INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA
TROPICAL E RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

ABELHAS EUGLOSSINA DAS SERRAS DO NORTE DO ESTADO DO AMAZONAS

RODRIGO DE LOYOLA DIAS

Manaus, Amazonas
Junho, 2007

RODRIGO DE LOYOLA DIAS

ABELHAS EUGLOSSINA DAS SERRAS DO NORTE DO ESTADO DO AMAZONAS

Dr. Eduardo Martins Venticinque, orientador

Dr. Márcio Luiz de Oliveira, co-orientador

Dissertação apresentada ao PIPG-BTRN como parte dos requisitos para obtenção do titulo de Mestre em Ecologia.

Manaus, Amazonas

Junho, 2007

Dias, Rodrigo de Loyola

Abelhas Euglossina das serras do norte do estado do Amazonas / Rodrigo de Loyola Dias – Manaus: INPA/UFAM 2007.

viii + 40 p. ilust.

Dissertação de Mestrado – Área de concentração: Ecologia.

1. Biogeografia 2. Comunidades

Sinopse:

Estudou-se a composição das comunidades de abelhas Euglossina nas serras da Neblina, do Imeri e do Tapirapecó, localizadas nos municípios de Santa Isabel do Rio Negro e Barcelos, no norte do estado do Amazonas. Foram avaliadas as influências da área, altitude e serra na riqueza e composição das espécies. A composição de espécies desses locais foi também comparada com a composição de outras regiões da Amazônia.

Palavras-chave:

Entomologia, Euglossina, comunidades, gradientes altitudinais, levantamento de fauna.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar à minha família, que acreditou em meus sonhos e me apoiou sempre.

Agradeço também ao IBAMA, pela oportunidade concedida, especialmente ao superintendente no estado do Amazonas, Dr. Henrique dos Santos Pereira, e ao Núcleo de Operações Aéreas, em Brasília, pelo apoio logístico.

Ao Exército Brasileiro, pelo apoio logístico.

À Missão Salesiana de Maturacá e à FUNAI de Maturacá, pela ajuda na primeira expedição de campo.

Ao Sr. João Mineiro, da FUNAI em Barcelos, e à equipe da SECOYA, pela ajuda na terceira expedição de campo.

Ao Sr. Marcelo Bresolin, do IBAMA, que gentilmente cedeu-me um motor de popa para a terceira expedição de campo.

Principalmente aos ajudantes e professores Domingos, Branco, Deco e Jorge, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

Aos demais amigos e colegas que contribuíram, cada qual à sua maneira.

Finalmente, aos meus orientadores, pela paciência e dedicação.

“A liberdade é para mim uma coisa muito maior e mais importante do que a ciência.”
- Alfred Russel Wallace, naturalista inglês co-descobridor da seleção natural, que subiu o rio Negro no século XIX, até São Gabriel da Cachoeira, e que soube ver nos nativos americanos e malaios as semelhanças antes das diferenças.

“Não há elegância maior que a simplicidade.”
Ray M. Ransom - www.micosyen.com

Resumo

Foram coletadas 1959 abelhas Euglossina em três serras na região fronteiriça entre o estado do Amazonas e a Venezuela, ao norte do médio/alto rio Negro. Foram encontradas duas espécies novas para a ciência, e ampliou-se a distribuição geográfica de diversas espécies. As comunidades de cada serra foram analisadas, e foram testados os efeitos da altitude, área de cada faixa altitudinal e serra sobre a riqueza e composição, além do efeito do domínio médio (MDE). A área não afetou a riqueza de abelhas em nenhuma das serras estudadas. A altitude também não afetou significativamente a riqueza de espécies, nem quando as três serras foram analisadas em conjunto, nem quando analisadas separadamente. A composição da comunidade foi resumida a dois eixos de ordenação NMS, que explicaram 79% da variação dos dados. A posição dos pontos nesses eixos foi explicada pela altitude. O MDE não explicou a riqueza nas três serras. A fauna dessas serras foi comparada com a de outros trabalhos da região amazônica, mostrando uma composição distinta.

Abstract

Nineteen hundred and fifty-nine orchid bees have been collected in three distinct mountain ranges in the border between the Amazonas state of Brazil and Venezuela, in the mid/upper Negro basin. Two new species have been found, and the geographic distribution of other species has been increased. The community of each mountain range has been analyzed; the effects of altitude, area of different altitudinal intervals and mountain system on species richness and composition have been tested, as well as the so-called mid-domain effect (MDE). Area and altitude have not affected species richness in any of the mountain systems studied. The species composition in each point was converted to two NMS ordination axes, which explained 79% of data variation. The position of sampling sites relative to those axes could be explained by altitude. The MDE has not explained the species richness in any of the three mountain ranges. The species assemblage has been compared with that of other studies in the amazonic basin, and showed a distinct composition.

ÍNDICE

Introdução 1

Objetivos 9

Material e Métodos 11

Área de trabalho 11

Coleta de dados 14

Análise dos dados 16

Resultados 20

Discussão 31

Referências bibliográficas 36

Lista de tabelas

Tabela 1. Trabalhos usados para comparação da fauna de abelhas Euglossina 19

Tabela 2. Distribuição de cada espécie no gradiente altitudinal, para cada serra e no total. Média representa a média ponderada dos indivíduos em relação à altitude; N, o número de indivíduos coletados em cada serra 22

Tabela 3. Pontos de coleta. # = identificação dos pontos de coleta; Alt = Altitude em metros; N = Número de indivíduos coletados; Spp = Número de espécies coletadas; Spp2 = Número de espécies calculado pelo software SPECRICH; DP = Desvio Padrão calculado pelo software SPECRICH; Dur (h) = Duração da coleta, em horas; N/h = Número médio de indivíduos por hora de coleta; Lat = Latitude em graus; Long = Longitude em graus (números negativos indicam latitude sul e longitude oeste) 24

Tabela 4. Influência dos fatores altitude e serra, e da relação entre eles, na determinação da riqueza de abelhas nas três serras (gl = graus de liberdade; F = estatística F de Fischer; P = probabilidade de que a relação se deva ao acaso) 25

Lista de figuras

Figura 1. Localização das serras da Neblina, do Imeri e do Tapirapecó, onde as coletas de abelhas Euglossina foram realizadas, no norte do estado do Amazonas..... 1

Figura 2. Pontos de amostragem indicados em vermelho. Serra da Neblina (à esquerda): pontos 1 a 7 (de sul para norte); Serra do Imeri (no centro): pontos 8 a 14 (de sul para norte); Serra do Tapirapecó (à direita): pontos 15 a 18 (de oeste para leste). Imagem cedida pela WCS..... 13

Figura 3. Localização dos pontos de coleta nas serras da Neblina e do Imeri, município de Santa Isabel do Rio Negro/AM. O limite norte do Parque Nacional do Pico da Neblina coincide com a linha de fronteira com a Venezuela..... 13

Figura 4. Localização dos pontos de coleta na serra do Tapirapecó, município de Barcelos/AM 14

Figura 5. Imagem de relevo da área de estudo, com destaque para as três serras amostradas, onde foi medida a área referente a cada faixa altitudinal..... 18

Figura 6. Abundância das espécies coletadas, em ordem decrescente 21

Figura 7. Relação entre altitude e riqueza inferida pelo software SPECRICH, para cada um dos 18 pontos de amostragem. As linhas apresentam a menor distância para os pontos de cada serra 25

Figura 8. Intervalo de 95% de confiança (linhas pontilhadas) do efeito do domínio médio (MDE), previsto pelo embaralhamento de 10.000 sorteios de amplitudes aleatórias para todas as espécies das serras da Neblina (a), serra do Imeri (b) e serra do Tapirapecó (c) (feito no software Mid-Domain Null, McCain 2004). A linha com pontos indica a riqueza inferida pelo software SPECRICH, e a linha cheia sem pontos indica a riqueza média obtida no embaralhamento 26

Figura 9. Distribuição dos pontos de amostragem sobre os dois eixos da ordenação NMS. O tamanho dos símbolos é proporcional à altitude, apresentada em metros ao lado de cada ponto 27

Figura 10. Abundância de cada espécie, em cada serra, ao longo do gradiente altitudinal. Os eixos verticais usam escalas diferentes para cada espécie. Os pontos no alto identificam os pontos de coleta, apresentados na tabela 2 28

Figura 11. O eixo vertical é um resultado de ordenação NMS usando a distância Bray-Curtis para as composições das comunidades nos diferentes pontos. A análise foi feita em apenas um eixo de NMS (r2 = 0,56), aqui plotado contra a altitude, em metros 29

Figura 12. Resultado da ordenação NMS de vários levantamentos de Euglossina em diferentes regiões da Amazônia. Os símbolos são apresentados na Tabela 1..... 30

Introdução

As abelhas da subtribo Euglossina (Hymenoptera, Apidae), também conhecidas como abelhas das orquídeas, vêm sendo objeto de um número crescente de estudos nas últimas décadas (Roubik & Hanson, 2004). Chamam atenção não só pelas cores variadas e pelo brilho metálico apresentado por várias espécies, mas principalmente pelo comportamento dos machos de coletar substâncias odoríferas em flores e outras fontes naturais, armazenando-as em estruturas especiais localizadas nas tíbias posteriores (Eltz *et al.*, 1999). Acredita-se que este comportamento esteja envolvido na reprodução dessas abelhas, embora sua função ainda não seja bem compreendida (Cameron, 2004).

Até a década de 1970, as Euglossina eram ainda pouco representadas nas coleções entomológicas, devido à dificuldade com que são observadas na natureza. Tratava-se de um grupo desconhecido taxonômica e ecologicamente, até que Dodson *et al*. (1969) descobriram o efeito que certas substâncias odoríferas – terpenóides e substâncias aromáticas – têm sobre o comportamento dos machos: normalmente velozes e ariscos, eles são atraídos em grande número por essas substâncias e se tornam tão lentos e embriagados que podem ser coletados com as mãos (machos de himenópteros não têm ferrão, órgão derivado do aparelho ovipositor presente apenas nas fêmeas). A taxonomia do grupo sofreu grandes avanços desde então, mas ainda está longe de ter sido esclarecida. Diversas espécies novas aguardam descrição, e os dois maiores gêneros – *Euglossa* Latreille,

1802 e *Eufriesea* Cockerell, 1908 – que juntos contêm algo em torno de 160 espécies, ainda não possuem sequer uma chave de identificação eficiente. (Há uma chave razoável para *Eufriesea* em Kimsey, 1982.)

Na Amazônia brasileira, os trabalhos que investigam a diversidade de abelhas Euglossina vêm crescendo timidamente, com a maioria dos trabalhos se restringindo à região do Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais (PDBFF), situado a menos de 100 km ao norte de Manaus, próximo à BR-174 (Braga, 1976; Powell & Powell, 1987; Becker *et al*., 1991; Morato *et al*., 1992; Morato, 1994; Oliveira & Campos, 1995). Alguns outros trabalhos analisaram a fauna dessas abelhas em outras regiões da Amazônia brasileira (no Acre, Nemésio & Morato, 2004; Nemésio & Morato, 2005 e Morato & Oliveira, dados não publicados; em Roraima, Nemésio, 2005 e Oliveira *et al.*, no prelo; em Rondônia, Brown, dados não publicados).

Sistemática e distribuição

As 197 espécies de Euglossina hoje reconhecidas se distribuem em cinco gêneros (Ramírez *et al*., 2002):

- *Euglossa* Latreille, 1802 – abelhas pequenas a médias, entre 1 e 2 cm de comprimento, com línguas extremamente compridas, chegando a alcançar mais de duas vezes o tamanho corporal. São especialmente brilhantes, com cores que vão do verde metálico ao azul, cobre e violeta. Estão descritas 103 espécies.

- *Eulaema* Lepeletier, 1841 – abelhas grandes e peludas, negras, com ou sem listas amarelas ou brancas no metassoma, às vezes com brilho metálico restrito ao metassoma. São reconhecidas 26 espécies (Oliveira, 2006).
- *Eufriesea* Cockerell, 1908 – de tamanho intermediário entre as abelhas dos dois primeiros gêneros, apresentam colorações variadas, com várias cores comumente presentes no mesmo indivíduo. São mais pilosas que as *Euglossa*, mas menos que as *Eulaema*. São conhecidas 60 espécies.
- *Exaerete* Hoffmannsegg, 1817 – grandes como as *Eulaema*, porém mais esguias e com brilho verde metálico; pouco pilosas. Há sete espécies descritas (Anjos-Silva & Rebêlo, 2006). As espécies já estudadas são cleptoparasitas de ninhos de *Eufriesea* e de *Eulaema*.
- *Aglae* Lepeletier & Serville, 1825 – semelhante às *Exaerete*, mas de brilho azulado, emitindo um zumbido alto e característico enquanto voa (Cameron, 2004). É o único gênero monotípico, composto apenas de *Aglae caerulea*. São também cleptoparasitas, porém raras, tendo sido observadas apenas uma vez num ninho de *Eulaema* (Myers, 1935 *apud* Cameron, 2004).

As abelhas Euglossina têm distribuição Neotropical, sendo encontradas desde o sul dos Estados Unidos (Minckley & Reyes, 1996) até o norte da Argentina (Pearson & Dressler, 1985) e sul do Brasil (Wittmann *et al*., 1988), além de algumas ilhas do Caribe, como Jamaica e Trinidad (Roubik & Hanson, 2004). Ocorrem principalmente em ambientes florestais, mas várias espécies também habitam ambientes abertos. Segundo Ramírez *et al*. (2002), essas abelhas são encontradas desde o nível do mar até 3.000 metros de altitude, embora a maioria das espécies fique restrita a pequenas elevações.

Ecologia

Sabe-se que as fêmeas são capazes de viajar dezenas de quilômetros na busca de alimento e material para construção e aprovisionamento dos ninhos (Janzen, 1981). Os machos, sem necessidade de retornar diariamente ao mesmo ninho, provavelmente cobrem áreas ainda maiores.

Tanto machos como fêmeas de Euglossina visitam flores de pelo menos 69 famílias e mais de 200 gêneros. Os machos, em busca de néctar e substâncias odoríferas; as fêmeas, buscando pólen, néctar e resina (Roubik & Hanson, 2004 e referências aí contidas). São polinizadores de um número ainda desconhecido, embora crescente, de plantas da região Neotropical, entre elas epífitas raras e árvores de grande porte, cujos indivíduos podem estar separados por longas distâncias (Janzen, 1971).

Ainda não se sabe a razão da coleta de substâncias odoríferas pelos machos de Euglossina, embora seja claro que este hábito é central em seu comportamento. Os machos apresentam estruturas especializadas nos três pares de patas, adaptadas para raspar, transferir e armazenar essas substâncias. O armazenamento se dá em um órgão localizado nas tíbias posteriores que se abre para o exterior através de uma fenda e que, internamente, é semelhante a uma esponja (Roubik & Hanson, 2004). Diversas substâncias são armazenadas no interior dessas estruturas, aparentemente sem modificação durante toda a vida do inseto (Cameron, 2004).

Aparentemente, as substâncias odoríferas coletadas têm papel na atração sexual (Williams, 1982; Peruqueti, 2000) e, talvez, na atração de outros machos para a formação de “leks” (Kimsey, 1980). Eltz *et al*. (1999) sugerem que as substâncias são específicas para cada espécie de Euglossina; as fêmeas selecionariam os machos que carregassem um determinado espectro de substâncias, dando preferência a uma determinada combinação de variedade e intensidade dos odores (Eltz *et al*., 2003). Esses indicariam às fêmeas a "qualidade" daquele indivíduo, ou sua habilidade em viver bastante tempo e lembrar-se das localizações das variadas fontes dessas substâncias, alcançando-as antes de seus concorrentes e evitando predadores (Dressler, 1982; Cameron, 2004). Todos esses atributos indicariam, assim, uma genética saudável e desejável para a prole.

O papel das orquídeas

Entre as diferentes fontes de substâncias odoríferas usadas pelos machos de abelhas Euglossina, as orquídeas representam um papel de destaque. Elas constituem a mais numerosa família de plantas (mais de 10% das espécies de angiospermas são orquídeas – van der Pijl & Dodson, 1966 *apud* Cameron, 2004), com cerca de 20.000 espécies (Dressler, 1993; Souza & Lorenzi, 2005). Estima-se que 7.000 ocorram apenas na região Neotropical (Cameron, 2004) e 2.500 espécies (número conservativo) no Brasil (Dressler, 1981 *apud* Barros, 1998; Souza & Lorenzi, 2005). Estima-se que entre 600 e 700 espécies, em 55 gêneros, sejam polinizadas exclusivamente por abelhas Euglossina (Roubik & Hanson, 2004), o que incluiria todas as espécies de Stanhopeinae, Catasetinae, Zygopetalinae e

Coeliopsidinae [que Dressler (1993) inclui em Stanhopeinae], além de muitas espécies de Lycastinae e Maxillariinae e algumas Oncidiinae (Ramírez *et al*., 2002). Para se ter uma idéia, Roubik & Hanson (2004) listam 52 espécies de orquídeas (de 25 gêneros) associadas a euglossinas apenas no Panamá.

As orquídeas são mais diversificadas nas florestas tropicais de altitude, principalmente em altitudes superiores a mil metros (Dodson & Gillespie, 1967 *apud* Barros, 1998; Dressler, 1981). Barros (1998) cita estudos em diversas regiões já amostradas para orquídeas no planalto das Guianas e conclui que sua diversidade, aí, é inferior à dos Andes e dos campos rupestres do sudeste brasileiro, chegando a haver divergência entre diversos pesquisadores quanto à definição de uma "província botânica das Guianas" como algo separado da Amazônia. Ainda assim, o lado brasileiro das serras na fronteira com a Venezuela ainda foi pouco estudado.

Dada a forte relação entre as orquídeas e os machos de Euglossina, podemos imaginar que a maior riqueza de orquídeas em maiores elevações possa ter influenciado a riqueza dessas abelhas em ambientes de altitude. Além disso, as variações climáticas do pleistoceno poderiam ter causado o isolamento de populações tanto de orquídeas como de abelhas no conjunto de montanhas do extremo norte da Amazônia brasileira, aumentando a diversidade dessas abelhas na região, o que pode, por sua vez, ter influenciado a diversidade de outros grupos de plantas também visitados por machos e fêmeas desses insetos.

As serras do norte da Amazônia

As serras localizadas no extremo norte da Amazônia Brasileira constituem parte do chamado “pantepui”, um conjunto de serras geralmente com forma tabular, dispersas por uma extensa área de planície e isoladas geograficamente umas das outras e berço de inúmeros endemismos (Brewer-Carías, 1988). Até o momento nenhuma pesquisa foi realizada para investigar a diversidade de abelhas Euglossina na região. Maguire (1955) concluiu que as grandes altitudes do Pico da Neblina e regiões adjacentes poderiam abrigar até 50% de espécies endêmicas de plantas. Brewer-Carías (1988) registraram mais de mil espécies novas de diversos táxons no alto do divisor de águas binacional e nas serras do lado venezuelano. Mesmo assim, pouco se conhece sobre vários grupos biológicos nas encostas do lado brasileiro.

Em relação à diversidade de abelhas Euglossina em regiões de altitude, observou-se no Panamá e Costa Rica que esta seria maior na faixa dos 800 metros acima do nível do mar, onde se podem encontrar comunidades com até 50 espécies dessas abelhas (Roubik & Hanson, 2004). Contudo, pouco se sabe sobre um possível isolamento de suas populações em altitudes superiores, com a conseqüente formação de novas espécies.

Riqueza e altitude

Existem pelo menos duas hipóteses concorrentes a respeito da variação na riqueza de espécies ao longo de um gradiente altitudinal. Cada uma delas já foi testada e corroborada algumas vezes para alguns grupos de organismos, e a discussão ainda está longe de terminar.

A primeira hipótese consiste em que a diversidade tende a diminuir linearmente com o aumento da altitude, padrão que já foi observado para formigas (Brühl *et al*., 1999), árvores, mamíferos, répteis, alguns anfíbios e gafanhotos (citações em Stevens, 1992). Wolda (1987), em um estudo de onze anos com armadilhas luminosas para insetos também observou este padrão, sugerindo que o padrão oposto, descrito a seguir, teria sido um efeito do baixo esforço de coleta.

As razões que justificam essa hipótese são: 1) a abundância de áreas "fonte" que continuamente colonizam as baixas altitudes, mantendo sua diversidade apesar de flutuações ou extinções locais; e 2) a severidade das variações climáticas nas altitudes superiores, que impede a colonização pelas espécies adaptadas às condições mais amenas encontradas abaixo.

A segunda hipótese, o chamado efeito do domínio médio, prediz que a diversidade aumenta com a altitude até certo ponto, a partir de onde torna a decair, padrão observado em estudos com borboletas (Holloway *et al*., 1990; Fleishman *et al*., 1998), samambaias e musgos (Rosenzweig, 1995), aves (Terborgh, 1977), artrópodes de dossel (Gagné, 1979) e de sub-bosque (Janzen, 1973, Janzen *et al*., 1976). Olson (1994) observou este padrão para todos os grupos de artrópodes, embora tenha admitido que o padrão para formigas possa ter sido um efeito da metodologia empregada (Brühl *et al*., 1999; para uma revisão do assunto ver Rahbek, 1995). Contudo, esta hipótese pode também ser explicada apenas como o efeito geométrico da distribuição das espécies dentro de um gradiente; ou seja, apenas pelo acaso, a minoria das espécies se encontraria nos extremos de um gradiente, e a maioria seria encontrada nas porções médias (Colwell & Lees, 2000).

Outra razão aventada se refere à maior produtividade encontrada nas altitudes intermediárias, devido a uma relação favorável entre fotossíntese e respiração (Janzen, 1973, Janzen *et al*., 1976, Terborgh, 1977). Holloway *et al*. (1990) sugerem que fatores históricos, como as glaciações do pleistoceno, teriam diminuído as florestas de altitudes mais baixas, contribuindo negativamente para a diversidade nessas regiões.

Sanders *et al.* (2003), por outro lado, encontraram, para formigas em um ecossistema árido, um efeito contrário, ou seja, um aumento na riqueza de espécies com o aumento da altitude. Segundo os autores, o aumento de precipitação com a altitude teria causado uma diminuição no estresse ambiental, o que explicaria seus resultados.

O efeito de área, proposto inicialmente na teoria de biogeografia de ilhas de MacArthur e Wilson (1967), pode responder sozinho por boa parte da variação na riqueza de espécies ao longo do gradiente de elevação (Sanders, 2002), uma vez que a área tende a diminuir com o aumento na altitude. Curiosamente, no entanto, poucos trabalhos relacionaram a área disponível em cada faixa de altitude, testando a influência desse fator na determinação da riqueza das comunidades biológicas.

Objetivos

- Conhecer a fauna de abelhas Euglossina da região do Parque Nacional do Pico da Neblina;
- Avaliar a influência da altitude sobre a riqueza e composição das espécies de Euglossina amostradas;

- Testar a hipótese do MDE (Efeito do Domínio Médio) para essas abelhas ao longo de gradientes altitudinais;
- Avaliar a influência da área sobre a riqueza de Euglossina na região;
- Avaliar a influência da altitude sobre a temperatura e pluviosidade, e caso não coincidam, o efeito destas variáveis sobre a riqueza e composição dessas abelhas;
- Comparar a composição de espécies de Euglossina na área de trabalho com a observada em outros lugares na Amazônia.

Material e métodos

Área de trabalho

O Parque Nacional do Pico da Neblina estende-se do rio Negro, no noroeste do estado do Amazonas, Brasil, para o norte, até a fronteira com a Venezuela, abrangendo parte dos municípios de São Gabriel da Cachoeira e Santa Isabel do Rio Negro. O parque tem uma área aproximada de 22.000 km^2 ou 2,2 milhões de hectares, portanto maior que o estado de Sergipe (BRASIL, 1989).

A região apresenta três planos geológicos predominantes. O Planalto Sedimentar Roraima constitui-se de relevos tabulares esculpidos em rochas sedimentares do Pré-Cambriano. Suas altitudes variam de 1.200 a 3.014 m, culminando com o ponto mais alto do país - o Pico da Neblina. O Planalto do Interflúvio Amazonas-Orinoco, também formado de rochas sedimentares do Pré-Cambriano, é uma extensa área montanhosa, com altitudes variando de 600 a 2.000 m, e tendo como representantes, no interior do Parque Nacional, as Serras do Padre, Marié-Mirim e Imeri. O terceiro conjunto geológico encontrado na região é o Pediplano Rio Branco-Rio Negro, a porção mais baixa da área, com altitudes que vão de 80 a 160 m (BRASIL, 1989).

No parque estão localizadas a serra da Neblina (0º45’ N e 66º00’ W), e a serra do Imeri (0º30’ N e 65º30’ W), separadas por uma faixa de planície amazônica de cerca de 50 km de largura (Figura 1). A vegetação nessas serras varia de floresta ombrófila densa, matas de igapó e campinarana (também chamada caatinga

amazônica) nas partes baixas, até a vegetação anã, dominada por bromélias terrestres de grande porte (*Tylandsia*) a 2.000 metros de altitude, passando pelas florestas submontana, montana e a floresta nebular rica em orquídeas, bromélias e outras epífitas entre 1.500 e 2.000 metros (Brewer-Carias, 1988; BRASIL, 1989). Na serra do Imeri, a vegetação dominada por bromélias foi encontrada por volta de 1.000 metros de altitude, provavelmente devido às condições edáficas. A serra do Tapirapecó (1º15' N e 64º45' W), a nordeste do parque e também próxima à fronteira binacional, apresenta variação ambiental semelhante em relação à altitude.

O clima da região é tropical úmido, Af na classificação de Köppen, com temperaturas acima de 20ºC e pluviosidade em torno de 3.500 mm. A influência antrópica é mínima, estando restrita à proximidade de pequenas aldeias indígenas nas serras da Neblina e do Tapirapecó.

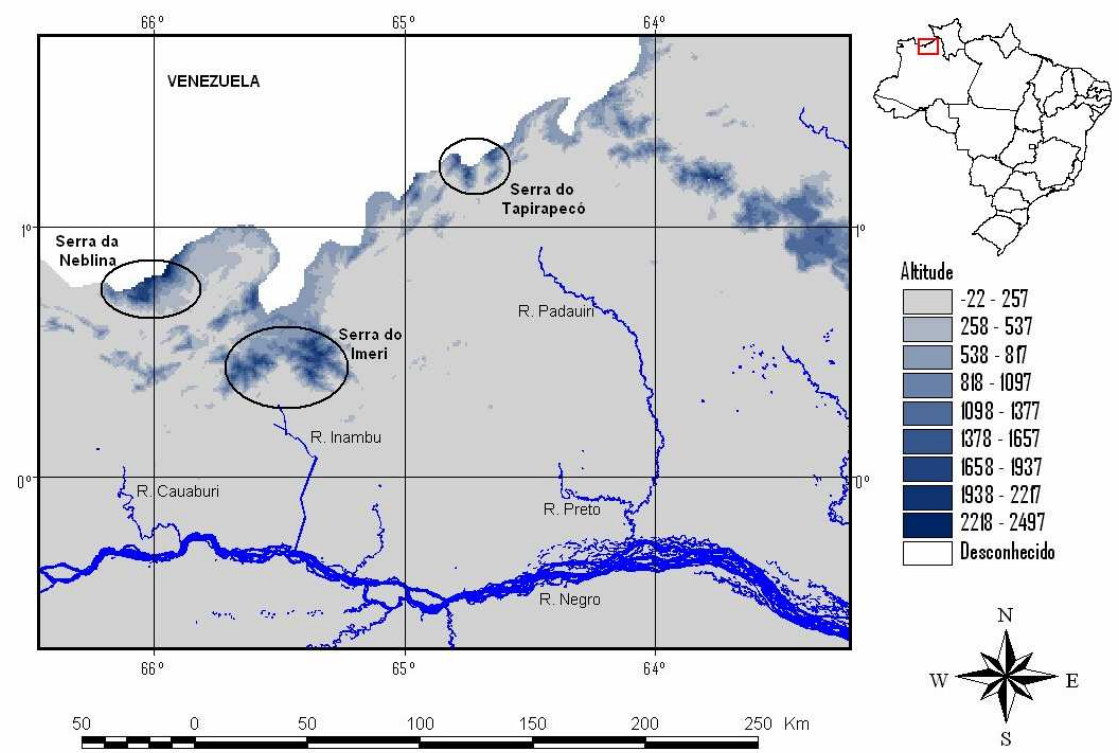

Figura 1. Localização das serras da Neblina, do Imeri e do Tapirapecó, onde as coletas de abelhas Euglossina foram realizadas, no norte do estado do Amazonas.

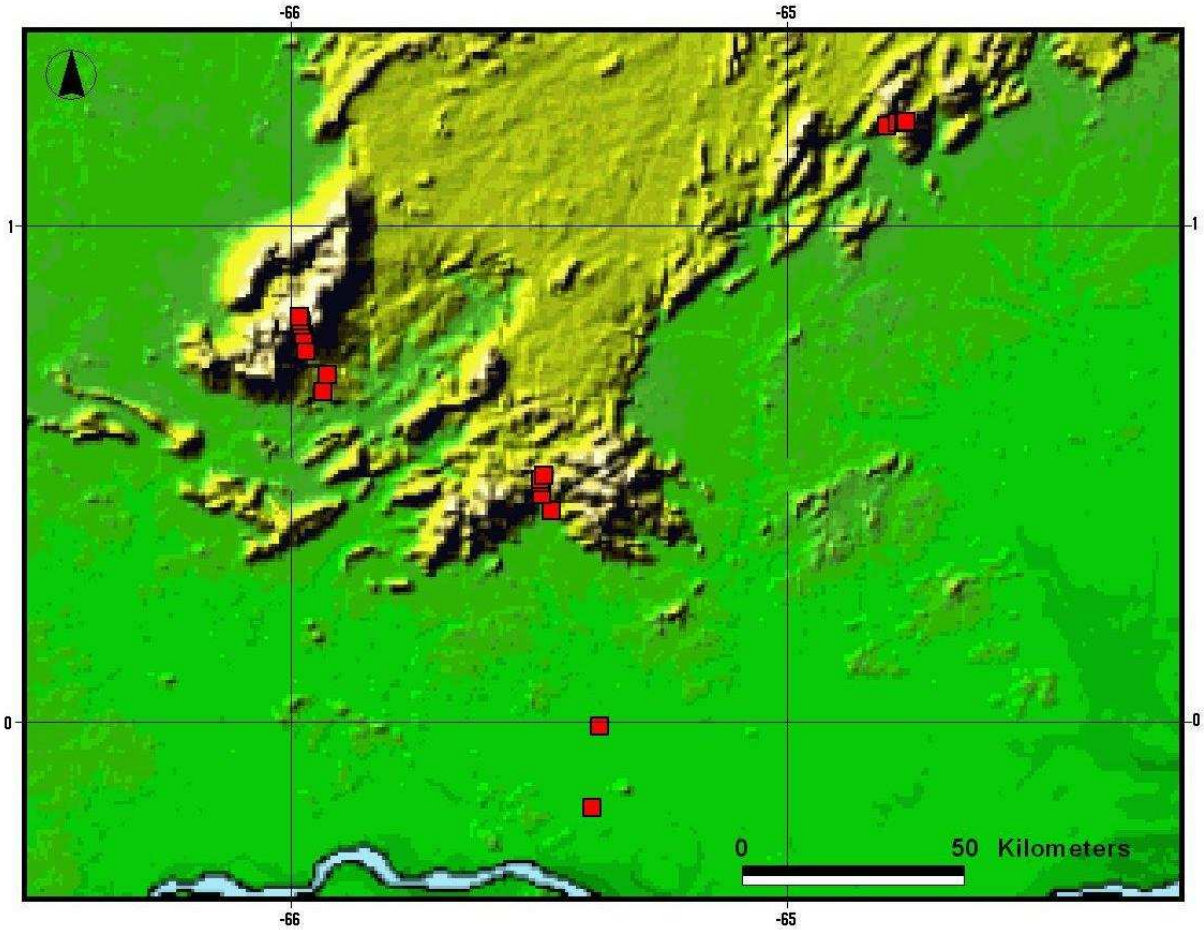

Figura 2. Pontos de amostragem indicados em vermelho. Serra da Neblina (à esquerda): pontos 1 a 7 (de sul para norte); Serra do Imeri (no centro): pontos 8 a 14 (de sul para norte); Serra do Tapirapecó (à direita): pontos 15 a 18 (de oeste para leste). Imagem cedida pela WCS.

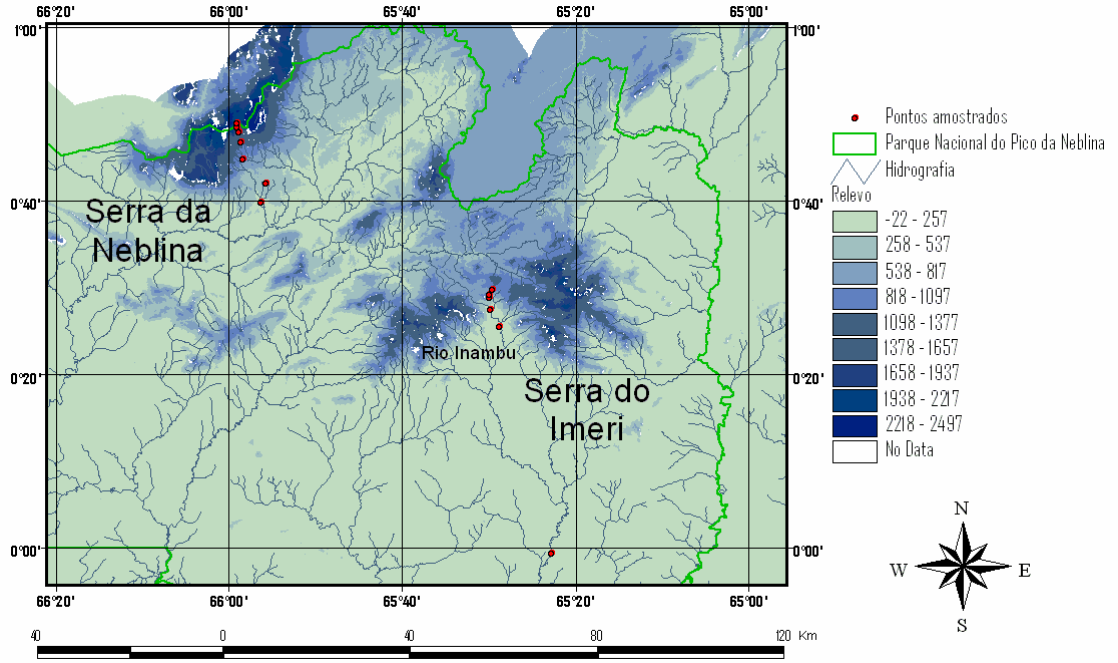

Figura 3. Localização dos pontos de coleta nas serras da Neblina e do Imeri, município de Santa Isabel do Rio Negro/AM. O limite norte do Parque Nacional do Pico da Neblina coincide com a linha de fronteira com a Venezuela.

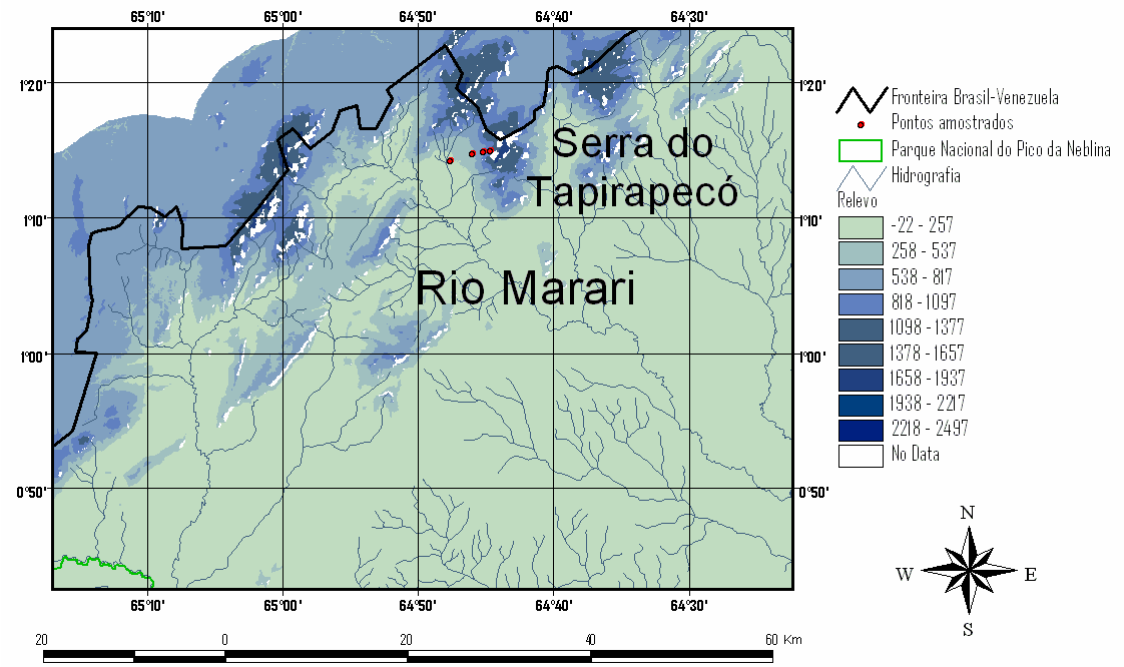

Figura 4. Localização dos pontos de coleta na serra do Tapirapecó, município de Barcelos/AM.

Coleta de dados

Foram estabelecidos 18 pontos de coleta distribuídos em três serras: Neblina, Imeri, e Tapirapecó (Figuras 2 a 4). Cada serra foi amostrada em diferentes altitudes. Apenas na serra do Imeri foram amostrados pontos afastados da serra (os dois pontos mais a sul). Apenas na serra da Neblina foram amostrados pontos acima de 1300 m. Esses pontos, 6 e 7, a 1780 m e 2150 m, respectivamente, apresentaram uma abundância extremamente baixa, comparada à dos demais pontos, e diversas análises foram feitas sem os mesmos (os pontos são apresentados na tabela 2, em resultados).

A serra da Neblina foi amostrada entre os dias 10/08 e 6/09/2005; a serra do Imeri entre os dias 22/09 e 13/10/2005; e a do Tapirapecó entre 28/09 e 18/10/2006. As coletas não foram realizadas em altitudes equivalentes nas diferentes serras

devido à dificuldade de acesso e logística. As abelhas de cada ponto foram amostradas durante todo o dia, das 8 às 16 horas, com algumas exceções devidas às condições meteorológicas ou à logística das coletas (às vezes era preciso terminar mais cedo para caminhar até o próximo ponto), até o máximo de 4 dias por ponto. O esforço de coleta em cada ponto é apresentado na Tabela 3 (p. 24).

Foram utilizadas cinco essências aromáticas como isca para atrair as abelhas: salicilato de metila, cineol (= eucaliptol), eugenol, acetato de benzila e vanilina. De 10 a 20 gotas de cada essência foram aplicadas em chumaços de algodão dispostos linearmente, nessa ordem. Os chumaços foram amarrados em um barbante esticado a cerca de 1,5 metro do chão, a 1,5 metro uns dos outros. Ao fim do dia, os chumaços eram retirados e queimados, para que não atraíssem abelhas antes do início das coletas da manhã seguinte.

As abelhas atraídas pelas iscas foram coletadas com rede entomológica, mortas em frasco mortífero com acetato de etila, separadas segundo a isca, horário, dia e local de coleta, e preservadas em envelopes de papel identificados e umedecidos com acetato de etila, dentro de potes plásticos hermeticamente fechados.

A altitude foi estimada pela média de várias medidas diferentes com aparelho de GPS (Global Positioning System) em diferentes dias. A temperatura média e a precipitação anual foram extraídas do banco de dados do WorldClim (WorldClim, 2007) e correlacionadas com a altitude através do teste de correlação de Pearson.

As abelhas foram identificadas em laboratório com auxílio de lupa, chaves de identificação, comparação com espécimes provenientes de coleções entomológicas e auxílio de especialista (Márcio Luiz Oliveira, co-orientador deste trabalho). Os espécimes serão depositados na coleção do INPA.

Análise dos dados

A riqueza de cada ponto de amostragem foi determinada pelo software SPECRICH (Hines, 2007), que computa o número total de espécies para um determinado local com base nos dados empíricos de abundância de cada espécie, segundo um método de múltiplos jackknifes, apresentado em Burnham e Overton (1979).

Para testar o efeito da altitude e serra sobre a riqueza, testou-se em primeiro lugar a homogeneidade dos ângulos (ou seja, se há interação entre esses fatores na determinação da riqueza). A relação entre esses fatores e a riqueza foi analisada por meio de ANCOVA (Análise de Covariância), sendo que os dois pontos mais altos da serra da Neblina foram excluídos, dada sua pequena abundância (3 indivíduos ao todo).

A composição da comunidade foi resumida a dois eixos de NMS (Non-metric Multidimensional Scaling, técnica de ordenação que permite medir todas as distâncias entre pontos com muitas variáveis, e diminuir essa distância a poucos eixos, que podem então ser projetados num gráfico e comparados com as variáveis ambientais que se pretende estudar). Para essa ordenação, foi usada a distância

Bray-Curtis (que desconsidera as numerosas ausências de espécies em cada ponto, agrupando-os pelas presenças comuns), após padronizar os dados para cada ponto de coleta, transformando as abundâncias das espécies de cada localidade em valores entre 0 e 1, sendo 0 ausência e 1 a abundância máxima em cada ponto, eliminando as diferenças de esforço amostral entre os pontos. A padronização e a ordenação foram feitas no software PC-ORD (McCune & Mefford 1999). Os dois pontos mais altos da serra da Neblina também foram excluídos dessa análise, pelo mesmo motivo exposto no parágrafo anterior.

A influência da altitude e serra sobre a composição das comunidades de abelhas (representada por dois eixos resultantes da ordenação) foi testada através de MANCOVA (Análise Multivariada de Covariância), segundo o modelo:

eixo1, eixo2 = constante + a*altitude + b*serra + c*serra*altitude

As análises de ANCOVA, regressão e MANCOVA foram realizadas no módulo *General Linear Model – GLM*, do software *Systat 8* (Wilkinson, 1998).

O efeito da teoria do MDE sobre a riqueza foi estimado com o software Mid-Domain Analysis (McCain 2004). Esse software cria comunidades hipotéticas alterando aleatoriamente a posição das espécies dentro do gradiente, mas mantendo suas amplitudes (i.e. a diferença entre a altitude máxima e a mínima em que a espécie foi coletada). O software cria um número estipulado de comunidades e, a partir delas, calcula o intervalo de 95% de confiança de que a distribuição observada seja devida ao acaso (ver Figura 8). A riqueza prevista pelo MDE foi

comparada com a riqueza obtida pelo software SPECRICH através de regressão linear dos quadrados mínimos (least-squares linear regression).

A imagem abaixo foi usada para analisar o efeito da área sobre a riqueza de espécies, por faixa altitudinal, em cada serra:

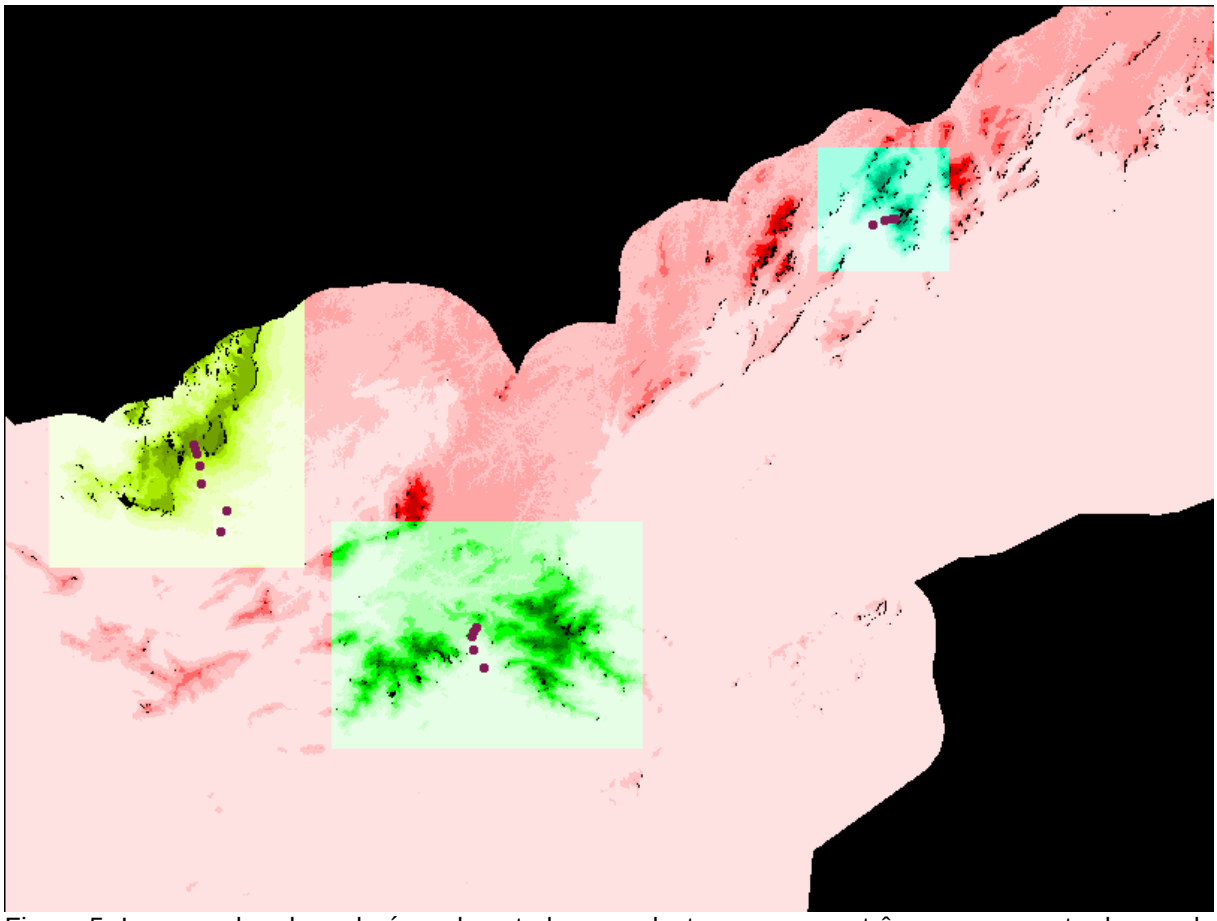

Figura 5. Imagem de relevo da área de estudo, com destaque para as três serras amostradas, onde foi medida a área referente a cada faixa altitudinal. (Fonte: Wildlife Conservation Society.)

Para testar a influência da área das cotas altitudinais sobre o número de espécies, foi estabelecida uma cota arbitrária de 200 metros ao redor de cada ponto de coleta, e a área de cada cota foi medida através do software ArcView (ESRI 1996), com a extensão GridPig (Hare 2003) e informações de relevo (cedidas pela WCS) (Figura 5). A relação entre a área de cada cota altitudinal e a riqueza em cada ponto foi testada com uma regressão linear simples.

A composição das comunidades das três serras foi comparada com a composição encontrada em outros trabalhos, através da presença/ausência das espécies, pelo método de ordenação NMS, usando a distância Bray-Curtis. As siglas para cada trabalho são apresentados na Tabela 1, seguidos da área de estudo e referência bibliográfica.

Tabela 1. Trabalhos usados para comparação da fauna de abelhas Euglossina.

SIGLA	LOCALIDADE	TRABALHO
COL (AMA, AND, ATL, ORI, PAC)	Colômbia (Amazonas, Andes, Atlântico, Orinoco e Pacífico)	Ramírez *et al*., 2002
RR	Roraima	Oliveira *et al.*, no prelo
AC1	Acre, região de Rio Branco	Nemésio & Morato, 2005
AC2-N, AC2-S	Acre, setores Norte e Sul do Parque Nacional da Serra do Divisor	E. F. Morato & M. L. Oliveira, dados não publicados
RO	Rondônia	J. C. Brown, dados não publicados
MAO1-14, MAO1-15	Manaus, PDBFF, áreas 1401 e 1501	Oliveira & Campos, 1995
MAO2-010, MAO2-100	Manaus, PDBFF, fragmentos de 10 e 100 hectares	Becker *et al*., 1991
MAO3-B, MAO3-D, MAO3-M	Manaus, PDBFF, área de borda, derrubada e mata	Morato, 1994
MAO4	Manaus, PDBFF	Morato *et al*., 1992
Peru	Reserva Tambopata, Madre de Dios, Peru	Dressler, 1984

Resultados

Espécies de abelhas Euglossina presentes na região das serras do alto e médio rio Negro ao longo de três gradientes altitudinais.

Foram coletadas ao todo 1959 abelhas dos gêneros *Euglossa* (1172 indivíduos de 32 espécies), *Eufriesea* (136 indivíduos de 7 espécies), *Eulaema* (580 indivíduos de 5 espécies) e *Exaerete* (71 indivíduos de 4 espécies), totalizando 48 espécies. Na serra da Neblina foram coletados 819 indivíduos de 32 espécies; na serra do Imeri foram coletados 496 indivíduos de 37 espécies, e no Tapirapecó, 644 indivíduos de 25 espécies.

As espécies mais abundantes (N > 100) foram *Euglossa orellana* (321 indivíduos), *Euglossa ignita* (288), *Eulaema meriana* (249), *Eulaema peruviana* (215) e *Euglossa imperialis* (132). As menos abundantes foram *Eufriesea ornata*, *Eufriesea* formosa, *Euglossa avicula*, *Euglossa gaianii*, *Euglossa magnipes*, *Euglossa mourei*, *Euglossa* gr. *decorata* e *Euglossa* gr. *cordata*, com apenas um indivíduo cada. Quinze outras espécies tiveram abundância menor que 10 indivíduos. O histograma de freqüência é apresentado na Figura 6.

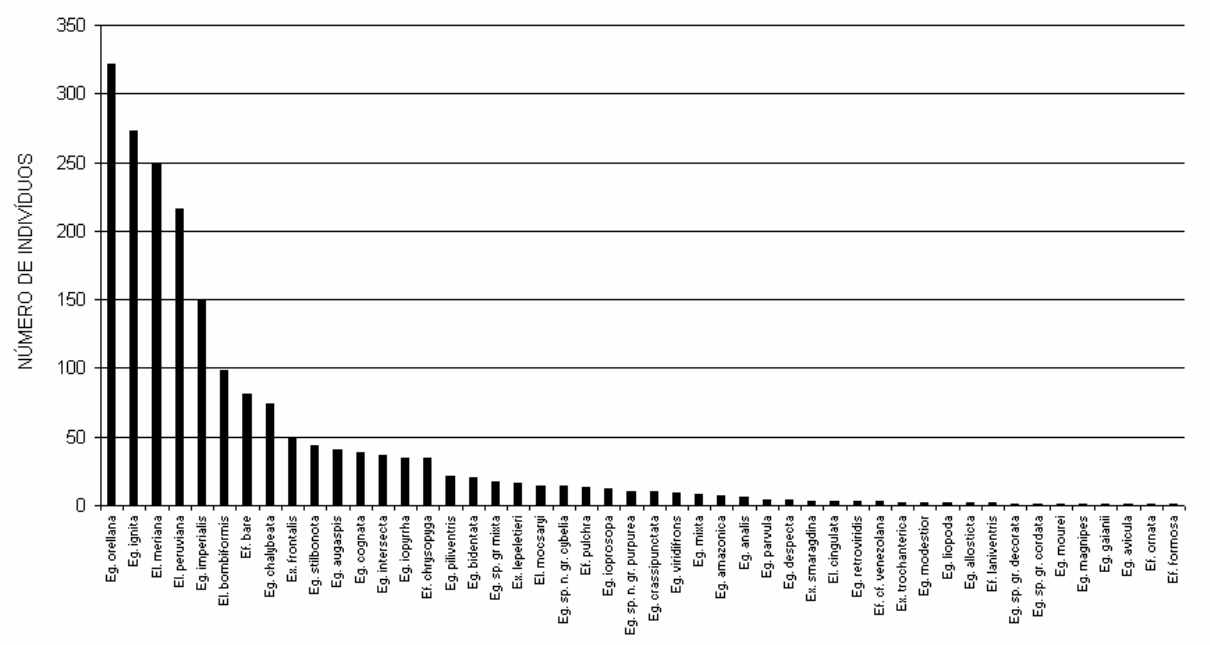

Figura 6. Abundância das espécies coletadas, em ordem decrescente.

A Tabela 2, a seguir, apresenta as espécies coletadas durante o trabalho, com informações sobre a distribuição altitudinal para cada serra e no geral.

Tabela 2. Distribuição de cada espécie no gradiente altitudinal, para cada serra e no total. Média representa a média ponderada dos indivíduos em relação à altitude; N, o número de indivíduos coletados em cada serra.

Serras	Serra 1 - Neblina				Serra 2 - Imeri				Serra 3 - Tapirapecó				Total	
Altitude	Min	Max	Média	N	Min	Max	Média	N	Min	Max	Média	N	Min	Max
Eufriesea bare González & Gaiani, 1989	-	-	-	0	50	1140	484	19	200	800	403	62	50	1140
Eufriesea chrysopyga (Mocsary, 1898)	1085	1085	1085	2	525	1140	1000	17	500	1200	856	16	500	1200
Eufriesea formosa (Mocsáry, 1908)	-	-	-	0	910	910	910	1	-	-	-	0	910	910
Eufriesea laniventris (Ducke, 1902)	-	-	-	0	100	910	505	2	-	-	-	0	100	910
Eufriesea ornata (Mocsáry, 1896)	-	-	-	0	-	-	-	0	200	200	200	1	200	200
Eufriesea pulchra (Smith, 1854)	890	1085	939	8	100	1140	686	5	-	-	-	0	100	1140
Eufriesea cf. *venezolana*	-	-	-	0	910	1140	1063	3	-	-	-	0	910	1140
Euglossa (Euglossa) avicula Dressler, 1982	125	125	125	1	-	-	-	0	-	-	-	0	125	125
Euglossa (Euglossa) amazonica Dressler, 1982	-	-	-	0	100	525	242	3	200	500	275	4	100	525
Euglossa (Euglossa) analis Westwood, 1840	890	890	890	2	130	525	426	4	-	-	-	0	130	890
Euglossa (Euglossa) bidentata Dressler, 1982	125	1085	678	11	130	1140	430	6	200	500	300	3	125	1140
Euglossa (Euglossa) cognata Moure, 1970	125	1085	809	31	130	1140	753	8	-	-	-	0	125	1140
Euglossa (Euglossa) despecta Moure, 1968	450	890	743	3	-	-	-	0	200	200	200	1	200	890
Euglossa (Euglossa) gaianii Dressler, 1982	125	125	125	1	-	-	-	0	-	-	-	0	125	125
Euglossa (Euglossa) ioprosopa Dressler, 1982	890	1085	939	8	1140	1140	1140	3	200	200	200	1	200	1140
Euglossa (Euglossa) iopyrrha Dressler, 1982	125	1780	996	25	525	1140	1019	7	200	800	600	3	125	1780
Euglossa (Euglossa) liopoda Dressler, 1982	125	125	125	2	-	-	-	0	-	-	-	0	125	125
Euglossa (Euglossa) magnipes Dressler, 1982	-	-	-	0	525	525	525	1	-	-	-	0	525	525
Euglossa (Euglossa) mixta Friese, 1899	-	-	-	0	-	-	-	0	200	500	313	8	200	500
Euglossa (Euglossa) modestior Dressler, 1982	-	-	-	0	50	50	50	2	-	-	-	0	50	50
Euglossa (Euglossa) mourei Dressler, 1982	125	125	125	1	-	-	-	0	-	-	-	0	125	125
Euglossa (Euglossa) retroviridis Dressler, 1982	890	1085	988	2	130	130	130	1	-	-	-	0	130	1085
Euglossa (Glossura) chalybeata Friese, 1925	125	1085	581	36	50	1140	580	38	-	-	-	0	50	1140
Euglossa (Glossura) ignita Smith, 1874	125	1085	686	98	50	1140	191	57	200	800	332	118	50	1140
Euglossa (Glossura) imperialis Cockerell, 1922	125	890	762	109	50	1140	331	24	200	800	500	17	50	1140
Euglossa (Glossura) orellana Roubik, 2004	125	1330	941	212	50	1140	344	49	200	800	520	61	50	1330
Euglossa (Glossura) piliventris Guérin, 1845	125	890	569	14	50	525	446	6	200	200	200	1	50	890
Euglossa (Glossurella) allosticta Moure, 1969	890	890	890	1	100	100	100	1	-	-	-	0	100	890
Euglossa (Glossurella) augaspis Dressler, 1982	125	890	462	22	50	525	185	19	-	-	-	0	50	890
Euglossa (Glossurela) crassipunctata Moure, 1968	125	890	699	4	50	525	156	6	-	-	-	0	50	890
Euglossa (Glossurella) parvula Dressler, 1982	125	125	125	1	50	50	50	2	500	500	500	1	50	500
Euglossa (Glossurella) stilbonota Dressler, 1982	450	890	827	21	50	1140	667	22	800	800	800	1	50	1140
Euglossa (Glossurella) viridifrons Dressler, 1982	-	-	-	0	50	130	82	9	-	-	-	0	50	130
Euglossa (Glossuropoda) intersecta Latreille, 1938	125	450	288	2	-	-	-	0	200	1200	340	35	125	1200

Serras (cont.)	Serra 1 - Neblina				Serra 2 - Imeri				Serra 3 - Tapirapecó				Total	
Altitude	Min	Max	Média	N	Min	Max	Média	N	Min	Max	Média	N	Min	Max
Euglossa sp. gr. *cordata*	-	-	-	0	50	50	50	1	-	-	-	0	50	50
Euglossa sp. gr. *decorata*	-	-	-	0	1140	1140	1140	1	-	-	-	0	1140	1140
Euglossa sp. gr. *mixta*	125	890	176	15	100	100	100	2	-	-	-	0	100	890
Euglossa sp. n. gr. *cybelia*	1085	1330	1183	10	1140	1140	1140	3	500	500	500	1	500	1330
Euglossa sp. n. gr. *purpurea*	1085	1330	1112	9	-	-	-	0	800	800	800	1	800	1330
Eulaema (Eulaema) bombiformis (Packard, 1869)	125	1085	768	33	50	1140	435	50	200	800	360	15	50	1140
Eulaema (Apeulaema) cingulata (Fabricius, 1804)	-	-	-	0	-	-	-	0	800	800	800	3	800	800
Eulaema (Eulaema) meriana (Olivier, 1789)	125	1780	671	72	50	1140	365	72	200	1200	425	105	50	1780
Eulaema (Apeulaema) mocsaryi (Friese, 1899)	125	2150	823	4	50	1140	307	9	200	200	200	1	50	2150
Eulaema (Eulaema) peruviana Friese, 1903	125	1330	919	38	525	1140	1027	17	200	1200	653	161	125	1330
Exaerete frontalis (Guérin, 1845)	125	890	572	21	50	1140	193	21	200	800	463	8	50	1140
Exaerete lepeletieri Oliveira & Nemésio, 2003	-	-	-	0	-	-	-	0	200	500	219	16	200	500
Exaerete smaragdina (Guérin-Méneville, 1845)	-	-	-	0	50	100	67	3	-	-	-	0	50	100
Exaerete trochanterica (Friese, 1900)	-	-	-	0	50	50	50	2	-	-	-	0	50	50
Total				**819**				**496**				**644**		

Efeito da altitude e serra sobre a riqueza e composição das comunidades de Euglossina.

Os pontos amostrados são apresentados na Tabela 3, com informações sobre a altitude, abundância, riqueza de espécies e riqueza de espécies inferida, esforço amostral, abundância por hora e coordenadas geográficas. Os pontos são mostrados nas Figuras 2 a 4.

Tabela 3. Pontos de coleta. # = identificação dos pontos de coleta; Alt = Altitude em metros; N = Número de indivíduos coletados; Spp = Número de espécies coletadas; Spp2 = Número de espécies calculado pelo software SPECRICH; DP = Desvio Padrão calculado pelo software SPECRICH; Dur (h) = Duração da coleta, em horas; N/h = Número médio de indivíduos por hora de coleta; Lat = Latitude em graus; Long = Longitude em graus (números negativos indicam latitude sul e longitude oeste).

#	Serra	Alt	N	Spp	Spp2	DP	Dur(h)	N/h	Lat	Long
1	Neblina	125	106	22	31.0	4.2	19.07	5.56	0.6650	-65.9360
2		450	94	14	16.0	2.0	24.93	3.77	0.7003	-65.9276
3		890	487	23	27.0	2.8	27.72	17.57	0.7470	-65.9710
4		1085	106	15	19.0	2.8	26.22	4.04	0.7800	-65.9750
5		1330	23	5	6.0	1.4	18.80	1.22	0.7990	-65.9800
6		1780	2	2	10.0	6.4	12.38	0.16	0.8089	-65.9825
7		2150	1	1	5.1	4.5	19.92	0.05	0.8160	-65.9830
8	Imeri	50	109	19	24.0	3.2	16.00	6.81	-0.1722	-65.3948
9		52	26	9	37.3	11.9	6.28	4.14	-0.0096	-65.3784
10		100	45	14	19.0	3.2	16.22	2.77	0.4262	-65.4768
11		130	91	15	17.0	2.0	9.00	10.11	0.4589	-65.4954
12		525	88	21	26.0	3.2	25.52	3.45	0.4828	-65.4975
13		910	46	15	21.0	3.5	22.42	2.05	0.4892	-65.4966
14		1140	91	20	25.0	3.2	24.33	3.74	0.4980	-65.4903
15	Tapira-pecó	200	249	19	26.8	4.3	27.67	9.00	1.2004	-64.7990
16		500	236	16	48.8	12.6	30.08	7.84	1.2075	-64.7776
17		800	135	14	16.0	2.0	28.87	4.68	1.2087	-64.7662
18		1200	24	4	5.0	1.4	19.08	1.26	1.2101	-64.7600

Temperatura e Pluviosidade anual

A temperatura variou linearmente com a altitude ($r = -0.969$; $p < 0.001$). O mesmo ocorreu com a pluviosidade anual ($r = 0.649$; $p = 0.007$). Por isso, apenas a influência da altitude sobre a riqueza e composição de espécies foi analisada.

Riqueza vs. Altitude e Serra

A riqueza não foi afetada pela interação entre altitude e serra (F = 1,62; gl = 2, 10; p = 0,247) (Tabela 4).

Tabela 4. Influência dos fatores altitude e serra, e da relação entre eles, na determinação da riqueza de abelhas nas três serras (gl = graus de liberdade; F = estatística F de Fischer; P = probabilidade de que a relação se deva ao acaso).

Fonte de variação	Soma dos quadrados	gl	Média quadrática	F	P
SERRA	291.939	2	145.970	1.453	0.279
ALTITUDE	565.867	1	565.867	5.634	0.039
SERRA*ALTITUDE	324.644	2	162.322	1.616	0.247
Erro	1004.394	10	100.439		

A riqueza não foi afetada pela altitude quando as três serras foram analisadas em conjunto (F = 4,17; gl = 1, 14; p = 0,061), nem quando foram analisadas separadamente (Neblina: r^2 = 0,476; F = 2,72; gl = 1, 3; p = 0,197; Imeri: r^2 = 0,010; F = 0,05; gl = 1, 5; p = 0,832; Tapirapecó: r^2 = 0,483; F = 1,87; gl = 1, 2; p = 0,305) (Figura 7).

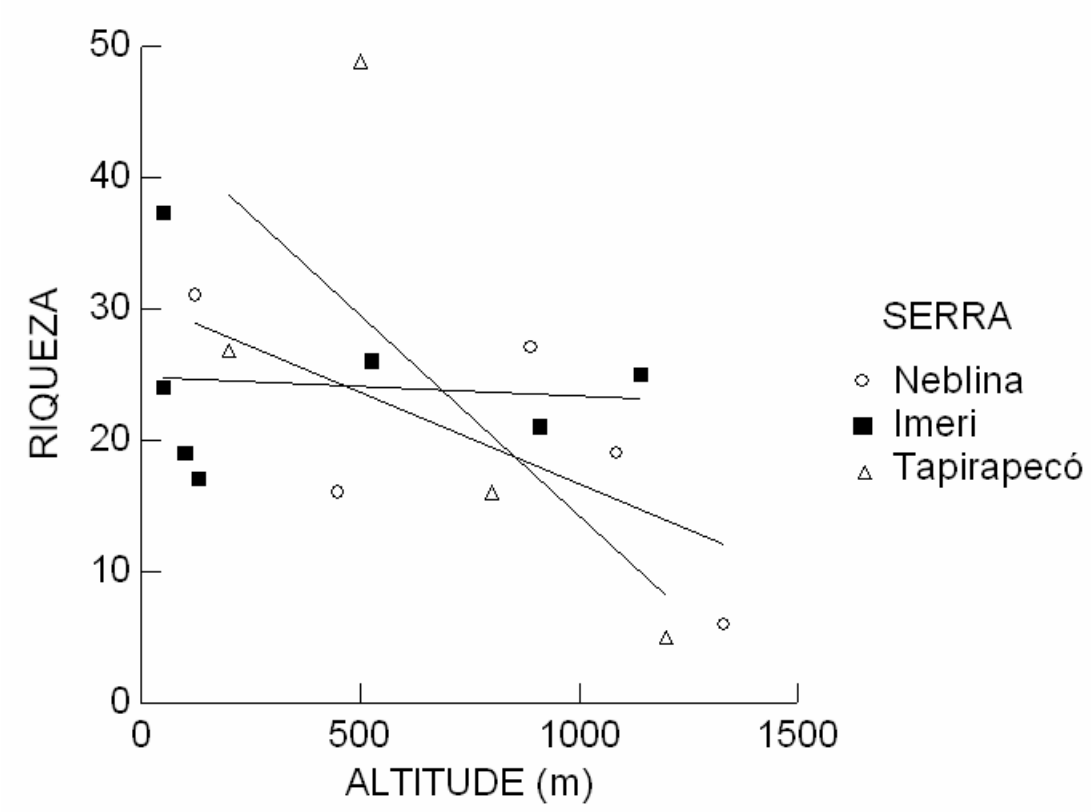

Figura 7. Relação entre altitude e riqueza inferida pelo software SPECRICH, para cada um dos 18 pontos de amostragem. As linhas apresentam a menor distância para os pontos de cada serra.

Efeito do Domínio Médio (MDE)

A hipótese do MDE não forneceu uma explicação significativa para a riqueza nas três serras (Figura 8; F = 1,34; gl = 1, 16; p = 0,264). Nas três serras os pontos mais baixos tiveram uma riqueza maior que a esperada pelo acaso (numa margem de 95% de confiança).

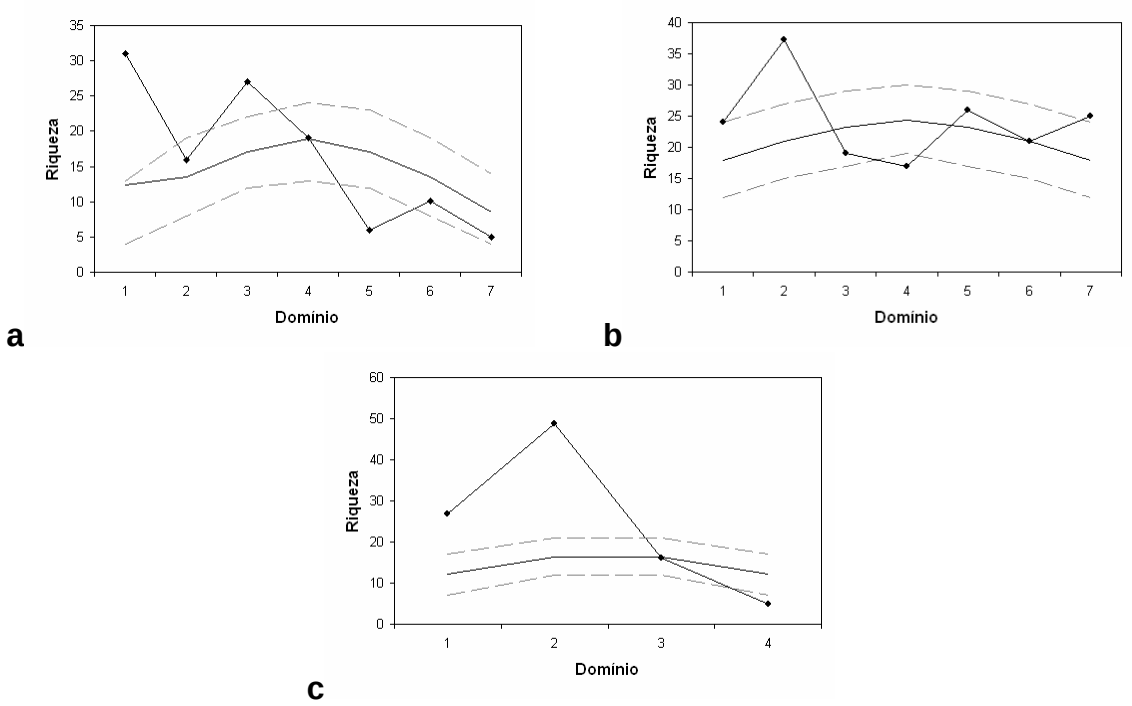

Figura 8. Intervalo de 95% de confiança (linhas pontilhadas) do efeito do domínio médio (MDE), previsto pelo embaralhamento de 10.000 sorteios de amplitudes aleatórias para todas as espécies das serras da Neblina (a), serra do Imeri (b) e serra do Tapirapecó (c) (analisado no software Mid-Domain Null, McCain 2004). A riqueza equivale ao número de espécies previsto para cada ponto; Domínio corresponde não-linearmente ao gradiente altitudinal de cada serra. A linha com pontos indica a riqueza inferida pelo software SPECRICH, e a linha cheia sem pontos indica a riqueza média obtida no embaralhamento.

Composição

A composição da comunidade em cada ponto de amostragem foi resumida a dois eixos de ordenação NMS, que captaram 79,2% da variação da matriz de distâncias de Bray-Curtis (Figura 9). Os pontos mais altos de cada serra mostraram-

se afastados, ao contrário dos pontos baixos. O eixo 1 do NMS explicou 35% da variação encontrada, e o eixo 2 explicou 44,2%.

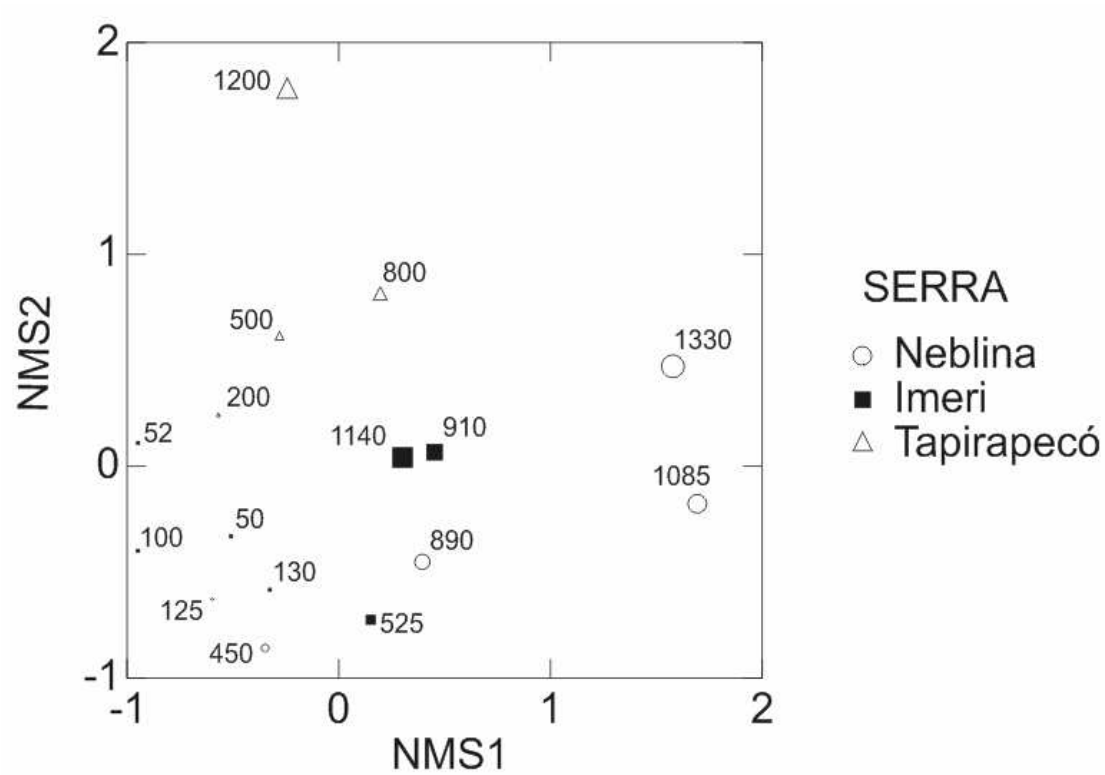

Figura 9. Distribuição dos pontos de amostragem sobre os dois eixos da ordenação NMS. O tamanho dos símbolos é proporcional à altitude, apresentada em metros ao lado de cada ponto.

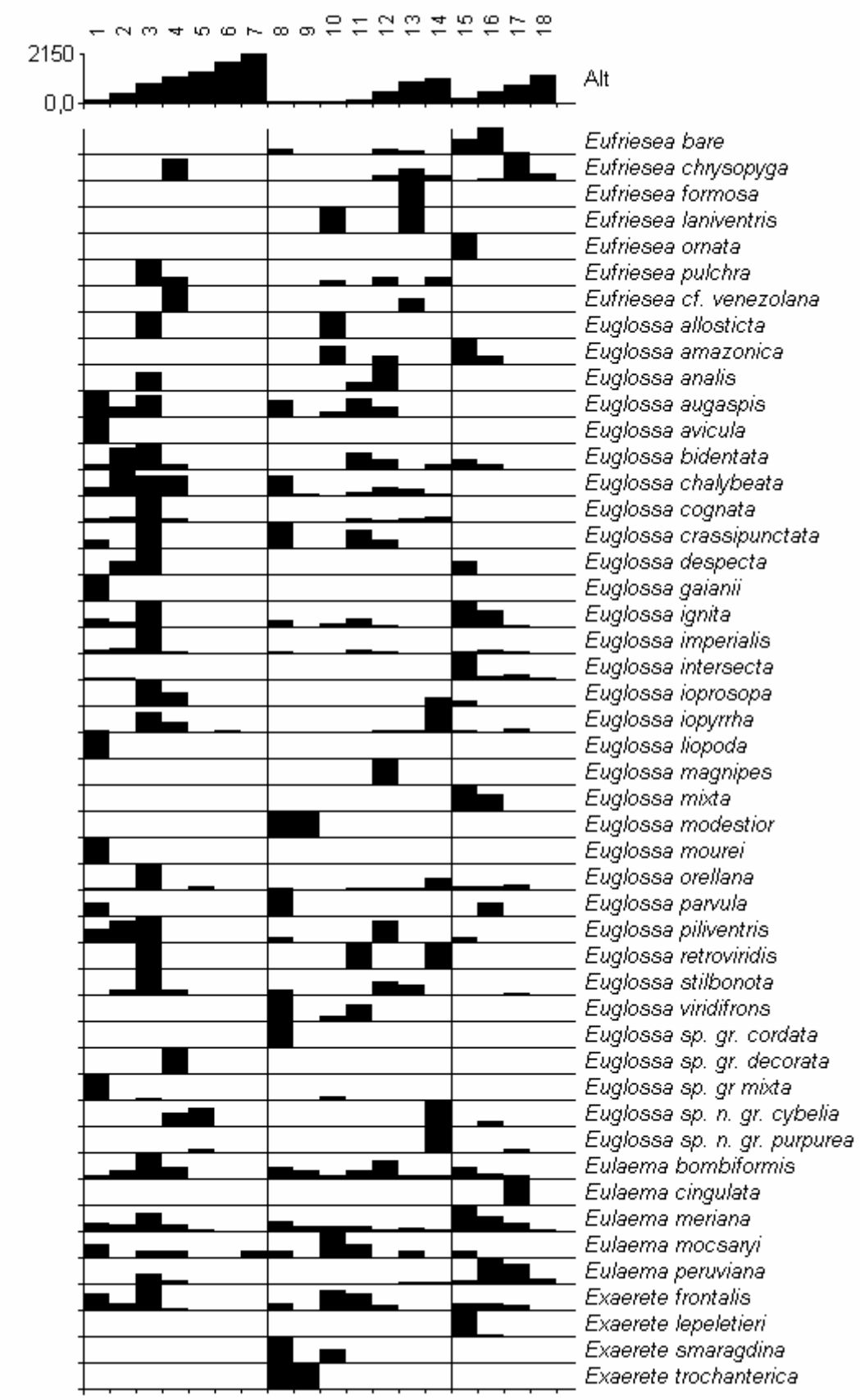

Figura 10. Abundância de cada espécie, em cada serra, ao longo do gradiente altitudinal. Os eixos verticais usam escalas diferentes para cada espécie. Os pontos no alto identificam os pontos de coleta, apresentados na Tabela 2.

Composição vs. Altitude e Serra

A altitude apresentou efeito significativo sobre a mudança na composição das espécies (F = 41,46; gl = 1, 14; p < 0.001). Houve interação significativa entre as variáveis serra e altitude (F = 5,391; gl = 2, 10; p = 0,026), indicando que a influência da altitude sobre a composição das comunidades não segue a mesma tendência nas três serras (Figura 11).

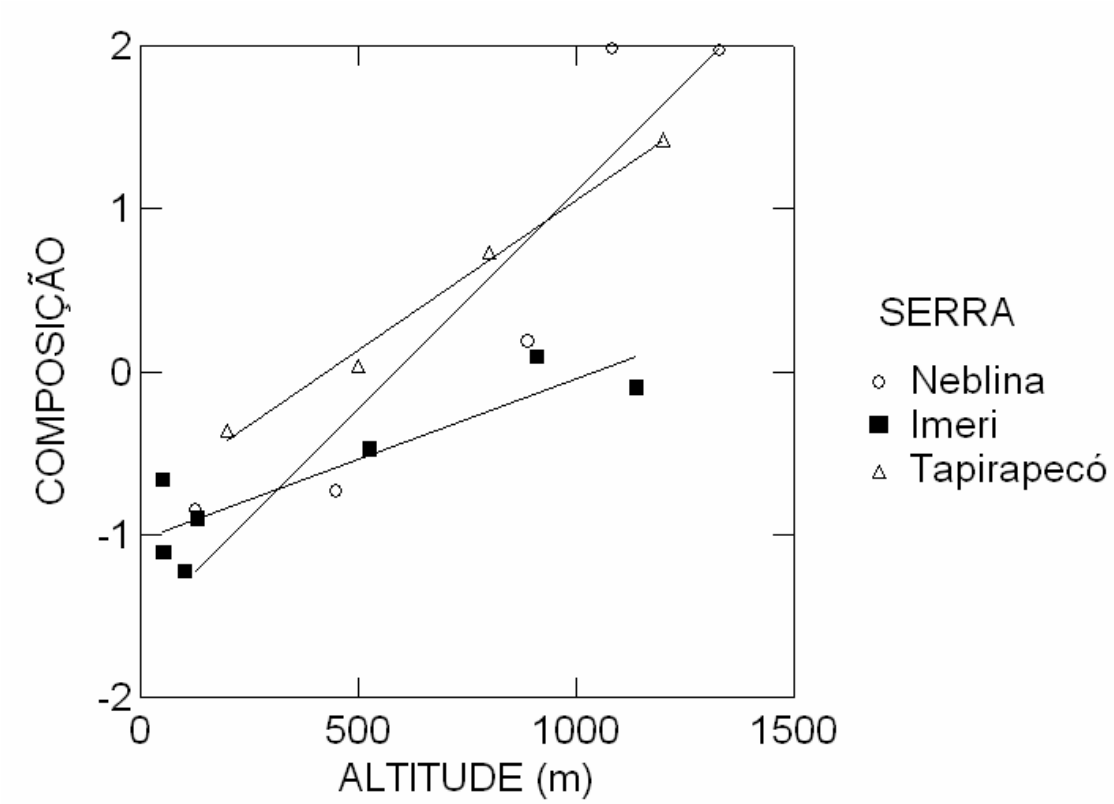

Figura 11. O eixo vertical é um resultado de ordenação NMS usando a distância Bray-Curtis para as composições das comunidades nos diferentes pontos. A análise foi feita em apenas um eixo de NMS (r^2 = 0,56), aqui plotado contra a altitude, em metros.

Comparação com outros trabalhos

A Figura 12 mostra o resultado da comparação com outros trabalhos na região Amazônica. Pode-se observar uma fauna distinta daquela observada em Manaus ou em outros estados brasileiros.

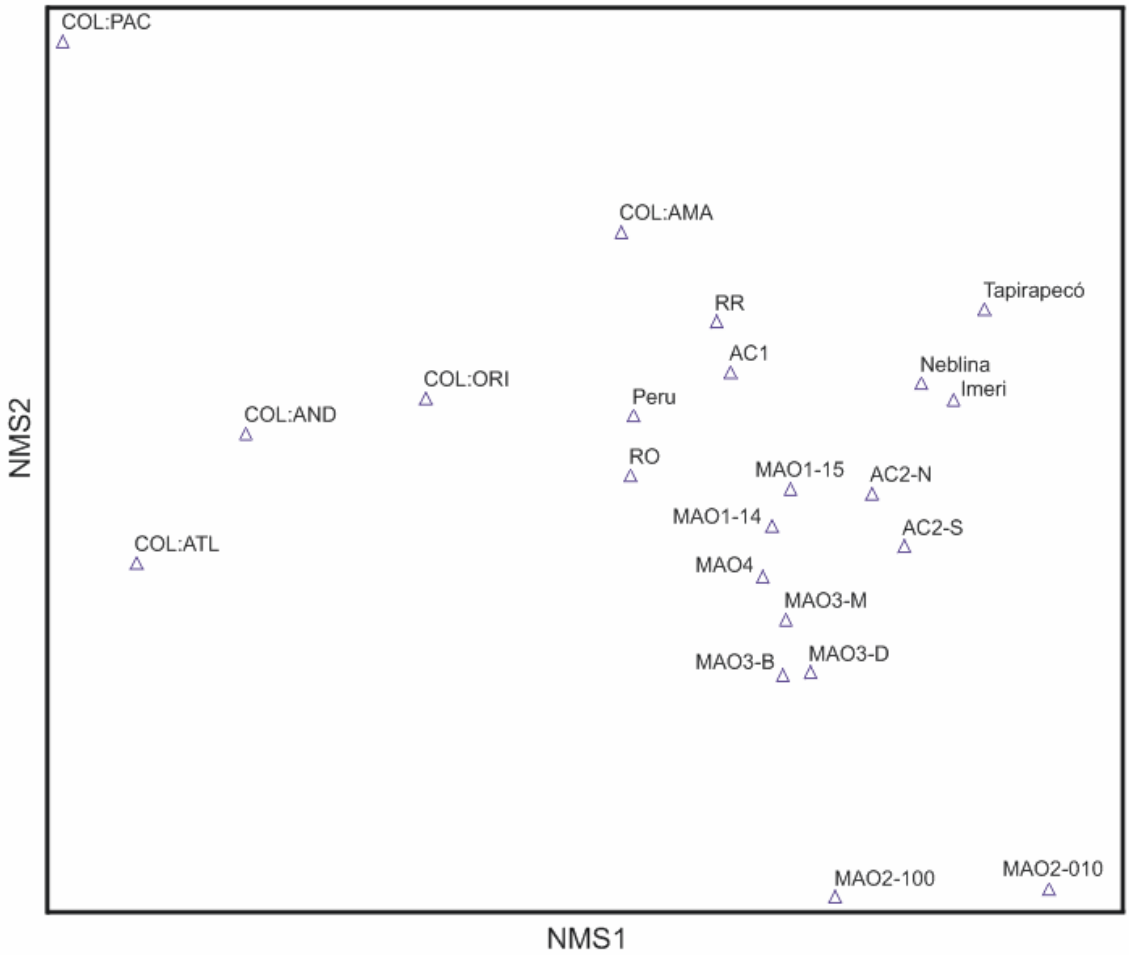

Figura 12. Resultado da ordenação NMS de vários levantamentos de Euglossina em diferentes regiões da Amazônia. Os símbolos são apresentados na Tabela 1.

Discussão

Comparando-se os resultados deste trabalho com outros trabalhos realizados na região amazônica (Morato *et al*., 1992; Morato 1994; Oliveira & Campos, 1995; Nemésio & Morato, 2004; Nemésio & Morato, 2005), chegamos à conclusão que a fauna de abelhas Euglossina do Parque Nacional do Pico da Neblina e serras adjacentes é relativamente rica. Oliveira & Campos (1995), após um ano de coletas quinzenais numa floresta contínua perto de Manaus, coletaram 38 espécies, apenas uma a mais do que foi coletado na serra do Imeri em 20 dias. Nemésio & Morato (2005) listam 46 espécies (duas a menos que este trabalho) para quatro reservas no estado do Acre, três das quais foram amostradas mensalmente durante quase dois anos.

Das 48 espécies coletadas nas três serras, duas parecem ser novas para a ciência. Duas outras não haviam até então sido coletadas no Brasil, *Eufriesea bare* (descrita para a Venezuela) e *Ef. chrysopyga* (descrita para a Bolívia); e uma terceira, *Eulaema peruviana*, no Brasil, só era conhecida da serra do Navio no Amapá (Oliveira, 2006). Todas elas parecem ser exclusivas de ambientes serranos, tendo sido recentemente registradas também para as serras de Pacaraima e o *tepuy* de Tepequém, no estado de Roraima (Oliveira *et al.*, no prelo).

O histograma de freqüência corrobora a curva observada por outros autores, de poucas espécies abundantes e a maioria rara (Roubik & Hanson 2004). Considerando-se a raridade da maioria das espécies coletadas (Figura 6), e levando-se em conta o pequeno período de amostragem e a sazonalidade de certas

espécies de *Eufriesea*, é provável que mais espécies ainda possam ser encontradas nessas serras.

As seguintes espécies ainda não haviam sido coletadas no estado do Amazonas: *Eufriesea bare*, *Eufriesea chrysopyga*, *Eufriesea laniventris*, *Euglossa allosticta*, *Euglossa despecta*, *Euglossa magnipes*, *Euglossa orellana*, *Eulaema peruviana* e *Exaerete lepeletieri*.

Euglossa intersecta foi abundante na serra do Tapirapecó, e ausente ou rara nas outras duas serras amostradas. Foi também abundante em Roraima (Oliveira *et al.*, no prelo), pouco abundante na região de Manaus (Morato *et al.*, 1992; Morato, 1994; Oliveira *et al.*, 1995), e rara em outros trabalhos da região (Becker *et al.*, 1991; Nemésio & Morato, 2005; Brown, dados não publicados).

Euglossa orellana foi abundante nas três serras amostradas, e rara na região de Rio Branco, no Acre (Nemésio & Morato, 2005), embora comum no Parque Nacional da Serra do Divisor, também no Acre (Morato & Oliveira, dados não publicados) e em Roraima (Oliveira *et al.*, no prelo).

Euglossa piliventris foi relativamente comum neste trabalho, rara na região de Manaus (coletada apenas por Oliveira *et al.*, 1995) e ausente nos demais trabalhos feitos na Amazônia brasileira. *Exaerete lepeletieri* foi coletada apenas na serra do Tapirapecó, tendo sido encontrada em abundância também em Roraima (Oliveira *et al.*, no prelo), mas bastante rara no Acre (Nemésio & Morato, 2005; Morato & Oliveira, dados não publicados).

As seguintes espécies, abundantes em outras regiões, não foram coletadas neste trabalho: *Eufriesea superba*, comum em Roraima (Nemésio, 2005) e em Rondônia (Brown, dados não publicados); *Euglossa securigera*, comum perto de Manaus, com base em dois trabalhos (Morato *et al.*, 1992; Morato, 1994), embora com identificação incerta; *Euglossa viridis*, coletada perto de Manaus (Becker *et al.*, 1991; Oliveira *et al.*, 1995), no Acre (Morato & Oliveira, dados não publicados), em Rondônia (Brown, dados não publicados) e na Colômbia (Ramírez *et al.*, 2002). A ausência de *Eulaema nigrita* e *Euglossa cordata*, típicas de ambientes muito abertos e/ou perturbados, é um indicativo de que as áreas estudadas estão em bom estado de preservação (Morato *et al*., 1992; Oliveira, com. Pess.). Outras espécies, comuns em outros trabalhos na região, foram pouco abundantes neste trabalho, como é o caso de *Eufriesea ornata*, *Euglossa avicula*, *Euglossa decorata*, *Euglossa mourei*, *Eulaema cingulata* e *Exaerete smaragdina*.

Apesar da pouca significância estatística (Figura 7), parece haver uma diminuição linear da riqueza com o aumento da altitude, ao menos nas serras da Neblina e do Tapirapecó, o que aproximaria essas serras dos resultados de outros autores, para outros grupos animais (por exemplo, Almeida-Neto *et al.* 2006). McCoy (1990) apresentou uma revisão da literatura onde sete trabalhos (de 17) também chegaram à mesma distribuição (os trabalhos foram com moscas drosofilídeas, insetos associados a samambaias, pragas de plantações, e insetos em geral). Entretanto, diversos outros trabalhos apresentam uma riqueza maior em altitudes intermediárias, o que aconteceu com um dos pontos da serra da Neblina (ponto 3 da Tabela 3), onde a biomassa vegetal é aparentemente maior que nas outras altitudes,

e também no segundo ponto da serra do Tapirapecó (ponto 16 da Tabela 3). A serra do Imeri apresentou uma riqueza mais homogênea ao longo de todos os pontos. Outros levantamentos, em outras serras da mesma região, ou nas mesmas serras, serão necessários para que se possa chegar a uma conclusão mais apurada a esse respeito.

A hipótese do Efeito do Domínio Médio (MDE) não foi corroborada (Figura 8), indicando que devem haver fatores afetando a riqueza nessas comunidades. De qualquer maneira, o MDE ainda pode ser um fator a mais, além dos efeitos diretos do gradiente, como proposto por Colwell et al. (2005).

Na Figura 9 podemos observar que os pontos de altitudes baixas são mais semelhantes entre si, em termos da composição de espécies, que os pontos mais altos. As comunidades ficam mais diferenciadas na medida em que a altitude aumenta. Esse resultado parece indicar um possível isolamento geográfico entre as populações serranas, o que também justificaria a grande riqueza de espécies observada.

Os fatores ecológicos que determinam menor ou maior riqueza nas comunidades de abelhas Euglossina vão muito além da altitude (e com ela a temperatura e a umidade) e/ou área de cada segmento altitudinal, ao menos para a área de estudo. Fatores como distribuição dos recursos alimentares e substâncias odoríferas, locais de nidificação e abundância de predadores podem ser tão ou mais importantes nesse sentido do que as variáveis aqui analisadas. Novas coletas nas mesmas e em outras serras da região, aliadas a estudos de riqueza das plantas

mais intimamente associadas a esses insetos, permitirão uma abordagem mais aprofundada dessas questões.

Referências Bibliográficas

Almeida-Neto, M.; G. Machado; R. Pinto-da-Rocha; A. A. Giaretta. 2006. Harvestman (Arachnida: Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect to explain Rapoport's rule? *Journal of Biogeography*, 33: 361-375.

Anjos-Silva, E. J. dos; J. M. M. Rebêlo. 2006. A new species of *Exaerete* Hoffmannsegg (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) from Brazil. *Zootaxa*, 1105: 27-35.

Barros, F. de. 1998. *Análise multivariada da distribuição geográfica de espécies de orquídeas dos campos rupestres do Brasil*. PhD Thesis. Unicamp, Campinas, São Paulo. 206pp.

Becker, P.; J. S. Moure; F. J. A. Peralta. 1991. More about euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica*, 23(4b): 586-591.

Braga, P. I. S. 1976. Atração de abelhas polinizadoras de Orchidaceae com auxílio de iscas-odores na campina, campinarana e floresta tropical úmida da região de Manaus. *Ciência e Cultura*, 28(7): 767-773.

BRASIL. 1989. *Unidades de Conservação do Brasil*. Vol. I - Parques Nacionais e Reservas Biológicas. Brasília, IBAMA. 192pp.

Brewer-Carías, C. (Ed). 1988. *Cerro de la Neblina*: Resultados de la Expedición 1983-1987. Caracas, Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. VIII + 922pp.

Brühl, C. A.; M. Mohamed; K. E. Linsenmair. 1999. Altitudinal distribution of leaf litter ants along a transect in primary forests on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 15: 265-277.

Burnham, K. P.; W. S. Overton. 1979. Robust estimation of population size when capture probabilities vary amoung animals. *Ecology*, 60(5): 927-936.

Cameron, S. A. 2004. Phylogeny and Biology of Neotropical Orchid Bees. *Annual Review of Entomology*, 49: 377-404.

Colwell, R. K; D. C. Lees. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution*, 15 (2): 70-76.

Colwell, R. K.; C. Rahbek; N. J. Gotelli. 2005. The mid-domain effect: there's a baby in the bathwater. *The American Naturalist*, 166(5): 149-154.

Dodson, C. H.; R. J. Gillespie. 1967. *The Biology of Orchids*. The Mid-America Orchid Congress, Nashville. 158pp.

Dodson, C. H.; R. L. Dressler; H. G. Hills; R. M. Adams; N. Williams. 1969. Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science*, 164: 1243-1249.

Dressler, R. L. 1981. *The orchids*: natural history and classification. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 332pp.

Dressler, R. L. 1982. Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Ecology and Systematics*. 13: 373-94.

Dressler, R. L. 1984. Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) of the Tambopata Reserved Zone, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 27: 75-79.

Dressler, R. L. 1993. *Phylogeny and Classification of the Orchid Family*. Dioscorides Press, Portland, Oregon. 314pp.

ESRI. 1996. ArcView GIS. Redlands, CA, USA, Envionmental Systems Research Institute.

Eltz, T.; W. M. Whitten; D. W. Roubik; K. E. Linsenmair. 1999. Fragrance collection, storage, and accumulation by individual male orchid bees. *Journal of Chemical Ecology*, 25 (1): 157-176.

Eltz, T.; D. W. Roubik; M. W. Whitten. 2003. Fragrances, male display and mating behavior of *Euglossa hemichlora* – a flight cage experiment. *Physiological Entomology*, 28: 251-260.

Fleishman, E.; G. T. Austin; A. D. Weiss. 1998. An empirical test of Rapoport's rule: elevational gradients in montane butterfly communities. *Ecology*, 79: 2482-2493.

Gagné, W. C. 1979. Canopy-associated arthropods in Acacia Koa and *Metrosideros* tree communities along an altitudinal transect on Hawaii Island. *Pacific Insects*, 21: 56-82.

Hare, T. 2003. Grid Pig v2.6. Disponível em: <http://arcscripts.esri.com/details.asp?dbid=11872>. Acesso em: 10 mai. 2007.

Hines, J. E. *SPECRICH* - Species Richness Computations. Disponível em: <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/specrich.html>. Acesso em: 10 mai. 2007.

Holloway, J. D.; G. S. Robinson; K. R. Tuck. 1990. Zonation in the Lepidoptera of northern Sulawesi. Pp. 153-166. *In:* Knight, W. J.; J. D. Holloway (Eds). *Insects and the rain forests of South East Asia (Wallacea)*. Royal Entomological Society of London. iv + 343pp.

Janzen, D. H. 1971. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. *Science*, 171: 203-205.

Janzen, D. H. 1973. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day and insularity. *Ecology*, 54: 687-701.

Janzen, D. H. 1981. Bee arrival at two Costa Rican female *Catasetum* orchid inflorescences and a hypothesis on euglossine population structure. *Oikos*, 36: 177-183.

Janzen, D. H.; M. Ataroff; M. Farinas; S. Reyes; R. Rincon; A. Soler; P. Soriano; M. Vera. 1976. Changes in the arthropod community along an elevational transect in the Venezuelean Andes. *Biotropica*, 8: 193-203.

Kimsey, L. S. 1980. The behavior of male orchid bees (Apidae, Hymenoptera, Insecta) and the question of leks. *Animal Behavior*, 28: 996-1004.

Kimsey, L. S. 1982. Systematics of bees of the genus *Eufriesea* (Hymenoptera, Apidae). Entomology. Vol. 95. University of California Press, Berkeley, California.

MacArthur, R. H.; E. O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton Univ. Press, Princeton, N. J. 224pp.

Maguire, B. 1955. Cerro de la Neblina, Amazonas, Venezuela. A newly discovered sandstone mountain. *Geographical Review*, 45:27-51.

McCain, C. M. 2004. Mid domain null software. Disponível na internet em <http://www.nceas.ucsb.edu/~mccain/Mid_Domain_Null.xla>. Acessado em : 5 jun. 2007.

McCoy, E. D. 1990. The distribution of insects along elevational gradients. *Oikos*, 58: 313-322.

McCune, B.; M. J. Mefford. 1999. *PC-ORD for Windows: Multivariate Analysis of Ecological Data v. 4.20*. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon.

Morato, E. F. 1994. Abundância e riqueza de machos de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em mata de terra firme e áreas de derrubada, nas vizinhanças de Manaus (Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia*, 10(1): 95-105.

Morato, E. F.; L. A. de O. Campos; J. S. Moure. 1992. Abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) coletadas na Amazônia central. *Revista Brasileira de Entomologia*, 36(4): 767-771.

Minckley, R. L.; S. G. Reyes. 1996. Capture of the orchid bee, *Eulaema polychroma* (Friese) (Apidae: Euglossini) in Arizona, with notes on northern distributions of other mesoamerican bees. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 69: 102-104.

Myers, J. G. 1935. Ethological observations on the citrus bee, *Trigona silvestriana* Vachel, and other neotropical bees (Hym., Apoidea). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 83: 131-142.

Nemésio, A. 2005. Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of Ilha de Maracá, Roraima, northern Brazil. *Lundiana*, 6(2): 117-119.

Nemésio, A.; E. F. Morato. 2004. Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) of the Humaitá Reserve, Acre state, Brazilian Amazon, with comments on bait trap efficiency. *Revista Tecnologia e Ambiente, Criciúma*, 10(2): 71-80.

Nemésio, A.; E. F. Morato. 2005. A diversidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae: Apini) do estado do Acre. *In*: Drumond, P. M. (Org). *Fauna do Acre*. EDUFAC, Rio Branco, Acre. p. 41-51.

Oliveira, M.L. 2000. *O gênero* Eulaema *Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini): filogenia, biogeografia e relações com as Orchidaceae*. PhD Thesis. Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras, USP, Ribeirão Preto, SP. 159pp.

Oliveira, M. L. 2006. Três novas espécies de abelhas da Amazônia pertencentes ao gênero *Eulaema*. *Acta Amazonica*, 36(1): 605-612.

Oliveira, M. L. de; L. A. de O. Campos. 1995. Abundância, riqueza e diversidade de abelhas Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em florestas contínuas de terra firme na Amazônia central, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 12(3): 547-556.

Marcio L. Oliveira, Sílvio J. R. Silva, Marcone C. Silva, Ana Cláudia O. Araújo, Maria Ivonei C. Albuquerque e Sheila F. Tavares. Abelhas de Roraima. Por quê tantas espécies em tão pouco espaço? *In:* Barbosa, R.I.; Ferreira, E.J.G; Castellón, E.G. (eds.). *Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima*. Editora do Inpa.

Olson, D. M. 1994. The distribution of leaf litter invertebrates along a neotropical altitudinal gradient. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 129-150.

Pearson, D. L.; R. L. Dressler. 1985. Two-year study of male orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) attraction to chemical baits in lowland south-eastern Perú. *Journal of Tropical Ecology*, 1: 37-54.

Peruquetti, R. C. 2000. Function of fragrances collected by Euglossini males (Hymenoptera: Apidae). *Entomologia Generalis,* 25: 33-37.

Pijl, L. van der; Dodson, C. H. 1966. *Orchid flowers, their pollination and evolution*. University of Miami Press, Coral Gables, Florida. 214pp.

Powell, A. H.; G. V. N. Powell. 1987. Population dynamics of male euglossine bees in Amazonian forest fragments. *Biotropica*, 19(2): 176-179.

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

Ramírez, S.; R. L. Dressler; M. Ospina. 2002. Abejas euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: listado de especies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana*, 3(1): 7-118.

Rosenzweig, M. L. 1995. *Specise diversity in space and time*. Cambridge University Press, Cambridge. 436pp.

Roubik, D. W.; P. E. Hanson. 2004. *Orchid bees of tropical America: Biology and field guide / Abejas de orquídeas de la América tropical: Biología y guía de campo*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. 370pp.

Sanders, N. J. 2002. Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography*, 25: 25-32.

Sanders, N. J.; J. Moss; D. Wagner. 2003. Patterns of ant species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. *Global Ecology & Biogeography*, 12 : 93-102.

Souza, V. C.; H. Lorenzi. 2005. *Botânica Sistemática*: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 640pp.

Stevens, G. C. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist*, 140(6): 893-911.

Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology*, 58: 1007-1019.

Wilkinson, L. 1998. *Systat: The System for Statistics*. Systat Inc. Evanston, Illinois, USA.

Williams, N. H. 1982. The biology of orchids and euglossine bees. *In:* Arditti, J. (Ed). *Orchid Biology*: Reviews and Perspectives. II. Ithaca, Cornell Univ. Press. p. 117-171.

Wittmann, D.; M. Hoffmann; E. Scholz. 1988. Southern distributional limits of euglossine bees in Brazil linked to habitats of the Atlantic- and subtropical rain forest (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Entomologia Generalis*, 14: 53-60.

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

WorldClim. Disponível em: <http://www.worldclim.org>. Acesso em: 14 fev. 2007.