



RICARDO RUSSO SIEWERT

**PADRÕES DE DIVERSIDADE DE RIODINIDAE (LEPIDOPTERA) NO EXTREMO
SUL DO BRASIL E MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE
SYMMACHIA ARION.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Área de concentração: Biodiversidade

Orientadora: Prof. Dra. Helena Piccoli Romanowski

Co-orientador: Dr. Cristiano Agra Iserhard

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PORTO ALEGRE

2013

**PADRÕES DE DIVERSIDADE DE RIODINIDAE (LEPIDOPTERA) NO
EXTREMO SUL DO BRASIL E MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO
PONTECIAL DE *Symphachia arion*.**

RICARDO RUSSO SIEWERT

Aprovada em ____ de _____ de 2013.

Prof. Dr. Milton de Souza Mendonça Jr.

Prof. Dr. Márcio Borges Martins

Profa. Dra. Viviane Gianluppi Ferro

*À minha mãe Janice pelo
amor incondicional.*



Enquanto a maré banhava a areia da praia, o Homem das Tulipas Holandês contemplava o oceano:

— Juntadora treplicadora envenenadora ocultadora reveladora. Repare nela, subindo e descendo, levando tudo consigo.

— O que é? — Anna perguntou.

— A água — respondeu o holandês. — Bem, e as horas.

— PETER VAN HOUTEN,
Uma aflição imperial

AGRADECIMENTOS

Um sentimento de gratidão é muito difícil de expressar em simples palavras; muitas vezes tais palavras podem parecer piegas, mas é a maneira mais pura e simples de dizer ‘muito obrigado’.

Agradeço, infinitamente, a minha mãe por acreditar e respeitar todas as minhas escolhas. Tu és o molde mais perfeito de humildade e compreensão que eu já conheci em toda a minha vida. Teus princípios e ideais estão acima de qualquer moral, preconceito ou qualquer outra coisa que as pessoas criam para tentar viver dentro dos padrões ditos normais. Sou muito feliz por ser teu filho e por ter herdado de ti o gene do ‘se te faz feliz, corre atrás!’. Te amo!

À Professora Helena Piccoli Romanowski por ter aceitado me orientar, pela compreensão, ajuda, paciência e bom humor. Agradeço-te imensamente por todas as oportunidades que me ofereceste ao longo destes dois anos. Foi ótimo fazer parte do teu grupo de pesquisa!

Ao meu co-orientador e amigo Cristiano Agra Iserhard, não tenho palavras para descrever meu sentimento de gratidão por toda a ajuda, conselhos e apoio oferecidos durante o mestrado. Obrigado por ter aceitado ser meu co-orientador!

Um agradecimento super especial ao pessoal do Laboratório de Ecologia de Insetos que fizeram minha estadia em Porto Alegre muito melhor. À Juliane Bellaver pela amizade, parceria, ajuda e pelos momentos divertidos que passamos durante o teu último ano de mestrado. Admiro-te muito como pessoa e profissional. Ainda seremos colegas de trabalho (com sorte, poderás ser minha estagiária...)! À Melissa Teixeira pela amizade, conversas, ideias, infinitas risadas e (muuuuita!) mongolice. 50 tons de Dom Pedrito, entre outras tantas, ficará na memória. À Vanessa Scalco pela super parceria em campo e pelos momentos divertidos no lab. À Lidiane Fucilini pelos momentos de descontração, conversas, ideias e, claro, pelo teu bom humor. Ao Guilherme Atencio e à Luiza Moucachen pelas receitas compartilhadas. À Liana Bertoldi (e rica!) Moreno e à Andressa Caporale por disponibilizarem os registros dos riodinídeos do banhado dos pachecos. À Maria Ostília Marchiori pelo extremo bom humor, paciência e pelo belo exemplo de como uma pessoa deve ser organizada (é invejável!); sentirei muita falta da Zizivandú. Ao amigo Nicolás Mega pelas conversas estatísticas, borboletísticas e modelísticas e pelo belo exemplo de profissional que és. Os churras, bares, campos e o convívio com cada um de vocês ao longo destes dois anos jamais serão esquecidos! Não

posso deixar de agradecer ao *Black in Becker* (lê-se cafeteira) por aguentar todos os zilhões de cafés passados.

À CAPES (Edital MCT/CNPq/MMA/MEC/CAPES/FNDCT/FAPs N° 47/2010 - SISBIOTA Brasil, Proc No. 563332/2010-7- RedeLep) pela bolsa concedida.

Aos colegas e amigos dos Programas de Pós-graduação em Biologia Animal e Ecologia, em especial Camila Hoffmeister e Augusto Ferrari.

Ao Dr. Lucas Kaminski e ao M.Sc. Diego Dolibaina pela ajuda nas identificações e trocas de informações a respeito das espécies de Riodinidae.

Ao Sr. Alfred Moser por gentilmente abrir as portas de sua coleção e pela excelente hospitalidade nas inúmeras vezes que tive que consultar seu acervo. Agradeço, também, pelos ensinamentos transmitidos e, principalmente, pelo sentimento de respeito que todos deveríamos ter pela natureza.

Ao Sr. Curtis Callaghan pelas valiosas identificações e trocas de informações sobre os riodinídeos.

À Professora Ana Beatriz B. Morais da UFSM pela parceria nos projetos, saídas e encontros do laboratório. Sou muito grato pela colaboração que deste a este trabalho.

Aos curadores dos museus visitados pela ótima recepção: Dr. Olaf Mielke (UFPR), Dr. Eduardo José Ely e Silva (MECB), Dr. Gervásio Carvalho (MCTP), Dra. Maria Helena Vaz (MUCP), Dra. Mirtes Melo (CAMB), Dr. César Drehmer (MNCR), Dra. Vera Regina Wolff (MRCG), Dra. Têmia Wehrmann (MAHP), Dr. Fernando Meyer (MAPA) e Dra. Maria Helena Galileo (MCNZ).

À amiga e colega de apartamento Daiane Carvalho Moreira, muito obrigado por ter me aturado (eu também te aturei!) nestes dois anos; com certeza nunca esquecerei todos nossos acessos de risadas intermináveis. Uma das melhores coisas de ter me mudado para Porto Alegre, foi dividir apartamento contigo! O Hostel das Péstes jamais será esquecido.

Ao Otávio, por acompanhar e apoiar cada etapa deste trabalho. Obrigado por estar sempre presente.

Aos meus irmãos, pelo apoio incondicional ao longo desta jornada. Amo vocês!

Às borboletas, os seres mais incríveis e simpáticos!

SUMÁRIO

RESUMO	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação.....	1
1.2. A Ordem Lepidoptera	1
1.3. Riodinidae	3
1.4. O Estado do Rio Grande do Sul	5
1.5. A Fauna de Riodinidae no Rio Grande do Sul.....	7
1.6. Modelagem da distribuição potencial de espécies.....	10
1.7. Hipóteses de Trabalho	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
3. RESULTADOS GERAIS	17
4. REFERÊNCIAS	21
5. ARTIGO 1 - DISTRIBUTION PATTERNS OF RIODINID BUTTERFLIES FROM SOUTHERN BRAZIL.....	36
Abstract	36
Resumo	36
Introduction.....	37
Material and Methods	39
Study area	39
Data collection.....	39
Data analysis.....	40
Results.....	42
Discussion.....	43
Acknowledgements	47
References	47
6. ARTIGO 2 - SYMMACHIA ARION (FELDER & FELDER, 1865) (LEPIDOPTERA: RIODINIDAE): NOVOS REGISTROS PARA A MATA ATLÂNTICA E MODELAGEM DE SUA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL.....	70
Introdução.....	72
Material e Métodos	74

<i>Registros de ocorrência</i>	74
<i>Seleção das variáveis ambientais</i>	74
<i>Modelagem da distribuição potencial</i>	75
<i>Resultados</i>	76
<i>Discussão</i>	78
<i>Agradecimentos</i>	80
<i>Referências</i>	81
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
8. ANEXOS	94

RESUMO

Este trabalho objetivou sintetizar o conhecimento sobre as borboletas da família Riodinidae ocorrentes no estado do Rio Grande do Sul, extremo Sul do Brasil, analisar seus padrões de distribuição e ocorrência e verificar quais os fatores subjacentes a estes, tais como variáveis climáticas, topográficas e vegetacionais. Além disso, realizou-se a modelagem preditiva da distribuição geográfica da espécie *Symmachia arion*, um riodinídeo que está listado como vulnerável nas listas vermelhas dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Os registros de ocorrência dos Riodinidae foram obtidos através de bibliografia, exames em coleções científicas e saídas a campo. Foram registrados 96 taxa de Riodinidae, distribuídos em 92 municípios. Análise realizada por Escalonamento Não-métrico Multidimensional (NMDS) agrupou os pontos de registros por Bioma e por região fitogeográfica. A Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) corroborou este agrupamento e apontou como variáveis ambientais que mais contribuíram para explicar os padrões de distribuição destas borboletas: distância do oceano, precipitação e temperatura. O correlograma multivariado de Mantel sugeriu que em curtas distâncias, a composição das espécies apresenta níveis significativos de autocorrelação espacial, e à medida que a distância geográfica aumenta, estes níveis tendem a apresentar valores negativos. Para a modelagem de distribuição potencial de *S. arion*, foram selecionadas 15 variáveis climáticas e uma topográfica (em uma resolução espacial de 2.5 arc minutes) e utilizados os algoritmos Maxent e Garp. Além disso, foi construído um mapa de consenso através da técnica de projeção combinada (ensemble forecasting) a partir dos dois modelos gerados. O valor da área sob a curva (AUC) foi de 0,93 para o Maxent e de 0,89 para o Garp, indicando que ambos obtiveram um excelente desempenho. Através do modelo de consenso, foi possível localizar 12 Unidades de Conservação Federais que estão incluídas em áreas de alta probabilidade de ocorrência da espécie. Tais informações serão úteis para futuros estudos que visem estudar a distribuição e verificar padrões macroecológicos de ocorrência para a conservação e conhecimento deste grupo geralmente negligenciado e tão pouco estudado na região Neotropical.

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

A presente dissertação será apresentada na forma de artigos, conforme a resolução nº 23/2009, artigo 43, parágrafo único do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFRGS. Primeiramente, será introduzido um panorama geral dos principais assuntos da dissertação, com a descrição dos objetivos e uma rápida síntese dos resultados obtidos. A seguir, serão apresentados os capítulos 5 e 6, que se constituem nos manuscritos desenvolvidos. O primeiro apresenta uma listagem atualizada das espécies de borboletas Riodinidae do Rio Grande do Sul, compilada através de dados obtidos através de extensiva revisão bibliográfica, visitas a coleções científicas e eventuais amostragens com redes entomológicas, e a avaliação dos efeitos de gradientes ambientais – vegetacionais, climáticos e topográficos - sobre os padrões de ocorrência e distribuição de Riodinidae no estado. O segundo trata da modelagem de distribuição geográfica potencial da espécie *Symmachia arion* (Felder & Felder, 1865), realizada com base em variáveis climáticas e topográficas. O primeiro manuscrito será submetido para publicação no periódico *Journal of Insect Science* e o segundo na *Iheringia Série Zoologia*. A última parte apresenta as conclusões gerais e os anexos da dissertação.

1.2. A ORDEM LEPIDOPTERA

A Ordem Lepidoptera constitui um dos grupos mais diversificados dentro da Classe Insecta, tendo como representantes as borboletas e mariposas. Atualmente são conhecidas aproximadamente 160.000 espécies de lepidópteros, estimando-se que o número total existente esteja próximo de meio milhão (SCOBLE 1995; KRISTENSEN *et al.*

2007). As borboletas representam apenas 13% deste total, pertencendo às superfamílias Hesperioidea e Papilionoidea, e divididas em seis famílias: Hesperiidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Nymphalidae e Riodinidae (LAMAS 2004).

O ciclo de vida das borboletas abrange quatro fases de desenvolvimento: ovo, lagarta, pupa (crisálida) e adulto, é relativamente curto e facilmente estudado através de métodos padronizados (FREITAS 2010). Em geral, as lagartas alimentam-se de material vegetal no estágio larval, podendo algumas vezes ser consideradas pragas de diversas culturas, e na fase adulta são sugadores de líquidos (néctar, seiva, material orgânico em decomposição) (BROWN & FREITAS 1999).

Por possuírem um grande número de espécies ecologicamente diversificadas, terem a sua taxonomia relativamente bem estudada e serem de fácil amostragem, as borboletas formam um grupo extremamente útil para o monitoramento de ecossistemas, respondendo de forma rápida e segura às alterações que possam ocorrer em determinado ambiente (BROWN 1992; BROWN & FREITAS 1999). Além disso, são insetos carismáticos, podendo ser utilizados como espécies bandeira e guarda-chuva para conservação (NEW 1997; FREITAS 2010).

As borboletas apresentam ampla distribuição geográfica, sendo encontradas em todas as regiões do planeta, com exceção dos pólos. Sua maior concentração ocorre na Região Neotropical, onde se encontram 31,4 % do total de espécies descritas (HEPPNER 1991). No Brasil, ocorrem aproximadamente 3280 espécies de borboletas (BECCALONI & GASTON 1995), enquanto que no estado do Rio Grande do Sul há o registro publicado de pelo menos 770 espécies (MORAIS *et al.* 2007), estimando-se que este número possa ultrapassar a mais de mil (ROMANOWSKI, dados não publicados). Comparado com outros estados brasileiros, a fauna de borboletas é relativamente bem conhecida e estudada no Rio Grande do Sul (CARNEIRO *et al.* 2008), porém ainda existem

significativas lacunas de conhecimentos nos diferentes tipos de ambientes do estado (MORAIS *et al.* 2007; QUADROS 2009).

1.3. RIODINIDAE

As borboletas da família Riodinidae apresentam, aproximadamente, 95% de sua riqueza concentrada na região Neotropical, constituindo em torno de 1.300 espécies pertencentes a duas subfamílias: Euselasiinae, restrita à região Neotropical, e Riodininae, presente nas demais regiões biogeográficas (DEVRIES 1997; HALL 2002). Euselasiinae apresenta 176 espécies descritas, das quais 170 pertencem a *Euselasia* Hübner, [1819], o maior gênero de Riodinidae (NISHIDA 2010). A subfamília Riodininae é dividida em sete tribos: Eurybiini, Mesosemiini, Riodinini, Helicopini, Symachiini, Stalachtini e Nymphidiini, possuindo ainda a seção denominada *Incertae sedis* que se divide em quatro grupos genéricos: *Argyrogrammana* Strand, 1932, *Calydna* Doubleday, 1847, *Emesis* Fabricius, 1807 e *Pachythone* Bates, 1868 (HALL 2007).

Durante muito tempo discutiu-se o posicionamento sistemático de Riodinidae, no qual diversos autores consideravam esta família como subfamília de Lycaenidae. Nos últimos 20 anos, o número de estudos filogenéticos sobre Riodinidae aumentou significativamente, corroborando a hipótese de ser um grupo irmão de Lycaenidae (CAMPBELL *et al.* 2000; CAMPBELL & PIERCE 2003; HALL 2005; WAHLBERG *et al.* 2005), a qual foi definitivamente elevada ao *status* de família. A mirmecofilia é uma característica que alguns grupos de Riodinidae (Eurybiini e Nymphidiini) compartilham com Lycaenidae, distinguindo-as do restante dos Papilionoidea. Associações mutualísticas ocorrem em diversos casos, nas quais as larvas secretam substâncias

açucaradas, que as formigas utilizam para alimentação e, em ‘troca’, oferecem proteção contra predadores e parasitas (*e.g.* CAMPBELL & PIERCE 2003; KAMINSKI 2008a).

Apesar de ser a segunda família mais diversificada, ficando atrás apenas de Nymphalidae, Riodinidae é considerado um dos grupos menos estudados entre as borboletas (HALL & HARVEY 2002a). Aspectos básicos como história de vida e morfologia são desconhecidos para a maioria das espécies (85-87%) (HALL *et al.* 2004; KAMINSKI 2008b).

Os riodínídeos geralmente concentram-se em microhabitats restritos, podendo ser raros espacialmente, mesmo que apresentem ampla distribuição (BROWN 1992; CALLAGHAN 1978; DEVRIES 1997). Como exemplo, algumas espécies dos gêneros *Aricoris* Westwood, 1851 são típicas de áreas abertas na América do Sul (DEVRIES 1997); as espécies do gênero *Seco* Hall & Harvey, 2002 são restritas a ambientes xéricos (HALL & HARVEY 2002b), enquanto outras do gênero *Euselasia* são restritas a ambientes úmidos (*e.g.* NISHIDA 2010). Diversas espécies possuem o hábito de “empoleirar-se” (*perching behaviour*) e pousarem com as asas abertas na face abaxial das folhas (DEVRIES 1997), dificultando muitas vezes a coleta destes indivíduos. Outra característica do grupo, assim como de outros lepidópteros Neotropicais, é a ocorrência de estratificação vertical (*e.g.* HALL & WILLMOT 2010), com algumas espécies concentrando-se em copas de árvores durante grande parte de sua vida adulta.

O fato de diversas espécies apresentarem uma distribuição espacial restrita, torna-as facilmente ameaçadas pela alteração e destruição de seus habitats (NEW 1993). A espécie *Pseudotinea hemis* (Schaus, 1927), recentemente registrada para o Rio Grande do Sul (ISERHARD *et al.* 2010), possui ocorrência restrita a ambientes campestres bem preservados (HALL & CALLAGHAN 2003). A modificação que seu habitat vem sofrendo, especialmente no Sul do Brasil, onde os campos naturais estão

sendo cada vez mais convertidos em áreas para pecuária e agricultura, representa séria ameaça à espécie. Na Mata Atlântica, espécies típicas de formações florestais mostram-se muito sensíveis a distúrbios e poluição (BROWN JR & FREITAS 2000). O desaparecimento destas espécies pode estar indicando os efeitos do desequilíbrio nestes sistemas naturais. De acordo com a revisão da lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção apresentada no ‘Plano de Ação Nacional para a Conservação de Lepidópteros’ (MARINI-FILHO & FREITAS 2011), cinco das seis espécies de Riodinidae listadas são endêmicas da Mata Atlântica e possuem como principal grau de ameaça a destruição de seus habitats.

1.4. O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

O Rio Grande do Sul está situado ao extremo sul do Brasil, fazendo divisa com o Uruguai, Argentina e o estado de Santa Catarina. Compreendido entre os paralelos 27° e 34° S, o estado apresenta dois tipos climáticos, de acordo com a classificação de Köppen: Cfa, encontrado na maior parte do estado, e Cfb, encontrado na Região de Serra do Nordeste e nas partes mais elevadas das regiões do Planalto e Serra do Sudeste (KUINCHTNER & BURIOL 2001).

O estado possui dois grandes biomas, sendo que uma porção (36%) insere-se no bioma Mata Atlântica e o restante (64%) no bioma Pampa. A Mata Atlântica representa a segunda floresta mais ameaçada do mundo e faz parte de um dos 34 *hotspots* mundiais (MYERS *et al.* 2000). Formada por diferentes relevos, vegetações, paisagens e condições climáticas, a Floresta Atlântica distribui-se, principalmente, ao longo da costa brasileira, possuindo porções que alcançam a Argentina e o Paraguai (LAGOS & MULLER 2007), abrigando um alto número de espécies endêmicas e ameaçadas. No Brasil, este bioma estende-se do Piauí até a porção norte do Rio Grande do Sul e abrangia uma área

equivalente a 15% do território brasileiro (SOS MATA ATLÂNTICA 1998). As explorações constantes de seus recursos naturais reduziram-na a 7,91% de sua formação original. Uma parte considerável da biodiversidade brasileira está abrigada nas diferentes formações florestais e ecossistemas associados da Floresta Atlântica, como Floresta Ombrófila Mista, Densa e Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Decidual, restingas, mangues, campos de altitude, brejos interioranos e enclaves florestais do Nordeste (IBGE 2004). No Rio Grande do Sul, a Floresta Atlântica ocupava uma área de 11 milhões de hectares e, atualmente, encontra-se reduzida a apenas 2,69% da cobertura original (SOS MATA ATLÂNTICA 1998).

O Pampa é composto por ecossistemas campestres que abrigam uma alta riqueza de espécies animais e vegetais, apresentando elevados índices de endemismo e diversidade (BENCKE 2009; BOLDRINI 2009; IGANCI *et al.* 2011). Com relação a fauna, os campos constituem o principal hábitat para diversas espécies, incluindo vertebrados endêmicos deste ecossistema (BENCKE 2009). Em contraste, o conhecimento sobre os invertebrados terrestres é extremamente precário se comparado com outros grupos (LEWINSOHN 2006), apesar das borboletas serem consideradas um dos grupos de invertebrados terrestres mais bem representado no Pampa (CARNEIRO *et al.* 2008), principalmente pelos registros históricos através de inventários realizados no início do século XX. Algumas espécies do gênero *Pampasatyrus* Hayward, 1953 (Satyrinae) apresentam uma estrita associação com ambientes campestres bem preservados, sugerindo que estas borboletas podem ser consideradas potenciais indicadoras da qualidade ambiental dos campos nativos (GRAZIA *et al.* 2008).

Com o avanço das atividades agrícolas e da expansão urbana cada vez mais acelerada, o bioma Pampa tem sofrido intensas alterações em sua paisagem. Cerca de 51% da vegetação campestre original já foi suprimida e menos de 0,5% de sua área

encontra-se sobre proteção legal dentro de Unidades de Conservação (PILLAR *et al.* 2009). Estes dados sugerem que muitas informações sobre a biodiversidade estão sendo perdidas e que os projetos de monitoramento e conservação sobre estas áreas de campo têm sido negligenciados (ROSA *et al.* 2011).

1.5. A FAUNA DE RIODINIDAE NO RIO GRANDE DO SUL

O primeiro registro da fauna de Riodinidae do estado data do final do século XIX através do trabalho histórico de WEYMER (1894). Adolpho Mabilde foi o pioneiro em elaborar uma coleção de Lepidoptera no Brasil e parte de sua pesquisa está publicada em livro sobre as borboletas do Rio Grande do Sul (MABILDE 1896). Nesta obra, Mabilde registra aproximadamente 280 espécies de borboletas para o Rio Grande do Sul, sendo 28 Riodinidae. Atualmente sua coleção encontra-se depositada no acervo entomológico da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre. Todavia, grande parte dos exemplares encontra-se sem informações referentes aos locais de coleta.

Na primeira metade do século XX, Ceslau Maria Biezanko, professor da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, fez importantes contribuições sobre a entomofauna do estado, principalmente dos lepidópteros. Suas áreas de amostragens situavam-se nas regiões “Missioneira” (atual município de Guarani das Missões) e “Sueste” (municípios de Pelotas, Rio Grande e arredores) (BIEZANKO *et al.* 1978). A primeira e única compilação de dados de Riodinidae ocorrentes no estado foi realizada por BIEZANKO *et al.* (1978), totalizando 49 espécies registradas nas antigas regiões “Sueste” e “Missioneira”, além da descrição de uma nova espécie: *Stichelia pelotensis* Biezanko, Mielke & Wedderhoff 1978. Esta espécie foi descrita com base em exemplares coletados no município de Pelotas durante

a década de 50, e os tipos encontram-se depositados na coleção de Lepidoptera do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (DZUP), Curitiba, Paraná.

Em 1986, Alexandre Ruzsczyk estudou o efeito de diferentes graus de urbanização sobre a fauna de borboletas de Porto Alegre e registrou apenas uma espécie de Riodinidae: *Riodina lycisca lysistratus*. KRÜGER & SILVA (2003) revisaram todo material referente à Papilionoidea coligido por Biezanko no município de Pelotas e arredores, e retornaram aos locais onde o pesquisador realizava suas expedições. Das 27 espécies registradas por Biezanko, os autores coletaram apenas oito (KRÜGER & SILVA 2003).

Em meados dos anos 90, alguns grupos de pesquisas com enfoque em ecologia de borboletas começaram a se consolidar no estado. Em 1996, teve início o programa denominado ‘Borboletas do Rio Grande do Sul’, liderado pela Profa. Dra. Helena Piccoli Romanowski da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo como objetivo a realização de inventários com metodologias padronizadas e análises de diversidade de borboletas ocorrentes em diversos tipos de ecossistemas característicos do estado, visando identificar padrões de ocorrência e distribuição destes organismos e as principais variáveis ambientais determinantes destes.

Dentro do “Programa Borboletas do Rio Grande do Sul”, a família Riodinidae, em particular, teve registro em diferentes ambientes em áreas verdes e parques públicos com diferentes graus de urbanização no município de Porto Alegre (TEIXEIRA *et al.* 1999; CAMARGO 2006); no Parque Estadual do Turvo, município de Derrubadas (SCHANTZ 2000); em talhões de eucaliptos e em formações nativas no Horto Florestal Barba Negra, no município de Barra do Ribeiro (ANTUNES 2000; TEIXEIRA 2000) e nos municípios de Pantano Grande e Eldorado do Sul (RAPPA 2012); no Parque Estadual de

Itapuã, município de Viamão (MARCHIORI 2003; MARCHIORI & ROMANOWSKI 2006a; SCHANTZ 2000; TEIXEIRA 2003); ao longo de um gradiente altitudinal e em diferentes ambientes na Floresta Ombrófila Densa, no município de Maquiné (ISERHARD 2003; ISERHARD & ROMANOWSKI 2004); em diferentes ambientes na Reserva Biológica do Lami, no município de Porto Alegre (TEIXEIRA 2005); em áreas de restinga e mata paludosa no Parque Estadual de Itapeva, no município de Torres (BELLAVÉR *et al.* 2012; ISERHARD *et al.* 2005); no Parque Natural do Morro do Osso, no município de Porto Alegre (CASTRO 2006); em mata ciliar e savana parque no Parque Estadual do Espinilho e arredores, município de Barra do Quaraí (MARCHIORI & ROMANOWSKI 2006b); e em formações de matas de restingas e matas de araucária nos municípios de Maquiné e São Francisco de Paula (ISERHARD 2009; QUADROS 2009; ISERHARD *et al.* 2010; MARCHIORI 2012).

Também o grupo de pesquisa liderado pela Prof. Dra. Ana Beatriz de Barros Morais da Universidade Federal de Santa Maria, está integrado ao “Programa Borboletas do Rio Grande do Sul” e tem contribuído substancialmente com estudos envolvendo inventariamentos da fauna de Riodinidae da região central do estado e arredores (DESSUY & MORAIS 2007; SACKIS & MORAIS 2008; RITTER *et al.* 2011; MORAIS *et al.* 2012).

Além dos grupos de pesquisa que fazem parte do “Programa Borboletas do Rio Grande do Sul”, outras contribuições envolvendo a fauna de Riodinidae no estado já foram publicadas. GIOVENARDI *et al.* (2008) e BONFANTTI *et al.* (2009) estudaram a fauna de borboletas do planalto meridional, norte do estado, município de Frederico Westphalen, e, juntos, totalizaram 11 espécies de Riodinidae para esta região. ROSA *et al.* (2011) registraram apenas duas espécies de Riodinidae para o Parque Natural Municipal de Uruguaiana, localizado no sudoeste do estado, município de Uruguaiana.

FRONZA *et al.* (2011) também registraram apenas duas espécies de Riodinidae associadas a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no estado.

Apesar dos estudos mencionados, há ainda profundas lacunas no conhecimento do táxon: apenas o estudo de BIEZANKO *et al.* (1978) teve o grupo como foco e frequentemente este é excluído dos estudos. Por exemplo, importantes e numerosas contribuições foram realizadas pelo grupo de pesquisa do Prof. Dr. Élio Corseuil da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul referente à fauna de borboletas do Rio Grande do Sul (TESTON & CORSEUIL 1998, 1999, 2000a, b, 2001, 2002a, b, 2008a, b, c; TESTON *et al.* 2006; CORSEUIL *et al.* 2004), porém nenhum estudo incluiu os Riodinidae.

1.6. MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE ESPÉCIES

Conhecer a distribuição de espécies é extremamente importante para a realização de planejamentos conservacionistas. Entretanto, o conhecimento sobre a distribuição geográfica da maioria das espécies é estimado somente com base em seus registros de ocorrência e exclui qualquer informação sobre fatores ambientais e ecológicos.

A modelagem de distribuição potencial (MDP) está sendo cada vez mais utilizada como uma ferramenta para estimar a extensão da distribuição geográfica das espécies. Este processo consiste em converter dados primários de ocorrência registrada da espécie em estudo, aliar dados ecológicos/ambientais (temperatura, precipitação, umidade, tipo de solo, etc.) e aplicar algoritmos que tentam encontrar possíveis auto-correlações entre os pontos de ocorrência da espécie e um conjunto multivariado de variáveis ambientais (Figura 1) (PHILLIPS *et al.* 2006). O uso da MDP é útil em várias áreas, mas vem sendo valorizado, sobretudo, em biologia da conservação (DE MARCO JR. & SIQUEIRA 2009), sendo bem sucedida em estudos sobre a conservação de espécies

raras ou ameaçadas (e.g. DIAS *et al.* 2011), previsões sobre a distribuição das espécies através de impactos causados pelas mudanças climáticas (e.g. WIENS *et al.* 2009), reintrodução de espécies (e.g. HIRZEL *et al.* 2002), entre outros.

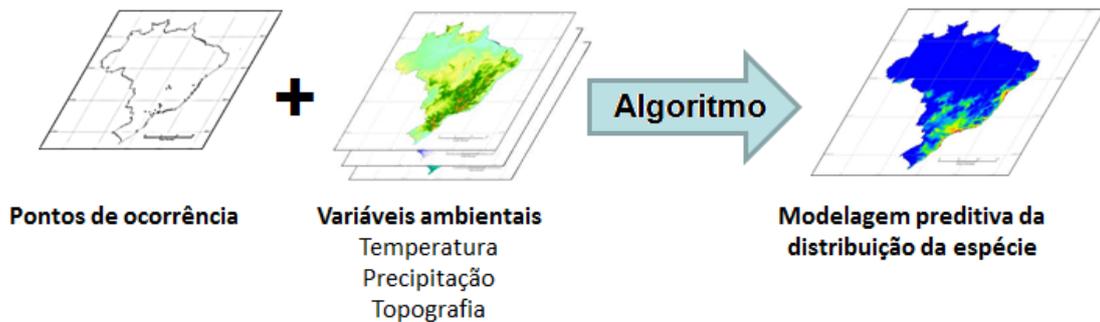


Figura 1. Processo da modelagem preditiva da distribuição de espécies. Modificado de SIQUEIRA (2005).

O conceito de nicho fundamental está atrelado aos resultados gerados pelos modelos preditivos. Após os trabalhos de GRINNELL (1904, 1917, 1924) e ELTON (1927), George Evelyn Hutchinson aprimorou o conceito de nicho ecológico, definindo como um hiper-volume com n dimensões, no qual n fatores limitantes afetariam a sobrevivência de um organismo (HUTCHINSON 1957). Em outras palavras, este hiper-volume com n dimensões estaria constituído de uma série de combinações entre diversas condições e recursos que representaria o espaço no qual a espécie é capaz de sobreviver e se reproduzir. Ainda, HUTCHINSON (1957) diferenciou os conceitos de nicho fundamental e nicho realizado. O nicho fundamental seria a combinação entre um conjunto de variáveis ambientais que definiriam os limites máximos no qual determinado organismo poderia ocupar. Entretanto, outras características biológicas como recursos e interações com outros organismos, limitam a distribuição de determinadas espécies, restringindo sua área de ocupação. Esta pequena porção no qual

a espécie ocorre de fato, restringe-se ao nicho realizado (HUTCHINSON 1957). Em muitos casos, o processo de modelagem consiste em verificar a adequabilidade de um determinado local que possa ser ocupado por uma espécie com base em condições ambientais (PHILLIPS 2008). Desta forma, o termo *modelagem de nicho* não deveria ser usado, pois implica em uma série complexa de fatores bióticos e abióticos atuantes sobre determinado organismo (JIMÉNEZ-VALVERDE *et al.* 2008). Grande parte dos estudos utilizam apenas variáveis abióticas no processo de modelagem resultando, dessa forma, em um modelo de distribuição geográfica potencial e não de nicho (ver revisão de GIANNINI *et al.* 2012).

Nos últimos anos, diversas técnicas computacionais vêm sendo desenvolvidas com o intuito de modelar a distribuição de espécies. Os algoritmos Maxent (*Maximum entropy*) e Garp (*Genetic Algorithm for Rule Set Production*) utilizam apenas dados de presença e apresentam bons resultados com poucos dados de registros, sendo amplamente utilizados na literatura científica (GIANNINI *et al.* 2012). O Maxent utiliza o princípio de máxima entropia, ou seja, a distribuição prevista é a mais próxima da distribuição uniforme (PHILLIPS *et al.* 2006). O Garp é um algoritmo genético que emprega outros algoritmos distintos (*e.g.* regressão logística) e gera um conjunto de regras no qual é otimizado, definindo o modelo da distribuição potencial do organismo que está sendo analisado (STOCKWELL & PETERS 1999).

1.7. HIPÓTESES DE TRABALHO

Devido ao fato que espécies de Riodinidae são restritas a determinados tipos de ambientes, supõe-se que a composição e a diversidade dessas borboletas difiram grandemente nos dois Biomas do Rio Grande do Sul e nas diferentes formações vegetais ocorrentes nos mesmos.

Sugere-se, também, que a composição de espécies de Riodinidae esteja associada às diferentes variáveis ambientais nos dois Biomas em questão, tais como, altitude, precipitação, umidade e temperatura. Tais aspectos estariam subjacentes aos padrões de ocorrência e distribuição de Riodinidae no Rio Grande do Sul.

A identificação dos padrões de ocorrência e diversidade e de quais são as principais variáveis responsáveis pelos padrões observados será uma importante ferramenta para subsidiar estratégias de conservação destas espécies e seus ambientes.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Compilar e sistematizar o conhecimento existente sobre a fauna das borboletas da família Riodinidae (Lepidoptera: Papilionoidea) ocorrente no extremo Sul do Brasil, buscando identificar padrões subjacentes de ocorrência e distribuição das espécies desta família e as principais variáveis que determinam estes padrões, além de realizar a modelagem de distribuição potencial de *Symmachia arion*.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compilar e revisar dados existentes sobre os riodinídeos do Rio Grande do Sul através de revisão bibliográfica, exame de coleções entomológicas e dados provenientes do Programa ‘Borboletas do Rio Grande do Sul’;
- Testar possíveis correlações entre a composição de espécies de Riodinidae e as diferentes características vegetacionais, climáticas (temperatura, precipitação e umidade relativa do ar) e geográficas (altitude e distância do oceano) existentes no Rio Grande do Sul;
- Realizar a modelagem da distribuição potencial da espécie *Symmachia arion*, categorizada como vulnerável no estado;
- Contribuir para o conhecimento da lepidopterofauna e fornecer subsídios para conservação da fauna de Riodinidae no Rio Grande do Sul.

RESULTADOS GERAIS

3. RESULTADOS GERAIS

- A partir da revisão em 21 artigos científicos e 12 coleções biológicas, foram registrados 96 taxa de Riodinidae pertencentes às duas subfamílias (Euselasiinae e Riodininae) em 92 municípios para o Rio Grande do Sul;
- Os taxa registrados pertencem à Euselasiini (7 spp), Eurybiini (3 spp), Mesosemiini (5 spp), Nymphidiini (29 spp), Riodinini (30 spp), Symmachiini (11 spp) e Incertae Sedis (11 spp);
- Foram obtidos 17 registros de Riodinidae ainda não publicados para o Rio Grande do Sul;
- A riqueza para cada município variou de 1 a 37 espécies;
- Das 483 quadrículas (27 km x 27 km) geradas sobre a área do estado, apenas 69 apresentaram algum registro de Riodinidae;
- As três quadrículas que apresentaram a maior riqueza de espécies, estão localizadas na região sul (Pelotas e arredores) e nordeste do estado (Maquiné, Porto Alegre, São Leopoldo e Viamão), locais onde há maior concentração de estudos referentes à fauna de borboletas no Rio Grande do Sul;
- A riqueza de espécies por quadrícula está altamente correlacionada com o número de localidades amostradas ($r_s = 0.52$; $p < 0.01$);
- O Escalonamento Não-métrico Multidimensional (NMDS) indica que a composição de riodinídeos difere entre áreas de campo e áreas de mata, no qual é possível observar a formação de grupos de acordo com a formação fitogeográfica, principalmente em ambientes do Pampa;
- A diferença na composição das espécies entre os diferentes tipos fitogeográficos foi corroborada pela ANOSIM ($R = 0.56$; $p < 0.01$);

- A Análise Canônica de Coordenadas Principais (CAP) também apresentou um resultado semelhante ao do NMDS no que diz respeito às regiões fitogeográficas;
- Os três primeiros eixos da CAP explicaram 82% da variação na composição das espécies de acordo com as variáveis ambientais ($p < 0.05$);
- Os municípios localizados em áreas de Florestas Ombrófilas Mista e Densa e Floresta Estacional Semidecidual foram positivamente associados com a precipitação;
- Localidades com altitudes elevadas foram agrupados;
- Distância do oceano e temperatura foram variáveis opostas à precipitação e altitude, enquanto que a variação da temperatura foi positivamente associada à habitats de campo e negativamente associada com as outras variáveis;
- A composição das espécies e a distância geográfica estão correlacionadas ($r_M = 0.40$; $p < 0.01$), indicando que localidades mais próximas apresentam uma composição similar da fauna de Riodinidae e à medida que aumenta a distância geográfica a dissimilaridade na composição de espécies é maior;
- A espécie *Symmachia arion* (Felder & Felder, 1865) foi registrada em 13 localidades, sendo que os dois novos registros (Maquiné e Novo Hamburgo) possibilitaram o aumento de sua distribuição sul em, aproximadamente, 600 quilômetros;
- A modelagem gerada pelos algoritmos Maxent e Garp indicaram como áreas de alta probabilidade de ocorrência da espécie *S. arion*, as serras gaúcha e catarinense, além da Serra do Mar que envolve os estados de Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais;
- A modelagem realizada pelo Garp apresentou uma distribuição potencial mais restrita do que o Maxent;

- Os valores da AUC foram de 0,93 e 0,89 para o Maxent e Garp, respectivamente;
- Através do modelo de consenso, foi possível detectar 12 unidades de conservação que estão incluídas em áreas de alta probabilidade de ocorrência da espécie em estudo: Parque Nacional de Aparados da Serra, na divisa entre Rio Grande do Sul e Santa Catarina; Parque Nacional de São Joaquim, Parque Nacional da Serra do Itajaí, Floresta Nacional de Ibirama, e Área de relevante interesse ecológico Serra da Abelha, em Santa Catarina; Floresta Nacional de Assungui e Floresta Nacional dos Campos Gerais, no Paraná; Floresta Nacional de Capão Bonito, Floresta Nacional de Ipanema e Área de Proteção Ambiental Bacia do Paraíba do Sul, em São Paulo; Reserva Biológica do Tinguá e Área de Proteção Ambiental Petrópolis, no Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

4. REFERÊNCIAS

(DE ACORDO COM AS NORMAS DA REVISTA BRASILEIRA DE ZOOLOGIA)

- ANTUNES, F. F. 2000. **Padrões da comunidade de borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera) em áreas com plantio de eucalipto de diferentes idades.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- BECCALLONI, G. W. & K. J. GASTON. 1995. Predicting species richness of Neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. **Biological Conservation** 71 (1): 77-86.
- BELLAVER, J. M.; ISEHARD, C.A.; SANTOS, J. P.; SILVA, A. K.; TORRES, M.; SIEWERT, R. R.; MOSER, A. & H. P. ROMANOWSKI. 2012. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) de Matas Paludosas e Matas de Restinga da Planície Costeira da região Sul do Brasil. **Biota Neotropica**: 181-190.
- BENCKE, G. A. 2009. Diversidade e conservação da fauna dos campos do sul do Brasil. *In*: Pillar, V. D., Müller, S. C., Castilhos, Z. M. S. & A. V. A. Jacques (eds). **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade.** Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 101-121.
- BIEZANKO, C. M.; MIELKE, O. H. H. & A. WEDDERHOFF. 1978. Contribuição ao estudo faunístico dos Riodinidae do Rio Grande do Sul, Brasil (Lepidoptera). **Acta Biologica do Paraná** 7(1/4): 7-22.
- BOLDRINI, I. I. 2009. A Flora dos campos do Rio Grande do Sul. *In*: Pillar, V. D., Müller, S. C., Castilhos, Z. M. S. & A. V. A. Jacques (eds). **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade.** Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 63-77.
- BONFANTTI, D.; DI MARE, R. A. & R. GIOVENARDI. 2008. Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) from two Forest fragments in northern Rio Grande do Sul, Brazil. **Checklist** 5(4): 819-829.

- BROWN JR., K. S. 1992. Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In: L.P.C. MORELLATO (org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Campinas: UNICAMP/FAPESP, p. 142–186.
- BROWN JR., K. S. & A. V. L. FREITAS. 1999. Lepidoptera. In: Joly. C. A. e Bicudo C. E. M. (orgs.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo: Síntese do conhecimento ao final do século XX**. v. 5. C. R. F. Brandão & E. M. Canello Eds. Invertebrados terrestres. São Paulo: FAPESP, p. 225-243.
- BROWN JR., K. S. & D. R. GIFFORD. 2002. Lepidoptera in the cerrado landscape and the conservation of vegetation, soil and topographical mosaics, p. 201–217. In: P. S. Oliveira & R. J. Marquis (eds.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York, Columbia University Press, 398 p.
- BROWN JR., K. S. & A. V. L. FREITAS. 2000. Atlantic forest butterflies: indicators of landscape conservation. **Biotropica** 32(4b): 934-956.
- CALLAGHAN, C. J. 1978. Studies on restinga butterflies. II. Notes on the population structure of *Menander felsina* (Riodinidae). **Journal of the Lepidopterists Society** 32: 37-48.
- CALLAGHAN, C. J. & G. LAMAS. 2004. Riodinidae. In: LAMAS, G (ed). **Atlas of Neotropical Lepidoptera: Checklist: Part 4a Hesperioidea – Papilionoidea.**, Scientific Publishers, 439 p.
- CAMARGO, F. 2006. **Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) de áreas verdes de Porto Alegre, RS**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.

- CAMPBELL, D.; BROWER, A. V. Z. & N. E. PIERCE. 2000. Molecular evolution of the wingless gene and its implications for the phylogenetic placement of the butterfly family Riodinidae (Lepidoptera: Papilionoidea). **Molecular Biology and Evolution** **17**: 684-696.
- CAMPBELL, D. L. & N. E. PIERCE. 2003. Phylogenetic relationships of the Riodinidae: implications for the evolution of ant association. In: Boggs, C. L.; Watt, W. B. & Ehrlich, P. R. (Orgs.) **Butterflies: ecology and evolution taking flight**. Chicago: University of Chicago, p. 395-408.
- CARNEIRO, E.; MIELKE, O. H. H. & M. M. CASAGRANDE. 2008. Butterfly inventories in Brazil: the state of art and the priority-areas model research aiming at conservation. **Natureza & Conservação** **6**: 176-198.
- CASTRO, D. S. 2006. **Levantamento da fauna de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) do Parque Natural do Morro do Osso, Porto Alegre, RS**. Monografia de conclusão do curso de Especialização em Diversidade e Conservação da Fauna, PPG Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, RS.
- CORSEUIL, E.; QUADROS, F. C.; TESTON, J. A. & A. MOSER. 2004. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) coletadas no Centro de Pesquisa e Conservação da Natureza Pró-Mata. 4: Lycaenidae. **Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS** **9**: 65-70.
- DE MARCO JR., P. M. & M. F. SIQUEIRA. 2009. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? **Megadiversidade** **5(1-2)**: 65-76.
- DESSUY, M. B. & A. B. B. MORAIS. 2007. Diversidade de Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea e Hesperioidea) em fragmentos de Floresta Estacional Decidual em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **24(1)**: 108-120.

- DEVRIES, P. J. 1997. **The butterflies of Costa Rica and their natural history II: Riodinidae**. Princeton University, Princeton, xxv + 228p.
- DIAS, M. A.; SIMÓ, M. CASTELLANO, I. & A. D. BRESCOVIT. 2011. Modeling distribution of *Phoneutria bahiensis* (Araneae: Ctenidae): an endemic and threatened spider from Brazil. **Zoologia** **28** (4): 432-439.
- ELTON, C. 1927. **Animal ecology**. Sidwig and Jackson, London. 296p.
- FREITAS, A. V. L. 2010. Impactos Potenciais das Mudanças Propostas no Código Florestal Brasileiro sobre as Borboletas. **Biota Neotropica** **10** (4): 53-57.
- FRONZA, E.; SPECHT, A. & E. CORSEUIL. 2011. Butterflies and moths (Insecta: Lepidoptera) associated with *erva-mate*, the South American Holly (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), in Rio Grande do Sul, Brazil. **Checklist** **7(4)**: 496-504.
- GIANNINI, T. C.; SIQUEIRA, M. F.; ACOSTA, A. L.; BARRETO, F. C. C.; SARAIVA, A. M. & I. A. SANTOS. 2012. Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. **Rodriguésia** **63(3)**: 1-18.
- GIOVENARDI, R.; DI MARE, R. A.; SPONCHADO, J.; ROANI, S.; JACOMASSA, F. A. F. JUNG, A. B. & M. A. PORN. 2008. Diversidade de Lepidoptera (Papilionoidea e Hesperioidea) em dois fragmentos de floresta no município de Frederico Westphalen, Rio grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** **52**: 599-605.
- GRAZIA, J.; ARAÚJO, P. B.; ROMANOWSKI, H. P.; SCHWERTNER, C. F.; ISERHARD, C. A.; FERRO, V. & L. MOURA. 2008. Artrópodos Terrestres. *In*: Georgina Bond-Buckup. (Org.). **Biodiversidade dos Campos de Cima da Serra**. Porto Alegre: Libretos, p. 76-97.
- GRINNELL, J. 1904. The origin and distribution of the chestnut-backed chickadee. **Auk** **21**: 375-377.

- GRINNELL, J. 1917. The niche-relationship of the California thrasher. **Auk** **34**: 427-433.
- GRINNELL, J. 1924. Geography and evolution. **Ecology** **5**: 225-229.
- HALL, J. P. W. 2002. Phylogeny of the rioidinid butterfly subtribe Theopeina (Lepidoptera: Riodinidae: Nymphidiini). **Systematic Entomology** **27**: 139-167.
- HALL, J. P. W. 2005. **A Phylogenetic Revision of the Napaeina (Lepidoptera: Riodinidae: Mesosemiini)**. The Entomological Society of Washington, Washington, DC.
- HALL, J. P. W. 2007. Phylogenetic Revision of the New Neotropical Riodinid Genus *Minstrellus* (Lepidoptera: Riodinidae). **Annals of the Entomological Society of America** **100(6)**: 773 – 786.
- HALL, J. P. W. & C. J. CALLAGHAN. 2003. A revision of the new rioidinid butterfly genus *Pseudotinea* (Lepidoptera: Riodinidae). **Journal of Natural History** **37**: 821-837.
- HALL, J. P. W. & D. J. HARVEY. 2002a. The phylogeography of Amazonia revisited: new evidence from rioidinid butterflies. **Evolution** **56(7)**: 1489-1497.
- HALL, J. P. W. & D. J. HARVEY. 2002b. A revision of the Neotropical butterfly genus *Seco* Hall and Harvey (Lepidoptera: Riodinidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington** **104(4)**: 941-947.
- HALL, J. P. W.; HARVEY, D. J. & D. H. JANZEN. 2004. Life history of *Calydna sturnula* with review of larval and pupal balloon setae in the Riodinidae (Lepidoptera). **Annals of the Entomological Society of America** **97**: 310-321.
- HALL, J. P. W. & K. R. WILLMOTT. 2010. Description of a new *Lucillella* species (Riodinidae: Symmachiini) discovered in the Eastern Andes of Ecuador using the single rope canopy access technique. **Journal of the Lepidopterist's Society** **64(3)**: 139-146.

- HEPPNER, J. B. 1991. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. **Tropical Lepidoptera 2** (Suppl. 1): 1-85.
- HIRZEL, A. H.; HAUSSER, J.; CHESSEL, D.; PERRIN, N. 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? **Ecology 83**: 2027– 2036.
- HUTCHINSON, G. E. 1957. Concluding remarks. **Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology 22**: 415-427.
- IBGE. 2004. **Mapa de Vegetação do Brasil**. ftp://geofp.ibge.gov.br/ mapas/tematicos/ mapas_murais/ vegetacao.pdf. Acesso em junho de 2012.
- IGANCI, J. R.V.; HEIDEN, G.; MIOTTO, S. T. S. & R. T. PENNINGTON. 2011. Campos de Cima da Serra: the Brazilian Subtropical Highland Grasslands show an unexpected level of plant endemism. **Botanical Journal of the Linnean Society 167(4)**: 378-393.
- ISERHARD, C. A. 2003. **Levantamento da diversidade de borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera) e sua variação ao longo de um gradiente altitudinal em uma região de Mata Atlântica, município de Maquiné, RS**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- ISERHARD, C. A. 2009. **Estrutura e composição da assembleia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em diferentes formações da Floresta Atlântica do Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- ISERHARD, C. A. & H. P. ROMANOWSKI. 2004. Lista de espécies de borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea e Hesperioidea) da região do vale do rio Maquiné, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia 21** (3): 649-662.

- ISERHARD, C. A.; L. A. KAMINSKI; F. CAMARGO; E. C. TEIXEIRA & H. P. ROMANOWSKI. 2005. Rapid butterfly inventory in a swamp forest fragment of the Atlantic Rainforest in Southern Brazil. In: **Proceedings of the Annual meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation**. Uberlândia, CD-ROM.
- ISERHARD, C. A.; QUADROS, M. T.; ROMANOWSKI, H. P. & M. DE S. MENDONÇA-JR. 2010. Occurrence of butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in different habitats at the Araucaria Moist Forest and the Grasslands in the Basaltic Highlands in Southern Brazil. **Biota Neotropica** **10**: 309-320.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; LOBO, J. M. & J. HORTAL. 2008. Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modeling. **Diversity and Distributions** **14**: 885-890.
- KAMINSKI, L. A. 2008a. Polyphagy and obligate myrmecophily in the butterfly *Hallynymph paucipuncta* (Lepidoptera: Riodinidae) in the Neotropical Cerrado Savanna. **Biotropica** **40(3)**: 390–394.
- KAMINSKI, L. A. 2008b. Immature stages of *Caria plutargus* (Lepidoptera: Riodinidae), with discussion on the behavioral and morphological defensive traits in nonmyrmecophilous riodinid butterflies. **Annals of the Entomological Society of America** **101(5)**: 906-914.
- KRISTENSEN, N. P.; SCOBLE, M. J. & O. KARSHOLT. 2007. Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. **Zootaxa** **1668**: 699–747.
- KRÜGER, C. P & E. J. E. SILVA. 2003. Papilionoidea (Lepidoptera) de Pelotas e seus arredores, Rio Grande do Sul, Brasil. **Entomologia y Vectores** **10(1)**: 31-45.
- KUINCHTNER, A. & G. A. BURIOL. 2001. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia** **2**: 171-182.

- LAGOS, A. R. & B. L. A. MULLER. 2007. Hotspot Brasileiro: Mata Atlântica. **Saúde e Ambiente em Revista 2(2): 35-45.**
- LAMAS, G. 2004. **Atlas of Tropical Lepidoptera. Checklist: Part 4a Hesperioidea – Papilionoidea.** Gainesville, Scientific Publishers, Association for Tropical Lepidoptera, xxxvi+439 p.
- LEWINSOHN, T. M. (ed.) 2006. **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira.** MMA, Brasília. (Série Biodiversidade, 15).
- MABILDE, A. P. 1896. **Guia practica para os principiantes colecionadores de insectos, contendo a descripção fiel de perto de mil borboletas com 280 figuras lythographadas em tamanho, formas e desenhos conforme o natural. Estudo sobre a vida de insectos do Rio Grande do Sul e sobre a caça, classificação e a conservação de uma collecção, mais ou menos regular.** Porto Alegre: Gundlach Schuldt. 238p.
- MARCHIORI, M. O. 2003. **Implementação de banco de dados relacional e estudo de taxocenose de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em uma mancha de mata de restinga no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- MARCHIORI, M. O. 2012. **Composição e variação da assembléia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperioidea) ao longo do dia em matas de restinga e matas de araucária, Rio Grande do Sul, Brasil.** Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- MARCHIORI, M. O. & H. P. ROMANOWSKI. 2006a. Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga wood at Itapuã State Park, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia 23 (2): 443-454.**

- MARCHIORI, M. O. & H. P. ROMANOWSKI. 2006b. Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea e Hesperioidea) do Parque Estadual do Espinilho e entorno, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **23** (4): 1029-1037.
- MARINI-FILHO, O. J. & A. V. L. FREITAS. 2011. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). 124 p.
- MORAIS, A. B. B.; ROMANOWSKI, H. P.; ISERHARD, C. A.; MARCHIORI, M. O. & R. SEGUÍ. 2007. Mariposas Del Sur de Sudamérica (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea). **Ciência & Ambiente** **35**: 29-46.
- MORAIS, A. B. B.; LEMES, R. & C. D. RITTER. 2012. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de Val de Serra, região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Biota Neotropica** **12**(2): 175-183.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**: 853-858.
- NEW, T. R. 1993. **Conservation Biology of the Lycaenidae (Butterflies)**. Switzerland: IUCN. 173 p.
- NISHIDA, K. 2010. Description of the immature stages and life history of *Euselasia* (Lepidoptera: Riodinidae) on *Miconia* (Melastomataceae) in Costa Rica. **Zootaxa** **2466**: 1-74.
- PHILLIPS, S. J.; R. P. ANDERSON & R. E. SCHAPIRE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modeling** **190**: 231-259.
- PHILLIPS, S. J. 2008. Transferability, sample selection bias and background data in presence-only modelling: a response to Peterson *et al.* (2007). **Ecography** **31**: 272-278.

- PILLAR, V. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S. & A. V. A. JACQUES. 2009. **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 409p.
- QUADROS, M. T. 2009. **Diversidade e composição da assembleia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em diferentes ambientes da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- RAPPA, N. S. **Diversidade de Lycaenidae e Riodinidae (Lepidoptera, Papilionoidea) em áreas com plantio de eucalipto da região estépica do Bioma Pampa do Rio Grande do Sul (Brasil)**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- RITTER, C. D.; R. LEMES; A. B. B. MORAIS & C. S. DAMBROS. 2011. Butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea and Papilionoidea) from Mixed Ombrophilous Forest fragments, Rio Grande do Sul, Brazil. **Biota Neotropica 11(1)**: 361-368.
- ROSA, P. L. P.; CHIVA, E. Q. & C. A. ISERHARD. 2011. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) do Sudoeste do Pampa Brasileiro, Uruguai, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biota Neotropica 11**: 1-6.
- SACKIS, J. D. & A. B. B. MORAIS. 2008. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) do Campus da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Biota Neotropica 8(1)**: 151-158.
- SCHANTZ, A. A. 2000. **Levantamento da Diversidade de Borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera), no Parque Estadual do Turvo, RS e no Parque Estadual de Itapuã, RS**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.

- SCOBLE, M. J. 1995. **Lepidoptera. Form, function and diversity.** The Natural History Museum, Suffolk. 404 p.
- SIQUEIRA, M. F. 2005. **Uso de modelagem de nicho fundamental na avaliação do padrão de distribuição geográfica de espécies vegetais.** Tese (Doutorado). Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SP.
- SOS MATA ATLÂNTICA; INPE & PISA. 1998. **Atlas da Evolução dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados no Domínio da Mata Atlântica no período 1990-1995.** São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica. 55 p.
- TEIXEIRA, E. C. 2000. **Levantamento da Diversidade de Borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera) das Formações Nativas do Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS.** Dissertação (Bacharelado). Curso de Ciências Biológicas, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- TEIXEIRA, E. C. 2003. **A diversidade de borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera) como elemento de caracterização em diferentes ambientes no Parque Estadual de Itapuã, RS.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, RS.
- TEIXEIRA, M. O. 2005. **Diversidade de borboletas da Reserva Biológica do Lami, Porto Alegre, RS.** Monografia (Bacharelado), Curso de Biologia, ULBRA, Canoas, RS.
- TEIXEIRA, E. C.; ISERHARD, C. A.; SCHANTZ, A. A. & H. P. ROMANOWSKI. 1999. Influência da urbanização sobre a composição e a distribuição da diversidade de borboletas no município de Porto Alegre, RS. In: **51ª Reunião Anual da SBPC. Resumos.**

- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 1998. Lista documentada dos Papilionídeos (Lepidoptera, Papilionidae) do Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências 6(2):** 81-94.
- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 1999. Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) Ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 1. Papilionidae. **Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS 4:** 217-228.
- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 2000a. Lista documentada dos Pierídeos (Lepidoptera, Pieridae) do Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências 8(2):** 115-132.
- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 2000b. Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 2. Pieridae. **Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS 5:** 143-155.
- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 2001. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte I. Danainae e Ithomiinae. **Biociências 9(1):** 51-61.
- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 2002a. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte II. Brassolinae e Morphinae. **Biociências 10(1):** 75-84.
- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 2002b. Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 3: Nymphalidae. **Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS 7:** 1-20.
- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 2008a. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte IV. Apaturinae e Charaxinae. **Biociências 16(1):** 28-32.
- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 2008b. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte V. Biblidinae e Limenitidinae. **Biociências 16(1):** 33-41.

- TESTON, J. A. & E. CORSEUIL. 2008c. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte VI. Nymphalinae e Satyrinae. **Biociências** 16(1): 42-51.
- TESTON, J. A.; TOLEDO, K. G. & CORSEUIL, E. 2006. Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte III. Heliconiinae e Libytheinae. **Biociências** 4(2): 208-213.
- WAHLBERG, N.; BRABY, M. F.; BROWER, A. V. Z.; DE JONG, R.; LEE, M.; NYLIN, S.; PIERCE, N. E.; SPERLING, F. A. H.; VILA, R.; WARREN, A. D. & E. ZAKHAROV. 2005. Synergistic effects of combining morphological and molecular data in resolving the phylogeny of butterflies and skippers. **Proceedings of the Royal Society of London B** 272: 1577-1586.
- WEYMER, G. 1894. Exotische Lepidopteren. VII. Beitrag zur Lepidopterenfauna von Rio Grande do Sul. **Stettiner Entomologische Zeitung** 55(10-12): 311-333.
- WIENS, J. A.; STRALBERG, D.; JONGSOMJIT, D.; HOWELL, C. A.; SNYDER, M. A. 2009. Niches, models, and climate change: assessing the assumptions and uncertainties. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 106: 19729-19736.

ARTIGOS

5. ARTIGO 1

MANUSCRITO A SER SUBMETIDO PARA JOURNAL OF INSECT SCIENCE

PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE RIODINIDAE (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) NO EXTREMO SUL DO BRASIL.

Ricardo Russo Siewert^{1,4}, Cristiano Agra Iserhard², Helena Piccoli Romanowski¹ &
Alfred Moser³

¹ Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43435, Laboratório 218, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Departamento de Biologia Animal & Museu de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, SP, Brasil.

³ Avenida Rotermund, 1045, São Leopoldo, RS, Brasil

⁴ Autor para correspondência, ricardo_siewert@yahoo.com.br

Distribution patterns of riodinid butterflies from southern Brazil.

Ricardo Russo Siewert^{1a*}, Cristiano Agra Iserhard^{2b}, Helena Piccoli Romanowski^{1c}, Alfred Moser^{3d}

¹ Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Departamento de Biologia Animal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

³ Avenida Rotermund, 1045, São Leopoldo, RS, Brasil

Correspondence: ^a ricardo_siewert@yahoo.com.br, ^b cristianoagra@yahoo.com.br, ^c hpromano@ufrgs.br, ^d a.moser@ensinger.net *Corresponding author

Keywords: Atlantic Forest, Lepidoptera, Occurrence, Pampa, Riodinidae, Spatial autocorrelation

Abstract

The aim of this study was to synthesize the knowledge of Riodinidae butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) in Rio Grande do Sul state (RS), southern Brazil, evaluating the role of climate, topographic and vegetational variables on the observed patterns of occurrence and distribution in the Pampa and Atlantic Forest biomes. The records of riodinid butterflies in RS were collected from published studies and the examination of museum collections in Brazil. A total of 96 taxa of Riodinidae were recorded, distributed in 92 municipalities. The NMDS analysis and the Constrained Analysis of Principal Coordinates grouped the municipalities were the species records were made according to the phytogeographic regions and Biome - Pampa and Atlantic Forest domain. The environmental variables which most contributed to explain the distribution patterns of these butterflies were distance from the ocean, precipitation and temperature. The multivariate Mantel correlogram suggests that over short distances, the composition of species shows significant levels of spatial autocorrelation, and as geographic distance increases, these levels tend to present negative values.

Resumo

Este estudo teve como objetivo sintetizar o conhecimento sobre a fauna de borboletas da família Riodinidae (Lepidoptera: Papilionoidea) no estado do Rio Grande do Sul, Extremo Sul do Brasil, e avaliar os padrões de ocorrência e distribuição subjacentes às variáveis climáticas, topográficas e vegetacionais. Foram registrados 96 taxa de Riodinidae, distribuídos em 92 municípios. A análise de NMDS agrupou as localidades de acordo com os tipos fitogeográficos presentes em áreas do Pampa e de Mata Atlântica. Pela análise CAP também foi possível observar um agrupamento das localidades referente aos tipos fitogeográficos. Além disso, as variáveis ambientais que mais contribuíram para explicar os padrões de distribuição destas borboletas foram distância do oceano, precipitação e temperatura. O correlograma multivariado de Mantel sugere que em curtas distâncias, a composição das espécies apresenta níveis significativos de autocorrelação espacial, e à medida que a distância geográfica aumenta, estes níveis tendem a apresentar valores negativos.

Introduction

Beta diversity is an essential topic in ecology since evaluates changes in species composition between different habitats, ecosystems and landscapes (Whittaker 1972; Jost et al. 2010). There are several factors influencing the distribution patterns of species in different taxonomic groups, especially environmental and geographical ones (e.g. Balvanera et al. 2002; Beck & Khen 2007), and researchers are interested in understanding which factors better describe spatial variations in community composition (Jost et al. 2010). This issue is important for surveys concerning community ecology and macroecology, since the evaluation of environmental processes that shape spatial patterns of distribution of communities is crucial for management and conservation programs (Balvanera et al. 2002).

The distribution of insects is highly influenced by a combination of factors, such as climate, vegetation and topography (Wolda 1988; Goldsmith 2007; Bonebrake & Deutsch 2012). Environmental heterogeneity can derive from the variation of the above mentioned factors across time and space, shaping the patterns of occurrence and diversity of these organisms. Butterflies are closely associated with a variety of biotic and abiotic variables, being a useful group for environmental diagnosis and to identify priority areas for conservation (Brown & Freitas 2000a; Kitching et al. 2000). Moreover, butterflies are reasonably easy to sample, some taxa have relatively well-known taxonomy and may be considered a charismatic group. For all these features, some butterfly groups can be used as flagships in biodiversity conservation (New 1997; Brown & Freitas 1999; Freitas 2010). However, there is a paucity of knowledge and a lack of studies concerning general patterns of distribution in tropical butterflies on large scales, especially in Brazil (see Bonebrake et al. 2010 for more details).

Riodinid species richness is highly concentrated in the neotropics, with 95% of the species (c.a. 1,300) occurring in this region (DeVries 1997; Hall 2002). These butterflies are generally concentrated in restricted to specific microhabitats and may be spatially rare with low population densities, even if showing, in some cases, wide distributions (Callaghan 1978; Brown 1992; DeVries 1997). For example, the genus *Seco* Hall & Harvey, 2002 is restricted to xeric habitats (Hall & Harvey 2002a), while other species from *Euselasia* only occur in wet environments (e.g. Nishida 2010) and

Aricoris species are linked to grasslands habitats in vast areas of South America. Despite being the second most diverse family (after the Nymphalidae), Riodinidae is a poorly studied group among the butterflies (Hall & Harvey 2002b). Natural history and basic aspects of its biology, such as life history and morphology, are unknown for most species (85-87%) (Hall et al. 2004; Kaminski 2008).

Brazil is one of the three countries with the largest richness of Neotropical butterflies, with more than 3200 estimated species (Brown & Freitas 1999). However, there is a lack of inventories, especially taking into account its great diversity of biomes. Most of the surveys are concentrated in the Atlantic Forest domain, and many regions of the Brazilian territory still require much sampling effort (Marini-Filho & Freitas 2011). When compared to other Brazilian states, the butterfly fauna of Rio Grande do Sul, the southernmost state of Brazil, is relatively well known and studied (Santos et al. 2008). In particular, few other parts of the country were ever surveyed since as early as the end of XIX and beginning of XX centuries. Most recently published inventories are related to Atlantic Forest habitats (Teston & Corseuil 1999, 2000, 2002; Corseuil et al. 2004; Iserhard & Romanowski 2004; Giovenardi et al. 2008; Grazia et al. 2008; Bonfanti et al. 2009; Romanowski et al. 2009; Iserhard et al. 2010; Pedrotti et al. 2011; Ritter et al. 2011; Santos et al. 2011; Bellaver et al. 2012; Morais et al. 2012), and the major gaps of information concern the Pampa (native grasslands), a biome restricted in Brazil to its extreme south and which covers about 2% of its surface, extending through Uruguay and northwest Argentina (Bencke 2009; Pillar et al. 2009), exclusive to austral South America.

This study aimed to (1) to compile a species list of riodinid of the extreme southern Brazilian state; (2) to identify environmental variables that shape the patterns of occurrence and distribution of Riodinidae in this region; (3) to compare the species composition of these butterflies among the different phytogeographic regions in Atlantic Forest and Pampa from southern Brazil.

Material and Methods

Study area

Rio Grande do Sul state (RS), in extreme southern Brazil, has an area of 281.748,538 km² and borders on Uruguay and Argentina (IBGE 2004). The northeast of RS (36%) is part of Atlantic Forest Biome, the second most endangered forest in the world, with different ecosystems such as Mixed and Dense Ombrophilous Forest and Decidual and Semidecidual Seasonal Forest (Figure 1). The remainder of the area (64%) is included in the Pampa biome, comprising the natural grasslands of South America and associated ecosystems (Pillar et al. 2009). Located in a transitional zone between tropical and temperate regions, the climate in RS according to Köppen's classification can be: Cfb, found in the northeast highland region and in the higher portions of Planalto and Serra do Sudeste, and Cfa, found in other regions (Kuinchner & Buriol 2001).

Data collection

The records of riordinid butterflies in RS were collected from published studies (Mabilde 1896; Azzará 1978; Biezanko et al. 1978; Ruszczyk 1986; Hall & Harvey 2001, 2002a; Krüger & Silva 2003; Iserhard & Romanowski 2004; Marchiori & Romanowski 2006a, 2006b; Dessuy & Morais 2007; Sackis & Morais 2008; Giovenardi et al. 2008; Bonfanti et al. 2009; Iserhard et al. 2010; Siewert et al. 2010; Fronza et al. 2011; Ritter et al. 2011; Rosa et al. 2011; Morais et al. 2012; Bellaver et al. 2012) and the examination of museum collections in Brazil, as follows: Centro de Pesquisa Agropecuária Clima Temperado da Embrapa (CAMB), Museu de História Natural da Universidade Católica de Pelotas (MUCP), Museu de Ciências Naturais Carlos Ritter (MNCR) and Museu Entomológico Ceslau Biezanko (MECB), in Pelotas; Museu Anchieta de Porto Alegre (MAPA), Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCTP), Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (MCNZ), Museu Ramiro Gomes Costa da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (MRGC) and Coleção de Lepidoptera do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CLDZ), in Porto Alegre; Coleção de Lepidoptera Alfred Moser (CLAM), in São Leopoldo; Museu e Arquivo Histórico Professor Hermann Wegermann (MAHP) in Panambi and

Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná (DZUP), in Curitiba. The collections of Museu de Zoologia da Universidade Federal de São Paulo, in São Paulo (MZSP), Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, in Rio de Janeiro (MNRJ) and Coleção de Lepidoptera do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas, in Campinas (ZUEC) were also consulted but there were no Riodinidae from RS in neither of them.

All identifications and nomenclature of museums specimens were checked and revised and for each specimen, the municipality, geographical coordinates and reference collection were recorded. As reported by Ferro & Melo (2011), geographical coordinates were not available for most museum specimens, and thus we used geographical coordinates from the municipality nearest to the point in which the specimen was collected, obtained by the GeoLoc tool for the information system 'splink', available from the Reference Center on Environmental Information (<http://splink.cria.org.br/geoloc>). The specimens were identified from D'abrera (1994), comparison with types from the Butterflies of America project (<http://www.butterfliesofamerica.com/L/Neotropical.htm>) and by specialists. The nomenclature follows Callaghan & Lamas (2004).

Data analysis

The dataset used was plotted in cells of 27 x 27 km using the Diva-GIS 7.5 software (Hijmans et al. 2001), so that the spatial patterns of species richness through RS could be determined. To verify if the species richness per cell was correlated with the number of sites sampled on a cell, a Spearman correlation was performed.

To reduce the noise in the statistical analysis, we selected the 25 best-sampled municipalities for assessing all the eight phytogeographic regions and its climatic and geographical combined factors. The similarities in riodinid species composition among the phytogeographic regions were assessed through a non-metric multidimensional scaling (NMDS) (Clarke 1993), in which the sampling units were the municipalities. The data matrix generated was calculated using the Simpson beta-diversity index (β_{sim}), which takes into account only the difference in species composition among samples, reducing any variation in sampling effort used in different sites (Koleff et al. 2003). The

municipalities were classified in phytogeographic regions according to Cordeiro & Hasenack (2009). To test for differences in riordinid species composition between the phytogeographic regions, an analysis of similarities (ANOSIM) based in 10.000 permutations was used (Clarke & Warwick 1994).

To evaluate the effect of climatic and geographical factors on riordinid species composition, a Constrained Analysis of Principal Coordinates (CAP) (Anderson & Willis 2003) was used based on a dissimilarity matrix employing the Simpson beta-diversity index. We included five environmental variables: (1) average monthly temperature, (2) daily range of temperature, (3) annual precipitation, (4) altitude and (5) distance from the ocean (a measure of continentality). We choose these variables based on their importance to the description of the structure of lepidopteran assemblages in the Neotropical region (*e.g.* Brown & Freitas 2000a, 2000b; Ferro & Melo 2011). The climatic variables were selected from the WorldClim database (Hijmans et al. 2005) in a resolution of 2.5 arc minutes (~5 Km). The distance to the ocean was obtained through the minimum distance between the coast and the municipalities. The significance of the axes generated by CAPC was tested by an ANOVA based in 10.000 permutations (Legendre & Legendre 1998).

The spatial autocorrelation between sampling sites was assessed using a multivariate Mantel correlogram (Legendre & Legendre 1998; Borcard & Legendre 2012). A matrix based on species composition of each municipality using the Sørensen index as a measure of distance was built. This matrix was evaluated in relation to a geographic distance matrix in which for each municipality, eight distance classes were quantified and a respective value of Pearson's *r* statistic was assigned. This analysis was performed to determine whether closest locations were more similar in species composition of Riordinidae, showing a positive autocorrelation, or less similar, showing a negative autocorrelation (Legendre & Legendre 1998). The significance of the correlogram was tested with 10.000 permutations.

The Mantel correlogram was computed with the software SAM version 4.0 – Spatial Analysis in Macroecology (Rangel et al. 2010), other analyses were performed using the ‘vegan’ package (Oksanen et al. 2008) on the software R version 2.15 (R Development Core Team 2012).

Results

A total of 96 taxa (Appendix 1) of Riodinidae recorded from 92 municipalities on RS were gathered (Appendix 2), belonging to Euselasiini (7 spp), Eurybiini (3 spp), Mesosemiini (5 spp), Nymphidiini (29 spp), Riodinini (30 spp), Symmachiini (11 spp) and Incertae Sedis (11 spp). Seventeen species are unpublished records, and for each municipality, the richness ranged from one to 37 species.

From the total 483 cells (27 x 27km), which formed the grid generated over the area of RS, only 69 presented records of Riodinidae species, highlighting the lack of uniformity in sampling effort (Figure 2). The three richest cells were located in southern (Pelotas and surroundings), and in northeast RS (Maquiné, Porto Alegre, São Leopoldo and Viamão), in the Atlantic Forest region and in the ecotone of both biomes. Cells in the west and southeast had few records. The observed species richness per cell was correlated with the number of the sampled municipalities ($r_s = 0.52$; $p < 0.01$).

The faunal composition in grassland areas differed from forested habitats (Figure 3). The NMDS analysis also evidenced a grouping according to the phytogeographic regions, especially in the Pampa biome. This difference in species composition is statistically significant ($R = 0.56$, $p < 0.01$). Some species exclusive to natural grasslands were recorded, such as *Aricoris gauchiana*, *Seco aphanis*, *Stichelia dukinfieldia*, *Zabuella tenellus* and *Barbicornis basilis ephippium*, which is endemic to RS state. Also, another species endemic to RS were recorded: *Stichelia pelotensis*.

Similar results were obtained in the Constrained Analysis of Principal Coordinates (CAP), which segregates the municipalities between the two biomes and the phytogeographic regions evaluated (Figure 4). The first three axes of the CAP explained 82% of the variation on the species composition according to the environmental variables ($p < 0,05$). Municipalities in the Dense Ombrophilous Forest, Mixed Ombrophilous Forest and Semidecidual Seasonal Forest were positively associated with precipitation. Sites with high altitudes were grouped. Distance from the ocean and temperature were opposite to precipitation and altitude, while daily range of temperature was positively associated with grassland habitats and negatively associated with the other variables.

The multivariate Mantel correlogram indicates that species composition and geographical distance were correlated even if not strongly so ($r_M = 0.40$; $p < 0.01$). Small distances between sites (~90 km) have positive values of autocorrelation ($p < 0.01$), followed by a decrease on these values, quickly at first, then stabilizing and then followed by slightly negative values (Figure 5). This spatial pattern indicates that nearest municipalities have more similar composition of Riodinidae and a pattern of increasing dissimilarity in species composition is observed as the geographical distance grows.

Discussion

The distribution pattern observed could be explained by climatic, environmental variables and geographic distance. The richness of Riodinidae recorded in this study represents 12.8% from the total estimated to Brazil (Brown & Freitas 1999), 7.9% to the Neotropical region and 7.5% to the global fauna of riodinid (Hall 2002). The high number of unpublished records (~18%) for the extreme southern region in Brazil corroborates the study developed by Morais et al. (2007) with butterflies in austral South America, in which Riodinidae, Lycaenidae and Hesperidae are the families which take longer to reach sampling sufficiency. Thus, these are likely to have the larger number of new occurrences to be registered in southern Brazil, and in the Neotropical region as a whole.

The grids which contained the higher number of species richness were located on the Atlantic Forest domain and in the ecotone between this biome and Pampa. On the other hand, the records of Riodinidae in Pampa are quite sparse, leaving significant gaps to be investigated. In general, this scenario is common for all butterfly families present in Pampa (Rosa et al. 2011). An important aspect should be considered: the well-sampled sites are reported in areas with an amount of researchers and established research institutions (mainly represented by universities) near the state capital (Porto Alegre) or their main research project sites (Iserhard & Romanowski 2004; Marchiori & Romanowski 2006a, 2006b; Iserhard et al. 2010; Bellaver et al. 2012). In Brazil, this pattern is similar for all butterfly fauna, in which the counties that contain more inventories and higher species richness are located in areas surrounding important

research centers, greatly limiting the access and exploitation to few and limited areas (Santos et al. 2008).

The NMDS result showed similar patterns to those found by Ferro & Teston (2009) for the Arctiidae assemblages in the same region in southern Brazil, but in a more restricted scale: grasslands environments had a distinct fauna than that occurred in forested areas. In fact, the composition and occurrence of Lepidoptera are strongly associated with gradients of vegetation (e.g. Brown & Gifford 1992, Summerville et al. 2001), and although, in this study, most records were concentrated in regions of Atlantic Forest, it was possible to observe differences on the composition of riodinid between Pampa and Atlantic Forest sites. Furthermore, the grouping of butterflies according to the phytogeographic regions present in the Pampa indicated a peculiar composition related to each open grassland habitat, constituting unique and diverse ecosystems with large levels of endemism and biodiversity (Pillar et al. 2009).

An important record related to an endemic species in the Rio Grande do Sul was found: *Stichelia pelotensis* was collected only twice; through an historical record in the extreme southern region of this state, near the boundaries with Uruguay in 1950's and one recent collection (2001) from the vicinities of the state capital in a protected area in the east region, located in the Coastal Plain. Probably, this species is distributed only in this region in Brazil, since records were made in a narrow range concerning the extreme southern Brazilian Coastal Plain in "Restinga" forest and "Butiazal" formation. These habitats have been suffering intense modification due to irregular settlements and building, so the loss of native habitats and fragmentation can bring irreversible consequences to riodinid butterflies in these environments.

Several species of Riodinidae present a restricted spatial distribution given their population rates being lower than other butterflies and tending to high fluctuations, which make them easily threatened by the loss of native areas (New, 1993). In addition, they are difficult to sample in short periods of time. In southern Brazil, the natural grasslands are being increasingly converted into areas for agriculture, silviculture and livestock grazing. The Pampa biome has less than 0.5% of its area included in protected areas (Overbeck et al. 2007). Thus, not only Riodinidae but all butterflies in close association with this vegetation may be threatened, and the first step to their

conservation ought to be the creation of new legal protected areas (Overbeck et al. 2007; Dolibaina et al. 2011).

The riordinid species composition grouped by phytogeographic regions in areas of the Atlantic Forest domain were not well defined, except for sites located on the ecological transition area. The lack of sampling effort in sites on the Semideciduous Seasonal Forest, or the occurrence of the most frequent Riordinidae species in all phytogeographic forest regions (not helping recognize differences in vegetation in this scale of evaluation) are possible explanations for this patterns. In this study, two common riordinid species whose presence indicates an especially rich environment were recorded for the first time in the Atlantic Forest of this Brazilian region: *Euselasia zara* and *Symmachia arion* (Brown & Freitas 2000b). The Atlantic Forest domain is a highly threatened biome due to changes and depletion of their native habitats over time, and actually less than 7.5% of their original extension remains into small and sparse fragments (Ribeiro et al. 2009). Brown & Freitas (2000a) recorded 368 species of Riordinidae for the Brazilian Atlantic Forest, and about 40% are endemic to this biome, emphasizing the importance of conservation of these remaining fragments to the maintenance of biological diversity.

Climatic and geographical factors are important to describe patterns of structure of butterfly communities (Brown & Freitas 2000a). In our study, distance from the ocean, precipitation and temperature were the most important variables which explain the variation of the riordinid assemblages in the Atlantic Forest. Altitude was another important factor, grouping sites characterized by the presence of the Mixed Ombrophilous Forest (*Araucaria angustifolia* Forest), a type of vegetation exclusive of the southern Brazilian region. In Atlantic Forest, the montane forests, such as *Araucaria* Forest sites, seem to present a higher similarity on its floristic composition (e.g. Oliveira-Filho & Fontes 2000; Garcia et al. 2009; Urbanetz et al. 2010), which may be influencing the patterns of occurrence of some lepidopteran species (e.g. Brown & Freitas 2000a; Ferro & Melo 2011).

All municipalities in the Pampa biome, in the southern portion of the south region, were associated with the range of temperature variable. In fact, areas further from the equator present wide ranges of temperature, reflecting a decrease in species along a latitudinal gradient (see Hillebrand 2004). The study area lies in a transition zone between tropical

and temperate climate (Overbeck et al. 2009), showing marked seasonality with four defined seasons. The richness of Riodinidae seemed to be correlated with warmer temperatures, presenting high values in Amazonia and in areas of Atlantic Forest in southeast Brazil (Brown 2005). Then, the lower richness of Riodinidae in Pampa when compared with other sites near of equator, may be associated, beyond the lack of specific inventories, to the influence of a latitudinal gradient.

As geographical distance increases, the similarity in environmental factors decays across landscapes and the species composition of Riodinidae as well (*e.g.* Nekola & White 1999). The overall shape of the correlogram could be attributed either to a species gradient or to environmental factors (Legendre & Fortin 1989), corroborating the previous multivariate analysis.

It is important to note that our database was constructed mainly with museum data, and in many cases, its use should be carefully interpreted because of the bias regarding the different sampling efforts (Ponder et al. 2001; Graham et al. 2004). Similarly, Ferro & Melo (2011) also used museum data to describe the diversity of tiger moths in the Brazilian Atlantic Forest and discussed this aspect. Even so, both theirs and our results seem quite robust. The information yielded indicates a structure for the riodinid assemblages of southern Brazil similar to that described for the tropical lepidopteran fauna (*e.g.* Brown & Freitas 2000b).

Despite the fact that the extreme southern Brazil has been considered one of the better sampled regions for butterfly surveys (Santos et al. 2008), it is important to emphasize the need to intensify specific and well-sampled inventories. Thus, it is possible to more accurately evaluate patterns of structure, distribution and composition of butterflies, to generate data for larger scales of evaluation in the Neotropical region, reaching the level of macroecology. This study may be seen as reflecting the current knowledge on the Riodinidae fauna in an austral South American region, and we suggest these same variables may also affect the distribution of the taxon in other parts of the neotropics as well. The data on Riodinidae species distribution show degrees of endemism in unprotected areas, providing subsidies to a better assessment directed towards conservation schemes and public policies to justify the maintenance of protected areas and, mainly, the proposal and creation of others.

Acknowledgements

We are grateful to the Drs. Olaf HH Mielke (DZUP), Eduardo JE Silva (MECB), Gervásio S Carvalho (MCTP), Maria Helena S Vaz (MUCP), Mirtes Melo (CAMB), César J Drehmer (MNCR), Vera Regina S Wolff (MRCG), Têmia Wehrmann (MAHP), Fernando Meyer (MAPA) and Maria Helena M Galileo (MCNZ) for providing access to the collections. We are also in debt with Mr. Curtis Callaghan, Drs. Jason Hall, Diego R Dolibaina and Lucas A Kaminski for their essential help in the identification and information on some specimens. RRS received a master fellowship from the CAPES. HPR received a research fellowship from CNPq (Proc No. 307635/2010-4). CAI received a post-doctoral fellowship from Fundação de Amparo ao Estado de São Paulo (Fapesp – 2011/08433-8). This paper is part of the Pampa e Mata Atlântica Sul subproject of the RedeLep “Rede Nacional de Pesquisa e Conservação de Lepidópteros” SISBIOTA-Brasil/CNPq (563332/2010-7).

References

- Anderson MJ, Willis TJ. 2003. Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. *Ecology* 84: 511–525.
- Azzará ML. 1978. Revisão do gênero *Barbicornis* Godart, 1824 (Lepidoptera, Lycaenidae, Riodininae). *Acta Biológica Paranaense* 7: 23-69.
- Balvanera P, Lott E, Segura G, Siebe C, Islas A. 2002. Patterns of β -diversity in a Mexican tropical dry forest. *Journal of vegetation Science* 13: 145-158.
- Beck J, Khen CV. 2007. Beta-diversity of geometrid moths from northern Borneo: effects of habitat, time and space. *Journal of Animal Ecology* 76: 230-237.
- Bellaver JM, Iserhard CA, Santos JP, Silva AK, Torres M, Siewert RR, Moser A, Romanowski HP. 2012. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) de Matas Paludosas e Matas de Restinga da Planície Costeira da região Sul do Brasil. *Biota Neotropica* 12(4): 181-190.
- Bencke GA. 2009. Diversidade e conservação da fauna dos campos do sul do Brasil. In: Pillar VP, Müller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVA, Editors. pp. 101-121. *Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade*. Ministério do Meio Ambiente.

- Biezanko CM, Mielke OHH, Wedderhoff A. 1978. Contribuição ao estudo faunístico dos Riodinidae do Rio Grande do Sul, Brasil (Lepidoptera). *Acta Biologica do Paraná* 7(1/4): 7–22.
- Bonfanti D, Di Mare RA, Giovenardi R. 2008. Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) from two Forest fragments in northern Rio Grande do Sul, Brazil. *Checklist* 5(4): 819-829.
- Bonebrake TC, Ponisio LC, Boggs CL, Ehrlich PR. 2010. More than just indicators: a review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation* 143: 1831-1841.
- Bonebrake TC, Deutsch CA. 2012. Climate heterogeneity modulates impact of warming on tropical insects. *Ecology* 93(3): 449-455.
- Borcard D, Legendre P. 2012. Is the Mantel correlogram powerful enough to be useful in ecological analysis? A simulation study. *Ecology* 93: 1473–1481.
- Brown Jr. KS. 1992. Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In: Morellato LPC, Editor. pp. 142-187. *História Natural da Serra do Japi: Ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Editora da UNICAMP.
- Brown Jr. KS. 2005. Geological, evolutionary and ecological bases of the diversification of Neotropical butterflies: implications for conservation. In: Bermingham E, Dick CW, Moritz C, Editors. Pp. 166–201. *Tropical rainforests: Past, Present and Future*. University of Chicago Press.
- Brown Jr. KS, Freitas AVL. 1999. Lepidoptera. In: Brandão CRF, Cancellato ED, Editors. pp. 225-245. *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Invertebrados Terrestres*. FAPESP.
- Brown Jr. KS, Freitas AVL. 2000a. Atlantic Forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica* 32: 934-956.
- Brown JR. KS, Freitas AVL. 2000b. Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão* 11/12: 71-118.
- Brown Jr. KS, Gifford DR. 2002. Lepidoptera in the cerrado landscape and the conservation of vegetation, soil and topographical mosaics. In: Oliveira PS, Marquis RS, Editors. pp. 201–217. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press.

- Callaghan CJ. 1978. Studies on restinga butterflies. II. Notes on the population structure of *Menander felsina* (Riodinidae). *Journal of the Lepidopterists Society* 32: 37-48.
- Callaghan CJ, Lamas G. 2004. Riodinidae. In: Lamas G, Editor. pp. 141-170. *Atlas of Neotropical Lepidoptera: Checklist: Part 4a Hesperioidea – Papilionoidea*. Scientific Publishers.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.
- Clarke KR, Warwick RM. 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology* 118: 167–176.
- Cordeiro JLP, Hasenack H. 2009. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: Pillar VD, Müller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVA, Editors. pp.285-299. *Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade*. Ministério do Meio Ambiente.
- Corseuil E, Quadros FC, Teston JA, Moser A. 2004. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) coletadas no Centro de Pesquisa e Conservação da Natureza Pró-Mata. 4: Lycaenidae. *Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* 9: 65-70.
- D'Abreu B. 1994. *Butterflies of the neotropical region. Part VI. Riodinidae*. Hill House.
- Dessuy MB, Morais ABB. 2007. Diversidade de Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea e Hesperioidea) em fragmentos de Floresta Estacional Decidual em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24(1): 108-120.
- DeVries PJ. 1997. *The butterflies of Costa Rica and their natural history II: Riodinidae*. Princeton University.
- Dolibaina DR, Mielke OHH, Casagrande MM. 2011. Borboletas (Papilionoidea e Hesperioidea) de Guarapuava e arredores, Paraná, Brasil: um inventário com base em 63 anos de registros. *Biota Neotropica* 11(1):341-354
- Ferro VG, Melo AS. 2011. Diversity of tiger moths in a Neotropical hotspot: determinants of species composition and identification of biogeographic units. *Journal of Insect Conservation* 15: 643-651.
- Freitas AVL. 2010. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre as borboletas. *Biota Neotropica* 10(4): 53-58.
- Fronza E, Specht A, Corseuil E. 2011. Butterflies and moths (Insecta: Lepidoptera)

- associated with *erva-mate*, the South American Holly (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), in Rio Grande do Sul, Brazil. *Checklist* 7(4): 496-504.
- Garcia RJF, Longhi-Wagner HM, Pirani JR, Meirelles ST. 2009. A contribution to the phytogeography of Brazilian *campos*: an analysis based on Poaceae. *Revista Brasileira de Botânica* 32(4): 703-713.
- Giovenardi R, Di Mare RA, Sponchado J, Roani S, Jacomassa FAF, Jung AB, Porn MA. 2008. Diversidade de Lepidoptera (Papilionoidea e Hesperioidea) em dois fragmentos de floresta no município de Frederico Westphalen, Rio grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 52: 599-605.
- Goldsmith S. 2007. Density of longhorned beetles (Coleoptera: Cerambycidae) differs at different elevations in Hawaiian Montane Forest. *The Southwestern Naturalist* 52(3): 364-370.
- Grahan CH, Ferrier S, Huettman F, Moritz C, Peterson AT. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 497–503.
- Grazia J, Romanowski HP, Araújo PB, Schwertner CF, Iserhard CA, Moura LA, Ferro VG. 2008. Artrópodos terrestres. In: Bond-Buckup G, Editor. pp. 76-97. *Biodiversidade dos Campos de Cima da Serra*. Libretos.
- Hall JPW. 2002. Phylogeny of the riodinid butterfly subtribe Theopeina (Lepidoptera: Riodinidae: Nymphidiini). *Systematic Entomology* 27: 139-167.
- Hall JPW. 2005. *A Phylogenetic Revision of the Napaeina (Lepidoptera: Riodinidae: Mesosemiini)*. The Entomological Society of Washington.
- Hall JPW, Harvey DJ. 2001. A phylogenetic analysis of the Neotropical riodinid butterfly genera *Juditha*, *Lemonias*, *Thisbe* and *Uraneis*, with a revision of *Juditha* (Lepidoptera: Riodinidae: Nymphidiini). *Systematic Entomology* 26: 453-490.
- Hall JPW, Harvey DJ. 2002a. A revision of the Neotropical butterfly genus *Seco* Hall and Harvey (Lepidoptera: Riodinidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 104(4): 941-947.
- Hall JPW, Harvey DJ. 2002b. The phylogeography of Amazonia revisited: new evidence from riodinid butterflies. *Evolution* 56(7): 1489-1497.
- Hall JPW, Harvey DJ, Janzen DH. 2004. Life history of *Calydna sturnula* with review of larval and pupal balloon setae in the Riodinidae (Lepidoptera). *Annals of the Entomological Society of America* 97: 310-321.

- Hijmans RJ, Cruz M, Rojas E, Guarino L. 2001. *DIVAGIS, Version 7.5. A geographic information system for the management and analysis of genetic resources data*. International Potato Center.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Hillebrand H. 2004. On the generality of the latitudinal diversity gradient. *The American Naturalist* 163(2): 192-211.
- IBGE. 2004. Mapa de Vegetação do Brasil. ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/vegetacao.pdf.
- Iserhard CA, Romanowski HP. 2004. Lista de espécies de borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea e Hesperioidea) da região do vale do rio Maquiné, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 21(3): 649-662.
- Iserhard CA, Quadros MT, Romanowski HP, Mendonça-Jr MS. 2010. Occurrence of butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in different habitats at the Araucaria Moist Forest and the Grasslands in the Basaltic Highlands in Southern Brazil. *Biota Neotropica* 10: 309-320.
- Jost L, Chao A, Chazdon RL. 2010. Compositional similarity and B (beta) diversity. In: Magurran AE, McGill BJ, Editors. pp. 66-84. *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment*. University Press.
- Kaminski LA. 2008. Immature stages of *Caria plutargus* (Lepidoptera: Riodinidae), with discussion on the behavioral and morphological defensive traits in nonmyrmecophilous riodinid butterflies. *Annals of the Entomological Society of America* 101(5): 906-914.
- Koleff P, Gaston KJ, Lennon JJ. 2003. Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology* 72: 367-382.
- Krüger CP, Silva EJE. 2003. Papilionoidea (Lepidoptera) de Pelotas e seus arredores, Rio Grande do Sul, Brasil. *Entomologia y Vectores* 10(1): 31-45.
- Kuinchtner A, Buriol GA. 2001. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia* 2: 171-182.
- Legendre P, Legendre L. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier.
- Legendre P, Fortin MJ. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80: 107-138.

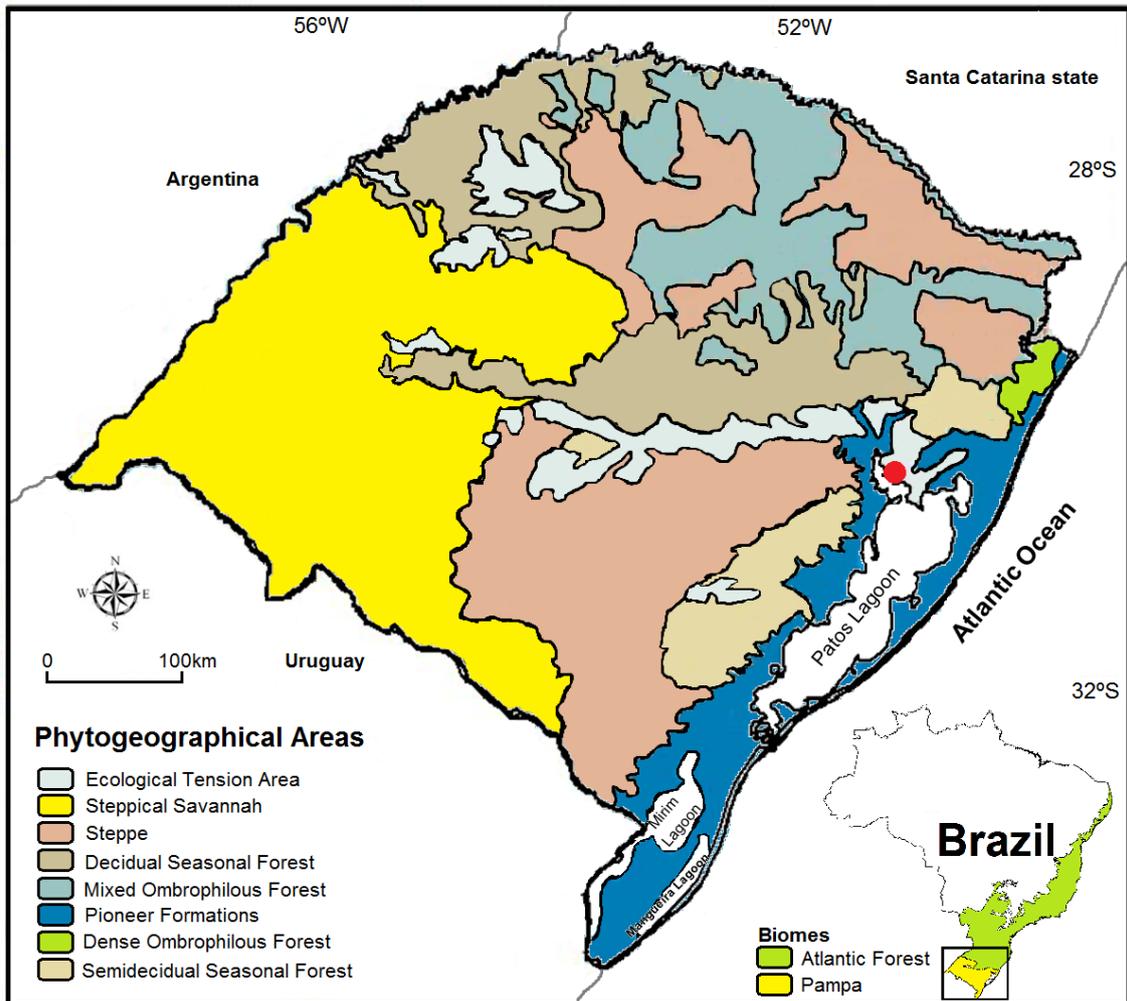
- Mabilde AP. 1896. *Guia practica para os principiantes colecionadores de insectos, contendo a descripção fiel de perto de mil borboletas com 280 figuras lythographadas em tamanho, formas e desenhos conforme o natural. Estudo sobre a vida de insectos do Rio Grande do Sul e sobre a caça, classificação e a conservação de uma collecção, mais ou menos regular.* Gundlach Schuldt.
- Marchiori MO, Romanowski HP. 2006a. Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga wood at Itapuã State Park, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(2): 443-454.
- Marchiori MO, Romanowski HP. 2006b. Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea e Hesperioidea) do Parque Estadual do Espinilho e entorno, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 23(4): 1029-1037.
- Marini-Filho OJ, Freitas AVL. 2011. *Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção.* Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.
- Moerman DE, Estabrook GF. 2006. The botanist effect: counties with maximal species richness tend to be home to universities and botanists. *Journal of Biogeography* 33: 1969-1974.
- Morais ABB, Romanowski HP, Iserhard CA, Marchiori MO, Segui R. 2007. Mariposas del Sur de Sudamérica (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea). *Ciência & Ambiente* 35: 29-46.
- Morais ABB, Lemes R, Ritter CD. 2012. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de Val de Serra, região central do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica* 12(2): 175-183.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Nekola JC, White PS. 1999. The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography* 26(4): 867-878.
- New TR. 1993. *Conservation Biology of the Lycaenidae (Butterflies).* IUCN.
- New TR. 1997. *Butterfly Conservation.* Oxford University Press.
- Nishida K. 2010. Description of the immature stages and life history of *Euselasia* (Lepidoptera: Riodinidae) on *Miconia* (Melastomataceae) in Costa Rica. *Zootaxa* 2466: 1-74.

- Oksanen J, Kindt R, Legendre P, O'Hara R, Simpson GL, Stevens MHH. 2008. *vegan: community ecology package. R package version 1.13-0*. R Foundation for Statistical Computing.
- Oliveira-Filho AT, Fontes MAL. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32(4b): 793-810.
- Overbeck GE, Muller SC, Fidelis A, Pfadenhauer J, Pillar VD, Blanco CC, Boldrini II, Both R, Forneck ED. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9: 101-116. 2007.
- Pedrotti VS, Barros MP, Romanowski HP, Iserhard CA. 2011. Occurrence of fruit-feeding butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae) in a fragment of Araucaria Moist Forest in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Biota Neotropica* 11(1): 385-390.
- Pillar VP, Müller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVA. 2009. *Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Ministério do Meio Ambiente.
- Ponder WF, Carter GA, Flemons P, Chapman RR. 2001. Evaluation of museum collection data for use in biodiversity assessment. *Conservation Biology* 15(3): 648-657.
- R Development Core Team. 2012. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Rangel TF, Diniz-Filho JAF, Bini LM. 2010. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography* 33: 46-50.
- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota MM. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142: 1141-1153.
- Ritter CD, Lemes R, Morais ABB, Dambros CS. 2011. Butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea and Papilionoidea) from Mixed Ombrophilous Forest fragments, Rio Grande do Sul, Brazil. *Biota Neotropica* 11(1):361-368.
- Romanowski HP, Iserhard CA, Hartz SM. 2009. Borboletas da floresta com araucária. In: Fonseca CR, Souza AF, Dutra TL, Leal-Zanchet AM, Backes A, Ganade G, Editors. pp. 229-240. *Floresta com araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável*. Holos Editora.

- Rosa PLP, Chiva EQ, Iserhard CA. 2011. Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) do Sudoeste do Pampa Brasileiro, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotropica* 11: 1-6.
- Ruszczuk A. 1986. Ecologia urbana de borboletas, I. O gradiente de urbanização e a fauna de Porto Alegre, RS. *Revista Brasileira de Biologia* 46(4): 675-688.
- Sackis JD, Morais ABB. 2008. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) do Campus da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. *Biota Neotropica* 8(1): 151-158.
- Santos EC, Mielke OHH, Casagrande MM. 2008. Butterfly inventories in Brazil: the state of art and the priority-areas model research aiming at conservation. *Natureza & Conservação* 6: 176-198.
- Santos JP, Iserhard CA, Teixeira MO, Romanowski HP. 2011. Fruit-feeding butterflies guide of subtropical Atlantic Forest and Araucaria Moist Forest in State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Biota Neotropica* 11(3): 253-274.
- Siewert RR, Silva EJE, Marques LL. 2010. Catálogo do acervo de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea) depositadas no Museu de História Natural da Universidade Católica de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Entomobrasilis* 3(3): 77-84.
- Summerville KS, Metzler EH, Crist TO. 2001. Diversity of Lepidoptera in Ohio forests at local and regional scales: how heterogeneous is the fauna? *Annals of the Entomological Society of America* 94(4): 583-591.
- Teston JA, Corseuil E. 1999. Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) Ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 1. Papilionidae. *Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* 4: 217-228.
- Teston JA, Corseuil E. 2000. Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 2. Pieridae. *Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* 5: 143-155.
- Teston JA, Corseuil E. 2002. Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 3: Nymphalidae. *Divulgação do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS* 7: 1-20.
- Urbanetz C, Tamashiro JY, Kinoshita LS. 2010. Floristic composition and similarity analysis of an Atlantic rain forest fragment in Cananéia, São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 33(4): 639-651.

- Whittaker RH. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251
- Wolda H. 1988. Insect seasonality: why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19: 1-18.

Figure 1. Rio Grande do Sul State and recognised phytogeographical regions. Map modified from Cordeiro and Hasenack 2009.



Red spot indicates Porto Alegre.

Figure 2. Spatial pattern of Riodinidae species richness recorded in Rio Grande do Sul State, Brazil.

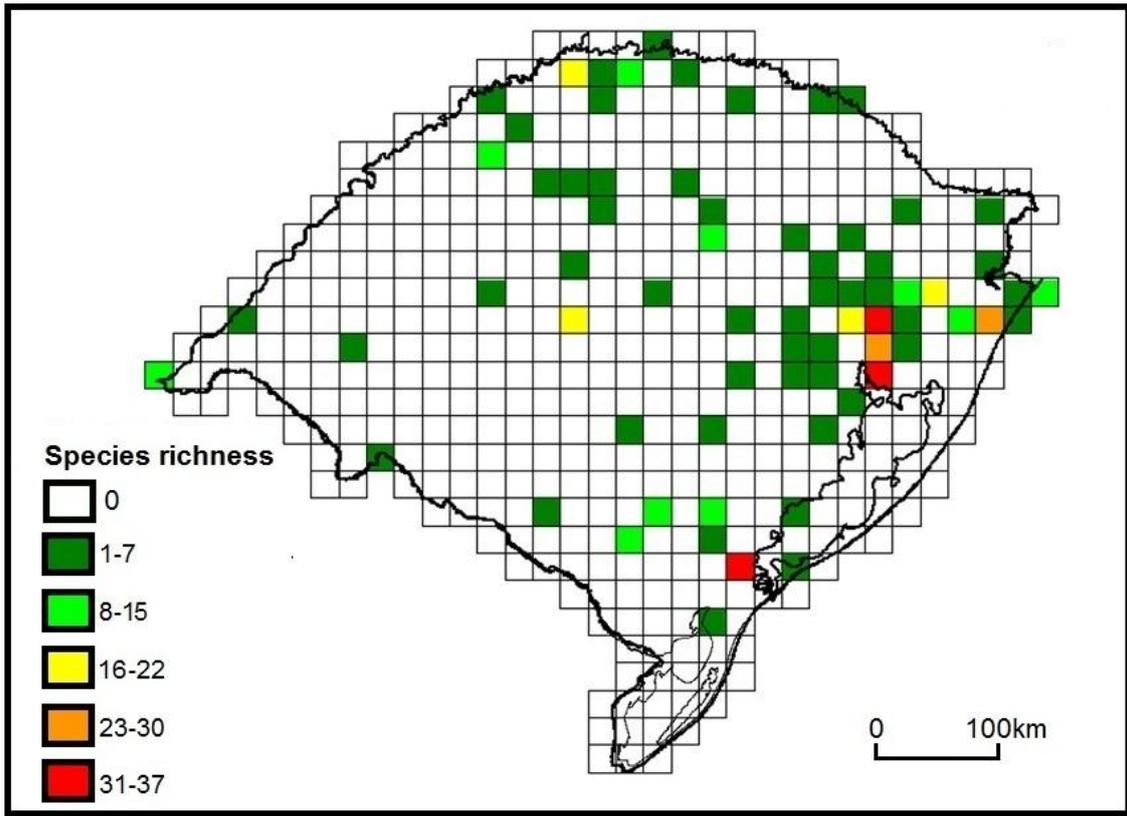


Figure 3. Non-metric multidimensional scaling (NMDS) based on Simpson beta-diversity index (β_{sim}) for the Riodinidae species sampled in 25 municipalities in Rio Grande do Sul state, southern Brazil.

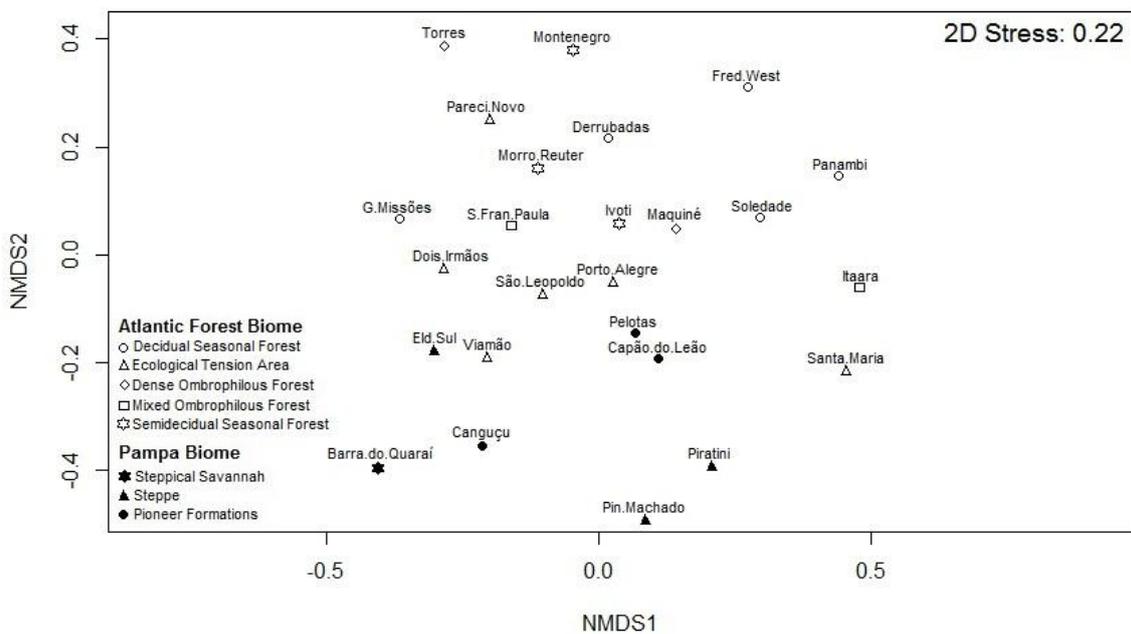


Figure 4. Constrained Analysis of Principal Coordinates (CAP) based on Simpson beta-diversity index (β_{sim}) for the Riodinidae species sampled in 25 municipalities in Rio Grande do Sul state, southern Brazil.

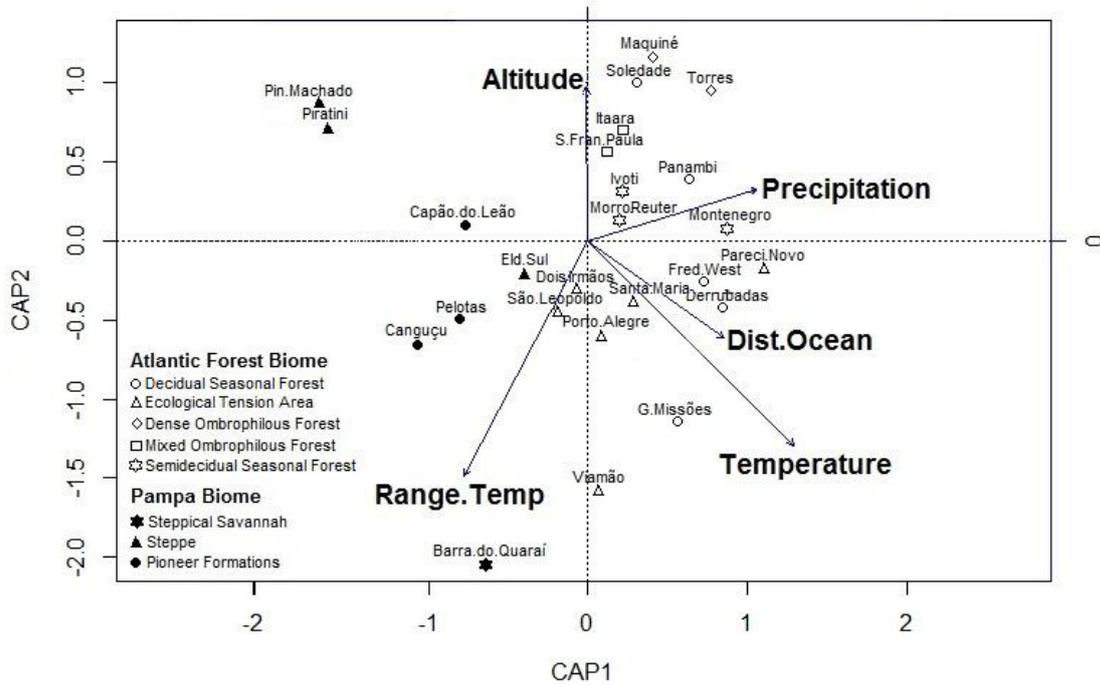
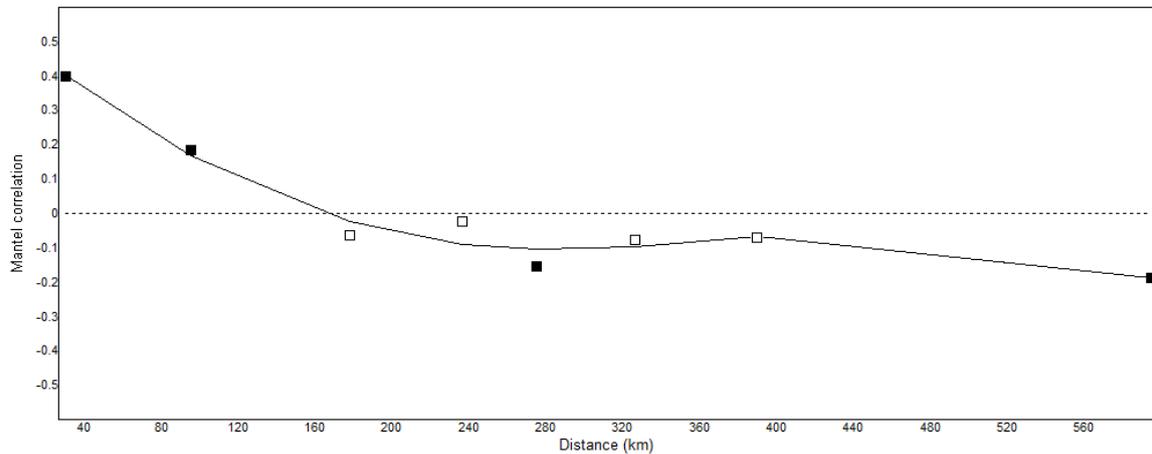


Figure 5. Multivariate Mantel correlogram based on Sorensen index for spatial autocorrelation in Riodinidae assemblages in Rio Grande do Sul state, southern Brazil.



Significant values ($p < 0.05$) are represented by dark squares.

Appendix 1. Riodinidae species list from Rio Grande do Sul state, southern Brazil.

Species list	Municipalities*	References**	Museum acronyms***
Euselasiinae			
Euselasiini			
<i>Euselasia eucerus</i> (Hewitson, 1872)	9, 16, 39, 44, 45, 57, 59, 60, 61, 66, 71	c, k, p, n	CLDZ, MECB, MRCG, MUCP, FZB
<i>Euselasia cf. eugeon</i>	57, 66	c	MECB, DZUP
<i>Euselasia euploea</i> (Hewitson, 1855)	6, 9, 10, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 37, 40, 44, 45, 48, 55, 59, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 75, 77, 85	b, i, j	CLDZ, MCTP, MECB, MRCG, MAPA, CLAM, FZB
<i>Euselasia hygenius occulta</i> Stichel, 1919	5, 6, 10, 13, 16, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 32, 40, 44, 48, 52, 53, 57, 61, 65, 67, 70, 71, 75, 79, 81, 85, 92	c, d, l, m, i, b, k, o	CLDZ, MECB, MUCP, CLAM, FZB
<i>Euselasia modesta</i> (H.W. Bates, 1868)	3, 5, 21, 34, 37	m	CLDZ, CLAM
<i>Euselasia thucydides thucydides</i> (Fabricius, 1793)	85	b	CLAM
<i>Euselasia zara</i> (Westwood, 1851) #	23, 33, 48, 67		MCTP, CLAM
Riodininae			
Incertae Sedis			
<i>Apodemia castanea</i> (Prittwitz, 1865)	45, 68	c	MECB, CLAM
<i>Emesis diogenia</i> Prittwitz, 1865	22, 32, 57, 61, 92	d, k	CLDZ, MECB, MNCR
<i>Emesis fatimella</i> Westwood, 1851	16, 19, 39, 40, 44, 45, 48, 54, 57, 61, 75, 91, 92	c, i, k, n	CLDZ, MECB, MAPA, CLAM, DZUP, FZB, MAHP
<i>Emesis fastidiosa</i> Ménériés, 1855	34, 45, 48, 56, 61, 75, 80, 85, 92	b	CLDZ, MRCG, FZB, MAPA, CLAM
<i>Emesis lupina melancholica</i> Stichel, 1916	11, 13, 16, 22, 34, 36, 40, 41, 44, 46, 48, 57, 58, 60, 61, 70, 75, 79, 90	i, j, o	CLDZ, MECB, MAPA, CLAM
<i>Emesis mandana</i> (Cramer, 1780)	22, 37, 39, 40, 44, 48, 50, 54, 57, 61, 64, 75	c, k, n	CLDZ, MCTP, MUCP, DZUP, FZB, MAHP

<i>Emesis neemias</i> Hewitson, 1872 #	40, 43, 48		CLAM, FZB
<i>Emesis ocyopore zelotes</i> Hewitson, 1872	16, 57, 59, 60	c	MECB, DZUP
<i>Emesis russula</i> Stichel, 1910	3, 5, 23, 25, 32, 40, 48, 55, 56, 61, 75, 92	c, d, f, m	CLDZ, MRCG, MAPA, CLAM
<i>Pseudotinea hemis</i> (Schaus, 1927)	70	j	CLDZ
<i>Zabuella tenellus</i> (Burmeister, 1878)	5, 10, 57, 59, 60, 69	c, k, m	CLDZ, MECB, CLAM, DZUP
Eurybiini			
<i>Eurybia carolina</i> Godart, [1824] #	44		CLDZ
<i>Eurybia misellivestis</i> Stichel, 1910	36	c	MECB
<i>Eurybia pergaea</i> (Geyer, 1832)	22, 32	d, f	CLAM
Mesosemiini			
Mesosemiina			
<i>Mesosemia odice</i> (Godart, 1824)	22, 23, 24, 36, 39, 44, 45, 56, 61, 65, 66, 70, 78, 85	b, c, e, i, n	CLDZ, MCTP, MECB, MAPA, CLAM
Napaeina			
<i>Ionotus alector</i> (Geyer, 1837)	85	b	CLDZ
<i>Ithomiola nepos</i> (Fabricius, 1793)	11, 13, 14, 16, 22, 36, 44, 45, 48, 53, 57, 61, 70, 78, 92	b, c, i, j, k, o	CLDZ, MECB, MAPA, MUCP, CLAM, DZUP, FZB
<i>Voltinia cebrenia</i> (Hew, 1873)	40, 44, 61, 67, 70, 75, 92	i	CLDZ, CLAM
<i>Voltinia phryxe</i> (C.Felder & R.Felder, 1865) #	44, 92		CLDZ
Nymphidiini			
<i>Adelotypa malca</i> (Schaus, 1902) #	70, 78		CLAM
<i>Adelotypa bolena</i> (Butler, 1867)	32, 38, 57, 59	c, d, k	MCTP, MECB, DZUP
<i>Adelotypa leucophaea</i> (Hübner, [1821]) #	23		CLAM
<i>Adelotypa tineae</i> (Bates, 1868)	66	e	

<i>Adelotypa argiella</i> (Bates, 1868)	23, 40, 44, 70	i, j	CLDZ, CLAM
<i>Harveyope sejuncta</i> (Stichel, 1910)	19, 22, 27, 44, 70, 74	j	CLDZ, CLAM
<i>Harveyope zerna</i> (Hewitson, 1872)	44	i	CLDZ
Aricorina			
<i>Aricoris</i> sp.	61, 75		CLDZ, CLAM
<i>Aricoris</i> cf. <i>cinericia</i> (Stichel, 1910) #	20, 42		CLAM
<i>Aricoris constantius</i> (Fabricius, 1793)	24, 85	b	CLDZ
<i>Aricoris signata</i> Stichel, 1910	5, 6, 13, 36, 57, 61, 66, 88, 89, 92	c, l, m, q	CLDZ, MECB, DZUP
<i>Aricoris indistincta</i> (Lathy, 1932)	5, 12	m	CLDZ, FZB
<i>Aricoris gauchoana</i> (Stichel, 1910)	5, 26, 42, 43, 57, 63, 66, 75, 92	c, m, k	CLDZ, MECB, MUCP, CLAM, DZUP
<i>Aricoris monotona</i> (Stichel, 1910)	45, 61	c	CLDZ, CLAM
<i>Aricoris montana</i> (Schneider, 1937)	1, 16, 57, 60, 61, 75, 92	k	CLDZ, MECB, CLAM
<i>Aricoris notialis</i> (Stichel, 1910)	57, 92	c, k	CLDZ, MECB
Lemoniagina			
<i>Lemonias zygia zygia</i> (Hübner, [1807])	32	f	
<i>Juditha azan azan</i> (Westwood, [1850])	?	g	
Nymphidiina			
<i>Calospila apotheta</i> (Bates, 1868)	44, 85	b, i	CLDZ
<i>Menander menander nitida</i> (Butler, 1867)	23, 24, 48, 84, 85	b	CLDZ, MCTP, CLAM
Lemoniagina			
<i>Synargis</i> sp.	70	j	CLDZ
<i>Synargis bifasciata</i> (Mengel, 1902) #	25, 26, 61, 75, 88, 92		CLDZ, CLAM
<i>Synargis calyce</i> (C. Felder & R. Felder, 1864)	32	c, d, f	

<i>Synargis ochrophlegma</i> (Stichel, 1911)	20, 46, 61	o	CLAM
<i>Synargis paulistina</i> (Stichel, 1910)	11, 19, 22, 28, 36, 48, 51, 56, 57, 61, 70, 88	c, j	CLDZ, MECB, MAPA, CLAM, DZUP, FZB, MAHP
<i>Synargis regulus</i> (Fabricius, 1793)	13, 85	b	CLDZ, CLAM
<i>Synargis victrix</i> (Rebel, 1901)	66	e	
Theopina			
<i>Theope nycteis</i> (Westwood, 1851) #	44		CLDZ
<i>Theope thestias</i> (Hewitson, 1860)	10, 13, 23, 27, 40, 57, 75, 87	c, k	CLDZ, MECB, CLAM, DZUP
Riodinini			
<i>Baeotis hisbon</i> (Cramer, 1775) #	23, 48		CLAM
<i>Baeotis melanis</i> Hübner, [1831]	57, 59	c, k	MECB
<i>Barbicornis basilis ephippium</i> Thieme, 1907	13, 57	a, c	DZUP, MECB
<i>Barbicornis basilis mona</i> Westwood, 1951	22, 32, 36, 40, 57, 70, 83	c, d, f, j	CLDZ, MECB, CLAM
<i>Calephelis aymaran</i> McAlpine, 1971	39, 44, 46, 79	o, n	CLDZ, CLAM
<i>Calephelis nr. brasiliensis</i> McAlpine, 1971	44, 70, 86	i, j	CLDZ, MCTP, MECB, FZB
<i>Calephelis</i> sp.	25, 57, 66	c, e, k	CLDZ, DZUP
<i>Caria marsyas</i> Godman, 1903	36	c	MECB
<i>Caria plutargus plutargus</i> (Fabricius, 1793)	16, 22, 23, 28, 29, 36, 37, 40, 44, 57, 61, 65, 70, 76, 92	c	CLDZ, MCTP, MECB, MUCP, CLAM, MAHP
<i>Chalodeta theodora</i> (Felder & Felder, 1862)	13, 16, 17, 22, 23, 28, 30, 34, 36, 40, 44, 48, 51, 57, 61, 72, 75, 92	c, k	CLDZ, MCTP, MECB, MAPA, CLAM, DZUP, FZB, MAHP
<i>Chamaelimnas briola doryphora</i> #			CLAM
<i>Chamaelimnas briola meridionalis</i> Lathy, 1932	40, 79	o	CLAM
<i>Charis cadytis</i> (Hewitson, 1866)	19, 23, 24, 44, 46, 48, 51, 57, 59, 60, 70, 79	b, c, i, j, k, o	CLDZ, MCTP, MECB, MAPA, CLAM, DZUP, FZB
<i>Chorinea licursis</i> (Fabricius, 1775)	2, 9, 16, 39, 53, 54, 57, 60, 61, 75, 79	c, k, o, n	MECB, MAPA, CAMB, MUCP, CLAM, FZB, MAHP

<i>Dachetola azora</i> (Godart, [1824])	25, 44, 59, 60, 70	i, j	CLDZ, MECB
<i>Lasaia agesilas</i> (Latreille, 1809)	22, 25, 28, 36, 40, 44, 45, 57, 58, 66, 70, 75, 82, 85	b, c, e, i, j, k	CLDZ, MECB, MRCG, CLAM, FZB, MAHP
<i>Lasaia arsis</i> Staudinger, [1887] #	70		CLDZ
<i>Lasaia incoides</i> (Schaus, 1902)	23, 27, 47, 57, 61	c	CLAM, DZUP
<i>Melanis aegates</i> (Hewitson, 1874)	5	m	CLDZ
<i>Melanis smithiae smithiae</i> (Westwood, 1851)	4, 6, 12, 19, 23, 27, 32, 37, 44, 51, 54, 56, 61, 66, 70, 79, 84, 92	c, d, e, f, i, j, o	CLDZ, MCTP, MRCG, MAPA, CLAM, FZB, MAHP
<i>Melanis xenia xenia</i> (Hewitson, [1853])	22, 32, 37, 38, 44, 46, 48, 54, 56, 68, 73, 79	c, d, o	CLDZ, MCTP, MECB, MAPA, CLAM, DZUP, MAHP
<i>Notheme erota angellus</i> Stichel, 1910	22, 68	c	CLDZ, MECB, CLAM
<i>Parcella amarynthina</i> (C.Felder & R.Felder, 1865) #	22, 23, 40, 45, 48, 75		CLDZ, CLAM
<i>Pheles atricolor atricolor</i> (Butler, 1871)	48, 66, 90	c	CLAM
<i>Rhetus periander eleusinus</i> Stichel, 1910	85	b	CLDZ
<i>Riodina lycisca lycisca</i> (Hewitson, 1853)	10, 17, 32, 39, 40, 44, 54, 57, 60, 61, 66, 79	c, d, e, i, k, o, p, n	CLDZ, MECB, CLAM, MAHP
<i>Riodina lycisca lysisstratus</i> Burmeister, 1878	3, 10, 13, 14, 23, 25, 40, 56, 57, 59, 60, 61, 70, 75, 92	c, k	CLDZ, MCTP, MECB, MAPA, MUCP, CLAM, FZB
<i>Riodina lysippoides</i> Berg, 1882	3, 5, 22, 23, 34, 36, 57, 61, 75, 89, 92	c, k, m, q	CLDZ, MCTP, MECB, MUCP, CLAM, DZUP, FZB
<i>Seco aphanis</i> (Stichel, 1910)	13, 57	h	DZUP
<i>Syrmatia nyx</i> (Hübner, [1817]) #	7, 28		MCTP, MAHP
Symmachiini			
<i>Esthemopsis pherephatte teras</i> (Stichel, 1910)	57	k	MECB
<i>Mesene epalia</i> (Godart, [1824])	44	i	CLDZ
<i>Mesene epaphus</i> (Stoll, 1780)	17, 40, 44, 46, 48, 54, 57, 61, 75	o	CLDZ, MECB, CLAM, MAHP
<i>Mesene monostigma monostigma</i> (Erichson,	22		CLAM

[1849]) #			
<i>Mesene pyrippe sanguilenta</i> Stichel, 1910	17, 23, 31, 40, 44, 57, 75, 79, 85	b, c, k	CLDZ, MECB, MUCP, CLAM, DZUP
<i>Pirascuca sagaris phrygiana</i> (Stichel, 1916)	8, 16, 19, 23, 35, 45, 48, 49, 57, 61, 70, 75	c, k, j	CLDZ, MCTP, MECB, MAPA, MNCR, CLAM, DZUP, FZB
<i>Stichelia bocchoris suavis</i> (Stichel, 1911)	11, 12, 16, 23, 35, 38, 44, 45, 48, 57, 70, 74, 75	i, j	CLDZ, MCTP, MECB, MAPA, CLAM, FZB
<i>Stichelia dukinfieldia</i> (Schaus, 1902) #	74		CLAM
<i>Stichelia pelotensis</i> Biezanko, Mielke & Wedderhoff, 1978	57, 92	c, k	MECB, DZUP
<i>Symmachia arion</i> (C.Felder & R.Felder, 1865) #	44, 53		CLDZ, CLAM
<i>Symmachia menetas eurina</i> Schaus, 1902	44	i	CLDZ

* See appendix 2 for municipalities code. ** References source: ^aAzzará 1978; ^bBellaver et al. 2012; ^cBiezanko et al. 1978; ^dBonfantti et al. 2009; ^eDessuy & Morais 2007; ^fGiovenardi et al. 2008; ^gHall & Harvey 2001; ^hHall & Harvey 2002a; ⁱIserhard & Romanowski 2004; ^jIserhard et al. 2010; ^kKrüger & Silva 2003; ^lMarchiori & Romanowski 2006a; ^mMarchiori & Romanowski 2006b; ⁿMorais et al. 2012; ^oRitter et al. 2011; ^pSackis & Morais 2008; ^qRosa et al. 2011. *** See text for museum acronyms. # Unpublished records for Rio Grande do Sul state.

Appendix 2. Municipalities, phytogeographic region and geographical coordinates from Rio Grande do Sul state, southern Brazil.

Code	Municipalities	Phytogeographic region*	Coordinates	
			Longitude	Latitude
1	Alegrete	Steppical savannah (P)	55W 47' 30"	29S 46' 60"
2	Anta Gorda	Dense ombrophilous forest (AF)	52W 00' 17"	28S 58' 14"
3	Bagé	Steppical savannah (P)	54W 06' 25"	31S 19' 53"
4	Barão	Decidual seasonal forest (AF)	51W 29' 44"	29S 22' 37"
5	Barra do Quaraí	Steppical savannah (P)	57W 33' 16"	30S 12' 26"
6	Barra do Ribeiro	Pioneer formations (P)	51W 18' 03"	30S 17' 28"
7	Barracão	Mixed ombrophilous forest (AF)	51W 27' 38"	27S 40' 19"
8	Bento Gonçalves	Mixed ombrophilous forest (AF)	51W 31' 09"	29S 10' 17"
9	Butiá	Steppe (P)	51W 57' 44"	30S 07' 12"
10	Caçapava do Sul	Steppe (P)	53W 29' 29"	30S 30' 45"
11	Cambará do Sul	Dense ombrophilous forest (AF)	50W 08' 40"	29S 02' 52"
12	Canela	Mixed ombrophilous forest (AF)	50W 48' 56"	29S 21' 57"
13	Canguçu	Pioneer formations (P)	52W 40' 32"	31S 23' 43"
14	Canoas	Ecological tension area (AF)	51W 11' 01"	29S 55' 05"
15	Capão da Canoa	Pioneer formations (P)	50W 00' 35"	29S 44' 45"
16	Capão do Leão	Pioneer formations (P)	52W 29' 02"	31S 45' 48"
17	Carlos Barbosa	Decidual seasonal forest (AF)	51W 30' 13"	29S 17' 52"
18	Catuípe	Ecological tension area (AF)	54W 00' 41"	28S 15' 00"
19	Caxias do Sul	Mixed ombrophilous forest (AF)	51W 10' 45"	29S 10' 06"
20	Coronel Bicaco	Steppe (P)	53W 42' 05"	27S 42' 56"
21	Cruz Alta	Decidual seasonal forest (AF)	53W 36' 22"	28S 38' 19"
22	Derrubadas	Decidual seasonal forest (AF)	53W 51' 38"	27S 15' 54"
23	Dois Irmãos	Ecological tension area (AF)	51W 05' 06"	29S 34' 50"
24	Dom Pedro de Alcântara	Dense ombrophilous forest (AF)	49W 50' 59"	29S 22' 10"
25	Eldorado do Sul	Steppe (P)	51W 36' 58"	30S 05' 03"
26	Encruzilhada do Sul	Steppe (P)	52W 31' 18"	30S 32' 38"
27	Erechim	Mixed ombrophilous forest (AF)	52W 16' 25"	27S 38' 04"
28	Ervat Seco	Decidual seasonal forest (AF)	53W 30' 14"	27S 32' 58"
29	Estância Velha	Ecological tension area (AF)	51W 10' 26"	29S 38' 54"

30	Estrela	Decidual seasonal forest (AF)	51W 57' 58"	29S 30' 07"
31	Flores da Cunha	Mixed ombrophilous forest (AF)	51W 10' 54"	29S 01' 44"
Frederico				
32	Westphalen	Decidual seasonal forest (AF)	53W 23' 39"	27S 21' 34"
33	Garibaldi	Decidual seasonal forest (AF)	51W 32' 01"	29S 15' 23"
34	Gravataí	Semidecidual seasonal forest (AF)	50W 59' 30"	29S 56' 41"
35	Gramado	Mixed ombrophilous forest (AF)	50W 52' 26"	29S 22' 43"
Guarani das				
36	Missões	Decidual seasonal forest (AF)	54W 33' 59"	28S 07' 60"
37	Ijuí	Decidual seasonal forest (AF)	53W 54' 53"	28S 23' 16"
38	Iraí	Decidual seasonal forest (AF)	53W 15' 02"	27S 11' 38"
39	Itaara	Mixed ombrophilous forest (AF)	53W 47' 30"	29S 32' 15"
40	Ivoti	Semidecidual seasonal forest (AF)	51W 09' 38"	29S 35' 28"
41	Jaguarão	Steppe (P)	53W 22' 32"	32S 33' 59"
42	Jaguari	Decidual Seasonal forest (AF)	54W 41' 23"	29S 29' 51"
43	Jari	Steppical savannah (P)	54W 13' 25"	29S 17' 30"
44	Maquiné	Dense ombrophilous forest (AF)	50W 12' 25"	29S 40' 30"
45	Montenegro	Semidecidual seasonal forest (AF)	51W 27' 39"	29S 41' 19"
46	Mormaço	Mixed ombrophilous forest (AF)	52W 36' 17"	28S 41' 05"
47	Morro Redondo	Semidecidual seasonal forest (P)	52W 37' 54"	31S 35' 18"
48	Morro Reuter	Semidecidual seasonal forest (AF)	51W 04' 51"	29S 32' 17"
49	Não-me-toque	Mixed ombrophilous forest (AF)	53W 02' 59"	29S 22' 01"
50	Nonoai	Decidual seasonal forest (AF)	52W 46' 17"	27S 21' 43"
51	Nova Petrópolis	Mixed ombrophilous forest (AF)	51W 06' 52"	29S 22' 35"
52	Nova Roma do Sul	Mixed ombrophilous forest (AF)	51W 24' 28"	28S 59' 26"
53	Novo Hamburgo	Ecological tension area (AF)	51W 07' 49"	29S 40' 42"
54	Panambi	Decidual seasonal forest (AF)	53W 30' 06"	28S 17' 33"
55	Pantano Grande	Steppe (P)	52W 22' 25"	30S 11' 30"
56	Pareci Novo	Ecological tension area (AF)	51W 23' 50"	29S 38' 18"
57	Pelotas	Pioneer formations (AF)	52W 20' 32"	31S 46' 19"
58	Picada Café	Decidual seasonal forest (AF)	51W 08' 11"	29S 26' 39"
59	Pinheiro Machado	Steppe (P)	53W 22' 52"	31S 34' 42"
60	Piratini	Steppe (P)	53W 06' 15"	31S 26' 53"
61	Porto Alegre	Ecological tension area (AF)	51W 13' 47"	30S 01' 60"
62	Porto Mauá	Decidual seasonal forest (AF)	54W 40' 05"	27S 34' 31"

63	Rio Grande	Pioneer formations (P)	52W 34' 51"	32S 29' 25"
64	Salvador do Sul	Ecological tension area (AF)	51W 30' 41"	29S 26' 19"
65	Santa Cruz do Sul	Decidual seasonal forest (AF)	52W 25' 33"	29S 43' 04"
66	Santa Maria	Ecological tension area (AF)	53W 48' 25"	29S 41' 04"
67	Santa Maria do Herval	Semidecidual seasonal forest (AF)	50W 59' 34"	29S 29' 54"
68	Santa Rosa	Decidual seasonal forest (AF)	54W 28' 52"	27S 52' 15"
69	Santana do Livramento	Steppical savannah (P)	55W 31' 58"	30S 53' 27"
70	São Francisco de Paula	Mixed ombrophilous forest (AF)	50W 35' 00"	29S 26' 53"
71	São Jerônimo	Steppe (P)	51W 43' 19"	29S 57' 34"
72	São José do Hortêncio	Semidecidual seasonal forest (AF)	51W 14' 52"	29S 31' 51"
73	São José do Ouro	Mixed ombrophilous forest (AF)	51W 32' 01"	27S 44' 09"
74	São José dos Ausentes	Mixed ombrophilous forest (AF)	50W 03' 57"	28S 44' 54"
75	São Leopoldo	Ecological tension area (AF)	51W 08' 49"	29S 45' 38"
76	São Lourenço do Sul	Pioneer formations (P)	51W 58' 41"	31S 21' 56"
77	São Sebastião do Caí	Decidual seasonal forest (AF)	51W 22' 32"	29S 35' 12"
78	Sapiranga	Decidual seasonal forest (AF)	51W 00' 24"	29S 38' 18"
79	Soledade	Decidual seasonal forest (AF)	52W 30' 36"	28S 49' 06"
80	Tapes	Pioneer formations (P)	51W 23' 44"	30S 40' 24"
81	Taquara	Semidecidual seasonal forest (AF)	50W 46' 50"	29S 39' 03"
82	Taquari	Decidual seasonal forest (AF)	51W 51' 52"	29S 47' 60"
83	Tenente Portela	Decidual seasonal forest (AF)	53W 45' 29"	27S 22' 16"
84	Terra de Areia	Dense ombrophilous forest (AF)	50W 04' 14"	29S 35' 07"
85	Torres	Dense ombrophilous forest (AF)	49W 43' 36"	29S 20' 07"
86	Três Cachoeiras	Dense ombrophilous forest (AF)	49W 55' 27"	29S 27' 21"
87	Triunfo	Ecological tension area (AF)	51W 43' 05"	29S 56' 36"
88	Tupanciretã	Steppical savannah (P)	53W 50' 09"	29S 04' 51"
89	Uruguaiana	Steppical savannah (P)	56W 49' 56"	29S 30' 05"
90	Vacaria	Steppe (AF)	50W 56' 01"	28S 30' 45"
91	Venâncio Aires	Decidual seasonal forest (AF)	52W 11' 30"	29S 36' 23"

92	Viamão	Ecological tension area (AF)	51W 01' 24"	30S 04' 53"
----	--------	------------------------------	-------------	-------------

*According to Cordeiro & Hasenack (2009). (P) Pampa Biome; (AF) Atlantic Forest Biome.

6. ARTIGO 2

MANUSCRITO A SER SUBMETIDO À IHERINGIA SÉRIE ZOOLOGIA

***SYMMACHIA ARION* (FELDER & FELDER, 1865) (LEPIDOPTERA:
RIODINIDAE): NOVOS REGISTROS PARA A MATA ATLÂNTICA E
MODELAGEM DE SUA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL.**

Ricardo Russo Siewert^{1,4}, Cristiano Agra Iserhard², Helena Piccoli Romanowski¹ &
Alfred Moser³

¹ Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43435, Laboratório 218, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Departamento de Biologia Animal & Museu de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, SP, Brasil.

³ Avenida Rotermund, 1045, São Leopoldo, RS, Brasil.

⁴ Autor para correspondência, ricardo_siewert@yahoo.com.br

***Symphachia arion* (Felder & Felder, 1865) (Lepidoptera: Riodinidae): novos registros para a Mata Atlântica e modelagem de sua distribuição geográfica potencial.**

Ricardo R. Siewert¹, Cristiano A. Iserhard², Helena P. Romanowski¹ & Alfred Moser³

1. Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Av. Bento Gonçalves 9500, Prédio 43435, Laboratório 218, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. (ricardo.siewert@gmail.com)

2. Departamento de Biologia Animal & Museu de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, SP, Brasil.

3. Avenida Rotermund, 1045, São Leopoldo, RS, Brasil.

ABSTRACT. *Symphachia arion* (Felder & Felder, 1865) (Lepidoptera: Riodinidae): new records for Atlantic Forest and modeling of its potential geographical distribution. *Symphachia arion* (Felder & Felder, 1865) has its occurrence in areas of the Brazilian Atlantic Forest and is considered vulnerable in the red lists of Paraná and Rio Grande do Sul states. The aims of this study were to estimate the geographical distribution and search for new records of this butterfly for the Atlantic Forest. We obtained data from literature and examination of specimens in museums to perform the modeling. A total of 15 variables were selected (at a spatial resolution of 2.5 arc minutes), and Garp and Maxent algorithms were used for modelling the distribution of *S. arion*. In addition, we built a consensus map (ensemble forecasting) from the two models generated by Garp and Maxent. Two new records were obtained for the extreme southern Brazil, which increased the butterfly distribution about 600 km. Two new records were obtained for the extreme southern Brazil, which increased the butterfly distribution in about 600 km. The two models yielded similar predictions and the area under the curve was 0.93 for the Maxent and 0.89 to Garp, showing an excellent

performance. The consensus model indicated twelve protected areas that are included in sites of high probability of occurrence of the species.

KEYWORDS. Butterfly, conservation, ensemble forecasting, Garp, Maxent

RESUMO. A espécie *Symmachia arion* (Felder & Felder, 1865) possui ocorrência em áreas de Mata Atlântica do Brasil e está listada como vulnerável nas listas vermelhas dos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul. O objetivo do presente estudo foi estimar a distribuição geográfica desta borboleta e registrar novas ocorrências para a Mata Atlântica do extremo Sul do Brasil. Para a realização da modelagem, foram utilizados dados provenientes da literatura e de espécimes depositados em museus. Foram selecionadas 15 variáveis climáticas e uma topográfica (em uma resolução espacial de 2.5 arc minutes), além dos algoritmos Maxent e Garp para estimar a distribuição geográfica de *S. arion*. Além disso, foi construído um mapa de consenso através da técnica de projeção combinada (ensemble forecasting) a partir dos dois modelos gerados pelo Maxent e pelo Garp. Os dois novos registros obtidos no estado do Rio Grande do Sul possibilitaram o aumento de sua distribuição em, aproximadamente, 600 quilômetros. Os dois modelos (Maxent e Garp) apresentaram distribuição geográfica semelhante. O valor da área sob a curva (AUC) foi de 0,93 para o Maxent e de 0,89 para o Garp, indicando que ambos obtiveram um excelente desempenho. Através do modelo de consenso, foi possível localizar doze Unidades de Conservação Federais que estão incluídas em áreas de alta probabilidade de ocorrência da espécie.

PALAVRAS-CHAVE. Borboleta, conservação, Garp, Maxent, projeção combinada

Introdução

A modelagem de distribuição potencial (MDP) de espécies tem sido uma ferramenta amplamente utilizada para a realização de planejamentos conservacionistas e diversas técnicas vêm sendo implementadas para este fim (GUISAN & THUILLER, 2005). Este processo consiste em converter dados primários de ocorrência de determinada espécie, aliando estes registros a dados ecológicos/ambientais (temperatura, precipitação, umidade, tipo de solo, etc.) e aplicando algoritmos que buscam encontrar possíveis correlações entre os pontos de ocorrência e um conjunto multivariado de variáveis ambientais (PHILLIPS *et al.*, 2006). O uso da MDP é útil em várias áreas, mas possui um enfoque maior no que diz respeito à biologia da conservação (DE MARCO JR. & SIQUEIRA, 2009), sendo bem sucedida em estudos sobre a conservação de espécies raras ou ameaçadas (e.g. DIAS *et al.*, 2011), previsões sobre a distribuição das espécies através de impactos causados pelas mudanças climáticas (e.g. WIENS *et al.*, 2009), reintrodução de espécies (e.g. HIRZEL *et al.*, 2002), entre outros.

Grande parte da utilização da MDP de borboletas envolve espécies raras ou ameaçadas (e.g. BINZENHÖFER *et al.*, 2005; ROMO *et al.*, 2006; JIMÉNEZ-VALVERDE *et al.*, 2008). Entretanto, até o momento nenhum estudo enfocou as técnicas de modelagem de distribuição para espécies de Riodinidae. Apesar de ser a segunda família mais diversa de borboletas (depois de Nymphalidae), Riodinidae é considerado o grupo menos estudado entre estas (HALL & HARVEY, 2002). Das mais de 370 espécies ocorrentes na Mata Atlântica, cerca de 40% são endêmicas (BROWN & FREITAS, 2000). A Mata Atlântica é considerada a segunda floresta mais ameaçada do mundo, possuindo elevados níveis de endemismos e altas taxas de conversão de seus ambientes através de impacto antrópico, por isto um ecossistema com alta prioridade para conservação (MYERS *et al.*, 2000; RIBEIRO *et al.*, 2009). Cerca de dois terços da riqueza de

borboletas no Brasil está presente na Mata Atlântica, bem como 52 das 57 espécies de lepidópteros que constam na lista vermelha de espécies ameaçadas do país (BROWN, 1996; FREITAS *et al.*, 2011). Neste sentido, a MDP é uma ferramenta importante para estabelecer locais prioritários para a proposição e manejo ligados à conservação.

O gênero *Symmachia* Hübner, [1819] é constituído por 59 espécies distribuídas exclusivamente nos neotrópicos, representando o maior gênero de Symmachiini (CALLAGHAN & LAMAS 2004; DOLIBAINA *et al.*, 2012). A espécie *Symmachia arion* (Felder & Felder, 1865) possui registros nos estados brasileiros de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (DOLIBAINA *et al.*, 2010; EBERT, 1969; MIELKE & CASAGRANDE, 2004) em localidades dentro do domínio da Mata Atlântica, com exceção do registro de DOLIBAINA *et al.* (2010) em uma área de transição entre este Bioma e o Cerrado (Parque Estadual do Cerrado, Jaguariaíva, Paraná). Esta espécie é encontrada em florestas úmidas e densas e, normalmente, se alimentando em flores na beira das matas (MIELKE & CASAGRANDE, 2004).

MIELKE & CASAGRANDE (2004) listaram *S. arion* na categoria “vulnerável” no Livro Vermelho da Fauna Ameaçada do Estado do Paraná. Entretanto, DOLIBAINA *et al.* (2010) realizaram novos registros desta espécie neste estado, ampliando sua área de ocupação e sugerindo sua retirada da lista de espécies de borboletas ameaçadas. Na revisão recentemente proposta do Livro Vermelho da Fauna Ameaçada do Rio Grande do Sul, *S. arion* foi sugerida também como uma espécie “vulnerável” (ROMANOWSKI com. pess.). Tal critério foi estabelecido através dos poucos registros obtidos para esta borboleta no estado e pela destruição e fragmentação dos habitat de Mata Atlântica, sendo essencial a busca por populações remanescentes para promover a conservação desta espécie.

Os objetivos do presente estudo foram (1) ampliar a ocorrência desta espécie na Mata Atlântica através de registros novos para o extremo sul do Brasil; (2) estimar a distribuição geográfica da borboleta *Symmachia arion* no Brasil através da modelagem de distribuição potencial, utilizando dois algoritmos amplamente utilizados na literatura (Maxent e Garp) juntamente com a técnica de projeção combinada (*ensemble forecasting*); (3) analisar a possível ocorrência desta espécie em Unidades de Conservação Federais presentes em áreas de alta probabilidade de ocorrência.

MATERIAL E MÉTODOS

Registros de ocorrência

Os registros de ocorrência de *S. arion* foram obtidos através de literatura (EBERT, 1969; BROWN Jr, 1992; DOLIBAINA *et al.*, 2010) e de visitas às coleções científicas, sendo encontrados exemplares nas seguintes: **DZUP** - Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná; **CLAM** – Coleção de Lepidoptera Alfred Moser, São Leopoldo, Rio Grande do Sul; **CLDZ** – Coleção de Lepidoptera do Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul; **ZUEC** - Coleção de Lepidoptera do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. Para os exemplares sem precisão exata do ponto georreferenciado da localidade de coleta, as coordenadas geográficas da sede do município mais próximo foram utilizadas.

Seleção das variáveis ambientais

Foram pré-selecionadas 19 variáveis climáticas e uma topográfica (altitude), obtidas respectivamente pelos bancos de dados WorldClim (disponível em www.worldclim.org) (HIJMANS *et al.*, 2005) e U.S. Geological Survey's (disponível em

<http://eros.usgs.gov>) em uma resolução espacial de 2.5 arc minutes (4.4 km). Estas variáveis foram avaliadas quanto à sua importância através do teste de Mantel entre cada uma das variáveis e os dados de ocorrência, visando selecionar as mais relevantes para a modelagem. Este teste foi realizado no ambiente de programação R versão 15.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012), utilizando a função ‘mantel’ do pacote vegan (OKSANEN *et al.*, 2012).

Modelagem da distribuição potencial

Foram utilizados dois algoritmos para gerar o modelo de distribuição potencial de *S. arion*: GARP (*Genetic Algorithm for Rule-set Production*) (STOCKWELL & PETERS, 1999) e Maxent (*Maximum Entropy*) (PHILLIPS *et al.*, 2006). O GARP é um algoritmo genético que emprega outros algoritmos distintos (*e.g.* regressão logística) e gera um conjunto de regras no qual é otimizado, definindo o modelo da distribuição potencial do organismo que está sendo analisado (PEREIRA & SIQUEIRA, 2007; STOCKWELL & PETERS, 1999). O Maxent utiliza o conceito de máxima entropia, ou seja, que a distribuição prevista seja mais próxima da distribuição uniforme (PHILLIPS *et al.*, 2006). Este método consiste em fazer previsões de distribuições a partir de informações incompletas e, diferente de outros algoritmos, necessita apenas de dados de presença (PHILLIPS *et al.*, 2006). Além disso, este algoritmo é ideal para um conjunto de poucos registros (*e.g.* KUMAR & STOHLGREN, 2009).

Para a validação de cada um dos modelos, o conjunto de dados originais foi dividido em um conjunto de treino (70%) e em um conjunto de teste (30%). Os modelos gerados foram avaliados através da seleção de um limiar mínimo de corte (*minimum presence training*) (PEARSON *et al.*, 2007). O desempenho dos modelos foi avaliado através da curva característica de operação (ROC), o qual é obtido plotando-se a

sensibilidade no eixo y e o valor de 1-especificidade no eixo x. A sensibilidade do modelo representa a proporção de presenças reais em relação ao total de presenças preditas, enquanto que a especificidade é a taxa de ausências reais em relação ao total de ausências preditas pelo modelo (MANEL *et al.*, 2001). A área abaixo da curva (AUC – *Area under curve*) é uma medida utilizada para estimar a precisão da previsão do modelo (LOBO *et al.*, 2008), variando de 0,5 (baixo desempenho) até 1 (excelente desempenho) (MANEL *et al.*, 2001).

Com o intuito de diminuir a incerteza nos resultados dos modelos gerados pelos dois algoritmos, foi aplicada a técnica de projeção combinada (*ensemble forecasting*), na qual consiste em gerar um modelo de consenso que indica as áreas de alta adequabilidade que os demais modelos geraram como sendo apropriadas para a ocorrência da espécie em estudo (ARAÚJO & NEW, 2007).

As Unidades de Conservação Federais, presentes em áreas de alta adequabilidade ambiental para a ocorrência da espécie, foram determinadas a partir das informações obtidas do Ministério do Meio Ambiente (disponível em <http://www.icmbio.org.br>)

As análises foram realizadas nos programas Maxent (PHILLIPS *et al.*, 2006), openModeller (MUÑOZ *et al.*, 2011) e Quantum Gis versão 1.8 (disponível em <http://www.qgis.org/>).

RESULTADOS

Foram obtidas 13 localidades com registro de *S. arion* (Fig. 1), sendo que o limite sul de sua distribuição era o município de São Bento do Sul, Santa Catarina. Os dois novos registros obtidos em Maquiné e Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, aumentaram sua distribuição em, aproximadamente, 600 quilômetros em direção ao sul.

Das 20 variáveis pré-selecionadas, 15 foram selecionadas para a obtenção dos modelos (Tab. I). A modelagem gerada pelo Maxent indicou uma área contínua onde a espécie poderia ocorrer, envolvendo as serras gaúcha e catarinense, além da Serra do Mar que se estende entre os estados do Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Fig. II). Além de prever a área conhecida de sua atual distribuição, o Maxent apresentou algumas localidades no Espírito Santo como áreas de alta probabilidade de ocorrência da espécie. O modelo gerado pelo Garp apresentou uma distribuição potencial mais restrita do que o Maxent, com algumas manchas descontínuas no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro e Minas Gerais e uma área contínua no estado de São Paulo. Entretanto, as áreas com alta probabilidade de ocorrência foram semelhantes nos dois modelos. Os valores da AUC foram de 0,93 e 0,89 para o Maxent e Garp, respectivamente. O modelo de consenso, gerado através da técnica de projeção combinada, apresentou um padrão de distribuição semelhante aos demais modelos, com manchas envolvendo o Planalto Médio e a Encosta Inferior do Nordeste do Rio Grande do Sul, bem como áreas descontínuas em Santa Catarina, Paraná e uma extensa área em São Paulo (Fig. II).

Além disso, foi possível detectar doze Unidades de Conservação Federais que estão incluídas em áreas de alta probabilidade de ocorrência da espécie em estudo através do modelo de consenso: Parque Nacional de Aparados da Serra, na divisa entre Rio Grande do Sul e Santa Catarina; Parque Nacional de São Joaquim, Parque Nacional da Serra do Itajaí, Floresta Nacional de Ibirama, e Área de relevante interesse ecológico Serra da Abelha, em Santa Catarina; Floresta Nacional de Assungui e Floresta Nacional dos Campos Gerais, no Paraná; Floresta Nacional de Capão Bonito, Floresta Nacional de Ipanema e Área de Proteção Ambiental Bacia do Paraíba do Sul, em São Paulo;

Reserva Biológica do Tinguá e Área de Proteção Ambiental Petrópolis, no Rio de Janeiro (Fig. III).

DISCUSSÃO

Os modelos gerados para prever a distribuição geográfica da borboleta *S. arion* demonstraram quem em áreas de altitudes elevadas há uma grande probabilidade de ocorrência da espécie. Diversas espécies de Riodinidae, incluindo as do gênero *Symmachia*, apresentam o comportamento de ‘hilltopping’, que consiste em concentrar-se em topos de morros para o acasalamento (DOLIBAINA *et al.*, 2012). Isto explicaria o fato de todos os registros conhecidos para *S. arion* serem de localidades com altitude moderada, que variam entre 200 e 1200 metros de altitude. Neste caso, os modelos obtidos corroboram o esperado para áreas de alta adequabilidade para ocorrência desta espécie.

Apesar da discussão que existe sobre o uso da AUC para avaliar a eficiência dos resultados gerados pela MDP, este método tem sido o mais utilizado entre os pesquisadores e, neste estudo, os modelos gerados pelo Garp e pelo Maxent obtiveram um excelente desempenho de acordo com os valores da AUC (MANEL *et al.*, 2001; LOBO *et al.* 2008; JIMÉNEZ-VALVERDE, 2011). O modelo de consenso, gerado pela técnica de projeção combinada, apresentou um padrão de distribuição concordante aos modelos gerados pelo Maxent e pelo Garp. Esta técnica é útil para descrever melhor a distribuição geográfica da espécie que está em estudo, possibilitando o uso simultâneo de diversos modelos gerados por diferentes algoritmos (ARAÚJO & NEW, 2007). O uso desta técnica possibilitou a detecção de doze Unidades de Conservação presentes em domínios de Mata Atlântica, reforçando a importância da MDP no estabelecimento de

áreas prioritárias para conservação, bem como o fornecimento de subsídios para uma melhor avaliação sobre as políticas públicas de conservação que justifiquem a manutenção destas áreas e a conseqüente preservação da espécie garantindo a permanência de suas populações e seus habitats nativos associados.

Em Santa Catarina, há apenas um registro para esta espécie no município de São Bento do Sul. Isto pode refletir o fato deste estado ser um dos menos documentados em inventários de lepidópteros no Brasil, formando uma enorme lacuna entre o Rio Grande do Sul e o Paraná, que possuem um número considerável de inventários de borboletas se comparado com outros estados brasileiros (MORAIS *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2008). No Rio Grande do Sul, a área de maior probabilidade de ocorrência da espécie não possui nenhuma Unidade de Conservação Federal e, até o momento, não houve o registro em estudos realizados nesta região (*e.g.* MORAIS *et al.* 2012) Os modelos sugerem que esta espécie possa ocorrer em cinco Unidades de Conservação presentes em Santa Catarina e, desta maneira, é essencial que inventários maximizados com esforços de amostragem intensificados sejam direcionados para esta região. O Rio de Janeiro é outro estado brasileiro que está longe de estar bem representado em termos de inventários de borboletas (SANTOS *et al.*, 2008) e, assim como em Santa Catarina, há o registro deste riodinídeo em apenas uma localidade. Já o estado de São Paulo, apesar de ser considerado um dos mais bem documentados em informações sobre borboletas, apresenta apenas um registro dessa espécie na Serra do Japi (BROWN Jr., 1992). A falta de informações básicas sobre padrões de ocorrência, biologia e história natural de diversos riodinídeos é uma das causas que dificulta a coleta de determinadas espécies (BROWN Jr., 1993). Além disso, espécies da tribo Symmachini são difíceis de encontrar na natureza, o que as torna, em sua maioria, as mais raras entre os Riodinidae (HALL & WILLMOTT, 2007).

As áreas de Mata Atlântica estão extremamente ameaçadas devido à conversão e perda de hábitat e menos de 7,5% de sua extensão original encontra-se em pequenos e esparsos fragmentos (RIBEIRO *et al.*, 2009), o que fornece uma forte ameaça para as espécies associadas a esse bioma. Desta forma, a MDP é importante para indicar locais prioritários para a realização de inventários. Neste estudo, este método se mostrou eficaz não apenas para demonstrar a provável distribuição geográfica da espécie, mas também para direcionar esforços de coletas em áreas onde provavelmente haja populações remanescentes deste riodinídeo e, assim, auxiliar na avaliação da eficiência das Unidades de Conservação existentes. Espera-se que este estudo contribua para futuros planejamentos de conservação desta e de outras espécies de lepidópteros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Drs. Olaf Hendrik Hermann Mielke (DZUP) e André Victor Lucci Freitas (ZUEC) por permitir o acesso às coleções de suas respectivas instituições. Ricardo Russo Siewert recebeu auxílio da CAPES. Helena Piccoli Romanowski recebeu auxílio do CNPq (Proc No. 307635/2010-4). Cristiano Agra Iserhard recebeu bolsa de pós-doutorado financiada pela Fundação de Amparo ao Estado de São Paulo (Fapesp – 2011/08433-8). Este manuscrito é parte do Sub-Projeto Pampa e Mata Atlântica Sul - RedeLep “Rede Nacional de Pesquisa e Conservação de Lepidópteros” SISBIOTA-Brasil/CNPq (563332/2010-7).

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. B. & NEW, M. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. **Trends in Ecology and Evolution** **22**:42-47.
- BINZENTHÖFER, B.; SCHRÖDER, B.; STRAUSS, B.; BIEDERMANN, R. & SETTELE, J. 2005. Habitat models and habitat connectivity analysis for butterflies and burnet moths – The example of *Zygaena carniolica* and *Coenonympha arcania*. **Biological Conservation** **126**:247-259.
- BROWN Jr., K. S. 1992. Borboletas da Serra do Japi: Diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In: MORELLATO, L. P. C. ed. **História natural da Serra do Japi: Ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Campinas, FAPESP. p. 142-187.
- BROWN Jr., K. S. 1993. Neotropical Lycaenidae: an overview. In: NEW, T. R. ed. **Conservation biology of Lycaenidae (Butterflies)**. Gland, IUCN. p. 45-61.
- BROWN Jr., K. S. 1996. Diversity of Brazilian Lepidoptera: history of study, methods for measurement, and use as indicator for genetic, specific and system richness. In: BICUDO, C. E. M. & MENEZES, N. A. eds. **Biodiversity in Brazil, a first approach**. São Paulo, Instituto de Botânica/CNPq. p. 223-253.
- BROWN Jr., K. S. & FREITAS, A. V. L. 2000. Atlantic Forest butterflies: indicators for landscape conservation. **Biotropica** **32**:934-956.

CALLAGHAN, C. J. & LAMAS, G. 2004. Riodinidae. *In*: LAMAS, G. ed. **Atlas of Neotropical Lepidoptera: Checklist: Part 4a Hesperioidea – Papilionoidea**. Gainesville, Association of Tropical Lepidoptera. p. 141-170.

DOLIBAINA, D. R.; CARNEIRO, E.; DIAS, F. M.; MIELKE, O. H. H. & CASAGRANDE, M. M. 2010. Registros inéditos de borboletas (Papilionoidea e Hesperioidea) ameaçadas de extinção para o Estado do Paraná, Brasil: novos subsídios para reavaliação dos critérios de ameaça. **Biota Neotropica 10(3):75-81**.

DOLIBAINA, D. R.; LEITE, L. A. R.; DIAS, F. M.; MIELKE, O. H. H. & CASAGRANDE, M. M. 2012. An annotated list of *Symmachia* Hübner, [1819] (Lepidoptera: Riodinidae: Symmachiini) from Parque Nacional da Serra do Divisor, Acre, Brazil, with the description of a new species. **Insecta Mundi 249:1-11**.

EBERT, H. 1969. On the frequency of butterflies in eastern Brazil, with a list of butterfly fauna of Poços de Caldas, Minas Gerais. **Journal of Lepidopterist's Society 23(Suppl 3):1-48**.

FREITAS, A. V. L. 2010. Potential impacts of the proposed Brazilian Forest Act on native butterflies. **Biota Neotropica 10:53-58**.

FREITAS, A. V. L.; CAMARGO, A.; ISERHARD, C. A.; ACCACIO, G. M.; ROMANOWSKI, H. P.; GALINKIN, J.; BROWN, K. S.; DUARTE, M.; UEHARA-PRADO, M.; CARDOSO, M. Z.; CASAGRANDE, M. M.; MIELKE, O. H. H.; MARINI-FILHO, O. J.; MONTEIRO, R. F.; HONEGGER, R. W. H. & OVERAL, W. L.. 2011. Parte 1 – Informações Gerais.

In: MARINI-FILHO, O. J. & FREITAS, A. V. L. eds. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção**. Brasília, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). 124 p.

GUISAN, A. & THUILLER, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters** **8**:993-1009.

HALL, J. P. W. & HARVEY, D. J. 2002. A revision of the Neotropical butterfly genus *Seco* Hall and Harvey (Lepidoptera: Riodinidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington** **104(4)**: 941-947.

HALL, J. P. W. & WILLMOTT, K. R. 2007. Four new species of Symmachiini from Ecuador (Lepidoptera: Riodinidae). **Tropical Lepidoptera** **16**:1-5.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G. & JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology** **25**:1965-1978.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; GÓMEZ, J. F.; LOBO, J. M.; BASELGA, A. & HORTAL, J. 2008. Challenging species distribution models: the case of *Maculinea nausithous* in the Iberian Peninsula. **Annales Zoologici Fennici** **45**:200-210.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A. 2011. Insights into the area under the receiver operating characteristic curve (AUC) as a discrimination measure in species distribution modeling. **Global Ecology and Biogeography**:498-507.

- KUMAR, S. & STOHLGREN, T. J. 2009. Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. **Journal of Ecology and Natural Environment** **1(4)**:94-98.
- LOBO, J. M.; JIMÉNEZ-VALVERDE, A. & REAL, R. 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. **Global Ecology and Biogeography** **17**:145-151.
- MANEL, S.; WILLIAMS, H. C. & ORMEROD, S. J. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. **Journal Applied Ecology** **38**:921-931.
- MIELKE, O. H. H. & CASAGRANDE, M. M. 2004. Borboletas. *In*: MIKICH, S. B. & BERNILS, R. S. eds. **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná**. Curitiba, Instituto Ambiental do Paraná. p. 713-739.
- MORAIS, A. B. B.; ROMANOWSKI, H. P.; ISERHARD, C. A.; MARCHIORI, M. O. & SEGUI, R. 2007. Mariposas del Sur de Sudamérica (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea). **Ciência & Ambiente** **35**:29-46.
- MORAIS, A. B. B.; LEMES, R. & RITTER, C. D.. 2012. Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de Val de Serra, região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Biota Neotropica** **12(2)**: 175-183.

- MUÑOZ, M. E. S.; GIOVANNI, R.; SIQUEIRA, M. F.; SUTTON, T.; BREWER, P.; PEREIRA, R. S.; CANHOS, D. A. L. & CANHOS, V. P. 2011. openModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling. **GeoInformatica** **15**:111-135.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** **403**:853-858.
- OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H. & WAGNER, H. 2012. **Vegan: community ecology package. R package version 2.0-5**. Disponível em: <<http://cran.r-project.org>>. Acesso em: 05.11.2011.
- PEARSON, R. G.; RAXWORTHY, C. J.; NAKAMURA, M. & PETERSON, A. T. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of Biogeography** **34**:102-117.
- PEREIRA, R. S. & SIQUEIRA, M. F. 2007. Algoritmo genético para produção de conjuntos de regras (GARP). **Megadiversidade** **3**:46-55.
- PHILLIPS, S. J.; ANSERSON, R. P. & SCHAPIRE, R. E. 2006 Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modeling** **190**:231-259.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2012. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Available at: <<http://www.Rproject.org>>. Acesso em: 05.11.2012.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J. & HIROTA, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** **142**:1141-1153.

ROMO, H.; GARCÍA-BARROS, E. & MUNGUIRA, M. L. 2006. Distribución potencial de trece especies de mariposas diurnas amenazadas o raras em el área ibero-balear (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea. **Boletín de la Asociación Española de Entomología** **30**:25-49.

STOCKWELL, D. R. B. & PETERS, D. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. **International Journal of Geographical Information Science** **13**:143-158.

Tabela 1. Seleção pelo teste de Mantel das variáveis climáticas e topográfica utilizadas na modelagem de distribuição potencial da espécie *Symmachia arion* (Felder & Felder, 1965). Variáveis em negrito foram selecionadas.

Variáveis	r	p
Temperatura anual média	0.55	<0.01
Variação diurna média de temperatura	0.35	0.05
Isotermalidade	0.53	<0.01
Sazonalidade da temperatura	0.72	<0.01
Temperatura máxima do mês mais quente	0.23	0.11
Temperatura mínima do mês mais frio	0.58	<0.01
Variação anual da temperatura	0.14	0.26
Temperatura média do trimestre mais úmido	0.4	0.063
Temperatura média do trimestre mais seco	0.5	0.018
Temperatura média do trimestre mais quente	0.22	0.09
Temperatura média do trimestre mais frio	0.7	<0.01
Precipitação anual	0.26	0.09
Precipitação do mês mais úmido	0.76	<0.01
Precipitação do mês mais seco	0.73	<0.01
Sazonalidade da precipitação	0.84	<0.01
Precipitação do trimestre mais úmido	0.75	<0.01
Precipitação do trimestre mais seco	0.76	<0.01
Precipitação do trimestre mais quente	0.49	0.026
Precipitação do trimestre mais frio	0.79	<0.01
Altitude	0.89	<0.01

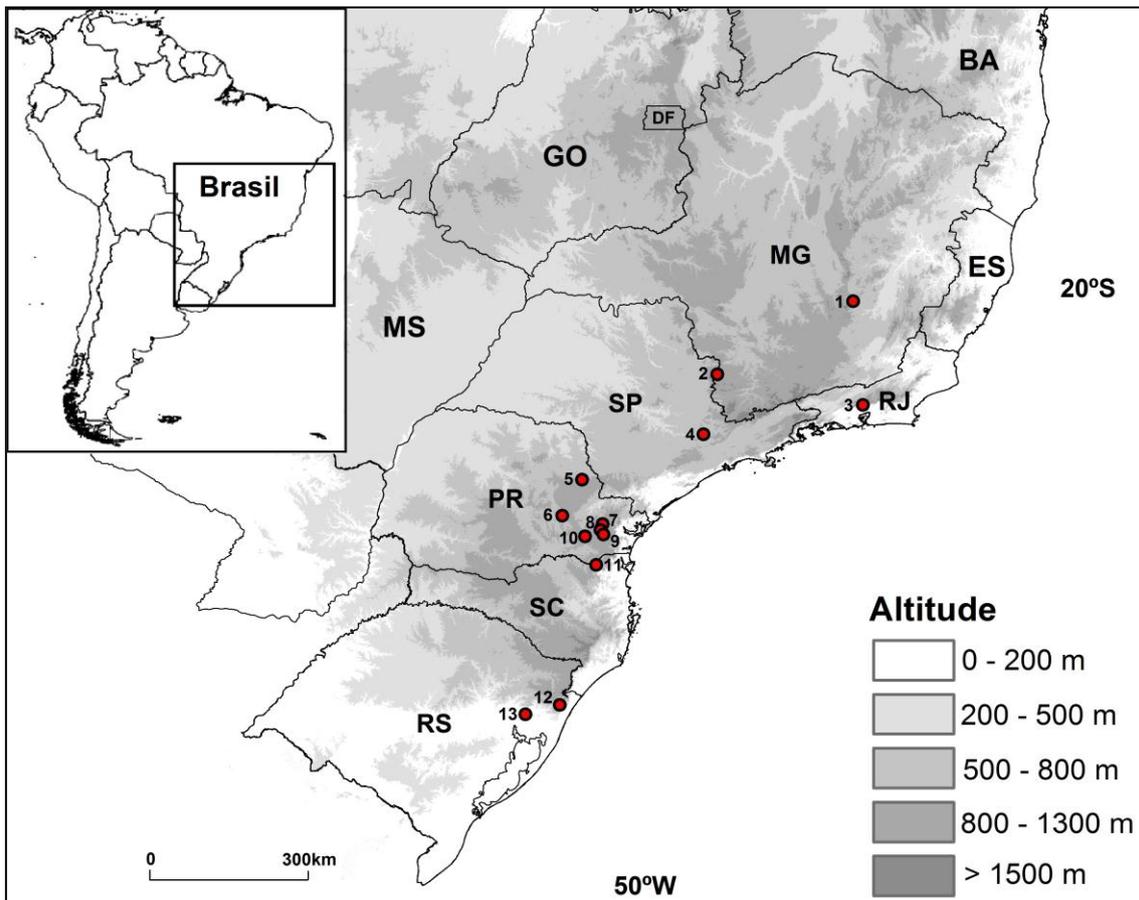


Figura 1. Registros conhecidos de *Symmachia arion* (Felder & Felder, 1865) no sul e sudeste do Brasil. (1) Catas Altas e (2) Poços de Caldas, MG; (3) Petrópolis, RJ; (4) Jundiaí, SP; (5) Jaguariaíva, (6) Ponta Grossa, (7) Colombo, (8) Curitiba, (9) São José dos Pinhais e (10) Balsa Nova, PR; (11) São Bento do Sul, SC; (12) Maquiné e (13) Novo Hamburgo, RS.

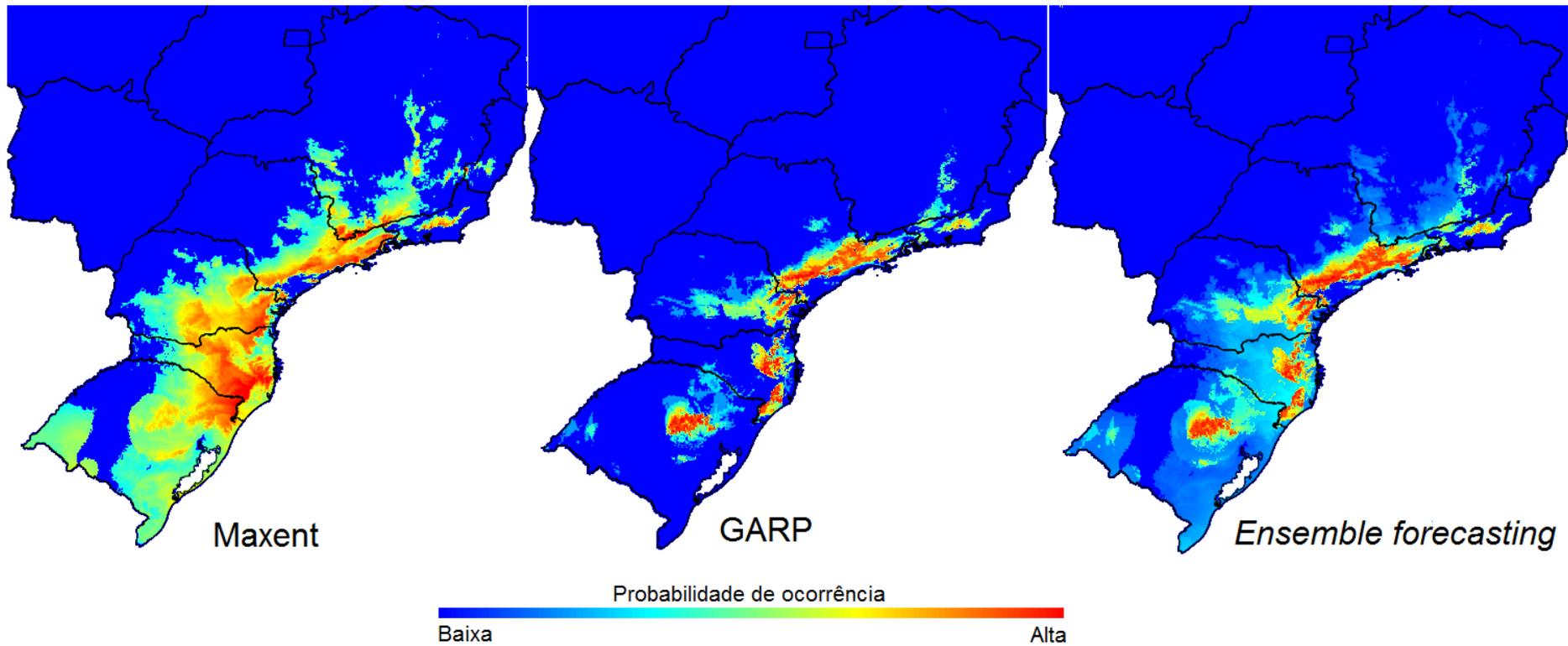


Figura 2. Modelagem preditiva da distribuição geográfica de *Symmachia arion* baseada em variáveis ambientais e topográficas.

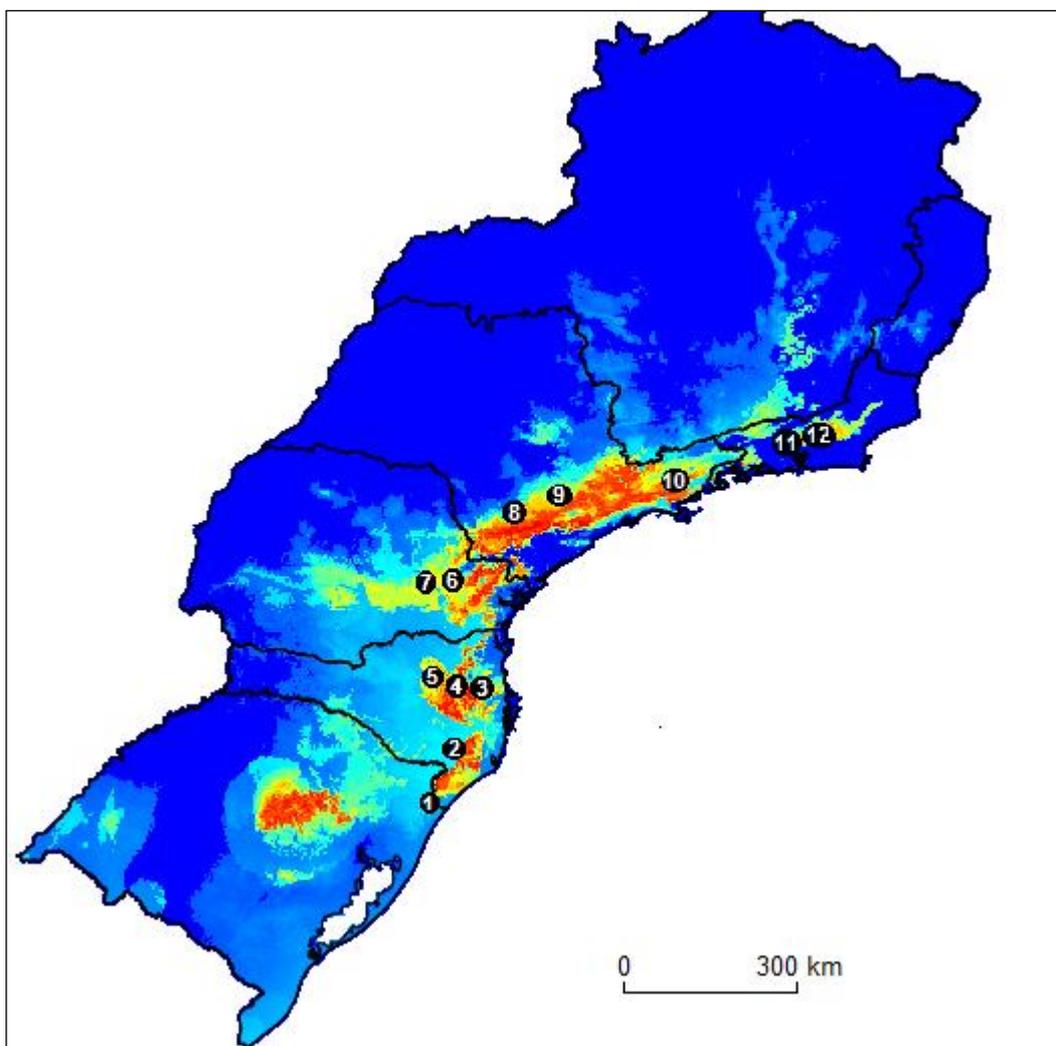


Figura 3. Modelo de consenso (*ensemble forecasting*) da provável distribuição geográfica de *Symmachia arion* (Felder & Felder, 1865) indicando as Unidades de Conservação presentes em áreas de alta probabilidade de ocorrência da espécie. (1) Parque Nacional de Aparados da Serra, na divisa entre Rio Grande do Sul e Santa Catarina; (2) Parque Nacional de São Joaquim, (3) Parque Nacional da Serra do Itajaí, (4) Floresta Nacional de Ibirama, e (5) Área de relevante interesse ecológico Serra da Abelha, em Santa Catarina; (6) Floresta Nacional de Assungui e (7) Floresta Nacional dos Campos Gerais, no Paraná; (8) Floresta Nacional de Capão Bonito, (9) Floresta Nacional de Ipanema e (10) Área de Proteção Ambiental Bacia do Paraíba do Sul, em São Paulo; (11) Reserva Biológica do Tinguá e (12) Área de Proteção Ambiental Petrópolis, no Rio de Janeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O extremo Sul do Brasil é considerado uma das regiões do País que possui o maior número de inventários de borboletas. De fato, os trabalhos históricos de Weymer, Mabilde e Biezanko contribuem substancialmente para este quesito. Entretanto, grande parte destas informações está muito concentrada em determinadas regiões do Rio Grande do Sul e constituem-se em registros históricos datados do final do século XIX e início do século XX, portanto, desatualizados. Os resultados gerados no presente estudo demonstram que, para Riodinidae, a maioria dos dados de distribuição e ocorrência está localizada em regiões pertencentes ao domínio da Mata Atlântica (porção nordeste do estado) e no ecótono entre este bioma e o Pampa. Por outro lado, os registros de Riodinidae ocorrentes no Pampa são extremamente escassos, deixando significativas lacunas a serem investigadas, evidenciando a necessidade de inventários maximizados nesta região, buscando suprir esta deficiência e complementar os registros históricos existentes para este bioma. Em geral, este cenário é comum para todas as famílias de borboletas ocorrentes nesta região do País. Outro aspecto importante é que as localidades mais bem amostradas encontram-se em áreas que possuem instituições de pesquisas estabelecidas (representadas principalmente por universidades) próximas à capital do estado.

Apesar da falta de uniformidade no esforço amostral, os resultados gerados evidenciaram que as assembleias de Riodinidae ocorrentes em áreas de Mata Atlântica e Pampa apresentam diferenças significativas em sua composição. O padrão de distribuição destas borboletas registradas no extremo Sul do Brasil pôde ser explicado por diferentes variáveis climáticas, vegetacionais e topográficas. Entretanto, é importante ressaltar a necessidade de intensificar inventários em algumas regiões do

estado, como, por exemplo, áreas de Floresta Estacional Semidecidual e Campos de Cima da Serra, possibilitando uma avaliação mais precisa sobre os padrões de distribuição, estrutura e composição de comunidades de borboletas. Os dados obtidos sobre a distribuição de Riodinidae evidenciam graus de endemismos em áreas que não se encontram sob proteção legal e, desta forma, estas informações podem fornecer subsídios para uma avaliação mais correta e robusta sobre as políticas públicas de conservação, que justificam a manutenção de áreas protegidas e, principalmente, a proposição e criação de outras.

A modelagem de distribuição potencial se mostrou uma ferramenta eficaz para auxiliar na busca de populações remanescentes de uma espécie de riodinídeo tida como vulnerável. Os resultados gerados por esta técnica podem servir para estudos futuros que tenham como objetivo a previsão de áreas potenciais de ocorrência de determinadas espécies, bem como o direcionamento de coletas em áreas pouco ou nada amostradas.

A busca intensificada de informações através das mais variadas fontes é muito importante para se traçar o verdadeiro panorama de distribuição e ocorrência de borboletas em determinada região. Este estudo vem ao encontro disto, no momento em que o exame minucioso de diversas coleções científicas no Rio Grande do Sul e Brasil, a busca exaustiva e cuidadosa de toda a bibliografia publicada sobre Riodinidae no Estado e eventuais saídas a campo para complementação de informações geraram um banco de dados completo e inédito para esta família no Rio Grande do Sul. Como resultados, a lista de espécies compilada e atualizada atinge quase 100 espécies desta família, com 17 registros novos para o extremo sul do Brasil. Tais informações serão úteis para futuros estudos que visem estudar a distribuição e verificar padrões macroecológicos de ocorrência para a conservação e conhecimento deste grupo geralmente negligenciado e tão pouco estudado na região Neotropical.

ANEXOS



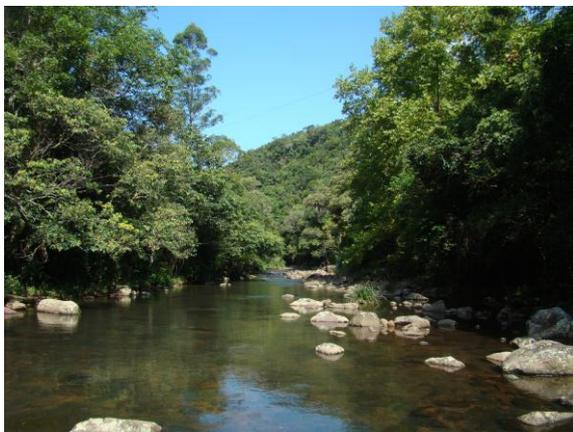
©Andressa Caporale de Castro

Fig. 1 - Refugio da Vida Silvestre do Banhado dos Pachecos, Viamão, RS.



©Banco de imagens do Laboratório de Ecologia de Insetos - UFRGS

Fig. 2 – Estação Experimental Agrônômica, Eldorado do Sul, RS.



©Banco de imagens do Laboratório de Ecologia de Insetos - UFRGS

Fig. 3 – Maquiné, RS.



©Banco de imagens do Laboratório de Ecologia de Insetos - UFRGS

Fig. 4 – Floresta Nacional São Francisco de Paula, São Francisco de Paula, RS.



©Banco de imagens do Laboratório de Ecologia de Insetos - UFRGS

Fig. 5 – Parque Estadual do Turvo, Derrubadas, RS.



©Melissa Oliveira Teixeira

Fig. 6 – Dom Pedrito, RS.



©Ricardo Russo Siewert

Fig. 7 – *Chorinea licursis* (Fabricius, 1775)



©Banco de imagens do Laboratório de Ecologia de Insetos - UFRGS

Fig. 8 - *Charis cadytis* (Hewitson, 1866)



Fig. 9 - *Aricoris montana*
(Schneider, 1937)



Fig. 10 - *Rhetus periander*
(Cramer, 1777)



Fig. 11 - *Barbicornis basilis mona*
Westwood, 1951



Fig. 12 - *Synargis paulistina*
(Stichel, 1910)



Fig. 13 - *Ithomiola nepos*
(Fabricius, 1793)



Fig. 14 - *Parcella amarynthina*
(C.Felder & R.Felder, 1865)

Author Guidelines

IMPORTANT: Authors **must** follow the paper outline below. Any paper which does not follow this outline **will not be accepted**. All papers **must** be submitted in Microsoft Word or OpenOffice format. Any paper which is not in this format will **not** be accepted.

HOW TO PREPARE YOUR MANUSCRIPT

Title (include common name and species name of animals, plants and microorganisms. For example, “the silkworm, *Bombyx mori*”, **not** “the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae)”. Do not include meaningless words like ‘studies on’.

Author one^{1,3a},

Author two^{2b},

Author three^{3c*}(include full names of all authors in this order: given names, family name. Given names should be abbreviated)

¹Department of Author one

²Department of Author two

³Institution of Author three

Correspondence: ^a email address of first author, ^b email address of second author, ^c email address of third author, *Corresponding author (emails of **all** authors must be included)

Keywords: (must be different from those in the title)

Abbreviations: **PBO**, piperonyl butoxide; **MOD**, microsomal O-demethylase

Abstract

Include the name of the species used with authority and taxonomy. Include common name of species used. Describe your hypotheses. Include basic

design of experiments and techniques used. include general results i.e. “Specific differences were found between....” but do not include data. Include conclusions. Use past tense to discuss your results. Do not use personal pronouns (I, we).

Resumo (an abstract in another language can be included)

Introduction

Discuss the question being investigated citing the relevant literature. Choose the most important citations; do not attempt to cite every paper written on the topic, cite reviews instead. Discuss the literature in the past tense. Clearly state the hypotheses being tested and state the basic findings.

When discussing the literature give the common name and species names, but not the authority and taxonomy. Provide the authority and taxonomy only for species used in your experiments. However, if the taxonomy of the species being discussed relative to the experimental species is important, then this information can be included. The first time a species used in the experiments is mentioned in the text give the full name, i.e., *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae), but after that use *B. mori*.

Text citations are as follows: (Smith et al. 2000; Jones 2003; Williams 2005, 2006, 2007). Note the uses of commas and the use of a semicolon between citations. The references are cited in order with the oldest citation first.

Your ms should be a Word document (.doc). Do not use .rtf. Use US Letter paper size, vertical, text width 16.5 cm / 6.5 inches. Use 12 point Times New Roman font. Do not indent paragraphs. Separate paragraphs with a blank line. Number the lines [Format, Document, Line numbers, Add line numbering, Continuous]. Do not number the sections. Do not insert page breaks.

Keep the use of abbreviations to a minimum, they make a paper hard to read. Define abbreviations and acronyms the first time they are used in the text, even though they have been defined in the list of abbreviations. Do not use abbreviations in the abstract or section heads unless they are unavoidable. Never use abbreviations in the title except for common abbreviations such as DNA, RNA, etc..

Materials and Methods

Types of experiments

If this manuscript describes laboratory experiments state the techniques used. Give names and URLs of companies for equipment and chemicals used. State levels of purity of chemicals used. Provide information on the conditions used

for incubation of animals or samples.

If this manuscript is a descriptive paper (e.g., biodiversity etc.) describe when and where the work was done. Give the coordinates of the location. Describe the relevant plants and animals present in the location (include common names, species names, authority and taxonomy if they are important to the study). Specify if endangered or protected species were studied or sampled.

Samples of organisms, cell lines, or tissues used or studied should be deposited in a museum or storage facility. Data such as sequences should be deposited in a publically available database, and accession numbers must be provided before publication.

Make it repeatable

Subtitles can be used to separate different kinds of experiments. Provide enough information for each experiment so that it could be repeated by another person. It is not appropriate to say that you followed the manufacturer's instructions as such instructions are often changed and are not available in the literature. Use Methods in Enzymology or other methods papers that describe the methods in detail as references. If the method you used was not the same, state exactly how the method was changed.

Personal pronouns

Do not use personal pronouns - I did this and then I did that. Put the emphasis on what you did not who did it --- sublimate your ego! The list of authors makes it clear who did it.

Statistical analysis

Describe the statistical tests you used in detail. Provide references or cite URLs that describe these tests. Editors and reviewers will often reject papers for poor statistical analysis. Experiments should be designed to provide the data needed for the desired type of analysis. The advice of a statistician is a worthwhile investment. When reporting levels of significance use $p < 0.05$ for a significant difference and $p < 0.01$ for a highly significant difference. There is no super highly significant level above 0.01.

Results

It is almost always easier for the reader if the results and discussion are not combined. Spell out, and capitalize the words 'Figure' and 'Table'. Data are placed in a table or text to make it easier for the reader to examine them. Do not put the data in a table also in the text. Use the past tense when discussing your results; they were done in the past.

The word 'data' is plural, so correct usage is 'the data are'.

English

The most important characteristic of scientific writing is that it must be clear, accurate and unambiguous – never leave the reader guessing as to what you mean.

If you are not a native speaker of English we suggest that you get independent editorial assistance, preferably from someone who is a scientist. If we, or a reviewer, cannot understand your English your manuscript will be returned.

Discussion

In this section you should first summarize your results. Do not repeat what you said in the results section. This summary should flow directly from the results, not from your opinion of the results, i.e., your reasoning should be obvious to the reader. You should discuss how the results relate to the hypotheses stated in the introduction. Are the hypotheses accepted or rejected? How does this affect future research?

Then relate your results to what has been described in the literature. Again, use the past tense when discussing the literature.

Although you should avoid use personal pronouns in the discussion, personal pronouns are appropriate when you are distinguishing your work from the work of other people: "In contrast to Smith (1980) we found that ...". It is especially important to do this to make sure the reader knows that you are referring to your work, not the cited work. You can also use the personal pronoun to avoid clunky statements like 'the present researchers found'. For example, 'the results we obtained agree with the results of Jones et al. (2012), except for...'

You can be more speculative in the conclusions, but it should be made obvious that your opinion is not necessarily supported by the data, i.e., 'In our opinion the data suggest that...'. The conclusions can also include your suggestions for future research.

Acknowledgements

Include people who helped, what they did, and their institutional addresses. Include names and institutions of personal communications cited in text. Include information of grant support.

References

Adams BC. 1990. Strategies in the biological control of insects. In: Bass M, Call LE, Adams JP, Editors. pp. 66-83. *Issues in Biological Control*. Intercept.

Griffin JN, de la Haye KL, Hawkins SJ, Thompson RC, Jenkins SR. 2008. Predator diversity and ecosystem functioning: Density modifies the effect of resource partitioning. *Ecology* 89: 298-305.

Kang L, Chen X, Zhou Y, Liu B, Zheng W, Li R, Wang J, Yu J. 2004. The analysis of large-scale gene expression correlated to the phase changes of the migratory locust. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 101: 17611-17615.

Mann WM. 1928. A new *Microdon* from Panama. *Psyche* 35(3): 168-170. doi:10.1155/1928/73806.

SAS Institute. 2009. JMP 8.0.2. SAS Institute Inc.

Tschinkel WR. 2011. The nest architecture of three species of north Florida *Aphaenogaster* ants. *Journal of Insect Science* 11:105. Available online: <http://www.insectscience.org/11.105>

Werling BP. 2009. *Conserving natural areas to enhance biological control of Wisconsin potato pests: A multi-scale landscape study*. Ph.D. Thesis, Department of Entomology, University of Wisconsin, Madison, WI, USA.

Zhou W, Wang R. 1989. Rearing of *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) with natural and artificial diets. *Chinese Journal of Biological Control* 5: 9-12. (in Chinese)

Figures and tables

The tables and figures should be included in the text after the references. The figure and table must fit the page, i.e., their width does not exceed the size of a vertical page.

Figures may begin as graphs, but they must be converted to images using Photoshop or similar software.

To do this copy and paste each table into a Photoshop (or similar software) image. Save the image and copy it and insert it into the manuscript below the list of references. To insert it go to Edit/Paste Special. Size the image to fit the page using the corner tabs.

Figures can be inserted in the same way.

Tables and figures must also be submitted as separate files. For the figures they must be tiff, jpg or png and have a resolution of 300 ppi and a width of

14 cm (5-6 inches). There is no extra charge for color figures. The tables must be submitted as Excel files.

DNA and RNA and deduced amino acid sequences should be submitted in .doc format using 10 point Courier font. These files should not be submitted as images.

Videos can be submitted as AVI files, sound files as WAV. Contact the Editor in Chief with questions (jis@insectscience.org). These files should be submitted separately from the text. A common mistake is to submit long videos. Choose parts of the video that are critical to the points you want to make.

Figure and table legends should fully spell out species names, even though they have been used in the text. Legends should not be part of the image.

- [Escopo e política](#)
- [Forma e preparação de manuscritos](#)

ISSN 0073-4721 *versão*
impressa
ISSN 1678-4766 *versão online*

Escopo e política

O periódico **Iheringia, Série Zoologia**, editado pelo Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, destina-se a publicar trabalhos completos originais em Zoologia, com ênfase em taxonomia e sistemática, morfologia, história natural e ecologia de comunidades ou populações de espécies da fauna Neotropical recente. Notas científicas não serão aceitas para publicação. Em princípio, não serão aceitas listas faunísticas, sem contribuição taxonômica, ou que não sejam o resultado de estudos de ecologia ou história natural de comunidades, bem como chaves para identificação de grupos de táxons definidos por limites políticos. Para evitar transtornos aos autores, em caso de dúvidas quanto à adequação ao escopo da revista, recomendamos que a Comissão Editorial seja previamente consultada. Também não serão aceitos artigos com enfoque principal em Agronomia, Veterinária, Zootecnia ou outras áreas que envolvam zoologia aplicada. Manuscritos submetidos fora das normas da revista serão devolvidos aos autores antes de serem avaliados pela Comissão Editorial e Corpo de Consultores.

Forma e preparação de manuscritos

1. Submeter o manuscrito eletronicamente através do site:
<http://submission.scielo.br/index.php/isz>.
2. Os manuscritos serão analisados por, no mínimo, dois consultores. A aprovação do trabalho, pela Comissão Editorial, será baseada no conteúdo científico, respaldado pelos pareceres dos consultores e no atendimento às normas. Alterações substanciais poderão ser solicitadas aos autores, mediante a devolução dos arquivos originais acompanhados das sugestões.
3. O teor científico do trabalho é de responsabilidade dos autores, assim

como a correção gramatical.

4. O manuscrito, redigido em português, inglês ou espanhol, deve ser configurado em papel A4, em fonte “Times New Roman” com no máximo 30 páginas numeradas (incluindo as figuras) e o espaçamento duplo entre linhas. Manuscritos maiores poderão ser negociados com a Comissão Editorial.

5. Os trabalhos devem conter os tópicos: título; nomes dos autores (nome e sobrenome por extenso e demais preferencialmente abreviados); endereço completo dos autores, com e-mail para contato; *abstract* e *keywords* (máximo 5) em inglês; resumo e palavras-chave (máximo 5) em português ou espanhol; introdução; material e métodos; resultados; discussão; agradecimentos e referências bibliográficas. As palavras-chave não deverão sobrepor com aquelas presentes no título.

6. Não usar notas de rodapé.

7. Para os nomes genéricos e específicos usar itálico e, ao serem citados pela primeira vez no texto, incluir o nome do autor e o ano em que foram descritos. Expressões latinas também devem estar grafadas em itálico.

8. Citar as instituições depositárias dos espécimes que fundamentaram a pesquisa, preferencialmente com tradição e infraestrutura para manter coleções científicas e com políticas de curadoria definidas.

9. Citações de referências bibliográficas no texto devem ser feitas em Versalete (caixa alta reduzida) usando alguma das seguintes formas: Bertchinger & Thomé (1987), (Bryant, 1915; Bertchinger & Thomé, 1987), Holme *et al.* (1988).

10. Dispor as referências bibliográficas em ordem alfabética e cronológica, com os autores em Versalete (caixa alta reduzida). Apresentar a relação completa de autores (não abreviar a citação dos autores com “*et al.*”) e o nome dos periódicos por extenso. Alinhar à margem esquerda com deslocamento de 0,6 cm. Não serão aceitas citações de resumos e trabalhos não publicados.

Exemplos:

Bertchinger, R. B. E. & Thomé, J. W. 1987. Contribuição à caracterização de *Phyllocaulis soleiformis* (Orbigny, 1835) (Gastropoda, Veronicellidae). **Revista Brasileira de Zoologia** 4(3):215-223.

Bryant, J. P. 1915. Woody plant-mammals interactions. *In*: ROSENTHAL, G. A. & BEREMBAUM, M. R. eds. **Herbivores: their interactions with secondary plants metabolites**. San Diego, Academic. v.2, p.344-365..

Holme, N. A.; Barnes, M. H. G.; Iwerson, C. W. R.; Lutken, B. M. & McIntyre, A. D. 1988. **Methods for the study of marine mammals**. Oxford, Blackwell Scientific. 527p.

Platnick, N. I. 2002. **The world spider catalog, version 3.0**. American Museum of Natural History. Disponível em:

<<http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog81-87/index.html>>. Acesso em: 10.05.2002.

11. As ilustrações (desenhos, fotografias, gráficos e mapas) são tratadas como figuras, numeradas com algarismos arábicos sequenciais e dispostas adotando o critério de rigorosa economia de espaço e considerando a área útil da página (16,5 x 24 cm) e da coluna (8 x 24 cm). A Comissão Editorial reserva-se o direito de efetuar alterações na montagem das pranchas ou solicitar nova disposição aos autores. As legendas devem ser autoexplicativas. Ilustrações a cores implicam em custos a cargo dos autores. **As figuras devem ser encaminhadas apenas em meio digital de alta qualidade (ver item 16).**

12. As tabelas devem permitir um ajuste para uma (8 cm) ou duas colunas (16,5 cm) de largura, ser numeradas com algarismos romanos e apresentar título conciso e autoexplicativo.

13. Figuras e tabelas não devem ser inseridas, somente indicadas no corpo do texto.

14. A listagem do material examinado deve dispor as localidades de Norte a Sul e de Oeste a Leste e as siglas das instituições compostas preferencialmente de até 4 letras, segundo o modelo abaixo:

VENEZUELA, **Sucre**: San Antonio del Golfe, (Rio Claro, 5°57'N 74°51'W, 430m) 5 ♀, 8.VI.1942, S. Karpinski col. (MNHN 2547). PANAMÁ, **Chiriquí**: Bugaba (Volcán de Chiriquí), 3 ♂, 3 ♀, 24.VI.1901, Champion col. (BMNH 1091). BRASIL, **Goiás**: Jataí (Fazenda Aceiro), 3 ♂, 15.XI.1915, C. Bueno col. (MZSP); **Paraná**: Curitiba, ♀, 10.XII.1925, F. Silveira col. (MNRJ); **Rio Grande do Sul**: São Francisco de Paula (Fazenda Kraeff, Mata com Araucária, 28°30'S 52°29'W, 915m), 5 ♂, 17.XI.1943, S. Carvalho col. (MCNZ 2147).

15. Recomenda-se que os autores consultem um artigo recentemente publicado na Iheringia Série Zoologia para verificar os detalhes de formatação.

16. Enviar o arquivo de texto em Microsoft Word (*.doc) ou em formato "Rich Text" (*.rtf). Para as imagens utilizar arquivos Bitmap TIFF (*.tif) e resolução mínima de 300 dpi (fotos) ou 600 dpi (desenhos em linhas). Enviar as imagens nos arquivos digitais independentes (não inseridas em arquivos do MS Word, MS Power Point e outros), nomeados de forma autoexplicativa (e. g. figura01.tif). Gráficos e tabelas devem ser inseridos em arquivos separados (Microsoft Excel

para gráficos e Microsoft Word ou Excel para tabelas). Para arquivos vetoriais utilizar formato Corel Draw (*.cdr).

17. Para cada autor será fornecido um exemplar da revista. Os artigos também estarão na página do Scientific Electronic Library Online, SciELO/Brasil, disponível em www.scielo.br/isz.

