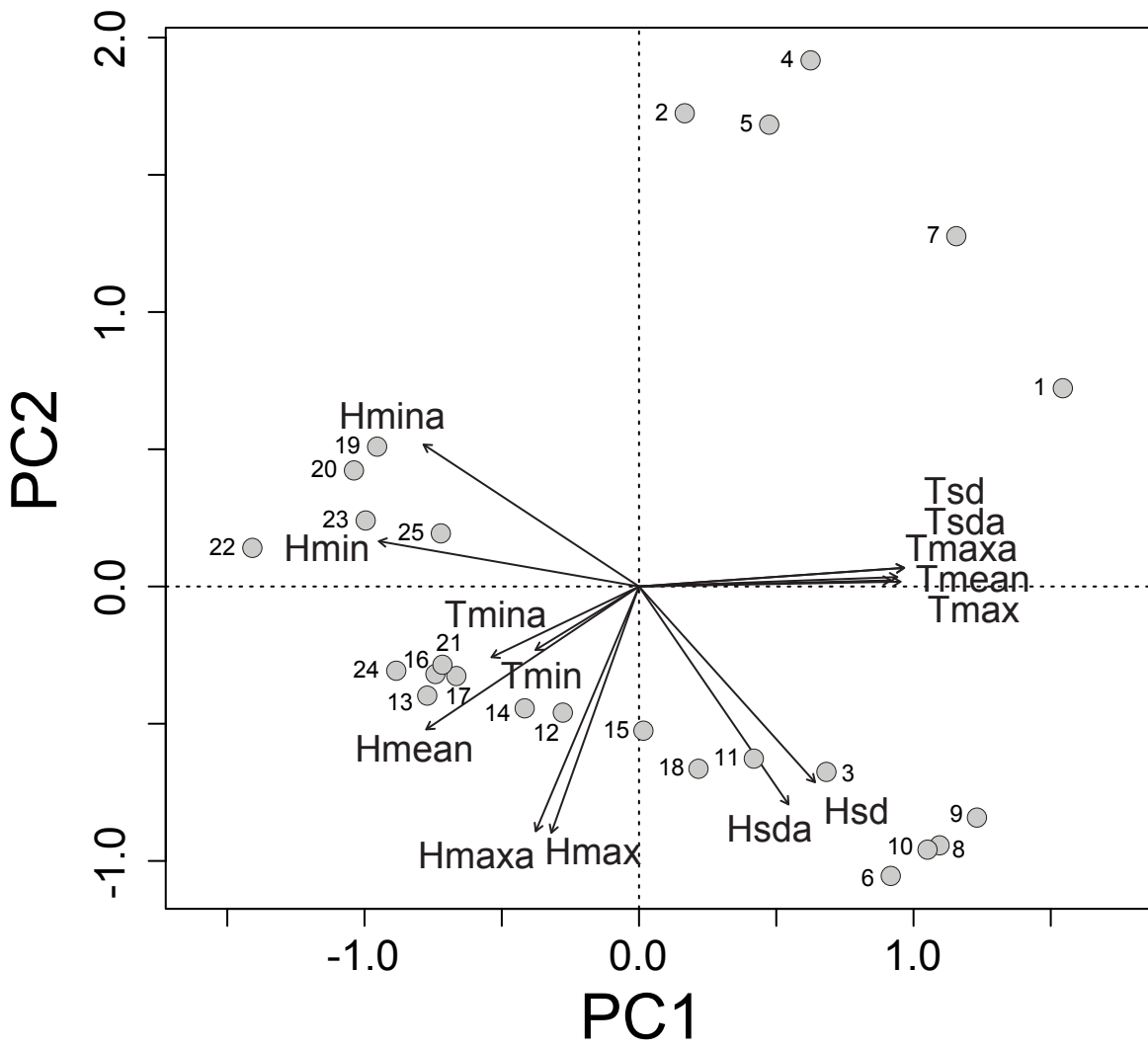


Figura 3. Abundância de espécies de formiga-veludo, amostradas ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão, no Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. Legenda: Cac, *Callomutilla crucigera*; Cev, *Cephalomutilla vivata*; Daa, *Darditilla araxa*; Da1, *Darditilla* sp. 01; Da2, *Darditilla* sp. 02; Da3, *Darditilla* sp. 03; Da4, *Darditilla* sp. 04; Da5, *Darditilla* sp. 05; Da6, *Darditilla* sp. 06; Ep2, *Ephuta* sp. 02; Ep5, *Ephuta* sp. 05; Ep6, *Ephuta* sp. 06; Ep7, *Ephuta* sp. 07; Ep8, *Ephuta* sp. 08; Ep9, *Ephuta* sp. 09; Ep11, *Ephuta* sp. 11; Ep12, *Ephuta* sp. 12; Ep14, *Ephuta* sp. 14; Ep15, *Ephuta* sp. 15; Ep16, *Ephuta* sp. 16; Ep18, *Ephuta* sp. 18; Hpm, *Hoplocrates monacha*; Hob, *Hoplomutilla biplagiata*; Hop, *Hoplomutilla pollens*; Hot, *Hoplomutilla triumphans*; Hrf, *Horcomutilla fronticornis*; Lmv, *Lophomutilla vina*; Ls1, *Lophostigma* sp. 01; Ls2, *Lophostigma* sp. 02; Mih, *Mickelia harpyia*; Pem, *Pertyella mayri*; Prs, *Protophopsis sulcifrons*; Pr1, *Protophopsis* sp. 01; Psg, *Pseudomethoca gounellei*; Ps5, *Pseudomethoca* sp. 05; Ps6, *Pseudomethoca* sp. 06; Ps7, *Pseudomethoca* sp. 07; Pt1, *Ptilomutilla* sp. 01; Suc, *Suareztilia centrolineata*; Taf, *Tallium festivum*; Ta4, *Tallium* sp. 04; Ta5, *Tallium* sp. 05; Tim1, *Timulla* sp. 01; Tim2, *Timulla* sp. 02; Tra, *Traumatomutilla andrei*; Trbc, *Traumatomutilla bellicosa*; Trbf, *Traumatomutilla bellifera*; Trga, *Traumatomutilla gausapata*; Trge, *Traumatomutilla geographica*; Trid, *Traumatomutilla indica*; Trint, *Traumatomutilla integella*; Trir, *Traumatomutilla ira*; Trl, *Traumatomutilla laida*; Trma, *Traumatomutilla maipa*; Trmo, *Traumatomutilla moesta*; Tro, *Traumatomutilla ocellaris*; Trp, *Traumatomutilla parallela*; Trs, *Traumatomutilla sancta*; Trt, *Traumatomutilla tristis*; Trv, *Traumatomutilla vivax*; Viv, *Vianatilla victura*; Xyl, *Xystromutilla* sp. 01.

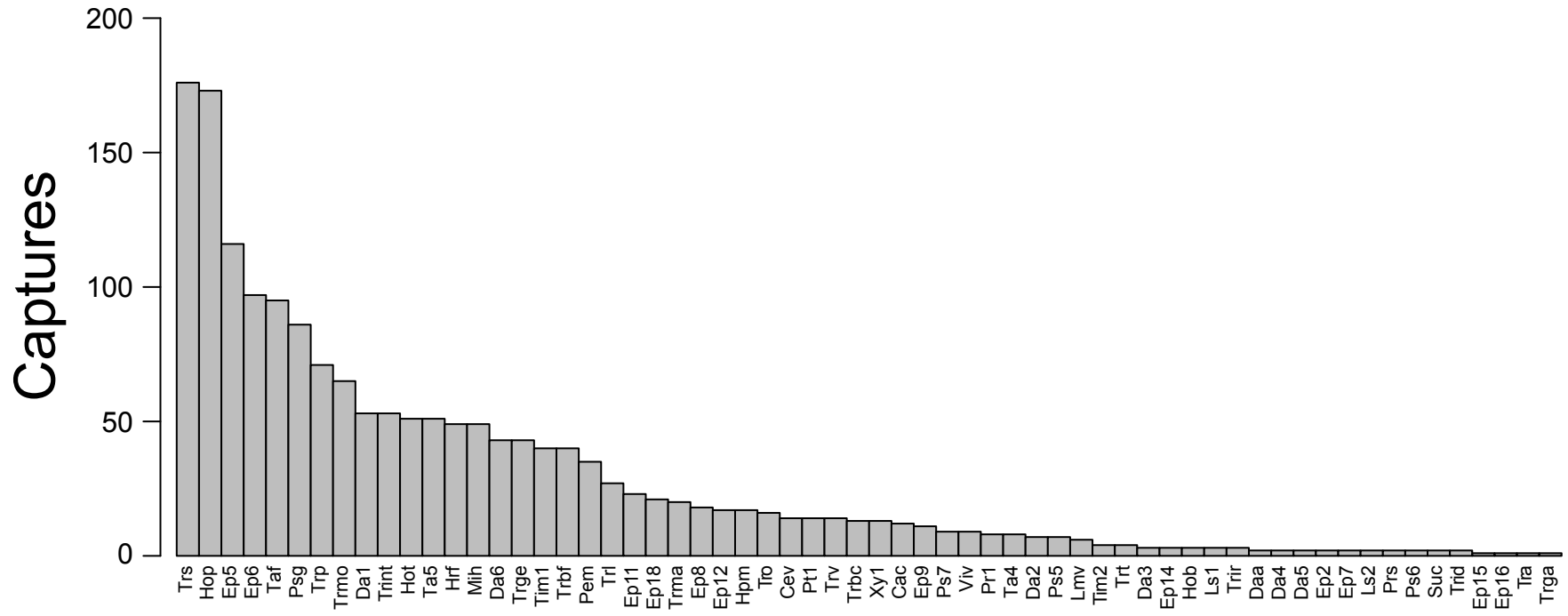


Figura 4. Curvas de acumulação de espécies de formiga-veludo, baseadas em armadilhas e indivíduos, coletados ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão no Parque Municipal Mário Viana, Mato Grosso, Brasil.

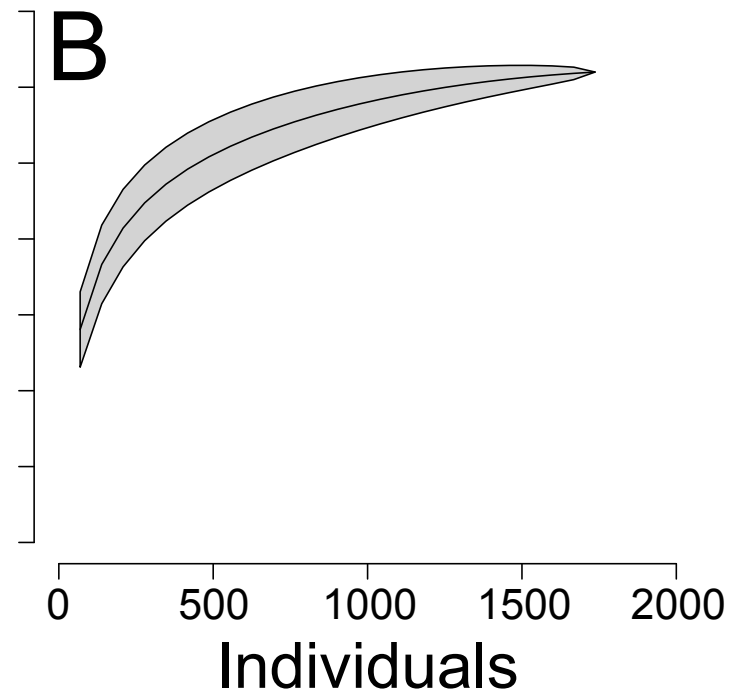
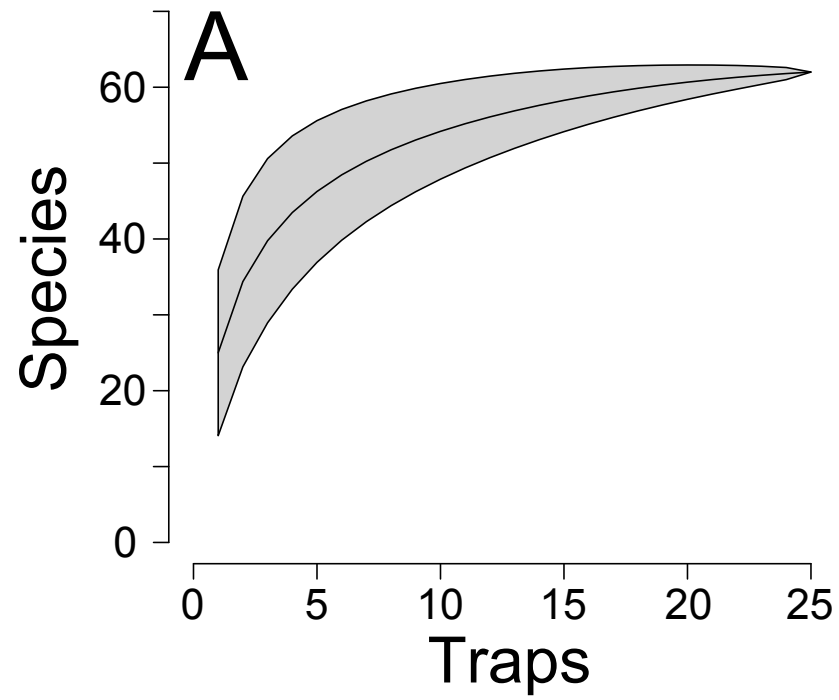


Figura 5. Análise de Correspondência (CA) descrevendo a variação da distribuição das espécies de formiga-veludo com abundância maior que a média ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão, no Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. Legenda: Da1, *Darditilla* sp. 01; Da6, *Darditilla* sp. 06; Ep5, *Ephuta* sp. 05; Ep6, *Ephuta* sp. 06; Hop, *Hoplomutilla pollens*; Hot, *Hoplomutilla triumphans*; Hrf, *Horcomutilla fronticornis*; Mih, *Mickelia harpyia*; Pem, *Pertyella mayri*; Psg, *Pseudomethoca gounellei*; Taf, *Tallium festivum*; Ta5, *Tallium* sp. 05; Tim1, *Timulla* sp. 01; Trbf, *Traumatotilla bellifera*; Trge, *Traumatotilla geographica*; Trint, *Traumatotilla integella*; Trmo, *Traumatotilla moesta*; Trp, *Traumatotilla parallela*; Trs, *Traumatotilla sancta*.

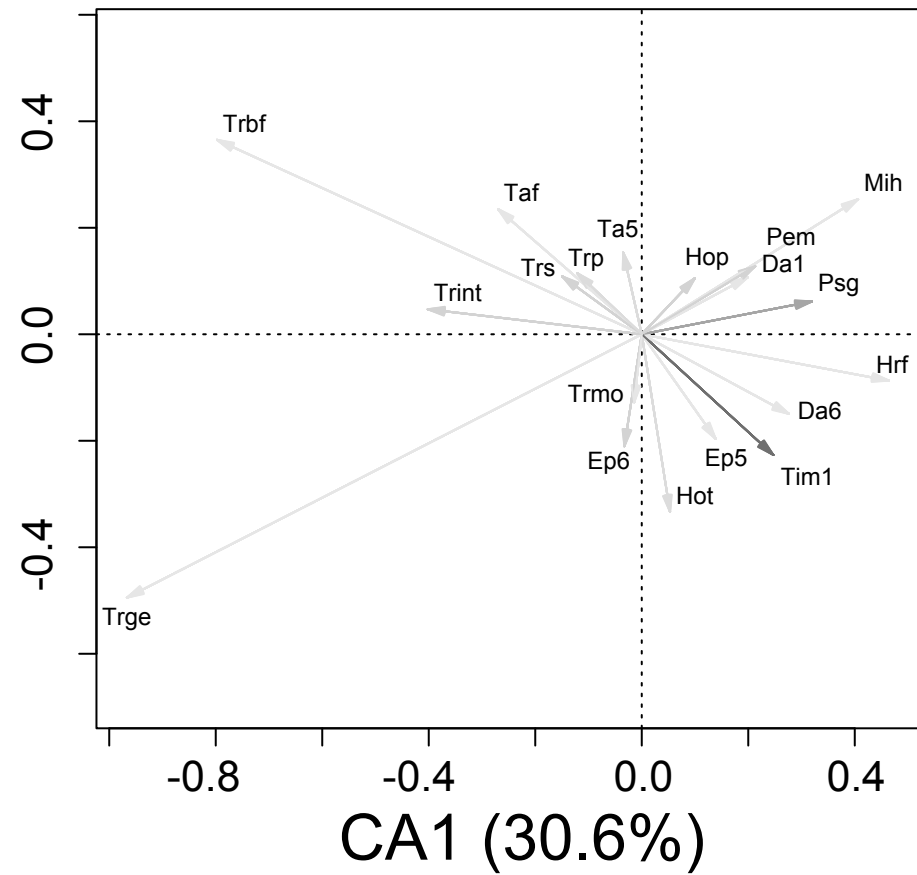
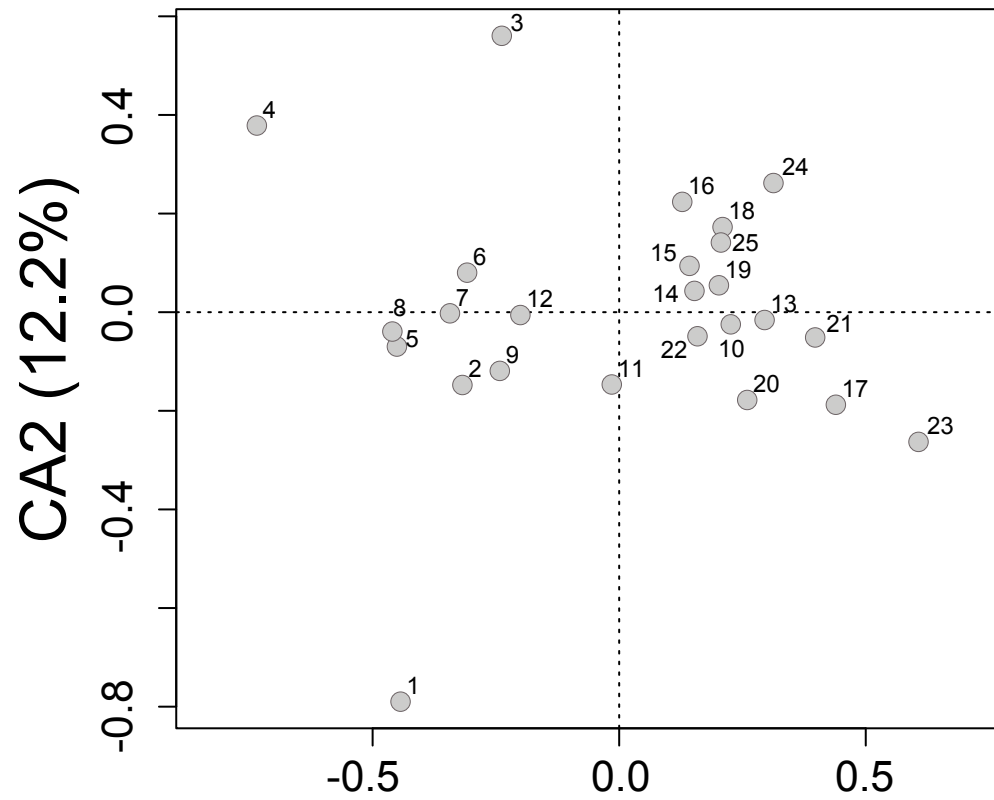


Figura 6. Distribuição mensal de capturas e riqueza de espécies de formiga-veludo coletadas ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão no Parque Municipal Mário Viana, Mato Grosso, Brasil.

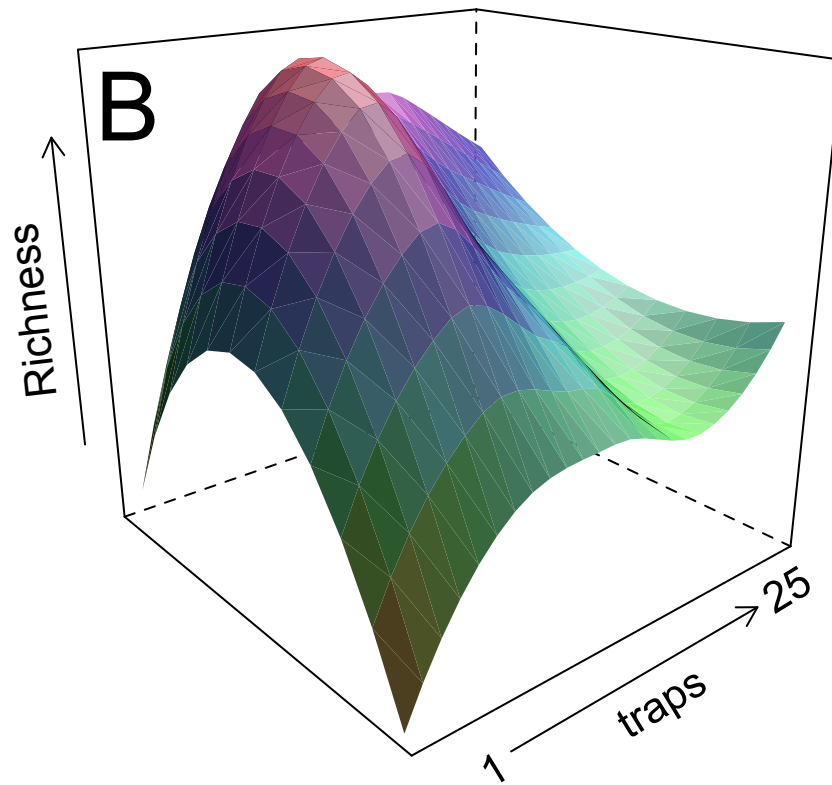
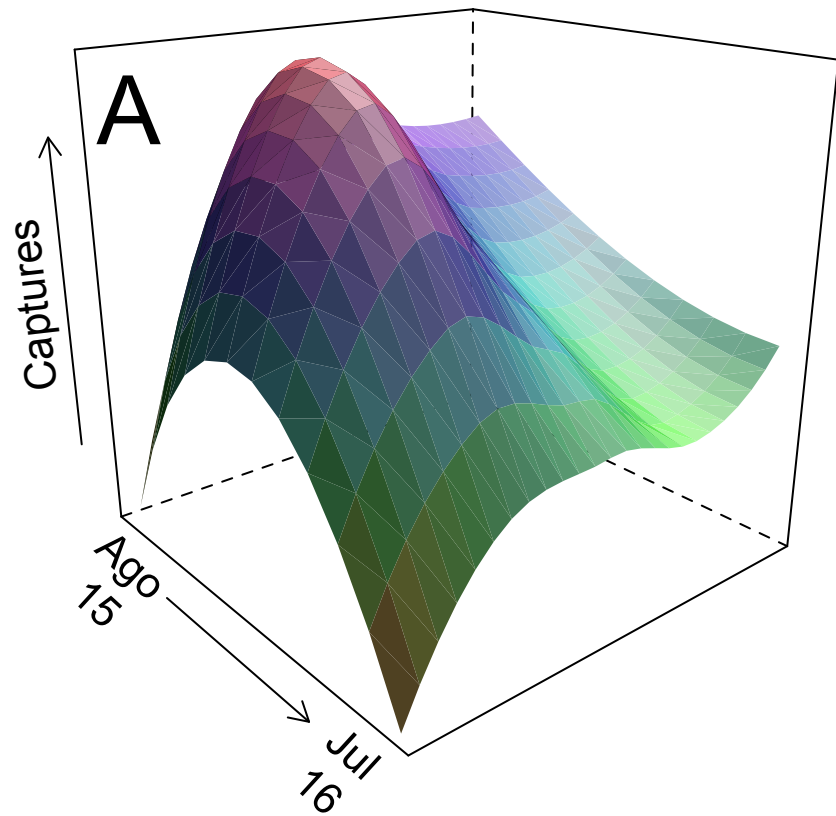


Figura 7. Análise de Correspondência Canônica (CCA) descrevendo relações entre espécies de formiga-veludo, armadilhas e preditores ambientais ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão, no Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. Apenas as espécies mais abundantes (número de capturas maior que a média) estão representadas. A numeração das armadilhas, em ordem crescente, vai do cerrado *sensu stricto* para o cerradão. As setas representam preditores ambientais mais fortemente correlacionadas com os eixos de ordenação, conforme seleção manual de modelos. Legenda: Hmean, umidade média (%); Tmina, temperatura mínima absoluta (° C); Da1, *Darditilla* sp. 01; Da6, *Darditilla* sp. 06; Ep5, *Ephuta* sp. 05; Ep6, *Ephuta* sp. 06; Hop, *Hoplomutilla pollens*; Hot, *Hoplomutilla triumphans*; Hrf, *Horcomutilla fronticornis*; Mih, *Mickelia harpyia*; Pem, *Pertyella mayri*; Psg, *Pseudomethoca gounellei*; Taf, *Tallium festivum*; Ta5, *Tallium* sp. 05; Tim1, *Timulla* sp. 01; Trbf, *Traumatomutilla bellifera*; Trge, *Traumatomutilla geographica*; Trint, *Traumatomutilla integella*; Trmo, *Traumatomutilla moesta*; Trp, *Traumatomutilla paralela*; Trs, *Traumatomutilla sancta*.

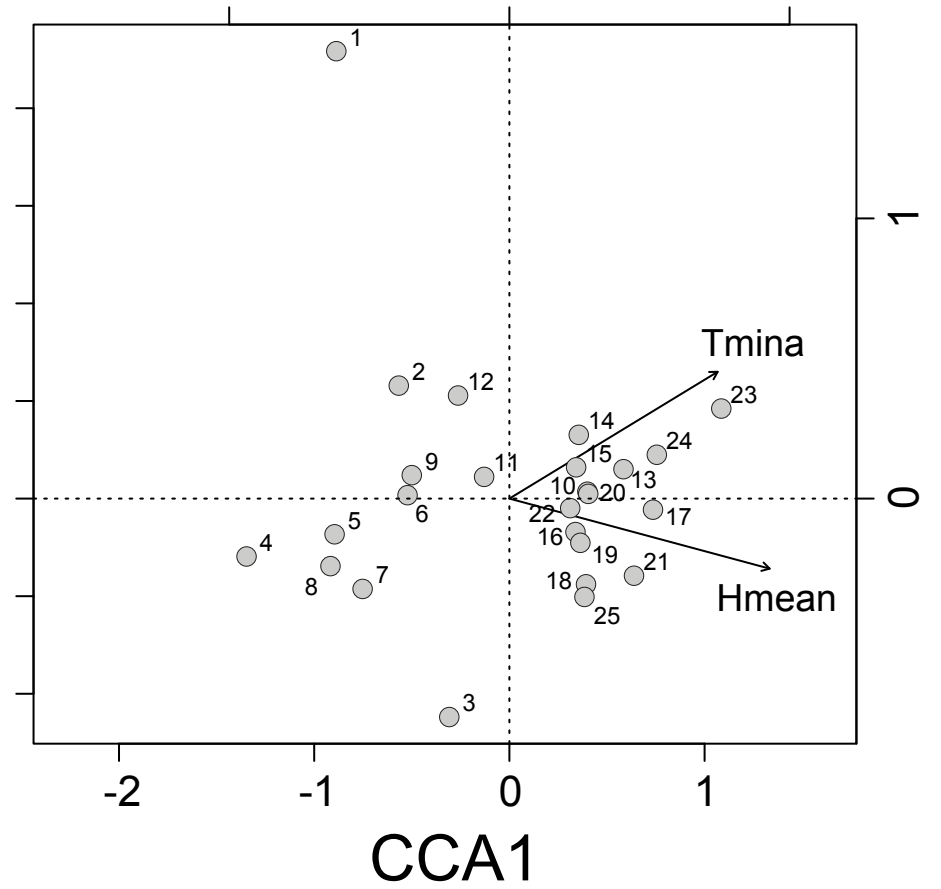
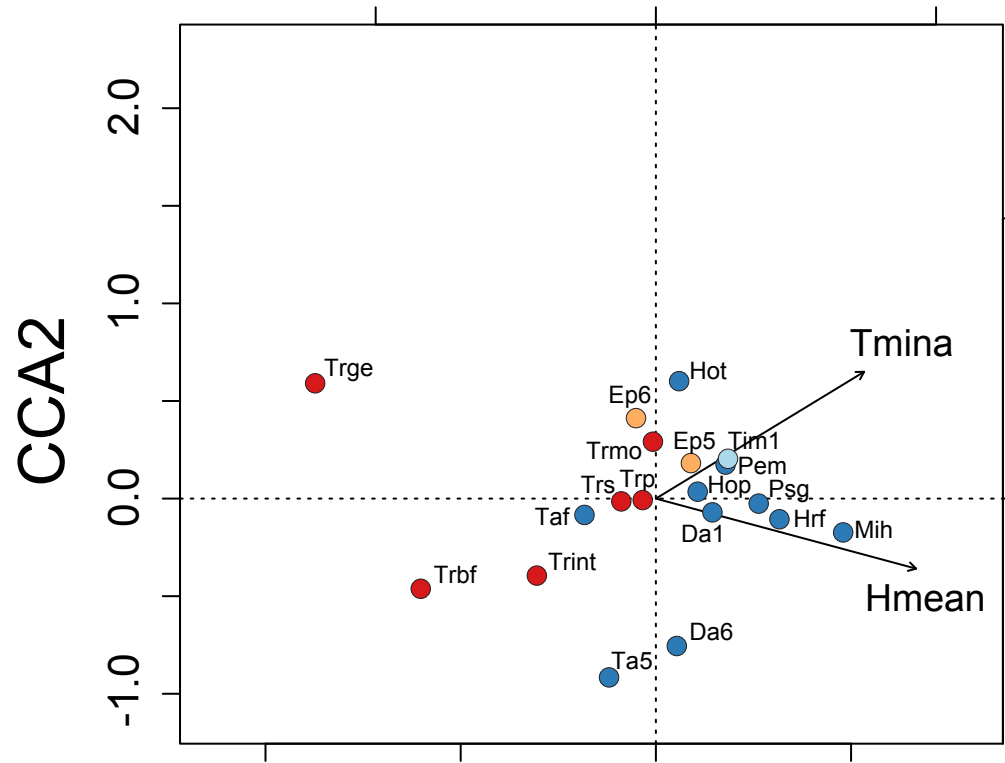


Figura 8. Partição de variância descrevendo a contribuição dos componentes espaciais e ambientais para a substituição de espécies (diversidade beta) de formiga-veludo ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão, no Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil.

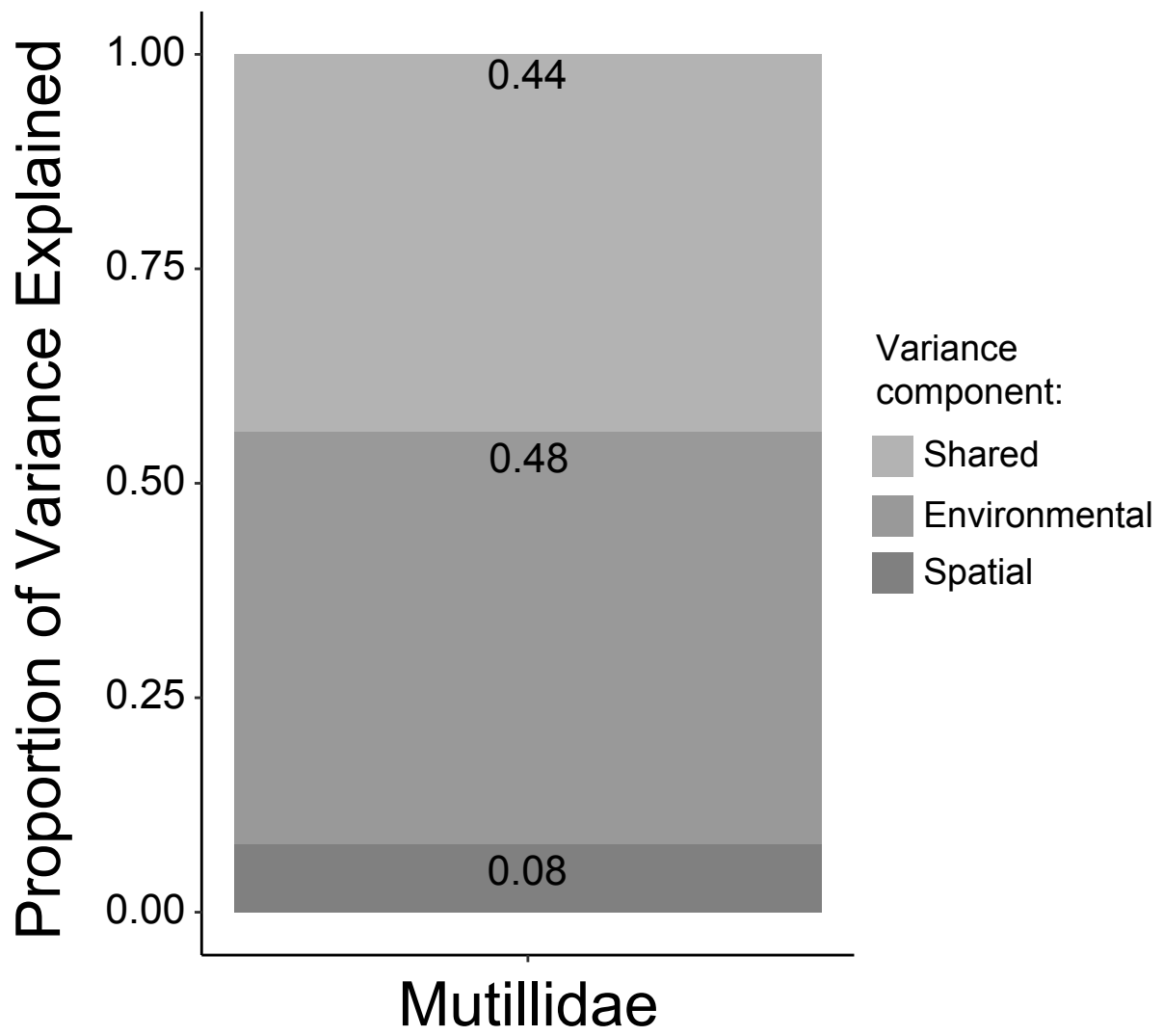


Figura 9. Modelagem Generalizada de Dissimilaridade (GDM) descrevendo os preditores espaciais e ambientais de substituição de espécies (diversidade beta) de formiga-veludo ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão, no Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil.

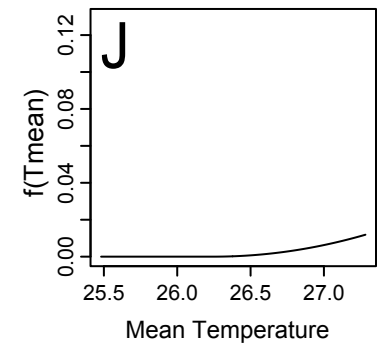
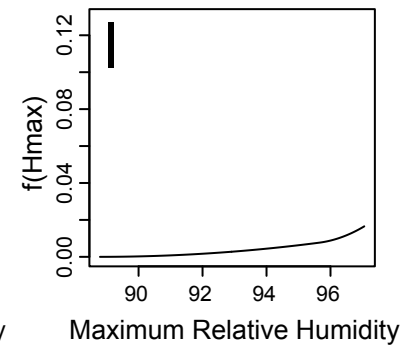
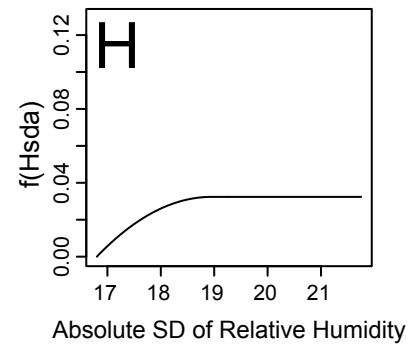
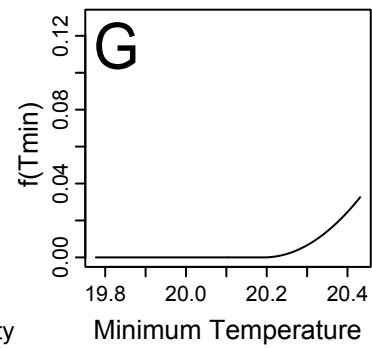
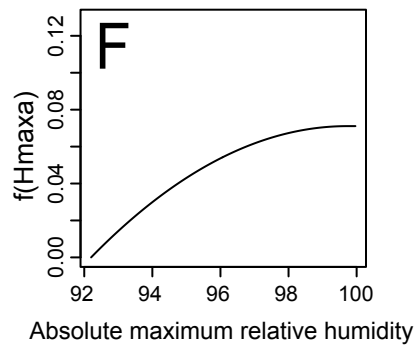
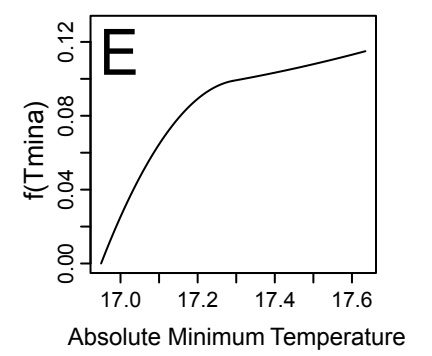
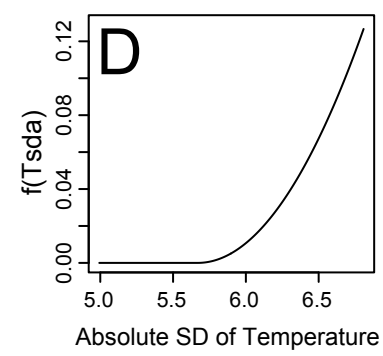
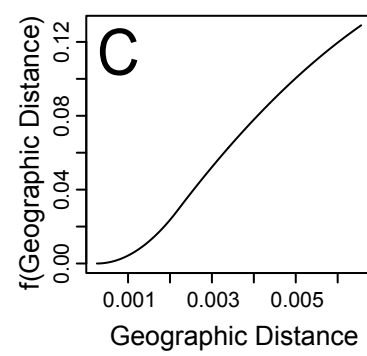
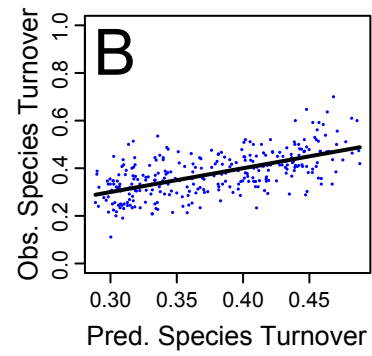
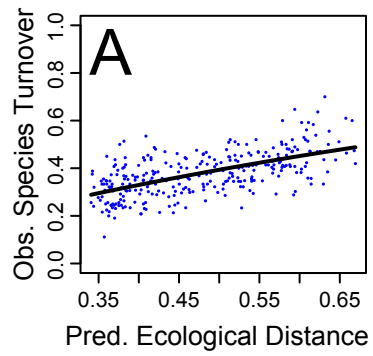
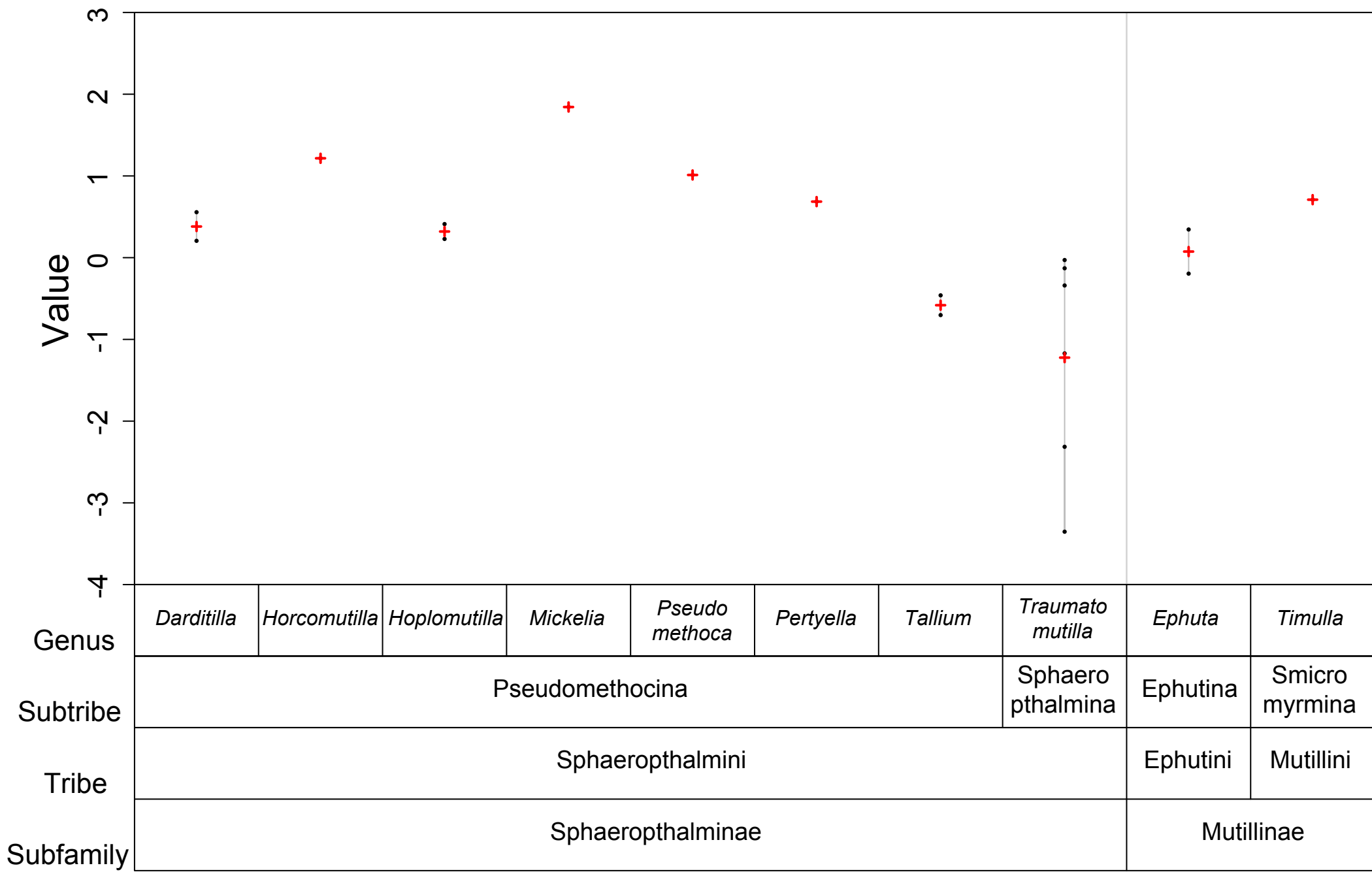


Figura 10. Análise de componentes de variação (VCA) indicando significativa estruturação filogenética nas preferências microclimáticas acima do nível de espécie para formigas-veludo coletadas ao longo de um gradiente de cerrado *sensu stricto* – cerradão, no Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil.



Genus	<i>Darditilla</i>	<i>Horcomutilla</i>	<i>Hoplomutilla</i>	<i>Mickelia</i>	<i>Pseudo methoca</i>	<i>Pertyella</i>	<i>Tallium</i>	<i>Traumatomutilla</i>	<i>Ephuta</i>	<i>Timulla</i>
Subtribe	Pseudomethocina							Sphaerophthalmina	Ephutina	Smicromyrmina
Tribe	Sphaerophthalmini								Ephutini	Mutillini
Subfamily	Sphaerophthalminae								Mutillinae	

TABELAS E MATERIAL SUPLEMENTAR

Table 1. Variance component analysis (VCA) of microclimate preferences among taxonomic levels of velvet ants captured during 12 months in 25 pitfall-trap arrays along a cerrado *sensu stricto* – cerradão environmental gradient at Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. VCA used Restricted Maximum Likelihood (REML) to fit a linear mixed model (LMM) where the intercept is the only fixed effect. Values are distributed among four taxonomic levels (subfamily, tribe, subtribe and genus). df: degrees-of-freedom, VC: variance component, SD: standard deviation, CV: coefficient of variation, Var(VC): variance of VC estimates.

Source of variation	df	VC	%Total	SD	CV[%]	Var(VC)
Total	7.54	1.56	100	1.25	-1597.82	0.64
Subfamily	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Subfamily:Tribe	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Subfamily:Tribe:Subtribe	1.28	0.62	39.87	0.79	-1008.94	0.60
Subfamily:Tribe:Subtribe:Genus	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Species (Error)	15.17	0.94	60.13	0.97	-1238.98	0.12

Table S1. Principal Components Analysis (PCA) of microclimate parameters recorded during 12 months in 25 pitfall-trap arrays along a cerrado *sensu stricto* – cerrado environmental gradient at Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil.

Predictors	Eigenvectors	
	PC1	PC2
Absolute minimum temperature (<i>T_{mina}</i>)	-0.63	-0.30
Absolute minimum relative humidity (<i>H_{mina}</i>)	-0.92	0.61
Absolute maximum temperature (<i>T_{maxa}</i>)	1.11	0.04
Absolute maximum relative humidity (<i>H_{maxa}</i>)	-0.44	-1.05
Absolute standard deviation of temperature (<i>T_{sda}</i>)	1.14	0.08
Absolute standard deviation of relative humidity (<i>H_{sda}</i>)	0.64	-0.93
Mean temperature (<i>T_{mean}</i>)	1.08	0.03
Mean relative humidity (<i>H_{mean}</i>)	-0.91	-0.61
Minimum temperature (<i>T_{min}</i>)	-0.44	-0.27
Minimum relative humidity (<i>H_{min}</i>)	-1.12	0.19
Maximum temperature (<i>T_{max}</i>)	1.12	0.02
Maximum relative humidity (<i>H_{max}</i>)	-0.38	-1.06
Standard deviation of temperature (<i>T_{sd}</i>)	1.14	0.08
Standard deviation of relative humidity (<i>H_{sd}</i>)	0.75	-0.84
<i>Eigenvalue</i>	8.45	3.63
Proportion explained (%)	60.0	26.0
Cumulative proportion (%)	60.0	86.0

Table S2. Correspondence Analysis (CA) of velvet ant captures during 12 months in 25 pitfall-trap arrays along a cerrado *sensu stricto* – cerrado environmental gradient at Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil.

Species	Eigenvectors	
	CA1	CA2
<i>Darditilla</i> sp. 06	0.88	-0.76
<i>Darditilla</i> sp. 01	0.63	0.54
<i>Ephuta</i> sp. 05	0.44	-0.99
<i>Ephuta</i> sp. 06	-0.10	-1.06
<i>Horcomutilla fronticornis</i>	1.48	-0.44
<i>Hoplomutilla pollens</i>	0.32	0.53
<i>Hoplomutilla triumphans</i>	0.17	-1.69
<i>Mickelia harpyia</i>	1.30	1.28
<i>Pseudomethoca gounellei</i>	1.02	0.31
<i>Pertyella mayri</i>	0.68	0.65
<i>Timulla</i> sp. 01	0.79	-1.15
<i>Tallium</i> sp. 05	-0.11	0.78
<i>Traumatmutilla bellifera</i>	-2.54	1.85
<i>Tallium festivum</i>	-0.86	1.19
<i>Traumatmutilla geographica</i>	-3.08	-2.50
<i>Traumatmutilla integella</i>	-1.28	0.24
<i>Traumatmutilla moesta</i>	-0.05	-0.65
<i>Traumatmutilla parallela</i>	-0.48	0.55
<i>Traumatmutilla sancta</i>	-0.39	0.58
Eigenvalue	0.10	0.04
Proportion explained (%)	30.6	12.2
Cumulative proportion (%)	30.6	42.7

Table S3. Canonical Correspondence Analysis (CCA) of microclimate predictors and velvet ant captures during 12 months in 25 pitfall-trap arrays along a cerrado *sensu stricto* – cerrado environmental gradient at Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil.

Predictors	Eigenvectors	
	CCA1	CCA2
Absolute minimum temperature (<i>T_{min}</i>)	0.74	0.67
Mean relative humidity (<i>H_{mean}</i>)	0.93	-0.37
Species		
<i>Darditilla</i> sp. 06	0.06	-0.27
<i>Darditilla</i> sp. 01	0.15	-0.02
<i>Ephuta</i> sp. 05	0.09	0.06
<i>Ephuta</i> sp. 06	-0.05	0.15
<i>Horcomutilla fronticornis</i>	0.33	-0.04
<i>Hoplomutilla pollens</i>	0.11	0.01
<i>Hoplomutilla triumphans</i>	0.06	0.21
<i>Mickelia harpyia</i>	0.50	-0.06
<i>Pseudomethoca gounellei</i>	0.27	-0.01
<i>Pertyella mayri</i>	0.19	0.06
<i>Timulla</i> sp. 01	0.19	0.07
<i>Tallium</i> sp. 05	-0.12	-0.32
<i>Traumatomutilla bellifera</i>	-0.63	-0.16
<i>Tallium festivum</i>	-0.19	-0.03
<i>Traumatomutilla geographica</i>	-0.91	0.21
<i>Traumatomutilla integella</i>	-0.32	-0.14
<i>Traumatomutilla moesta</i>	-0.01	0.10
<i>Traumatomutilla parallela</i>	-0.04	0.00
<i>Traumatomutilla sancta</i>	-0.09	-0.01
Eigenvalue	0.07	0.02
Proportion explained (total)	0.23	0.05
Cumulative proportion (total)	0.23	0.28
Proportion explained (constrained)	0.83	0.17
Cumulative proportion (constrained)	0.83	1.00

Table S4. Generalized Dissimilarity Modeling (GDM) of spatial and microclimate predictors of turnover in velvet ants captured during 12 months in 25 pitfall-trap arrays along a cerrado *sensu stricto* – cerrado environmental gradient at Parque Municipal Mário Viana, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil. Values depict coefficients of three I-spline basis functions that represent the amount of compositional turnover associated with each predictor. The sum of the three coefficients represents the importance of each predictor in determining patterns of beta diversity.

Predictor	Coefficient 1	Coefficient 2	Coefficient 3	Sum
Geographic distance	0.000	0.095	0.035	0.129
Absolute standard deviation of temperature (<i>Tsda</i>)	0.000	0.000	0.129	0.129
Absolute minimum temperature (<i>Tmina</i>)	0.092	0.013	0.010	0.115
Absolute maximum relative humidity (<i>Hmaxa</i>)	0.071	0.000	0.000	0.071
Minimum temperature (<i>Tmin</i>)	0.000	0.000	0.034	0.034
Absolute standard deviation of relative humidity (<i>Hsda</i>)	0.032	0.000	0.000	0.032
Maximum relative humidity (<i>Hmax</i>)	0.000	0.009	0.008	0.017
Mean temperature (<i>Tmean</i>)	0.000	0.000	0.012	0.012
Standard deviation of temperature (<i>Tsd</i>)	0.000	0.000	0.000	0.000
Absolute minimum relative humidity (<i>Hmina</i>)	0.000	0.000	0.000	0.000
Absolute maximum temperature (<i>Tmaxa</i>)	0.000	0.000	0.000	0.000
Mean relative humidity (<i>Hmean</i>)	0.000	0.000	0.000	0.000
Minimum relative humidity (<i>Hmin</i>)	0.000	0.000	0.000	0.000
Maximum temperature (<i>Tmax</i>)	0.000	0.000	0.000	0.000
Standard deviation of relative humidity (<i>Hsd</i>)	0.000	0.000	0.000	0.000