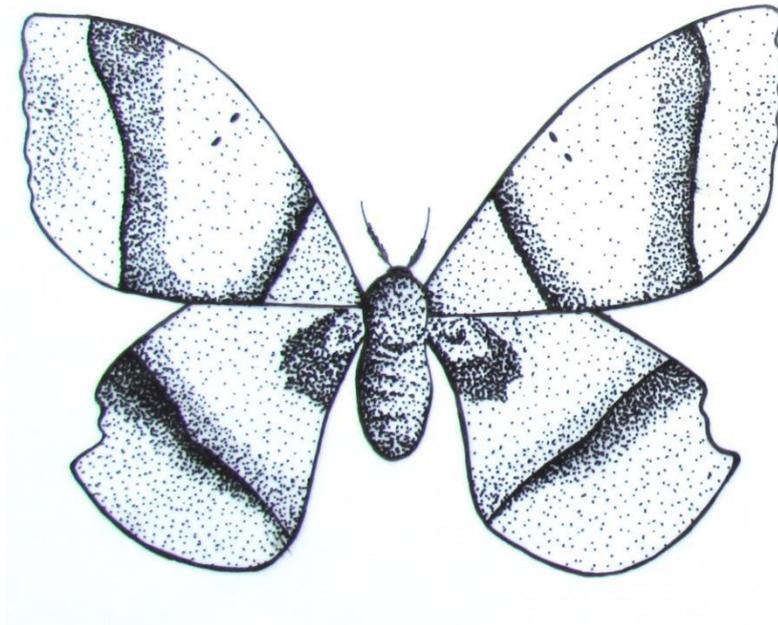


Universidade de Brasília
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Importância das fitofisionomias e estações climáticas na distribuição espacial e temporal de mariposas noturnas (Lepidoptera: Arctiinae, Saturniidae e Sphingidae) no Parque Estadual dos Pireneus, GO.



Laura Braga de Oliveira
Orientadora: Ivone Rezende Diniz



Universidade de Brasília
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Importância das fitofisionomias e estações climáticas na distribuição espacial e temporal de mariposas noturnas (Lepidoptera: Arctiinae, Saturniidae e Sphingidae) no Parque Estadual dos Pireneus, GO.

Laura Braga de Oliveira

Tese apresentada como requerimento parcial à obtenção do título de Doutor em Ecologia, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Departamento de Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

Orientadora: Dra. Ivone Rezende Diniz

Brasília, 2014

Tese de Doutorado

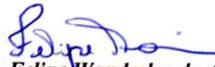
LAURA BRAGA DE OLIVEIRA

“Importância das fitofisionomias e estações climáticas na distribuição espacial e temporal de (Lepidoptera: mariposas (Lepidoptera: Arctiinae, Saturniidae e Sphingidae) no Parque Estadual dos Pirineus, GO.

Aprovado por:

Prof. Dra. Ivone Rezende Diniz
Presidente da Banca
ZOO/UnB


Prof. Dr. Lee Dyer
Membro Titular
Universidade do Reno/EUA


Prof. Dr. Felipe Wanderley de Amorim
Membro Titular
Unesp Botucatu


Prof. Dr. Anabilio José Aires de Camargo
Membro Titular
CPAC/Embrapa


Prof. Dra. Rosana Tidon
Membro Titular
GEM/UnB


Prof. Dr. Edison Ryoiti Sujii
Membro Titular
Embrapa

Brasília, 08 de setembro de 2014.

Pouco entendo do mundo.
Mas, o eclodir do ovo
O caminhar da lagarta
O silêncio do casulo
E o voo das mariposas
Me fascinam

Despertam em meu ser
Uma vontade infinita de conhecê-las
Mais e mais a cada dia

Talvez...tudo que eu queira...
seja adentrar um casulo...
No solo, Metamorfosear...
Por longo período, Aguardar...
emergir... um dia...
Ao comando dos céus...
Ligeira voar...

∞Agradecimentos∞

∞Na minha jornada só tenho a agradecer. Às oportunidades, aos ensinamentos, às experiências que tive e principalmente, às pessoas especiais que encontrei... que me fizeram ser o que eu sou hoje e a entender um pouco mais sobre a vida.

∞Agradeço por ter caído de “paraquedas” no Laboratório de Biologia de Interações em Insetos Herbívoros e ter tido Ivone Diniz como minha orientadora, que sempre foi, acima de tudo, uma grande amiga. Sempre me guiando com tranquilidade. Agradeço de coração.

∞Agradeço com muito carinho ao meu amor Willer Bontempo, que sempre esteve ao meu lado. Sempre me ajudando na minha jornada acadêmica. Este título é nosso! Sem sua ajuda seria impossível realizar todo este trabalho. Agradeço infinitamente. Agradeço com muito amor.

∞Agradeço aos colegas de laboratório pelo companheirismo, amizade e ajuda sempre que precisei. Em especial, ao Ricardo pela amizade e revisão do texto, ao Geraldinho pela amizade e ajuda nas análises de dados, e às minhas companheiras de trabalho Neuzinha e Cintia, que juntas plantamos sementes e colhemos bons frutos.

∞Aos “mariposólogos de plantão”, agradeço em especial ao Vitor Becker, Amábilio Camargo, Willian Camargo, Felipe Amorim e José Augusto Teston pela ajuda na identificação das espécies e por todo conhecimento compartilhado. Agradeço com admiração.

∞Ao professor Ricardo Machado, Dr. Pacheco, pela ajuda com os dados climáticos e por sua disponibilidade em sempre ajudar.

∞Aos professores Marcos Vital (UFAL) e Sérgio Pontes Ribeiro (UFOP) pela ajuda nas análises estatísticas, sempre prontos para responderem minhas dúvidas matemáticas.

œAos membros da Banca Examinadora, Lee Dyer (Univ. de Nevada), Felipe Amorim (UNESP), Amábilio Camargo (Embrapa), Rosana Tidon (PPGECL, UnB) e Edison Sujii (PPGECL, UnB), que com as suas sugestões colaboraram para a melhoria deste trabalho e dos futuros artigos. Agradeço com carinho.

œÀ UnB, ao Programa de Pós-graduação em Ecologia, pelo apoio logístico e financeiro. Ao CNPQ pela bolsa de doutorado concedida.

œAgradeço, em especial, à minha família, que me fazem forte para prosseguir. À minha mãe, Tia Sônia e Dona Ângela por estarem sempre presentes e na torcida pelas minhas conquistas. Ao meu pai por sempre acreditar que sou capaz. Ao meu irmão pelo carinho. Agradeço com amor.

œAgradeço a Ana e Salatiel que sempre me apoiaram. Meu porto seguro no Planalto Central. Agradeço com saudade.

œAos meus amigos de toda parte que acompanharam minha jornada e sempre estiveram ao meu lado, e a todos aqueles que contribuíram para mais uma realização em minha vida. Agradeço com alegria.

œAgradeço a todas as mariposas que morreram em nome deste trabalho, que possamos retribuir através da conservação da natureza. Que muitas outras mariposas possam viver em nome destas que morreram. Agradeço do fundo do meu coração.

☞Sumário☞

Lista de Figuras.....	8
Lista de Tabelas.....	12
Resumo.....	15
Abstract.....	16
Introdução Geral.....	17
A subfamília Arctiinae.....	22
A família Saturniidae.....	28
A família Sphingidae.....	34
Capítulo I - Importância da heterogeneidade de habitats na riqueza e diversidade de mariposas noturnas no Cerrado.....	38
Introdução.....	38
Metodologia.....	41
Resultados.....	46
Discussão.....	53
Referências.....	59
Capítulo II - Importância da fitofisionomia florestal na persistência das mariposas Arctiinae (Erebidae) durante a estação seca no Cerrado.....	63
Introdução.....	63
Metodologia.....	66
Resultados.....	71
Discussão.....	80
Referências.....	88
Capítulo III - Distribuição espacial e temporal de mariposas Saturniidae: importância das fitofisionomias e estações climáticas.....	100
Introdução.....	100
Metodologia.....	102
Resultados.....	107
Discussão.....	117
Referências.....	126
Capítulo IV - Distribuição espacial e temporal das mariposas Sphingidae: fitofisionomias e estações climáticas.....	134
Introdução.....	134
Metodologia.....	136
Resultados.....	141
Discussão.....	149
Referências.....	156
Considerações finais.....	164

☞Lista de Figuras☞

- Figura 1.1 - Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. A) delimitação da área da Unidade de Conservação Parque Estadual dos Pireneus (PEP) em verde; delimitação da região mais alta do PEP em vermelho. B) Área de estudo: M1, M2 e M3 – áreas de mata semidecíduas e C1, C2 e C3 – áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. C) Cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos, D) Mata semidecídua.....42
- Figura 1.2 - Delineamento amostral com quatro escalas espaciais para amostragem de mariposas noturnas no Parque Estadual dos Pireneus em outubro e novembro de 2012.....43
- Figura 1.3 – Armadilha luminosa Luiz de Queiroz com aparato modificado, utilizada nas coletas de mariposas Erebidæ (Arctiinae), Saturniidae e Sphingidae, em áreas do Parque Estadual dos Pireneus em outubro e novembro de 2012.....44
- Figura 1.4 – Partição aditiva da riqueza de espécies e diversidade de mariposas (Erebidæ [Arctiinae], Saturniidae e Sphingidae) da região alta do Parque Estadual dos Pireneus em quatro escalas espaciais. A) riqueza de espécies e B) índice de diversidade de Shannon. Valores expressos em porcentagem da diversidade total. Os valores observados foram comparados aos valores esperados por aleatorização: α_1 : UAs, β_1 : entre UAs, β_2 : entre áreas e β_3 : entre fitofisionomias.....48
- Figura 1.5 - Partição aditiva da riqueza de espécies e diversidade de mariposas Erebidæ (Arctiinae) da região alta do Parque Estadual dos Pireneus em quatro escalas espaciais. A) riqueza de espécies e B) índice de diversidade de Shannon. Valores expressos em porcentagem da diversidade total. Os valores observados foram comparados aos valores esperados por aleatorização: α_1 : UAs, β_1 : entre UAs, β_2 : entre áreas e β_3 : entre fitofisionomias.....49
- Figura 1.6 - Partição aditiva da riqueza de espécies e diversidade de mariposas Saturniidae da região alta do Parque Estadual dos Pireneus em quatro escalas espaciais. A) riqueza de espécies e B) índice de diversidade de Shannon. Valores expressos em porcentagem da diversidade total. Os valores observados foram comparados aos valores esperados por aleatorização: α_1 : UAs, β_1 : entre UAs, β_2 : entre áreas e β_3 : entre fitofisionomias.....51
- Figura 1.7 - Partição aditiva da riqueza de espécies e diversidade de mariposas Sphingidae da região alta do Parque Estadual dos Pireneus em quatro escalas espaciais. A) riqueza de espécies e B) índice de diversidade de Shannon. Valores expressos em porcentagem da diversidade total. Os valores observados foram comparados aos valores esperados por aleatorização: α_1 : UAs, β_1 : entre UAs, β_2 : entre áreas e β_3 : entre fitofisionomias.....52
- Figura 2.1 - Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. A) delimitação da área da Unidade de Conservação Parque Estadual dos Pireneus (PEP) em verde; delimitação da região mais alta do PEP em vermelho. B) Área de estudo: M1, M2 e M3 – áreas de mata semidecídua e C1, C2 e C3 – áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos.....67
- Figura 2.2 - Armadilha luminosa Luiz de Queiroz com aparato modificado, utilizada nas coletas de mariposas Arctiinae (Erebidæ) em áreas do Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013.....68

Figura 2.3 - Distribuição temporal da abundância observada de Arctiinae (Erebidae) no Parque Estadual dos Pirineus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. A) distribuição temporal da abundância observada total; B) distribuição temporal da abundância observada no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos; C) distribuição temporal da abundância observada na mata semidecídua. Ângulos: 15° (abril), 45° (maio), 75° (junho), 105° (julho), 135° (agosto), 165° (setembro), 195° (outubro), 225° (novembro), 255° (dezembro), 285° (janeiro), 315° (fevereiro), 345° (março).....73

Figura 2.4 - Abundância observada de Arctiinae (Erebidae) nas estações chuvosa e seca em duas fitofisionomias no Parque Estadual dos Pirineus, GO, Brasil: A) cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos e B) mata semidecídua. Dados apresentados como média ± erro padrão.....74

Figura 2.5 - Distribuição temporal da riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae) no Parque Estadual dos Pirineus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. A) distribuição temporal da riqueza de espécies total; B) distribuição temporal riqueza de espécies no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos; C) distribuição temporal da riqueza de espécies na mata semidecídua. Ângulos: 15° (abril), 45° (maio), 75° (junho), 105° (julho), 135° (agosto), 165° (setembro), 195° (outubro), 225° (novembro), 255° (dezembro), 285° (janeiro), 315° (fevereiro), 345° (março).....76

Figura 2.6 - Curvas de rarefação da riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae) baseadas no número de indivíduos, amostradas por armadilhas luminosas no cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua, nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. ▲ cerrado *sensu stricto* estação chuvosa; ▲ cerrado *sensu stricto* estação seca; ● mata semidecídua estação chuvosa; ● mata semidecídua estação seca.....77

Figura 2.7 - Estruturação da composição de espécies da comunidade de mariposas Arctiinae (Erebidae) em duas fitofisionomias e em duas estações climáticas, pela análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS). Triângulos: cerrado *sensu stricto*, círculos: mata semidecídua. Preenchimento preto: estação chuvosa, preenchimento cinza: estação seca. Stress = 0.12.....78

Figura 2.8 - Diagrama com a distribuição da riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae), na mata semidecídua (Mata) e cerrado *sensu stricto* (Cerrado) e nas duas estações chuvosa e seca. As interseções referem-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias ou estações. O círculo central refere-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias e estações climáticas.....79

Figura 2.9 - Distribuição temporal e espacial da proporção de indivíduos de *Pareuchaetes aurata* (Butler, 1875) (Arctiinae: Erebidae) nas fitofisionomias cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua, de agosto de 2012 a julho de 2013 no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás, GO. Todos os meses tiveram mais de três indivíduos.....80

Figura 3.1 - Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. A) delimitação da área da Unidade de Conservação Parque Estadual dos Pireneus (PEP) em verde; delimitação da região mais alta do PEP em vermelho. B) Área de estudo: M1, M2 e M3 – áreas de mata semidecídua e C1, C2 e C3 – áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. C) Cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. D) Mata semidecídua.....103

Figura 3.2 - Armadilha luminosa Luiz de Queiroz com aparato modificado, utilizada nas coletas de mariposas Saturniidae em áreas do Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013.....105

Figura 3.3 - Distribuição temporal da abundância observada de Saturniidae no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. Saturniidae: distribuição temporal da abundância observada total; Cerrado *sensu stricto*: distribuição temporal da abundância observada no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos; Mata semidecídua: distribuição temporal da abundância observada na mata semidecídua. Ângulos: 15° (abril), 45° (maio), 75° (junho), 105° (julho), 135° (agosto), 165°(setembro), 195° (outubro), 225° (novembro), 255° (dezembro), 285° (janeiro), 315° (fevereiro), 345° (março).....110

Figura 3.4 - Distribuição temporal da abundância observada das subfamílias de Saturniidae (A): Arsenurinae (B), Ceratocampinae (C), Hemileucinae (D) e Saturniinae (E), nas fitofisionomias cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos (Cerrado) e mata semidecídua (Mata) no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. Oxyteninae não foi representada devido à sua baixa abundância.....111

Figura 3.5 - Curvas de rarefação da riqueza de espécies baseadas no número de indivíduos da família: A) Saturniidae, e subfamílias: B) Arsenurinae, C) Ceratocampinae e D) Hemileucinae, amostradas por armadilhas luminosas no cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua, nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. ● Mata semidecídua estação chuvosa; ● Mata estação seca; ▲ Cerrado *sensu stricto* estação chuvosa; ▲ Cerrado *sensu stricto* estação seca. As subfamílias Oxyteninae e Saturniinae não foram representadas devido à baixa riqueza de espécies.....113

Figura 3.6 - Estruturação da composição de espécies da comunidade de mariposas Saturniidae em duas fitofisionomias e em duas estações climáticas, pela análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS). Triângulos: cerrado *sensu stricto*, círculos: mata semidecídua. Preenchimento preto: estação chuvosa, preenchimento cinza: estação seca. Stress = 0.14.....114

Figura 3.7 - Dendrograma de similaridade das comunidades de mariposas pertencentes às subfamílias Arsenurinae (A), Ceratocampinae (B), Hemileucinae (C) e Saturniinae (D) entre as áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos e mata semidecídua, nas estações chuvosa e seca. Dendrogramas C e D correspondem somente à estação chuvosa. Similaridade medida pela Distância Euclidiana. A subfamília Oxyteninae não foi representada devido à baixa riqueza de espécies e abundância observada.....115

Figura 3.8 - Diagrama com a distribuição da riqueza de espécies de Saturniidae, na mata semidecídua (Mata) e cerrado *sensu stricto* (Cerrado) e nas duas estações chuvosa e seca. As interseções referem-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias ou estações. O círculo central refere-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias e estações climáticas.....116

Figura 4.1 - Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. A) delimitação da área da Unidade de Conservação Parque Estadual dos Pireneus (PEP) em verde; delimitação da região mais alta do PEP em vermelho. B) Área de estudo: M1, M2 e M3 – áreas de mata semidecídua e C1, C2 e C3 – áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. C) Cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. D) Mata semidecídua.....137

Figura 4.2 - Armadilha luminosa Luiz de Queiroz com aparato modificado, utilizada nas coletas de mariposas Sphingidae em áreas do Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013.....139

Figura 4.3 - Distribuição temporal da abundância observada de Sphingidae no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. Sphingidae: distribuição temporal da abundância observada total; Cerrado *sensu stricto*: distribuição temporal da abundância observada de Sphingidae no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos; mata semidecídua: distribuição temporal da abundância observada de Sphingidae na mata semidecídua. Ângulos: 15° (abril), 45° (maio), 75° (junho), 105° (julho), 135° (agosto), 165°(setembro), 195° (outubro), 225° (novembro), 255° (dezembro), 285° (janeiro), 315° (fevereiro), 345° (março).....144

Figura 4.4 - Curvas de rarefação da riqueza de espécies baseadas no número de indivíduos da família Sphingidae, amostradas por armadilhas luminosas no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos e mata semidecídua, nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. ● Mata semidecídua estação chuvosa; ● Mata semidecídua estação seca; ▲ Cerrado *sensu stricto* estação chuvosa; ▲ Cerrado *sensu stricto* estação seca.....145

Figura 4.5 - Estruturação da composição de espécies da comunidade de mariposas Sphingidae em duas fitofisionomias e em duas estações climáticas, pela análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS). Triângulos: cerrado *sensu stricto*, círculos: mata semidecídua. Preenchimento preto: estação chuvosa, preenchimento cinza: estação seca. Stress = 0,07.....147

Figura 4.6 – Diagrama com a distribuição da riqueza de espécies de Sphingidae, na mata semidecídua (Mata) e cerrado *sensu stricto* (Cerrado) e nas duas estações chuvosa e seca. As interseções referem-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias ou estações. O círculo central refere-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias e estações climáticas.....149

☞Lista de Tabelas☞

- Tabela 1.1 – Número de espécimes e espécies de mariposas Arctiinae, Saturniidae e Sphingidae, amostrados por armadilhas luminosas, em duas fitofisionomias: cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua, em áreas do Parque Estadual dos Pireneus em outubro e novembro de 2012.....46
- Tabela 1.2 – Partição aditiva hierárquica dos componentes α e β mensurados pela riqueza de espécies de mariposas noturnas e índice de Shannon, na região alta do Parque Estadual dos Pireneus. O valor de P foi obtido a partir da comparação do resultado observado e esperado ao acaso através da técnica de aleatorização. $\alpha 1$: UAs, $\beta 1$: entre α UAs, $\beta 2$: entre áreas, $\beta 3$: entre fitofisionomias.....47
- Tabela 1.3 – Partição aditiva hierárquica dos componentes α e β mensurados pela riqueza de espécies e índice de Shannon de Erebidae (Arctiinae), na região alta do Parque Estadual dos Pireneus. O valor de P foi obtido a partir da comparação do resultado observado e esperado ao acaso através da técnica de aleatorização. $\alpha 1$: UAs, $\beta 1$: entre UAs, $\beta 2$: entre áreas, $\beta 3$: entre fitofisionomias.....49
- Tabela 1.4 - Partição aditiva hierárquica dos componentes α e β mensurados pela riqueza de espécies e índice de Shannon de Saturniidae, na região alta do Parque Estadual dos Pireneus. O valor de P foi obtido a partir da comparação do resultado observado e esperado ao acaso através da técnica de aleatorização. $\alpha 1$: UAs, $\beta 1$: entre UAs, $\beta 2$: entre áreas, $\beta 3$: entre fitofisionomias.....50
- Tabela 1.5 - Partição aditiva hierárquica dos componentes α e β pela riqueza de espécies e Shannon de Sphingidae da região alta do Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil. O valor de P foi obtido a partir da comparação do resultado observado e esperado ao acaso por aleatorização. $\alpha 1$: UAs, $\beta 1$: entre UAs, $\beta 2$: entre áreas, $\beta 3$: entre fitofisionomias.....52
- Tabela 2.1 - Abundância observada e riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae) no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.....72
- Tabela 2.2 – Riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae) observada e riqueza de espécies estimadas pelos estimadores Chao 1 e ACE, em duas fitofisionomias, cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos (Cerrado ss.) e mata semidecídua (Mata), nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil.....77
- Tabela 2.3 - Valores obtidos na análise multivariada de permutações da variância utilizando matrizes de dissimilaridade (PERMANOVA). Efeito das variáveis preditivas: fitofisionomias (cerrado *sensu stricto*) e estações climáticas (chuvosa e seca) na composição de espécies Arctiinae no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$78

Tabela 3.1 - Abundância observada e riqueza de espécies de Saturniidae no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua e nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.....108

Tabela 3.2 – Abundância observada e riqueza de espécies das subfamílias de Saturniidae: Arsenurinae, Ceratocampinae, Hemileucinae, Oxyteninae e Saturniinae, no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua e nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.....109

Tabela 3.3 - Valores obtidos na análise multivariada de variância por permutações utilizando matrizes de dissimilaridade (PERMANOVA). Efeito das variáveis preditivas: fitofisionomias (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) e estações climáticas (chuvosa e seca) na composição de espécies Saturniidae no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$115

Tabela 4.1 - Abundância observada e riqueza de espécies de Sphingidae no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua e nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.....142

Tabela 4.2 - Abundância observada e riqueza de espécies de três subfamílias de Sphingidae: Smerinthinae, Sphinginae e Macroglossinae, no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua e nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.....143

Tabela 4.3 – Riqueza de espécies de Sphingidae observada e riqueza de espécies estimadas pelos estimadores Chao 1 e ACE, em duas fitofisionomias, cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos (Cerrado ss.) e mata semidecídua (Mata), nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil.....146

Tabela 4.4 - Valores obtidos na análise multivariada de variâncias por permutações (PERMANOVA). Efeito das variáveis preditivas: fitofisionomias (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) e estações climáticas (chuvosa e seca) na composição de espécies Sphingidae no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$147

☞Anexos☜

Anexo 2.1 - Distribuição temporal e espacial da abundância das espécies de Arctiinae (Erebidae) (n>40) presentes nas duas fitofisionomias (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) nas duas estações climáticas (seca e chuva). Cerrado: cerrado *sensu stricto*; Mata: mata semidecídua; meses de abril a setembro: estação seca; meses de outubro a março: estação chuvosa.....92

Anexo 2.2 - Lista de espécies de Arctiinae (Erebidae) amostradas no Parque Estadual dos Pireneus, durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013, utilizando armadilhas Luiz de Queiroz com fonte de luz UV 15W. Ocorrência nas estações climáticas: chuvosa e seca, e nas fitofisionomias: cerrado *sensu stricto* (cerrado) e mata semidecídua (mata). * Novo registro para o Cerrado. Msp.=morfoespécie.....93

Anexo 2.3 – Espécies de Arctiinae (Erebidae) do Parque Estadual dos Pireneus, amostradas durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013. A) espécies com maiores abundâncias observadas; B) novos registros para o Cerrado.....99

Anexo 3.1 - Lista de espécies de Saturniidae amostradas no Parque Estadual dos Pireneus, durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013, utilizando armadilhas Luiz de Queiroz com fonte de luz UV 15W. Ocorrência nas estações climáticas: chuvosa e seca, e nas fitofisionomias: cerrado *sensu stricto* (cerrado) e mata semidecídua (mata). * Novo registro para o Cerrado.....130

Anexo 3.2 – Espécies de Saturniidae do Parque Estadual dos Pireneus, amostradas durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013. A) espécies com maiores abundâncias observadas; B) novos registros para o Cerrado.....133

Anexo 4.1 - Lista de espécies de Sphingidae amostradas no Parque Estadual dos Pireneus, durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013, utilizando armadilhas Luiz de Queiroz com fonte de luz UV 15W. Ocorrência nas estações climáticas: chuvosa e seca, e nas fitofisionomias: cerrado *sensu stricto* (cerrado) e mata semidecídua (mata). Distribuição das espécies em outros biomas brasileiros: AM - Amazônia (Motta et al., 1991; Motta et al., 1998; Motta & Andreazze, 2001; Motta & Xavier-Filho, 2005), MA - Mata Atlântica (Laroça & Mielke, 1975; Laroça et al., 1989; Marinoni et al., 1999; Duarte & Schlindwein, 2005a, 2008; Duarte et al., 2008; Martin et al., 2011; Primo et al., 2013), CE - Cerrado (Darrault & Schlindwein, 2002; Amorim et al., 2009) e CA - Caatinga (Gusmão & Creão-Duarte, 2004; Duarte & Schlindwein, 2005b). ** Novo registro de espécie para Cerrado.....160

Anexo 4.2 – Espécies de Sphingidae com maiores abundâncias observadas no Parque Estadual dos Pireneus, amostradas durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013.....163

Resumo

Mariposas são indicadoras da qualidade de habitat e respondem às perturbações antrópicas, ao tipo de vegetação e aos processos sucessionais. No bioma Cerrado, pouco se conhece sobre a distribuição das espécies de mariposas em diferentes fitofisionomias e suas variações sazonais. Sendo assim, o presente estudo teve como principal objetivo descrever os padrões de distribuição espacial e temporal de três táxons de mariposas (Erebidae [Arctiinae], Saturniidae e Sphingidae), que diferem em suas ecologias e histórias de vida. O estudo foi desenvolvido em uma área de Cerrado localizada no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), GO. Primeiramente verificou-se o efeito das fitofisionomias na estruturação da diversidade alfa e beta de mariposas, utilizando a análise de partição aditiva hierárquica. Em seguida foram descritos os padrões de distribuição espacial e temporal, para cada táxon separadamente, nas fitofisionomias e estações climáticas características do bioma Cerrado. Foram capturados 4.854 indivíduos pertencentes a 340 espécies de mariposas. Destas, 2.184 indivíduos de 199 espécies correspondeu à subfamília Arctiinae, 2.197 indivíduos de 93 espécies aos saturnídeos e 473 indivíduos de 48 espécies aos esfingídeos. A partição da diversidade das mariposas noturnas do PEP indicou claramente que as fitofisionomias constituem a escala espacial mais importante na determinação da composição da comunidade. A partição aditiva apresentou, ainda, resultados distintos para cada grupo taxonômico, indicando que as famílias de mariposas respondem diferentemente ao efeito da heterogeneidade de habitat. Os padrões de distribuição espacial e temporal diferiram entre os táxons estudados. Para Arctiinae (Erebidae) a distribuição temporal da abundância observada diferiu entre as fitofisionomias, e as fitofisionomias e estações climáticas influenciaram a estruturação da composição de espécies. Para estas mariposas a mata semidecídua, aparentemente, funciona como um refúgio durante a estação seca. A distribuição temporal da abundância observada das espécies de Saturniidae foi agrupada na estação chuvosa e não diferiu entre as fitofisionomias, no entanto, a composição de espécies diferiu entre as fitofisionomias e estações climáticas. Enquanto a família Sphingidae apresentou sazonalidade, ocorrendo principalmente na estação chuvosa, mas a distribuição temporal da abundância observada diferiu entre as fitofisionomias. Não houve um efeito significativo das fitofisionomias e estações climáticas na estruturação da composição de espécies destas mariposas. As diferenças observadas nos padrões de distribuição espacial e temporal entre as famílias de mariposas estudadas no PEP podem ser explicadas pelas diferenças nas suas histórias de vida.

✧Abstract✧

Moths are considered to be bioindicators of habitat quality because they respond to anthropic disturbances, to vegetation type and successional processes. In the Cerrado biome, little is known regarding the distribution of moth species in vegetation types and their seasonal variations. Therefore, this study had the main objective to describe the spatial and temporal distribution of three taxa of moths (Erebidae [Arctiinae], Saturniidae and Sphingidae), which differ in their ecologies and life histories. This study was carried out in an area of Cerrado within the Parque Estadual dos Pirineus (PEP), GO, Brazil. Firstly, it was verified the effect of the vegetation types in the structure of alpha and beta diversity of moths, using the analysis of hierarchical additive partitioning. Subsequently, were described the temporal and spatial distribution patterns for each taxon, accordingly to vegetation types and seasons. Were captured 4,854 individuals belonging to 340 species of moths, of these, 2,184 individuals of 199 species corresponded to Arctiinae, 2,197 individuals of 93 species to saturniids, and 473 individuals of 48 species to hawkmoths. The additive partitioning of the moth diversity in the PEP clearly indicated that the vegetation types are the most important spatial scale in determining the composition of the community. It also indicated that families of moths respond differently to the effect of habitat heterogeneity. Patterns of spatial and temporal distribution differed among taxa. Temporal distribution of relative abundance of Arctiinae (Erebidae) differed between vegetation types. Vegetation types and seasons influenced the structuring of their species composition. Apparently, the semideciduous forest functions as Arctiinae refuge during the dry season. Temporal distribution of the relative abundance of Saturniidae was grouped in the wet season and did not differ among the vegetation types however, the species composition differed among the vegetation types and seasons. The distribution of Sphingidae was seasonal occurring mainly in the wet season, but the temporal distribution of relative abundance differed among vegetation types. The vegetation types and seasons had not a significant effect in structuring their species composition. The observed differences in the patterns of spatial and temporal distribution among families of moths can be explained by differences in their life histories.

✧ *Introdução Geral* ✧

Os limites do habitat de um organismo são definidos em termos dos requerimentos da sua história de vida, como a reprodução, alimentação, repouso e refúgio contra predadores, os quais podem variar temporalmente (Dennis et al., 2003). Assim, a distribuição espacial e temporal das espécies é resultado de diversas forças seletivas, a qual está relacionada à tolerância fisiológica, especificidade de dieta, capacidade de dispersão, inimigos naturais, capacidade neural, disponibilidade de recursos alimentares e aos fatores climáticos e microclimáticos (Boggs & Murphy, 1997; Kuussaari et al., 2000; Janz, 2005; Hirao et al., 2007; Wardhaugh, 2013, 2014). No caso de insetos fitófagos as pressões seletivas advêm da presença e densidade de suas plantas hospedeiras e de seus inimigos naturais (Strauss & Zangerl, 2002; Ode, 2006). Estas relações resultam na evolução de uma variedade de adaptações e interações que são intimamente relacionadas às variações sazonais (Gratton & Denno, 2003; Denno et al., 2005).

Lepidoptera compreende insetos holometábolos com hábitos alimentares distintos entre os adultos e larvas. Os adultos são polinizadores, frugívoros ou detritívoros e as lagartas (larvas) são, geralmente, fitófagas (Duarte et al., 2012). Deste modo, a distribuição espacial e temporal dos lepidópteros está relacionada tanto aos requerimentos da fase adulta, quanto aos da fase larval. A forte associação com espécies vegetais fazem com que os lepidópteros sejam indicadores da qualidade da vegetação (Kitching et al., 2000).

Dentre os lepidópteros, as mariposas noturnas compreendem um bom grupo para monitoramentos, levantamentos, sazonalidade, estudos comparativos entre áreas e

escalas espaciais (New, 2004), pois são indicadoras da qualidade de habitat e respondem às perturbações antrópicas e aos processos sucessionais (ver: Kitching et al., 2000; Summerville et al., 2004; Beck et al., 2002, 2006; Hilt & Fiedler, 2006; Choi, 2008), além de serem facilmente capturadas nas armadilhas luminosas. No entanto, estudos sobre a exploração das espécies por diferentes tipos vegetacionais naturais são raros, principalmente na região Neotropical e, especialmente, no Brasil.

Informações sobre história natural, ecologia e habitats das espécies são importantes em ações de conservação (Brandon et al., 2005) e mapeamentos de possíveis redistribuições geográficas e sobrevivência das espécies no futuro (Aleixo et al., 2010).

O presente estudo intitulado “Importância das fitofisionomias e estações climáticas na distribuição espacial e temporal de mariposas noturnas (Lepidoptera: Arctiinae, Saturniidae e Sphingidae) no Parque Estadual dos Pireneus, GO”, teve como objetivo geral descrever a distribuição espacial e temporal de três famílias de mariposas, Erebidae (Arctiinae), Saturniidae e Sphingidae, em diferentes tipos vegetacionais e estações climáticas. O Cerrado, por ser formado por um mosaico de fitofisionomias e apresentar variação sazonal no clima e na vegetação (Ribeiro & Walter, 2008), compreende um bioma ideal para este estudo.

Para facilitar a redação e, possivelmente, as publicações futuras o presente estudo foi dividido em quatro capítulos. O primeiro verificou e descreveu o efeito das fitofisionomias na estruturação da diversidade alfa e beta de mariposas, utilizando a análise de partição aditiva hierárquica. Nos três capítulos seguintes foram descritos os padrões de distribuição espacial e temporal, para cada táxon, na mata semidecídua e no cerrado *sensu stricto* nas duas estações, seca e chuvosa. O capítulo 2 tratou dos Arctiinae (Erebidae), o terceiro dos Saturniidae e o quarto dos Sphingidae. As três

famílias estudadas diferem em suas ecologias e histórias de vida, assim, o presente estudo buscou verificar as relações entre as características biológicas e os padrões de distribuição destas mariposas.

Referências

- Aleixo A, Abernaz AL, Grelle CEV, Vale MM, Rangel TF (2010) Mudanças climáticas e a biodiversidade dos brasileiros: passado, presente e futuro. *Natureza & Conservação* 8:194-196.
- Beck J, Schulze CH, Linsenmair E, Fieldler K (2002) From forest to farmland: diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 18:33-51.
- Beck J, Kitching IJ, Linsenmair E (2006) Effects of habitat disturbance can be subtle yet significant: biodiversity of hawkmoth-assemblages (Lepidoptera: Sphingidae) in Southeast-Asia. *Biodiversity and Conservation* 15:465-486.
- Boggs CL, Murphy DD (1997) Community composition in mountain ecosystems: climatic determinants of montane butterfly distributions. *Global Ecology and Biogeography Letters* 6:39-48.
- Brandon K, Fonseca GAB, Rylands AB, Silva JMC (2005) Conservação brasileira: desafios e oportunidades. *Megadiversidade* 1:7-13.
- Choi S (2008) Diversity and composition of larger moths in three different forest types of Southern Korea. *Ecological Research* 23:503-509.
- Dennis RLH, Shreeve TG, Dyck JV (2003) Towards a functional resource-based concept for habitat: a butterfly biology viewpoint. *Oikos* 102:417-426.
- Denno RF, Lewis D, Gratton C (2005) Spatial variation in the relative strength of top-down and bottom-up forces: causes and consequences for phytophagous insect populations. *Annual Zoological Fennici* 42:1-17.
- Duarte M, Marconato G, Spetch A, Casagrande MM (2012) Lepidoptera. In: Rafael JA, Melo GAR, Carvalho CJB, Constantino R (eds) *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. Holos: Ribeirão Preto. pp 625-682.
- Gratton C, Denno RF (2003) Seasonal shift from bottom-up to top-down impact in phytophagous insect population. *Oecologia* 134:487-495.
- Hilt N, Fiedler K (2006) Arctiid moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? *Journal of Biogeography* 33:108-120.
- Hirao T, Murakami M, Kashizaki A, Tanabe S (2007) Additive apportioning of lepidopteran and coleopteran species diversity across spatial and temporal scales in a cool-temperate deciduous forest in Japan. *Ecological Entomology* 32:627-636.
- Janz N (2005) The relationship between habitat selection and preference for adult and larval food resources in the polyphagous butterfly *Vanezza cardui* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Journal of Insect Behavior* 18:767-780.
- Kitching RL, Orr AG, Thalib L, Mitchell H, Hopkins MS, Graham AW (2000) Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *Journal of Applied Ecology* 37:284-297.
- Kuussaari M, Singer M, Hanski I (2000) Local specialization and landscape-level influence on host use in an herbivorous insect. *Ecology* 81: 2177-2187.
- New TR (2004) Moths (Insecta: Lepidoptera) and conservation: background and perspective. *Journal of Insect Conservation* 8:79-94.
- Ode PJ (2006) Plant chemistry and natural enemy fitness: effects on herbivore and natural enemy interactions. *Annual Review of Entomology* 51:163-85.
- Strauss, S. & A. Zangerl. 2002. Plant-insect interaction in terrestrial ecosystems. In: Herrera CM, Pellmyr O (eds) *Plant-animal interactions: an evolutionary approach*. Wiley Blackwell: USA.

- Summerville KS, Ritter LM, Crist TO (2004) Forest moth taxa as indicators of lepidopteran richness and habitat disturbance: a preliminary assessment. *Biological Conservation* 116:9-18.
- Wardhaugh CW, Edwards W, Stork NE (2013) Variation in beetle community structure across five microhabitats in Australian tropical rainforest trees. *Insect Conservation and Diversity* 6:463-472.
- Wardhaugh CW (2014) The spatial and temporal distributions of arthropods in forest canopies: uniting disparate patterns with hypotheses for specialization. *Biological Reviews*. DOI 10.1111/brv.12094.

∞A subfamília Arctiinae (Erebidae)∞

Os Arctiinae apresentam hábitos diurnos e noturnos, e compreendem mariposas de tamanho pequeno a médio, de 20 a 90 mm de envergadura, com coloração aposemática e presença de manchas ou faixas iridescentes nas asas. Morfologicamente são caracterizados pela presença de um par de órgãos timpânicos de cada lado do metatórax com membranas timpânicas obliquas e direcionadas para trás (Piñas Rubio et al, 2000).

As larvas de Arctiinae são geralmente distinguidas dos outros membros da superfamília Noctuoidea pela presença de “ganchos” na base dos larvópodes de formas diferenciadas (“heteroideous crochets”) e, em geral, são densamente cobertas por cerdas farpadas ou plumosas provenientes de verrugas (“verrucae”), com exceção de algumas larvas de Lithosiini que possuem ganchos de formas similares (“homoideous crochets”) e não possuem verrugas, apresentando apenas cerdas provenientes de pináculos (Stehr, 1991). A maioria das larvas de Arctiinae é inativa e se esconde durante o dia. Em geral, são folívoras externas e frequentemente polífagas, e geralmente solitárias, embora haja espécies monófagas ou oligófagas e espécies gregárias e construtoras de abrigos (Stehr, 1991). No Cerrado brasileiro, mais de 80% das larvas de Arctiinae conhecidas são polífagas (Marquis et al., 2002), embora haja algumas espécies monófagas ou oligófagas como, por exemplo, *Idalus lineosus* Walker, 1869 que no Cerrado alimenta-se apenas de *Roupala montana* Aubl. (Braga et al., 2014).

Muitas espécies de Arctiinae sequestram compostos secundários, amins biogênicas, glicosídeos cardíacos e, principalmente, alcalóides pirrolizidínicos (APs), de suas plantas hospedeiras durante a fase larval e transferem esses compostos para os

demais estágios de desenvolvimento (Weller et al., 1999). Estas classes de compostos secundários podem coocorrer. Vários estudos confirmam que os APs atuam como um importante mecanismo anti-predação (Rothschild et al., 1979; Boppré & Schneider, 1989; Weller et al., 1999) e, em algumas espécies de Arctiinae, eles atuam, também, como precursores de feromônios sexual (Conner et al., 1990). Grande parte dos arctiíneos sinaliza sua impalatabilidade através de coloração de advertência tanto no estágio larval quanto no adulto. Os adultos estão muitas vezes envolvidos em anéis miméticos com outros lepidópteros (Piñas Rubio et al., 2000), vespas (Simmons & Weller, 2002) ou besouros (Weller et al., 1999).

Outra sinalização da impalatabilidade de muitas espécies de Arctiinae é pelos sinais ultrasônicos, emitidos somente no estágio adulto pelos órgãos timpânicos localizados no terceiro segmento torácico (Weller et al., 1999). Assim, as mariposas Arctiinae respondem ao ataque de ecolocalização dos morcegos com estalos ultrasônicos emitidos pelas estruturas metatorácicas denominadas tímpanos (Barber et al., 2009). No entanto, é ainda necessária a combinação de defesa química e da advertência acústica para que os morcegos associem a produção de ultrassom pela mariposa com a impalatabilidade (Hristov & Conner, 2005). Os ultrassons também podem ser emitidos para comunicação sexual entre machos e fêmeas de Arctiinae, como observado em machos das espécies *Spilosoma punctarium* (Stoll, [1782]) e *Eilema japonica* Leech, 1889 (Nakano et al., 2009).

O histórico da classificação da família de mariposas denominada Arctiidae é bastante complicado e as classificações mais antigas incluíam muitas espécies filogeneticamente distantes, baseadas, principalmente, em características comuns, mas um tanto quanto fragilizadas. Com o passar do tempo, várias destas espécies foram sendo realocadas em diferentes famílias como: Arctiidae, Ctenuchidae, Lithosiidae,

Nyctemeridae, Pericopidae e Thyretidae (Weller et al., 2009) e, até em diferentes superfamílias. O primeiro estudo cladístico realizado para a família foi sustentado pela morfologia das larvas e dos adultos (Jacobson & Weller, 2002) e propôs os “Arctiidae” como grupo monofilético delimitado pelas seguintes sinapomorfias: a) mandíbulas larvais com reentrância triangular no dente dorsal; b) perda da glândula eversível latero-ventral nas larvas; c) bolso IV do tímpano aberto; d) tímpanos nos metaespisternos; e) glândulas dorsais de feromônio com abertura horizontal, associadas às papilas anais das fêmeas. Entretanto, somente os dois últimos caracteres são exclusivos da família “Arctiidae” (Weller et al., 2009). Nesta classificação a família possuía três linhagens principais: Lithosiinae, Syntomini e Arctiinae. A classificação de Kristensen et al. (2007) e adotada por Rafael et al (2012) tratou os Arctiinae e Erebinæ como subfamílias de Noctuidæ. Na última classificação (Lafontaine & Schmidt, 2010; Zahiri et al, 2010), e adotada neste capítulo, a família “Arctiidae” foi reclassificada como subfamília e realocada em Erebidæ, permanecendo sem alterações nos subgrupos. Assim, foi mantida as três principais linhagens: Lithosiini, Syntomini e Arctiini, agora como tribos da subfamília Arctiinae.

Das três tribos de Arctiinae, apenas Lithosiini e Arctiini (Lafontaine & Schmidt 2010) ocorrem no novo mundo. Lithosiini é representada por mariposas pequenas, de corpo delgado e, geralmente, de coloração críptica (Scoble, 1995). Cerca de 1.170 espécies de Lithosiini ocorrem no neotrópico (34% das 3.445 espécies registradas no mundo) (Heppner, 1991). Já a tribo Arctiini é representada por mariposas de tamanho pequeno a médio, de corpo mais robusto e com coloração aposemática (Scoble, 1995), frequentemente com cores vermelhas, pretas e amarelas. O abdômen apresenta-se com bandas alternadas de cores que geralmente indicam impalatabilidade para seus predadores potenciais (Piñas Rubio et al., 2000). Na região neotropical já foram

registradas 4.761 espécies (73% das 6.523 espécies com ocorrência registrada no mundo) (Heppner, 1991).

Os Arctiinae têm distribuição global, porém com predominância na região Neotropical. No mundo já foram registradas 10.945 espécies, sendo 271 espécies no Neártico, 407 no Paleártico, 1.262 na região Etiópica, 1.929 na região Oriental, 1.150 na Austrália e Oceania e 5.933 na região Neotropical (Watson & Goodger, 1986; Heppner, 1991). No Brasil foram registradas 1.391 espécies (Ferro & Diniz, 2010), mas existe uma estimativa de 2.000 espécies (Brown & Freitas, 1999) e no Cerrado já foram registradas 723 espécies (Ferro *et al.*, 2010). Compreende um grupo taxonômico diverso, bem representado no Brasil e no Cerrado (Brown & Freitas, 1999; Ferro *et al.*, 2010) e apresenta uma taxonomia relativamente bem resolvida (Ferro & Teston, 2009). Além disso, os Arctiinae estão entre os principais lepidópteros utilizados como bioindicadores em monitoramento de ecossistemas naturais (Hilty & Merenlender, 2000).

Referências

- Barber JR, Chadwell BA, Garrett N, Schmidt-French B, Conner WE (2009) Naïve bats discriminate arctiid moth warning sounds but generalize their aposematic meaning. *The Journal of Experimental Biology* 212:2141-2148.
- Boppré M, Schneider D (1989) The biology of *Cretonotos* (Lepidoptera: Arctiidae) with special reference to the androconial system. *Zoological Journal of the Linnean Society* 96:339-356.
- Braga L, Lepesqueur C, Silva NAP, Harterreiten-Souza ES, Tepedino KP, Freire G, Neis M, Scherrer S, Nascimento AR, Motta P, Diniz IR (2014) Immature stages and ecological characteristics of *Idalus lineosus* Walker (Erebidae: Arctiinae). *Journal of the Lepidopterists' Society* 68:45-53.
- Brown Jr. KS, Freitas AVL (1999) Lepidoptera. pp. 225-143. In: Brandão CRF, Cancellato EM (Eds). *Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX. Invertebrados Terrestres*. São Paulo: FAPESP.
- Conner WE, Roach B, Benedict E, Meinwald J, Eisner T (1990) Courtship pheromone production and body size as correlates of larval diet in males of the arctiid moth *Utetheisa ornatrix*. *Journal of Chemical Ecology* 16:543-552.
- Ferro VG, Diniz IR (2010) Riqueza e composição das mariposas Arctiidae (Lepidoptera) no Cerrado. pp. 257-313. In: Diniz, I.R.; Marinho-Filho, J.; Machado, RB, Cavalcanti RB (eds) *Cerrado: conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação*. Brasília: Thesaurus. 516p.
- Ferro VG, Teston JA (2009) Composição de espécies de Arctiidae (Lepidoptera) no sul do Brasil: relação entre tipos de vegetação e entre a configuração espacial do habitat. *Revista Brasileira de Entomologia* 53:278-286.
- Ferro VG, Melo AS, Diniz IR (2010) Richness of tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae) in the Brazilian Cerrado: how much do we know? *Zoologia* 27:725-731.
- Heppner JB (1991) Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Tropical Lepidoptera* 2:1-85.
- Hilty J, Merenlender A (2000) Faunal indicador taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation* 92:185-197.
- Hristov IH, Conner WE (2005) Sound strategy: acoustic aposematism in the bat-tiger moth arms race. *Naturwissenschaften* 92:164-169.
- Jacobson NL, Weller SJ (2002) A cladistic study of the Arctiidae (Lepidoptera) by using characters of immatures and adults. *Thomas Say Publications in Entomology: Monographs*. Lanham: Entomological Society of America. 98p.
- Kristensen NP, Scoble MJ, Karsholt O (2007) Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. *Zootaxa* 1668: 699-747.
- Lafontaine JD, Schmidt BC (2010) Annotated check list of the Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) of North America north of Mexico. *ZooKeys* 40:1-239.
- Marquis RJ, Morais HC, Diniz IR (2002) Interactions among cerrado plants and their herbivores: unique or typical? pp. 306-328. In: Oliveira, PS, Marquis, RJ (eds) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of Neotropical savanna*. New York: Columbia University Press. 398p.
- Nakano R, Takanashi T, Fujii T, Skals N, Surlykke A, Ishikawa Y (2009) Moths are not silent, but whisper ultrasonic courtship songs. *The Journal of Experimental Biology* 212:4072-4078.
- Piñas Rubio FSJ, Raab-Green S, Onore G, Manzano I (2000) *Mariposas Del Ecuador: Family Arctiidae*. Quito: Pontificia Universidade Católica Del Ecuador.

- Rafael JA, Melo GAR, Carvalho CJB, Casari AS, Constantino R (2012). Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto, SP: Holos Editora. 796p.
- Rothschild M, Aplin RT, Cockrm PA, Edgar JA, Fairweather P, Lees R (1979) Pyrrolizidini alkaloids in arctiid moths (Lep.) with a discussion on host plant relationships and the role of these secondary plant substances in the Arctiidae. *Journal of the Linnean Society* 12:305-326.
- Scoble MJ (1995) *The Lepidoptera: form, function and diversity*. New York: Oxford University Press.
- Simmons RB, Weller SJ (2002) What kind of signals do mimet tiger moths send? A phylogenetic test of wasp mimicry systems (Lepidoptera: Arctiidae: Euchromiini). *The Royal Society* 269:983-990.
- Stehr FW (1991) *Immature Insects*. Kendall: Hunt Publishing. 745p.
- Zahiri R, Hitching I, Lafontaine JD, Mutanen M, Kaila L, Holloway JD, Wahlberg N (2010) A new molecular phylogeny offers hope for a stable family level classification of the Noctuoidea (Lepidoptera). *Zoologia Scripta* 40:158-173.
- Watson A, Goodger DT (1986) *Catalogue of the Neotropical tiger-moths*. Occasional Papers on Systematic Entomology. N° 1.
- Weller SJ, Jacobson NL, Conner WE (1999) The evolution of chemical defences and mating systems in tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 68:557-578.
- Weller SJ, Da Costa M, Simmons R, Dittman K, Writing M (2009) Evolution and taxonomic confusion in Arctiidae. p.11. In: Conner WE (ed) *Tiger moths and woolly bears: behaviour, ecology and evolution of Arctiidae*. Oxford: Oxford University Press. 303p.

☞A família Saturniidae☞

As mariposas Saturniidae são de tamanho médio a muito grande, de corpo robusto e densamente coberto por escamas. Apresentam vários padrões de asas, com diversas formas, colorações e ornamentações (Lemaire, 1978), sendo bastante polimórficos (Janzen, 1984). A presença de manchas ocelares nas asas são características da família e podem ser uma estratégia de defesa contra predadores (Balcázar & Beutelspacher, 2000). Os adultos são principalmente noturnos, mas alguns machos de Agliinae e poucas espécies de Saturniinae e Hemileucinae são diurnos (Lemaire & Minet, 1998). Apresentam curto período de vida, pois apresentam aparelho bucal rudimentar ou ausente, e suas reservas energéticas são adquiridas somente no estágio larval, e por isso, possuem pouca capacidade de dispersão (Janzen, 1984). Saturniideos são bem representados nos trópicos, especialmente nos neotrópicos, particularmente abundantes em regiões montanhosas (Lemaire & Minet, 1998), no entanto, a riqueza e diversidade de Saturniidae diminuem com a altitude (Muñoz & Amarillo-Suárez, 2010).

Algumas lagartas de Saturniidae apresentam hábito gregário nos primeiros instares (Lemaire & Minet, 1998), caracterizam-se pelo tegumento coberto por proeminentes calazas ou escolos com cerdas com ramificações ou espinhos (Sther, 1991), compreendendo uma estratégia eficaz contra predadores. Muitas espécies possuem cerdas urticantes, sendo de grande importância médica (Spetch et al., 2008). A maioria das lagartas são polífagas, mas também há espécies oligófagas e monófagas (Janzen, 1984; Lemaire & Minet, 1998; Diniz et al., 2013). As pupas podem ser nuas ou ocorrer no interior do casulo pupal feito de seda, aderido ou suspenso na planta hospedeira, na serapilheira ou enterradas no solo (Balcázar & Beutelspacher, 2000).

Atualmente Saturniidae compreende uma família de Bombycoidea. No entanto, no passado foi considerada como Saturnioidea por Jordan em 1924, mas alguns anos mais tarde, a superfamília foi reclassificada como Saturniidae por Draudt 1929-30 (Minet, 1994). Esta concepção de família embasa-se nas seguintes razões: Saturnioidea não era bem aceita como superfamília e seus membros eram frequentemente considerados como integrantes de Bombycoidea. Saturniidae, por outro lado, é um grupo monofilético por diversas sinapomorfias, como o dimorfismo sexual do quarto tarsômero nas pernas protorácicas dos adultos e pela antena do adulto com flagelômero distal em forma de cone sensorial (ver: Minet, 1994; Lemaire & Minet, 1998). A família Saturniidae apresenta distribuição mundial (Lemaire & Minet, 1998), e atualmente é constituída por nove subfamílias: Oxyteninae, Cercophaninae, Arsenurinae, Ceratocampinae, Agliinae, Hemileucinae, Ludiinae, Salassinae e Saturniinae (Balcázar & Beutelspacher, 2000). Oxyteninae e Arsenurinae são neotropicais, Cercophaninae, Ceratocampinae e Hemileucinae são neárticas e neotropicais (Novo Mundo), Agliinae tem distribuição paleártica, Salassinae tem distribuição asiática, Ludiinae ocorre somente no continente africano (ver: Lemaire & Minet, 1998).

Há registros de 1.528 espécies de Saturniidae de 165 gêneros distribuídas em nove famílias, no entanto, de acordo com análises moleculares são 1861 espécie em 162 gêneros (Camargo et al., 2009). Nas Américas, Hemileucinae compreende a subfamília mais rica com 670 espécies, seguida de Ceratocampinae com 175, Saturniinae com 81, Arsenurinae com 59 (Lemaire, 2002) e Oxyteninae com 35 (Lemaire & Minet, 1998). Cinco das seis subfamílias Neotropicais ocorrem no Brasil, Hemileucinae (221 spp.), Ceratocampinae (78 spp.), Arsenurinae (74 spp.), Oxyteninae (15 spp.) e Saturniinae (14 spp.), totalizando 395 espécies (Camargo, 2005; Camargo et al., 2008, 2011).

☞Caracterização das subfamílias☜

Oxyteninae representa a linhagem mais antiga de Saturniidae (Minet, 1994). São mariposas de tamanho mediano, escuras e apresentam alta diversidade morfológica. É estritamente neotropical e está associada às florestas medianas e altas (Balcázar & Beutelspacher, 2000). As lagartas de primeiros ínstaes desta subfamília caracterizam-se pela aparência oleosa e repulsiva, apresentam cerdas primárias granuladas e calazas com pontas bulbosas e glandulares que secretam substância pegajosa. Nos últimos ínstaes possui o metatórax ampliado nas laterais com “falsos olhos” (manchas). Algumas espécies possuem lagartas oligófagas e se alimentam de plantas da família Rubiaceae (Balcázar & Beutelspacher, 2000; Diniz et al., 2013).

Arsenurinae compreende um grupo monofilético (Camargo et al., 2009; 2011), constituído de mariposas grandes de coloração em tons de cinza ou marrom, apresentam formas variadas de asas, especialmente nas asas posteriores, em forma de cauda, podendo ser mais ou menos proeminentes (Lemaire, 1980; Balcázar & Beutelspacher, 2000). São exclusivas e bem distribuídas na região neotropical, porém pouco adaptadas às altitudes acima de 1.500m. Apresentam grande diversidade em florestas úmidas, mas também há espécies endêmicas de áreas semiáridas como no Cerrado e Caatinga (Lemaire, 1980; Camargo & Becker, 1999; Camargo et al., 2009). No Cerrado são conhecidas 26 espécies (Camargo & Becker, 1999). As lagartas de primeiros ínstaes apresentam escolos em forma de cornos e são geralmente polífagas (Lemaire, 1980; Prestes et al., 2009). A pupa é nua e permanece enterrada no solo (Lemaire, 1980).

Os ceratocampineos compreendem os saturniídeos mais aerodinâmicos, com asas alongadas e corpos fusiformes, e extremamente variáveis em tamanho (Janzen, 1984; Lemaire, 1988; Balcázar & Beutelspacher, 2000). Ceratocampinae forma um grupo monofilético e distingue-se das outras subfamílias por três apomorfias: corpo

semelhante ao dos esfíngideos, presença do escolo dorsal distinto e conspicuamente projetado na larva de último instar e pupa com cremaster projetado e bífido (Balcázar & Wolfe, 1997). São bem distribuídas, desde o norte dos Estados Unidos ao sul do Canadá, até o norte da Argentina e Brasil. No Cerrado são conhecidas 53 espécies (Camargo & Becker, 1999). A característica mais importante de sua distribuição é a grande ocorrência de espécies exclusivas de florestas decíduas, florestas secas e ambientes secos e abertos, sendo relativamente pouco representada em florestas tropicais úmidas (Janzen, 1984; Lemaire, 1988). Também são bem adaptadas aos ambientes sazonais e clima temperado, no entanto, pequena porcentagem de *Ceratocampinae* é encontrada acima de 1.500m de altitude (Lemaire, 1988; Muñoz & Amarillo-Suárez, 2010). As lagartas apresentam escolos torácicos, cornos próximos à cabeça, especialmente pronunciados nas lagartas de primeiros ínstar, sendo apelidadas de “lagartas diabólicas” (Lemaire, 1988). São polípagas (Prestes et al., 2009) e o empupamento ocorre no solo (Lemaire, 1988).

Hemileucinae é a subfamília mais amplamente distribuída, desde o Canadá até a Terra do Fogo (Lemaire, 2002). Grande parte das espécies de *Hemileucinae* ocorre em regiões montanhosas (Lemaire, 2002) e existem grupos associados a todos os tipos de vegetação (Balcázar & Beutelspacher, 2000). No Cerrado são conhecidas 119 espécies (Camargo et al., 2008). São mariposas de tamanho variável, de muito pequeno a grande. Os adultos apresentam grandes variações morfológicas interespecíficas e não há uma única característica que os distinga das outras subfamílias (Lemaire, 2002). Muitas espécies apresentam manchas oclares. Apresentam dimorfismo sexual desde reduzido até muito forte. As lagartas são caracterizadas pela armadura de escolos em forma de espinhos extremamente desenvolvida, capaz de produzir e inocular substâncias de ação urticante e até hemorrágica, apresentando assim, importância médica por causarem

acidentes ao entrarem em contato com a pele de humanos (Spetch et al., 2008). São gregárias e a maioria é polífaga (Lemaire, 2002). O empupamento ocorre acima do solo, preso à vegetação ou na serapilheira (Lemaire, 2002).

A subfamília Saturniinae caracteriza-se pelo tamanho grande, aparência extremamente variável e ornamentação caracterizada pela presença de grandes manchas discoceulares em forma de lua crescente ou de ocelos (Lemaire, 1978). Estão distribuídas em todo o mundo (Lemaire & Minet, 1998), mas são bem representadas nas regiões tropicais do Velho Mundo (Balcázar & Beutelspacher, 2000). Nas Américas, espécies dos gêneros *Rothschildia* e *Copaxa* apresentam alto nível de endemismo na região Guiana-Amazonense (Lemaire, 1978). No Cerrado são conhecidas oito espécies (Camargo & Becker, 1999). As lagartas são grandes, revestidas de escolos em forma de espinhos reduzidos ou bem desenvolvidos, ou em forma de verrugas. As pupas se encontram envolvidas por casulos densos de seda e o empupamento ocorre acima do solo, presas às plantas (Lemaire, 1978; Balcázar & Beutelspacher, 2000).

Referências

- Balcázar M, Wolfe KL (1997) Cladistics of the Ceratocampinae (Lepidoptera: Saturniidae). *Tropical Lepidoptera* 8:1-53.
- Balcázar-Lara MA, Beutelspacher-Baigts CR (2000) Saturniidae (Lepidoptera), pp. 501-513. In: Llorente JE, González S, Papavero N (eds) Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Conabio, México.
- Camargo AJA, Becker VO (1999) Saturniidae (Lepidoptera) from the Brazilian Cerrado: composition and biogeographic relationships. *Biotropica* 31:696-705.
- Camargo AJA (2005) Análise cladística da subfamília Arsenurinae Jorda, 1922 (Saturniidae, Lepidoptera) e morfologia de *Almeidaia aidaea* Mielke & Casagrande, 1981 (Almeidaiini). Tese, Universidade do Paraná.
- Camargo AJA, Soares RS, Torezani KRS (2008) Saturniidae (Lepidoptera) do Cerrado: biodiversidade e aspectos biogeográficos. IX Simpósio Nacional Cerrado, II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. Brasília, DF.
- Camargo AJA, Mielke OHH, Casagrande MM (2009) Cladistic analysis of the subfamily Arsenurinae (Lepidoptera, Saturniidae) based on adult morphology. *Zootaxa* 2218:1-34
- Camargo AJA, Mielke OHH, Casagrande MM (2011) Phylogenetic analysis of *Arsenura* Ducan (Lepidoptera, Saturniidae, Arsenurinae) based on adult morphology. *Zootaxa* 3116:1-32.
- Diniz, IR, Braga, L, Lepesqueur, C, Silva, N, Morais, H (2013) Lagartas do Cerrado. Rio de Janeiro: Technical Books. 215p.
- Janzen DH (1984) Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. In: Dawkins R, Ridley M (ed) *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* volume 1. Oxford University Press, United Kingdom. pp 85-139
- Lemaire C (1978) Les Attacidae Américains (Saturniidae). Attacinae. Édition C. Lemaire, Neuilly-sur-Seine. 238p.
- Lemaire C (1980) Les Attacidae Américains (Saturniidae). Arsenurinae. Édition C. Lemaire, Neuilly-sur-Seine. 199p.
- Lemaire C (1988) Les Attacidae Américains (Attacidae). Ceratocampinae. Museo Nacional de Costa Rica. San José, Costa Rica. 480p.
- Lemaire C (2002) The Attacidae of America. Hemileucinae. Part A. Goecke & Evers, Keltern, Germany. 688p.
- Lemaire C, Minet J (1998) The Bombycoidea and their relatives. pp 321-353. In: Kristensen NP (ed) *Lepidoptera: moths and butterflies: evolution, systematics and biogeography*. Walter de Gruyter Inc., New York.
- Minet J (1994) The Bombycoidea: phylogeny and higher classification (Lepidoptera: Glossata). *Entomologica Scandinavica* 25:63-88
- Muñoz A, Amarillo-Suárez A (2010) Variación altitudinal en diversidad de Arctiidae y Saturniidae (Lepidoptera) en un bosque de niebla Colombiano. *Revista Colombiana de Entomología* 36:292-299.
- Prestes AS, Nunes FG, Corseuil E, Moser A (2009) Arsenurinae and Ceratocampinae (Saturniidae) of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Journal of the Lepidopterists' Society* 63:214-232.
- Specht A, Corseuil E, Abella HB (2008) *Lepidópteros de importância médica: principais espécies no Rio Grande do Sul*. USEB, Pelotas. 220pp.
- Stehr FW (1991) *Immature insects*. Hunt Publishing, Kendal. 754pp.

☞A família Sphingidae☞

As mariposas da família Sphingidae são de tamanho médio a grande, de corpo robusto, com asas anteriores ligeiramente triangulares e muito mais longas do que as posteriores (D´Abrera, 1986; Lemaire & Minet, 1998). São mariposas aerodinâmicas e excelentes voadoras, apresentando grande capacidade de dispersão (Janzen, 1984). Usualmente, as espécies são noturnas, mas há algumas exceções com hábitos crepusculares e diurnos (Lemaire & Minet, 1998). A maioria possui probóscide longa e bem desenvolvida. Entretanto, em alguns gêneros de Smerinthinae do Velho Mundo a probóscide é reduzida (Kitching & Cadiou, 2000). Os adultos alimentam-se de néctar por longos períodos e atuam como importantes polinizadores para uma grande diversidade de plantas (Janzen, 1984; Haber & Frankie, 1989). Como são capazes de pairar sobre as flores de onde retiram o néctar, algumas espécies são confundidas com beija-flores e são chamadas de mariposas beija-flor (D´Abrera, 1986).

As lagartas desta família são reconhecidas pela aparência lisa e nua (algumas possuem cerdas curtas), são de tamanho médio a grande, com segmento abdominal A10 terminando em três lobos angulares e usualmente apresentam um escolo médio-dorsal bem desenvolvido (Sther, 1987; Diniz, et al., 2013). A maioria destas lagartas não apresenta importância econômica, mas algumas espécies são pragas agrícolas (Sther, 1987), como *Erinnys ello* (Linnaeus, 1758) que causa danos em plantações de mandioca e seringueira e *Manduca sexta* (Linnaeus, 1763) em culturas de solanáceas (Duarte et al., 2012). A postura de defesa destas lagartas quando molestadas, de retrair a cabeça dentro do primeiro segmento torácico e manter a parte anterior erguida, lembrando uma esfinge egípcia, originou o nome do gênero-tipo da família, *Sphinx* L. (D´Abrera, 1986). As lagartas são geralmente monófagas ou oligófagas, mas também há espécies polífagas

(Janzen, 1984; Diniz et al., dados não publicados). O empupamento ocorre geralmente no solo ou na serapilheira, raramente em casulos presos à planta hospedeira (Lemaire & Minet, 1998).

Sphingidae, por muito tempo foi considerada uma superfamília monotípica (Sphingoidea), no entanto, são atualmente considerados genuínos Bombycoidea, pelas características de suas larvas e adultos (Lemaire & Minet, 1998). É um grupo monofilético e sua monofilia é suportada por diversas autopomorfias, como por exemplo: veia mediana - M2 originando-se ligeiramente mais próxima de M3 do que de M1 na asa anterior; margem externa da asa posterior com angulação na extremidade da veia anal - 1A + 2A; segmentos abdominais A1-A7 das larvas com listras oblíquas laterais; superfície exposta das asas posteriores não atingindo o segmento abdominal A4 da pupa (Minet, 1994; Lemaire & Minet, 1998).

A classificação aceita para a família Sphingidae (Kawahara et al., 2009) a divide em três subfamílias: Smerinthinae, Sphinginae e Macroglossinae e oito tribos, sendo que seis delas ocorrem no Brasil. Smerinthinae, considerada a linhagem mais antiga de Sphingidae, é a única que apresenta algumas espécies com probóscide vestigial. É composta por três tribos, Smerinthini, Sphingulini e Ambulycini, somente esta última é representada no Brasil pelos gêneros *Adhemarius* Oiticica Filho, *Orecta* Rothschild & Jordan e *Protambulyx* Rothschild & Jordan. Sphinginae usualmente possui probóscides muito longas. São representadas por duas tribos: Achaerontini e Sphingini. Achaerontini possui apenas o gênero *Agrius*, enquanto Sphingini possui sete gêneros. Macroglossinae é a subfamília mais comum da fauna brasileira de esfingídeos, possuem probóscides funcionais e bem desenvolvidas, e algumas espécies são diurnas. É representada por três tribos: Dilophonotini com maior número de gêneros, Macroglossini e Philampelini (Lemaire & Minet, 1998; Duarte et al., 2012).

A família Sphingidae é amplamente distribuída no mundo todo, com exceção da Antártida e Groelândia (Duarte et al., 2012), mas ocorre especialmente na região tropical. Existem aproximadamente 1.400 espécies em 203 gêneros de esfingídeos no mundo (Kitching & Cadiou, 2000). Para região neotropical são estimadas cerca de 400 espécies, destas entre 180 a 190 podem ser encontradas no Brasil (Camargo & Amorim, comunicação pessoal). No entanto, não se sabe ao certo quantas espécies ocorrem no Cerrado brasileiro, provavelmente cerca de 80 espécies (Camargo, comunicação pessoal).

Referências

- D´Abrera B (1986) *Sphingidae Mundi: hawkmoths of the world: based on a checklist by Alan Hayes and the collection he curated in the British Museum of Natural History*. E.W.Classey: United Kingdom. 215p.
- Diniz, IR, Braga, L, Lepesqueur, C, Silva, N, Morais, H (2013) *Lagartas do Cerrado*. Rio de Janeiro: Technical Books. 215p.
- Duarte M, Marconato G, Spetch A, Casagrande MM (2012) *Lepidoptera*. In: Rafael JA, Melo GAR, Carvalho CJB, Constantino R (eds) *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. Holos: Ribeirão Preto. pp 625-682.
- Haber WA, Frankie GW (1989) A tropical hawkmoth community: Costa Rican dry forest *Sphingidae*. *Biotropica* 21:155-172.
- Kawahara, AY, Mignault, AA, Regier, JC, Kitching, IJ & Mitter, C (2009) Phylogeny and biogeography of hawkmoths (*Lepidoptera: Sphingidae*): evidence from five nuclear genes. *PLoS ONE* 4(5):e5719.
- Kitching IJ, Cadiou JM (2000) *Hawkmoths of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae)*. Cornell University Press: London.
- Janzen DH (1984) Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. pp 85-139. In: Dawkins R, Ridley M (ed) *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* volume 1. Oxford University Press, United Kingdom.
- Martin A, Soares A, Bizarro J (2011) *Guia dos Sphingidae da Serra dos Órgãos: Sudeste do Brasil*. Information Press: Oxford. 143p.
- Minet J (1994) The Bombycoidea: phylogeny and higher classification (*Lepidoptera: Glossata*). *Entomologica Scandinavica* 25:63-88
- Lemaire C, Minet J (1998) The Bombycoidea and their relatives. pp 321-353. In: Kristensen NP (ed) *Lepidoptera: moths and butterflies: evolution, systematics and biogeography*. Walter de Gruyter Inc., New York.
- Stehr FW (1991) *Immature insects*. Hunt Publishing, Kendal. 754pp.

Capítulo I

Importância da heterogeneidade de habitats na riqueza e diversidade de mariposas noturnas no Cerrado

Introdução

A heterogeneidade de habitats compreende um dos fatores responsáveis pela maior biodiversidade nos trópicos do que em ambientes temperados (Huston, 1979), já que o aumento da complexidade estrutural do habitat provê maior disponibilidade de nichos (Bazzaz, 1975). No entanto, os seus efeitos ecológicos podem variar consideravelmente entre diferentes grupos taxonômicos e dependem da forma como o ambiente é percebido pelos organismos, como heterogêneo ou como fragmentado (Tews et al., 2004). Embora alguns estudos mostrem um efeito positivo da heterogeneidade de habitat na diversidade de espécies (ver: Tews et al., 2004), são poucos os que documentaram estes efeitos em ambientes naturais.

A heterogeneidade de habitat influencia a distribuição espacial das espécies de Lepidoptera (para borboletas ver: Debinski & Brussard, 1994; Atauri & Lucio, 2001; Kerr, 2001) (para mariposas ver: Summerville et al., 2004; Beck et al., 2002, 2006; Hilt & Fiedler, 2006). Alguns destes grupos taxonômicos são considerados indicadores ambientais (Hilt & Merenlender, 2000; Kitching et al., 2000), e, possivelmente, a capacidade de representar a qualidade da vegetação está relacionada ao hábito alimentar predominantemente herbívoro desta ordem (Kitching et al., 2000). No entanto, a amplitude de dieta das lagartas e a capacidade de dispersão dos adultos constituem outras características importantes nas respostas das diferentes espécies em relação ao tipo de habitat (Hilt & Fiedler, 2006). Alterações ambientais podem favorecer algumas

plantas hospedeiras e conseqüentemente, algumas espécies de lepidópteros (Beck et al., 2002).

Mariposas, assim, como outros insetos compreendem um bom grupo para estudos de conservação e ecologia, já que grande parte das espécies é noturna e podem ser facilmente atraídas por armadilhas luminosas, permitindo estimativas eficientes de padrões geográficos de riqueza e abundância (Choi, 2008). Além disso, as mariposas são indicadoras da qualidade de habitat e respondem às perturbações antrópicas (ver: Kitching et al., 2000; Summerville et al., 2004; Beck et al., 2002, 2006; Choi, 2008) e aos processos sucessionais (Hilt & Fiedler, 2006). No entanto, é importante ressaltar que nem todos os grupos de mariposas são influenciados igualmente por uma determinada alteração ambiental, de modo que a vulnerabilidade difere entre os táxons (New, 2004). O monitoramento de comunidades de mariposas que respondem à qualidade do habitat constitui uma ferramenta importante para a biologia da conservação (New, 2004), isto porque as mudanças na vegetação alteram a prevalência da fauna de mariposas endêmicas com mudanças na abundância de espécies comuns, o que pode constituir um indicativo de possíveis mudanças na abundância de espécies raras. Por exemplo, nos sistemas agropecuários intensivos ocorre uma aceleração nas mudanças na composição e abundância das comunidades e a perda de plantas hospedeiras endêmicas leva, conseqüentemente, à perda da fauna de mariposas especialistas (White, 1991).

O Cerrado é um bioma de alta heterogeneidade de habitats, formando um mosaico de fitofisionomias florestais, savânicas e campestres (Ribeiro & Walter, 2008). O termo fitofisionomia inclui as características predominantes da vegetação como: estrutura (altura e densidade), formas de crescimento (árvores, arbustos e gramíneas) e as mudanças estacionais (sempre-verde, semidecídua e decídua) (Ribeiro & Walter,

2008). Este mosaico de fitofisionomias do cerrado, em parte, determina a composição e riqueza (Brown & Gifford, 2002), e a variação na distribuição espacial das espécies de Lepidoptera na região (Pinheiro & Ortiz, 1992). Além disso, há indicativos de que existam preferências pela exploração destas fitofisionomias por diferentes espécies (Camargo, 2001). A presença de fitofisionomias florestais como as matas de galeria, os cerradões e as matas semidecíduas tem papel fundamental na manutenção de insetos mais sensíveis à baixa umidade relativa do ar (Brown, 2000).

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito de duas fitofisionomias do cerrado na distribuição da diversidade de mariposas noturnas pertencentes a três grupos taxonômicos distintos: Erebidae (Arctiinae), Saturniidae e Sphingidae, utilizando a análise de partição aditiva hierárquica. Os táxons selecionados apresentam alguns atributos importantes dos indicadores de qualidade ambiental: grande diversidade de espécies, taxonomia clara, são facilmente amostrados e identificados, sua biologia e história de vida são bem conhecidas, e apresentam fidelidade ecológica.

Especificamente, as seguintes questões foram abordadas:

1) A diversidade beta de mariposas entre as fitofisionomias adicionará mais espécies para a diversidade regional do que a diversidade beta entre unidades amostrais e entre áreas? Espera-se que a diversidade beta entre as fitofisionomias seja maior que a diversidade beta entre as unidades amostrais dentro das fitofisionomias e entre áreas da mesma fitofisionomia, pois as fitofisionomias provêm uma maior complexidade na estruturação do Cerrado.

2) A distribuição da diversidade das mariposas noturnas difere entre os grupos taxonômicos? Espera-se que os grupos taxonômicos respondam diferentemente à

heterogeneidade de habitats por possuírem características biológicas distintas, apresentando, assim, padrões diferentes de distribuição da diversidade.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em outubro e novembro de 2012, no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), área de 2.833,26 ha, localizado na Serra dos Pireneus que abrange os municípios de Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás e Pirenópolis, Goiás, Brasil, entre as coordenadas 15°50'S e 48°47'W (Souza et al., 2008). A Serra dos Pireneus é caracterizada por montanhas de altitudes elevadas com 1.385 m de altitude em seu ponto mais alto, morfologia acidentada, vertentes íngremes, por vezes escarpadas e consiste em um importante divisor de águas (Silveira et al., 2009). A vegetação da Serra é composta por diversas fitofisionomias: mais fechadas como as matas semidecíduas, de galeria e ciliares e o cerradão, e as mais abertas como cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos e diversos tipos de campos (Moura et al., 2007; Bosquetti, 2008). O clima é sazonal, apresenta invernos secos (abril a setembro) e verões chuvosos (outubro a março) (Moura et al., 2007).

O estudo foi realizado em duas fitofisionomias: 1) cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos (cerrado *ss*) e 2) mata semidecídua, ambas localizadas na altitude em torno de 1.300m e de baixa declividade do PEP (Fig.1.1). A primeira destas fitofisionomias ocorre predominantemente em latossolos e neossolos quartzarênicos e sobre afloramentos rochosos (Moura et al., 2007). O cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos ocorre em Goiás e Tocantins, principalmente nas áreas altas das Serras (Felfili & Fagg, 2007; Moura et al., 2007). Caracteriza-se pela presença dos estratos arbustivo, subarbustivo e herbáceo e com predominância do arbóreo-arbustivo,

com cobertura arbórea de 20 a 50% e altura média da vegetação de 3m a 6m (Ribeiro & Walter, 2008). A segunda fitofisionomia mata semidecídua, compreende uma formação florestal caracterizada pela perda parcial de folhas (20 a 50%) durante a estação seca, ocorre em solos mais úmidos e ricos em nutrientes, geralmente associadas às matas de galeria (Ribeiro & Walter, 1998) e apresenta uma alta diversidade florística (Imaña-Encinas et al., 2007). As árvores são eretas e a altura média do estrato arbóreo varia entre 15 e 25 m. Durante a estação chuvosa a cobertura arbórea é de 70 a 95% (Ribeiro & Walter, 2008).

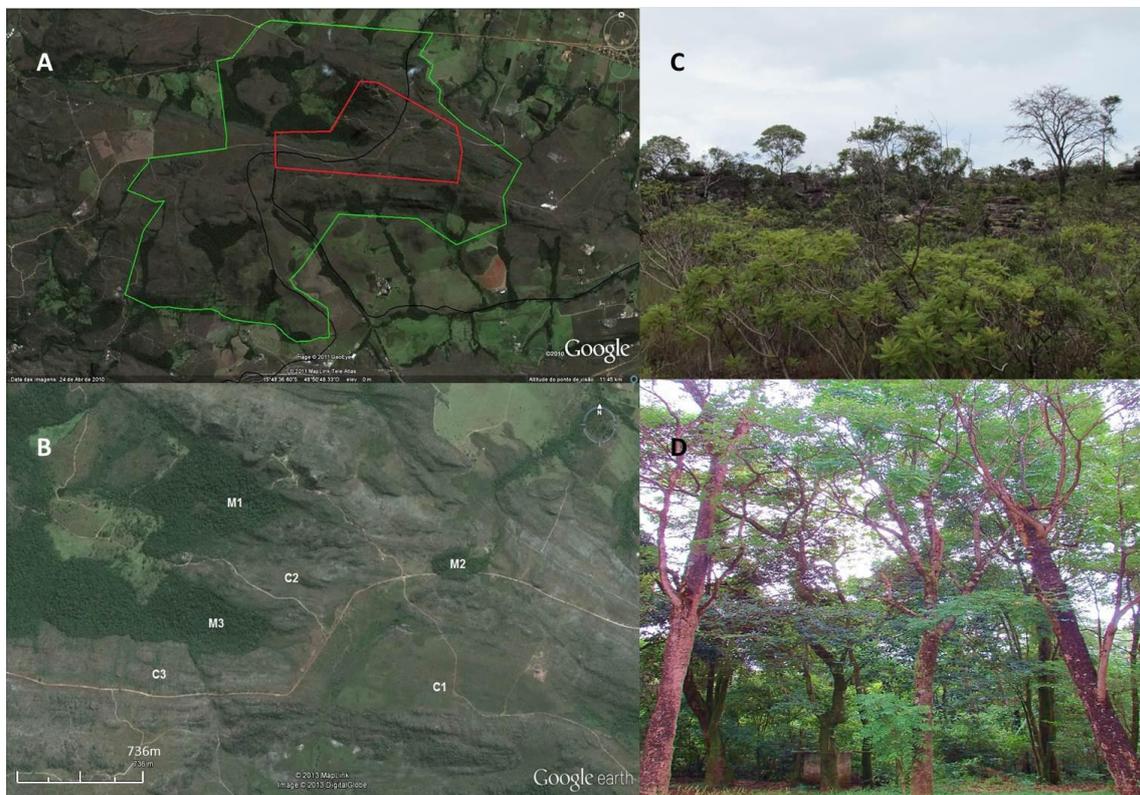


Figura 1.1 - Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. A) delimitação da área da Unidade de Conservação Parque Estadual dos Pireneus (PEP) em verde; delimitação da região mais alta do PEP em vermelho. B) Área de estudo: M1, M2 e M3 – áreas de mata semidecíduas e C1, C2 e C3 – áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. C) Cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos, D) Mata semidecídua.

Delineamento Amostral

O delineamento amostral deste estudo compreendeu quatro escalas espaciais: região alta do Parque Estadual dos Pireneus, fitofisionomias, áreas e unidades amostrais (UAs) (Fig. 1.2). Foram amostradas mariposas noturnas de três grupos taxonômicos, Erebidae (Arctiinae), Saturniidae e Sphingidae, em dois tipos de fitofisionomias, três áreas por fitofisionomia e três unidades amostrais por área, totalizando nove UAs em cada fitofisionomia. As UAs em cada área foram distanciadas 100m entre si e as distâncias entre as áreas variaram de 1km a 3km.

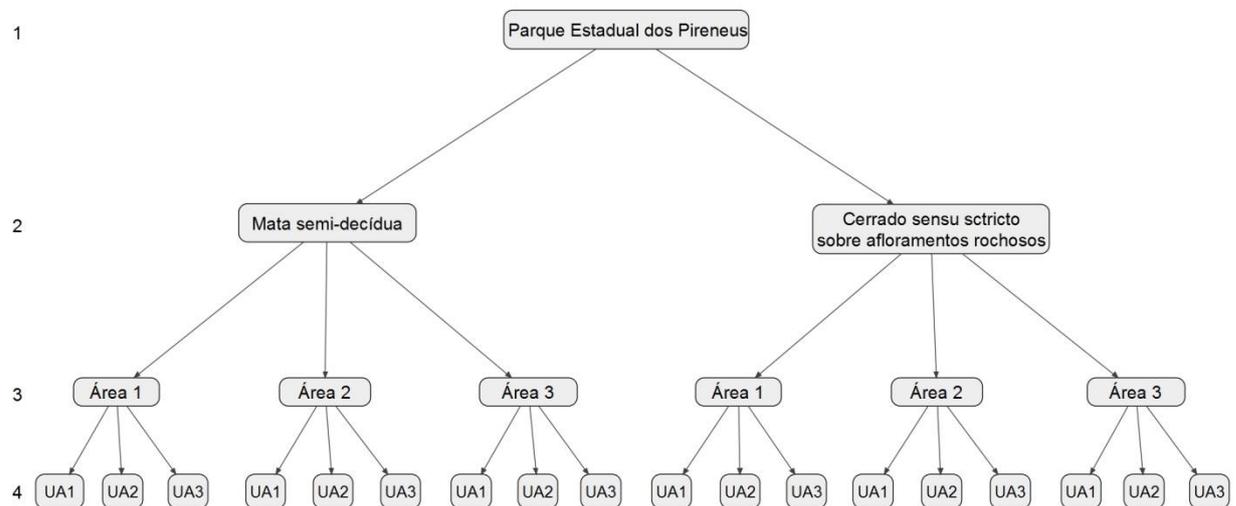


Figura 1.2 - Delineamento amostral com quatro escalas espaciais para amostragem de mariposas noturnas no Parque Estadual dos Pireneus em outubro e novembro de 2012.

Amostragem mariposas noturnas

As amostragens das mariposas foram realizadas durante o período de seis noites da fase lunar nova de outubro e novembro de 2012. Os meses selecionados para amostragem correspondem ao início da estação chuvosa no cerrado, período de grande abundância de mariposas (Silva et al., 2011). A fase lunar nova corresponde às noites

mais escuras, o que aumenta o raio de ação das armadilhas e, conseqüentemente, o número de indivíduos atraídos pela luz (McGeachie, 1989; Yela & Holyoka, 1997).

Cada UA correspondeu a uma armadilha luminosa Luiz de Queiroz modificada pela inclusão de um aparato acima do solo, preso por barbantes na vegetação (Fig. 1.3). Foi utilizada uma lâmpada fluorescente UV de 15 W ligada a uma bateria automotiva de 48 amperes. O raio de atração de fontes de luz fraca é provavelmente inferior que 30 metros (Beck & Linsenmair, 2006), e assim aumenta a probabilidade das mariposas coletadas pertencerem à fauna residente da fitofisionomia. Os espécimes foram coletados no dia seguinte com o auxílio de frascos mortíferos contendo hidróxido de amônia ou pela injeção de hidróxido da amônia no tórax. A identificação taxonômica foi feita por comparação aos espécimes da Coleção Vitor O. Becker e Coleção Entomológica da Embrapa Cerrados – CPAC. Todos os espécimes foram depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia, da Universidade de Brasília, Brasil.

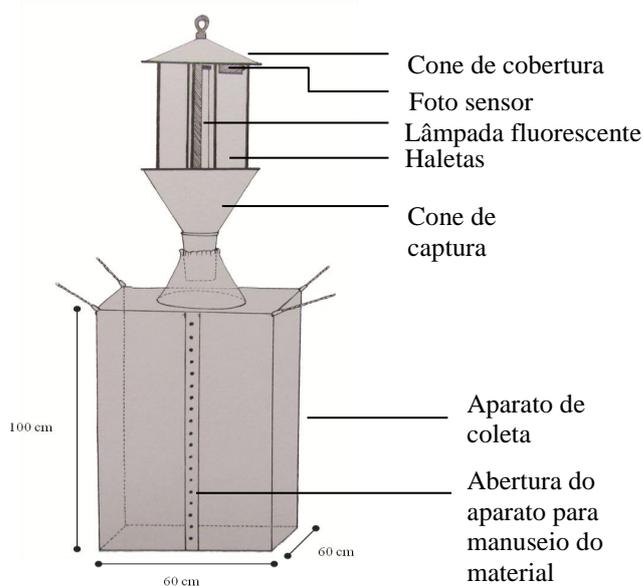


Figura 1.3 – Armadilha luminosa Luiz de Queiroz com aparato modificado, utilizada nas coletas de mariposas Erebidæ (Arctiinae), Saturniidae e Sphingidae, em áreas do Parque Estadual dos Pireneus em outubro e novembro de 2012.

As análises de partição aditiva foram realizadas com o conjunto total de dados, considerando os dois meses como uma única amostragem, para verificar a contribuição da diversidade alfa e beta da comunidade de mariposas para a diversidade gama. Cada grupo taxonômico foi analisado separadamente para determinar se a contribuição da diversidade alfa e beta em cada escala espacial diferem entre as três famílias de mariposas. Estas análises foram baseadas em duas métricas: efeito das espécies (riqueza de espécies) e os efeitos combinados da riqueza de espécies e abundância (Índice de diversidade de Shannon). O índice de diversidade de Shannon foi selecionado por equilibrar as espécies exatamente pelas suas frequências, sem favorecer as espécies raras ou abundantes (Magurran, 2004). As diversidades alfa (α) e beta (β) foram definidas em relação a um dado nível de observação. Assim, α_1 representou a diversidade média de mariposas na escala unidade amostral, e β_1 a diversidade entre as unidades amostrais de cada área. A diversidade α em uma dada escala compreendeu a soma da diversidade α e β da escala menor mais próxima, sendo assim, neste estudo: α_2 (áreas) = α_1 (UAs) + β_1 (entre UAs); α_3 (fitofisionomias) = α_2 (áreas) + β_2 (entre áreas); γ (regional PEP) = α_3 (fitofisionomias) + β_3 (entre fitofisionomias). Assim, a diversidade total de mariposas no PEP pode ser descrita pela seguinte fórmula: $\gamma = \alpha_1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$. As análises foram processadas no software PARTITION 3.0 (Veech & Crist, 2006).

Para testar a hipótese nula de que a distribuição das mariposas noturnas é aleatória e não sofre efeito das fitofisionomias em sua distribuição, foram comparadas as diversidades α e β observadas em cada nível do desenho amostral com os valores esperados através da randomização baseada em indivíduos disponível no Software PARTITION 3.0 (Veech & Crist, 2006). Na randomização baseada em indivíduos, o

número total de indivíduos de todas as espécies é conservado, mas os indivíduos de cada espécie são distribuídos aleatoriamente nas amostras em cada nível, assim, este tipo de aleatorização assume que qualquer espécie possa existir em qualquer amostra. Neste método podemos determinar se os valores observados são significativamente maiores ou menores que os valores esperados caso a distribuição fosse aleatória.

Resultados

As armadilhas luminosas capturaram 73% de mariposas Saturniidae, 17% de Erebidae (Arctiinae) e 10% de Sphingidae. Em relação à riqueza, os arctiíneos representaram 43% das espécies, os saturniídeos 40% e os esfingídeos 17% (Tab. 1.1).

Tabela 1.1 – Número de espécimes e espécies de mariposas Arctiinae, Saturniidae e Sphingidae, amostrados por armadilhas luminosas, em duas fitofisionomias: cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua, em áreas do Parque Estadual dos Pireneus em outubro e novembro de 2012.

	Nº. espécimes	Nº. espécies	Nº. espécies comuns às duas fitofisionomias (%)
Erebidae (Arctiinae)	330	92	18 (19,5)
Saturniidae	1.385	84	38 (45)
Sphingidae	186	36	11 (30,5)
Total	1.901	212	67 (31,6)

Partição da diversidade total: três grupos taxonômicos

Os resultados da partição da diversidade em componentes α e β , quando considerado os três grupos taxonômicos (Arctiinae, Saturniidae e Sphingidae), para ambas as métricas utilizadas (riqueza de espécies e índice de diversidade de Shannon),

revelou que a beta diversidade na escala mais alta (β_3) foi maior que o esperado ao acaso, enquanto o componente alfa (α_1) foi sempre menor que o esperado ao acaso (Tab. 1.2). A partição aditiva mensurada pela riqueza de espécies mostrou que β_3 foi a escala espacial que contribui mais para a diversidade γ , enquanto β_1 contribuiu menos para a riqueza de espécies total (Fig. 1.4-A). Em contraste, a partição aditiva mensurada pelo índice de diversidade de Shannon mostrou que α_1 compreendeu a maior proporção da diversidade γ (Fig. 1.4-B). Apesar da grande contribuição de α_1 , de acordo com o índice de Shannon, apenas os valores de β_2 e β_3 foram maiores que o esperado ao acaso.

Tabela 1.2 – Partição aditiva hierárquica dos componentes α e β mensurados pela riqueza de espécies de mariposas noturnas e índice de Shannon, na região alta do Parque Estadual dos Pireneus. O valor de P foi obtido a partir da comparação do resultado observado e esperado ao acaso através da técnica de aleatorização. α_1 : UAs, β_1 : entre UAs, β_2 : entre áreas, β_3 : entre fitofisionomias.

Diversidade	Riqueza de Espécies			Shannon		
	Observado	Esperado	P	Observado	Esperado	P
α_1	42,5	54,08	<0,001	27	41,01	<0,001
β_1	35,83	44,32	<0,001	1,52	1,48	0,02
β_2	59,17	62,08	0,94	1,37	1,23	<0,001
β_3	74,5	51,53	<0,001	1,44	1,08	<0,001
γ	212			80,84		

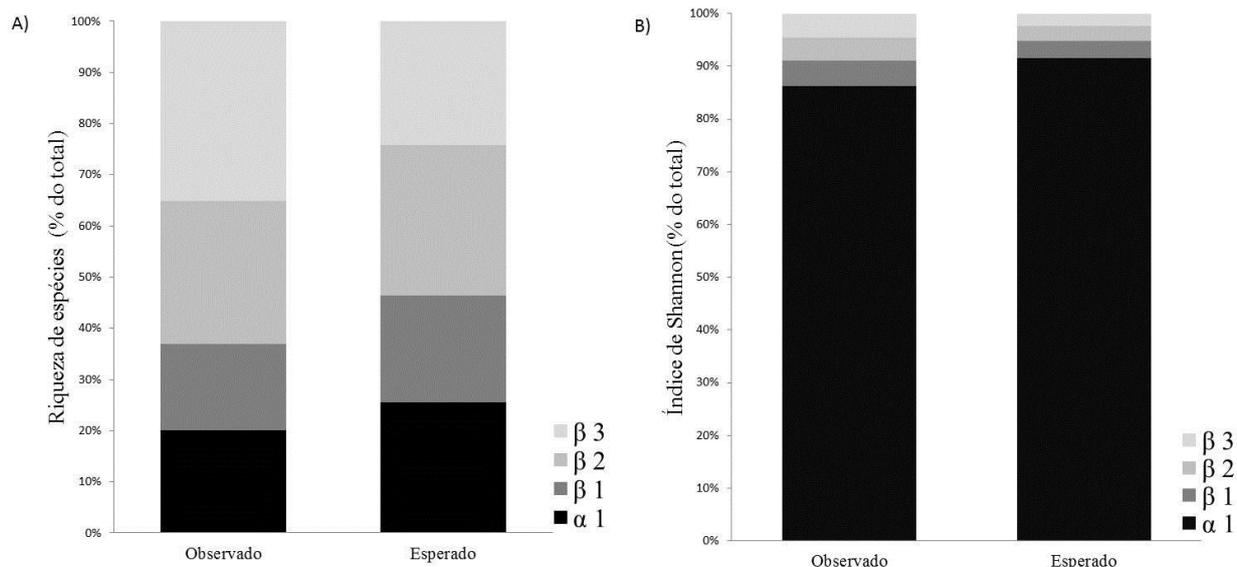


Figura 1.4 – Partição aditiva da riqueza de espécies e diversidade de mariposas (Erebidae [Arctiinae], Saturniidae e Sphingidae) da região alta do Parque Estadual dos Pireneus em quatro escalas espaciais. A) riqueza de espécies e B) índice de diversidade de Shannon. Valores expressos em porcentagem da diversidade total. Os valores observados foram comparados aos valores esperados por aleatorização: $\alpha 1$: UAs, $\beta 1$: entre UAs, $\beta 2$: entre áreas e $\beta 3$: entre fitofisionomias.

Partição da diversidade: Arctiinae (Erebidae)

Para Arctiinae, a partição da diversidade em componentes α e β , de acordo com as duas métricas utilizadas, revelou $\beta 3$ foi maior que esperado ao acaso, enquanto $\alpha 1$ foi sempre menor que o esperado (Tab. 1.3). Em relação aos resultados para riqueza de espécies, $\beta 3$ foi a escala espacial que mais contribuiu para a diversidade total, enquanto $\alpha 1$ foi a que contribuiu menos (Fig. 1.5-A). Em contraste, a partição aditiva baseada no índice de diversidade de Shannon mostrou que $\alpha 1$ compreendeu a maior proporção da diversidade total (Fig. 1.5-B), mas foi significativamente menor do que o esperado ao acaso.

Tabela 1.3 – Partição aditiva hierárquica dos componentes α e β mensurados pela riqueza de espécies e índice de Shannon de Erebidae (Arctiinae), na região alta do Parque Estadual dos Pireneus. O valor de P foi obtido a partir da comparação do resultado observado e esperado ao acaso através da técnica de aleatorização. $\alpha 1$: UAs, $\beta 1$: entre UAs, $\beta 2$: entre áreas, $\beta 3$: entre fitofisionomias.

Diversidade	Riqueza de Espécies			Shannon		
	Observado	Esperado	P	Observado	Esperado	P
$\alpha 1$	11,56	14	<0,001	7,72	10,54	<0,001
$\beta 1$	13,94	16,97	<0,001	2,09	2,21	0,969
$\beta 2$	29	30,68	0,908	1,7	1,64	0,1
$\beta 3$	37,5	30,34	<0,001	1,68	1,21	<0,001
γ	92			46,05		

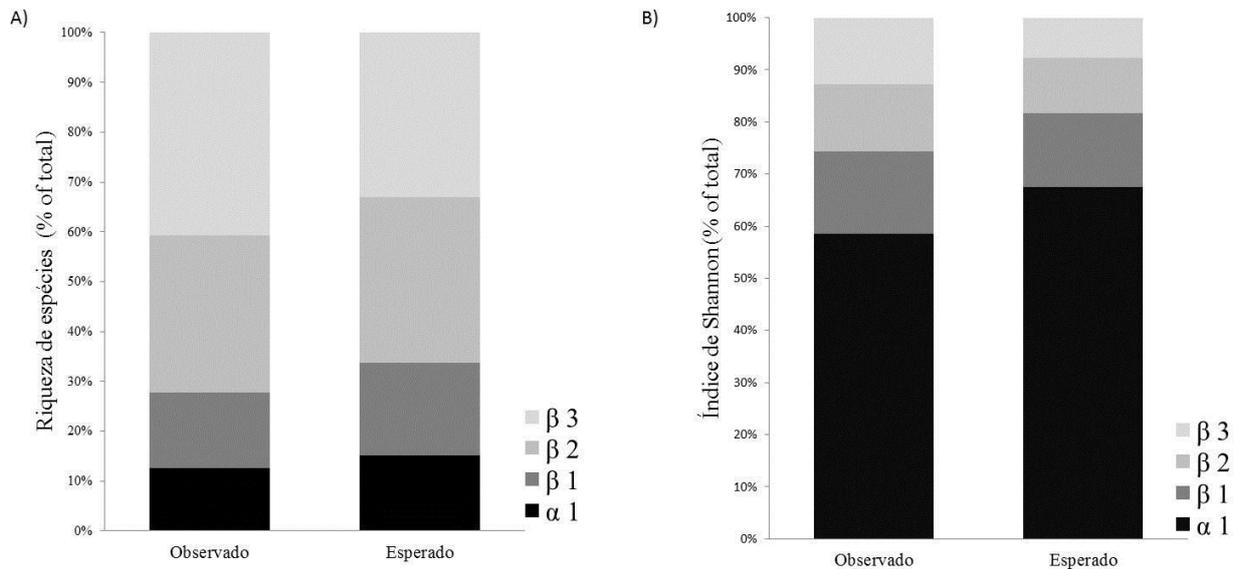


Figura 1.5 – Partição aditiva da riqueza de espécies e diversidade de mariposas Erebidae (Arctiinae) da região alta do Parque Estadual dos Pireneus em quatro escalas espaciais. A) riqueza de espécies e B) índice de diversidade de Shannon. Valores expressos em porcentagem da diversidade total. Os valores observados foram comparados aos valores esperados por aleatorização: $\alpha 1$: UAs, $\beta 1$: entre UAs, $\beta 2$: entre áreas e $\beta 3$: entre fitofisionomias.

Partição da diversidade: Saturniidae

Para Saturniidae, a partição da diversidade em componentes α e β , considerando a riqueza de espécies e o índice de diversidade de Shannon, revelou que $\alpha 1$ foi a escala espacial que mais contribuiu para a diversidade γ (Fig. 1.6). No entanto, o componente $\alpha 1$ foi sempre menor que o esperado ao acaso, enquanto os valores observados de $\beta 3$ foram sempre maiores que os valores esperados (Tab. 1.4).

Tabela 1.4 - Partição aditiva hierárquica dos componentes α e β mensurados pela riqueza de espécies e índice de Shannon de Saturniidae, na região alta do Parque Estadual dos Pireneus. O valor de P foi obtido a partir da comparação do resultado observado e esperado ao acaso através da técnica de aleatorização. $\alpha 1$: UAs, $\beta 1$: entre UAs, $\beta 2$: entre áreas, $\beta 3$: entre fitofisionomias.

Diversidade	Riqueza de Espécies			Shannon		
	Observado	Esperado	P	Observado	Esperado	P
$\alpha 1$	25,5	32,61	<0,001	16,23	24,33	<0,001
$\beta 1$	16,33	19,25	<0,001	1,37	1,36	0,22
$\beta 2$	19,67	19,42	0,393	1,27	1,14	<0,001
$\beta 3$	22,5	12,72	<0,001	1,39	1,04	<0,001
γ	84			39,22		

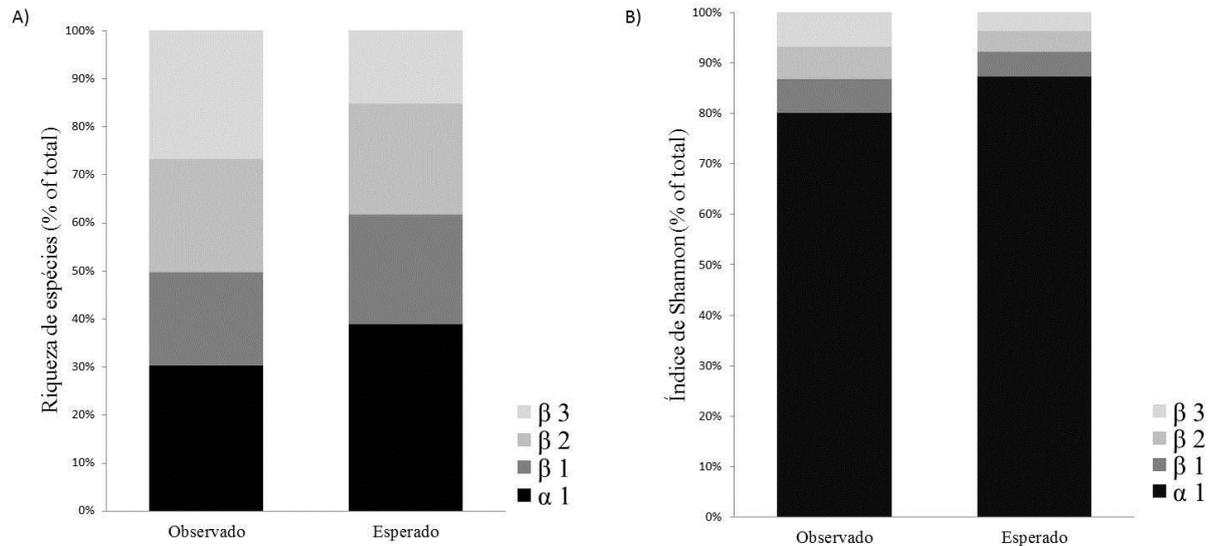


Figura 1.6 - Partição aditiva da riqueza de espécies e diversidade de mariposas Saturniidae da região alta do Parque Estadual dos Pireneus em quatro escalas espaciais. A) riqueza de espécies e B) índice de diversidade de Shannon. Valores expressos em porcentagem da diversidade total. Os valores observados foram comparados aos valores esperados por aleatorização: $\alpha 1$: UAs, $\beta 1$: entre UAs, $\beta 2$: entre áreas e $\beta 3$: entre fitofisionomias.

Partição da diversidade: Sphingidae

Para Sphingidae, a partição da diversidade em componentes α e β revelou que os componentes de diversidade observados apresentaram distribuição aleatória para as duas métricas utilizadas (Tab. 1.5). O índice de diversidade de Shannon mostrou que apenas $\beta 2$, beta diversidade entre áreas, diferiu do esperado ao acaso. A partição aditiva baseada na riqueza de espécies mostrou que $\beta 3$ foi a escala espacial que mais contribuiu para a diversidade γ , enquanto $\alpha 1$ foi o maior componente de acordo com índice de diversidade de Shannon (Fig.1.7).

Tabela 1.5 - Partição aditiva hierárquica dos componentes α e β pela riqueza de espécies e Shannon de Sphingidae da região alta do Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil. O valor de P foi obtido a partir da comparação do resultado observado e esperado ao acaso por aleatorização. α 1: UAs, β 1: entre UAs, β 2: entre áreas, β 3: entre fitofisionomias.

Diversidade	Riqueza de Espécies			Shannon		
	Observado	Esperado	P	Observado	Esperado	P
α 1	5,83	6,24	0,982	3,79	3,85	0,656
β 1	6	6,92	0,98	1,68	1,96	0,976
β 2	10,67	10,29	0,302	1,94	1,63	0,004
β 3	12,5	11,55	0,093	1,29	1,32	0,532
γ	35			15,97		

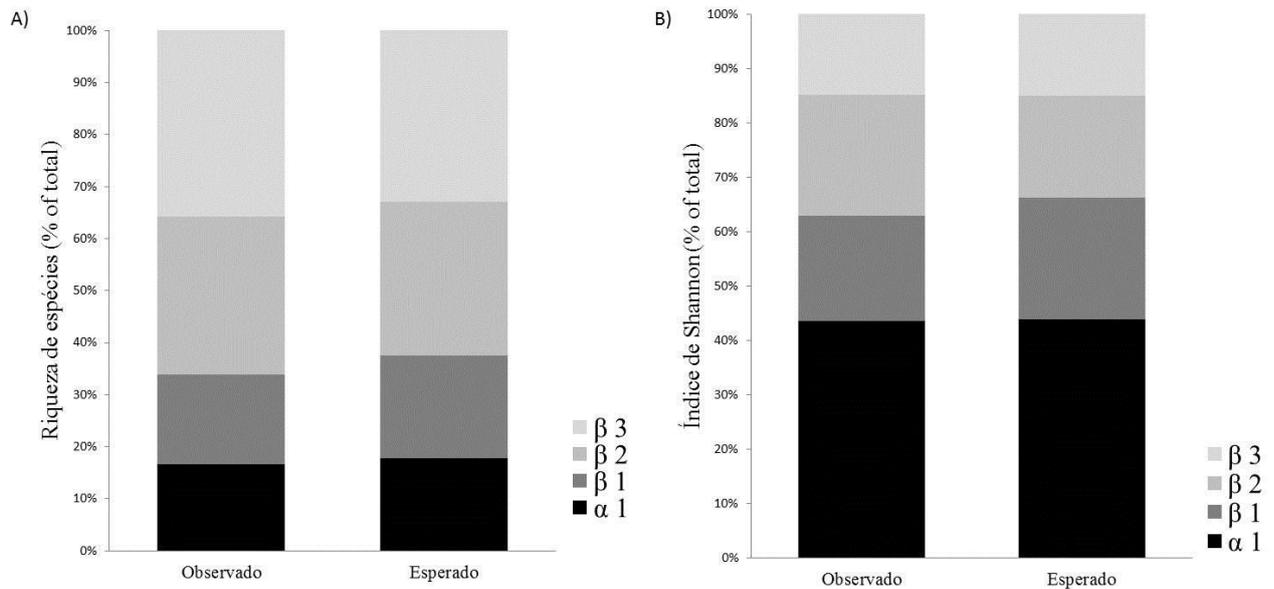


Figura 1.7 - Partição aditiva da riqueza de espécies e diversidade de mariposas Sphingidae da região alta do Parque Estadual dos Pireneus em quatro escalas espaciais. A) riqueza de espécies e B) índice de diversidade de Shannon. Valores expressos em porcentagem da diversidade total. Os valores observados foram comparados aos valores esperados por aleatorização: α 1: UAs, β 1: entre UAs, β 2: entre áreas e β 3: entre fitofisionomias.

Discussão

Os resultados encontrados, considerando ambas as métricas utilizadas, revelaram que as fitofisionomias florestais e savânicas afetam a distribuição da riqueza e diversidade de mariposas no cerrado do PEP. Estes resultados corroboram a hipótese de que as fitofisionomias provê um mosaico de habitats que determina a composição e a riqueza das comunidades de Lepidoptera na região do Cerrado (Brown & Gifford, 2002). A maior contribuição da diversidade beta entre fitofisionomias para a diversidade gama pode estar relacionada à baixa similaridade da composição florística entre o cerrado *sensu stricto* e a mata semidecídua (ver: Walter, 2006), já que insetos fitófagos estão relacionados à distribuição de suas plantas-hospedeiras (Ødegaard, 2006), além das diferenças micro climáticas existentes entre estas fitofisionomias.

As diferenças observadas nas contribuições de cada escala espacial para diversidade total entre as métricas utilizadas podem ser explicadas, em parte, pelos padrões de dominância ou raridade das espécies. Quando a riqueza de espécies é utilizada para mensurar a diversidade, o resultado esperado é uma alta diversidade beta, enquanto, quando o índice de diversidade de Shannon é utilizado, o resultado esperado é uma alta diversidade alfa, estas diferenças estão relacionadas à relação entre a abundância e a distribuição das espécies (Crist et al., 2003; Gering et al., 2003). No presente estudo, estas diferenças nas análises de partição aditiva foram encontradas tanto para os três táxons em conjunto, assim como para cada um em particular. Entretanto, para Saturniidae, o componente alfa contribuiu com uma grande proporção da diversidade total para as duas métricas utilizadas, e estes resultados pelo grande compartilhamento de espécies entre as fitofisionomias.

As características biológicas de cada espécie, como capacidade de dispersão e amplitude de dieta, são importantes na estruturação da diversidade. Se as espécies têm

baixa capacidade de dispersão ou apresentam alta especificidade de dieta no estágio larval, a diversidade beta entre comunidades tende a ser maior (Hirao et al., 2007). A distribuição espacial das espécies de Lepidoptera também está relacionada às estratégias de forrageamento em relação às fontes de alimento tanto para o adulto quanto para a lagarta. Nas espécies polífagas ou oligófagas, a seleção por determinados habitats pode estar associada à maior densidade de plantas hospedeiras preferidas para oviposição (Kuussaari et al., 2000), ou à maior disponibilidade de fonte de alimento para os adultos, (Janz, 2005), enquanto, espécies especialistas apresentam distribuição mais restrita às áreas de ocorrência de sua planta hospedeira. Além disso, as espécies podem selecionar o habitat pela sua qualidade, sendo que as espécies com especificidade de habitat tem maior capacidade de localizar habitats de melhor qualidade em comparação às espécies ubíquas (Summerville et al., 2002). Estas características são inerentes à espécie e são essenciais para a compreensão dos padrões de distribuição espacial da diversidade, no entanto, estas informações ainda são limitadas a poucas espécies.

Arctiinae compreende um grupo taxonômico indicador da qualidade ambiental de ecossistemas (Hilty & Merenlender, 2000), respondem aos distúrbios ambientais e aos gradientes sucessionais (Kitching et al., 2000; Hilt & Fiedler, 2006), além de ser um bom preditor da biodiversidade (Summerville et al., 2004). Apesar de apresentarem grande capacidade de dispersão (Hilt, 2005) e as lagartas, em sua maioria, serem polífagas (Marquis et al., 2002), características que asseguraria uma ampla distribuição em diferentes tipos de habitats, os arctiíneos, aparentemente, apresentam preferência por habitats específicos (Scherrer et al., 2013), pois na região do cerrado a fauna de Arctiinae das fitofisionomias florestais é distinta daquela encontrada em fitofisionomias campestres (Ferro & Diniz, 2007). O presente estudo mostrou que as fitofisionomias

contribuem para riqueza de espécies de Arctiinae no Cerrado e assim, corroborou a hipótese de especificidade de habitat para a fauna desta família.

A preferência por habitats é uma característica específica, sendo facilmente observada nas espécies *Pseudalus limonia* Schauss, 1896 e *Elysius cingulata* (Walker, 1856). *P. limonia* é comum no cerrado do PEP, polífaga no estágio larval, e apresentou 95% dos indivíduos no cerrado *ss*, enquanto para *E. cingulata*, todos os indivíduos ocorreram na mata semidecídua. Outras espécies não apresentaram preferência por nenhuma fitofisionomia como, por exemplo, *Heliura tetragrama* (Walker, 1854). A comunidade de Arctiinae foi composta por 58,5% das espécies representadas por um único indivíduo coletado (singletons), esta presença de muitas espécies raras poderia superestimar a diversidade beta. Entretanto, a abordagem do modelo nulo permite avaliações rigorosas, e robustas o que pode dirimir artefatos advindos de subamostragens, pois os resultados observados e esperados advêm do mesmo conjunto de dados (Beck et al., 2012; Crist & Veech, 2006).

Os Saturniídeos caracterizam-se pela curta duração das formas adultas, pois apresentam peças bucais rudimentares e, aparentemente, não se alimentam. Deste modo, os adultos não possuem reservas energéticas para grandes deslocamentos, apresentando, assim, dispersão limitada. Os machos adultos são especialistas em localizar as fêmeas, que por sua vez são especializadas para oviposição, permanecendo próximas às suas plantas hospedeiras, apresentando, assim, um padrão de voo local (ver: Janzen, 1984). A maior contribuição da diversidade alfa média das unidades amostrais para a diversidade regional do PEP e a significativa diversidade beta entre as fitofisionomias pode ser explicada pelo padrão de voo local das fêmeas e conseqüentemente dos machos, e pela baixa capacidade de dispersão desta família.

A amplitude de dieta das lagartas de Saturniidae, em geral, polífagas (Diniz et al., 2013), explicaria o grande compartilhamento de espécies entre as duas fitofisionomias (45% das espécies amostradas), no entanto, algumas espécies polífagas mostraram preferência por fitofisionomias específicas, como por exemplo, *Periphoba hircia* (Cramer, [1775]), *Pseudodirphia agis* (Cramer, [1775]), as quais ocorreram em maior número na mata semidecídua, e *Titaea orsinome* Hübner, [1823], com maior número de indivíduos no cerrado *ss*. Outras espécies também mostraram preferência por determinados habitats, mas não se tem informação sobre a amplitude de dieta de suas lagartas no cerrado. A maioria das espécies que ocorreram em maior número na mata semidecídua apresenta afinidades biogeográficas com os biomas Amazônia e Mata Atlântica, enquanto as espécies que ocorreram em maior número o cerrado *ss* apresentam afinidades biogeográficas com a caatinga ou são endêmicas do bioma Cerrado (endêmicas: *Automeris rectilinea* (Bouvier, 1927), *Kentroleuca albilinea* (Schauss, 1908) e *T. orsinome*), com algumas poucas exceções (ver: Camargo & Becker, 1999). Estes resultados indicam que os ambientes florestais no Cerrado mantêm a fauna de Saturniidae característica dos biomas Amazônia e Mata Atlântica. Os resultados da partição aditiva encontrados para Saturniidae no PEP confirma a importância da heterogeneidade de habitats na distribuição destas mariposas e corrobora a hipótese de que os saturnídeos no cerrado apresentam forte associação com paisagens e vegetações específicas (Brown & Gifford, 2002).

Ao contrário dos Saturnídeos, as mariposas da família Sphingidae possuem probóscides funcionais e se alimentam do néctar das flores, vivendo por longos períodos (Janzen, 1984; Kitching & Cadiou, 2000). Os adultos apresentam ampla amplitude de dieta (Haber & Frankie, 1989; Amorim et al., 2009), enquanto as lagartas são, em sua maioria, oligófagas ou monófagas (Janzen, 1984; Diniz et al., 2013). Possuem forma

aerodinâmica, voo rápido e ágil, além de grande capacidade de dispersão, com migrações de mais de 10 km (Janzen, 1984; Kitching & Cadiou, 2000; Amorim et al., 2014). Estas características justificam a distribuição aleatória dos esfíngideos no PEP, pois as distâncias entre as áreas amostradas são, provavelmente, inferiores às distâncias de deslocamento dos indivíduos. Considerando que as lagartas apresentam amplitude de dieta mais restrita no cerrado, as fêmeas podem ovipositar em plantas em uma determinada fitofisionomia e forragear em outra que tenha maior disponibilidade de recurso floral. Os resultados encontrados corroboram a hipótese de que a diversidade beta da fauna de Sphingidae é comparativamente baixa devido à alta capacidade de dispersão destas mariposas (Beck et al., 2006; Beck & Lisenmair, 2006). Apesar de a partição aditiva ter revelado uma distribuição aleatória dos esfíngideos no PEP, a maior parte das espécies e dos indivíduos ocorreram na fitofisionomia cerrado *ss* (58% das espécies e 86% dos indivíduos). O maior número de registros de esfíngideos nesta fitofisionomia pode estar relacionado à maior concentração da floração no início da estação chuvosa no cerrado *sensu stricto* (Lenza & Klink, 2006), sugerindo que a presença de diferentes fitofisionomias no Cerrado provê uma maior diversidade de recursos para estas mariposas.

A partição aditiva hierárquica permite que os biólogos conservacionistas compreendam as contribuições da diversidade alfa e beta em relação à diversidade total através de um amplo conjunto de escalas espaciais (Gering et al., 2003) e, assim, avaliem qual a escala ou escalas são mais críticas na determinação da composição de espécies e na persistência destas (Chandy et al., 2006), identificando a fonte primária da diversidade do total de espécies de uma região (Veech et al., 2002). A partição da diversidade das mariposas noturnas do PEP indicou claramente que as fitofisionomias constituem a escala espacial mais importante na determinação da composição da

comunidade. Sendo assim, podemos concluir que a heterogeneidade de habitats desempenha um papel importante na estruturação da diversidade alfa e beta de mariposas e na manutenção da diversidade de espécies, sendo essencial para a persistência e conservação destas mariposas no bioma Cerrado.

Referências

- Amorim FW, Ávila RS, Camargo AJA, Vieira AL, Oliveira, PE (2009) A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. *Journal of Biogeography* 36:662-674.
- Amorim FW, Graham EW, Sazima M (2014) Low abundance of long-tongued pollinators leads to pollen limitation in four specialized hawkmoth-pollinated plants in the Atlantic Rain forest, Brazil. *Naturwissenschaften*. DOI 10.1007/s00114-1230-y.
- Atauri JA, Lucio JV (2001) The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology* 16:147-159.
- Bazzaz FA (1975) Plant species diversity in old-field successional ecosystems in Southern Illinois. *Ecology* 56:485-488.
- Beck J, Schulze CH, Linsenmair E, Fieldler K (2002) From forest to farmland: diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 18:33-51.
- Beck J (2005) The macroecology of Southeast-Asian hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae). PhD Thesis, University of Würzburg.
- Beck J, Kitching IJ, Linsenmair E (2006) Effects of habitat disturbance can be subtle yet significant: biodiversity of hawkmoth-assemblages (Lepidoptera: Sphingidae) in Southeast-Asia. *Biodiversity Conservation* 15:465-486.
- Beck J, Linsenmair E (2006) Feasibility of light-trapping in community research on moths: attraction radius of light, completeness of samples, nightly flight times and seasonality of Southeast-Asian hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae). *Journal of Research on Lepidoptera* 39:18-37.
- Beck J, Holloway JD, Khen CV, Kitching IJ (2012) Diversity partitioning confirms the importance of beta components in tropical rainforest Lepidoptera. *The American Naturalist* 180:E64-E74.
- Bosquetti LB (2008) Análise da estrutura da paisagem e fitofisionomias do Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. Tese, Universidade de São Paulo.
- Brown KS (2000) Insetos indicadores da história, composição, diversidade e integridade das matas ciliares. In: Rodrigues RR, Leitão-Filho HF (ed) *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. EDUSP, São Paulo. pp 223-232.
- Brown KS, Gifford DR (2002) Lepidoptera in the cerrado landscape and conservation of vegetation, soil, and topographical mosaics. In: Oliveira PS, Marquis RJ (ed.) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of Neotropical savanna*. Columbia University Press, New York. pp 201-221.
- Camargo AJA, Becker VO (1999) Saturniidae (Lepidoptera) from the Brazilian Cerrado: composition and biogeographic relationships. *Biotropica* 31:696-705.
- Camargo AJA (2001) Importância das matas de galeria para conservação de lepidópteros do cerrado. In: Ribeiro JF, Fonseca CEL, Sousa-Silva JC (ed) *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*. Embrapa, Planaltina. pp 607-634.
- Chandy S, Gibson DJ, Robertson PA (2006) Additive partitioning of diversity across hierarchical spatial scales in a forested landscape. *Journal of Applied Ecology* 43:792-801.

- Choi S (2008) Diversity and composition of larger moths in three different forest types of Southern Korea. *Ecological Research* 23:503-509.
- Crist TO, Veech JA, Gering JC, Summerville KS (2003) Partitioning species diversity across landscapes and regions: a hierarchical analysis of α , β and γ diversity. *The American Naturalist* 162:734-742.
- Crist TO, Veech JA (2006) Additive partitioning of rarefaction curves and species–area relationships: unifying α -, β - and γ -diversity with sample size and habitat area. *Ecology Letters* 9:923-932.
- Debinski DM, Brussard PF (1994) Using biodiversity data to assess species-habitat relationships in Glacier National Park, Montana. *Ecological Applications* 4:833-843.
- Diniz IR, Braga L, Lepesqueur C, Silva N, Morais H (2013) *Lagartas do Cerrado*. Technical Books, Rio de Janeiro.
- Felfili JM, Fagg CW (2007) Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” sensu stricto on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30:375-385.
- Ferro VG, Diniz IR (2007) Arctiidae (Insecta: Lepidoptera) da Estação Biológica de Boracéia (Salesópolis, São Paulo, Brasil). *Biota Neotropica* 7:331-338.
- Gering JC, Crist TO, Veech JA (2003) Additive partitioning of species diversity across multiple spatial scales: implications for regional conservation of biodiversity. *Conservation Biology* 17:488-499.
- Haber WA, Frankie GW (1989) A tropical hawkmoth community: Costa Rican dry forest Sphingidae. *Biotropica* 21:155-172.
- Hilt J, Merenlender, A (2000) Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation* 92:185-197.
- Hilt N (2005) Diversity and species composition of two different moth families (Lepidoptera: Arctiidae vs. Geometridae) along a successional gradient in the Ecuadorian Andes. Dissertation, Universität Bayreuth.
- Hilt N, Fiedler K (2006) Arctiid moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? *Journal of Biogeography* 33:108-120.
- Hirao T, Murakami M, Kashizaki A, Tanabe S (2007) Additive apportioning of lepidopteran and coleopteran species diversity across spatial and temporal scales in a cool – temperate deciduous forest in Japan. *Ecological Entomology* 32:627-636.
- Huston M (1979) A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist* 113:81-101.
- Imaña-Encinas J, Macedo LA, Paula JE (2007) Florística e fitossociologia de um trecho da floresta estacional semidecidual na área do Ecomuseu do Cerrado, em Pirenópolis, Goiás. *Cerne* 13:308-320.
- Kerr JT (2001) Butterfly species richness patterns in Canada: energy, heterogeneity, and the potential consequences of climate change. *Conservation Ecology* 5:10.
- Kitching IA, Cadiou JM (2000) *Hawkmoths of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae)*. The Natural Museum, London.
- Kitching RL, Orr AG, Thalib L, Mitchell H, Hopkins MS, Graham AW (2000) Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *Journal of Applied Ecology* 37:284-297.
- Kuussaari M, Singer M, Hanski I (2000) Local specialization and landscape-level influence on host use in an herbivorous insect. *Ecology* 81:2177-2187.
- Janz N (2005) The relationship between habitat selection and preference for adult and larval food resources in the polyphagous butterfly *Vanessa cardui* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Journal of Insect Behavior* 18:767-780.

- Janzen DH (1984) Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. In: Dawkins R, Ridley M (ed) *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* volume 1. Oxford University Press, United Kingdom. pp 85-139.
- Lenza E, Klink CA (2006) Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29:627-638.
- Magurran AE (2004) *Measuring Biological Diversity*. Oxford, Blackwell Science.
- Marquis RJ, Morais HC, Diniz IR (2002) Interactions among cerrado plants and their herbivores: unique or typical? In: Oliveira PS, Marquis RJ (ed) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of Neotropical savanna*. Columbia University Press, New York. pp 306-328.
- McGeachie WJ (1989) The effects of moonlight illuminance, temperature and wind speed on light-trap catches of moths. *Bulletin Entomological Research* 79:185-192.
- Moura IO, Gomes-Klein VL, Felfili JM, Ferreira HD (2007) Fitossociologia de cerrado sensu stricto em afloramentos rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. *Revista Brasileira de Biociências* 5:399-401.
- New TR (2004) Moths (Insecta: Lepidoptera) and conservation: background and perspective. *Journal of Insect Conservation* 8:79-94.
- Ødegaard F (2006) Host specificity, alpha- and beta-diversity of phytophagous beetles in two tropical forests in Panama. *Biodiversity and Conservation* 15:83-105.
- Pinheiro CEG, Ortiz JVC (1992) Communities of fruit-feeding butterflies along a vegetation gradient in Central Brazil. *Journal of Biogeography* 19:505-511.
- Ribeiro J F, Walter BMT (1998) Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano S, Almeida SP (ed) *Cerrado: ambiente e flora*. Embrapa, Planaltina. pp 89-169.
- Ribeiro JF, Walter BMT (2008) As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (ed) *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. pp 151-199.
- Scherrer S, Ferro VG, Ramos MN, Diniz IR (2013) Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera:Erebidae) in two cerrado vegetation types. *Zoologia* 30:200-210.
- Silva NAP, Frizzas MR, Oliveira CM (2011) Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55:79-87.
- Silveira IA, Pessoa OAA, Flores SBL (2009) Análise Geomorfológica do município de Pirenópolis no Estado de Goiás utilizando sistema de informação geográfica. <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/go/sd-22-z-d.htm>. Accessed 23/01/2009.
- Souza MAR, Gomes-Klein VL, Rezende MH (2008) Antóceros e hepáticas do Parque Estadual da Serra dos Pireneus e arredores, município de Pirenópolis, Goiás, Brasil. *Revista de Biologia Neotropical* 5:1-16.
- Summerville KS, Veech JA, Crist TO (2002) Does variation in patch use among butterfly species contribute to nestedness at fine spatial scales? *Oikos* 97:195-204.
- Summerville KS, Ritter LM, Crist TO (2004) Forest moth taxa as indicators of lepidopteran richness and habitat disturbance: a preliminary assessment. *Biological Conservation* 116:9-18.
- Tews J, Brose U, Grimm V, Tielborger K, Wichmann MC, Schwager M, Jeltsch F (2004) Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*. 31:79-92.
- Veech JA, Summerville KS, Crist TO, Gering JC (2002) The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos* 99:3-9.
- Veech JA, Crist TO (2006) Partition: software for hierarchical partitioning of species diversity, version 3.0. <http://www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm>

- Walter BMT (2006) Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. Dissertação, Universidade de Brasília.
- White EG (1991) The changing abundance of moths in a tussock grassland, 1962-1989, and 50- to 70-year trends. *New Zealand Journal of Ecology* 15:5-22.
- Yela JL, Holyoak M (1997) Effects of moonlight and meteorological factors on light bait trap catches of Noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 26:1238-1290.

Capítulo II

Importância da fitofisionomia florestal na persistência das mariposas Arctiinae (Erebidae) durante a estação seca no Cerrado

Introdução

O Cerrado é um bioma brasileiro que faz parte do grupo de formações universalmente classificadas como savanas (Rizzini et al., 1988), e ocorre como área contínua no Brasil Central, apresentando contato com as duas principais regiões úmidas da América Sul: a Amazônia a noroeste e a Floresta Atlântica a leste e sudeste (Cabrera & Willink, 1973). Apresenta grande complexidade e heterogeneidade da vegetação, sendo caracterizado, primordialmente, por fitofisionomias savânicas, que ocupam a maior parte da área do bioma, mas também pelas fitofisionomias florestais e, ainda formações campestres (Ribeiro & Walter, 2008). Esta heterogeneidade de habitats encontrada no Cerrado é um dos fatores que contribui para a riqueza de espécies e pode ser um indicativo de que existam preferências da fauna na exploração por diferentes fitofisionomias (Camargo, 2001).

A variação sazonal é uma característica típica do clima e da vegetação do Cerrado. O clima do bioma é caracterizado pela presença de uma estação seca bem definida, que dura em torno de seis meses durante o inverno, abril a setembro. As espécies vegetais do Cerrado apresentam uma diversidade de estratégias fenológicas, sendo que o período de estabelecimento de plantas novas parece ser rigidamente determinado pelas condições ambientais, e estaria ligada à sincronização da germinação com o início da estação chuvosa (Oliveira, 2008). As populações de insetos, principalmente os herbívoros, aparentemente, estão sincronizadas com a disponibilidade

de recursos no Cerrado, e apresentam sazonalidade na abundância (Pinheiro et al., 2002; Silva et al., 2011).

De maneira geral, a biodiversidade da flora e da fauna do Cerrado é alta, no entanto, bastante ameaçada pelas ações antrópicas, principalmente, pelo uso da terra como pastagens cultivadas e culturas agrícolas (Sano et al., 2008), e a destruição dos ecossistemas continua de forma acelerada (Klink & Machado, 2005). Além das alterações recentes nas paisagens naturais, as mudanças climáticas previstas e aquelas em curso constituem um segundo fator de ameaça à biodiversidade dos biomas brasileiros (Aleixo et al., 2010). Na América do Sul, são previstas temperaturas mais altas e maior duração da estação seca. Essas mudanças associadas à precipitação levariam a alterações significativas na vegetação natural impactando ecossistemas e a biodiversidade (Marengo et al., 2009). O Cerrado que apresenta estação seca bem definida e a distribuição da flora condicionada pelo clima, pelo tipo de solo e pela disponibilidade de água, além de outros fatores (Ribeiro & Walter, 2008), estaria bastante vulnerável a estas mudanças climáticas.

As mudanças climáticas também afetam as interações tróficas e a distribuição das espécies (Harrington et al., 1999; Both et al., 2008; Putten et al., 2010), e no passado (20 mil anos atrás) afetaram intensivamente o nicho ecológico potencial ocupado por espécies associadas aos biomas brasileiros (Aleixo et al., 2010). A falta de informações sobre história natural, ecologia e habitats da maioria das espécies conhecidas dos biomas brasileiros são um limitante para que a ciência tenha uma influência positiva na ação de conservação (Brandon et al., 2005) e estas informações são necessárias para se mapear possíveis redistribuições geográficas e prever a sobrevivência das espécies no futuro (Aleixo et al., 2010).

As mariposas compreendem um bom grupo para estudos de conservação e ecologia, pois possuem a capacidade de representar a qualidade da vegetação, já que estão relacionadas às suas plantas hospedeiras (Kitching et al., 2000). Diversos táxons são indicadores da qualidade de habitat e respondem prontamente às perturbações antrópicas (ver: Kitching et al., 2000; Beck et al., 2002, 2006; Summerville et al., 2004) e aos processos sucessionais (Hilt & Fiedler, 2006). O monitoramento de comunidades de mariposas que respondem à qualidade do habitat constitui uma ferramenta importante para a biologia da conservação (New, 2004).

A subfamília Arctiinae (Erebidae) compreende um grupo taxonômico bioindicador, utilizado em monitoramento de ecossistemas naturais (Hilty & Merenlender, 2000), respondem aos distúrbios ambientais e aos gradientes sucessionais (Kitching et al., 2000; Hilt & Fiedler, 2006), além de ser um bom preditor da biodiversidade (Summerville et al., 2004). Apresentam afinidades com tipos vegetacionais (Hilt & Fiedler, 2006, Ferro & Teston, 2009; Scherrer et al., 2013) e ocorrem ao longo de todo o ano (Teston & Corseuil, 2004; Teston & Delfina, 2010; Teston et al. 2012; Scherrer et al. 2013), compreendendo um bom modelo para estudos de variação espacial e temporal.

Este estudo teve como objetivo identificar a dinâmica temporal e espacial da fauna de mariposas Arctiinae em fitofisionomias florestais e savânicas no Cerrado. As seguintes perguntas foram propostas: 1) A dinâmica temporal das mariposas Arctiinae difere entre as fitofisionomias? 2) As espécies apresentam especificidade espacial? 3) As espécies apresentam especificidade temporal? 4) Quais fatores climáticos são determinantes na distribuição temporal das mariposas Arctiinae no Cerrado? 5) A fitofisionomia florestal compreende um refúgio para os arctiíneos durante a estação seca no Cerrado?

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido de agosto de 2012 a julho de 2013, no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), na Serra dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás, Brasil. O PEP possui uma área protegida de 2.833,26ha (15°50'S e 48°47'W) (Souza et al., 2008). A Serra dos Pireneus é caracterizada por montanhas de altitudes elevadas com até 1.385m, morfologia acidentada, vertentes íngremes, por vezes escarpadas e consiste em um importante divisor de águas (Silveira et al., 2009). A vegetação é composta por diversas fitofisionomias florestais e savânicas (Moura et al., 2007; Bosquetti, 2008). O clima é sazonal, com invernos secos (abril a setembro) e verões chuvosos (outubro a março) (Moura et al., 2007).

O estudo foi realizado em dois tipos de fitofisionomias: 1) savânica (cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos) e 2) florestal (mata semidecídua), em altitude em torno de 1.300m e de baixa declividade (Fig. 2.1). O cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos ocorre em Goiás e Tocantins, principalmente nas áreas altas das Serras (Felfili & Fagg, 2007; Moura et al., 2007). Caracteriza-se pela presença dos estratos arbustivo, subarbustivo e herbáceo, com predominância de plantas arbóreo-arbustivas. A cobertura arbórea abrange de 20 a 50% e com altura média de 3-6m (Ribeiro & Walter, 2008). A mata semidecídua é caracterizada pela alta diversidade florística (Imaña-Encinas et al., 2007) e pela perda parcial de suas folhas (20 a 50%) na estação seca. Ocorre em solos úmidos e ricos em nutrientes, geralmente, associadas às matas de galeria (Ribeiro & Walter, 1998). As árvores são eretas e a altura média do estrato arbóreo varia entre 15-25m. Na estação chuvosa a cobertura arbórea é de 70-95% (Ribeiro & Walter, 2008).



Figura 2.1 - Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. A) delimitação da área da Unidade de Conservação Parque Estadual dos Pireneus (PEP) em verde; delimitação da região mais alta do PEP em vermelho. B) Área de estudo: M1, M2 e M3 – áreas de mata semidecídua e C1, C2 e C3 – áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos.

Amostragem das mariposas Arctiinae (Erebidae)

Os Arctiinae (Erebidae) foram amostrados, mensalmente ao longo de um ano, durante seis noites na fase lunar nova, em cada uma das fitofisionomias. Foram utilizadas seis armadilhas por noite (72 noites/armadilha). As coletas foram feitas em três áreas por fitofisionomia, com distâncias variando entre 1-3km e em três pontos amostrais por área, distanciados 100m entre si, sendo que cada ponto de cada área foi amostrado durante duas noites. A fase lunar nova foi selecionada por corresponder às noites mais escuras, aumentando, assim, o raio de ação das armadilhas e, provavelmente, o número de indivíduos e espécies atraídos pela luz (McGeachie, 1989; Yela & Holyoka, 1997).

Em cada unidade amostral foi montada uma armadilha luminosa Luiz de Queiroz (UA) modificada pela inclusão de um aparato acima do solo, preso por barbantes na vegetação. (Fig. 2.2). Foi utilizada uma lâmpada fluorescente UV de 15 W ligada a uma bateria automotiva de 48 amperes, a fonte de luz fraca aumenta a probabilidade das mariposas coletadas pertencerem à fauna residente da fitofisionomia amostrada. Os espécimes foram coletados no dia seguinte com o auxílio de frascos mortíferos contendo hidróxido de amônia, montados, contados, etiquetados individualmente e registrados em planilha. A identificação taxonômica foi feita por comparação aos espécimes da coleção Vitor O. Becker. Todos os espécimes foram depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia, da Universidade de Brasília, Brasil.

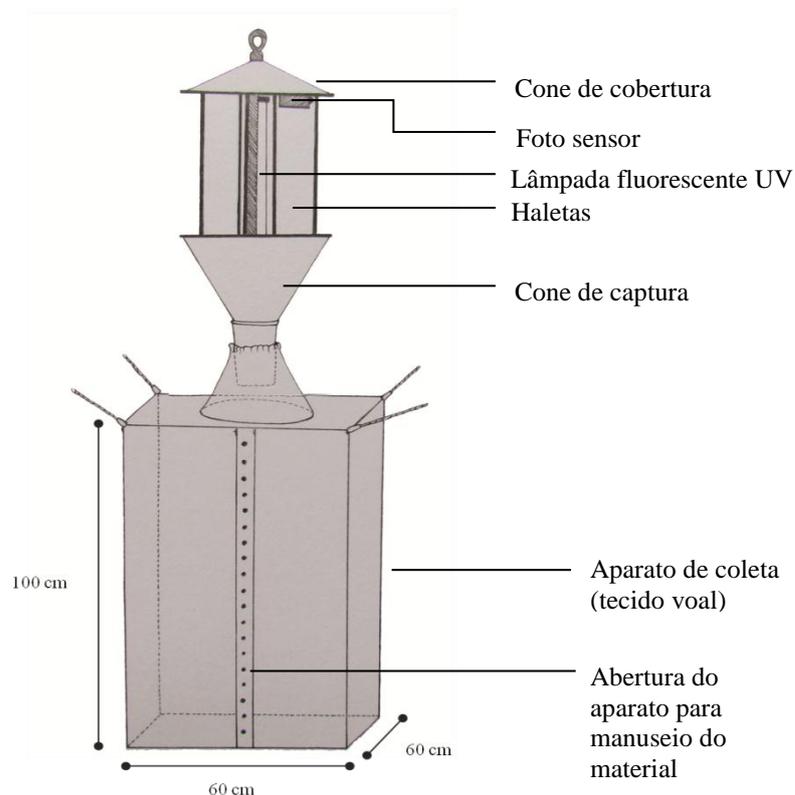


Figura 2.2 - Armadilha luminosa Luiz de Queiroz com aparato modificado, utilizada nas coletas de mariposas Arctiinae (Erebidae) em áreas do Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013.

Análises Estatísticas

A análise circular (Oriana versão 4) (Kovach, 2011) foi feita para verificar a distribuição temporal da abundância observada e riqueza de espécies Arctiinae, nas duas fitofisionomias, nos 12 meses. Os meses de coleta foram convertidos em ângulos, sendo que abril correspondeu ao ângulo de 15° e março ao de 345°. O teste de Rayleigh foi aplicado para verificar se a distribuição temporal destas mariposas foi agregada ou uniforme durante o período de amostragem.

Os efeitos da fitofisionomia (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua), da estação climática (seca e chuvosa) e a interação destas variáveis sobre a abundância de Arctiinae foram testados pela análise de variância (ANOVA Fatorial), a 5% de probabilidade. Para verificar isoladamente o efeito das estações seca e chuvosa na abundância observada de Arctiinae em cada fitofisionomia foi feito o teste t. As análises foram processadas no Programa Statistica versão 10.0 (Statsoft Inc., 2014). As UAs de cada área foram consideradas pseudoréplicas da área amostrada. A homogeneidade dos dados foi testada pelo teste de Levene e a normalidade pelo Shapiro-Wilk.

Análises de regressão múltipla foram realizadas para avaliar a influência dos fatores climáticos sobre a abundância observada temporal das espécies dos Arctiinae. Foram consideradas dois conjuntos de variáveis: 1) microclimática: temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s), medida pelo mensurador Kestrel 4500, em dois períodos: noturno (18 às 6hs) e diurno (8 às 16hs), em uma área de cerrado *sensu stricto* e outra de mata semidecídua. O registro das variáveis microclimáticas foi realizado a cada 2 horas, durante seis dias mensais correspondentes ao período de amostragem das mariposas. Estas medidas foram consideradas de cada período amostral (seis noites/mês). 2) macroclimática: médias mensais da precipitação (mm), temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) da

região de Pirenópolis, extraídas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As variáveis microclimáticas de cada fitofisionomia foram comparadas. A temperatura e umidade relativa do ar pelo teste t pareado, e a velocidade do vento pelo teste pareado de Wilcoxon, pois os dados não apresentaram normalidade. Ambos os testes foram feitos no software Statistica versão 10.0 (Statsoft Inc., 2014).

As curvas de rarefação da riqueza de espécies por indivíduos foram utilizadas para comparar a riqueza de espécies entre as fitofisionomias e em cada estação climática. Foram utilizados os estimadores de riqueza de espécies baseados em dados de abundância Chao 1 e ACE para verificar a riqueza de espécies “real” nas diferentes fitofisionomias em cada estação climática, assim como para verificar a “real” riqueza de espécies total do PEP. Estas análises foram feitas no software EstimateS versão 9.1.0 (Colwell, 2013). A ordenação da composição de espécies da comunidade no espaço e tempo foi investigada pela análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS) utilizando o software R versão 3.1.0 (R Core Team, 2014). O coeficiente de dissimilaridade de Bray-Curtis foi aplicado para a matriz de abundância observada de cada espécie em cada fitofisionomia e estação climática, e transformada em raiz quadrada para ajustar melhor a distância original dos objetos e a configuração obtida (valor do stress). A análise multivariada de variâncias por permutações (PERMANOVA) foi utilizada para verificar quais variáveis ambientais (fitofisionomias e estações climáticas) tiveram efeito significativo na composição de espécies de Arctiinae.

Resultados

Os resultados totais mostraram uma fauna bastante diversificada de Arctiinae (Erebidae): foram amostrados mais de 2.000 indivíduos de 199 espécies (Tab. 2.1), distribuídas em 97 gêneros. A composição de espécies foi variável no tempo e espaço, e somente 50% das espécies (n=101) compartilharam as duas fitofisionomias. As espécies com maiores abundâncias relativas foram *Pareuchaetes aurata* (Butler, 1875) (n=165), *Pseudalus limonia* (Schaus, 1896) (n=137), *Heliura subplena* (Walker, 1854) (n=135) e *Aclytia heber* (Cramer, [1780]) (n=132). Do total de espécies, 28% tiveram um único exemplar capturado (singletons), 12,5% dois, 45,5% entre três e vinte e 14% com mais de 20 indivíduos (n=28).

Dentre as espécies amostradas, seis são endêmicas do bioma Cerrado: *Cercocladia novicia* Draudt, 1915, *Cisthene xanthospila* (Hampson, 1900), *Fregela semiluna* (Walker, 1854), *Hyperthaema ignifera* Rawlins, MS, *Leucanopsis rosetta* (Schaus, 1896) e *Phoenicoprocta steinbarchi* Rothschild, 1911; e quinze representam novos registros para o Cerrado: *Agylla argentea* (Walker, 1863), *Biturix pellucida* (Sepp, [1852]), *Delphyre nilammon* Schaus, 1924, *Cresera ilioides* (Schaus, 1905), *Echeta pandiona* (Stoll, [1782]), *Elysium disciplaga* (Walker, 1856), *Eucereon relegatum* Schaus, 1911, *Eurata histrio* (Guérin-Méneville, [1843]), *Lophocampa maroniensis* (Schaus, 1905), *Machaeraptenus crocopera* (Schaus, 1905) *Melese ocellata* Hampson, 1901, *Pseudosphex dycladioides* (Heylaerts, 1890), *Ptychotrichos elongatus* Schaus, 1905, *Trichromia metapyria* (Dognin, 1907), *Xantholopha purpurascens* Schaus, 1899.

Tabela 2.1 - Abundância observada e riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae) no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.

	Abundância observada			Riqueza de espécies		
	Chuva	Seca	Total	Chuva	Seca	Total
Cerrado <i>sensu stricto</i>	519	371	890	104	91	142
Mata semidecídua	713	581	1.294	120	115	161
Total	1232	952	2.184	154	146	199

A distribuição temporal da abundância observada do total de espécies, das duas fitofisionomias em conjunto ($r=0,139$; $z=41,61$; $p<0,001$) (Fig. 2.3A) e para o cerrado *sensu stricto*, em particular ($r= 0,283$; $z=71,14$; $p<0,001$) (Fig. 2.3B), foi agregada na estação chuvosa. O pico máximo de abundância ocorreu em março (final da estação chuvosa), tanto para as duas fitofisionomias em conjunto (425 indivíduos) quanto para o cerrado *sensu stricto* (Fig. 2.3) (159 indivíduos). O mês que apresentou menor abundância de Arctiinae foi julho (metade da estação seca), tanto para as duas fitofisionomias em conjunto (90 indivíduos) quanto para o cerrado *sensu stricto* (11 indivíduos). Entretanto, a distribuição da abundância observada foi uniforme durante o ano na mata semidecídua a ($r=0,077$; $z=7,41$; $p>0,05$) (Fig. 2.3C).

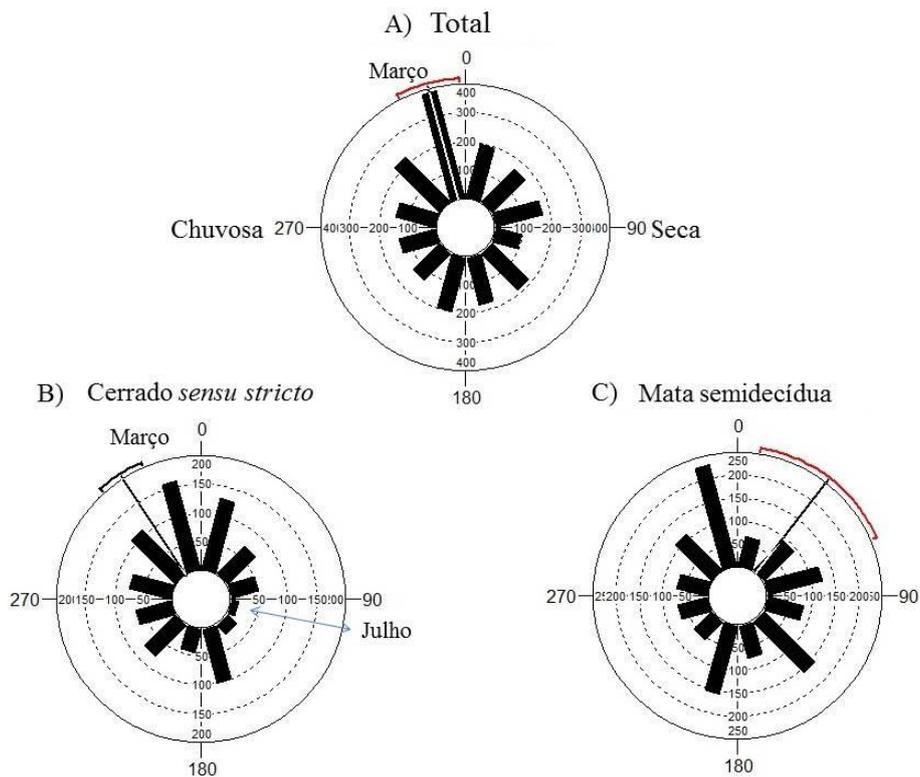


Figura 2.3 - Distribuição temporal da abundância observada de Arctiinae (Erebidae) no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. A) distribuição temporal da abundância observada total; B) distribuição temporal da abundância observada no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos; C) distribuição temporal da abundância observada na mata semidecídua. Ângulos: 15° (abril), 45° (maio), 75° (junho), 105° (julho), 135° (agosto), 165° (setembro), 195° (outubro), 225° (novembro), 255° (dezembro), 285° (janeiro), 315° (fevereiro), 345° (março).

Os resultados da análise de variância (ANOVA Fatorial) mostraram que os efeitos isolados das fitofisionomias ($F_{(1,8)}=1,98$; $p=0,19$), das estações climáticas ($F_{(1,8)}=0,92$; $p=0,36$) e das interações entre elas ($F_{(1,8)}=0,009$; $p=0,92$), sobre a abundância observada não foram significativos. Entretanto, os resultados do teste t revelaram que a abundância observada de Arctiinae difere significativamente entre as estações no cerrado *sensu stricto* ($t=3,41$; $gl=4$; $p=0,02$) (Fig. 2.4A), enquanto na mata semidecídua estas diferenças não foram significativas ($t=0,433$; $gl=4$; $p=0,68$) (Fig. 2.4B).

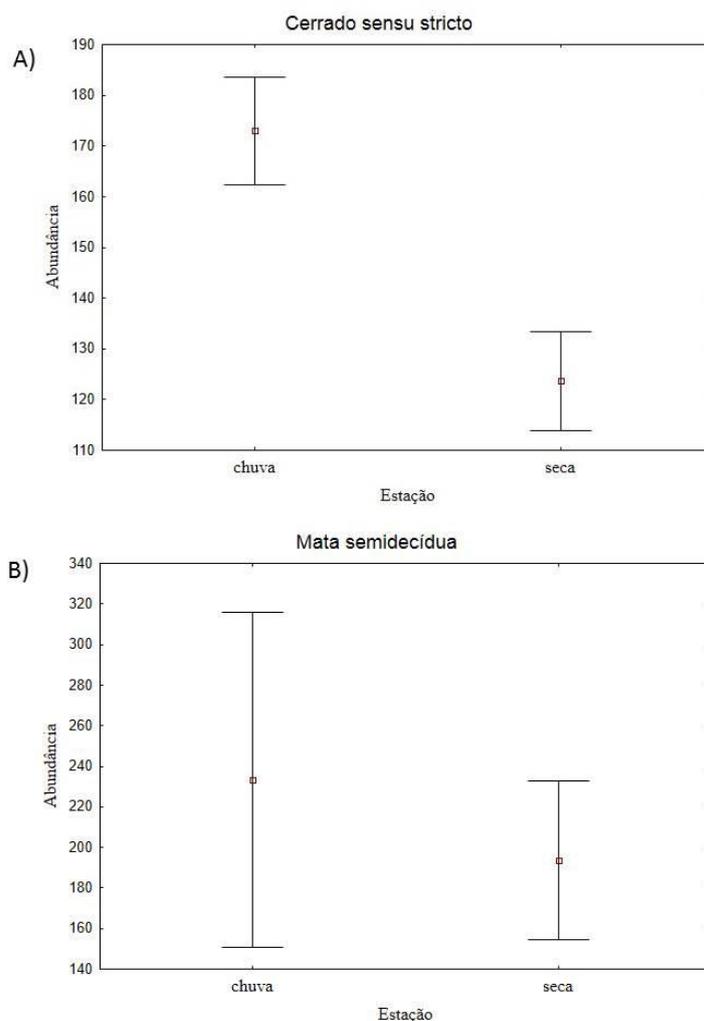


Figura 2.4 - Abundância observada de Arctiinae (Erebidae) nas estações chuvosa e seca em duas fitofisionomias no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil: A) cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos e B) mata semidecídua. Dados apresentados como média \pm erro padrão.

A análise de regressão mostrou que não há influência significativa dos fatores microclimáticos e macroclimáticos na abundância observada de mariposas Arctiinae ao longo do ano, tanto no cerrado *sensu stricto* (noite: $F_{(4,7)}=1,55$; $p=0,28$; dia: $F_{(3,8)}=3,01$; $p=0,09$; média amostragem: $F_{(3,8)}=3,17$; $p=0,08$; média mensal: $F_{(4,7)}=2,02$; $p=0,19$) quanto na mata semidecídua (noite: $F_{(4,7)}=0,29$; $p=0,87$; dia: $F_{(3,8)}=0,32$; $p=0,80$; média amostragem: $F_{(3,8)}=0,33$; $p=0,79$; média mensal: $F_{(4,7)}=0,29$; $p=0,87$). A temperatura e umidade relativa do ar do período noturno, ao longo do ano, foram similares entre as fitofisionomias (temperatura: $t=0,97$; $gl=22$; $p=0,34$; umidade: $t=1,66$; $gl=22$; $p=0,10$).

Entretanto, houve variação significativa dessas variáveis no período diurno: a temperatura foi maior no cerrado *sensu stricto* do que na mata semidecídua, enquanto a umidade relativa do ar foi maior na mata semidecídua do que no cerrado *sensu stricto* (temperatura: $t=4,18$; $gl=22$; $p<0,01$; umidade: $t=2,86$; $gl=22$; $p<0,01$). A velocidade do vento foi significativamente maior no cerrado *sensu stricto* do que na mata semidecídua tanto no período noturno quanto diurno (dia: $z=3,05$; $p<0,01$; noite: $z=3,05$; $p<0,01$). A amplitude de temperatura ($t=5,57$; $gl=22$; $p<0,01$), umidade relativa do ar ($t=5,34$; $gl=22$; $p<0,01$) e velocidade do vento ($z=2,19$; $p=0,02$) entre o dia e a noite, também, foram significativamente maiores no cerrado *sensu stricto* do que na mata semidecídua.

A distribuição temporal da riqueza de espécies (Fig. 2.5), considerando as duas fitofisionomias em conjunto, foi uniforme ao longo do ano ($r=0,039$; $z=1,009$; $p=0,365$), com maior número de espécies no mês de março ($n=95$), assim como, nas fitofisionomias cerrado *sensu stricto* ($n=47$) ($r=0,164$; $z=9,56$, $p>0,05$) e mata semidecídua ($n=72$) ($r=0,067$; $z=2,11$; $p=0,121$) separadamente. Vale ressaltar, que no cerrado *sensu stricto*, os meses de julho e agosto apresentaram baixa riqueza de espécies, com sete e 15 espécies respectivamente.

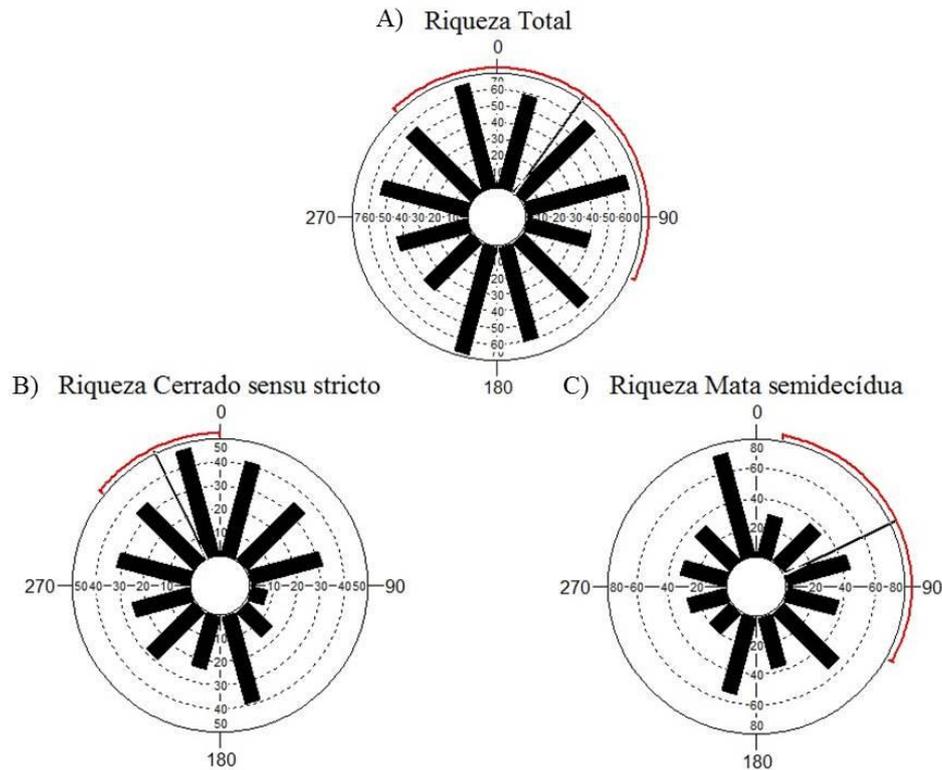


Figura 2.5 - Distribuição temporal da riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae) no Parque Estadual dos Pirineus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. A) distribuição temporal da riqueza de espécies total; B) distribuição temporal riqueza de espécies no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos; C) distribuição temporal da riqueza de espécies na mata semidecídua. Ângulos: 15° (abril), 45° (maio), 75° (junho), 105° (julho), 135° (agosto), 165° (setembro), 195° (outubro), 225° (novembro), 255° (dezembro), 285° (janeiro), 315° (fevereiro), 345° (março).

As curvas de rarefação da riqueza de espécies observada não atingiram uma assíntota e a riqueza de espécies observada foi semelhante entre as fitofisionomias e estação climáticas (Fig. 2.6). A riqueza de espécies observada no cerrado *sensu stricto* na estação chuvosa correspondeu em torno de 65% da riqueza estimada, assim como na estação seca, enquanto a riqueza observada na mata semidecídua na estação chuvosa correspondeu cerca de 70% da riqueza estimada e 90% na estação seca (Tab. 2.2). A riqueza de espécies total observada correspondeu cerca de 80% da riqueza estimada (Tab. 2.2).

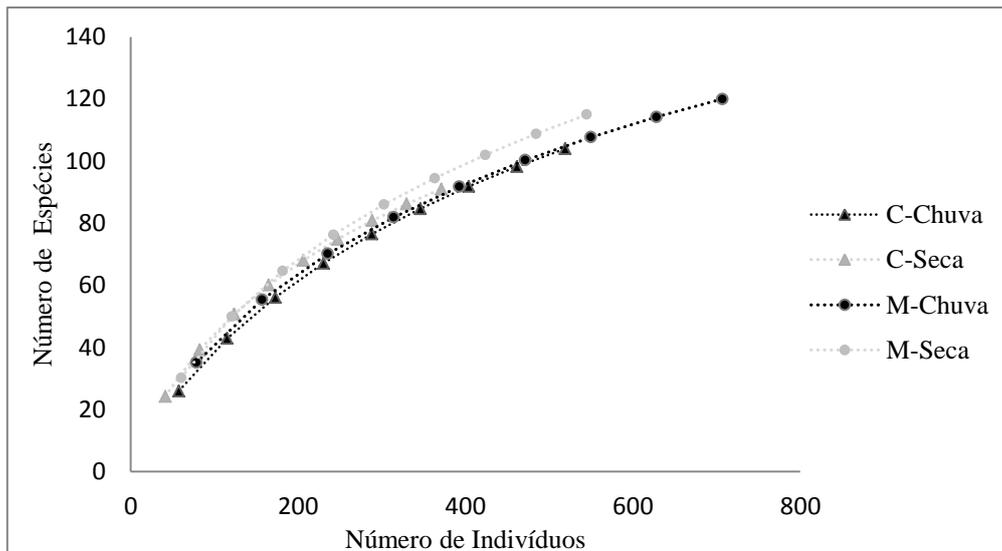


Figura 2.6 - Curvas de rarefação da riqueza de espécies observada de Arctiinae (Erebidae) baseadas no número de indivíduos, amostradas por armadilhas luminosas no cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua, nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. ▲ cerrado *sensu stricto* estação chuvosa; ▲ cerrado *sensu stricto* estação seca; ● mata semidecídua estação chuvosa; ● mata semidecídua estação seca.

Tabela 2.2 – Riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae) observada e riqueza de espécies estimadas pelos estimadores Chao 1 e ACE, em duas fitofisionomias, cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos (Cerrado ss.) e mata semidecídua (Mata), nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás, Brasil.

	Chuvosa		Seca		Total
	Cerrado ss.	Mata	Cerrado ss.	Mata	
Riqueza observada	104	120	91	115	199
Riqueza estimada (Chao 1)	151	153	149	125	263
Riqueza estimada (ACE)	165	171	140	126	244

A análise de ordenação da composição de espécies (NMDS) (Fig. 2.7) revela uma separação entre a fauna de Arctiinae que habita o cerrado *sensu stricto* e a mata semidecídua, e também distingue a fauna que ocorre na estação chuvosa e seca.

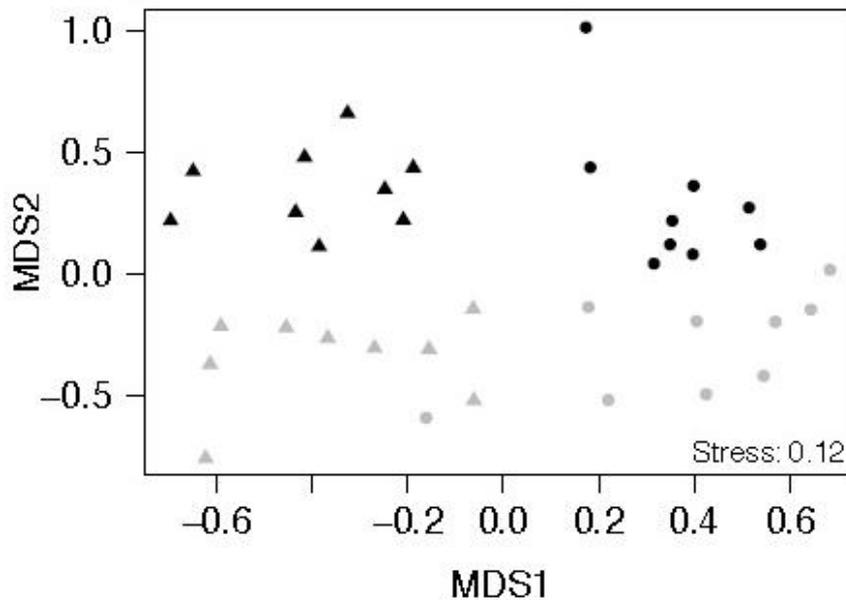


Figura 2.7 - Estruturação da composição de espécies da comunidade de mariposas Arctiinae (Erebidae) em duas fitofisionomias e em duas estações climáticas, pela análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS). Triângulos: cerrado *sensu stricto*, círculos: mata semidecídua. Preenchimento preto: estação chuvosa, preenchimento cinza: estação seca. Stress = 0.12.

A análise multivariada de permutações da variância utilizando matrizes de dissimilaridades (PERMANOVA) mostrou que as variáveis, fitofisionomias (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) e estações climáticas (chuvosa e seca), afetam significativamente a composição de espécies (variável resposta) (Tab. 2.3).

Tabela 2.3 - Valores obtidos na análise multivariada de variância por permutações utilizando matrizes de dissimilaridade (PERMANOVA). Efeito das variáveis preditivas: fitofisionomias (cerrado *sensu stricto*) e estações climáticas (chuvosa e seca) na composição de espécies Arctiinae no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

	DF	SumsOfSqs	MeanSqs	F.Model	R2	Pr (<F)
Fitofisionomia	1	1.568,8	1.568,81	482,43	0,31167	0,018981 *
Estação	1	2.389,9	2.389,92	734,93	0,47480	0,007992 **
Fitofisionomia:Estação	1	970,7	970,73	298,51	0,19285	0,036963 *
Resíduos	32	104,1	3,25		0,20067	
Total	35	5.033,5			1,00000	

Aproximadamente 30% das espécies de Arctiinae foram restritas à estação chuvosa (n=55), dentre elas, a de maior abundância observada foi *Pseudalus limonia* (n=137), que apresentou 95% dos indivíduos no cerrado *sensu stricto*, seguida da *Elysius cingulatus* (Walker, 1856) (n=42) e *Ripha flammans* (Hampson, 1901) (n=38) com, respectivamente, 97,5% e 68,5% dos indivíduos na mata semidecídua. Vale ressaltar que as espécies restritas à estação seca (n=45), 23% do total de espécies, apresentaram baixa abundância observada, inferior a seis indivíduos.

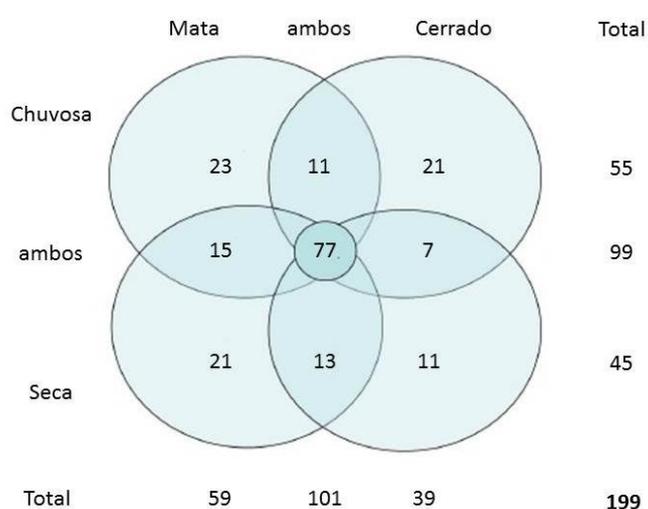


Figura 2.8 - Diagrama com a distribuição da riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae), na mata semidecídua (Mata) e cerrado *sensu stricto* (Cerrado) e nas duas estações chuvosa e seca. As interseções referem-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias ou estações. O círculo central refere-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias e estações climáticas.

Setenta e sete espécies ocorreram em ambas as fitofisionomias e estações (38% do total de espécies amostradas) (Fig.2.8), destas, somente 11 foram representadas por mais de 40 indivíduos. Dentre estas espécies, com maior representatividade na abundância, nove ocorreram em maior proporção em uma das fitofisionomias tanto na estação chuvosa quanto na seca (Anexo 2.1), sendo que sete delas ocorreram em maior proporção na mata semidecídua. As duas espécies que ocorreram em maior proporção no cerrado *sensu stricto*, nas duas estações, foram *Aclytia heber* e *Chrysostola nivaca*

(Jones, 1914). *A. heber* ocorreu principalmente na estação chuvosa, enquanto na estação seca ocorreu no cerrado *sensu stricto* somente em abril, a partir daí persistiu com poucos indivíduos na mata semidecídua. *Balbura dorsisigna* Walker, 1854 apresentou proporções similares de indivíduos nas duas fitofisionomias na estação chuvosa, enquanto na seca a maior proporção ocorreu no cerrado *sensu stricto*. No entanto, a ocorrência de *B. dorsisigna* foi concentrada em março e abril (80% dos indivíduos). Apenas *Pareuchaetes aurata* variou sua distribuição espacial de abundância observada de acordo com a estação climática e fitofisionomia: maior abundância observada no cerrado *sensu stricto* na estação chuvosa e na mata semidecídua na seca, com exceção de abril (Fig. 2.9).

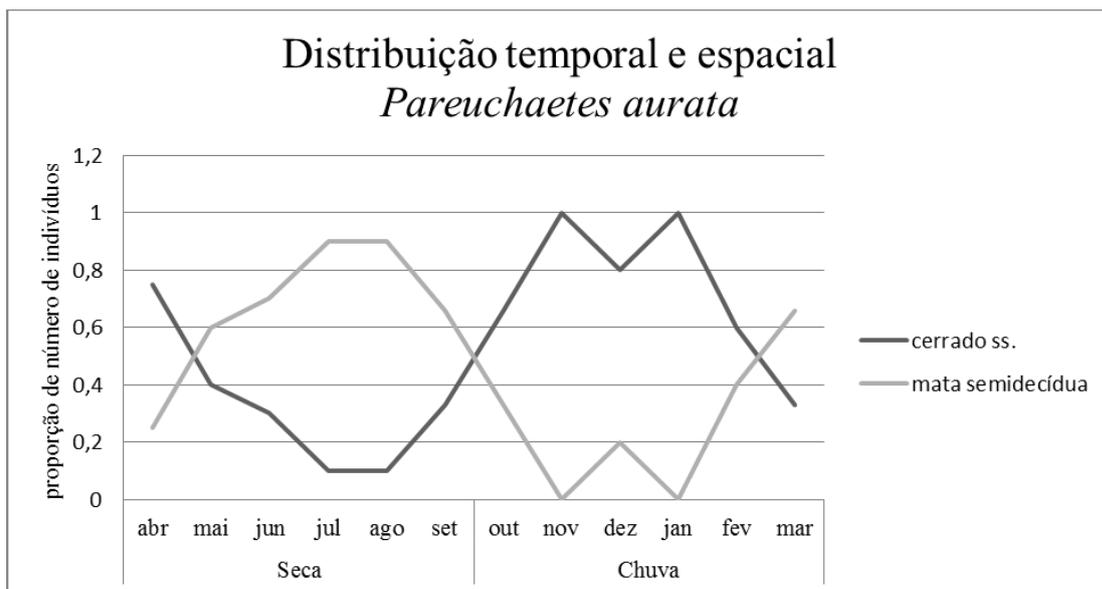


Figura 2.9 - Distribuição temporal e espacial da proporção de indivíduos de *Pareuchaetes aurata* (Butler, 1875) (Arctiinae: Erebidae) nas fitofisionomias cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua, de agosto de 2012 a julho de 2013, no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, GO. Todos os meses tiveram mais de três indivíduos.

Discussão

A riqueza de espécies de Arctiinae (Erebidae) do Parque Estadual dos Pireneus, em um ano de amostragem, foi bastante representativa, correspondendo a 27,5% das 723 espécies registradas no bioma Cerrado e 83% das 239 espécies registradas na região

de Brasília, Distrito Federal (Ferro et al., 2010). Brasília compreende a localidade melhor amostrada e com a maior riqueza de Arctiinae no Cerrado, devido ao esforço amostral concentrado nesta região (Ferro & Diniz, 2010; Ferro et al., 2010). Sendo assim, a riqueza de espécies amostrada no PEP indica que o esforço amostral empregado no presente estudo foi considerável.

A raridade das espécies compreende um padrão para as comunidades de Arctiinae nos biomas brasileiros (ver: Teston & Corseuil, 2004; Ferro & Diniz, 2007; Teston & Delfina, 2010; Teston et al., 2012), inclusive no PEP. O cerrado apresenta baixa taxa de endemismo de Arctiinae (2,3%) (Ferro & Diniz, 2010), possivelmente devido às associações florísticas com as florestas Amazônica e Atlântica (Ribeiro & Walter, 2008). Dentre as seis espécies endêmicas amostradas no PEP, somente *C. xanthospila* foi abundante, este resultado indica que as espécies endêmicas de Arctiinae do bioma Cerrado também seguem o padrão de raridade. No entanto, a abundância observada destas espécies endêmicas pode variar entre localidades, como é o caso de *L. rosetta*, que no presente estudo foi representada por apenas um indivíduo enquanto Scherrer et al. (2013) amostraram 15 indivíduos no Jardim Botânico de Brasília. Entretanto, esta comparação deve ser analisada com cautela, já que a fonte luminosa, tipo de armadilha e esforço amostral diferem entre os estudos. As espécies endêmicas ocorreram apenas ou em maior proporção na fitofisionomia cerrado *sensu stricto* e possivelmente estão associadas às plantas hospedeiras característica das formações savânicas.

A sazonalidade na abundância de insetos tropicais é mais pronunciada em locais que apresentam estações secas bem definidas (Wolda, 1988), com tendência à menor abundância nesta estação (Janzen & Schoener, 1968; Wolda, 1978). A variação anual na abundância de Arctiinae observada apenas na fitofisionomia cerrado *sensu stricto*, com

menor abundância na estação seca, indica que a seca nesta fitofisionomia é mais severa do que na mata semidecídua, principalmente por compreender um habitat mais xérico e menos estável (menor umidade relativa do ar, maior temperatura, velocidade do vento e variação climática entre o dia e noite). As espécies de mariposas podem sobreviver às estações secas de diversas formas: como estágios dormentes de ovo, pupa e pré-pupa, em desenvolvimento larval, adultos ativos ou migrar para ambientes mais estáveis (Janzen, 1987). Muitas espécies de Arctiinae no cerrado *sensu stricto*, sobrevivem à estação seca em estágio larval, pois 80% dos registros de lagartas de Arctiinae em plantas do cerrado foram durante a estação seca (Diniz et al., dados não publicados) ou em estágio de pupa para aquelas espécies restritas à estação chuvosa. O comportamento de muitas lagartas de Arctiinae de se esconderem e permanecerem inativas durante o dia (Sther, 1991) pode favorecer sua sobrevivência durante a estação seca, já que no período diurno as condições climáticas são mais severas.

Fatores climáticos podem ser determinantes nos padrões de sazonalidade das espécies (Wolda, 1988), no entanto, no presente estudo, não houve influência dos fatores microclimáticos e macroclimáticos na abundância observada da comunidade Arctiinae ao longo do ano nas duas fitofisionomias. Resultados semelhantes foram observados por Ferreira et al. (1995) e Teston & Corseuil (2004) em ambientes florestais. Apesar dos Arctiíneos, aparentemente, não apresentarem estreita relação com os fatores climáticos, podemos verificar que no cerrado *sensu stricto* os meses com menor abundância e riqueza de espécies refere-se a julho e agosto, únicos meses em que não houve precipitação e com temperaturas mais baixas. Este resultado confirma a importância da precipitação na variação da abundância de insetos tropicais entre as estações climáticas nas savanas (Denlinger, 1980; Spitzer, 1983, Pinheiro et al., 2002, Silva et al., 2011).

Os insetos evoluíram a capacidade de antecipar as estações do ano e preparar-se fisiológica e comportamentalmente, e assim, sincronizar os ciclos de vida com a sazonalidade das variáveis bióticas e abióticas (Tauber & Tauber, 1981), adaptando-se à heterogeneidade temporal e espacial na disponibilidade de recursos e localização de ambientes apropriados para alimentação e reprodução (Wardhaugh, 2014). A clara separação da fauna de Arctiinae que habita o cerrado *sensu stricto* e a mata semidecídua, e a fauna que ocorre nas estações chuvosa e seca, reforça a hipótese da especialização temporal e espacial proposta por Wardhaugh (2014). Estes resultados sugerem que as espécies de mariposas de Arctiinae, podem apresentar uma segregação da comunidade de acordo com a estação climática e tipo vegetacional do cerrado, como já identificado em outros estudos (Kitching et al., 2000; Hilt et al., 2007). As espécies tendem a ter diferentes requerimentos em relação aos recursos (oviposição, desenvolvimento larval, local para reprodução, abrigo, repouso e alimentação) em diferentes locais, e que tanto estes recursos quanto os requerimentos das espécies podem variar no tempo (Dennis et al., 2003). A estação climática foi a variável que melhor explicou a estruturação da composição de espécies, o que evidencia que foram necessárias adaptações para que as espécies de Arctiinae sobrevivessem à estação seca no Cerrado.

A distribuição temporal e espacial da fauna Arctiinae está relacionada às características da história de vida de cada táxon (Kitching et al., 2000; Hilt & Fiedler, 2006), no entanto, estas informações são escassas para a maioria das espécies (Kitching et al., 2000). O conhecimento sobre a história natural das espécies é essencial para o entendimento dos padrões de distribuição temporal e espacial. Para algumas espécies do Cerrado, é possível verificar a relação entre os padrões de distribuição observados e as características biológicas específicas: A espécie *P. Limonia* apresenta especificidade

espacial e temporal, ocorrendo somente na estação chuvosa e, em maior proporção, na fitofisionomia de cerrado *sensu stricto*. A larva é polífaga e, no cerrado, ocorre em suas plantas hospedeiras de outubro a janeiro (Diniz et al., dados não publicados). Estas características indicam que a oviposição deve ocorrer na transição da estação seca para a chuvosa (entre agosto e setembro) e que as larvas de *P. Limonia* desenvolvem-se durante a estação chuvosa (outubro a janeiro) e, provavelmente, permanecem em estágio pupal em parte da estação seca, emergindo como adultos entre agosto e outubro. A preferência pela fitofisionomia cerrado *sensu stricto* contradiz o esperado, já que esta espécie ocorre em biomas florestais como a Mata Atlântica e Amazônia (Ferro & Diniz, 2010). Possivelmente a polifagia das lagartas favorece a sua colonização nos ambientes savânicos, mesmo que apresente a umidade como requerimento climático, já que a espécie ocorre somente na estação chuvosa. *Ripha matilde* Köhler, 1924 também foi restrita à estação chuvosa, ocorrendo de outubro a março, com picos de abundância em novembro e fevereiro. Aparentemente esta espécie tem duas gerações e, possivelmente, a segunda geração permanece durante a seca como pupa, com emergência dos adultos em outubro (início da estação chuvosa). Suas lagartas são consideradas localmente monófagas e se alimentam de *Styrax ferrugineus* Ness. & Mart. (Diniz et al., 2013), espécie vegetal restrita às fitofisionomias savânicas (Silva Júnior, 2012). *R. matilde* ocorreu em proporções similares nas duas fitofisionomias no PEP e é amplamente distribuída no Brasil. Possivelmente esta espécie dispersa entre as duas fitofisionomias ou apresenta outras plantas hospedeiras, além de *S. ferrugineus*, na mata semidecídua. Outra espécie, *Pheia seraphina* (Herrich-Schäffer, 1854), apresentou preferência pela fitofisionomia cerrado *sensu stricto* nas duas estações climáticas, ocorreu nos meses de janeiro a março, maio, junho e de agosto a outubro. Suas lagartas são polífagas, alimentam-se de *Erythroxylum campestre* Mart., *E. deciduum* A. St.-Hil. e *Ouratea hexaperma* (A. St.-Hil.) Baill, e são encontradas no campo em janeiro, abril, maio, julho

e setembro (Diniz et al., dados não publicados), indicando que esta espécie é multivoltina. No Cerrado, suas plantas hospedeiras ocorrem nas fitosionomias savânicas e nas bordas das matas (Silva Júnior, 2012), explicando a ocorrência de poucos indivíduos no interior da mata semidecídua. Apesar de *P. seraphina* apresentar preferência pelo cerrado *sensu stricto*, resultado também encontrado por Scherrer et al. (2013), esta espécie também ocorre em ambientes florestais, como a Amazônia, e apresenta ampla distribuição geográfica (Ferro & Diniz, 2010), assim como suas plantas hospedeiras (Silva Júnior, 2012).

A maioria das espécies que ocorreram nas duas estações sugere preferência pela fitofisionomia florestal, indicada mesmo por aquelas com menor abundância observada (entre 20 a 40 indivíduos). Isto pode ser um indicativo de que a mata semidecídua constitui um habitat chave (Davidar et al., 2001) e atua na persistência das espécies durante a estação seca, isto porque a mata constitui-se em um habitat com condições climáticas mais amenas e mais estáveis do que o cerrado *sensu stricto*. Muitos estudos mostraram a importância das matas, principalmente as matas de galeria, na manutenção da fauna de lepidópteros no Cerrado durante a seca (Brown, 2000; Camargo, 2001; Brown & Gifford, 2002;). No presente trabalho reforçamos o papel fundamental da mata semidecídua como refúgio de arctiíneos durante a estação seca, exemplificado pelo padrão de distribuição de *P. aurata*.

Como se sabe, os fatores históricos e biogeográficos são importantes na composição das espécies de uma região (Gutiérrez, 1997; Amorim et al., 2009). A ampla distribuição das espécies de Arctiinae encontradas no Cerrado em outros biomas florestais (Ferro & Diniz, 2010) e a baixa taxa de endemismo podem ser explicadas pela expansão das espécies da Amazônia e Mata Atlântica para o interior do Cerrado pelas matas de galeria durante os períodos úmidos do Quaternário (Silva & Bates, 2002), e

pela forte associação entre as matas semidecíduas da Mata Atlântica e as matas semidecíduas do Cerrado (Oliveira-Filho & Fontes, 2000). Deste modo, a presença dos ambientes florestais no Cerrado, possivelmente, compreenderam corredores para colonização destas espécies e assim favoreceram o estabelecimento dos arctiíneos no bioma. No entanto, devemos levar em consideração que alguns estudos (ver: Pinheiro & Durigan, 2009) propõem que o cerrado *sensu stricto* seria um estágio de sucessão, devido às ações antrópicas desde o Holoceno, e a fitofisionomia cerradão seria o verdadeiro clímax. Assim, a formação mais florestal do Cerrado no passado deve ter favorecido o estabelecimento dos arctiíneos no bioma, e com o crescente impacto antrópico (Klink & Machado, 2005), uma série de estratégias e adaptações deve ter permitido que as espécies se estabelecessem nas fitofisionomias savânicas atuais. As mudanças climáticas, com previsões para maior duração da estação seca na América do Sul (Marengo et al., 2009), irão afetar diretamente a comunidade de mariposas Arctiinae, já que a composição de espécies está relacionada às estações climáticas. As longas estiagens podem contribuir para incêndios cada vez mais frequentes e intensos (Marengo et al., 2009) e afetar a fenologia de suas plantas hospedeiras e a disponibilidade de recursos, e conseqüentemente a distribuição temporal e espacial das espécies de Arctiinae.

Conclusões

A fauna de mariposas Arctiinae do Parque Estadual dos Pireneus é composta por espécies adaptadas às diferentes estações climáticas e fitofisionomias. As diferenças encontradas na composição de espécies no tempo e espaço, provavelmente, estão relacionadas à ampla variedade de estratégias de vida nesta subfamília. A mata semidecídua compreende um habitat chave para colonização destas mariposas no Cerrado, além de ser um refúgio para algumas espécies durante a estação seca. O

crescente avanço da fronteira agrícola para o interior do bioma vem alterando a vegetação natural por pastagens e monoculturas, levando à perda de habitats e consequente perda da biodiversidade. Estas alterações na paisagem, somadas às alterações climáticas, compreendem uma ameaça à persistência de diversas espécies no bioma, inclusive das mariposas Arctiinae, que em sua maioria apresentam especialização espacial e temporal.

Referências

- Aleixo A, Abernaz AL, Grelle CEV, Vale MM, Rangel TF (2010) Mudanças climáticas e a biodiversidade dos brasileiros: passado, presente e futuro. *Natureza & Conservação* 8:194-196.
- Beck J, Schulze CH, Linsenmair E, Fieldler K (2002) From forest to farmland: diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 18:33-51.
- Beck J, Kitching IJ, Linsenmair E (2006) Effects of habitat disturbance can be subtle yet significant: biodiversity of hawkmoth-assemblages (Lepidoptera: Sphingidae) in Southeast-Asia. *Biodiversity & Conservation* 15:465-486.
- Bosquetti LB (2008) Análise da estrutura da paisagem e fitofisionomias do Parque Estadual dos Pirineus, Goiás, Brasil. Universidade de São Paulo: Dissertação de Mestrado.
- Both C, Asch M, Bijlsma RG, Burg AB, Visser ME (2009) Climate change and unequal phenological changes across four trophic levels: constraints or adaptations? *Journal of Animal Ecology* 78:73-83.
- Brandon K, Fonseca GAB, Rylands AB, Silva JMC (2005) Conservação brasileira: desafios e oportunidades. *Megadiversidade* 1:7-13.
- Brown KS (2000) Insetos indicadores da história, composição, diversidade e integridade das matas ciliares. In: Rodrigues RR, Leitão-Filho HF (ed) *Matas Ciliares: conservação e recuperação*. EDUSP, São Paulo, pp 223-232.
- Brown KS, Gifford DR (2002) Lepidoptera in the cerrado landscape and conservation of vegetation, soil, and topographical mosaics. pp 201-221 In: Oliveira PS, Marquis RJ (ed) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of Neotropical savanna*. New York: Columbia University Press.
- Cabrera AL, Willink A (1973) *Biogeografia de America Latina*. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos.
- Camargo AJA (2001) Importância das matas de galeria para conservação de lepidópteros do cerrado. In: Ribeiro JF, Fonseca CEL, Sousa-Silva JC (ed) *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*. Embrapa, Planaltina, pp 607-634.
- Colwel RK (2013) EstimateS, Versão 9.1.0: Statistical estimation of species richness and shared species from samples.
- Davidar P, Yoganand K, Ganesh T (2001) Distribution of forest birds in the Andaman islands: importance of keys habitats. *Journal of Biogeography* 28:663-671.
- Denlinger DL (1980) Seasonal and annual variation of insect abundance in the Nairobi National Park, Kenya. *Biotropica* 12:100-106.
- Dennis RLH, Shreeve TG, Dyck JV (2003) Towards a functional resource-based concept for habitat: a butterfly biology viewpoint. *Oikos* 102:417-426.
- Diniz IR, Braga L, Lepesqueur C, Silva N, Morais H (2013) *Lagartas do Cerrado*. Technical Books, Rio de Janeiro. 215p.
- Felfili JM, Fagg CW (2007) Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” *sensu stricto* on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30:375-385.
- Ferreira PSF, Paula AS, Martins DS (1995) Análise faunística de Lepidoptera Arctiidae em área de reserva natural remanescente de floresta tropical em Viçosa, Minas Gerais. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 25:123-133.
- Ferro VG, Diniz IR (2007) Arctiidae (Insecta: Lepidoptera) da Estação Biológica de Boracéia (Salesópolis, São Paulo, Brasil). *Biota Neotropica* 7:331-338.

- Ferro VG, Diniz IR (2010) Riqueza e composição das mariposas Arctiidae (Lepidoptera) no Cerrado. pp. 257-313. *In: Diniz, I.R.; Marinho-Filho, J.; Machado, R.B.; Cavalcanti, R.B. Cerrado: conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação. Brasília: Thesaurus.*
- Ferro VG, Melo AS, Diniz IR (2010) Richness of tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae) in the Brazilian Cerrado: how much do we know? *Zoologia* 27:725–731.
- Ferro VG, Teston JA (2009) Composição de espécies de Arctiidae (Lepidoptera) no sul do Brasil: relação entre tipos de vegetação e entre a configuração espacial do habitat. *Revista Brasileira de Entomologia* 53:278-286.
- Gutiérrez D (1997) Importance of historical factors on species richness and composition of butterfly assemblages (Lepidoptera: Rhopalocera) in a northern Iberian mountain range. *Journal of Biogeography* 24:77-88.
- Harrington R, Woivod I, Sparks T (1999) Climate change and trophic interactions. *Tree* 14:146-150.
- Hilt N, Brehm G, Fielder K (2007) Temporal dynamics of rich moth ensembles in the montane forest zone in southern Ecuador. *Biotropica* 39:94-104.
- Hilt J, Merenlender A (2000) Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation* 92:185-197.
- Hilt N, Fiedler K (2006) Arctiid moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? *Journal of Biogeography* 33:108-120.
- Imaña-Encinas J, Macedo LA, Paula JE (2007) Florística e fitossociologia de um trecho da floresta estacional semidecidual na área do Ecomuseu do Cerrado, em Pirenópolis, Goiás. *Cerne* 13:308-320.
- Janzen DH (1987) How moths pass the dry Season in Costa Rican dry forest. *Insect Science Applied* 8:489-500.
- Janzen DH, Schoener TW (1968) Differences in insect abundance and diversity between wetter and dryer sites during a tropical dry season. *Ecology* 49:96-110.
- Kitching RL, Orr AG, Thalib L, Mitchell H, Hopkins MS, Graham AW (2000) Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *Journal of Applied Ecology* 37:284-297.
- Klink CA, Machado RB (2005) A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1:148-154.
- Kovach WL (2011) Oriana - circular statistics for windows, versão 4.0. Wales, Kovach Computing Services.
- Marengo, JA, Ronas, R, Alves, LM, Valverde, MC (2009) Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology* 29:2241-2255.
- McGeachie WJ (1989) The effects of moonlight illuminance, temperature and wind speed on light-trap catches of moths. *Bulletin of Entomological Research* 79:185-192.
- Moura IO, Gomes-Klein VL, Felfili JM, Ferreira HD (2007) Fitossociologia de cerrado *sensu stricto* em afloramentos rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. *Revista Brasileira de Biociências* 5:399-401.
- New TR (2004) Moths (Insecta: Lepidoptera) and conservation: background and perspective. *Journal of Insect Conservation* 8:79-94.
- Oliveira PEAM (2008) Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do Cerrado. pp. 275-290. *In: Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (eds) Cerrado: Ecologia e Flora. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.*

- Oliveira-Filho AT, Fontes MAL (2000) Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32:793-810.
- Pinheiro F, Diniz IR, Coelho D, Bandeira MPS (2002) Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian Cerrado. *Austral Ecology* 27:132-136.
- Pinheiro AS, Durigan G (2009) Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 32:441-454.
- Putten WHV, Macel M, Visser ME (2010) Predicting species distribution and abundance responses to climate change: why it is essential to include biotic interactions across trophic levels. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 365:2025-2034.
- R Development Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ribeiro JF, Walter BMT (2008). As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. PP.153-212. *In*: Sano, SM, Almeida, SP, Ribeiro, JF (Eds). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Rizzini CT, Coimbra Filho AF, Houaiss A, Marigo LC (1988) *Ecosistemas Brasileiros*. Rio Janeiro: Editora Index. 200p.
- Sano ES, Rosa R, Brito JLS, Ferreira LG (2008) Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43:153-156.
- Scherrer S, Ferro VG, Ramos MN, Diniz IR (2013) Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) in two Cerrado vegetation types. *Zoologia* 30:200-210.
- Silva NAP, Frizzas MR, Oliveira CM (2011) Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55:79-87.
- Silva JMC, Bates JM (2002) Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52:225-234.
- Silva Júnior MC (2012) *Árvores do Cerrado sentido restrito*. Brasília: rede sementes do Cerrado. 304p
- Silveira IA, Pessoa OAA, Flores SBL (2009) Análise Geomorfológica do município de Pirenópolis no Estado de Goiás utilizando sistema de informação geográfica. <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/go/sd-22-z-d.htm>.
- Souza MAR, Gomes-Klein VL, Rezende MH (2008) Antóceros e hepáticas do Parque Estadual da Serra dos Pireneus e arredores, município de Pirenópolis, Goiás, Brasil. *Revista Biologia Neotropical* 5:1-16.
- Spitzer K (1983) Seasonality of butterfly fauna in southeastern Vietnam (Papilionoidea). *The Journal of Research on the Lepidoptera* 22:126-130.
- Summerville KS, Ritter LM, Crist TO (2004) Forest moth taxa as indicators of lepidopteran richness and habitat disturbance: a preliminary assessment. *Biological Conservation* 116:9-18.
- Statsoft Inc. (2014) *Software Statistica versão 10*. Statsoft South America.
- Tauber CA, Tauber MJ (1981) Insect seasonal cycles: genetics and evolution. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 12:281-308.
- Teston JA, Corseuil E (2004) Diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) capturados com armadilha luminosa, em seis comunidades no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 48:77-90.
- Teston JA, Delfina MC (2010) Diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) em área alterada em Altamira, Amazônia Oriental, Pará, Brasil. *Acta Amazônica* 40:387-396.

- Teston JA, Novaes JB, Almeida Júnior JOB (2012) Abundância, composição e diversidade de Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) em um fragmento de floresta na Amazônia Oriental em Altamira, PA, Brasil. *Acta Amazônica* 42:105-114.
- Wardhaugh CW (2014) The spatial and temporal distributions of arthropods in forest canopies: uniting disparate patterns with hypotheses for specialization. *Biological Reviews*.
- Wolda H (1978) Seasonal fluctuation in rainfall, food, and abundance of tropical insects. *Journal Animal Ecology* 47:369-381.
- Wolda H (1988) Insect seasonality: why? *Annual Review of Ecology and Systematic* 19:1-18
- Yela JL, Holyoak M (1997) Effects of moonlight and meteorological factors on light bait trap catches of Noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 26:1238-1290.

Anexo 2.1 - Distribuição temporal e espacial da abundância das espécies de Arctiinae (Erebidae) (n>40) presentes nas duas fitofisionomias (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) nas duas estações climáticas (seca e chuva). Cerrado: cerrado *sensu stricto*; Mata: mata semidecídua; de abril a setembro: estação seca; de outubro a março: estação chuvosa.

<i>Espécies</i>	<i>Mês</i>												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
<i>Aclytia heber</i>													
Cerrado	13	15	36	30	2	0	0	0	0	0	0	4	100
Mata	4	4	12	4	2	3	1	0	0	0	0	2	32
<i>Balbura dorsisigna</i>													
Cerrado	1	0	9	16	0	1	0	0	0	0	0	0	27
Mata	1	0	7	6	1	0	0	0	0	5	0	0	20
<i>Chrysostola nivaca</i>													
Cerrado	2	0	2	2	0	1	0	2	26	5	5	1	46
Mata	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	1	0	7
<i>Cresera optimus</i>													
Cerrado	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	4
Mata	13	4	10	0	0	2	0	3	6	7	1	7	53
<i>Elysius pyrosticta</i>													
Cerrado	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
Mata	2	9	18	2	13	9	4	4	0	5	0	2	68
<i>Heliura rhodophila</i>													
Cerrado	2	0	2	0	0	3	1	1	3	1	3	4	20
Mata	6	1	2	0	0	2	2	5	0	2	6	10	36
<i>Heliura subplena</i>													
Cerrado	0	0	5	0	2	0	0	2	1	0	1	0	11
Mata	6	1	31	1	13	7	4	44	5	9	1	2	124
<i>Lophocampa maroniensis</i>													
Cerrado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Mata	0	0	12	1	7	3	2	7	7	1	0	3	43
<i>Neidalia orientalis</i>													
Cerrado	0	3	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	5
Mata	1	19	12	0	0	6	0	0	4	11	6	0	59
<i>Pareuchaetes aurata</i>													
Cerrado	3	12	5	12	7	10	3	1	2	4	3	4	66
Mata	0	6	10	4	12	28	23	9	4	2	0	1	99
<i>Pelochyta cinerea</i>													
Cerrado	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Mata	1	2	6	12	4	1	0	1	0	9	3	2	41

Anexo 2.2 - Lista de espécies de Arctiinae (Erebidae) amostradas no Parque Estadual dos Pireneus, durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013, utilizando armadilhas Luiz de Queiroz com fonte de luz UV 15W. Ocorrência nas estações climáticas: chuvosa e seca, e nas fitofisionomias: cerrado *sensu stricto* (cerrado) e mata semidecídua (mata). * Novo registro para o Cerrado. Msp.=morfoespécie

Espécie	Chuvosa		Seca	
	cerrado	mata	cerrado	mata
<i>Aclytia heber</i> (Cramer, [1780])	X	X	X	X
<i>Aclytia</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Aclytia</i> sp.2	-	-	X	-
<i>Aemilia pagana</i> (Schaus, 1894)	-	X	-	-
<i>Agaraea minuta</i> Schaus, 1892	-	-	-	X
<i>Agaraea semivitrea</i> (Rothschild, 1909)	X	X	-	-
<i>Agaraea</i> sp.	-	-	-	X
<i>Agaraea uniformis</i> (Hampson, 1898)	X	X	X	X
<i>Agerocha eone</i> Hübner, 1824	-	-	X	X
<i>Agylla argentea</i> (Walker, 1863)*	X	-	-	-
<i>Amaxia dyuna</i> Schaus, 1896	X	-	-	X
<i>Amaxia kennedyi</i> (Rothschild, 1909)	-	-	-	X
<i>Ammalo helops</i> (Cramer, 1775)	X	-	-	-
<i>Aphyle cuneata</i> Hampson, 1905	X	X	X	X
<i>Apistosia judas</i> Hübner, 1827	-	X	-	-
<i>Balbura dorsisigna</i> Walker, 1854	X	X	X	X
<i>Bertholdia almeidai</i> Travassos, 1950	X	X	X	-
<i>Biturix pellucida</i> Sepp, 1852 *	-	X	-	X
<i>Calodesma collaris</i> (Drury, 1782)	-	-	X	X
<i>Carales astur</i> (Cramer, 1777)	-	X	-	-
<i>Carales albicollis</i> Walker, 1855	-	X	-	-
<i>Carales</i> sp.	-	X	-	-
<i>Cercocladia novicia</i> Draudt, 1915	X	-	-	-
<i>Chrysostola nivaca</i> (Jones, 1914)	X	X	X	X
<i>Cisthene</i> sp.	-	-	X	-
<i>Cisthene triplaga</i> Hampson, 1905	X	X	X	-
<i>Cisthene xanthospila</i> (Hampson, 1900)	X	X	-	-
<i>Correbidia calopteridia</i> (Butler, 1878)	-	-	-	X
<i>Cosmosoma achemon</i> (Fabricius, 1781)	X	X	X	X

<i>Cosmosoma auge</i> (Linnaeus, 1767)	X	X	X	X
<i>Cosmosoma centralis</i> (Walker, 1854)	-	X	-	X
<i>Cosmosoma rasea</i> (Jones, 1914)	-	-	X	X
<i>Cosmosoma remotum</i> (Walker, 1854)	X	X	X	-
<i>Cosmosoma restrictum</i> Butler, 1876	X	X	X	-
<i>Cresera affinis</i> (Rothschild, 1909)	-	X	X	X
<i>Cresera ilioides</i> (Schaus, 1905) *	X	X	X	X
<i>Cresera ilus</i> (Cramer, 1776)	-	X	X	X
<i>Cresera optimus</i> (Butler, 1877)	X	X	X	X
<i>Ctenucha divisa</i> Walker, 1856	X	-	X	-
<i>Ctenucha</i> sp.	X	-	X	-
<i>Delphyre discalis</i> Druce, 1905	X	X	X	X
<i>Delphyre hampsoni</i> Rothschild, 1912	X	X	-	X
<i>Delphyre nilammon</i> Schaus, 1924 *	X	X	X	X
<i>Delphyre pyroperas</i> Hampson, 1911	-	X	X	X
<i>Dipaene incontenta</i> Schaus, 1905	-	X	-	X
<i>Disconeura lutosa</i> (Hübner, [1823])	X	-	-	-
<i>Dycladia correbioides</i> Felder, 1869	-	-	X	-
<i>Dycladia lucetius</i> (Stoll, 1781)	X	X	X	X
<i>Dysschema amphissa</i> (Geyer, 1832)	X	X	-	X
<i>Dysschema eurocilia</i> (Cramer, 1777)	-	-	-	X
<i>Dysschema evanescens</i> (Hering, 1925)	-	X	-	-
<i>Dysschema sacrificata</i> (Hübner, [1831])	X	-	-	-
<i>Dysschema</i> sp.	-	X	-	X
<i>Echeta minerva</i> (Schaus, 1915)	X	X	X	X
<i>Echeta pandiona</i> (Stoll, [1782]) *	-	X	-	X
<i>Elysius cingulatus</i> Walker, 1856	X	X	-	X
<i>Elysius conjunctos</i> Rothschild, 1910	-	X	-	-
<i>Elysius disciplaga</i> (Walker, 1856) *	-	X	-	X
<i>Elysius meridionalis</i> Rothschild, 1917	-	X	-	X
<i>Elysius pyrosticta</i> Hampson, 1905	-	X	X	X
<i>Epeiomulona hamata</i> Field, 1952	X	X	-	-
<i>Episcepsis lenaeus</i> (Cramer, 1780)	-	X	X	-
<i>Episcepsis thetis</i> (Linnaeus, 1771)	X	-	X	X

<i>Ernassa gabriellae</i> Travassos, 1954	X	X	X	X
<i>Eucereon apicalis</i> (Walker, 1856)	-	X	X	X
<i>Eucereon dorsipuncta</i> Hampson, 1905	X	X	X	X
<i>Eucereon latifascia</i> Walker, 1856	-	X	X	X
<i>Eucereon obscura</i> (Möschler, 1872)	-	X	-	-
<i>Eucereon pseudarchias</i> Hampson, 1898	-	X	-	-
<i>Eucereon relegatum</i> Schaus, 1911 *	X	-	X	X
<i>Eucereon rosinum</i> (Walker, 1854)	X	X	-	X
<i>Eucereon</i> sp.1	-	X	-	-
<i>Eucereon</i> sp.2	X	X	X	X
<i>Eucereon</i> sp.3	-	-	-	X
<i>Eucereon sylvius</i> (Stoll, [1790])	-	-	-	X
<i>Eupseudosoma bifasciata</i> (Cramer, 1779)	-	X	-	-
<i>Eurata histrio</i> (Guérin, 1843) *	X	X	X	-
<i>Fregela semiluna</i> (Walker, 1854)	X	-	X	-
<i>Halysidota interlineata</i> Walker, 1855	-	-	X	X
<i>Halysidota pearsoni</i> Watson, 1980	X	X	X	-
<i>Heliura rhodophila</i> Walker, 1856	X	X	X	X
<i>Heliura</i> sp.	-	X	X	X
<i>Heliura subplena</i> (Walker, 1854)	X	X	X	X
<i>Heliura tetragrama</i> (Walker, 1854)	X	X	X	X
<i>Hylarctia sericea</i> Schaus, 1901	X	-	-	-
<i>Hyda basilutea</i> (Walker, 1854)	X	-	-	-
<i>Hyperandra appendiculata</i> (Herrich-schäffer, [1865])	X	X	-	X
<i>Hypercompe cunigunda</i> (Stoll, [1781])	X	X	-	-
<i>Hypercompe</i> sp.	X	-	-	-
<i>Hyperthaema ignifera</i> Rawlins, MS	X	X	X	-
<i>Hyperthaema</i> sp.	-	X	-	X
<i>Hypocrita temperata</i> (Walker, 1856)	-	X	-	-
<i>Hyponerita similis</i> Rothschild, 1909	-	-	-	X
<i>Idalus carinosa</i> (Schaus, 1905)	-	-	X	X
<i>Idalus citrinus</i> Druce, 1890	X	-	X	-
<i>Idalus dares</i> Druce, 1894	-	-	X	X
<i>Idalus lineosus</i> Walker, 1869	X	X	X	-

<i>Ischnocampa semiopalina</i> Felder, 1874	X	X	-	X
<i>Isia alcumena</i> (Berg, 1882)	X	-	X	-
<i>Ixylasia trogonoides</i> (Walker, 1864)	X	X	-	X
<i>Josiodes</i> sp.	-	-	-	X
<i>Lepidoneivaia erubescens</i> (Butler, 1876)	X	-	-	-
<i>Lepidokirbyia vittipes</i> (Walker, 1855)	X	X	-	X
<i>Leucanopsis aurantiaca</i> (Rothschild, 1909)	-	X	-	X
<i>Leucanopsis pseudomanda</i> (Rothschild, 1910)	-	-	-	X
<i>Leucanopsis rosetta</i> (Schaus, 1896)	X	-	-	-
<i>Leucanopsis squalida</i> (Herrich-Schäffer,[1855])	X	-	X	X
<i>Leucanopsis strigulosa</i> (Walker, 1855)	-	-	X	X
<i>Lophocampa citrina</i> (Sepp, [1843])	X	X	X	X
<i>Lophocampa maroniensis</i> (Schaus, 1905) *	X	X	-	X
<i>Lophocampa modesta</i> (Kirby, 1892)	-	-	-	X
<i>Lophocampa</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Lophocampa</i> sp.2	X	X	-	X
<i>Lophocampa</i> sp.3	-	X	-	-
<i>Loxophlebia leucothema</i> Dyar, 1914	-	X	-	-
<i>Lycomorphodes</i> sp.	-	-	-	X
<i>Machaeraptenus crocopera</i> (Schaus, 1905) *	-	-	X	-
<i>Macrocneme</i> cf. <i>adonis</i>	X	-	-	-
<i>Macrocneme</i> cf. <i>anthracina</i>	-	-	X	-
<i>Macrocneme</i> cf. <i>aurifera</i>	-	-	X	X
<i>Macrocneme</i> sp.1	X	X	-	-
<i>Macrocneme</i> sp.2	-	X	-	-
<i>Macrocneme</i> sp.3	X	X	X	X
<i>Macrocneme</i> sp.4	X	-	-	X
<i>Macrocneme</i> sp.5	X	-	-	-
<i>Macrocneme</i> sp.6	-	-	X	-
<i>Mallodeta clavata</i> (Walker, 1854)	X	-	X	-
<i>Mazaeras francki</i> (Schaus, 1896)	X	X	-	-
<i>Mazaeras janeira</i> (Schaus, 1892)	-	X	-	-
<i>Melese drucei</i> Rothschild, 1909	-	X	-	-
<i>Melese hampsoni</i> Rothschild, 1909	-	-	X	X

<i>Melese ocellata</i> Hampson, 1901 *	-	X	X	X
<i>Melese paranensis</i> Dognin, 1911	X	X	X	X
<i>Mesotheren inconspicuata</i> (Kaye, 1911)	-	-	X	X
<i>Metaxanthia threnodes</i> Druce, 1905	-	-	-	X
<i>Munona iridescens</i> Schaus, 1894	-	X	-	-
<i>Napata jynx</i> (Hubner, 1832)	-	X	-	-
<i>Napata</i> sp.	-	-	-	X
<i>Neidalia orientalis</i> Rothschild, 1933	X	X	X	X
<i>Neonerita dorsipuncta</i> Hampson, 1901	-	-	X	X
<i>Neotrichura nigripes</i> Heylaerts, 1890	X	X	X	X
<i>Nyridela acroxantha</i> (Perty 1834)	X	-	X	-
<i>Opharus rema</i> (Dognin, 1891)	X	-	-	X
<i>Parathyris cedonulli</i> (Stoll, 1781)	-	X	-	-
<i>Parathyris semivitrea</i> (Joicey & Talbot, 1916)	X	-	-	-
<i>Pareuchaetes aurata</i> (Butler, 1875)	X	X	X	X
<i>Pelochyta cinerea</i> (Walker, 1855)	-	X	X	X
<i>Phaloe cruenta</i> (Hübner, 1823)	-	-	X	-
<i>Pheia albisigna</i> (Walker, 1854)	X	X	X	-
<i>Pheia haemapleura</i> Hampson, 1914	X	-	X	X
<i>Pheia haematosticta</i> Jones, 1908	X	X	-	X
<i>Pheia seraphina</i> (Herrich-Schäffer, 1854)	X	X	X	X
<i>Pheia</i> sp.	-	X	-	-
<i>Phoenicoprocta baeri</i> Rothschild 1911	X	X	-	-
<i>Phoenicoprocta steinbachi</i> Rothschild 1911	X	-	-	-
<i>Phoenicoprocta vacillans</i> (Walker, 1856)	X	-	-	-
<i>Pionia lycoides</i> (Walker, 1854)	-	X	-	X
<i>Pitane fervens</i> Walker, 1854	X	X	-	X
<i>Prepiella</i> sp.	-	-	-	X
<i>Pseudalus limonia</i> Schaus, 1896	X	X	X	-
<i>Pseudalus salmonaceus</i> (Rothschild, 1909)	X	X	-	X
<i>Pseudosphex dycladioides</i> (Heylaerts, 1890) *	-	-	-	X
<i>Pseudosphex fulvisphex</i> (Druce, 1898)	-	-	-	X
<i>Pseudosphex</i> sp.	-	-	X	-
<i>Psilopleura vittata</i> (Walker, 1864)	X	-	-	-

<i>Psychopasma erosa</i> (Herrich-Schäffer, [1858])	X	X	X	X
<i>Ptychotrichos elongatus</i> Schaus, 1905 *	X	X	X	X
<i>Ripha flammans</i> (Hampson, 1901)	X	X	-	-
<i>Ripha flavoplagiata</i> (Rothschild, 1911)	-	-	X	-
<i>Ripha mathildae</i> (Köhler, 1924)	X	X	-	-
<i>Robinsonia dewitzi</i> Gundlach, 1881	X	-	-	-
<i>Saurita cassandra</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	X	-
<i>Sphecosoma besasa</i> Schaus, 1924	-	-	-	X
<i>Sphecosoma</i> sp.	-	X	-	-
<i>Sutonocrea lobifer</i> (Herrich-Schäffer, 1855)	-	X	-	-
<i>Symphlebia abdominalis</i> (Herrich-Schäffer, [1855])	X	X	X	X
<i>Symphlebia distincta</i> (Rothschild, 1933)	X	X	-	X
<i>Symphlebia errata</i> (Schaus, 1933)	-	X	-	X
<i>Symphlebia</i> sp.	-	-	X	-
<i>Talara grisea</i> Schaus, 1896	-	-	-	X
<i>Tessela sertata</i> (Berg, 1882)	-	X	-	X
<i>Tesselarctia</i> sp.	X	X	-	-
<i>Trichromia metapyria</i> (Dognin, 1907) *	-	X	-	X
<i>Trichromia sanguipuncta</i> (Schaus, 1901)	-	X	X	X
<i>Trichromia</i> sp.	-	-	-	X
<i>Trichura</i> sp.	-	X	-	-
<i>Utetheisa ornatix</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X
<i>Viviennea dolens</i> (Druce, 1904)	X	X	-	X
<i>Viviennea salma</i> Druce, 1896	X	-	X	-
<i>Xantholopha purpurascens</i> Schaus 1899 *	X	X	-	-
<i>Zatrephes fasciola</i> Seitz, 1922	-	X	X	X
Ctenuchiini sp.1	-	-	-	X
Ctenuchiini sp.2	X	-	-	-
Ctenuchiini sp.3	-	-	-	X
Ctenuchiini sp.4	-	-	X	X
Pericopiini sp.	-	X	-	X
Msp.1	X	X	-	X
Msp.2	-	-	X	X
Msp.3	X	-	-	-

Anexo 2.3 – Espécies de Arctiinae (Erebidae) do Parque Estadual dos Pirineus, amostradas durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013. A) espécies com maiores abundâncias observadas; B) novos registros para o Cerrado.

A)



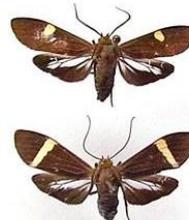
Pareuchaetes aurata



Pseudalus limonia



Heliura subplena



Aclytia heber

B)



Agylla argentea



Delphyre nilammon



Elysius disciplaga



Biturix pellucida



Trichromia metapyra



Machaeraptenus crocopera



Lophocampa maroniensis



Melese ocellata



Cresera ilioides



Eucereon relegatum



Ptychotrichos elongatus



Eurata histrio



Echeta pandiona



Pseudosphex dicladioides

Distribuição espacial e temporal de mariposas Saturniidae: importância das fitofisionomias e estações climáticas

A distribuição espacial e temporal das espécies é o resultado evolutivo de diversas forças seletivas, como condições climáticas, disponibilidade de recursos, complexidade do habitat, inimigos naturais, além das características de história de vida específicas, como capacidade de dispersão, tolerância fisiológica e amplitude de dieta (Tauber & Tauber, 1981; Lawton, 1983; Wolda, 1988; Spitzer et al., 1993; Beck et al., 2002; Dennis et al., 2003; Novotny et al., 2007; Wardhaugh, 2014). Estudos sobre distribuição das espécies no espaço e tempo são importantes para se conhecer o efeito das alterações ambientais e mudanças climáticas e, assim, mapear possíveis redistribuições geográficas e prever a sobrevivência das espécies no futuro (Aleixo et al., 2010).

A sazonalidade é conhecida como um fenômeno comum entre os insetos (Wolda, 1988; Wolda & Wong, 1988), e a umidade relativa do ar e pluviosidade estão entre os fatores que melhor explicam esta variação em áreas tropicais, principalmente nas savanas (Wolda, 1978; Denlinger, 1980; Spitzer, 1983; Morais et al., 1999; Marquis et al., 2002; Pinheiro et al., 2002; Silva et al., 2011). Em geral, a atividade sazonal das espécies tropicais tende a ser mais longa, com alta porcentagem de espécies ativas durante todo o ano, com picos sazonais menos definidos do que as espécies da região temperada (Wolda, 1988). Esta tendência, no entanto, só é verdadeira quando generalizada, pois cada localidade e grupo taxonômico apresentam padrões distintos de sazonalidade. No Cerrado, alguns grupos taxonômicos respondem diferentemente às estações seca e chuvosa (Morais et al., 1999; Pinheiro et al., 2002; Silva et al., 2011;

Scherrer et al., 2013). Entretanto, a maioria dos estudos realizados no bioma é pontual e de curta duração, não permitindo análises temporais (Camargo, 2001). Para alguns táxons específicos, como mariposas Saturniidae, não se tem informações sobre sua distribuição temporal no bioma.

Mariposas, assim como outros insetos noturnos, compreendem um bom grupo para estudos de conservação e ecologia, já que podem ser facilmente atraídas por armadilhas luminosas, permitindo estimativas eficientes de padrões geográficos de riqueza e abundância (Choi, 2008). Além disso, as mariposas respondem bem às perturbações antrópicas (ver: Beck et al., 2002, 2006; Summerville et al., 2004; Choi, 2008) e aos processos sucessionais (Hilt & Fiedler, 2006). Entretanto, a família Saturniidae, até então, não é considerada indicadora de qualidade ambiental (ver: Hilty & Merelender, 2000; Kitching et al., 2000), apesar de alguns estudos mostrarem que estas mariposas respondem diferentemente ao tipo vegetacional (Hawes et al., 2009) e à variação altitudinal (Beck & Nässig, 2008; Muñoz & Amarillo-Suárez, 2010). Na região do Cerrado, os Saturniideos, aparentemente, apresentam forte associação com paisagens e vegetações específicas (Brown & Gifford, 2002), no entanto, a exploração das diferentes fitofisionomias por estas mariposas é pouco conhecida (Camargo, 2001).

O Cerrado é formado por um mosaico de fitofisionomias savânicas, florestais e campestres, além disso, a variação sazonal é uma característica típica do clima e da vegetação do Cerrado (Ribeiro & Walter, 2008). Esta heterogeneidade de habitats encontrada no Cerrado é um dos fatores que contribui para a riqueza de espécies e pode ser um indicativo de que existam preferências da fauna na exploração por diferentes fitofisionomias (Camargo, 2001). Deste modo, o Cerrado compreende um bioma ideal para estudos de distribuição espacial e temporal das espécies entre tipos de vegetação naturais, o que permite entender as pressões seletivas e os processos ecológicos

envolvidos. O presente trabalho compreende o primeiro estudo sobre a distribuição temporal e a utilização das fitofisionomias pelos Saturniidae no Cerrado, utilizando fonte luz fraca para a captura destas mariposas.

O principal objetivo deste estudo foi identificar como a abundância, riqueza e composição da fauna de Saturniidae variam anualmente em fitofisionomias florestais e savânicas no Cerrado. As seguintes perguntas foram discutidas: 1) Os Saturniideos apresentam especialização temporal? 2) Há diferenças na dinâmica temporal entre as fitofisionomias? 3) Os Saturniideos apresentam especialização espacial? 4) Quais são os fatores climáticos determinantes na distribuição temporal e espacial das mariposas Saturniidae no Cerrado? 5) Qual a importância da fitofisionomia florestal para a persistência desta família no Cerrado? 6) As subfamílias apresentam distintos padrões de distribuição temporal e espacial?

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido de agosto de 2012 a julho de 2013 no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), Serra dos Pireneus, Goiás, Brasil (15°50'S e 48°47'W), com uma área protegida de 2.833,26ha (Souza et al., 2008). A Serra dos Pireneus é caracterizada por montanhas de altitudes elevadas, morfologia acidentada, vertentes íngremes, por vezes escarpadas e consiste em um importante divisor de águas (Silveira et al., 2009). A vegetação é composta por diversas fitofisionomias florestais e savânicas (Moura et al., 2007; Bosquetti, 2008). O clima é sazonal, com invernos secos (abril a setembro) e verões chuvosos (outubro a março) (Moura et al., 2007).

O estudo foi realizado em dois tipos de fitofisionomias: 1) savânica (cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos) e 2) florestal (mata semidecídua), em altitude em torno de 1.300m e de baixa declividade (Fig. 3.1). O cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos ocorre em Goiás e Tocantins, principalmente nas áreas altas das Serras (Felfili & Fagg, 2007; Moura et al., 2007). Caracteriza-se pela presença dos estratos arbustivo, subarbustivo e herbáceo, com predominância de plantas arbóreo-arbustivas. A cobertura arbórea tem altura média de 3-6m, e em média abrange de 20 a 50%, mas na estação chuvosa é de 70-95% (Ribeiro & Walter, 2008). A mata semidecídua é caracterizada pela alta diversidade florística (Imaña-Encinas et al., 2007) e pela perda parcial de suas folhas (20 a 50%) na estação seca. Ocorre em solos úmidos e ricos em nutrientes, geralmente, associadas às matas de galeria (Ribeiro & Walter, 1998). As árvores são eretas e a altura média do estrato arbóreo varia entre 15-25m (Ribeiro & Walter, 2008).



Figura 3.1 - Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. A) delimitação da área da Unidade de Conservação Parque Estadual dos Pireneus (PEP) em verde; delimitação da região mais alta do PEP em vermelho. B) Área de estudo: M1, M2 e M3 – áreas de mata semidecídua e C1, C2 e C3 – áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. C) Cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. D) Mata semidecídua.

Amostragem das mariposas Saturniidae

Os saturnídeos foram amostrados, mensalmente, durante seis noites na fase lunar nova, em cada uma das fitofisionomias. Foram utilizadas seis armadilhas por noite (72 noites/armadilhas no total). As coletas foram feitas em três áreas por fitofisionomia, com distâncias variando entre 1-3km e em três pontos amostrais por área, distanciados 100m entre si, sendo que cada ponto amostral de cada área foi amostrado durante duas noites. A fase lunar nova foi selecionada por corresponder às noites mais escuras, aumentando, assim, o raio de ação das armadilhas e, provavelmente, o número de indivíduos e espécies atraídos pela luz (McGeachie, 1989; Yela & Holyoka, 1997).

Em cada unidade amostral foi montada uma armadilha luminosa Luiz de Queiroz (UA) modificada pela inclusão de um aparato acima do solo, preso por barbantes na vegetação. (Fig. 3.2). Foi utilizada uma lâmpada fluorescente UV de 15 W ligada a uma bateria automotiva de 48 amperes. Esta armadilha luminosa com fonte de luz UV não é tradicionalmente utilizada para a amostragem de Saturniidae, porém a luz fraca aumenta a probabilidade das mariposas coletadas pertencerem à fauna residente da fitofisionomia amostrada, e assim, é ideal para verificar a utilização das fitofisionomias por estas mariposas. Na literatura é conhecido apenas um trabalho que utilizou armadilhas Luiz de Queiroz para coleta de Saturnídeos no Brasil (Nunes et al., 2003). No entanto, o trabalho de Nunes et al. (2003) compreende um levantamento faunístico, sem comparações entre áreas ou tipos vegetacionais.

Os espécimes foram coletados manualmente no dia seguinte e mortos pela injeção de hidróxido de amônia no tórax, montados, contados, etiquetados individualmente e registrados em planilha. A identificação taxonômica foi feita por comparação aos espécimes da Coleção Entomológica da Embrapa Cerrados – CPAC e Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia - UnB e pelo auxílio das seguintes

bibliografias Lemaire 1978, 1980, 1988 e 2002. Todos os espécimes foram depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia, da Universidade de Brasília, Brasil.

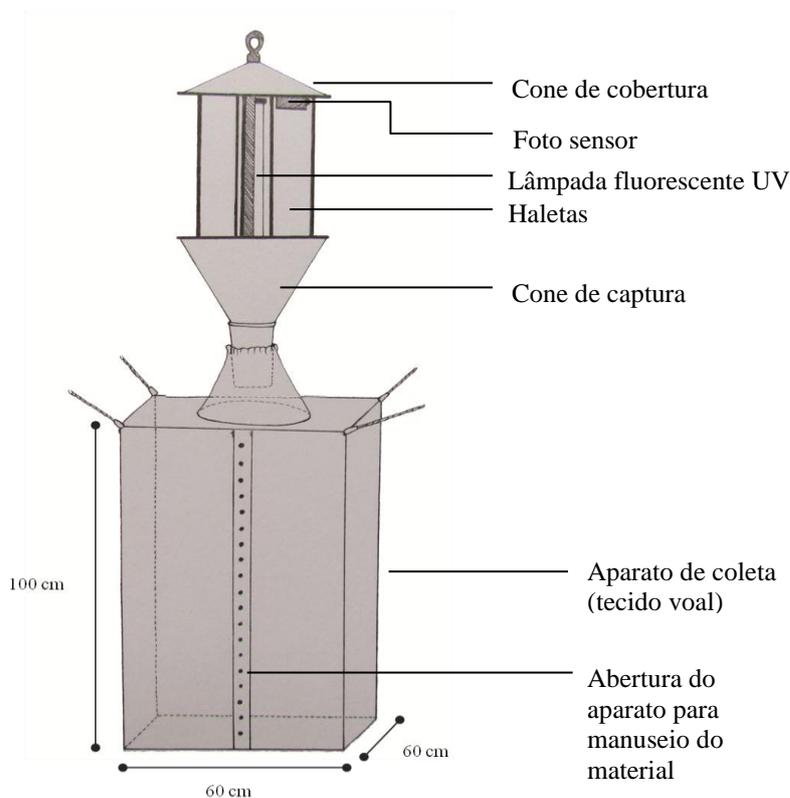


Figura 3.2 - Armadilha luminosa Luiz de Queiroz com aparato modificado, utilizada nas coletas de mariposas Saturniidae em áreas do Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013.

Análises Estatísticas

A análise circular (Oriana versão 4) (Kovach, 2011) foi feita para verificar a distribuição anual da abundância observada de Saturniidae nas duas fitofisionomias. Os meses de coleta foram convertidos em ângulos, abril correspondeu ao ângulo 15° e março ao 345° . O teste de Rayleigh foi aplicado para verificar se a distribuição temporal destas mariposas foi agrupada ou uniforme durante o período de amostragem.

Para verificar os efeitos da fitofisionomia (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua), da estação climática (seca e chuvosa) e a interação destas variáveis sobre a abundância observada de Saturniidae, foram desenvolvidos modelos de análise de variância (ANOVA Fatorial) com distribuição dos dados de Poisson, a 5% de probabilidade. Foi utilizado o pacote estatístico GLZ – Modelos Lineares/Não Lineares Generalizados. As análises foram processadas no Programa Statistica versão 10.0 (Statsoft Inc., 2014). As UAs de cada área foram consideradas pseudoréplicas da área amostrada. A homogeneidade dos dados foi testada pelo teste de Levene e a normalidade pelo Shapiro-Wilk.

Análises de regressão múltipla foram realizadas para avaliar a influência dos fatores climáticos sobre a abundância observada temporal da família Saturniidae. Foram consideradas dois conjuntos de variáveis: 1) microclimática: temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s), medida pelo mensurador Kestrel 4500, em dois períodos: noturno (18 às 6hs) e diurno (8 às 16hs), em uma área de cerrado *sensu stricto* e outra de mata semidecídua. O registro das variáveis microclimáticas foi realizado a cada 2 horas, durante os seis dias/mês, correspondentes ao período de amostragem das mariposas. 2) macroclimática: médias mensais da precipitação (mm), temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) da região de Pirenópolis, extraídas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As variáveis microclimáticas de cada fitofisionomia foram comparadas. A temperatura e umidade relativa do ar pelo teste t pareado, e a velocidade do vento pelo teste pareado de Wilcoxon, pois os dados não apresentaram normalidade. Ambos os testes foram feitos no software Statistica versão 10.0 (Statsoft Inc., 2014).

As curvas de rarefação da riqueza de espécies por indivíduos coletados foram feitas no software EstimateS versão 9.1.0 (Colwell, 2013), e utilizadas para comparar a riqueza de espécies entre as fitofisionomias e em cada estação climática para a família Saturniidae e subfamílias separadamente. A ordenação da composição de espécies de Saturniidae no espaço e tempo foi investigada pela análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS) utilizando o software R versão 3.1.0 (R Core Team, 2014). Os dados foram transformados em logaritmo para ajustar melhor a distância original dos objetos e a configuração obtida (valor do stress). O coeficiente de dissimilaridade de Bray-Curtis foi aplicado para a matriz de abundância observada de cada espécie em cada fitofisionomia e estação climática. A análise multivariada de variâncias por permutações (PERMANOVA) foi utilizada para verificar quais variáveis ambientais (fitofisionomias e estações climáticas) tiveram efeito significativo na composição de espécies de Saturniidae.

A similaridade entre a composição de espécies de cada subfamília amostrada nas diferentes fitofisionomias e estações foi analisada pelo método de agrupamento (UPGMA) através da matriz de distância euclidiana e método do encadeamento simples (*single linkage*), utilizando o software Statistica 10.0 (StatSoft Inc., 2014). As UAs de cada área foram consideradas pseudorélicas da área amostrada, sendo assim considerada similaridade entre as áreas.

Resultados

Foram amostrados mais de 2.000 indivíduos pertencentes a 93 espécies de Saturniidae (Tab. 3.1), distribuídas em 42 gêneros e cinco subfamílias (Tab. 3.2). A abundância observada das espécies variou temporal e espacialmente, e 59% das espécies

(n=55) foram comuns as duas fitofisionomias. As espécies com maiores abundâncias relativas foram *Kentroleuca albilinea* (Schaus, 1908) (n=150), *Cerodirphia apunctata* Dias & Lemaire, 1991 (n=140) e *Dirphia rubricauda* Bouvier 1929 (n=103). Do total de espécies, 14% corresponderam a um único indivíduo coletado (*singletons*), 9% a dois indivíduos (*doubletons*), 35% entre três e vinte indivíduos e 42% mais de vinte indivíduos.

Dentre as espécies amostradas, dez são endêmicas do bioma Cerrado: *Automeris rectilinea* Bouvier, 1927, *Catacantha latisfaciata* Bouvier, 1930, *Copiopteryx semiramis montei* Gagarin, 1934, *Eacles fairchildi* May & Oiticica, 1941, *Eacles lemairei* Barros & Tangerini, 1973, *Hylesia schuessleri* Strand, 1934, *K. albilinea*, *Molippa basinoides* Bouvier, 1926, *Schauziella spitzzi* Travassos, 1958 e *Titaea orsinome* Hubner, 1823. Três espécies representam novos registros para o Cerrado: *Arsenura xanthopus* (Walker, 1855), *Caio romulus* (Maassen, 1869), *Dirphiopsis epiolina* (R. Felder & Rogenhofer, 1874).

Tabela 3.1 - Abundância observada e riqueza de espécies de Saturniidae no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua e nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.

	Abundância observada			Riqueza de espécies		
	Chuva	Seca	Total	Chuva	Seca	Total
Cerrado <i>sensu stricto</i>	838	56	894	73	15	76
Mata semidecídua	1.236	67	1.303	69	15	71
Total	2.074	123	2.197	91	22	93

Tabela 3.2 – Abundância observada e riqueza de espécies das subfamílias de Saturniidae: Arsenurinae, Ceratocampinae, Hemileucinae, Oxyteninae e Saturniinae, no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua e nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pireneus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.

Subfamílias	Fitofisionomias	Abundância observada			Riqueza de espécies		
		Chuva	Seca	Total	Chuva	Seca	Total
Oxyteninae	Cerrado <i>sensu stricto</i>	1	1	2	1	1	1
	Mata semidecídua	2	2	4	1	1	1
	<i>Total</i>	3	3	6	1	1	1
Arsenurinae	Cerrado <i>sensu stricto</i>	68	0	68	11	0	11
	Mata semidecídua	184	0	184	13	0	13
	<i>Total</i>	252	0	252	16	0	16
Ceratocampinae	Cerrado <i>sensu stricto</i>	225	5	230	23	2	23
	Mata semidecídua	110	0	110	13	0	13
	<i>Total</i>	335	5	340	25	2	25
Hemileucinae	Cerrado <i>sensu stricto</i>	528	50	578	34	13	37
	Mata semidecídua	880	65	945	39	14	41
	<i>Total</i>	1408	115	1523	45	20	47
Saturniinae	Cerrado <i>sensu stricto</i>	16	0	16	4	0	4
	Mata semidecídua	60	0	60	3	0	3
	<i>Total</i>	76	0	76	4	0	4

A distribuição temporal da abundância observada do total de espécies de Saturniidae (Fig. 3.3), considerando as duas fitofisionomias em conjunto ($r=0,582$; $z=743,204$; $p<0,001$), e o cerrado *sensu stricto* ($r=0,533$; $z=252,744$; $p<0,001$) e a mata semidecídua ($r=0,631$; $z=519,481$; $p<0,001$) separadamente, foi agrupada no início da estação chuvosa, com pico máximo de abundância em outubro (total: 922 indivíduos; cerrado *sensu stricto*: 335 indivíduos; mata semidecídua: 654 indivíduos). O padrão de

distribuição temporal da abundância observada foi similar entre as subfamílias, no entanto, diferiu sutilmente na segunda metade da estação chuvosa entre as fitofisionomias, com pico com um mês de atraso na mata semidecídua, com exceção da subfamília Saturniinae (Fig. 3.4). Somente as subfamílias Oxyteninae, Ceratocampinae e Hemileucinae ocorreram nos meses de seca, principalmente no período de transição entre as estações climáticas.

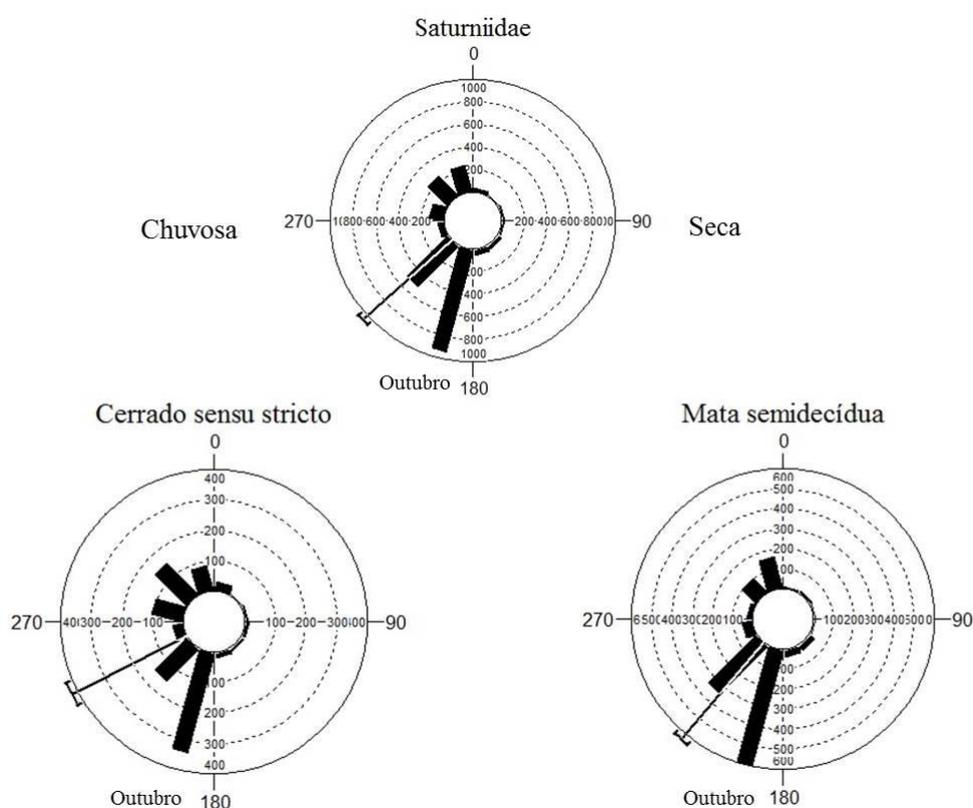


Figura 3.3 - Distribuição temporal da abundância observada de Saturniidae no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. Saturniidae: distribuição temporal da abundância observada total; Cerrado *sensu stricto*: distribuição temporal da abundância observada no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos; Mata semidecídua: distribuição temporal da abundância observada na mata semidecídua. Ângulos: 15° (abril), 45° (maio), 75° (junho), 105° (julho), 135° (agosto), 165° (setembro), 195° (outubro), 225° (novembro), 255° (dezembro), 285° (janeiro), 315° (fevereiro), 345° (março).

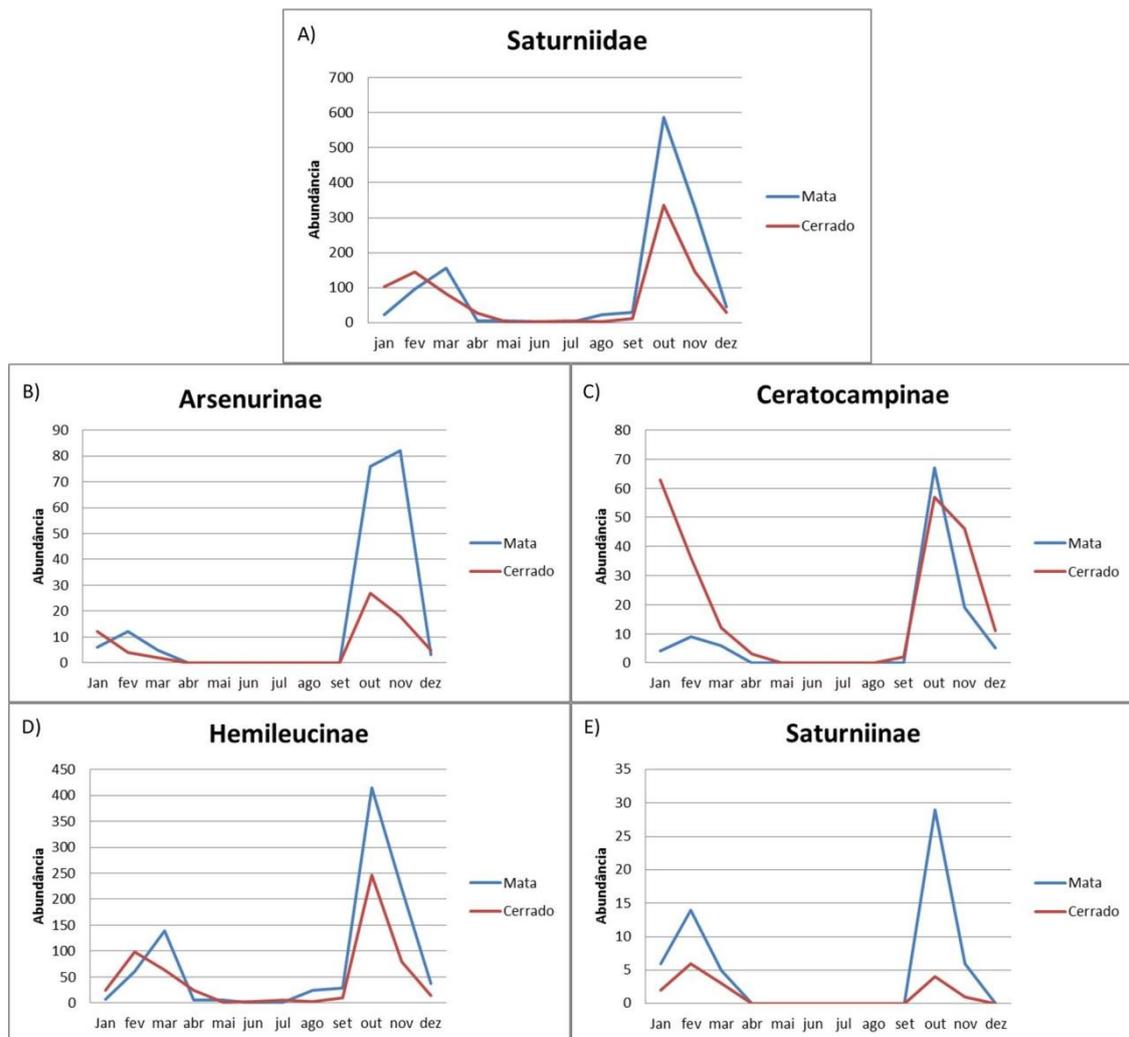


Figura 3.4 - Distribuição temporal da abundância observada das subfamílias de Saturniidae (A): Arsenurinae (B), Ceratocampinae (C), Hemileucinae (D) e Saturniinae (E), nas fitofisionomias cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos (Cerrado) e mata semidecídua (Mata) no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. Oxyteninae não foi representada devido à sua baixa abundância.

A análise de regressão mostrou que não houve influência das variáveis macroclimáticas sobre a abundância de Saturniidae (dados mensais: $F(3,8)=2,69$; $p=0,11$), assim como as variáveis microclimáticas na mata semidecídua (noite: $F(3,8)=2,55$; $p=0,128$; dia: $F(3,8)=2,00$; $p=0,19$; média da amostragem: $F(3,8)=1,04$; $p=0,42$) e no cerrado *sensu stricto* (noite: $F(3,8)=1,55$; $p=0,27$; dia: $F(3,8)=2,79$; $p=0,10$; média amostragem: $F(3,8)=2,51$; $p=0,13$). No entanto, os efeitos da temperatura média mensal ($t(8)=2,70$; $p<0,03$) e temperatura noturna na mata semidecídua ($t(8)=2,65$, $p=0,02$), da umidade relativa do ar e da velocidade do vento diurnos no

cerrado *sensu stricto* (UR dia: $t(7)=2,33$, $p<0,05$; velocidade do vento: $t(7)=2,30$; $p<0,05$) foram significativos sobre a abundância de saturniídeos.

A temperatura e umidade relativa do ar do período noturno, ao longo do ano, foram similares entre as fitofisionomias (temperatura: $t=0,97$; $gl=22$; $p=0,34$; umidade: $t=1,66$; $gl=22$; $p=0,10$). Entretanto, essas variáveis no período diurno diferiram entre as fitofisionomias, as temperaturas foram mais altas no cerrado *sensu stricto* ($t=4,18$; $gl=22$; $p<0,01$), enquanto, a umidade relativa do ar foi mais alta na mata semidecídua ($t=2,86$; $gl=22$; $p<0,01$). A velocidade do vento foi significativamente maior no cerrado *sensu stricto* do que na mata semidecídua, tanto no período noturno quanto diurno (dia: $z=3,05$; $p<0,01$; noite: $z=3,05$; $p<0,01$). A amplitude de temperatura ($t=5,57$; $gl=22$; $p<0,01$), umidade relativa do ar ($t=5,34$; $gl=22$; $p<0,01$) e velocidade do vento ($z=2,19$; $p=0,02$) entre o dia e a noite, também, foram significativamente maiores no cerrado *sensu stricto* do que na mata semidecídua.

Os resultados da análise de variância (ANOVA Fatorial) mostraram que os efeitos isolados das fitofisionomias ($WaldX^2_{(1)}=10,844$; $p<0,001$) e das estações climáticas ($WaldX^2_{(1)}=899,919$; $p<0,0001$) sobre a abundância observada das mariposas Saturniidae foram significativos, no entanto, não houve interação entre estas variáveis explicativas ($WaldX^2_{(1)}=0,664$; $p=0,415$). Com exceção de Ceratocampinae, todas as subfamílias ocorreram em maior abundância na mata semidecídua, com mais de 60% do total de indivíduos coletados.

As curvas de rarefação de espécies de Saturniidae baseadas no número de indivíduos mostraram que a riqueza de espécies observada foi semelhante entre as fitofisionomias em cada estação climática, e a riqueza de espécies foi maior na estação chuvosa (Fig. 3.5A). Da mesma forma, as curvas de rarefação de espécies das subfamílias Arsenurinae (Fig. 3.5B) e Hemileucinae (Fig. 3.5D) mostraram que a

riqueza de espécies observada foi semelhante entre as fitofisionomias em cada estação climática. Somente a subfamília Ceratocampinae apresentou maior riqueza de espécies no cerrado *sensu stricto* (Fig. 3.5C).

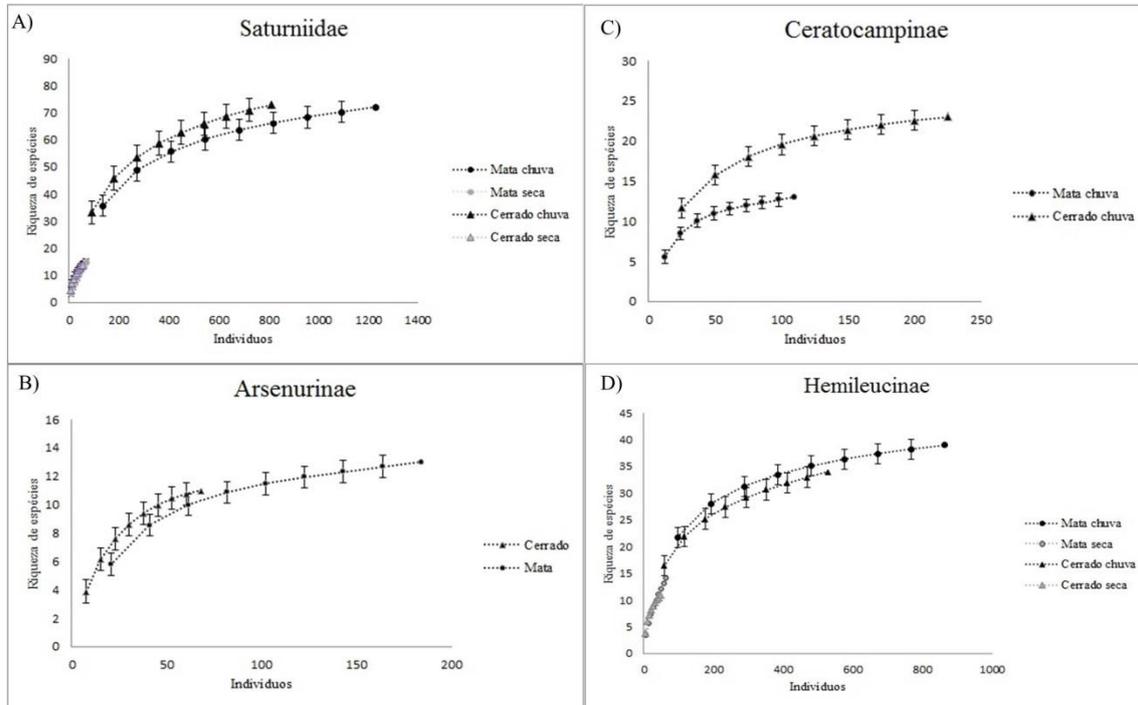


Figura 3.5 - Curvas de rarefação da riqueza de espécies baseadas no número de indivíduos da família: A) Saturniidae, e subfamílias: B) Arsenurinae, C) Ceratocampinae e D) Hemileucinae, amostradas por armadilhas luminosas no cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua, nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. ● Mata semidecídua estação chuvosa; ○ Mata estação seca; ▲ Cerrado *sensu stricto* estação chuvosa; △ Cerrado *sensu stricto* estação seca. As subfamílias Oxyteninae e Saturniinae não foram representadas devido à baixa riqueza de espécies.

A análise de ordenação da composição de espécies (NMDS) revela uma separação entre a fauna de Saturniidae que ocorre na estação seca e chuvosa, e também distingue a fauna que habita as diferentes fitofisionomias (Fig. 3.6).

A análise multivariada de variância por permutações utilizando matrizes de dissimilaridades (PERMANOVA) mostrou que as variáveis explicativas, fitofisionomias (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) e estações climáticas

(chuvosa e seca), afetam significativamente a estruturação da composição de espécies no espaço e tempo (Tab. 3.3), no entanto não há interações entre estas variáveis.

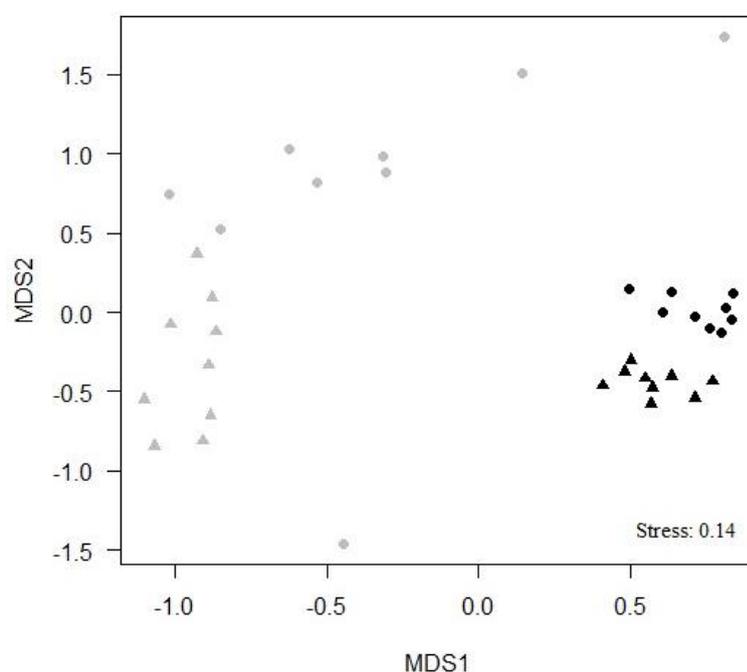


Figura 3.6 - Estruturação da composição de espécies da comunidade de mariposas Saturniidae em duas fitofisionomias e em duas estações climáticas, pela análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS). Triângulos: cerrado *sensu stricto*, círculos: mata semidecídua. Preenchimento preto: estação chuvosa, preenchimento cinza: estação seca. Stress = 0.14.

Tabela 3.3 - Valores obtidos na análise multivariada de variância por permutações utilizando matrizes de dissimilaridade (PERMANOVA). Efeito das variáveis preditivas: fitofisionomias (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) e estações climáticas (chuvosa e seca) na composição de espécies Saturniidae no Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

	DF	SumsOfSqs	MeanSqs	F.Model	R2	Pr (<F)
Fitofisionomia	1	618,67	618,67	340,97	0,91600	0,001998**
Estação	1	606,52	606,52	334,28	0,89801	0,005994**
Fitofisionomia:Estação	1	-607,85	-607,85	-335,01	-0,89998	1,000000
Resíduos	32	58,06	1,81		0,08597	
Total	35	675,40			1,00000	

As comunidades de mariposas pertencentes às subfamílias Ceratocampinae e Hemileucinae diferiram principalmente entre as estações climáticas, sendo que a

similaridade entre as fitofisionomias é maior durante a estação seca (Figs. 3.7B-C). As subfamílias que ocorreram somente na estação chuvosa, Arsenurinae e Saturniinae, não apresentaram uma clara separação entre a fauna presente nas áreas de cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua (Fig. 3.7A-D).

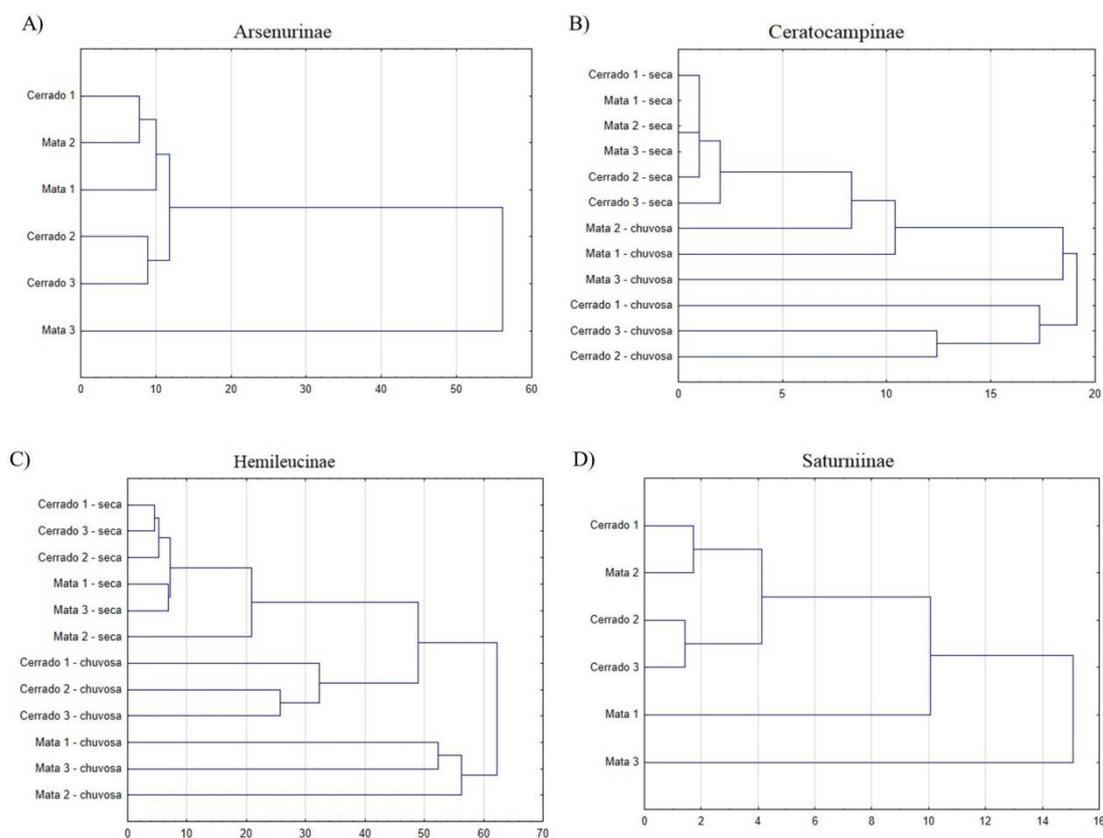


Figura 3.7 - Dendrograma de similaridade das comunidades de mariposas pertencentes às subfamílias Arsenurinae (A), Ceratocampinae (B), Hemileucinae (C) e Saturniinae (D) entre as áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos e mata semidecídua, nas estações chuvosa e seca. Dendrogramas A e D correspondem somente à estação chuvosa. Similaridade medida pela Distância Euclidiana. A subfamília Oxyteninae não foi representada devido à baixa riqueza de espécies e abundância observada.

Dentre as espécies restritas (Fig. 3.8) ao cerrado *sensu stricto* (n=21), as mais abundantes foram: *Eacles fairchildi* (n=32), *Othorene hodeva* (Druce, 1904) (n=22), *Hylesia schuessleri* Strand, 1934 (n=18), *Psilopygida walkeri* (Grote, 1867) (n=12), e *Schausiella spitzzi* (n=9), com exceção de *H. schuessleri* (Hemileucinae), as outras espécies são Ceratocampinae. A maioria das espécies restritas à mata semidecídua

(n=18) ocorreram em baixa abundância, com menos de cinco indivíduos, com exceção de *Schauziella arpi* (Schaus, 1892) (n=17) (Ceratocampinae) e *Loxolomia serpentina* Maassen, 1869 (n=10) (Arsenurinae).

Dentre as espécies que ocorreram nas duas fitofisionomias (n=54) (Fig. 3.8), grande parte (n=35) apresentou especificidade por uma delas, com ocorrência de mais de 70% dos indivíduos. A maioria destas espécies (n=27) ocorreu predominantemente na mata semidecídua, e apenas oito espécies ocorreram em maior proporção no cerrado *sensu stricto*: *Titaea orsinome* Hubner, 1823 (Arsenurinae), *Citheronia laocoon* (Cramer, 1777) e *Syssphinx molina* (Cramer, 1780) (Ceratocampinae), *Automeris granulosa* Conte, 1906, *A. rectilinea*, *Eubergia caisa* (Berg, 1883), *Hylesia ebalus* (Cramer, 1775) e *K. albilinea* (Hemileucinae).

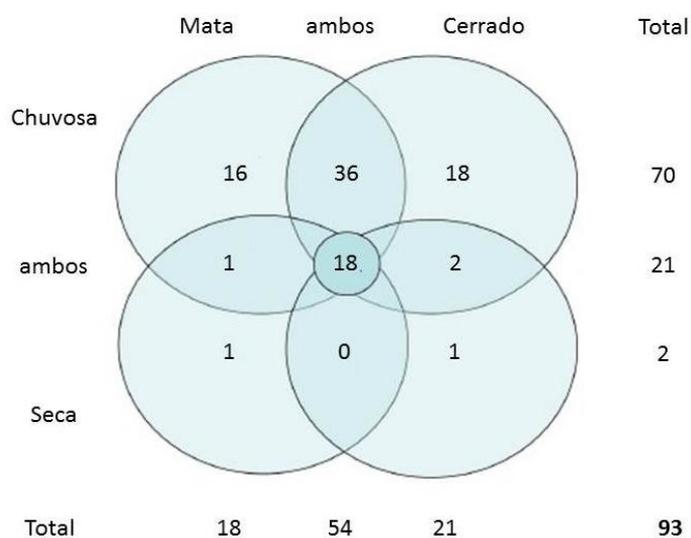


Figura 3.8 - Diagrama com a distribuição da riqueza de espécies de Saturniidae, na mata semidecídua (Mata) e cerrado *sensu stricto* (Cerrado) e nas duas estações chuvosa e seca. As interseções referem-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias ou estações. O círculo central refere-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias e estações climáticas.

Vinte e três espécies ocorreram durante os meses de seca, principalmente no período de transição chuva-seca e seca-chuva, no entanto, não foram restritas a esta estação climática, com exceção de *Leucanella viridescens* (Walker, 1855) que ocorreu somente em abril no cerrado *sensu stricto* e *Hylesia* sp4. que ocorreu somente em agosto na mata semidecídua. Dentre elas, a maioria foi representada pela subfamília Hemileucinae. Quatro espécies foram mais abundantes na estação seca. Duas, *Hylesia* sp.1 (n=28) e *Lonomia obliqua* (Walker, 1855) (n=19), com maiores proporções de indivíduos na mata semidecídua em ambas as estações climáticas, *D. rubricauda* (n=12) com abundâncias similares entre as duas fitofisionomias na estação chuvosa enquanto na estação seca a maioria dos indivíduos ocorreu no cerrado *sensu stricto*, e *H. schuessleri* (n=10) com ocorrência somente no cerrado *sensu stricto*. O restante das espécies (n=18) ocorreu em baixa abundância durante estação seca, com menos de dez indivíduos.

Discussão

A riqueza de espécies de Saturniidae do Parque Estadual dos Pireneus foi bastante representativa, correspondendo a 46% das 202 espécies registradas no bioma Cerrado (Camargo et al., 2008). Desta forma, a utilização de armadilhas “Luiz de Queiroz” foi eficiente para a amostragem desta família. O presente estudo compreendeu a primeira coleta de Saturniideos na localidade de Pirenópolis (ver: Camargo & Becker, 1999) e complementou a lista de espécies desta família para o bioma. Para algumas espécies, a ocorrência no Cerrado era inesperada, como por exemplo, *Caio romulus* com distribuição, conhecida até o momento, na Mata Atlântica, do Espírito do Santo até o Rio Grande do Sul (Prestes et al., 2009). No entanto, a amostragem de Saturniidae no Cerrado, na maioria das áreas, é insuficiente (Camargo, 2001), sendo assim, a riqueza

de espécies para o bioma possivelmente é superior à descrita atualmente e novos registros de espécies são esperados.

A representatividade de cada subfamília em relação à fauna total seguiu o mesmo padrão encontrado para o Cerrado (ver: Camargo & Becker, 1999; Camargo et al., 2008), com Hemileucinae representando metade da fauna de Saturniidae, seguida de Ceratocampinae representando um terço, e Arsenurinae, Saturniinae e Oxyteninae com menor representação. Na região da Mata Atlântica a representatividade das subfamílias de Saturniidae (ver: Santos, 2012), segue o mesmo padrão encontrado para o Novo Mundo (ver: Camargo & Becker, 1999), com Hemileucinae e Ceratocampinae correspondendo a 67% e 18% da fauna, respectivamente. Possivelmente, o hábito de empupar acima do solo (Lemaire, 2002), principalmente em plantas, pode limitar a ocorrência de algumas espécies de Hemileucinae no Cerrado, pelo risco de dessecação da pupa durante o período de seca (Janzen, 1987). Já as espécies de Ceratocampinae são bem adaptadas a ambientes mais áridos e apresentam empupamento no solo (Lemaire, 1988), características que favorecem sua ocorrência no Cerrado.

A sazonalidade na abundância de insetos é um fenômeno comum entre as estações climáticas nas savanas tropicais (Denlinger, 1980; Spitzer, 1983; Pinheiro et al., 2002; Silva et al., 2011), sendo necessárias adaptações eco-fisiológicas para a sincronização de cada estágio de desenvolvimento com a sazonalidade das variáveis bióticas e abióticas requeridas pelas espécies (Tauber & Tauber, 1981). A ampla distribuição de grande parte das espécies de Saturniidae nos biomas brasileiros (Camargo & Becker, 1999) indica que adaptações aconteceram para a sobrevivência destas espécies às condições climáticas do Cerrado, já que em biomas que não apresentam grande sazonalidade na precipitação, como na Mata Atlântica, a abundância observada de Saturniidae mantem-se ao longo do ano, principalmente espécies da

subfamília Hemileucinae (ver: Spetch et al., 2006, 2007, 2009; Santos, 2012), e de Arsenurinae que ocorrem durante mais tempo no ano do que observado no Cerrado (ver: Prestes et al., 2009). Organismos podem assumir estados fisiológicos em um estágio do ciclo de vida em particular em resposta aos ambientes mais hostis (Ricklefs & Wikelski, 2002). Assim, estas variações na distribuição temporal dos Saturniideos entre os biomas são esperadas, já que as pressões seletivas para evolução da diapausa variam consideravelmente entre regiões nos trópicos, devido à sua heterogeneidade ambiental (Denlinger, 1986). Variações na periodicidade da abundância de Saturniideos entre diferentes locais também foram observadas por Janzen (1984) na Costa Rica: nas florestas úmidas os adultos ocorrem durante todo o ano, enquanto nas florestas secas as populações permanecem em dormência durante a estação seca.

As espécies de mariposas podem sobreviver às estações secas de diversas formas: como estágios dormentes de ovo, de larva, pré-pupa e pupa e, ainda, como, adultos ativos que podem ou não migrar para ambientes mais estáveis (Janzen, 1987). Para Saturniidae, uma das principais estratégias para sobreviverem em ambientes sazonais é permanecer como pupa em dormência durante a maior parte ou toda a estação seca, e a emergência dos adultos é estimulada pelas mudanças nas condições ambientais associadas ao início da estação chuvosa (Janzen, 1982, 1987). A distribuição da abundância observada dos Saturniideos do PEP agrupada na estação chuvosa, com pico no início desta estação, indica que a dormência no estágio de pupa pode ser também uma das principais estratégias de sobrevivência utilizada pelas espécies de Saturniidae no Cerrado durante a estação seca, principalmente aquelas pertencentes às subfamílias Arsenurinae e Saturniinae, as quais foram restritas à estação chuvosa. Apesar da maioria das lagartas de Saturniidae ocorrerem durante a estação chuvosa, algumas poucas espécies das subfamílias Hemileucinae e Oxyteninae sobrevivem à

estação seca em estágio larval (Diniz et al., dados não publicados), como por exemplo, *Automeris bilinea*, *A. granulosa*, *Hylesia ebalus*, *H. schuessleri*, *Hyperchiria orodina*, (Hemileucinae) e *Oxytenis modestia* (Oxyteninae). O hábito noturno de algumas lagartas de Saturniidae (ver: Specht et al., 2008) é uma característica que pode favorecer a sobrevivência neste estágio de desenvolvimento durante a seca. No entanto, algumas espécies de Ceratocampinae, Hemileucinae e Oxyteninae permanecem como adultos no durante a estação seca, principalmente no período de transição entre as estações, como observado no presente estudo, porém com baixa abundância. Possivelmente estas espécies são multivoltinas e os adultos emergiram durante o final da estação chuvosa e permanecem ativos no início da estação seca, como por exemplo, *A. granulosa* que ocorre como adulto de outubro a abril e suas lagartas são encontradas no campo de abril a julho e no mês de dezembro (Diniz et al., dados não publicados); ou ocorrem nos estágios de adulto e larva ao longo do ano, como observado em *H. schuessleri*, encontrada no campo como adulto nos meses de janeiro, fevereiro e de junho a setembro e como lagarta nos meses de outubro a janeiro e de março a maio (Diniz et al., dados não publicados); ou são adultos que emergiram tardiamente em relação ao período chuvoso ou antecipadamente pela ocorrência da primeira chuva que ocorre em setembro após o período de estiagem.

A queda no número de adultos em dezembro com reaparecimento em janeiro a março sugere que algumas espécies de Saturniidae, 43% das espécies que ocorreram neste período, apresentam duas gerações na estação chuvosa. Possivelmente, estas espécies durante a primeira geração não apresenta diapausa, completando o seu ciclo e emergindo como adultos durante a estação chuvosa, enquanto a segunda geração permanece como pupa durante a seca. Algumas espécies de Hemileucinae no Hemisfério Norte apresentam uma geração sem diapausa e outra com diapausa por

causa do inverno (Lemaire, 2002). A variação no pico de abundância da segunda metade da estação chuvosa entre as fitofisionomias pode estar relacionada às alterações na duração do ciclo de vida, devido às diferenças microclimáticas entre elas. A redução na duração do desenvolvimento dos estágios imaturos de algumas espécies de Lepidoptera com o aumento da temperatura é descrito na literatura (ver: Foerster, 1996; Chagas & Parra, 2000; Kim et al., 2001). Assim, uma possível explicação para a emergência dos adultos no cerrado *sensu stricto* ocorrer um mês antes do que o observado na mata semidecídua, seria a temperatura mais alta durante o dia no cerrado *sensu stricto*.

Fatores climáticos podem ser determinantes nos padrões de sazonalidade das espécies (Wolda, 1988). No presente estudo, a análise de regressão mostrou que somente alguns fatores climáticos influenciaram a variação anual da abundância de Saturniídeos no PEP, e que estes fatores diferiram entre as fitofisionomias. A influência da temperatura média mensal na abundância de Saturniidae total, considerando as duas fitofisionomias em conjunto, pode estar relacionada ao gasto de energia para manutenção da temperatura corporal e da iniciação de voo, já que temperaturas mais baixas podem representar um maior gasto de energético (Bartholomew & Heinrich, 1973, Janzen, 1984; Amarillo-Suárez, 1997). No entanto, a influência da temperatura noturna somente na abundância dos Saturniídeos na mata semidecídua não é clara, pois as temperaturas noturnas não diferiram entre as fitofisionomias. A influência da umidade relativa do ar e da velocidade do vento na variação da abundância de mariposas no cerrado *sensu stricto* é esperada, já que na estação seca estes fatores contribuem para a perda de água tanto dos adultos quanto das lagartas (Janzen, 1984), principalmente por esta fitofisionomia compreender um habitat mais seco e com mais vento quando comparada à mata semidecídua.

O ambiente sazonal pode ser percebido como uma composição de diferentes ambientes ou como um único ambiente, no qual as próprias variações atuam como pressão de seleção, e diversos mecanismos fisiológicos e comportamentos permitem com que a espécie utilize uma ou outra categoria de nicho (Prieto & Dahners, 2009). A maior abundância observada e riqueza de espécies na estação chuvosa e na mata semidecídua, e a preferência de grande parte das espécies por esta fitofisionomia, indica que o padrão de distribuição temporal e espacial dos Saturniídeos pode estar relacionado à tolerância fisiológica destas espécies (Wardhaugh, 2014). Condições ambientais estão intimamente relacionadas às restrições fisiológicas (Pietro & Dahners, 2009). Possivelmente a umidade é um requerimento climático para maioria das subfamílias de Saturniidae. A ausência de alimentação e obtenção de água durante a fase adulta (Janzen, 1984) pode ser uma característica limitante para a distribuição dos Saturniídeos nas estações e em ambientes secos, pois a escolha de habitats mais úmidos, tanto para o repouso do adulto durante o dia quanto para o empupamento da lagarta são estratégias que evitam a dessecação (Janzen, 1984; Danks, 2000). Esta ideia é reforçada pela distribuição da maioria das espécies de Saturniídeos em biomas úmidos e florestais (Camargo & Becker, 1999), e pela relação entre abundância e riqueza destas mariposas com a precipitação (Santos, 2012). Além disso, a polifagia característica das lagartas de Saturniídeos (Diniz et al., 2013) indica que a seleção do habitat não está relacionada à ocorrência de determinadas plantas hospedeiras.

Dentre as subfamílias de Saturniidae, os Ceratocampineos são os únicos que apresentam forma de asa mais longa e estreita, assemelhando-se à forma dos esfingídeos, possuem alta capacidade de voo e dispersão, apresentam maior riqueza de espécies em ambientes abertos e áridos (Janzen, 1984) e preferência por habitats sazonais (Lemaire, 1988), além disso, a maioria das lagartas são polífagas (Diniz et al.,

dados não publicados) e o empupamento ocorre no solo (Lemaire, 1988). Estas características podem explicar a maior riqueza e abundância da maior parte das espécies desta subfamília na fitofisionomia cerrado *sensu stricto*. A maior velocidade do vento no cerrado *sensu stricto*, aparentemente, não compreende um fator limitante ao voo dos Ceratocampineos, já que possuem forma aerodinâmica.

A estruturação da composição de espécies de Saturniidae revela que existe uma clara separação da fauna que ocorre na mata semidecídua e no cerrado *sensu stricto* durante a estação chuvosa, enquanto durante a seca, as comunidades das diferentes fitofisionomias são mais similares. Este padrão de distribuição das espécies na seca é explicado pelo fato destas espécies não apresentarem especialização espacial e temporal, ou seja, são aquelas que ocorreram em ambas as fitofisionomias e estações. Hemileucinae foi responsável pelos padrões de variação da abundância e riqueza e pela estruturação da composição de espécies, observados para família Saturniidae, principalmente durante a seca, pois praticamente todas as espécies que ocorreram nesta estação pertencem a esta subfamília. Dentre as subfamílias, Hemileucinae é a única que ocorre durante todos os meses do ano na Mata Atlântica (Santos, 2012), esta característica condiz com a ocorrência de algumas espécies desta subfamília em alguns meses de seca no PEP.

As subfamílias Ceratocampinae e Hemileucinae apresentaram distinção na composição de espécies entre as comunidades do cerrado *sensu stricto* e da mata semidecídua, assim como entre as estações climáticas. A similaridade entre as fitofisionomias na estação seca, observada nos Ceratocampineos, é explicada pela ocorrência e distribuição de apenas duas espécies, *Adeloneivaia subangulata* (Herrich-Schäffer, 1855) e *Psilopygida walkeri*, que ocorreram no “cerrado 2 e 3” e no “cerrado 1”, respectivamente. Arsenurinae e Saturniinae apresentaram padrões semelhantes na

similaridade da composição de espécies entre as fitofisionomias, não havendo clara separação da fauna. Para Saturniinae este padrão pode ser explicado pela distribuição de praticamente todas as espécies nas duas fitofisionomias, enquanto a metade das espécies de Arsenurinae ocorreu em ambas as fitofisionomias. Possivelmente a similaridade entre o “cerrado 1” e a “mata 2” está relacionada à baixa abundância e riqueza destas duas subfamílias nestas áreas. A “mata 2” compreende a menor área quando comparada às outras, e o “cerrado 1” compreende a área mais afastada das áreas de mata. Estas características, aparentemente, limitam a ocorrência destas mariposas nestas áreas, já as espécies selecionam o habitat pela sua qualidade (Summerville et al., 2002). A “mata 3” foi a área que apresentou maior riqueza e abundância destas mariposas, possivelmente, esta maior diversidade relaciona-se à presença de um pequeno curso d’água nesta área, tornando o habitat mais úmido. Estes resultados sugerem que estas duas subfamílias necessitam e selecionam os ambientes mais úmidos para sua sobrevivência, e esta ideia é reforçada pela ocorrência restrita na estação chuvosa e pela preferência pela fitofisionomia florestal.

Os resultados encontrados no presente estudo indicam que grande parte das espécies de Saturniidae apresenta preferência ou especificidade de habitat, e sugerem que estas espécies tendem a ter diferentes necessidades em relação aos recursos bióticos e abióticos (Dennis et al., 2003). A maioria das espécies que ocorreu em maior proporção de indivíduos ou foi restrita ao cerrado *sensu stricto*, apresenta afinidade biogeográfica com a caatinga ou é endêmica do bioma Cerrado. Dentre as dez espécies endêmicas amostradas no PEP, somente *Catacantha latisfaciata* e *Molippa basinoides* foram restritas à mata semidecídua. Este resultado corrobora a hipótese proposta por Camargo e Becker (1999) de que o grupo de espécies que ocorre no cerrado *sensu stricto* apresenta maior nível de endemismo. A preferência (maior abundância) ou

especialização de grande parte das espécies pela mata semidecídua, as quais apresentam afinidades biogeográficas com a Mata Atlântica e Amazônia (Camargo & Becker, 1999), indica que a presença das fitofisionomias florestais e a formação mais florestal das fisionomias savânicas no passado (Pinheiro & Durigan, 2009) podem ter favorecido o estabelecimento dos Saturniídeos no bioma Cerrado. Sendo assim as fitofisionomias florestais, como as matas semidecíduas, representam “habitats chaves” (ver: Davidar et al., 2001) cruciais para sobrevivência destas mariposas no Cerrado.

Conclusões

As mariposas Saturniidae do Parque Estadual dos Pirineus ocorrem principalmente na estação chuvosa e são típicas de habitats florestais. A forte relação com o regime hídrico e ambientes úmidos, aparentemente, está relacionada à tolerância fisiológica destas mariposas, devido à ausência de alimentação durante sua fase adulta. Sendo assim, a umidade é um requerimento climático importante para os Saturniídeos. As estiagens prolongadas previstas por estudos de mudanças climáticas (ver: Marengo et al., 2009) podem afetar diretamente o ciclo de vida destas mariposas, principalmente o estágio de pupa. O crescente desmatamento no Cerrado (ver: Klink & Machado, 2005) representa grande ameaça à persistência dos Saturniídeos no bioma, já que as fitofisionomias florestais compreendem um habitat chave para colonização dos Saturniídeos e é de extrema importância para persistência destas mariposas no Cerrado.

Referências

- Aleixo A, Abernaz AL, Grelle CEV, Vale MM, Rangel TF (2010) Mudanças climáticas e a biodiversidade dos brasileiros: passado, presente e futuro. *Natureza & Conservação* 8:194-196.
- Amarillo-Suárez AR (1997) Actividade de Saturniidos (Lepidoptera:Saturniidae) en la Reserva Natural Río Nambí, Nariño, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 5:1-14.
- Bartholomew GA, Heinrich B (1973) A field study of flight temperatures in moths in relation to body weight and wing loading. *Journal of Experimental Biology* 58:123-135.
- Beck J, Schulze CH, Linsenmair E, Fieldler K (2002) From forest to farmland: diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. *Journal Tropical Ecology* 18:33-51.
- Beck J, Kitching IJ, Linsenmair E (2006) Effects of habitat disturbance can be subtle yet significant: biodiversity of hawkmoth-assemblages (Lepidoptera: Sphingidae) in Southeast-Asia. *Biodiversity & Conservation* 15:465-486.
- Beck J, Nässig WA (2008) Diversity and abundance patterns, and revised checklist, of saturniid moths from Borneo (Lepidoptera: Saturniidae). *Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo* 28:155-164.
- Bosquetti LB (2008) Análise da estrutura da paisagem e fitofisionomias do Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. Dissertação, Universidade de São Paulo.
- Brown KS, Gifford DR (2002) Lepidoptera in the cerrado landscape and conservation of vegetation, soil, and topographical mosaics. pp 201-221 In: Oliveira PS, Marquis RJ (ed) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of neotropical savanna*. Columbia University Press, New York.
- Camargo AJA, Becker VO (1999) Saturniidae (Lepidoptera) from the Brazilian Cerrado: composition and biogeographic relationships. *Biotropica* 31:696-705.
- Camargo AJA (2001) Importância das matas de galeria para conservação de lepidópteros do cerrado. In: Ribeiro JF, Fonseca CEL, Sousa-Silva JC (ed) *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*. Embrapa, Planaltina. pp 607-634.
- Camargo AJA, Soares RS, Torezani KRS (2008) Saturniidae (Lepidoptera) do Cerrado: biodiversidade e aspectos biogeográficos. IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, Brasília.
- Chagas MCM, Parra JRP (2000) *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae): técnica de criação e biologia em diferentes temperaturas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29:227-235.
- Choi S (2008) Diversity and composition of larger moths in three different forest types of Southern Korea. *Ecological Research* 23:503-509.
- Colwell RK (2013) EstimateS, Versão 9.1.0: Statistical estimation of species richness and shared species from samples.
- Danks HV (2000) Dehydration in dormant insects. *Journal of Insect Physiology* 46:837-852.
- Davidar P, Yoganand K, Ganesh, T (2001) Distribution of forest birds in the Andaman islands: importance of keys habitats. *Journal of Biogeography* 28:663-671.
- Denlinger DL (1980) Seasonal and annual variation of insect abundance in the Nairobi National Park, Kenya. *Biotropica* 12:100-106.
- Denlinger DL (1986) Dormancy in tropical insects. *Annual Review Entomology* 31:239-264.

- Dennis RLH, Shreeve TG, Dyck JV (2003) Towards a functional resource-based concept for habitat: a butterfly biology viewpoint. *Oikos* 102:417-426.
- Diniz IR, Braga L, Lepesqueur C, Silva N, Morais H (2013) *Lagartas do Cerrado*. Technical Books, Rio de Janeiro. 215p.
- Felfili JM, Fagg CW (2007) Floristic composition, diversity and structure of the “cerrado” *sensu stricto* on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30:375-385.
- Foerster LA (1996) Efeito da temperatura no desenvolvimento das fases imaturas de *Pseudaletia sequax* Franclemont (Lepidoptera: Noctuidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 25:27-32.
- Hawes J, Motta CS, Overal WL, Barlow J, Gardner TA, Peres CA (2009) Diversity and composition of Amazonian moths in primary, secondary and plantation forests. *Journal of Tropical Ecology* 25:282-300.
- Hilt J, Merenlender, A (2000) Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation* 92:185-197.
- Hilt N, Fiedler K (2006) Arctiid moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? *Journal of Biogeography* 33:108-120.
- Imaña-Encinas J, Macedo LA, Paula JE (2007) Florística e fitossociologia de um trecho da floresta estacional semidecidual na área do Ecomuseu do Cerrado, em Pirenópolis, Goiás. *Cerne* 13:308-320.
- Janzen DH (1982) Guia para la identificación de mariposas nocturnas de la familia Saturniidae del Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. *Brenesia* 19:255-299.
- Janzen DH (1984) Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. In: Dawkins R, Ridley M (ed) *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* volume 1. Oxford University Press, United Kingdom. pp 85-139.
- Janzen DH (1987) How moths pass the dry Season in Costa Rican dry forest. *Insect Science Applied* 8:489-500.
- Kim D, Lee J, Yiem M (2001) Temperature-dependent development of *Carposina sasakii* (Lepidoptera:Carposinidae) and its stage emergence models. *Environmental Entomology* 30:298-305.
- Kitching RL, Orr AG, Thalib L, Mitchell H, Hopkins MS, Graham AW (2000) Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *Journal Applied Ecology* 37:284-297.
- Klink CA, Machado RB (2005) A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1:148-154.
- Kovach WL (2011) *Oriana - circular statistics for windows, versão 4.0*. Wales, Kovach Computing Services.
- Lawton JH (1983) Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* 28:23-39.
- Lemaire C (1978) *Les Attacidae Américains (Saturniidae): Attacinae*. Édition C. Lemaire, Neuilly-sur-Seine. 238p.
- Lemaire C (1980) *Les Attacidae Américains (Saturniidae): Arsenurinae*. Édition C. Lemaire, Neuilly-sur-Seine 199p.
- Lemaire C (1988) *Les Saturniidae Américains: Ceratocampinae*. San José: Museo Nacional de Costa Rica. 480pp.
- Lemaire C (2002) *The Saturniidae of America – Hemileucinae*. Keltern: Goecke & Evers. 1388pp.

- Marengo JA, Ronas R, Alves LM, Valverde MC (2009) Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology* 29:2241-2255.
- Marinoni RC, Dutra RRC, Casagrande MM (1997) Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. III. Saturniidae (Lepidoptera). *Revista Brasileira de Zoologia* 14:473-495.
- Marquis RJ, Diniz IR, Morais HC (2001) Patterns and correlates of interspecific variation in foliar insect herbivory and pathogen attack in Brazilian cerrado. *Journal of Tropical Ecology* 17:127-148.
- McGeachie WJ (1989) The effects of moonlight illuminance, temperature and wind speed on light-trap catches of moths. *Bulletin of Entomological Research* 79:185-192.
- Morais HC, Diniz IR, Silva JR (1999) Caterpillar seasonality in a central Brazilian cerrado. *Revista Biologia Tropical* 47:1025-1033.
- Moura IO, Gomes-Klein VL, Felfili JM, Ferreira HD (2007) Fitossociologia de cerrado *sensu stricto* em afloramentos rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. *Revista Brasileira de Biociência* 5:399-401.
- Muñoz A, Amarillo-Suárez A (2010) Variación altitudinal en diversidad de Arctiidae y Saturniidae (Lepidoptera) en un bosque de niebla Colombiano. *Revista Colombiana de Entomología* 36:292-299.
- Novotny V, Mille SE, Hulcr J., Drew RAI, Basset Y, Janda M, Setliff GP, Darrow K, Stewart AJA, Auga J, Isua B, Molem K, Manumbor M, Tamtai E, Mogia M, Weiblen GD (2007) Low beta diversity of herbivorous insects in tropical forests. *Nature* 448:392-397.
- Nunes FG, Specht A, Corseuil E (2003) Saturniídeos (Lepidoptera: Saturniidae) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. *Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia - UBEA/PUCRS* 8:55-62.
- Prieto C, Dahners HW (2009) Resource utilization and environmental and spatio-temporal overlap of a hill topping Lycaenid butterfly community in the Colombian Andes. *Journal of Insect Science* 9:1-12.
- Pinheiro, F, Diniz, IR, Coelho, D, Bandeira, MPS (2002) Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian Cerrado. *Austral Ecology* 27:132-136.
- Pinheiro ES, Durigan G (2009) Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 32:441-454.
- Prestes AS, Nunes FG, Corseuil E, Moser A (2009) Arsenurinae and Ceratocampinae (Saturniidae) of Rio Grande do Sul State, Brazil. *Journal of the Lepidopterists' Society* 63:214-232.
- R Development Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ribeiro J F, Walter BMT (1998) Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano S, Almeida SP (ed) *Cerrado: ambiente e flora*. Embrapa, Planaltina. pp 89-169
- Ribeiro JF, Walter BMT (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, SM, Almeida, SP, Ribeiro, JF (Eds). *Cerrado: Ecologia e Flora*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. pp153-212.
- Ricklefs RE, Wikelski M (2002) The physiology/life- history nexus. *Trends in Ecology & Evolution* 17:462-468
- Santos FL (2012) Riqueza, abundância e variação temporal de Saturniidae e Sphingidae (Lepidoptera, Bombycoidea) na localidade de Vossoroca, Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Dissertação: Universidade Federal do Paraná*.

- Scherrer S, Ferro VG, Ramos MN, Diniz IR (2013) Species composition and temporal activity of Arctiinae (Lepidoptera: Erebidae) in two Cerrado vegetation types. *Zoologia* 30:200-210.
- Silva NAP, Frizzas MR, Oliveira CM (2011) Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55:79-87.
- Silveira IA, Pessoa OAA, Flores SBL (2009) Análise Geomorfológica do município de Pirenópolis no Estado de Goiás utilizando sistema de informação geográfica. <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/go/sd-22-z-d.htm>.
- Souza MAR, Gomes-Klein VL, Rezende MH (2008) Antóceros e hepáticas do Parque Estadual da Serra dos Pirineus e arredores, município de Pirenópolis, Goiás, Brasil. *Revista de Biologia Neotropical* 5:1-16.
- Specht A, Formentini AC, Corseuil E (2006) Biologia de *Automeris illustris* (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). *Revista Brasileira de Zoologia* 23:537-546.
- Specht A, Formentini AC, Corseuil E (2007) Biologia e aspectos morfológicos dos estágios imaturos de *Automeris naranja* Schaus (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). *Revista Brasileira de Zoologia* 24:523-534.
- Specht A, Corseuil E, Abella HB (2008) Lepidópteros de importância médica: principais espécies no Rio Grande do Sul. USEB: Pelotas. 220pp.
- Specht A, Corseuil E, Benedt AJ, Poletto G, Formentini AC (2009) Aspectos biológicos e morfológicos de *Leucanella viridescens* (Lepidoptera: Saturniidae: Hemileucinae). *Zoologia* 26:25-31.
- Spitzer K (1983) Seasonality of butterfly fauna in southeastern Vietnam (Papilionoidea). *The Journal of Research on the Lepidoptera* 22:126-130.
- Spitzer K, Novotny V, Tonner M, Leps J (1993) Habitat preferences, distribution and seasonality of the butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) in a montane tropical rain forest, Vietnam. *Journal of Biogeography* 20:109-121.
- Summerville KS, Veech JA, Crist TO (2002) Does variation in patch use among butterfly species contribute to nestedness at fine spatial scales? *Oikos* 97:195-204.
- Summerville KS, Ritter LM, Crist TO (2004) Forest moth taxa as indicators of lepidopteran richness and habitat disturbance: a preliminary assessment. *Biological Conservation* 116:9-18.
- Statsoft (2014) Software Statistica versão 10. Statsoft South America.
- Tauber CA, Tauber MJ (1981) Insect seasonal cycles: genetics and evolution. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 12:281-308.
- Wardhaugh CW (2014) The spatial and temporal distributions of arthropods in forest canopies: uniting disparate patterns with hypotheses for specialization. *Biological Reviews*.
- Wolda H (1978) Seasonal fluctuations in rainfall, food, and abundance of tropical insects. *Journal Animal Ecology* 47:369-381.
- Wolda H (1988) Insect seasonality: Why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19:1-18
- Wolda H, Wong M (1988) Tropical insect diversity and seasonality, sweep-samples vs. light-traps. *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 91:203–16.
- Yela JL, Holyoak M (1997) Effects of moonlight and meteorological factors on light bait trap catches of Noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 26:1238-1290.

Anexo 3.1 - Lista de espécies de Saturniidae amostradas no Parque Estadual dos Pirineus, durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013, utilizando armadilhas Luiz de Queiroz com fonte de luz UV 15W. Ocorrência nas estações climáticas: chuvosa e seca, e nas fitofisionomias: cerrado *sensu stricto* (cerrado) e mata semidecídua (mata). * Novo registro para o Cerrado.

	Chuvosa		Seca	
	cerrado	mata	cerrado	mata
Oxyteninae				
<i>Oxytenis modestia</i> (Cramer, 1780)	X	X	X	X
Arsenurinae				
<i>Arsenura armida armida</i> (Cramer, 1779)	X	X	-	-
<i>Arsenura meander</i> (Walker, 1855)	X	-	-	-
<i>Arsenura orbignyana</i> (Guérin-Meneville, 1844)	X	X	-	-
<i>Arsenura pandora</i> (Klug 1836)	X	-	-	-
<i>Arsenura</i> sp.1	-	X	-	-
<i>Arsenura sylla sylla</i> (Cramer, 1779)	X	X	-	-
<i>Arsenura xanthopus</i> (Walker, 1855) *	X	X	-	-
<i>Caio romulus</i> (Maassen, 1869) *	X	X	-	-
<i>Copiopteryx semiramis montei</i> Gagarin, 1934	X	-	-	-
<i>Dysdaemonia</i> sp.1	-	X	-	-
<i>Loxolomia serpentina</i> Maassen, 1869	-	X	-	-
<i>Paradaemonia balsasensis</i> Mielke & Furtado, 2005	X	X	-	-
<i>Paradaemonia samba</i> (Schaus, 1906)	-	X	-	-
<i>Rhescyntis hippodamia</i> (Cramer, 1777)	X	X	-	-
<i>Titaea orsinome</i> Hubner, 1823	X	X	-	-
<i>Titaea tarmelan</i> (Maassen, 1896)	-	X	-	-
Ceratocampinae				
<i>Adeloneivaia catharina</i> (Bouvier, 1927)	-	X	-	-
<i>Adeloneivaia</i> sp.	X	X	-	-
<i>Adeloneivaia subangulata</i> (Herrich - Schaeffer, 1855)	X	X	X	-
<i>Adelowalkeria flavosignata</i> Walker, 1865	X	-	-	-
<i>Adelowalkeria tristygma</i> (Boisduval, 1872)	X	-	-	-
<i>Cicia citrina</i> (Schaus, 1904)	X	X	-	-
<i>Citheronia hamifera</i> (Rothschild, 1907)	X	X	-	-
<i>Citheronia aroa</i> Schaus, 1896	X	-	-	-
<i>Citheronia bellavista</i> (Draudt, 1930)	X	-	-	-
<i>Citheronia laocoon</i> (Cramer, 1777)	X	X	-	-
<i>Citheronia phoronea</i> (Cramer, 1779)	X	X	-	-

<i>Citioica anthonilis</i> (Herrich-Schaeffer, [1854])	X	-	-	-
<i>Eacles fairchildi</i> May & Oiticica, 1941	X	-	-	-
<i>Eacles imperialis</i> (Drury, 1773)	X	X	-	-
<i>Megaceresa pulchra</i> Bouvier, 1923	X	-	-	-
<i>Neocarnegia basirei</i> (Schaus, 1892)	X	-	-	-
<i>Oiticella brevis</i> (Walker, 1855)	X	-	-	-
<i>Othorene hodeva</i> (Druce, 1904)	X	-	-	-
<i>Othorene purpurascens</i> (Schaus, 1905)	X	X	-	-
<i>Procitheronia fenestrata</i> (Rothschild, 1907)	X	X	-	-
<i>Psilopygida walkeri</i> (Grote, 1867)	X	-	X	-
<i>Psilopygoides oda</i> Schaus, 1905	X	X	-	-
<i>Schausiella arpi</i> (Schaus, 1892)	-	X	-	-
<i>Schausiella spitzii</i> Travassos 1958	X	-	-	-
<i>Syssphinx molina</i> (Cramer, 1780)	X	X	-	-

Hemileucinae

<i>Automeris amoena</i> (Boisduval, 1875)	-	X	X	X
<i>Automeris auletes</i> (Heinrich-Schaeffer, 1854)	-	X	-	-
<i>Automeris bilinea</i> (Walker, 1855)	X	X	-	-
<i>Automeris egeus</i> (Cramer, 1775)	X	X	-	-
<i>Automeris granulosa</i> Conte, 1906	X	X	X	-
<i>Automeris hamata</i> Schaus, 1906	X	-	-	-
<i>Automeris illustris</i> (Walker, 1855)	X	X	-	X
<i>Automeris naranja</i> Schaus, 1898	X	X	-	-
<i>Automeris rectilinea</i> Bouvier, 1927	X	X	-	-
<i>Catacantha latifasciata</i> Bouvier, 1930	-	X	-	-
<i>Cerodirphia apunctata</i> Dias & Lemaire, 1991	X	X	-	-
<i>Dirphia avia</i> (Stoll, 1780)	X	X	X	X
<i>Dirphia moderata</i> Bouvier, 1929	X	X	-	-
<i>Dirphia rubricauda</i> Bouvier, 1929	X	X	X	X
<i>Dirphia</i> sp.1	-	X	-	-
<i>Dirphiopsis epiolina</i> (Felder & Rogenhofer, 1874) *	X	X	-	X
<i>Dirphiopsis multicolor</i> (Walker, 1855)	X	-	-	X
<i>Dirphiopsis trisignata</i> Walker, 1855	X	X	X	-
<i>Eubergia caisa</i> (Berg, 1883)	X	X	X	-
<i>Hylesia ebalus</i> (Cramer, 1775)	X	X	-	-
<i>Hylesia pseudomoronensis</i> Camargo, 2007	-	X	-	-
<i>Hylesia schuessleri</i> Strand, 1934	X	-	X	-
<i>Hylesia</i> sp.1	X	X	X	X
<i>Hylesia</i> sp.2	X	X	-	X
<i>Hylesia</i> sp.3	-	X	-	X
<i>Hylesia</i> sp.4	-	-	-	X
<i>Hylesia</i> sp.5	X	X	-	-

<i>Hylesia</i> sp.6	X	-	-	-
<i>Hylesia</i> sp.7	-	X	-	-
<i>Hyperchiria nausica</i> (Cramer, 1779)	X	X	-	-
<i>Hyperchiria orodina</i> (Schaus, 1906)	X	X	-	-
<i>Kentroleuca albilinea</i> (Schaus, 1908)	X	X	-	-
<i>Kentroleuca</i> sp.1	X	-	-	-
<i>Lonomia obliqua</i> (Walker, 1855)	X	X	X	X
<i>Molippa basinoides</i> Bouvier 1926	-	X	-	-
<i>Molippa cruenta</i> (walker, 1855)	X	X	-	-
<i>Molippa simillina</i> Jones, 1907	X	X	-	-
<i>Periga circumstans</i> (Walker, 1855)	X	X	X	X
<i>Periphoba tangerini</i> Mielke & Furtado, 2006	X	X	-	X
<i>Pseudautomeris luteata</i> Walker, 1865	X	X	-	-
<i>Pseudodirphia agis</i> (Cramer, 1775)	X	X	-	X
<i>Pseudodirphia eumedidoides</i> (Vuillot, 1893)	-	X	X	-
<i>Pseudodirphia obliqua</i> (Bouvier, 1924)	-	X	-	-
<i>Pseudodirphia</i> sp.	X	-	-	-
<i>Travassosula</i> sp.	-	X	-	-
<i>Travassosula subflamata</i> Schaus, 1921	X	X	-	-
Saturniinae				
<i>Copaxa canella</i> Walker, 1865	X	X	-	-
<i>Copaxa decrescens</i> Walker, 1855	X	X	-	-
<i>Rothschildia aurota speculifera</i> (Walker, 1855)	X	X	-	-
<i>Rothschildia jacobaeae</i> (Walker, 1855)	X	-	-	-

Anexo 3.2 – Espécies de Saturniidae do Parque Estadual dos Pirineus, amostradas durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013. A) espécies com maiores abundâncias observadas; B) novos registros para o Cerrado.

A)



Kentroleuca albilinea



Cerodirphia apunctata



Dirphia rubricauda

B)



Caio romulus



Arsenura xanthopus



Dirphiopsis epiolina

☞Capítulo IV☞

Distribuição espacial e temporal das mariposas Sphingidae: fitofisionomias e estações climáticas

O bioma Cerrado pode ser considerado uma unidade biológica que apresentou desenvolvimento e evolução própria, evidenciado pelo grau de endemismo de animais e plantas. A heterogeneidade e a complexidade da distribuição das comunidades vegetais resultaram da interação de diversos fatores, como o fogo, água, solo e processos históricos do passado, que atuaram em diferentes escalas de tempo e espaço (Marinho-Filho et al., 2010). A biodiversidade de espécies resulta da “biodiversidade de interações”, as quais moldam as histórias de vida, fisiologias e morfologias dos organismos (Thompson, 1996). O Cerrado apresenta elevada biodiversidade (Klink & Machado, 2005). Entretanto, os padrões de biodiversidade nesta região continuam, em grande parte, ainda desconhecidos (Diniz-Filho et al., 2010).

O bioma apresenta alta heterogeneidade de habitats, por ser formado por mosaico de fitofisionomias florestais, savânicas e campestres (Ribeiro & Walter, 2008), o que contribui para a alta riqueza de espécies da fauna que, possivelmente, explora de maneira preferencial essas diferentes fitofisionomias (Camargo, 2001). Para Lepidoptera a heterogeneidade ambiental do Cerrado determina a composição da comunidade e a riqueza de espécies em toda a região (Brown & Gifford, 2002). No entanto, a utilização das diferentes fitofisionomias pelas espécies é pouco conhecida (Camargo, 2001), devido, principalmente, à utilização de armadilhas luminosas com fonte de luz forte nos inventários de insetos noturnos que pode atrair e capturar uma fauna não residente da fitofisionomia.

Mariposas da família Sphingidae são essenciais no funcionamento dos ecossistemas por constituírem um grupo importante de polinizadores em todo o mundo (Haber & Frankie, 1989; Kitching & Cadiou, 2000; Alarcón et al., 2008; Ávila et al., 2010), inclusive no Cerrado (Oliveira et al., 2004; Amorim, 2008). Essas mariposas atuam como verdadeiras conexões entre diferentes populações de plantas, que muitas vezes estão restritas aos pequenos fragmentos no mosaico de fitofisionomias (Amorim et al., 2009), compreendendo um grupo importante na manutenção e persistência destas plantas no bioma Cerrado. Além da sua importância funcional nos ecossistemas, Sphingidae compreende um grupo bem estudado, amostrado e identificado; taxonômica e ecologicamente diverso, com fidelidade ecológica, e respondem bem aos distúrbios ambientais, características que fazem com que esta família seja considerada um bom grupo bioindicador (Brown, 1991). Entretanto, há discordância entre autores em relação à consideração dessa família como bioindicadora: alguns estudos indicaram que estas mariposas não respondem às alterações no habitat (Schulze & Fiedler, 2003) ou ao tipo de vegetação (Kitching et al., 2000), enquanto outros encontraram diferenças na composição da fauna entre diferentes graus de alterações no habitat e entre diferentes altitudes (Beck et al., 2006b; Ignatov et al., 2011).

O Cerrado, além de ser formado por um mosaico de fitofisionomias apresenta variação sazonal do clima e da vegetação (Ribeiro & Walter, 2008). Assim, compreende um bioma ideal para estudos de distribuição espacial e temporal das espécies entre os tipos de vegetação naturais, o que permite entender as pressões seletivas e os processos ecológicos envolvidos. O presente trabalho compreende o primeiro estudo sobre a distribuição espacial de Sphingidae em diferentes fitofisionomias no Cerrado, utilizando fonte de luz fraca que diminui o raio de atração destas mariposas o que, possivelmente, diminui a probabilidade de captura de espécies não residentes da fitofisionomia.

O principal objetivo deste estudo foi identificar como a abundância observada, a riqueza e composição da fauna de Sphingidae variam anualmente em fitofisionomias florestais e savânicas no Cerrado. As seguintes perguntas foram discutidas em relação à comunidade de esfingídeos: 1) apresentam especialização temporal? 2) Há diferenças na dinâmica temporal entre as fitofisionomias? 3) apresentam especialização espacial? 4) Quais são os fatores climáticos determinantes na distribuição temporal dessas mariposas no Cerrado? 5) Qual a importância da fitofisionomia florestal para a persistência desta família no Cerrado?

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido de agosto de 2012 a julho de 2013 no Parque Estadual dos Pirineus (PEP), Serra dos Pirineus, Goiás, Brasil (15°50'S e 48°47'W), com uma área protegida de 2.833,26ha (Souza et al., 2008). A Serra dos Pirineus é caracterizada pelas montanhas de altitudes elevadas, morfologia acidentada, vertentes íngremes, por vezes escarpadas e consiste em um importante divisor de águas (Silveira et al., 2009). A vegetação é composta por diversas fitofisionomias florestais e savânicas (Moura et al., 2007; Bosquetti, 2008). O clima é sazonal, com invernos secos (abril a setembro) e verões chuvosos (outubro a março) (Moura et al., 2007).

O estudo foi realizado em dois tipos de fitofisionomias: 1) savânica (cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos) e 2) florestal (mata semidecídua), em altitude em torno de 1.300m e de baixa declividade (Fig. 4.1). O cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos ocorre em Goiás e Tocantins, principalmente nas áreas altas das Serras (Felfili & Fagg, 2007; Moura et al., 2007). Caracteriza-se pela presença de estratos arbustivo, subarbustivo e herbáceo, com predominância de plantas arbóreo-

arbustivas. A cobertura arbórea abrange de 20-50% e com altura média de 3-6m (Ribeiro & Walter, 2008). A mata semidecídua é caracterizada pela alta diversidade florística (Imaña-Encinas et al., 2007) e pela perda parcial de suas folhas (20 a 50%) na estação seca. Ocorre em solos úmidos e ricos em nutrientes, geralmente, associadas às matas de galeria (Ribeiro & Walter, 1998). As árvores são eretas e a altura média do estrato arbóreo varia entre 15-25m. Na estação chuvosa a cobertura arbórea é de 70-95% (Ribeiro & Walter, 2008).

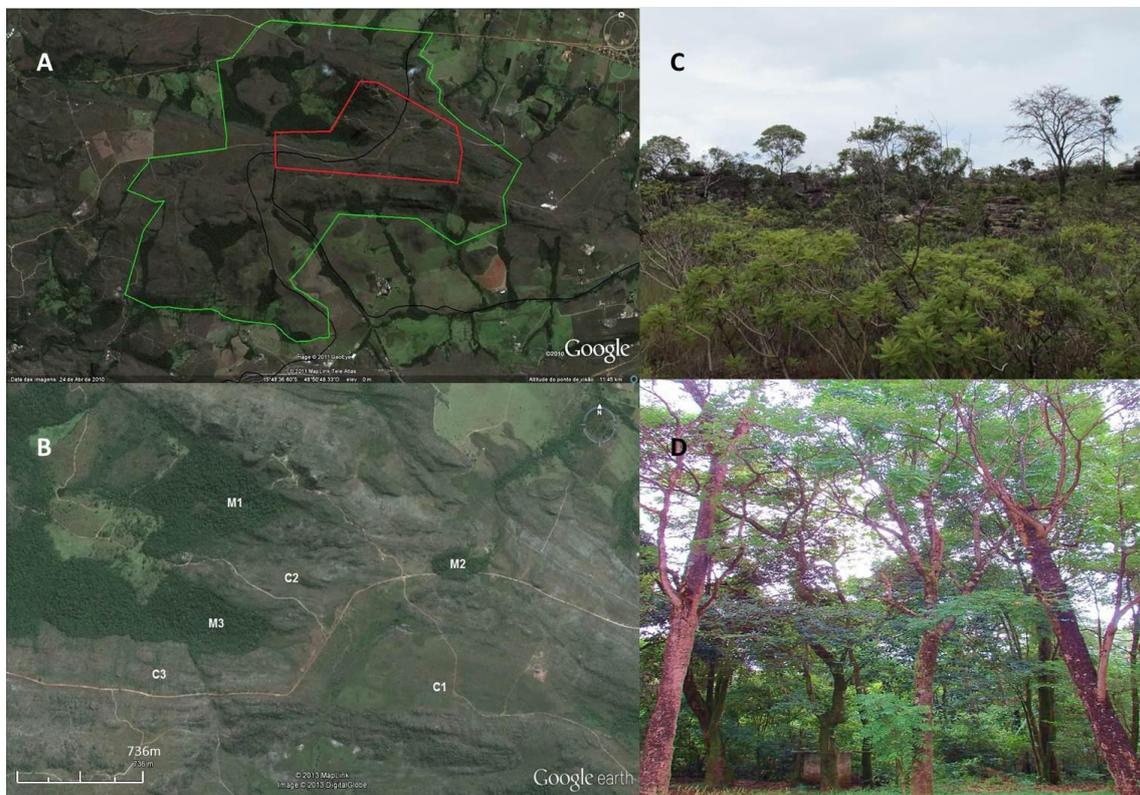


Figura 4.1 - Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. A) delimitação da área da Unidade de Conservação Parque Estadual dos Pireneus (PEP) em verde; delimitação da região mais alta do PEP em vermelho. B) Área de estudo: M1, M2 e M3 – áreas de mata semidecídua e C1, C2 e C3 – áreas de cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. C) Cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos. D) Mata semidecídua.

Amostragem das mariposas Sphingidae

Os esfingídeos foram amostrados, mensalmente no período de um ano, em seis noites na fase lunar nova em cada uma das fitofisionomias. Foram utilizadas seis armadilhas por noite (72 noites/armadilha no total). As coletas foram feitas em três áreas por fitofisionomia, com distâncias variando entre 1-3km e em três pontos amostrais por área, distanciados 100m entre si, sendo que cada ponto amostral de cada área foi amostrado em duas noites. A fase lunar nova foi selecionada por corresponder às noites mais escuras, aumentando, assim, o raio de ação das armadilhas e, provavelmente, o número de indivíduos e espécies atraídos pela luz (McGeachie, 1989; Yela & Holyoka, 1997).

Em cada unidade amostral foi montada uma armadilha luminosa Luiz de Queiroz (UA) modificada pela inclusão de um aparato acima do solo, preso por barbantes na vegetação (Fig. 4.2). Foi utilizada uma lâmpada fluorescente UV de 15 W ligada a uma bateria automotiva de 48 amperes. Esta armadilha com fonte de luz fraca não é tradicionalmente utilizada para a amostragem de Sphingidae no Brasil. Alguns poucos estudos sobre as comunidades de Sphingidae utilizaram armadilhas Luiz de Queiroz ou armadilhas semelhantes com lâmpadas UV de 15 ou 20W (ver: Schulze et al., 2001; Gusmão & Creão-Duarte, 2004). O raio de atração de fontes de luz fraca é, provavelmente, inferior a 30 metros (Beck & Linsenmair, 2006), e assim a sua utilização aumenta a probabilidade das mariposas coletadas pertencerem à fauna residente da fitofisionomia amostrada, sendo ideal para verificar a utilização das fitofisionomias por estas mariposas. Os espécimes foram coletados manualmente no dia seguinte e mortos pela injeção de hidróxido de amônia no tórax, montados, contados, etiquetados individualmente e registrados em planilha. A identificação taxonômica foi feita por comparação aos espécimes da Coleção Entomológica da Embrapa Cerrados –

CPAC e pela utilização das seguintes bibliografias: D´Abrera 1986 e Martin et al., 2011. Todos os espécimes foram depositados na Coleção Entomológica do Departamento de Zoologia, da Universidade de Brasília, Brasil.

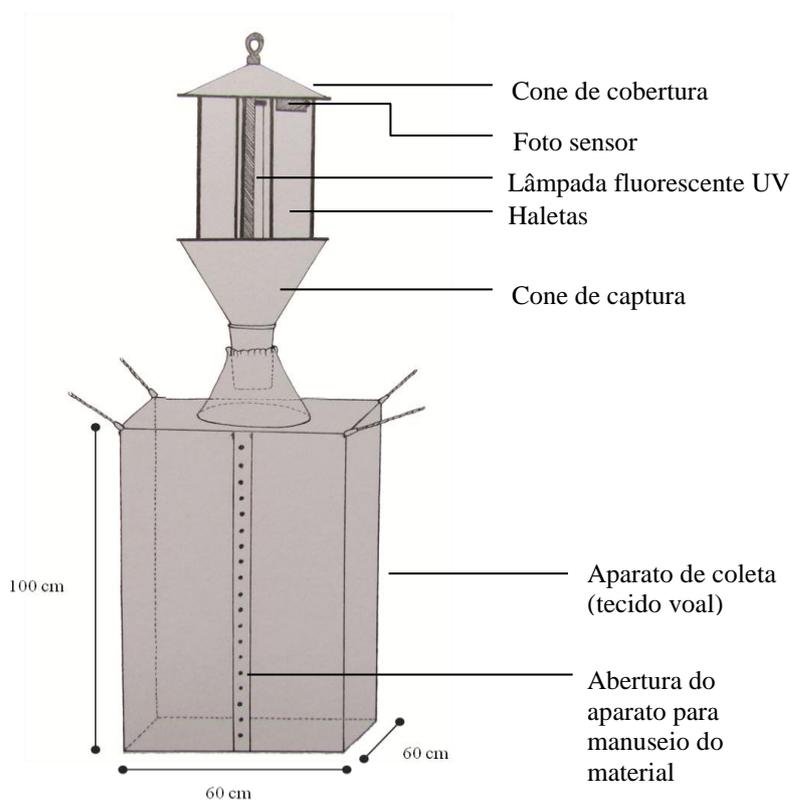


Figura 4.2 - Armadilha luminosa Luiz de Queiroz com aparato modificado, utilizada nas coletas de mariposas Sphingidae em áreas do Parque Estadual dos Pireneus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013.

Análises Estatísticas

A análise circular (Oriana versão 4) (Kovach, 2011) foi feita para verificar a distribuição anual da abundância observada de Sphingidae nas duas fitofisionomias. Os meses de coleta foram convertidos em ângulos, abril correspondeu ao ângulo 15° e março ao 345°. O teste de Rayleigh foi aplicado para verificar se a distribuição temporal dessas mariposas foi agrupada ou uniforme durante o período de amostragem.

Análises de regressão múltipla foram realizadas para avaliar a influência de fatores climáticos e disponibilidade dos recursos florais sobre a variação temporal na abundância observada das mariposas Sphingidae. Foram considerados dois conjuntos de variáveis: 1) microclimática: temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s), medida pelo mensurador Kestrel 4500, em dois períodos: noturno (18 às 6hs) e diurno (8 às 16hs), em uma área de cerrado *sensu stricto* e outra de mata semidecídua. O registro das variáveis microclimáticas foi realizado a cada 2 horas, durante os seis dias/mês, correspondentes ao período de amostragem das mariposas. A correlação de Spearman foi utilizada para verificar a correlação entre as variáveis microclimáticas noturnas na variação da abundância observada dos Sphingidae na mata semidecídua, já que somente estes dados não apresentaram normalidade e homogeneidade. 2) macroclimática: médias mensais da precipitação (mm), temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) da região de Pirenópolis, extraídas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As variáveis microclimáticas e a proporção de plantas com flores de cada fitofisionomia foram comparadas. A temperatura e a umidade relativa do ar pelo teste t pareado, e a velocidade do vento pelo teste pareado de Wilcoxon, pois estes dados não apresentaram normalidade. Ambos os testes foram feitos no software Statistica versão 10.0 (Statsoft Inc. 2014).

Para verificar os efeitos da fitofisionomia (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua), da estação climática (seca e chuvosa) e a interação destas variáveis sobre a abundância observada de Sphingidae foram testados pela análise de variancia (ANOVA Fatorial), a 5% de probabilidade. Os dados foram transformados em raiz quadrada para homogeneização dos dados. As análises foram processadas no Programa Statistica versão 10.0 (Statsoft Inc., 2014). As UAs de cada área foram consideradas

pseudoréplicas da área amostrada. A homogeneidade dos dados foi testada pelo teste de Levene e a normalidade pelo Shapiro-Wilk.

As curvas de rarefação da riqueza de espécies por indivíduos foram utilizadas para comparar a riqueza de espécies entre as fitofisionomias e em cada estação climática. Foram utilizados os estimadores de riqueza de espécies baseados em dados de abundância Chao 1 e ACE para verificar a riqueza de espécies “real” nas diferentes fitofisionomias em cada estação climática, assim como para verificar a riqueza “real” de espécies total do PEP. Estas análises foram feitas no software EstimateS versão 9.1.0 (Colwell, 2013). A ordenação da composição de espécies de Sphingidae, no espaço e no tempo, foi investigada pela análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS) utilizando o software R versão 3.1.1 (R Core Team 2014). Os dados foram transformados em raiz quadrada para ajustar melhor a distância original dos objetos e a configuração obtida (valor do stress). O coeficiente de dissimilaridade de Bray-Curtis foi aplicado para a matriz de abundância observada de cada espécie em cada fitofisionomia e estação climática. A análise multivariada de variâncias por permutações (PERMANOVA) foi utilizada para verificar quais variáveis ambientais (fitofisionomias e estações climáticas) tiveram efeito significativo na composição de espécies de Sphingidae.

Resultados

Foram capturados 473 indivíduos pertencentes a 48 espécies (Tab. 4.1), 20 gêneros e três subfamílias (Tab. 4.2). A subfamília Macroglossinae foi a melhor representada, com 33 espécies em 13 gêneros (69% do total de espécies). A abundância

observada das espécies variou espacialmente e 41% delas (20 spp.) foram comuns às duas fitofisionomias.

Tabela 4.1 - Abundância observada e riqueza de espécies de Sphingidae no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua e nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pirineus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.

	Abundância observada			Riqueza de espécies		
	Chuva	Seca	Total	Chuva	Seca	Total
Cerrado <i>sensu stricto</i>	351	81	432	42	27	46
Mata semidecídua	36	05	41	20	05	23
Total	387	86	473	45	23	48

As cinco espécies mais abundantes representaram 53% dos indivíduos capturados: *Callionima guiarti* (Debauche, 1934) (115 ind.), *Erinnyis ello* (Linnaeus, 1758) (59 ind.), *Protambulyx strigilis* (Linnaeus, 1771) (29 ind.), *Callionima parce* (Fabricius, 1775) (26 ind.) e *Erinnyis alope* (Drury, 1773) (22 ind.). Do total de espécies 23% corresponderam a um único indivíduo coletado (*singletons*), 12% a dois indivíduos (*doubletons*), 55% entre 3-20 indivíduos e 10% com mais de 20 indivíduos capturados.

A distribuição temporal da abundância observada foi agregada na estação chuvosa, considerando o total de espécies das duas fitofisionomias ($z=151,896$; $p<0,001$), como também a do cerrado *sensu stricto*, em particular ($z=141,866$; $p<0,001$) (Fig. 4.3). O pico de abundância no cerrado *sensu stricto* ocorreu em novembro (cerrado *sensu stricto*: 114 ind.), enquanto na mata semidecídua a abundância observada foi uniforme ao longo do ano ($z=15,529$; $p>0,05$), com um a dois indivíduos em todos os meses do ano, com exceção de outubro quando foi capturado 24 indivíduos.

Tabela 4.2 - Abundância observada e riqueza de espécies de três subfamílias de Sphingidae: Smerinthinae, Sphinginae e Macroglossinae, no cerrado *sensu stricto* e na mata semidecídua e nas estações climáticas, chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), no Parque Estadual dos Pirineus (PEP), GO, Brasil, amostradas de agosto de 2012 a julho de 2013.

Subfamílias	Fitofisionomias	Abundância observada			Riqueza de espécies		
		Chuva	Seca	Total	Chuva	Seca	Total
Smerinthinae	Cerrado <i>sensu stricto</i>	25	20	45	4	4	5
	Mata semidecídua	4	4	8	3	1	3
	<i>Total</i>	29	24	53	4	4	5
Sphinginae	Cerrado <i>sensu stricto</i>	38	4	42	11	3	11
	Mata semidecídua	2	2	4	2	1	3
	<i>Total</i>	40	6	46	11	3	11
Macroglossinae	Cerrado <i>sensu stricto</i>	288	57	345	27	15	29
	Mata semidecídua	26	3	29	14	3	16
	<i>Total</i>	314	60	374	30	16	32

A análise de regressão mostrou que houve influência das variáveis macroclimáticas na abundância de Sphingidae (dados mensais: $F(4,6)=4,62$; $p=0,04$), e a precipitação ($t(6)=2,93$; $p=0,02$) foi único fator climático que teve efeito na variação anual da abundância de Sphingidae no PEP. No entanto, não houve influência das variáveis microclimáticas na mata semidecídua (noite: valores de Spearman não significativos; dia: $F(4,7)=0,99$; $p=0,46$) e nem tampouco no cerrado *sensu stricto* (noite: $F(4,7)=1,21$; $p=0,38$; dia: $F(4,7)=1,79$; $p=0,23$).

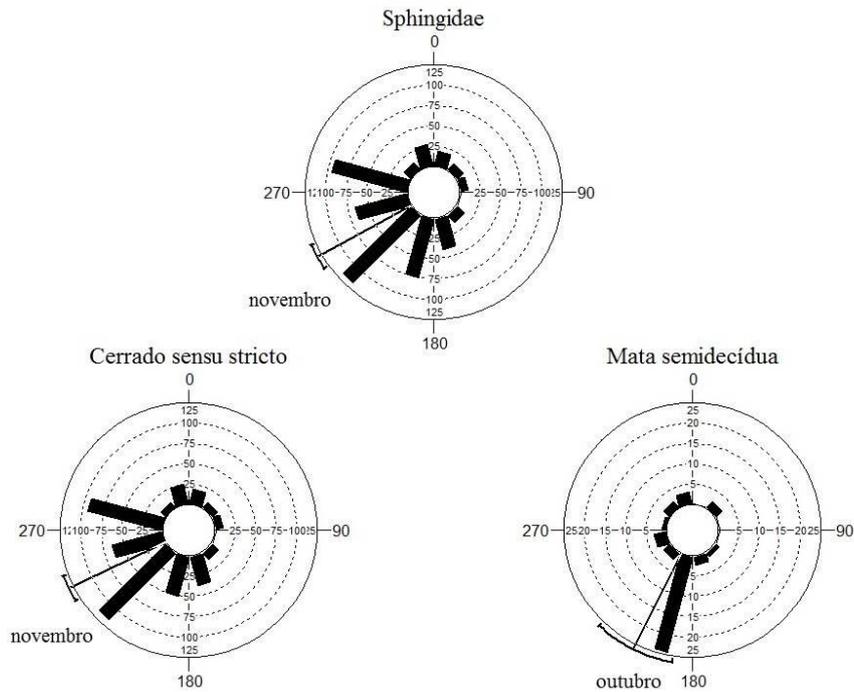


Figura 4.3 - Distribuição temporal da abundância observada de Sphingidae no Parque Estadual dos Pirineus, GO, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. Sphingidae: distribuição temporal da abundância observada total; Cerrado *sensu stricto*: distribuição temporal da abundância observada de Sphingidae no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos; mata semidecídua: distribuição temporal da abundância observada de Sphingidae na mata semidecídua. Ângulos: 15° (abril), 45° (maio), 75° (junho), 105° (julho), 135° (agosto), 165° (setembro), 195° (outubro), 225° (novembro), 255° (dezembro), 285° (janeiro), 315° (fevereiro), 345° (março).

A temperatura e a umidade relativa do ar do período noturno, ao longo do ano, foram similares entre as fitofisionomias (temperatura: $t=0,97$; $gl=22$; $p=0,34$; umidade: $t=1,66$; $gl=22$; $p=0,10$). Entretanto, essas variáveis no período diurno diferiram entre as fitofisionomias. A temperatura foi mais alta no cerrado *sensu stricto* ($t=4,18$; $gl=22$; $p<0,01$), enquanto, a umidade relativa do ar foi mais alta na mata semidecídua ($t=2,86$; $gl=22$; $p<0,01$). A velocidade do vento foi significativamente maior no cerrado *sensu stricto* do que na mata semidecídua, tanto no período noturno quanto diurno (noite: $z=3,05$; $p<0,01$; dia: $z=3,05$; $p<0,01$). A amplitude de temperatura ($t=5,57$; $gl=22$; $p<0,01$), umidade relativa do ar ($t=5,34$; $gl=22$; $p<0,01$) e velocidade do vento ($z=2,19$; $p=0,02$) entre o dia e a noite, também, foram significativamente maiores no cerrado *sensu stricto* do que na mata semidecídua.

Os resultados da análise de variância (ANOVA Fatorial) mostraram que os efeitos isolados das fitofisionomias ($F(1,8)=59,03$; $p<0,001$) e das estações climáticas ($F(1,8)=25,34$; $p=0,001$) na abundância observada das mariposas Sphingidae foram significativos. Entretanto, não houve interação entre estas variáveis explicativas ($F(1,8)=5,14$; $p>0,05$). Todas as subfamílias ocorreram em maior abundância no cerrado *sensu stricto* e na estação chuvosa.

As curvas de rarefação de espécies de Sphingidae mostraram que apenas a curva de riqueza de espécies observada no cerrado *sensu stricto* começou a estabilizar (Fig. 4.4). A riqueza de espécies observada no cerrado *sensu stricto* na estação chuvosa correspondeu em torno de 85% da riqueza estimada, e 70% na estação seca, enquanto a riqueza observada na mata semidecídua na estação chuvosa correspondeu cerca de 40% da riqueza estimada, assim como na estação seca (Tab. 4.3). A riqueza de espécies total observada correspondeu cerca de 85% da riqueza estimada (Tab. 4.3).

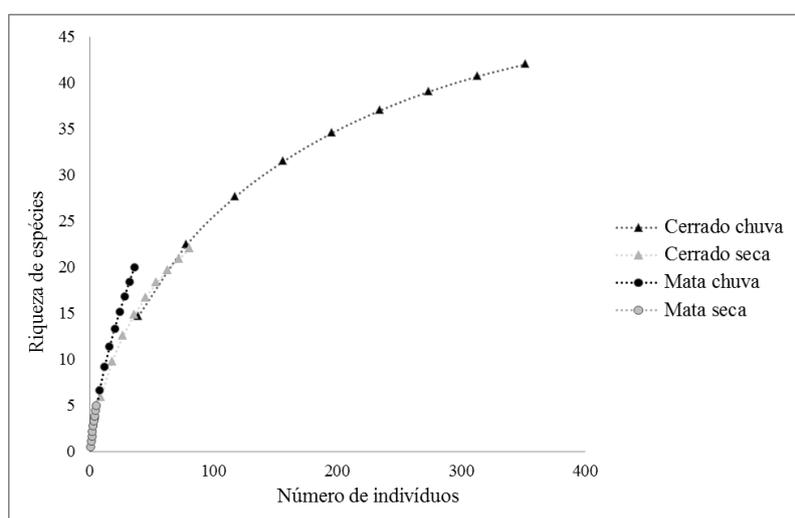


Figura 4.4 - Curvas de rarefação da riqueza de espécies baseadas no número de indivíduos da família Sphingidae, amostradas por armadilhas luminosas no cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos e mata semidecídua, nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil, de agosto de 2012 a julho de 2013. ● Mata semidecídua estação chuvosa; ● Mata semidecídua estação seca; ▲ Cerrado *sensu stricto* estação chuvosa; ▲ Cerrado *sensu stricto* estação seca.

Tabela 4.3 – Riqueza de espécies de Sphingidae observada e riqueza de espécies estimadas pelos estimadores Chao 1 e ACE, em duas fitofisionomias, cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos (Cerrado ss.) e mata semidecídua (Mata), nas estações chuvosa e seca, no Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil.

	Chuvosa		Seca		<i>Total</i>
	Cerrado ss.	Mata	Cerrado ss.	Mata	
Riqueza observada	42	20	22	5	48
Riqueza estimada (Chao 1)	50	49	29	13	57
Riqueza estimada (ACE)	50	50	31	13	57

Pela análise de ordenação da composição de espécies (NMDS) de Sphingidae (Fig. 4.5) é possível verificar que não houve uma separação clara entre a fauna que ocorre na estação seca e chuvosa como também não distingue a fauna que habita as duas fitofisionomias.

A análise multivariada de variâncias por permutações da variância (PERMANOVA) mostrou que as variáveis explicativas, fitofisionomias (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) e estações climáticas (chuvosa e seca), não afetaram significativamente a estruturação da composição de espécies no espaço e no tempo (Tab. 4.4) como também não houve interações entre estas variáveis.

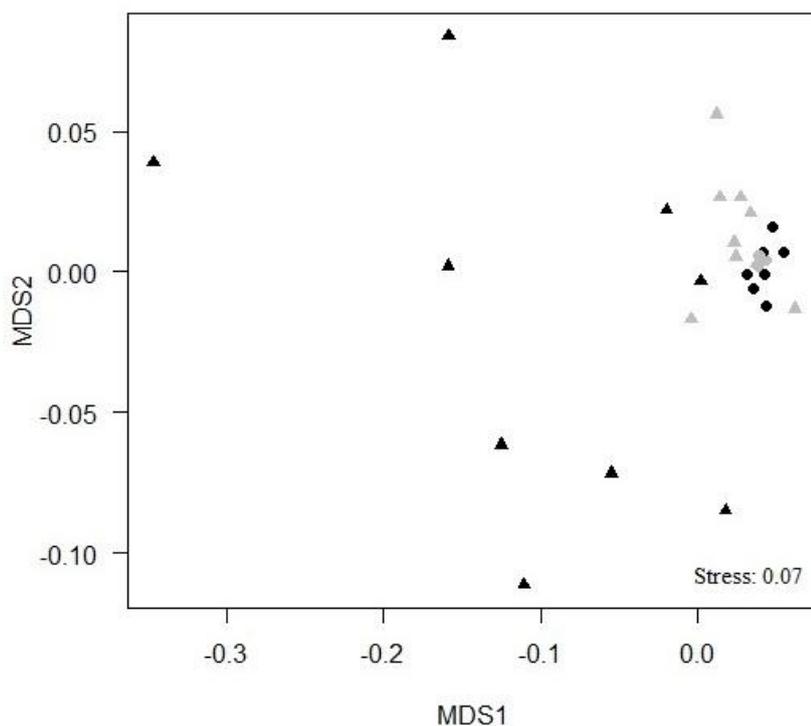


Figura 4.5 - Estruturação da composição de espécies da comunidade de mariposas Sphingidae em duas fitofisionomias e em duas estações climáticas, pela análise de escalonamento multidimensional não métrica (NMDS). Triângulos: cerrado *sensu stricto*, círculos: mata semidecídua. Preenchimento preto: estação chuvosa, preenchimento cinza: estação seca. Stress = 0,07.

Tabela 4.4 - Valores obtidos na análise multivariada de variâncias por permutações (PERMANOVA). Efeito das variáveis preditivas: fitofisionomias (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua) e estações climáticas (chuvosa e seca) na composição de espécies Sphingidae no Parque Estadual dos Pirineus, GO, Brasil. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

	DF	SumsOfSqs	MeanSqs	F.Model	R2	Pr (>F)
Fitofisionomia	1	-1200,25	-1200,25	-30,201	-0,98646	0,7552
Estação	1	573,70	573,70	14,335	0,47151	0,4795
Fitofisionomia:Estação	1	572,52	571,52	14,381	0,4672	0,4975
Resíduos	32	1271,76	39,74		104,523	
Total	35	1216,73			100,000	

Grande parte das espécies ($n = 25$), 53% do total, foi capturada somente na fitofisionomia cerrado *sensu stricto*, destas, 16 ocorreram somente na estação chuvosa, seis nas duas estações e três somente na estação seca (Fig. 4.6). As espécies que

ocorreram nas duas estações climáticas foram, em geral, as mais abundantes, dentre elas destacam-se: *E. ello* (59 ind.), *P. strigilis* (29 ind.) e *Isognathus caricae* (Linnaeus, 1758) (20 ind.), enquanto as espécies capturadas somente na estação chuvosa ou na seca ocorreram em baixa abundância, com menos de oito indivíduos. As espécies que foram restritas à estação seca foram *Isognathus leachii* (Swainson, 1823), *Madorx plutonius* (Hubner, [1819]) e *Protambulyx astygonus* (Boisduval, [1875]), com menos de três indivíduos capturados.

Dentre as espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias (n=20) sete ocorreram somente na estação chuvosa e 13 foram comuns às duas estações (Fig. 4.6). A maior parte destas espécies (n=14) apresentou “preferência” pelo cerrado *sensu stricto* com mais de 75% dos indivíduos capturados nesta fitofisionomia. Apenas *Orecta lycidas lycidas* (Boisduval, [1875]) apresentou “preferência” pela mata semidecídua, com 83% dos indivíduos capturados nesta fitofisionomia. Somente três espécies foram restritas à mata semidecídua: *Nyceryx alophus* (Boisduval, [1875]) (1 ind.), *Pachilia syces syces* (Hubner, [1819]) (1 ind.) e *Xylophanes marginalis* Clark, 1917 (5 ind.).

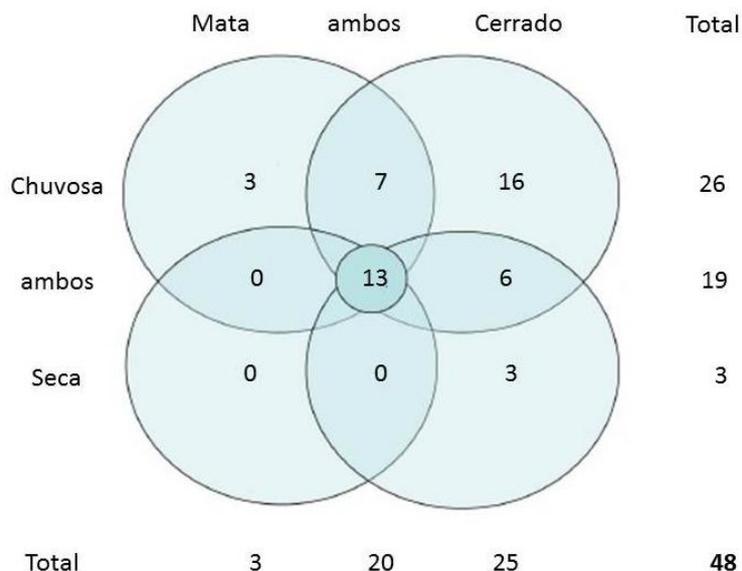


Figura 4.6 – Diagrama com a distribuição da riqueza de espécies de Sphingidae, na mata semidecídua (Mata) e cerrado *sensu stricto* (Cerrado) e nas duas estações chuvosa e seca. As interseções referem-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias ou estações. O círculo central refere-se ao número de espécies que ocorreram em ambas as fitofisionomias e estações climáticas.

Discussão

No Brasil são conhecidas em torno de 185 espécies de Sphingidae (Camargo & Amorim, comunicação pessoal), no entanto, não se tem uma lista atual de espécies para o bioma Cerrado. A riqueza de espécies encontrada no PEP foi representativa, correspondendo a 23% da fauna brasileira de Sphingidae e 60% das espécies conhecidas para o bioma Cerrado (Camargo, comunicação pessoal), e foi similar à riqueza encontrada por Duarte e Schlindwein (2008) em área de Mata Atlântica e por Amorim et al. (2009) em área de Cerrado. Estes dois estudos também foram realizados no período de um ano, no entanto, com amostragens de uma a duas noites mensais, utilizando uma armadilha de pano com lâmpada de vapor de mercúrio de 250W por noite. Sendo assim, estes resultados sugerem que o esforço amostral para a captura de esfingídeos utilizando armadilhas Luiz de Queiroz com lâmpada UV de 15W deve ser

maior, em termos de número de armadilhas e noites de coleta, quando comparada ao uso de pano com lâmpada de 250W.

As espécies mais abundantes encontradas no PEP foram aquelas que apresentam ampla distribuição na região Neotropical, com ocorrência do sul dos Estados Unidos até Argentina e Brasil (Martin et al., 2011). Estas espécies, com exceção de *Callionima guiarti*, também foram as mais comuns em outros estudos realizados em diversos biomas brasileiros (ver: Marinoni et al., 1999; Darrault & Schlindwein, 2002; Duarte & Schlindwein, 2005a,b, 2008; Amorim et al., 2009; Martin et al., 2011; Primo et al., 2013). *Erinnyis ello*, que compreende a espécie neotropical de Sphingidae mais comum (Seifert, 1974), foi a segunda espécie mais abundante no PEP. Dentre as 48 espécies amostradas no PEP, 38 espécies já haviam sido amostradas em outras áreas de cerrado (ver: Amorim et al., 2009; Darrault & Schlindwein, 2002), dez podem constituir novos registros para o bioma.

A variação anual na abundância de insetos é esperada em ambientes sazonais, com estação seca bem definida, como as savanas tropicais (Denlinger, 1980; Spitzer, 1983; Pinheiro et al., 2002; Silva et al., 2011). No entanto, as mariposas Sphingidae apresentam sazonalidade, com maior riqueza e abundância observada no período mais chuvoso, tanto em ambientes com estações climáticas bem definidas, como Cerrado (Darrault & Schlindwein, 2002; Amorim et al., 2009), Caatinga (Gusmão & Crea-Duarte, 2004; Duarte & Schlindwein, 2005a), matas semidecíduas (Primo et al., 2013) e florestas secas na Costa Rica (Haber & Frankie, 1989), quanto em ambientes menos sazonais, como Mata Atlântica (Laroca & Mielke, 1975; Marinoni et al., 1999; Duarte & Schlindwein, 2005b) e Amazônia (Motta et al., 1998). Sendo assim, a sazonalidade parece ser característica comportamental da família Sphingidae, pelo menos no Brasil.

As espécies apresentam diferentes histórias de vida e, assim, empregam diversas estratégias para sobreviverem durante a estação seca (Janzen, 1987). Os esfingídeos empupam no solo ou na serapilheira, e o estágio pupal pode durar menos de duas semanas em espécies multivoltinas, que ocorrem durante todo o ano, ou permanecer como pupa durante os meses de seca em espécies mais sazonais (Janzen, 1984; Kitching & Cadiou, 2000). Provavelmente, o aumento da umidade do solo com o início das chuvas determina a emergência dos adultos (Janzen, 1987). Alguns esfingídeos permanecem ativos durante a estação seca, porém com populações reduzidas (Kitching & Cadiou, 2000), enquanto algumas espécies migram para ambientes mais amenos (Janzen, 1984). Grande parte das espécies de esfingídeos no Cerrado ocorre como adulto e lagarta durante a estação chuvosa (Diniz et al., dados não publicados), como por exemplo as espécies registradas no PEP: *Aellopus fadus* (Cramer, 1775), *Eumorphia lambruscae* (Linnaeus, 1758), *Pachylia syces* (Hubner, [1819]), *Pseudosphinx tetrio* (Linnaeus, 1771), *Xylophanes chiron* (Drury, 1771). Possivelmente, estas espécies apresentam dormência no estágio de pupa. Outras espécies, como por exemplo, *Isognathus caricae* (Linnaeus, 1758), *Protambulyx strigilis* e *Xylophanes tersa* (Linnaeus, 1771), são multivoltinas, com ocorrência de adultos e lagartas durante todo o ano (Diniz et al., dados não publicados). Estas espécies ocorreram, como adultos, em proporções similares nas duas estações climáticas. Enquanto outras espécies, como *Callionima parce*, *C. guiarti*, *Erinnyis alope* e *E. ello* ocorreram como adultos praticamente durante a estação chuvosa, com mais de 85% dos indivíduos, enquanto na estação seca suas populações foram muito reduzidas, restringindo a poucos indivíduos. Provavelmente pelo fato do PEP localizar-se na região central do bioma Cerrado, a longa distância pode dificultar a migração dos esfingídeos para outros biomas durante a estação seca, no entanto, os esfingídeos podem refugiar-se nas fisionomias florestais durante o período diurno.

A variação sazonal é uma característica básica do clima e da vegetação do Cerrado (Oliveira, 2008). Assim, é esperado que a variação sazonal tanto da precipitação quanto da disponibilidade do alimento, como recursos florais e plantas hospedeiras, influenciem a sazonalidade das mariposas Sphingidae. Os resultados encontrados no PEP e em grande parte de outros estudos no Brasil indicaram uma correlação positiva entre a riqueza e abundância das espécies de Sphingidae com a precipitação (Laroca & Mielke, 1975; Marinoni et al., 1999; Motta & Andreazze, 2001; Gusmão & Crea-Duarte, 2004; Duarte & Schlindwein, 2005a; Primo et al., 2013). A assincronia entre a floração de plantas lenhosas e a sazonalidade de Sphingidae foi observada por Oliveira e colaboradores (2004) no Cerrado e por Haber & Frankie (1989) na floresta seca da Costa Rica. Sendo assim, possivelmente, a concentração de esfingídeos na estação chuvosa esteja mais intimamente relacionada à disponibilidade de suas plantas hospedeiras para a oviposição (ver: Haber & Frankie, 1989), e à produção de folhas novas entre o final da seca e estação chuvosa (Marquis et al., 2001; Lenza & Klink, 2006), já que as lagartas de Sphingidae apresentam amplitude dieta mais restrita (Janzen, 1984) e muitas lagartas de primeiro instar alimentam-se de folhas novas (Bernays & Janzen, 1988). Esta ideia é reforçada pela ocorrência de grande parte das lagartas de Sphingidae na estação chuvosa no Cerrado, quando as lagartas de primeiros ínstares alimentam-se de folhas novas como, por exemplo, *X. tersa* em espécies de *Palicourea* (Rubiaceae) (Diniz et al., dados não publicados).

A seleção por determinados habitats pelas espécies de Lepidoptera pode estar associada à maior densidade de plantas hospedeiras para oviposição (Kuussaari et al., 2000; Ignatov et al., 2011) ou à maior disponibilidade de fonte de alimento para os adultos (Janz, 2005). Os adultos de esfingídeos apresentam ampla amplitude de dieta (Haber & Frankie, 1989; Kitching & Cadiou 2000; Agosta & Janzen, 2005; Amorim,

2008; Ávila et al., 2010; Martins & Johnson, 2013), enquanto as lagartas são, em sua maioria, oligófagas ou monófagas (Janzen, 1984; Diniz et al., dados não publicados). Apesar da amplitude restrita da dieta das lagartas ser um fator que possa explicar a restrição na distribuição espacial dos esfingídeos (Beck & Kitching, 2007), estas mariposas apresentam ampla distribuição espacial e ocorrem em diversos habitats (Janzen, 1984), e alguns autores não encontraram evidências de que a distribuição das plantas hospedeiras limita a distribuição espacial dos esfingídeos (Beck et al., 2006b; Ignatov et al., 2011). O período de oviposição de semanas a meses com poucos ovos maduros por noite em algumas espécies de Sphingidae (Janzen, 1984), é uma característica que permite que as fêmeas adultas passem mais tempo forrageando recursos florais do que procurando por plantas hospedeiras para oviposição. Sendo assim, a maior riqueza e abundância observada de esfingídeos no cerrado *sensu stricto* do que na mata semidecídua, pode estar relacionada à maior disponibilidade de recurso floral nesta fitofisionomia (Lenza & Klink, 2006). No entanto, devemos considerar que a amostragem realizada na mata semidecídua não abrangeu o dossel, e estudos demonstram que a diversidade de esfingídeos é sete vezes maior no dossel quando comparado ao sub-bosque, devido à maior disponibilidade de recurso floral nas copas das árvores (ver: Schulze et al., 2001). Em geral, os esfingídeos evitam voar em sub-bosques com vegetação densa (ver: Schulze & Fiedler, 1997). Além disso, não sabemos quais são as plantas hospedeiras que são utilizadas pelos esfingídeos na mata semidecídua e se existe uma estratificação vertical em relação à oviposição e herbivoria. Deste modo, não é possível inferir como as espécies de Sphingidae estão utilizando os recursos da mata semidecídua.

Embora as fitofisionomias e estações climáticas influenciem a abundância observada de Sphingidae no PEP, estas variáveis não influenciaram significativamente a

estruturação da composição de espécies, e não foi possível identificar uma clara separação entre a fauna que ocorre nas duas fitofisionomias. Estes resultados mostram que muitas espécies de Sphingidae no PEP não estão intimamente ligadas ao cerrado *sensu stricto* ou à mata semidecídua, distribuindo-se nas duas fitofisionomias. A grande capacidade de dispersão das espécies de esfingídeos, algumas com percursos de mais de 10km (Janzen, 1984; Kitching & Cadiou, 2000; Amorim et al., 2014), permite que estas mariposas se desloquem de uma fitofisionomia a outra à procura de recursos alimentares, plantas hospedeiras e parceiros para reprodução. Principalmente no PEP, em que as distâncias são curtas entre as áreas amostradas e, provavelmente, inferiores às distâncias de deslocamentos de algumas espécies de Sphingidae. A similaridade da composição de espécies entre os tipos de habitats e a baixa variação da fauna de Sphingidae entre áreas próximas é resultado recorrente descrito na literatura (ver: Schulze & Fiedler, 2003; Amorim et al., 2009; Hawes et al., 2009). Os resultados encontrados no presente estudo corroboram a hipótese de que a diversidade beta da fauna de Sphingidae é comparativamente baixa devido à alta capacidade de dispersão destas mariposas (Beck, 2005; Amorim et al., 2009).

A ampla distribuição das espécies de Sphingidae encontradas tanto no Cerrado quanto nos outros biomas florestais (Amorim et al., 2009; Duarte & Schlindwein, 2008) pode ser explicada pela expansão das espécies da Amazônia e Mata Atlântica para o interior do Cerrado pelas matas de galeria durante os períodos úmidos do Quaternário (Silva & Bates, 2002). A presença de fitofisionomias florestais no Cerrado, possivelmente, favoreceu o estabelecimento das mariposas Sphingidae no bioma. Assim como observado para o Cerrado, a fauna de Sphingidae na Caatinga é formada quase que exclusivamente por elementos da Mata Atlântica e Amazônia (Duarte & Schlindwein, 2008). Os padrões de distribuição dessas mariposas no Brasil foram

corroborados pelos resultados encontrados no presente estudo e indicam a grande capacidade das espécies de Sphingidae de se adaptarem aos ambientes xéricos e sazonais. Apesar da utilização da mata semidecídua pelos esfingídeos não ter sido clara no presente estudo, devido à falta, provavelmente, de amostragem no dossel, é possível que os esfingídeos utilizem o sub-bosque das fitofisionomias florestais como refúgio para repouso durante o período diurno, já que o clima na mata semidecídua é mais ameno quando comparada ao cerrado *sensu stricto* neste período.

Conclusões

Os esfingídeos do Parque Estadual dos Pirineus apresentam especialização temporal, ocorrendo principalmente na estação chuvosa. Sendo assim, prolongadas estiagens, previstas por estudos de mudanças climáticas, podem afetar a distribuição temporal destas mariposas no futuro. Apesar de ocorrerem em maior abundância e riqueza de espécies no cerrado *sensu stricto* do que na mata semidecídua, são mariposas com grande capacidade de vôo e podem dispersarem-se entre as fitofisionomias. Deste modo, a presença das diferentes fitofisionomias no Cerrado provê uma maior diversidade de recursos e habitats para estas mariposas.

Referências

- Agosta SJ, Janzen DH (2005) Body size distributions of large Costa Rican dry forest moths and the underlying relationship between plant and pollinator morphology. *Oikos* 108:183-193.
- Alarcón R, Davidowitz G, Bronstein JL (2008) Nectar usage in a southern Arizona hawkmoth community. *Ecological Entomology* 33:503-509.
- Amorim FW (2008) A comunidade de esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e plantas esfingófilas numa área de Cerrado no sudeste do Brasil: biogeografia e associações mutualísticas. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia. D.
- Amorim FW, Ávila Jr RS, Camargo AJA, Viera ALV, Oliveira PE (2009) A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. *Journal of Biogeography* 36:662-674.
- Amorim FW, Graham EW, Sazima M (2014) Low abundance of long-tongued pollinators leads to pollen limitation in four specialized hawkmoth-pollinated plants in the Atlantic Rain forest, Brazil. *Naturwissenschaften*. DOI 10.1007/s00114-1230-y.
- Ávila Junior RS, Cruz-Barros MAV, Correa AMS, Sazima M (2010) Tipos polínicos encontrados em esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) em área de Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil: uso da palinologia no estudo de interações ecológicas. *Revista Brasileira de Botânica* 33:415-424.
- Beck J (2005) The macroecology of Southeast-Asian hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae). University of Würzburg: PhD Thesis.
- Beck J, Linsenmair E (2006) Feasibility of light-trapping in community research on moths: attraction radius of light, completeness of samples, nightly flight times and seasonality of Southeast-Asian hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae). *Journal of Research on Lepidoptera* 39:18-37.
- Beck J, Kitching IJ, Linsenmair KE (2006a) Effects of habitat disturbance can be subtle yet significant: biodiversity of hawkmoth-assemblages (Lepidoptera: Sphingidae) in Southeast-Asia. *Biodiversity & Conservation* 15:465-486.
- Beck J, Kitching IJ, Linsenmair KE (2006b) Diet Breadth and host plant relationships of Southeast-Asian sphingid caterpillars. *Ecotropica* 12:1-13.
- Beck J, Kitching IJ (2007) Correlates of range size and dispersal ability: a comparative analysis of sphingid moths from the Indo-Australian tropics. *Global Ecology and Biogeography* 16:341-349.
- Bernays EA, Janzen DH (1988) Saturniid and sphingid caterpillars: two ways to eat leaves. *Ecology*: 69:1153-1160.
- Bosquetti LB (2008) Análise da estrutura da paisagem e fitofisionomias do Parque Estadual dos Pireneus, Goiás, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.
- Brown KS (1991) Conservation of Neotropical environments: insects as indicator. In: Collins NM, Thomas JÁ (eds) *The conservation of insects and their habitats*. Academic Press: London. pp 349-404.
- Brown KS, Gifford DR (2002) Lepidoptera in the cerrado landscape and conservation of vegetation, soil, and topographical mosaics. pp 201-221 In: Oliveira PS, Marquis RJ (ed) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of Neotropical savanna*. New York: Columbia University Press.
- Camargo AJA (2001) Importância das matas de galeria para conservação de lepidópteros do cerrado. In: Ribeiro JF, Fonseca CEL, Sousa-Silva JC (ed)

- Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Embrapa, Planaltina, pp 607-634.
- Colwell RK (2013) EstimateS, Versão 9.1.0. Statistical estimation of species richness and shared species from samples.
- Darrault RO, Schlindwein C (2002) Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. *Revista Brasileira de Zoologia* 19:419-443.
- Denlinger DL (1980) Seasonal and annual variation of insect abundance in the Nairobi National Park, Kenya. *Biotropica* 12:100-106.
- Diniz-Filho JAF, Bini LM, Loyola RD (2010) Uma revisão macroscópica do Cerrado brasileiro. *Revista da Universidade Federal de Goiás*: 7:37-43.
- Duarte M, Carlin LF, Marconato G (2008) Light-attracted hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) of Boracéia, municipality of Salesópolis, state of São Paulo, Brazil. *Check List* 4:123-136.
- Duarte Jr JA, Schlindwein C (2005a) The highly seasonal hawkmoth fauna (Lepidoptera Sphingidae) of the Caatinga of northeast Brazil: a case study in the state of Rio Grande do Norte. *Journal of the Lepidopterists' Society* 59:212-218.
- Duarte Jr JA, Schlindwein C (2005b) Riqueza, abundância e sazonalidade de Sphingidae (Lepidoptera) num fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22:662-666.
- Duarte Jr JA, Schlindwein C (2008) Hawkmoth fauna of a northern Atlantic Forest remnant (Sphingidae). *Journal of the Lepidopterists's Society* 62:71-79.
- Felfili JM, Fagg CW (2007) Floristic composition, diversity and structure of the "cerrado" *sensu stricto* on rocky soils in northern Goiás and southern Tocantins, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 30:375-385.
- Haber WA, Frankie GW (1989) A tropical hawkmoth community: Costa Rican dry forest Sphingidae. *Biotropica* 21:155-172.
- Gusmão MA, Creão-Duarte AJ (2004) Diversidade e análise faunística de Sphingidae (Lepidoptera) em área de brejo e caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21:491-498.
- Haber WA, Frankie GW (1989) A tropical hawkmoth community: Costa Rican dry forest Sphingidae. *Biotropica* 21:155-172.
- Hawes J, Motta CS, Overal WL, Barlow J, Gardner TA, Peres CA (2009) Diversity and composition of Amazonian moths in primary, secondary and plantation forests. *Journal of Tropical Ecology* 25:282-300.
- Ignatov II, Janovec JP, Centeno P, Tobler MW, Grados J, Lamas G, Kitching IJ (2011) Patterns of richness, composition, and distribution of sphingid moths along an elevational gradient in the Andes-Amazon region of southeastern Peru. *Annals of the Entomological Society of America* 104:68-76.
- Imaña-Encinas J, Macedo LA, Paula JE (2007) Florística e fitossociologia de um trecho da floresta estacional semidecidual na área do Ecomuseu do Cerrado, em Pirenópolis, Goiás. *Cerne* 13:308-320.
- Janz N (2005) The relationship between habitat selection and preference for adult and larval food resources in the polyphagous butterfly *Vanezza cardui* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Journal of Insect Behavior* 18:767-780.
- Janzen DH (1984) Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. In: Dawkins R, Ridley M (ed) *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* volume 1. Oxford University Press: United Kingdom. pp 85-139.
- Janzen DH (1987) How moths pass the dry Season in Costa Rican dry forest. *Insect Science Applied* 8:489-500.

- Kitching IJ, Cadiou JM (2000) Hawkmoths of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae). Cornell University Press: London.
- Kitching RL, Orr AG, Thalib L, Mitchell H, Hopkins MS, Graham AW (2000) Moth assemblages as indicators of environmental quality in remnants of upland Australian rain forest. *Journal of Applied Ecology* 37:284-297.
- Klink CA, Machado RB (2005) A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1:148-154.
- Kovach WL (2011) Oriana - Circular statistics for windows, versão 4.0. Wales, Kovach Computing Services.
- Kuussaari M, Singer M, Hanski I (2000) Local specialization and landscape-level influence on host use in an herbivorous insect. *Ecology* 81:2177-2187.
- Laroca S, Mielke OHH (1975) Ensaios sobre ecologia de comunidades em Sphingidae na Serra do Mar, Paraná, Brasil. (Lepidoptera). *Revista Brasileira de Biologia* 35:1-19.
- Lenza E, Klink CA (2006) Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica* 29:627-638.
- Marinho-Filho J, Machado RB, Henriques RPB (2010) Evolução do conhecimento e da conservação do Cerrado brasileiro. In: Diniz IR, Marinho-Filho J, Machado RB, Cavalcanti RB (orgs) *Cerrado: conhecimento quantitativo como subsídio para ações de conservação*. pp 13-32.
- Marinoni RC, Dutra RRC, Mielke OHH (1999) Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. IV. Sphingidae (Lepidoptera). Diversidade alfa e estrutura de comunidade. *Revista Brasileira de Zoologia* 16:223-240.
- Marquis RJ, Diniz IR, Morais HC (2001) Patterns and correlates of interspecific variation in foliar insect herbivory and pathogen attack in Brazilian Cerrado. *Journal of Tropical Ecology* 17:127-148.
- Martin A, Soares A, Bizarro J (2011) Guia dos Sphingidae da Serra dos Órgãos: Sudeste do Brasil. Régua publications: Oxford.
- Martins DJ, Johnson SD (2013) Interactions between hawkmoths and flowering plants in East Africa: polyphagy and evolutionary specialization in an ecological context. *Biological Journal of the Linnean Society* 110:199-213.
- McGeachie WJ (1989) The effects of moonlight illuminance, temperature and wind speed on light-trap catches of moths. *Bulletin of Entomological Research* 79:185-192.
- Motta CS, Aguilera-Peralta FJ, Andreazze R (1998) Aspectos da esfingofauna (Lepidoptera, Sphingidae), em área de Terra-firme, no Estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica* 28:75-92.
- Motta CS, Andreazze R (2001) Esfingofauna (Lepidoptera: Sphingidae) do Parque Nacional do Jaú e arredores, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica* 31:643-654.
- Moura IO, Gomes-Klein VL, Felfili JM, Ferreira HD (2007) Fitossociologia de cerrado *sensu stricto* em afloramentos rochosos no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. *Revista Brasileira de Biociências* 5:399-401.
- Oliveira PE, Gibbs PE, Barbosa AA (2004) Moth pollination of woody species in the Cerrados of Central Brazil: a case of so much owed to so few? *Plant Systematics and Evolution* 245:41-54.
- Oliveira PEAM (2008) Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: Sano SM, Almeida AP, Ribeiro JF (eds) *Cerrado: ecologia e flora*. Embrapa Informação Tecnológica: Brasília. pp 273-287.
- Pinheiro F, Diniz IR, Coelho D, Bandeira MPS (2002) Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian Cerrado. *Austral Ecology* 27:132-136.

- Primo LM, Duarte JÁ, Machado IC (2013) Hawkmoth fauna (Sphingidae, Lepidoptera) in a semi-deciduous rainforest remnant: composition, temporal fluctuations, and new records for northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 85:1177-1188.
- R Development Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ribeiro JF, Walter BMT (1998) Fitofisionomias do Bioma Cerrado. pp 89-169. In: Sano S, Almeida SP (ed) Cerrado: ambiente e flora. Embrapa, Planaltina.
- Ribeiro JF, Walter BMT (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. pp.153-212. *In*: Sano, SM, Almeida, SP, Ribeiro, JF (Eds). Cerrado: Ecologia e Flora. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Schulze CH, Fiedler K (1997) Patterns of diversity and vertical stratification in hawkmoths of a Bornean rain forest. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 11:1-6.
- Schulze CH, Linsenmair KE, Fiedler K (2001) Understorey versus canopy: patterns of vertical stratification and diversity among Lepidoptera in a Bornean rain forest. *Plant Ecology* 153: 133-152.
- Schulze CH, Fiedler K (2003) Hawkmoth diversity in northern Borneo does not reflect the influence of anthropogenic habitat disturbance. *Ecotropica* 9:99-102.
- Seifert RP (1974) The Sphingidae of Turrialba, Costa Rica. *Journal of the New York Entomological Society* 82:45-56.
- Silva JMC, Bates JM (2002) Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52:225-234.
- Silva NAP, Frizzas MR, Oliveira CM (2011) Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 55:79-87.
- Silveira IA, Pessoa OAA, Flores SBL (2009) Análise Geomorfológica do município de Pirenópolis no Estado de Goiás utilizando sistema de informação geográfica. <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/go/sd-22-z-d.htm>.
- Souza MAR, Gomes-Klein VL, Rezende MH (2008) Antóceros e hepáticas do Parque Estadual da Serra dos Pireneus e arredores, município de Pirenópolis, Goiás, Brasil. *Revista de Biologia Neotropical* 5:1-16.
- Spitzer K (1983) Seasonality of butterfly fauna in southeastern Vietnam (Papilionoidea). *The Journal of Research on the Lepidoptera* 22:126-130.
- Statsoft Inc (2014) Software Statistica versão 10. Statsoft South America.
- Thompson JN (1996) Evolutionary ecology and the conservation of biodiversity. *Tree* 11:300-303.
- Yela JL, Holyoak M (1997) Effects of moonlight and meteorological factors on light bait trap catches of Noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 26:1238-1290.

Anexo 4.1 - Lista de espécies de Sphingidae amostradas no Parque Estadual dos Pirineus, durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013, utilizando armadilhas Luiz de Queiroz com fonte de luz UV 15W. Ocorrência nas estações climáticas: chuvosa e seca, e nas fitofisionomias: cerrado *sensu stricto* (cerrado) e mata semidecídua (mata). Distribuição das espécies em outros biomas brasileiros: AM - Amazônia (Motta et al., 1991; Motta et al., 1998; Motta & Andreazze, 2001; Motta & Xavier-Filho, 2005), MA - Mata Atlântica (Laroça & Mielke, 1975; Laroça et al., 1989; Marinoni et al., 1999; Duarte & Schlindwein, 2005a, 2008; Duarte et al., 2008; Martin et al., 2011; Primo et al., 2013), CE - Cerrado (Darrault & Schlindwein, 2002; Amorim et al., 2009) e CA - Caatinga (Gusmão & Creão-Duarte, 2004; Duarte & Schlindwein, 2005b). ** Novo registro de espécie para Cerrado.

	Chuvosa		Seca		Distribuição/Biomas			
	Cerrado	Mata	Cerrado	Mata	AM	MA	CE	CA
Smerinthinae								
<i>Adhemarius gannascus</i> (Stoll, [1790])	*	*	*	*	X	X	X	
<i>Orecta lycidas lycidas</i> ** (Boisduval, [1875])	*	*	-	-		X		
<i>Protambulyx astygonus</i> (Boisduval, [1875])	-	-	*	-		X	X	
<i>Protambulyx eurycles</i> ** (Herrich-Schaffer, [1854])	*	*	*	-	X	X		
<i>Protambulyx strigilis</i> (Linnaeus, 1771)	*	*	*	*	X	X	X	X
Sphinginae								
<i>Agrius cingulata</i> (Fabricius, 1775)	*	*	*	-	X	X	X	X
<i>Cocytius antaeus</i> (Drury, 1773)	*	-	-	-	X	X	X	X
<i>Cocytius duponchel</i> ** (Poey, 1832)	*	-	*	*	X	X		
<i>Manduca diffissa petuniae</i> (Boisduval, 1875)	*	-	-	-	X	X	X	
<i>Manduca florestan</i> (Cramer, 1782)	*	*	*	-	X	X	X	
<i>Manduca lucetius</i> ** (Cramer, 1780)	*	-	-	-	X	X		
<i>Manduca rustica</i> (Fabricius, 1775)	*	-	-	-	X	X	X	X
<i>Manduca sexta</i> (Linnaeus, 1763)	*	-	-	-	X	X	X	X
<i>Manduca</i> sp.	*	-	-	-				
<i>Manduca violaalba</i> ** (Clark, 1922)	*	-	-	-				
<i>Neogene</i> sp.	*	-	-	-				
Macroglossinae								
<i>Aellopos fadus</i> (Cramer, 1776)	*	-	-	-	X	X	X	
<i>Callionima grisescens</i> (Rothschild, 1894)	*	*	*	-		X	X	X

<i>Callionima guiarti</i> (Debauche, 1934)	*	*	*	-				X	
<i>Callionima nomius</i> (Walker, 1856)	*	-	-	-	X	X	X		
<i>Callionima parce</i> (Fabricius, 1775)	*	*	*	-	X	X	X	X	
<i>Enyo ocypete</i> (Linnaeus, 1758)	*	-	*	-	X	X	X		
<i>Erinnyis alope</i> (Drury, 1770)	*	*	*	-	X	X	X	X	
<i>Erinnyis crameri</i> (Schaus 1898)	*	-	-	-	X	X	X		
<i>Erinnyis ello</i> (Linnaeus, 1758)	*	-	*	-	X	X	X	X	
<i>Erinnyis obscura</i> (Fabricius, 1775)	*	-	-	-	X	X	X	X	
<i>Erinnyis oenotrus</i> (Cramer, 1782)	*	*	-	-	X	X	X		
<i>Eumorpha adamsi</i> (Rothschild & Jordan, 1903)	*	*	-	-				X	
<i>Eumorpha analis</i> (Rothschild & Jordan, 1903)	*	-	-	-		X	X		
<i>Eumorpha anchemolus</i> (Cramer, 1780)	*	-	-	-	X	X	X		
<i>Eumorpha labruscae</i> (Linnaeus, 1758)	*	-	-	-	X	X	X	X	
<i>Eumorpha obliquus</i> ** (Rothschild and Jordan, 1903)	*	*	*	*	X	X			
<i>Isognathus caricae</i> (Linnaeus, 1758)	*	-	*	-	X	X	X		
<i>Isognathus leachii</i> ** (Swainson, 1823)	-	-	*	-	X	X			
<i>Isognathus menechus</i> (Boisduval, 1875)	*	-	*	-		X	X	X	
<i>Madoryx plutonius plutonius</i> (Hubner, [1819])	-	-	*	-	X	X	X		
<i>Nyceryx alophus</i> (Boisduval, [1875])	-	*	-	-		X	X		
<i>Pachylia ficus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	-	-	X	X	X		
<i>Pachylia syces syces</i> (Hubner, [1819])	-	*	-	-		X	X		
<i>Pachylioides resumens</i> (Walker, 1856)	*	*	*	-	X	X	X		
<i>Perigonia lusca</i> (Fabricius, 1777)	*	-	-	*	X	X	X	X	
<i>Perigonia pallida</i> Rothschild & Jordan, 1903	*	-	-	-		X	X	X	
<i>Xylophanes ceratomioides</i> ** (Grote & Robinson, 1868)	*	-	*	-		X			
<i>Xylophanes chiron</i> Drury, 1770	*	*	-	-	X	X	X		
<i>Xylophanes fosteri</i> ** Rothschild & Jordan, 1906	*	-	-	-					
<i>Xylophanes marginalis</i> ** Clark, 1917	-	*	-	-		X			
<i>Xylophanes tersa</i> (Linnaeus, 1771)	*	-	*	*	X	X	X	X	

Referências citadas no anexo 4.1

- Amorim FW, Ávila Jr RS, Camargo AJA, Viera ALV, Oliveira PE (2009) A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. *Journal of Biogeography* 36:662-674.
- Darrault RO, Schlindwein C (2002) Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. *Revista Brasileira de Zoologia* 19:419-443.
- Duarte M, Carlin LF, Marconato G (2008) Light-attracted hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) of Boracéia, municipality of Salesópolis, state of São Paulo, Brazil. *Check List* 4:123-136.
- Duarte Jr JA, Schlindwein C (2005a) Riqueza, abundância e sazonalidade de Sphingidae (Lepidoptera) num fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22:662-666.
- Duarte Jr JA, Schlindwein C (2005b) The highly seasonal hawkmoth fauna (Lepidoptera Sphingidae) of the Caatinga of northeast Brazil: a case study in the state of Rio Grande do Norte. *Journal of the Lepidopterists' Society* 59:212-218.
- Duarte Jr JA, Schlindwein C (2008) Hawkmoth fauna of a northern Atlantic Forest remnant (Sphingidae). *Journal of the Lepidopterists's Society* 62:71-79.
- Gusmão MA, Creão-Duarte AJ (2004) Diversidade e análise faunística de Sphingidae (Lepidoptera) em área de brejo e caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21:491-498.
- Laroca S, Mielke OHH (1975) Ensaio sobre ecologia de comunidades em Sphingidae na Serra do Mar, Paraná, Brasil. (Lepidoptera). *Revista Brasileira de Biologia* 35:1-19.
- Laroca S, Becker VO, Zanella FCV (1989) Diversidade, abundância observada e fenologia em Sphingidae (Lepidoptera) na Serra do Mar (Quatro Barras, PR), Sul do Brasil. *Acta Biológica Paranaense* 18:13-53.
- Marinoni RC, Dutra RRC, Mielke OHH (1999) Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. IV. Sphingidae (Lepidoptera). Diversidade alfa e estrutura de comunidade. *Revista Brasileira de Zoologia* 16:223-240.
- Martin A, Soares A, Bizarro J (2011) Guia dos Sphingidae da Serra dos Órgãos: Sudeste do Brasil. Régua publications: Oxford.
- Motta CS, Ferreira RLM, Aguiar NO (1991) Sobre a esfingofauna da Ilha de Maracá e da Serra de Pacaraima, Roraima (Lepidoptera, Sphingidae). *Acta Amazônica* 21:319-324.
- Motta CS, Aguilera-Peralta FJ, Andreatze R (1998) Aspectos da esfingofauna (Lepidoptera, Sphingidae), em área de Terra-firme, no Estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica* 28:75-92.
- Motta CS, Andreatze R (2001) Esfingofauna (Lepidoptera: Sphingidae) do Parque Nacional do Jaú e arredores, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica* 31:643-654.
- Motta CS, Xavier-Filho FF (2005) Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) do município de Beruru, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica* 35:457-462.
- Primo LM, Duarte JÁ, Machado IC (2013) Hawkmoth fauna (Sphingidae, Lepidoptera) in a semi-deciduous rainforest remnant: composition, temporal fluctuations, and new records for northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 85:1177-1188.

Anexo 4.2 – Espécies de Sphingidae com maiores abundâncias observadas no Parque Estadual dos Pireneus, amostradas durante o período de agosto de 2012 a julho de 2013.



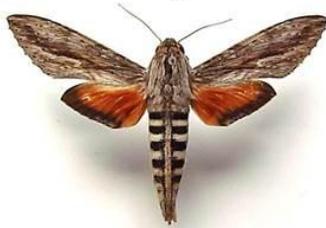
Callionima guiarti



Protambulyx strigilis



Callionima parce



Erinnyis ello



Erinnyis alope



∞Considerações Finais∞

História de vida é definida como um conjunto de estratégias incluindo adaptações comportamentais, fisiológicas e anatômicas, que influenciam a sobrevivência e a reprodução das espécies. As diferenças encontradas nos padrões de distribuição espacial e temporal entre as famílias de mariposas, estudadas no Parque Estadual dos Pireneus, podem ser explicadas pelas diferenças nas suas histórias de vida.

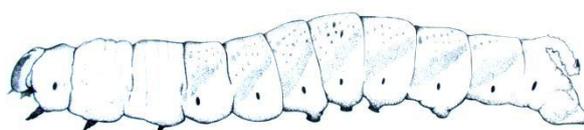
A subfamília Arctiinae apresenta grande riqueza de espécies e pronunciadas diferenças morfológicas e ecológicas entre seus táxons. Deste modo, diferentes respostas das espécies aos tipos de habitat e clima são esperadas. No presente estudo, foi observado que existem espécies adaptadas às diferentes fitofisionomias e estações climáticas, e que as diferenças encontradas na composição de espécies no espaço e tempo podem estar relacionadas à ampla variedade de estratégias de vida nesta subfamília.

As diferenças encontradas na distribuição espacial entre as mariposas Saturniidae e Sphingidae, aparentemente, estão relacionadas às suas histórias de vida distintas. Saturniidae compreende mariposas que não se alimentam enquanto adultos, tem vida curta e voam localmente. Estas características justificam a especificidade e preferência de grande parte das espécies pela fitofisionomia florestal, já que a perda de água é um fator limitante para os saturnídeos. Assim como as diferenças na composição de espécies entre as fitofisionomias podem estar relacionadas ao comportamento de voo local e à baixa capacidade de dispersão destas mariposas. Os adultos de esfingídeos, ao contrário, se alimentam intensivamente, vivem longos períodos e são excelentes voadores, com grande capacidade de dispersão. Estas características de sua história de vida justificam a similaridade na composição de

espécies entre as fitofisionomias, e a maior abundância observada em ambientes abertos e com maior disponibilidade de recurso floral, como o cerrado *sensu stricto* sobre afloramentos rochosos.

A morfologia característica dos esfingídeos, com asas e corpo aerodinâmicos, possibilita que estas mariposas voem com maior rapidez, o que também ocorre na subfamília Ceratocampinae (Saturniidae). O voo rápido permite que as mariposas sejam ativas mesmo em locais com velocidades do vento maiores, como os ambientes mais abertos. A maior abundância e riqueza de espécies observada de Sphingidae e Ceratocampinae na fitofisionomia cerrado *sensu stricto*, aparentemente, está relacionada à semelhança morfológica entre estes grupos e ao voo similar.

A sazonalidade climática do Cerrado influenciou a distribuição temporal de todas as famílias estudadas no Parque Estadual dos Pirineus. Para grande parte das espécies de Saturniidae e Sphingidae as estratégias de vida para sobrevivência durante a estação seca, aparentemente, são de permanecerem em dormência pupal. Arctiinae não apresentou variação na abundância observada durante o ano, mas foi possível verificar que no cerrado *sensu stricto* o clima é mais severo durante a estação seca do que na mata semidecídua, e as espécies permanecem em maior abundância na fitofisionomia florestal nesta estação. Estes resultados reforçaram a hipótese de que as matas servem como refúgio para as espécies durante a seca.



"Que a importância de uma coisa

há que ser medida pelo encantamento que a coisa produz em nós."

∞∞∞

Manoel de Barros