

**Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**  
**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**  
**Departamento de Biologia Geral**

**Dissertação de Mestrado**

**Padrão altitudinal de distribuição de insetos herbívoros associados ao  
arbusto *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae).**

**Graziella França Monteiro**

Montes Claros

2014

**Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**  
**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**  
**Departamento de Biologia Geral**

**Padrão altitudinal de distribuição de insetos herbívoros associados  
ao arbusto *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia da Universidade Estadual de Montes Claros, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Biologia.

Área de Concentração: Ecologia de Insetos  
Orientador: Prof. Dr. Frederico S. Neves

Montes Claros

2014

**Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

**Departamento de Biologia Geral**

A presente dissertação esta apresentada no formato de artigo, de acordo com as normas da revista  
*Arthropod-Plant Interactions*

**Padrão altitudinal de distribuição de insetos herbívoros associados ao arbusto *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae)**

**Altitudinal distribution pattern of herbivorous insects associated to the bush *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae)**

**Abstract** Studies in altitudinal gradients indicate a negative relationship between species richness and increasing altitude. This pattern is a reflection of abiotic and biotic changes along the altitudinal variation. Our aim was to evaluate the effect of altitude on the diversity of herbivorous insects associated to a bush on different spatial scales ( $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$ ) and test the following hypotheses: i. The diversity of differentiation in higher spatial scale (between altitudes -  $\beta_3$ ) is the hierarchical component that contributes most to the total diversity of the guilds of chewing and sucking insect herbivores; ii. the composition of chewing and sucking herbivorous insects changes along the altitudinal gradient; and iii. alpha diversity (richness per plant), the abundance, and the beta diversity ( $\beta$ ) of chewing and sucking insect herbivores decreases with increasing altitude. To test our hypotheses nine sites of *Baccharis dracunculifolia* were selected at three altitudes (800 m, 1100, and 1300m a.s.l.). The free-living insects herbivores were captured using the technique of beat using entomological umbrella. We found that  $\beta_3$  was the component that contributed most to the y axis for chewing and sucking insects. The composition was different between the altitudes for both sucking and chewing insects. A higher richness and abundance of chewing and sucking insects were at 1300m 1100m a.s.l.. The greater heterogeneity for the chewing insects communities was at 800m a.s.l. (beta diversity) but there was no differences between altitudes for the sucking insects. The first and second hypothesis was corroborated, probably due to climate changes together with the changes in vegetation structure along the gradient. The presence of *B. dracunculifolia* at all altitudes and the lower diversity of other shrubs may have been responsible for changes in the pattern of decline species richness, found in altitudinal gradients, in previous studies on the same site. The greater complexity of the vegetation at 800m and 1100m altitude may have been responsible for the greater heterogeneity of chewing insects found in plants ( $\beta$ ). The greatest richness of sucking insects in the intermediate altitude (1100m) is probably due to the increase in accumulated net primary production, providing optimal amount of resources. The presence of the resource along the altitudinal gradient determines a distinct pattern in the different guilds.

**Keywords:** Serra do Cipo, chewing, sucking, guild, beta diversity and resource

# Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

## Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

### Departamento de Biologia Geral

#### Padrão altitudinal de distribuição de insetos herbívoros associados ao arbusto *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae)

**Resumo** Estudos em gradientes altitudinais normalmente apontam uma relação negativa entre a riqueza de espécies e o aumento da altitude. Esse padrão é um reflexo de mudanças abióticas e bióticas ao longo da variação altitudinal. Nosso objetivo foi avaliar o efeito da altitude sobre a diversidade de insetos herbívoros associados a um arbusto em distintas escalas espaciais ( $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ ) e testar as seguintes hipóteses: i. A diversidade de diferenciação na maior escala espacial é o componente hierárquico que mais contribui para a diversidade total das guildas de insetos herbívoros mastigadores e sugadores; ii. a composição de insetos herbívoros mastigadores e sugadores muda ao longo do gradiente altitudinal; e iii. a diversidade alfa, a abundância e a diversidade beta ( $\beta$ ) de insetos herbívoros mastigadores e sugadores diminui com o aumento da altitude. Para testar nossas hipóteses nove manchas de *Baccharis dracunculifolia* foram selecionadas em três altitudes (800 m, 1100 m e 1300 m). Os herbívoros de vida livre foram capturados com a técnica de batimento com auxílio de um guarda-chuva entomológico. Verificamos que o  $\beta_3$  foi o componente que mais contribuiu para o  $\gamma$  de mastigadores e sugadores. A composição foi diferente entre as altitudes tanto para sugadores quanto para mastigadores. Verificamos uma maior riqueza e abundância de insetos mastigadores a 1300m e para sugadores a 1100m. A partir da diversidade  $\beta$  podemos observar que a 800 m ocorre uma maior heterogeneidade para os mastigadores já para sugadores não observamos diferenças entre as altitudes. A primeira e a segunda hipótese foram corroboradas, provavelmente devido à variações climáticas em conjunto com as mudanças na estrutura da vegetação. A presença da planta *B. dracunculifolia* em todas as altitudes e a menor diversidade de outros arbustos pode ter sido responsável pela alteração no padrão de diminuição de espécies encontrado em gradientes de altitude em estudos já realizados no mesmo site. A maior complexidade da vegetação a 800m e 1100m de altitude pode ter sido responsável pela maior heterogeneidade de insetos mastigadores encontrados nas plantas ( $\beta$ ). A maior riqueza de sugadores na altitude intermediária (1100m) se deve provavelmente ao aumento da produção primária líquida acumulada, proporcionando melhor quantidade de recursos. A presença do recurso ao longo do gradiente altitudinal determina um padrão distinto para as diferentes guildas

**Palavras chave:** Serra do Cipó, mastigador, sugador, guilda, diversidade beta e recurso

## **Agradecimentos**

Agradeço a minha família e principalmente a minha mãe Elza pelo amor, carinho, cuidado e apoio em todos os momentos.

Ao meu orientador Frederico S. Neves, pela amizade e confiança durante a graduação e mestrado. Pelo exemplo profissional, ensinamentos e incentivos durante todos esses anos de convivência.

Ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Montes Claros pela ajuda logística e pela oportunidade de realizar o mestrado.

Agradeço PELD por tornar possível a realização do trabalho com a ajuda financeira na concessão de diárias para realização do trabalho.

Aos amigos do LEI e em especial Luciana Figueiredo, Samuel e Luiz Eduardo, pelas discussões sobre Ecologia e Estatística que ajudaram no desenvolvimento do trabalho.

Ao meu namorado Rafael Martins, que sempre esteve disposto a ouvir, ajudar, e estudar comigo e me manteve focada no meu objetivo. Obrigado pelo amor, paciência!

Aos amigos que me ajudaram no campo (foram muitos) e que tornaram possível a realização do trabalho. Em especial a André que me emprestou o carro e ajudou na coleta.

Agradeço a Luiz Eduardo, Samuel Novais, Camila Leal, Fernanda Costa e Raissa Gonçalves por corrigirem o meu trabalho e me deram várias dicas importantes.

As minhas colegas de república Suelle e Manu em Montes Claros e Thaise e Etiene em Belo Horizonte.

Por fim, agradeço a todos que contribuirão de alguma forma para a realização desse trabalho.

# **Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

## **Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

### **Departamento de Biologia Geral**

#### **Introdução**

Diversos estudos mostram a maneira com que gradientes ambientais modificam as comunidades através de suas variações nas condições e recursos (Lomolino 2001; Kessler 2009). O gradiente altitudinal está entre os mais estudados (ver Gaston 2000; Lomolino 2001), visto que as montanhas e cordilheiras representam pelo menos 25% da superfície coberta por terra (Körner 2007). Na maioria dos casos, a diversidade de espécies diminui com o aumento da altitude (Janzen 1973; Wolda 1987; Fernandes and Price 1988; Fernandes and Lara 1993; Araújo & Fernandes 2003; Kumar et al. 2009). Este padrão é um reflexo do aumento da severidade climática que ocorre nas altitudes elevadas (Lawton 1987), como o aumento da velocidade dos ventos, da radiação solar (Hodinkson 2005), e da diminuição da produtividade primária (Lawton 1987). No entanto, alguns estudos apontam a existência de um aumento da diversidade de espécies nas altitudes intermediárias (Janzen 1973; Janzen et al. 1976; Lomolino 2001; Escobar et al. 2005). Nesse caso, altitudes intermediárias podem favorecer um maior número de espécies devido uma melhor qualidade de recursos e condições favoráveis para uma maior diversidade de espécies se comparado às altitudes mais elevadas ou mais baixas (Janzen 1973; Janzen et al. 1976).

A variação da riqueza de espécies ao longo de gradientes altitudinais tem sido investigada em diferentes áreas geográficas e com distintos táxons (Janzen 1973; Terborgh 1977; Wolda 1987; Jones et al. 2003). Padrões de distribuição dos insetos em gradientes de altitude foram descritos para várias montanhas tropicais (Kumar et al. 2009). Por exemplo, para os insetos herbívoros de vida livre, galhadores e coleópteros foi verificado um padrão de diminuição da riqueza de espécies com aumento da altitude (ver Fernandes and Lara 1993;

## **Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

### **Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

#### **Departamento de Biologia Geral**

Ribeiro et al. 1994; Price et al. 1998; Araújo and Fernandes 2003). A menor diversidade de espécies nas regiões mais elevadas pode também estar associada a uma menor riqueza de espécies de plantas hospedeiras nas maiores altitudes (Kraft et al. 2011; Mota 2012), que determina também uma menor diversidade beta nessas altitudes (Kraft et al. 2011). De fato a disponibilidade de recursos afeta a diversidade de insetos herbívoros (Price 2002). Entretanto quando o recurso, planta hospedeira, ocorre ao longo de toda a montanha, não se conhece os efeitos na comunidade de insetos herbívoros associada com o aumento da altitude.

O arbusto *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) possui uma distribuição espacial ampla na América do Sul (Barroso 1976), ocorrendo desde o nível do mar a altitudes mais elevadas na Cadeia do Espinhaço, a principal cordilheira que divide dois “hotspots” brasileiros, o Cerrado e a Mata Atlântica (Myers et al. 2000). Na região sul da Cadeia do Espinhaço localiza-se a Serra do Cipó, que apresenta um gradiente altitudinal entre 800 a 1600 m. O arbusto *B. dracunculifolia* é muito frequente ao longo das margens da principal rodovia que corta toda Serra do Cipó (MG 010). Este arbusto é um hospedeiro de várias espécies de insetos herbívoros de vida livre e galhadores (Fernandes and Lara 1993, Araújo and Fernandes 2003, Faria and Fernandes 2001, Fagundes and Fernandes 2011, Neves et al. 2011). Assim, este sistema é um bom modelo para comparações em gradientes latitudinais (Fagundes and Fernandes 2011) e altitudinais, a fim de determinar quais componentes espaciais afetam a diversidade de insetos herbívoros (ver Lewinsohn et al. 2001).

Uma ferramenta útil para analisar a biodiversidade em diferentes escalas espaciais é a partição aditiva da diversidade (Lande 1996; Veech et al. 2002). Essa ferramenta permite que padrões de diversidade sejam analisados em diferentes escalas hierárquicas, verificando qual

# Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

## Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

### Departamento de Biologia Geral

escala representa a principal fonte de diversidade (Lande 1996; Veech et al. 2002; Ribeiro et al. 2008). Esse método utiliza a diversidade total da região ( $\gamma$ ), a diversidade local ( $\alpha$ ) e a mudança espacial da composição de espécies ( $\beta$ ) (Lande 1996; Veech et al. 2002; Legendre et al. 2005; Jost et al. 2010). Na partição, a diversidade  $\beta$  é utilizada para análise da diferenciação entre os grupos (Lande 1996; Veech et al. 2002; Magurran 2004), e para a comparação entre as várias escalas de unidades de amostragem (Veech et al. 2002). Além disso, a diversidade  $\beta$  demonstra a maneira como as espécies estão distribuídas sendo uma medida indireta de heterogeneidade da comunidade (Kraft et al. 2011).

Assim, o presente o estudo teve como objetivo avaliar como a diversidade de insetos herbívoros de vida livre (mastigadores e sugadores) associados ao arbusto *B. dracunculifolia* responde à variação altitudinal. Testamos as seguintes hipóteses: i. A diversidade de diferenciação na maior escala espacial (entre as altitudes -  $\beta_3$ ) é o componente hierárquico que mais contribui para a diversidade total das guildas de insetos herbívoros mastigadores e sugadores; ii. a composição de insetos herbívoros mastigadores e sugadores muda ao longo do gradiente altitudinal; e iii. a diversidade alfa (riqueza por planta), a abundância e a diversidade beta ( $\beta$ ) de insetos herbívoros mastigadores e sugadores associados a uma planta hospedeira diminuem com o aumento da altitude.

## Metodologia

*Área e estudo* - O presente estudo foi desenvolvido na APA Morro da Pedreira na Cadeia do Espinhaço dentro do complexo da Serra do Cipó, localizado próximo à cidade de Belo Horizonte, região central do estado de Minas Gerais. A APA é formada por relevos que variam



## Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

### Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

#### Departamento de Biologia Geral

de 800 e 1600 metros de altitude. Devido a essa variação de altitude é possível encontrar várias fitofisionomias diferentes. Nas altitudes entre 800 e 900m, o Cerrado é a formação vegetal dominante e, a partir da altitude de 900m até a de 1400m predominam áreas de Campos Rupestres (Lara et al. 2002; Vasconcelos 2011). Acima da altitude de 1400m os campos abertos prevalecem como formação dominante (Lara et al. 2002; Vasconcelos 2011).

*Sistema de estudo* - *Baccharis dracunculifolia* DC. (Asteraceae) é uma planta arbustiva popularmente conhecida como “alecrim-do-campo” ou “vassourinha” (Fagundes et al. 2005). O *B. dracunculifolia* é um arbusto dióico e amplamente distribuído ao longo da APA Morro da Pedreira, com indivíduos que variam entre dois e quatro metros de altura, seu período de floração é de fevereiro a julho (Boldt 1989) (Figura 1). É uma planta nativa do Sul do Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia (Barroso 1976). *B. dracunculifolia* é considerada uma planta que se adaptada bem aos solos perturbados, sendo encontrada em elevada abundância em campos abandonados ou ao longo das estradas (Ribeiro Mendes et al. 2002, Julião et al. 2005). Assim, todas as plantas selecionadas para o presente estudo estavam em ambientes sob perturbação antrópica, próximo às estradas ou em áreas de pastagem abandonadas.

*Desenho experimental* - Foram selecionados 180 indivíduos de *B. dracunculifolia*, 60 por altitude (800, 1100 e 1300 metros). Em cada altitude, foram demarcadas três áreas que continham elevada densidade de *B. dracunculifolia* (denominadas de manchas), e estavam a uma distância mínima de um quilômetro uma da outra (Figura 1). Em cada mancha foi amostrado um total de 20 indivíduos, que se distanciavam no mínimo cinco metros um do outro e tinham entre um e 2,5 metros de altura.

**Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**  
**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**  
**Departamento de Biologia Geral**

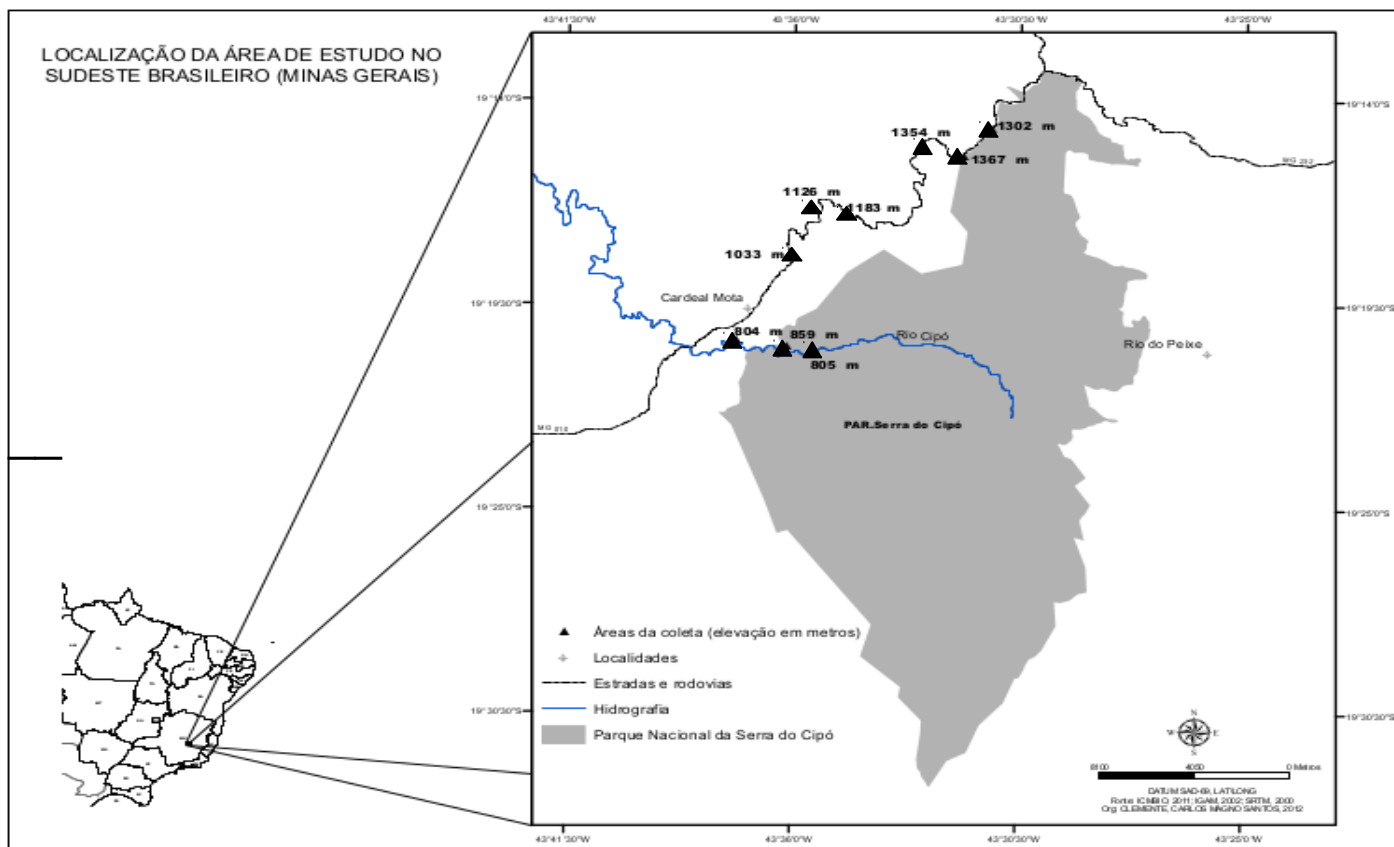


Figura 1. Parque Nacional da Serra do Cipó. Os triângulos representam as populações de *Baccharis dracunculifolia* ao longo da MG 010.

*Amostragem de insetos* - Os insetos foram amostrados em cada indivíduo de *B. dracunculifolia* através da técnica de batimento com auxílio de um guarda-chuva entomológico, que consiste em funil de pano com um saco plástico acoplado. Para a aumentar a amostragem foram realizadas três coletas nos meses de agosto e novembro de 2012 e fevereiro de 2013. Em cada período amostral foram realizadas 30 batidas em cada planta, com auxílio do guarda chuva entomológico, e os insetos capturados foram armazenados em um saco acoplado no fundo do guarda-chuva. A amostras obtidas de cada planta foram levadas ao Laboratório de Ecologia de Insetos da UFMG. Os insetos encontrados foram fixados em

# Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

## Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

### Departamento de Biologia Geral

solução de álcool 70% e as amostras foram individualizadas por planta. Os insetos herbívoros de vida livre foram identificados e morfoespeciados ao nível de família e separados em duas guildas alimentares (mastigadores e sugadores) (Borror et al. 2002). Por fim, para realizar as análises estatísticas, os dados das três coletas por planta foram acumulados, visto que, nosso trabalho teve foco apenas na variação espacial.

*Análises estatísticas* - Para testar a hipótese que a diversidade beta entre altitudes ( $\beta_3$ ) é o componente hierárquico que mais contribui para a diversidade total para as guildas de insetos herbívoros mastigadores e sugadores, utilizamos a partição aditiva da diversidade para verificar qual o componente hierárquico que mais contribui para a diversidade total de insetos herbívoros. Nesta análise a diversidade total ( $\gamma$ ) de insetos foi particionada em quatro componentes: a diversidade  $\alpha$  (diversidade média por planta); o  $\beta_1$  (diferenciação média da diversidade entre plantas); o  $\beta_2$  (diferenciação média da diversidade entre manchas); e o  $\beta_3$  (diferenciação média da diversidade entre altitudes). Assim, a equação representa a diversidade total é:  $\gamma_{total} = \alpha_{\text{arvore}} + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ . A contribuição observada para esses componentes foi calculada a partir da riqueza de espécies (Crist et al. 2003, Jost et al. 2010).

Para testar a hipótese que a composição de espécies de insetos herbívoros associada a *B. dracunculifolia* difere entre as altitudes realizamos uma análise multivariada de variância permutacional (PERMANOVA, Anderson 2001; 2006). Neste caso, os dados foram agrupados por manchas. A medida de dissimilaridade utilizada foi Bray-curts e 1000 permutações foram geradas. Em seguida, realizamos a análise multivariada de distância permutacional (PERMDISP). Uma matriz dos valores de dissimilaridade de Bray-curtis gerados na PERMANOVA foi utilizada para testar a homogeneidade da comunidade de insetos

# Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

## Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

### Departamento de Biologia Geral

herbívoros entre as altitudes (Anderson 2001, 2006). Para representar graficamente a variação na composição foi realizado um “plot” a partir da função “metaMDS” (Clarke 1993).

Para testar a hipótese que o alfa (riqueza), a diversidade de diferenciação entre plantas ( $\beta$ ) e a abundância de insetos herbívoros mastigadores e sugadores diminui com o aumento da altitude foram construídos modelos lineares generalizados (GLMs) Nos GLMs o alfa (riqueza), a abundância e o  $\beta$  de insetos herbívoros (mastigadores e sugadores) foram as variáveis resposta e a altitude a variável explicativa. O  $\beta$  foi obtido a partir da formula:  $\beta = 1 - (\bar{\alpha} / y)$ , onde o y representa a riqueza total por altitude de insetos herbívoros (mastigadores e sugadores) e  $\bar{\alpha}$  representa a diversidade média de insetos herbívoros (mastigadores e sugadores) por mancha. Por fim, realizamos uma análise de contrastes para determinar a diferença das variáveis explicativas entre as altitudes. Todas as análises foram realizadas no programa de estatística R (R Development Core Team 2013).

## Resultados

Um total de 6057 indivíduos e 135 morfoespécies de insetos herbívoros de vida livre mastigadores e sugadores foi amostrado. Dos insetos herbívoros amostrados 291 eram mastigadores, distribuídos em 47 morfoespécies e quatro famílias. Destas, as famílias que apresentaram maior riqueza e abundância foram Chrysomelidae (24 morfoespécies e 211 indivíduos) e Curculionidae (19 morfoespécies e 77 indivíduos (Tabela 1). Um total de 5766 insetos herbívoros sugadores foram amostrados, distribuídos em 88 morfoespécies e 13 famílias. As famílias Aphididae (1 morfoespécies e 4380 indivíduos), Psyllidae (8 morfoespécies e 1063 indivíduos) e Cicadellidae (36 morfoespécies e 211 indivíduos) foram as famílias mais representativas (Tabela 1).

**Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**  
**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**  
**Departamento de Biologia Geral**

Tabela 1. Riqueza e abundância de insetos herbívoros mastigadores e sugadores associados ao *Baccharis dracunculifolia* na Serra do Cipó, Minas Gerais.

Guilda	Família	Riqueza	Abundância
Mastigador			
	Chrysomelidae	24	211
	Curculionidae	19	77
	Acrididae	2	19
	Elatéridae	2	3
Sugador			
	Cicadellidae	36	211
	Membracidae	13	55
	Psyllidae	8	1063
	Miridae	8	29
	Reduviidae	9	8
	Lygaeidae	3	6
	Tingidae	3	5
	Pyrhocoridae	3	3
	Pentatomidae	1	3
	Alydidae	1	1
	Acanaloniidae	1	1
	Cixidae	1	1
	Aphididae	1	4380

Como previsto na hipótese da partição aditiva, verificamos que a diferenciação entre as altitudes ( $\beta_3$ ) foi o componente que mais contribuiu para a diversidade total ( $\gamma$ ), tanto para os mastigadores quanto para os sugadores. Assim, para os mastigadores a contribuição do  $\beta_3$  para a diversidade total foi de 49% e para os sugadores 48,1% (Figura 3). Com base na partição aditiva observamos para os mastigadores uma contribuição para a diversidade

# Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

## Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

### Departamento de Biologia Geral

regional acima do esperado ao acaso para os componentes  $\beta_2$  (entre manchas) e  $\beta_3$ . Já para os sugadores observamos uma contribuição para a diversidade regional acima do esperado ao acaso para os componentes  $\beta_1$  (entre plantas) e  $\beta_2$ .

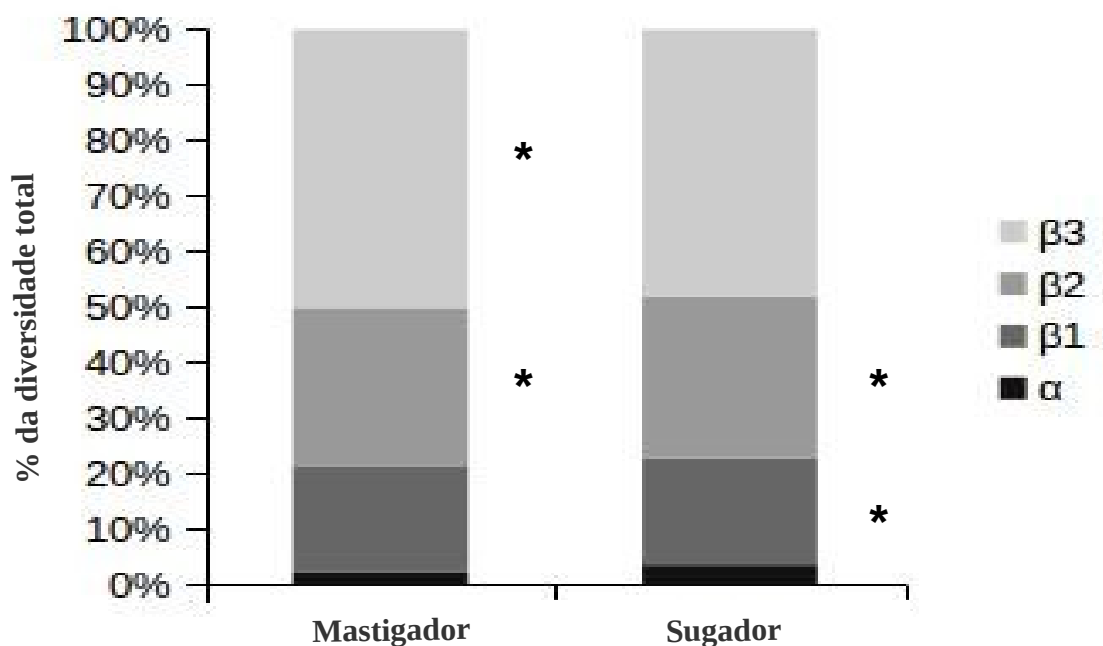


Figura 2. Contribuição percentual dos componentes hierárquicos na diversidade total de insetos herbívoros associados a planta hospedeira *Baccharis dracunculifolia*. As diversidades  $\alpha$  (diversidade média por planta); o  $\beta_1$  (diferenciação média da diversidade entre plantas); o  $\beta_2$  (diferenciação média da diversidade entre manchas); e o  $\beta_3$  (diferenciação média da diversidade entre altitudes) observadas foram comparadas com o modelo nulo construído a partir de 1000 aleatorizações baseadas nas espécies. Os asteriscos representam diferença estatística entre os modelos observado e esperado.

A segunda hipótese também foi corroborada em nosso estudo para as duas guildas de herbívoros (sugadores e mastigadores). A partir da análise composição observamos que houve uma mudança na composição entre as altitudes tanto para os mastigadores (Permanova,  $P > 0.05$ , Figura 4B) quanto para os sugadores (Permanova,  $P > 0.05$ , Figura 4B).

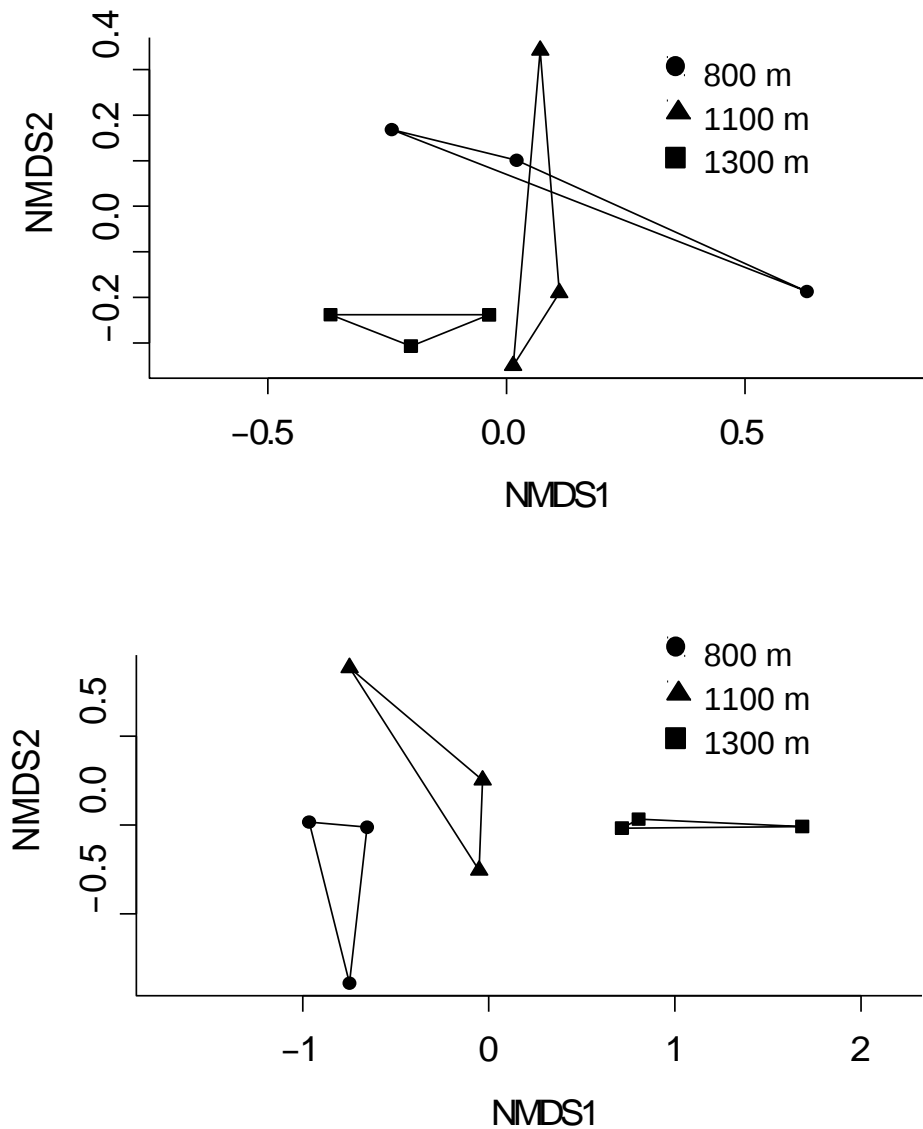


Figura 3. Análise de escala multidimensional não-métrica (NMDS) para ordenação dos insetos herbívoros mastigadores (A) e sugadores (B) associados ao *Baccharis dracunculifolia*. Através da Permanova e Pemidisp foi possível verificar diferença significativa da composição de espécies ( $p < 0,05$ ) entre as altitudes. O índice de dissimilaridade utilizado foi o Bray-Cutis.

**Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

**Departamento de Biologia Geral**

Observamos uma diferença significativa na riqueza ( $p < 0,001$ ) e abundância ( $p < 0,001$ ) de insetos mastigadores entre as altitudes. A altitude que apresentou a maior riqueza de insetos mastigadores por planta foi 1300 m e as altitudes de 800 e 1100 m não diferiram entre si (Figura 5A, Tabela 2). Também verificamos diferença significativa na riqueza ( $p < 0,0001$ ) e abundância ( $p < 0,0001$ ) entre as altitudes para os insetos sugadores (Figura 5C e D, Tabela 2). A altitude com maior riqueza e abundância de insetos sugadores por planta foi 1100m, seguido respectivamente por 800 e 1300m.

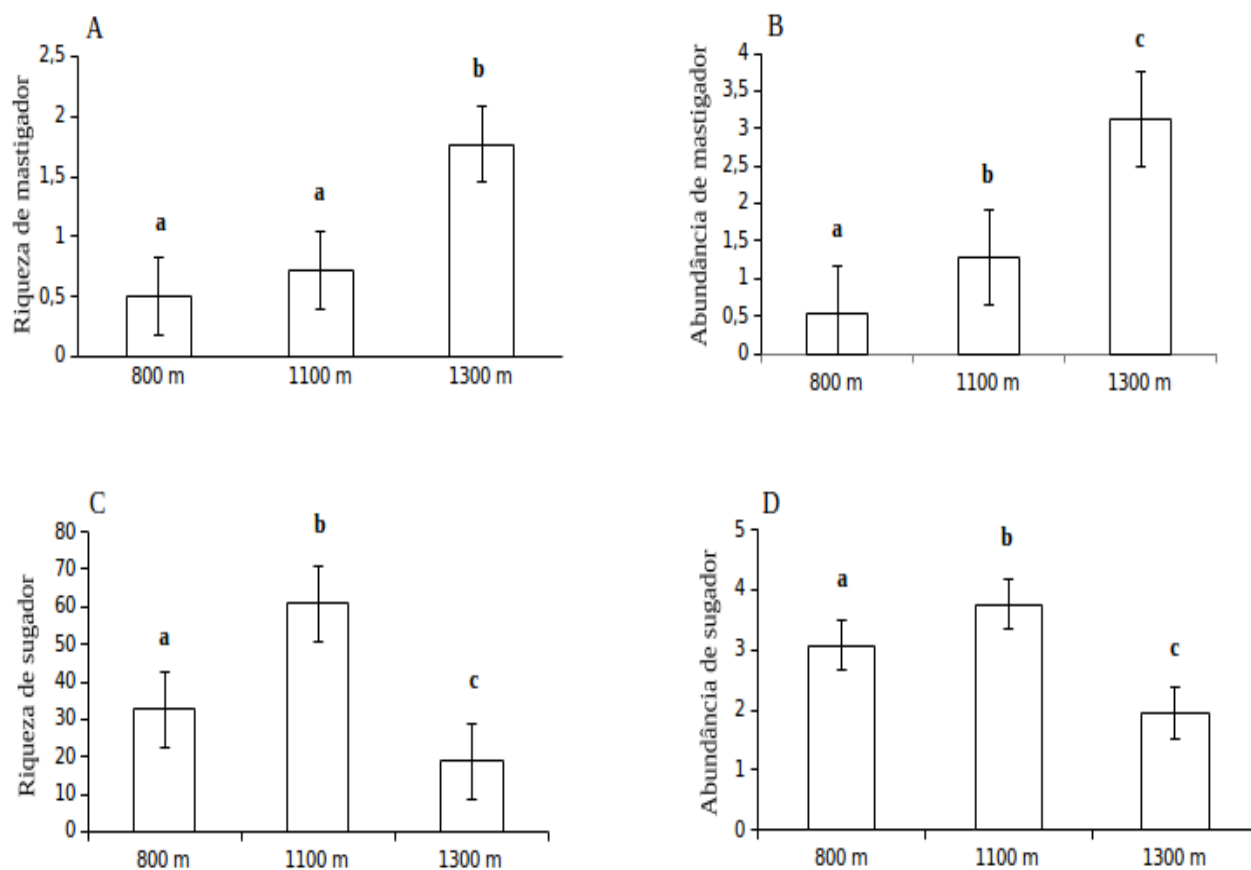


Figura 4. Riqueza (A) e abundância (B) de insetos herbívoros mastigadores e riqueza e abundância de insetos herbívoros sugadores associados ao *Baccharis dracunculifolia* na Serra do Cipó, Minas Gerais em três altitudes. Letras diferentes representam diferença estatística.



# Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

## Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

### Departamento de Biologia Geral

A diversidade beta ( $\beta$ ) diferiu significativamente entre as altitudes ( $p < 0,05$ ) para os insetos mastigadores. O  $\beta$  para os mastigadores foi maior na altitude de 800m e 1100 e menor a 1300m (Figura 5A, Tabela 2). Já para os insetos sugadores a diversidade  $\beta$  não diferiu significativamente entre as altitudes (Figura 5B, Tabela 2). No entanto, o  $\beta$  para os sugadores apresentou valores altos (acima de 80%) para todas as altitudes.

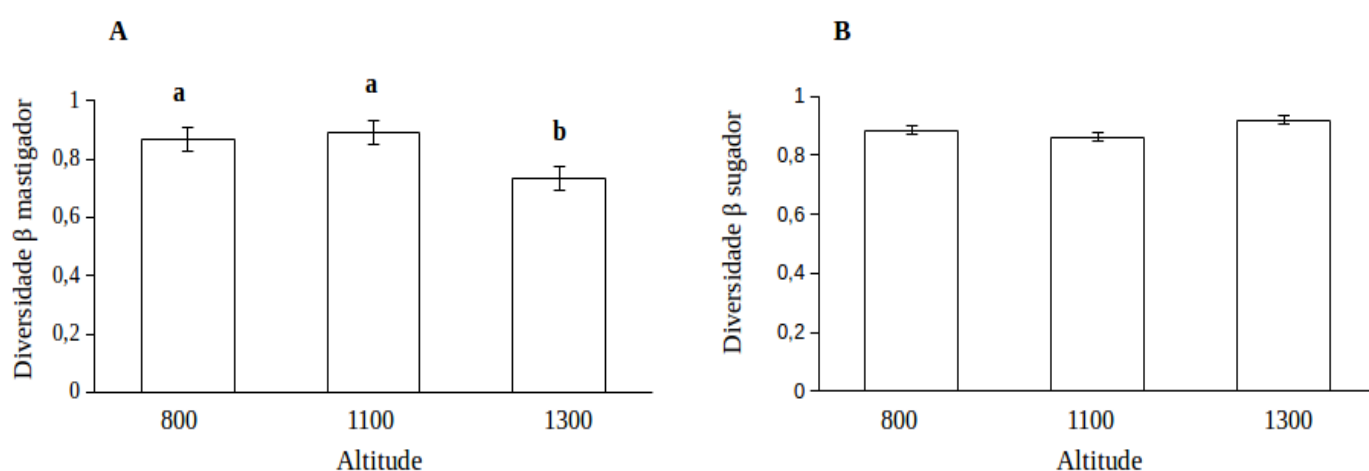


Figura 5. Diversidade  $\beta$  para insetos herbívoros mastigadores (A) e sugadores (B) associados ao *Baccharis dracunculifolia* em três altitudes na Serra do Cipó, Minas Gerais. Letras diferentes representam diferença estatística.

Tabela 2. Modelos lineares generalizados (GLMs) construídos com a abundância, riqueza e diversidade  $\beta$  de insetos herbívoros mastigadores e sugadores entre altitudes localizado na APA Morro da Pedreira (Serra do Cipó), Minas Gerais. Os modelos de riqueza e abundância seguiram a distribuição de erros quasipoisson, e de diversidade  $\beta$  quasibinomial, significância de  $p < 0.05$

Variável resposta	Variável explicativa	GL	Family	Deviance	P
Riqueza de mastigador	Altitude	2	Quasipoisson	52,43	<0,001
Abundância de mastigador	Altitude	2	Quasipoisson	128,87	<0,001
$\beta$ mastigador	Altitude	2	Quasibinomial	0,19478	0.02459
Riqueza de sugador	Altitude	2	Quasipoisson	9,0387	<0,001
Abundância de sugador	Altitude	2	Quasipoisson	1445,3	<0,05
$\beta$ sugador	Altitude	2	Quasibinomial	2,459	0,0165

# Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

## Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

### Departamento de Biologia Geral

#### Discussão

A escala espacial que mais contribuiu para a diversidade total, tanto para mastigadores quanto sugadores, foi a diversidade de diferenciação entre altitudes. A diferença da comunidade de herbívoros entre as altitudes que determinada a maior parte da diversidade de insetos herbívoros mastigadores e sugadores associados ao arbusto *Baccaris dracunculifolia*. Trabalhos em outros sistemas, apresentam um padrão similar para distintos grupos de insetos como besouros, formigas e borboletas (Gering et al. 2003; Summerville et al. 2003; Marques and Schoereder 2013). Provavelmente diferenças de condições determinadas por fatores climáticos, atuam na estrutura da comunidade de insetos herbívoros e determinam essa dissimilaridade da comunidade entre as altitudes. Da mesma forma, cada altitude possui uma fitofisionomia dominante (Lara et al. 2002). Em nossa área de estudo na menor altitude predomina o Cerrado, nas regiões medianas existe uma transição com os Campos Rupestres e na altitude mais elevada predominam os Campos de Altitude (ver Lara et al. 2002; Mota 2012). Além disso, de acordo com Mota (2012), a estrutura da vegetação muda a medida que sobe a montanha, visto que existe uma maior riqueza e abundância de arbustos na base. Desse modo, as variações climáticas em conjunto com as mudanças na estrutura da vegetação são eventos importantes para o aumento diversidade total de herbívoros ( $\gamma$ ) associados ao arbusto *B. dracunculifolia*.

A composição das guildas de insetos mastigadores e sugadores difere entre as altitudes. Neste sentido as condições podem determinam a atividade e permanência dos insetos em cada habitat. No caso da Serra do Cipó ocorre o aumento da umidade e a diminuição da temperatura a medida que sobe a montanha (Neves et al. em preparação).

## **Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

### **Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

#### **Departamento de Biologia Geral**

Dentre as mudanças nas condições o aumento da umidade por exemplo, oferece menor risco de dissecação (Wolda 1988). Provavelmente espécies que são menos resistentes a dissecação podem ter maior sucesso no topo da montanha. Por outro lado, áreas xéricas com menor umidade apresentaram plantas hospedeiras com maiores chances de estresse hídrico (Fernandes & Price 1988). Desse modo, apesar dos indivíduos estarem mais vulneráveis a dissecação as plantas estão mais susceptíveis ao ataque de herbívoros, assim, espécies que são mais resistentes a dissecação podem ser favorecidas na base da montanha. Dessa forma, a pressão de condições abióticas do ambiente pode agir como filtro para algumas espécies que sobrevivem em cada altitude (Kraft 2011), alterando a composição das guildas de mastigadores e sugadores, mesmo quando o recurso é mantido, como a planta hospedeira.

A diversidade alfa (riqueza) e abundância de insetos herbívoros mastigadores por planta hospedeira não diminuem com a altitude. Verificamos uma maior riqueza e abundância de insetos mastigadores em arbustos localizados a 1300m de altitude, ou seja nas regiões mais elevadas da montanha. Os arbustos presentes nessa altitude estão inseridos em uma matriz campestre, e a disponibilidade de outras plantas arbustivas e arbórea é baixa (Mota 2012), padrão também verificado em outros estudos em áreas de montanhas (Bertoncello 2009; Kraft et al 2011). Assim, provavelmente devido a ausência de outras espécies de plantas hospedeiras, os insetos mastigadores encontram o *B. dracunculifolia* como recurso, e desse modo ocorre um aumento da riqueza e abundância de insetos mastigadores por planta. Porém, em estudos realizados com insetos herbívoros em mais de uma planta hospedeira pode-se verificar uma maior riqueza de insetos herbívoros nas altitudes menores (ver Ribeiro et al. 1998; Araújo & Fernandes 2003; Kumar et al. 2009). Dessa forma, a presença do recurso (*B. dracunculifolia*) ao longo de toda montanha e a menor disponibilidade de outros hospedeiros

## Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

### Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

#### Departamento de Biologia Geral

no topo pode ser responsável pela inversão do padrão comumente encontrado de diminuição de insetos herbívoros com o aumento da altitude.

Dentre os insetos mastigadores amostrados, a família Chrysomelidae apresentou maior riqueza e abundância. Resultado similar é observado em outros trabalhos com insetos herbívoros de vida livre em outros sistemas (ver Basset 2001; Ødegaard 2004; Neves et al. 2011). De fato, os crisomelídeos são essencialmente herbívoros desde as lavras aos adultos (Ross et al. 2002), sendo os principais herbívoros mastigadores em nosso trabalho. Em um estudo realizado com árvores e arbustos na mesma montanha (Mota 2012) foram encontradas três famílias de maior diversidade (Asteraceae, Fabaceae, Verbenaceae) que estão entre as principais plantas consumidas pelos Chrysomelidae (Solorio and Rosales 2004). A família Asteraceae foi a que apresentou maior diversidade e está presente em todas as altitudes. Além disso, entre as principais famílias consumidas pelos crisomelídeos citadas por Solorio and Rosales (2004) apenas a família Asteraceae é encontrada nas áreas mais elevadas da montanha (Mota 2012). Dessa forma, devido a diminuição do número de outros arbustos em altitudes superiores o *B. dracunculifolia* (Asteraceae) pode ser o hospedeiro preferencial para esses insetos, aumentando a diversidade de mastigadores por planta na altitude de 1300m.

Para insetos herbívoros sugadores foi verificada uma maior riqueza e abundância nos arbustos presentes nas altitudes intermediárias (1100 m). Apesar de cada altitude apresentar composições distintas de espécies sugadores, algumas espécies das altitudes mais baixas (800 m) e das altitudes mais elevadas (1300 m) podem sobreviver na região mediada da montanha (1100 m), que provoca um aumento da riqueza e abundância em arbustos presentes nas altitudes intermediárias. De acordo com uma revisão de Rahbek (1995), alguns dos estudos com

## **Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

### **Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

#### **Departamento de Biologia Geral**

espécies de invertebrados tropicais têm um aumento da riqueza de espécies em altitudes medianas. O mesmo padrão foi encontrado por outros autores (Janzen 1973; Janzen et al. 1976; Lomolino 2001; Escobar et al. 2005). De acordo com Janzen (1973) e Janzen e colaboradores (1976) a região mediana pode ser considerada mais favorável devido a taxa de fotossíntese e a respiração serem maiores nas a base e menores no topo, conseqüentemente nas regiões medianas a produção primária líquida acumulada é maior, proporcionando melhor quantidade de recursos (aumento da produtividade). Uma vez que, recursos de melhor qualidade podem apresentar uma maior pressão do xilema e facilitar a alimentação dos sugadores.

De acordo com Ribeiro et al. (1998) em um estudo em dois ambientes (habitats méxicos e xéricos) em várias plantas hospedeiras na mesma região foi possível perceber que ambientes com menor disponibilidade de recursos (xérico) o padrão altitudinal de diminuição de espécies com aumento da altitude se manteve. Já em ambientes méxicos, onde o recurso foi abundante em todas altitudes, não foi possível verificar diferença na riqueza de insetos. Em um estudo na Serra do Cipó foi possível verificar maior diversidade na base da montanha (Araújo & Fernandes 2003). Por outro lado, em nosso estudo realizado em uma única planta hospedeira, foi possível observar outro padrão, visto que, encontramos uma maior riqueza e abundância de insetos herbívoros nas plantas presentes nas altitudes mais elevadas (mastigador) e intermediárias (sugador).

A diversidade de diferenciação entre plantas ( $\beta$ ) é uma medida indireta de heterogeneidade da comunidade (Kraft et al 2011). Para os insetos mastigadores verificamos que o  $\beta$  foi menor nas altitudes superiores, ou seja, do ponto de vista dos insetos mastigadores as plantas são mais homogêneas nessas altitudes. Assim, existe uma maior chance e re-amostragem de

## Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

### Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

#### Departamento de Biologia Geral

insetos mastigadores nas manchas da altitude superior. Apesar da maior riqueza de espécies nas altitudes mais elevadas, a diversidade  $\beta$  foi menor, provavelmente porque são sempre as mesmas espécies de mastigadores que estão utilizando o arbusto *B. dracunculifolia* como recurso. Já nas altitudes mais baixas, apesar do menor número de espécies de mastigadores verificada por planta, existe uma grande disponibilidade de recursos e uma maior riqueza de insetos herbívoros (Ribeiro et al. 1998). Possivelmente porque há uma maior diversidade de outros arbustos e uma maior complexidade da estrutura da vegetação na altitude de 800 m (ver Mota 2012). Desse modo, as espécies que estão na base da montanha encontram outras espécies de arbustos e árvores como recurso. O mesmo ocorre na região mediana, visto que, é uma área de transição (ecótono) entre Cerrado e os Campos Rupestres (ver Lara et al. 2002). Assim a maior heterogeneidade e disponibilidade de recursos presente no habitat pode ter aumentado a substituição de espécies de insetos mastigadores entre os indivíduos amostrados, aumentando a diversidade  $\beta$  entre as plantas.

Em nosso estudo não foi observado uma alteração do  $\beta$  entre as altitudes para os insetos sugadores. Assim, do ponto de vista dos sugadores, as diferentes altitudes tem a mesma heterogeneidade, uma vez que, o  $\beta$  foi igualmente alto em todas as altitudes. Existe dessa forma, uma mesma chance de re-amostragem de espécies entre as plantas em todas as altitudes. Provavelmente a presença de muitas espécies raras de sugadores foram responsáveis pelo padrão do beta  $\beta$ , visto que, apenas as famílias Psyllidae e Aphididae apresentam espécies com alta abundância. O que está de acordo com estudos que relatam que uma espécie de Psyllidae galhador (*Baccharopelma dracunculifoliae*) ocorre em alta abundância em plantas do gênero *Baccharis* (Lara and Fernandes 1991; Espírito-Santo and Fernandes 1998; Burckhardt et al. 2004; Espírito-Santo et al. 2012; Arduin et al. 2005), apresentado uma

## **Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

### **Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

#### **Departamento de Biologia Geral**

relação intrínseca com a planta hospedeira. Já as outras famílias apresentaram menos de 10 indivíduos em toda a amostragem. Portanto, as espécies raras podem ser importantes para a comunidades (Novotny and Basset 2000) e matem a taxa de substituição de espécies ( $\beta$ ) de sugadores alta entre as plantas em todas as altitudes.

A especificidade de cada guilda de inseto herbívoro e a presença do recurso, planta hospedeira, nas distintas altitudes podem determinar os padrões da estrutura da comunidade destes insetos ao longo do gradiente altitudinal. Uma vez que, insetos mastigadores e sugadores são afetados por variáveis distintas ao longo do gradiente de altitude e por isso apresentaram respostas diferentes. Apesar das duas guildas responderem de forma diferente as variáveis, a escala que contribui para o aumento da diversidade  $\gamma$  tanto para mastigadores quanto para sugadores foi a escala regional ( $\beta_3$ ). A variação espacial entre as altitudes, mudanças nas condições, a mudança na estrutura da vegetação e a presença da planta hospedeira foram importantes para a comunidade de herbívoros alterando a estrutura da comunidade de ambas as guildas.

# Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

## Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

### Departamento de Biologia Geral

#### Referências Bibliográficas

Anderson MJ (2006) Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* 62: 245-253

Araújo LM, Fernandes GW (2003) Altitudinal patterns in a tropical ant assemblage and variation in species richness between habitats. *Lundiana* 4: 103-109

Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46

Arduin M, Fernandes GW, Kraus JE (2005) Morphogenesis of galls Induced by *Baccharopelma dracunculifoliae* (Hemiptera: PSYLLIDAE) On *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) leaves. *Brazilian Journal Biology* 65: 559-57

Basset Y, Charles E, Hammond DS, Brown VK (2001) Short-term effects of canopy openness on insect herbivores in a rain forest in Guyana. *Journal Appl. Ecology*. 38:1045-1058.

Barroso G (1976) Compositae-subtribo Baccharidinae Hoffman: estudo das especies ocorrentes no Brasil. *Rodriguesia* 40:3-273

Bertoncello RA (2009) Vegetação arbórea em um gradiente altitudinal no Morro do Cuzuzeiro, Ubatuba (SP): uma análise florística, fitossociológica e fitogeográfica. Dissertação – Universidade Estadual de Campinas, Campinas

Boldt PE (1989) *Baccharis* (Asteraceae), a review of its taxonomy, phytochemistry, ecology, economic status, natural enemies and the potential for its biological control in the United States. USDA±ARS. Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Temple, Texas.

Borror DJ, Triplehorn CA, Johnson NF (2002) *An Introduction to the Study of Insects*. Saunders College Publishing, New York, USA.

Burckhardt D, Espírito-Santo MM, Fernandes GW, Malenovský I (2004) Gall-inducing jumping plant-lice of the Neotropical genus *Baccharopelma* (Hemiptera: Psylloidea) associated with *Baccharis* (Asteraceae). *Jornal Natural History* 38:2051-2071

Clarke KR (1993) Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Austral Ecology* 18: 117-143



**Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

**Departamento de Biologia Geral**

Crist TO, Veech JA, Gering JC, Summerville KS (2003) Partitioning Species Diversity across Landscapes and Regions: A Hierarchical Analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$  Diversity. *The American Naturalist* 162:734-743

Escobar F, Lobo JM, Halffter G (2005) Altitudinal variation of dung beetle (Scarabaeidae: Scarabaeinae) assemblages in the Colombian Andes. *Global Ecol. Biogeograph.* 14: 327-337

Fagundes M, Fernandes GW (2011) Insect herbivores associated with *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae): responses of gall-forming and free-feeding insects to latitudinal variation. *Revista de Biologia Tropical* 59:1419-32

Fagundes M, Neves FS, Fernandes GW (2005) Direct and indirect interactions involving ants, insect herbivores, parasitoids, and the host plant *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). *Ecological Entomology* 30, 28–35

Espírito-Santo MM, Neves FS, Fernandes GW, Silva JO (2012) Plant phenology and absence of sex-biased gall attack on three species of *Baccharis*. *Plos One* 7:1-10

Espírito-Santo MM, Fernandes GW (1998) Abundance of *Neopelma baccharidis* (Homoptera: Psyllidae) galls on the dioecious shrub *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). *Environmental Entomology* 27: 870-876

Faria ML, Fernandes GW (2001) Vigour of a dioecious shrub and attack by a galling herbivore. *Ecological Entomology* 26: 37-4.

Fernandes GW, Lara ACF (1993) Diversity of Indonesian Gall-Forming Herbivores along Altitudinal Gradients. *Biodiversity Letters* 6:86-192

Fernandes GW, Price PW (1988) Biogeographical gradients in galling species richness: tests of hypotheses. *Oecologia* 76: 161-167

Gaston KJ, Blackburn TM (2000) *Pattern and Process in Macroecology*. Blackwell Science, Oxford.

Gering JC, Crist TO, Veech J A (2003) Additive partitioning of species diversity across multiple spatial scales: implications for regional conservation of biodiversity. *Conservation Biology* 17:488–99

# **Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

## **Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

### **Departamento de Biologia Geral**

Hodkinson, I. D., 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews* 80: 489-513.

Janzen DH (1973) Sweep samples of tropical foliage insect effects of season, vegetation types, elevation, time of day and insularity. *Ecology* 54: 687-708

Janzen DH, Juster HB, Leiner IE (1976) Insecticidal action of the phytohemagglutinin in black beans on bruchid beetle. *Science* 192:795–796

Jones JI, Li W, Maberly C (2003) Area, altitude and aquatic plant diversity. *Ecography* 26: 411-420.

Jost L (2010) Independence of alpha and beta diversities. *Ecology*. 91:1969–1974. Julião, G.R. Fernandes, G.W., Negreiros, D., Bedê, L. & Araújo, R.C., 2005. Insetos galhadores associados a duas espécies de plantas invasoras de áreas urbanas e peri-urbanas. *Revista Brasileira de Entomologia* 49: 97-106

Julião GR, Fernandes GW, Negreiros D, Bedê L, Araújo RC (2005) Insetos galhadores associados a duas espécies de plantas invasoras de áreas urbanas e peri-urbanas. *Revista Brasileira de Entomologia* 49:97-106.

Kessler M (2009) The impact of population processes on patterns of lessons from elevational gradients. *Basic and Applied Ecology* 10: 295-299

Körner C (2007) The use of ‘altitude’ in ecological research. *Trends Ecology Evolution* 22: 569–574

Kraft NJB, Comita LS, Chase JM, Sanders NJ, Swenson NG, Crist TO, Stegen JC, Vellend M, oyle B, Anderson MJ, Cornell HV, Davies KF, Freestone AL, Inouye ND, Harrison SP, Myers JA (2011) Disentangling the Drivers of  $\beta$  Diversity Along Latitudinal and Elevational Gradients. *Science* 333: 1755-1758

Kumar A, Longino JT, Colwell RK, O’Donnell S (2009) Elevational Patterns of Diversity and Abundance of Eusocial Paper Wasps (Vespidae) in Costa Rica. *Biotropica* 41: 338–346

Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos* 76:5-13

# Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES

## Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS

### Departamento de Biologia Geral

Lara M. Patton JL, Hingst -Zaher E (2002) *Trinomys mirapitanga*, a new species of spiny rat (Rodentia: Echimyidae) from the Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 67: 233-242

Lara ACF, Fernandes GW (1991) Distribuição de galhas de *Neopelma baccharidis* (homoptera: Psyllidae) em *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). *Revista Brasileira de Biologia* 54:661-668

Lawton JH, Macoarvin M, Heads PA, (1987) Effects of altitude on the abundance and species richness of insect herbivores. *Ecology* 56: 147-160

Lewinsohn TM, Prado PI (2005) How many species are there in Brazil? *Conservation Biology* 19: 619-624

Legendre P, Borcard D, Peres-Neto PR (2005) Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs* 75: 435-450

Lomolino MV (2001) Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography* 10:3-13

Magurran AE (2004) *Medindo a diversidade biológica*. Tradução Dana Miiana Vianna, editora UFPR.

Marques T, Schoereder JH (2013) Ant diversity partitioning across spatial scales: Ecological processes and implications for conserving Tropical Dry Forests. *Austral Ecology* 1-11

Mota GS (2012) *Variação na estrutura, na composição florística e nas formas de vida ao longo de um gradiente altitudinal na Cadeia do Espinhaço*. Dissertação Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, MG.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858

Neves FS, Fagundes M, Sperber CF, Fernandes GW (2011) Tri-trophic level interactions affect host plant development and abundance of insect herbivores. *Arthropod-Plant Interactions* 5:351-357

Novotny V, Weiblen GD (2005) From communities to continents: beta-diversity of herbivorous insects. *Annales Zoologici Fennici* 42:463-475

**Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

**Departamento de Biologia Geral**

Novotný N, Basset Y. (2000) Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. *Oikos* 89:564-572.

Ødegaard F (2004) Species richness of phytophagous beetles in the tropical tree *Brosimum utile* (Moraceae): the effects of sampling strategy and the problem of tourists. *Ecological Entomology* 29: 76-88

Price PW (2002) Resource-driven terrestrial interaction webs. *Ecological Research* 17:241-247

Price PW, Fernandes GW, Lara AC, Brawn J (1998) Global patterns in local number of insect galling species. *Journal of Biogeography* 25:581-591

R Development Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing. Version 2.13. User's guide and application published: <http://www.R-project.org>.

Rahbek C (1995) The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 18: 200-205

Ribeiro-Mendes HN, Marques ESA, Silva IM, Fernandes GW (2002) Influence of host-plant sex and habitat on survivorship of insect galls within the geographical range of the host-plant. *Tropical Zoology* 15:5-15.

Ribeiro BD, Prado PI, Brown JKS, Freitas AVL (2008) Additive partitioning of butterfly diversity in a fragmented landscape: importance of scale and implications for conservation. *Diversity and Distributions* 14:961-968

Ribeiro SP, Carneiro MAA, Fernandes GW (1998) Free-feeding insect herbivores along environmental gradients in Serra do Cipó: basis for a management plan. *Journal of Insect Conservation* 2:107-118

Ribeiro SP, Carneiro MAA, Fernandes GW (1994) Distribution of *Brachpnoea* (Coleoptera: Chrysomelidae) in an altitudinal gradient in a Brazilian savanna vegetation. *Phytophaga* 6:28-33

Ross HAJR, Michael CT, Skelley PE, Frank JH (2002) American beetles: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. Boca Raton: CRC Press, p.617 – 691

**Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES**

**Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS**

**Departamento de Biologia Geral**

Safford H D (1999) Brazilian Páramos I: An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. *Journal of Biogeography* 26: 693-712.

Solorio AB, Rosales SA, (2004) Los crisomelinos (Coleoptera: Chrysomelidae (Chrysomelinae) del estado de Morelos. *Acta Zoológica Mexicana* 20: 39-6

Summerville KS, Boulware M, Veech JA, Crist TO (2003) Spatial variation in species diversity and composition of forest Lepidoptera in eastern deciduous forests of North America. *Conservation Biological* 17:1045-57

Terborgh J. (1977) Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology* 58: 1007-10019

Vasconcelos MF (2011) O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil? *Revista Brasileira de Botânica*. 34:241-246

Veech AJ, Summerville KS, Crist OT, Gering JC (2002) The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos* 99: 3 -9

Wolda H, (1988) Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19: 1-18.

Wolda H (1987) Altitude, habitat and tropical insect diversity. *Biological Journal of the Linnean Society* 30: 313-323