



LIANA BERTOLDI MORENO

O EFEITO DO TEMPO DE PRESERVAÇÃO NA DIVERSIDADE DE BORBOLETAS EM
ÁREAS DE MATA DE RESTINGA NO SUL DO BRASIL

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: Dra. Helena Piccoli Romanowski

Co-orientador: Dr. Nicolás Oliveira Mega

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PORTO ALEGRE

2013

O EFEITO DO TEMPO DE PRESERVAÇÃO NA DIVERSIDADE DE BORBOLETAS EM
ÁREAS DE MATA DE RESTINGA NO SUL DO BRASIL

LIANA BERTOLDI MORENO

Aprovada em 18/06/2013

Prof^a. Dr^a. Aline Barcellos Prates dos Santos

Prof^a. Dr^a. Ana Beatriz Barros de Moraes

Prof^a. Dr^a. Vera Valente Gaiesky

*Para vó Veda,
minha maior saudade.*

“Haverá sempre, em algum lugar, um cão abandonado que me impedirá de ser completamente feliz”

Jean Anouilh

“Any man who must say “I am the king” is no true king”

Tywin Lannister

“Tinga teu povo te ama”

Sociedade Recreativa e Beneficente Estado Maior da Restinga

SUMÁRIO

1.	Agradecimentos.....	06
2.	Resumo.....	10
3.	Introdução.....	12
3.1.	Apresentação.....	12
3.2.	As Borboletas do Rio Grande do Sul.....	12
3.3.	Sobre as borboletas.....	13
3.4.	As Restingas.....	14
3.5.	Borboletas e conservação.....	16
3.6.	Unidades de Conservação como ferramentas para preservação da diversidade....	17
4.	Justificativa.....	19
5.	Hipótese.....	20
6.	Objetivos.....	20
6.1	Geral.....	20
6.2	Específicos.....	20
7.	Resultados gerais.....	22
8.	Referências bibliográficas.....	24
9.	Artigo: <i>O efeito do tempo de preservação na diversidade de borboletas em áreas de Mata de Restinga no sul do Brasil</i>	37
	Introdução.....	39
	Material e métodos.....	41
	Resultados.....	44
	Discussão.....	46
	Referências bibliográficas.....	54
10.	Considerações finais.....	73
11.	Referências bibliográficas.....	76
12.	Apêndices.....	77

1. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha orientadora, Helena, pela confiança depositada em mim e pela ajuda infinita nas análises estatísticas. Muito obrigada pela paciência. Finalmente o mundo estatístico não é mais um pesadelo pra mim. Obrigada, principalmente, por não ter desistido de mim.

Ao meu co-orientador, Nicolás, pela “assembleia permanente”. Por todas as noites que não dormistes ao tentar achar uma solução de urgência para meu novo projeto. Confesso que no início era teimosa e desaforada contigo, por não entender teu jeito de conduzir as coisas. Mas se não fosse isso, eu não teria chegado aqui. Obrigada por ser tão prestativo, preocupado, solícito e acima de tudo amigo. Desculpa pelos meus ataques e “chororôs” na tua sala. Quando eu for gente grande, gostaria de ter, nem que seja, a metade da tua seriedade, compromisso e vontade de aprender.

Ao Programa de Pós Graduação em Biologia Animal e ao Departamento de Zoologia. Muito obrigada pelo apoio.

Ao Gestor do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos, André Osório, por ser um excelente gestor e profissional. Aos guardas-parque do Refúgio pela companhia durante as amostragens: Orizenço, Glauber, Germano, Leonardo, Ribeiro e principalmente a amada Verinha.

Aos motoristas do Instituto de Biociências, por serem sempre tão queridos e atenciosos: Mano, Denis, Darcy, Luis Antônio, Marcos e Edson. Obrigado, também, ao responsável pelo agendamento das saídas (Tiago).

Ao meu dinossauro preferido, Fifi, por ter me apresentado ao maravilhoso mundo dos insetos, e por me fazer amar as queridas borboletas e mariposas. Obrigada por me ensinar tudo o que eu sei hoje, principalmente a beleza da montagem perfeita de lepidópteros. Muito obrigada pela tua amizade e da Senhora Fifi Gleice Maria de Jesus. AMO VOCÊS!!! Ah, e obrigada por me salvar da picada da viúva negra.

À minha “véia” chata, Nicks. Parceira da vida, das tequilas, das festas no Opinas, dos surtos, das memoráveis saídas de campo no Pró-Mata e em Eldorado. Nos demos bem desde a primeira vez em que nos falamos, e seguimos amigas até hoje. Obrigada amiga por compartilhar momentos maravilhosos e tensos comigo nesses anos e amizade. Tu e o Zé são muito especiais na minha vida!!! Amo vocês!!!

Não vou agradecer ao Renano, pois além dele não ter me agradecido na dissertação dele, também não me ajudou em nada (*#bobofeio*)

À Andressa Caporale, por ser minha “funhanha” querida. Amiga, obrigada por tudo. Não tenho palavras para agradecer tudo que fizeste por mim. Com certeza foi parte fundamental destes três anos de LEI. Este trabalho não seria possível sem tua ajuda, seja para dividir áreas de estudo, seja para pular a voçoroca maligna, seja para segurar cerca de arame, e pelo ombro amigo e parceira infinita. TE AMO, AMIGA, MUITO!!! Só não vou dedicar esta folha toda pra ti porque já estou sem ideias. : P

À Caroline Bello, meu lixo querido. Amiga para todas as horas, desde os tempos do cursinho. São inúmeros os momentos de alegria, bobagens e tristeza que compartilhamos. Sempre juntas, para o que der e vier. Tu és essencial na minha vida. Te amo amiga!!!

À minha “beesha” má amada, Ghy, também da época do cursinho. Não sei se tu tens noção do quanto eu te amo e sinto saudades dos tempos que a gente se via mais. Tua alegria e amizade são muito importantes na minha vida. Sei que somos pra sempre, tenho muito orgulho de ti, meu amor (e sempre terei não importa o que aconteça).

Ao meu amigo Vitinho, desde os tempos do CBC. Obrigada por estar presente sempre na minha vida!!! Ah, e obrigada por me apresentar o homem da minha vida. : P

Jaqueline Joy, amiga dos tempos da PUCRS e que aprendi a amar ao longo dos anos de convivência (e que não consigo imaginar não fazendo mais parte da minha vida). Amiga, tu mereces tudo de bom que este mundo tem para dar. Confia no teu potencial e não dê ouvidos à ninguém. Vou estar do teu lado sempre que precisar.

À Karen “Crisine” a “cavalinha” mais amada do coração. Obrigada, amiga, pela amizade franca e divertida! Continue sempre com o teu carisma contagiante.

Aos meus queridos colegas do Laboratório de Ecologia de Insetos: Ricardo, Mel, Vanessa Scalco, Vanessa sp., Lúcio, Afonso, Osti, Fabi, Alexsandra e os saudosos campineiros Titina, Jessie e Cris. Obrigada pela companhia, amizade e dos momentos compartilhados.

A Lidinha amada, pela doçura, com que tu trataas todos na tua volta, pelos passeios e comprinhas em Viamão nos dias do pagamento da bolsa, pelas cuecas-viradas e pizzas de frango, que ajudaram no meu “arredondamento” nesse período do mestrado (e também pelas caronas até a parada de ônibus).

À Luiza, por enxergar arco-íris inclusive nos momentos em que ninguém mais consegue enxergar. Aprendi a te amar com teu jeitinho especial, frágil e franco de ser. Vou estar sempre ao teu lado. Continue sacudindo as banhas e se achando linda, sempre!!!

Gui, o rei do chá e do mirtilo. Amigo querido e solidário. Sempre disposto a dar um abraço carinhoso e falar palavras lindas na hora do desespero. Obrigada pela amizade, carinho, risadas e principalmente pelos “vafles”.

A minha pedra fundamental, meus amores mais amores do mundo. Os responsáveis pelo que sou hoje, meu porto seguro, minha razão de continuar, meus pais e minha irmã. Meu quarteto fantástico. Vocês são tudo pra mim, Desculpem minha ausência, mau humor e “cavalice” nesses dois anos. Papi, obrigada por ser o ursinho mais “piludo” e amado da floresta, pelos 50 pilas para “festear”, pelo carinho e amor incondicional. Mamita, minha flor mais amada, obrigada por ser a mulher mais forte e corajosa que conheço, por ter o abraço mais gostoso do mundo, por cuidar de mim. Te amo muito, sua bruxa “meméia”!!! À minha irmã Necri, a mais “mongola” de todas. Não poderia ter irmã mais amiga, mais querida e melhor que tu. Te amo tanto que dói.

Meus avós, vô Haroldo e vó Fata. O amor que eu sinto por vocês é incondicional. Obrigada por tudo, mesmo. Vocês são essenciais na minha vida.

À minha velha desagradável, minha maior saudade, Vó Veda. Meus fins de semana nunca mais serão os mesmos. Tu não tens noção da falta que me fazes. Sei que tu deve

estar aí no céu, tri feliz, junto do Vô Ruy, Cacá e Tia Elminha, loucos de orgulho de mim. Espera-me aí vó, que um dia a gente mata essa saudade! Da tua pequenininha...

Aos meus tios amados, que não poderia ter melhor: Dinda Pati, Dindo Rô, Mamacita, Dindo Dudu, Vivinha, Dindo João, Dinda Mosa e Dinda Deide. Tenho muita sorte de ter dindos/tios como vocês. Obrigada por serem como pais pra mim! Meus primos amados também: Maninha, Dédi, Lulu, Póia, Pedro, Toninho, Lelinha e Mari. AMO VOCÊS!!!

Ao meu amor, meu fodor, meu nenê, Raphael, por me amar, me fazer feliz, me fazer sorrir quando mais nada tinha graça, e me ensinar o que é amor de verdade. Desculpe minhas ausências e chilikues nestes dois anos. Se tu não existisse não sei o que seria de mim!!! TE AMO PRA SEMPRE!!!

Aos meus filhos, Kelly e Bruni (*in memorian*), Tequila, Whisky e Guará, por me darem o amor mais puro que se pode ter. Pelas recepções calorosas e felizes que espantam qualquer tristeza e preocupação. Pelo focinho amigo na hora da tristeza e os abanos de rabo nas horas felizes. A "Mami" ama vocês, mais que tudo!!!

2. RESUMO

A conservação da biodiversidade representa um dos maiores desafios da atualidade em função do elevado nível de perturbação antrópica dos ecossistemas naturais. A degradação dos ambientes se torna especialmente crítica em biomas já muito reduzidos e alterados como a Mata Atlântica. As Unidades de Conservação têm papel fundamental na preservação e restauração desses ecossistemas, por isso estudos dentro dessas unidades e no seu entorno, incluindo as borboletas, que são boas indicadoras de qualidade ambiental, são de extrema importância. O presente estudo teve como objetivos: (1) avaliar os efeitos do impacto ambiental e do tempo de preservação sobre a composição da fauna de borboletas em ambientes de Mata de Restinga e (2) discutir a importância do papel das Unidades de Conservação para a preservação das espécies. Foram realizadas duas amostragens por estação (janeiro a dezembro de 2008, e abril de 2012 a fevereiro de 2013), englobando Matas de Restinga com diferentes tempos de conservação (divididas em três blocos amostrais, respectivamente T2, T10 e T40). As amostragens foram feitas entre 10:00 e 13:00, utilizando a técnica de observação por varredura, totalizando um esforço amostral total de 108 horas/rede. Foram registrados 810 indivíduos, divididos em 66 espécies de borboletas. Foram registrados, em T2, 187 indivíduos de 34 espécies, em T10, 224 indivíduos de 32 espécies e em T40, 399 indivíduos de 43 espécies. A análise de rarefação por indivíduos evidenciou diferenças significativas de riqueza estimada apenas em T2 e T10, apontando T2 como sendo o bloco amostral mais rico. Em nenhum dos blocos amostrais a curva teórica de acúmulo de espécies atingiu a assíntota, indicando que mais espécies de borboletas poderiam ser registradas com o aumento do esforço amostral. As curvas de acúmulo indicaram também que T40 apresenta maior tendência ao acúmulo de espécies. Os cálculos dos estimadores de riqueza indicaram que em todas as áreas somente uma parcela do número esperado de espécies de borboleta foi amostrada. A distribuição de abundância das espécies mostra que em todos os blocos houve dominância de algumas poucas espécies. A família com maior representatividade nas três áreas foi Nymphalidae,

seguida de Hesperidae. Os três blocos amostrais apresentaram alta dissimilaridade (73%) de acordo com a análise de SIMPER, apesar de que apenas doze espécies foram responsáveis por explicar 50% da variação observada entre os blocos. O NMDS através do índice de Jaccard indicou uma pequena sobreposição na composição de espécies de borboletas nas localidades T2 e T10, enquanto houve grande distinção destas em relação a T40. Já o NMDS para o índice de Morisita revelou uma total separação da diversidade registrada nos três blocos experimentais. O bloco amostral T2 apresentou elevado número de espécies generalistas e adaptadas a ambientes perturbados, enquanto T10 e T40 apresentaram mais representantes de Hesperidae (que é considerada boa indicadora de regularidade e abundância de recursos). A ocorrência de certas espécies de borboletas nas diferentes áreas pode ser explicada pela estrutura vegetacional e a presença de plantas hospedeiras no local ou em áreas adjacentes. O tempo de preservação das áreas de restinga estudadas se mostrou um bom indicativo do estado de conservação, principalmente pela presença/ausência de espécies consideradas generalistas e outras que necessitam de um ambiente bem estruturado para sua sobrevivência.

3. INTRODUÇÃO

3.1 Apresentação

O presente trabalho será apresentado na forma de artigo, conforme a resolução nº 23/2009, artigo 43, parágrafo único do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFRGS. Primeiramente será apresentada uma breve introdução dos assuntos a serem desenvolvidos na dissertação, descrição dos objetivos, materiais e métodos e os principais resultados obtidos. A seguir será apresentado o capítulo único, que trata do artigo “*O efeito do tempo de preservação na diversidade de borboletas em áreas de Mata de Restinga no Sul do Brasil*”. Pretende-se submeter o referido artigo para análise no *Journal of Insect Conservation* (Fator de Impacto JCR 2012 1.801; Qualis Biodiversidade B1).

3.2 As borboletas no Rio Grande do Sul

Os lepidópteros estão entre as principais ordens de insetos, destacando-se quanto à riqueza de espécies, importância econômica e distribuição em quase todos os ambientes do planeta (TESTON et al. 2006 b). Com relação às espécies de borboletas ocorrentes no Rio Grande do Sul, muitas informações têm sido fornecidas através do programa “Borboletas do Rio Grande do Sul”, que vem sendo desenvolvido pelo Laboratório de Ecologia de Insetos do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul desde 1996, promovendo levantamentos da fauna de borboletas do estado.

Foram realizados até o momento estudos em parques públicos de Porto Alegre com diferentes graus de alteração antrópica e urbanização (Teixeira et al. 1999), sobre a diversidade de borboletas no Horto Florestal Barba Negra, em Barra do Ribeiro (Teixeira 2000), levantamento de diversidade dos Parques Estaduais de Itapuã e Turvo (Schantz 2000). Estudos contemplando as diferentes formações da Mata Atlântica tiveram diferentes enfoques como: listagem de espécies, estudos de diversidade e avaliação da fauna de borboletas ao longo de gradiente altitudinal, e análise da diversidade de borboletas

frugívoras com armadilhas atrativas (Iserhard 2003; Iserhard & Romanowski 2004; Teixeira 2008; Iserhard 2009; Quadros 2009; Romanowski et al. 2009; Iserhard et al. 2010; Santos et al. 2011; Pedrotti et al. 2011 e Bellaver et al. 2012). Outros trabalhos também foram realizados especificamente em ambientes de restinga, como no Parque Estadual de Itapuã (Marchiori & Romanowski 2006, Marchiori et al. 2013), na Reserva Biológica do Lami (Teixeira 2005) e na Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul (Paz et al. 2008).

O Rio Grande do Sul é considerado um dos estados brasileiros melhor amostrado com relação à fauna de borboletas (Santos et al. 2008) possuindo estudos que datam de mais de 100 anos (Weimer 1894; Mabilde 1896). A estes, muitos outros se seguiram Biezanko (1958, 1959a, b, 1960a, b, c, d, 1963), Biezanko & Mielke (1973), Biezanko et al. (1978), Mielke (1980a, b), Ruzszyck (1986a, b, c, d), Ruzszyck & Araújo (1992), Teston & Corseuil (1998, 1999, 2000a, b, 2001, 2002a, b, 2008a, b, c), Schwartz & Di Mare (2001), Di Mare et al. (2003), Kruger & Silva (2003), Corseuil et al. (2004), Quadros et al. (2004), Francini & Penz (2006), Teston et al. (2006), Dessuy & Morais (2007), Sackis & Morais (2008), Governardi et al. (2008), Ritter et al. (2011) e Morais et al. (2012). Todavia, substanciais lacunas no conhecimento da fauna ainda persistem.

3.3 Sobre as borboletas

Os lepidópteros são insetos terrestres e holometábolos, em geral mastigadores de material vegetal no estágio larval e sugadores de líquidos na fase adulta (Brown & Freitas 1999) e constituem a segunda maior ordem entre os animais, com cerca de 140.000 espécies descritas. Dentro dessas espécies, 13,15% são representadas pelas borboletas (Heppner 1991), que são classificadas em duas superfamílias – Papilionoidea e Hesperioidea – que por sua vez se subdividem em seis famílias: Hesperidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae e Nymphalidae. Elas constituem um grupo cuja sistemática é relativamente bem conhecida se comparada a outros grupos de insetos tropicais. São relativamente fáceis de amostrar, avaliar e identificar em campo (Brown 1991), sendo

possível a realização de inventários não destrutivos. As borboletas contribuem em processos essenciais dos ecossistemas como polinização, herbivoria e decomposição nos diversos biomas que habitam (Lomov et. al 2006).

Com o avanço das pesquisas em Biologia da Conservação, as borboletas conquistaram um lugar de destaque como indicadores biológicos, dada sua sensibilidade às mudanças ambientais, mesmo que sutis (Brown 1991; New 1997). A recomposição comunitária das borboletas após perturbação natural é rápida e complexa, acompanhando as séries sucessionais das plantas-hospedeiras. Por outro lado, em ambientes profundamente alterados, como locais antropizados ou poluídos, a vasta maioria das espécies desaparece por completo, restando umas poucas espécies resistentes, adaptáveis ou colonizadoras, que podem atingir densidades populacionais muito altas (espécies pragas). Isto retarda ou inibe a sucessão vegetal e animal, eventualmente levando a um sistema muito empobrecido, que torna a recuperação da comunidade original impraticável (Brown & Freitas 1999). Por outro lado, a presença de algumas espécies típicas indica continuidade de sistemas frágeis e comunidades ricas, enquanto sua ausência sugere perturbação e/ou fragmentação intensa e perda de integridade dos sistemas e da paisagem (Brown 1991; New 1997). Por este motivo, borboletas têm sido usadas em diagnósticos rápidos, estudos comparativos, relatórios de impacto ambiental e monitoramento (Brown 1991; Freitas 2010).

3.4 Restingas

As formações do tipo restinga, através do Decreto Federal 750/1993, estão incluídas no domínio Mata Atlântica, o qual compreende um conjunto muito diversificado de tipos de vegetação que ocupam todo litoral leste do Brasil, estendendo-se centenas de quilômetros em sentido oeste para o interior do país (Falkenberg 1999). No sul do Brasil, este ecossistema se estende da porção mais austral do Estado de Santa Catarina até o extremo Sul do Rio Grande do Sul. As restingas formam um conjunto de ecossistemas que

compreende comunidades vegetais florísticas e fisionomicamente distintas, situadas em terrenos predominantemente arenosos, de origens marinha, fluvial, lagunar, eólica ou combinações destes, apresentando como característica comum solos pouco desenvolvidos. A vegetação compreende formações originalmente herbáceas, subarbustivas, arbustivas ou arbóreas, que podem ocorrer em mosaicos e também possuir áreas ainda naturalmente desprovidas de vegetação (CONAMA 1999). Em muitas áreas de restinga no Brasil, especialmente nas regiões Sul e Sudeste, ocorrem períodos mais ou menos prolongados de inundação do solo, fator que tem grande influência na distribuição de algumas formações vegetacionais. A periodicidade com que ocorre o encharcamento e a sua respectiva duração são decorrentes principalmente da topografia do terreno, da profundidade do lençol freático e da proximidade de corpos d'água, produzindo um mosaico complexo de formações inundáveis e não inundáveis, com fisionomias variadas (Silva 1999).

O fato de serem áreas de formações vegetais sobre solos recentes revela um caráter especial nestes ecossistemas. A vegetação exerce papel fundamental para a estabilização do substrato nestes ambientes, protegendo o solo da ação do vento, que se constitui em importante agente modificador da paisagem (Rambo 1956). Essa proteção ajuda a manter a drenagem natural das áreas e permite a preservação de uma fauna residente e eventuais grupos migratórios (Falkenberg 1999). Mesmo apresentando grande importância, os ecossistemas de restinga têm sofrido crescentes impactos nos últimos 50 anos, principalmente devido à especulação imobiliária, expansão da agropecuária e invasão de espécies exóticas (Scherer et al. 2005).

A fauna de invertebrados ocorrente nas restingas brasileiras é relativamente pouco estudada se comparada a outros tipos de formações vegetais. A maioria dos estudos realizados em restinga trata de assuntos específicos, como ocorrência e descrição de espécies novas (Fernandes & Mendonça 2002, Maia 2005, Mendonça et al. (2005) e aspectos biológicos de alguns táxons, faltando ainda uma visão ampla da composição faunística contidas nestas formações.

Entre os trabalhos desenvolvidas em áreas de restinga, podem ser citados os trabalhos sobre as ordens Coleoptera (Grenha et al. 2008; Araujo et al. 2009; Monteiro et al. 2012), Diptera (Ferraz & Monteiro 2003; Figueiró et al. 2008; Bizzo et al. 2010)) Hymenoptera (Andrade & Carauta 1979; Gonçalves & Nunes 1984; Zanella 1991) e Odonata (Santos 1965, 1966, 1984). Para a ordem Lepidoptera, podem ser citados os trabalhos de Callaghan (1978, 1985 e 1986), que tratam de diversos aspectos biológicos de espécies ocorrentes em restingas no estado do Rio de Janeiro, de Otero (1984) tratando da biologia de *Parides ascanius*, espécie considerada vulnerável pela IUCN (Gimenez 1996), de Monteiro et al. (2007) e de Silveira e col. (2008), sobre larvas de Lepidoptera e suas plantas hospedeiras no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, no Rio de Janeiro.

Para o estado do Rio Grande do Sul, alguns estudos envolvendo ambientes de Restinga e Lepidoptera foram desenvolvidos na última década. Contribuições foram feitas na compilação de informações sobre a diversidade de borboletas da família Nymphalidae em dez municípios do litoral norte (Quadros *et al.* 2004), investigação da composição e variação de borboletas em Matas de Restinga localizadas em Unidade de Conservação preservada há mais de 40 anos (Marchiori & Romanowski 2006), e realização de inventário de espécies em fragmentos de restinga situadas na Planície Costeira Norte (Bellaver *et al.* 2012).

3.5 Borboletas e conservação

Ao longo do último século, a pressão antrópica exercida sobre os recursos naturais cresceu de maneira descontrolada. O crescimento populacional, que resultou em aumento na demanda de recursos, e a falta de políticas ambientalmente sensatas para responder a estas necessidades, têm ocasionado à substituição de paisagens naturais por áreas urbanas e agropastoris (Soulé 1999). Na maior parte do Brasil, os habitats foram drasticamente reduzidos e modificados. Como resultado, apenas uma pequena porção da Mata Atlântica ainda persiste em forma de pequenos fragmentos, muitas vezes bastante

perturbados e descaracterizados. Com base nas afirmações acima, certamente muitas perdas deverão ocorrer no que diz respeito à flora e à fauna destes lugares (Freitas 2010). Isso se torna especialmente crítico em fisionomias já muito reduzidas e alteradas, como em áreas de ecótonos e restingas.

Estudos nessas localidades são escassos na literatura de Lepidoptera e devem ser incentivados e explorados nas inúmeras regiões do Brasil, principalmente para avaliação de áreas prioritárias para conservação. Para conter a perda da biodiversidade, também é necessário o desenvolvimento de programas de conservação que visem promover o uso sustentável dos recursos naturais associados à ampliação dos conhecimentos sobre a diversidade biológica (Santos 2004).

No Brasil, a representatividade de estudos sobre biodiversidade de Lepidoptera está principalmente concentrada em áreas com maior densidade demográfica, onde se encontram a maioria das instituições de ensino superior. Contudo, parte da dificuldade de homogeneizar os esforços de inventariamentos dentro do país se deve à grande extensão territorial e elevada heterogeneidade fisionômica do país, que apresenta seis biomas distintos (IBGE 2004). Contraditoriamente, o status de conhecimento da biodiversidade de Lepidoptera em Unidades de Conservação é mais escasso se comparado ao conhecimento de áreas não protegidas. Isso se deve, principalmente, aos trâmites burocráticos exigidos ao pesquisador e também à falta de infraestrutura da maioria dos parques para a realização de programas de monitoramento de longo prazo (Santos et al. 2008).

3.6 Unidades de Conservação como ferramentas para preservação da diversidade

Conservar a biodiversidade significa proteger a multiplicidade de formas de vida que se manifestam na terra. Implica adotar ações complexas com o objetivo de assegurar a perpetuação de sistemas no qual a vida se aloja no planeta e no qual nós, humanos, estamos imersos (Wilson 1997). Essas ações envolvem interferências diretas nas atividades humanas, especialmente nas formas como extraímos e exploramos os recursos naturais e

como devolvemos resíduos e energia ao meio ambiente. Portanto, a conservação da biosfera, por definição, requer a imposição de restrições ao desenvolvimento das atividades produtivas, à exploração do solo, à construção de infraestruturas e ao regime de uso da propriedade privada e pública (Ganem & Drummond 2010).

A implantação de Unidades de Conservação (UC) é reconhecida por muitos autores como uma estratégia fundamental para a conservação *in situ* da biodiversidade, proteção do meio físico e preservação do patrimônio histórico-cultural associado a ambientes naturais. Além disso, a criação, implementação e gestão das UCs dentro de um sistema adequado possibilita às distintas esferas do poder público o atendimento das disposições da Convenção sobre a Diversidade Biológica, da qual o Brasil é signatário. Ainda que os primeiros parques brasileiros tenham sido estabelecidos em 1937, as últimas décadas têm atestado uma explosão no número de UCs (Rylands & Brandon 2005).

Uma ampla revisão do sistema nacional de áreas protegidas começou em 1988 e, após 12 anos de discussões, deliberações e refinamentos, tanto pelo governo quanto pelo público em geral, foi aprovada pelo Congresso Nacional a lei que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). A SNUC considera as UCs fundamentais para a proteção da diversidade de ecossistemas existentes no país, incluindo a proteção da diversidade genética, biológica e de espécies ameaçadas, e ainda prevê a manutenção de paisagens de notável beleza, características relevantes de natureza geológica, arqueológica, paleontológica e cultural, além da proteção de recursos hídricos (SNUC 2002). Todo esse patrimônio está protegido por um total de 310 unidades federais, 503 estaduais, 81 municipais e 973 RPPN, cobrindo quase 1,5 milhões de Km² ou 16,6% do território continental brasileiro e 1,5% do território marinho (WPDA 2010).

No Rio Grande do Sul, o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) abrange 22 UCs estaduais, 23 UCs municipais e uma Reserva Particular do Patrimônio Natural Estadual. Ainda existem cerca de vinte áreas protegidas criadas por municípios em

processo de análise na Divisão de Unidades de Conservação da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA 2011). Deve ser ressaltado que essa pequena fração territorial não se encontra distribuída segundo critérios de representatividade ao longo das diferentes regiões biogeográficas ou biomas, resultando em grandes lacunas de proteção ambiental, fato que pode reduzir a efetividade do sistema em preservar a biodiversidade brasileira (Pressey *et al.* 1993).

O avanço alcançado pelo Brasil no campo da conservação da diversidade biológica, especificamente no que diz respeito à criação de UCs é inegável, mas apresenta uma série de problemas: conflitos com populações do interior e do entorno, falta de recursos financeiros, falta de pessoal qualificado, de instalações e de infraestrutura, incêndios, caça, pesca, entre outros (Amend & Amend 1992). Por outro lado, estudos recentes sugerem que mesmo as UCs deficientes em implantação e manejo são mais efetivas na conservação do que áreas não protegidas, podendo ser consideradas locais privilegiados para a realização de pesquisas científicas (Bruner *et al.* 2001).

4. Justificativa

Atividades de pesquisa em áreas de conservação são necessárias para que haja um maior entendimento sobre a fauna que abrigam e sua interação com o ambiente, de forma que se possa prever ou diagnosticar possíveis alterações nos ecossistemas e avaliar a eficiência das Unidades de Conservação na preservação das espécies e seus habitats. Estudos da fauna de borboletas podem constituir uma excelente ferramenta nesse sentido, já que estes organismos respondem de forma rápida, em poucas gerações, à degradação do seu habitat. Assim, pesquisas que adicionem informações sobre a biodiversidade encontrada em áreas de UCs - sejam estas fragmentadas, de pequena extensão territorial, ou ainda em fase de implementação - são de grande valia para embasar políticas públicas

de manejo e conservação de espécies em áreas protegidas. Estudos em áreas de restinga, adicionalmente, virão preencher lacunas básicas no conhecimento destes ambientes tão ameaçados.

5. Hipóteses

Procurou-se avaliar a existência de diferenças entre a diversidade de borboletas encontrada em áreas com matas de restinga apresentando diferentes níveis de impacto e tempo de preservação. Em função da maior complexidade vegetacional encontrada em áreas bem preservadas, espera-se que a fauna de borboletas associada a estes locais seja mais diversa do que a encontrada em áreas com menos preservação. Como o desenvolvimento de uma estruturação vegetacional mais complexa e mais similar à estratificação primária original depende do tempo de proteção da área, este seria fator crucial na determinação dos padrões da diversidade das borboletas.

6. Objetivos

6.1 Geral

Avaliar o efeito do tempo de preservação sobre a diversidade de borboletas em Matas de Restinga protegidas por UCs.

6.2 Específicos

- Analisar os padrões de composição, riqueza e abundância de borboletas em manchas de mata de restinga em duas unidades de conservação: o Parque Estadual de Itapuã e o Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos.

- Avaliar os efeitos do tempo de preservação destas manchas de mata de restinga sobre a diversidade de borboletas.
- Discutir a importância do papel das UCs para a manutenção de populações naturais, bem como a preservação de espécies em mosaicos ambientais.
- Fornecer informações que possam ser usadas como complementação e aperfeiçoamento dos planos de manejo de UCs.
- Contribuir para o conhecimento e a conservação da fauna de borboletas da Floresta Atlântica do Rio Grande do Sul.

7. Resultados gerais

- 🦋 O esforço amostral total foi de 108 horas/rede.
- 🦋 Foram registrados 810 indivíduos divididos em 66 espécies de borboletas.
- 🦋 Em T2 foram registrados 187 indivíduos de 34 espécies, em T10 224 indivíduos de 32 espécies e em T40 399 indivíduos de 43 espécies.
- 🦋 A análise de rarefação evidenciou diferenças significativas quanto à riqueza estimada de espécies apenas em T2 e T10, apontando T2 como sendo o bloco amostral mais rico.
- 🦋 Em nenhum dos blocos amostrais a curva teórica de acúmulo de espécies atingiu a assíntota, indicando que mais espécies de borboletas poderiam ser registradas com o aumento do esforço amostral.
- 🦋 As curvas de acúmulo indicaram, também, que T40 apresenta maior tendência ao acúmulo de espécies.
- 🦋 Os cálculos dos estimadores de riqueza indicaram que em todas as áreas somente uma parcela do número esperado de espécies de borboleta foi amostrada.
- 🦋 A distribuição de abundância das espécies mostra que todos os blocos são compostos principalmente por algumas espécies dominantes.
- 🦋 A família com maior representatividade nas três áreas foi Nymphalidae, seguida de Hesperidae, Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae e Riodinidae.
- 🦋 Os três blocos amostrais apresentaram alta dissimilaridade (73%) de acordo com a análise de SIMPER, apesar de que apenas doze espécies tenham sido responsáveis por explicar 50% da variação observada entre os blocos.
- 🦋 O NMDS através do índice de Jaccard indicou uma pequena sobreposição na composição de espécies de borboletas nas localidades T2 e T10, enquanto houve grande distinção destas em relação a T40.
- 🦋 O NMDS para o índice de Morisita revelou uma total separação da diversidade registrada nos três blocos experimentais.
- 🦋 O bloco amostral T2 apresentou elevado número de espécies generalistas e adaptadas a ambientes perturbados, como *Dryas iulia alcionea* (Cramer, 1821), *Tegosa*

claudina (Eschscholtz, 1821), *Heliconius erato phyllis* (Fabricius, 1775), *Eurema deva* (Doubleday, 1847) e *Anartia amathea roeselia* (Eschscholtz, 1821).

🦋 T10 e T40 apresentaram maior número de espécies da família HesperIIDae, que é considerada boa indicadora de regularidade e abundância de recursos.

🦋 As espécies compartilhadas pelos três blocos amostrais são espécies consideradas generalistas e encontradas em diversos tipos de ambientes.

🦋 A espécie de borboleta mais abundante em T2 foi *Dryas iulia alcionea* (Cramer, 1821) que é uma borboleta encontrada em vários habitats abertos e ensolarados, mas preferencialmente em floresta perturbada.

🦋 A borboleta mais abundante em T10 e T40 foi *Eunica eburnea* Fruhstorfer, 1907. Com voo alto, geralmente é encontrada na copa de árvores com mais de dois metros de altura.

🦋 Em T2 foram registradas espécies de borboletas indicadoras de boa qualidade ambiental, como *Tmolus echion* (Linnaeus, 1767) e *Morpho epistrophus catenaria* Perry, 1811, o que nos sugere que mesmo ambientes pouco estruturados e pouco preservados podem abrigar espécies com altos requerimentos ecológicos.

🦋 A ocorrência de certas espécies de borboletas nas diferentes áreas pode ser explicada pela estrutura vegetacional e a presença de plantas hospedeiras no local ou em áreas adjacentes.

🦋 O tempo de preservação das áreas de Restinga estudadas se mostrou um bom indicativo de conservação, que pode ser detectada pela presença/ausência de espécies consideradas generalistas e outras que necessitem de ambientes bem estruturados para sua sobrevivência.

7. Referências bibliográficas

(Segue as normas do *Journal of Insect Conservation*)

Amend S, Amend T (1992) Habitantes em los parques nacionales: uma contradicção insoluble? In: Amend S, Amend T (eds). Espacios sin habitantes? Parques Nacionales de América del Sur. Editorial Nueva Sociedad/ UICN, Caracas, pp 457-472.

Andrade JC, Carauta JPP (1979) Associação *Cecropia-Azteca* na restinga de Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro. *Bradea* 3: 31-33.

Araújo CO, Flinte V, Macedo MV, Monteiro RF (2009) Ecologia e variação espacial de *Naupactus lar* (Coleoptera, Curculionidae, Polydrosinae) no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. *Rev Bras Entomol* 53: 82-87.

Bellaver J, Iserhard CA, Santos JP, Silva AK, Torres M, Siewert RR, Moser A, Romanowski HP (2012) Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) from Swamp forests and Restinga forests at the southern Brazilian Coastal Plain. *Biota Neotrop* 12: 181-190.

Biezanko CM (1958) Pieridae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul. *Arq Entomol.* A:1-15.

Biezanko CM (1959a) Papilionidae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul. *Arq Entomol.* A:1-17.

Biezanko CM (1959b) Papilionidae da Zona Missioneira do Rio Grande do Sul. *Arq Entomol.* A:1-6.

Biezanko CM (1960a) Danaidae et Ithomidae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul. *Arq Entomol.* B: 1-12.

Biezanko CM (1960b) Danaidae et Ithomidae da Zona Missioneira do Rio Grande do Sul. Arq Entomol. A: 1-6.

Biezanko CM (1960c) Satyridae, Morphidae et Brassolidae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul. Arq Entomol. B: 1-6.

Biezanko CM (1960d) Satyridae, Morphidae et Brassolidae da Zona Missioneira do Rio Grande do Sul. Arq Entomol. A: 1-3.

Biezanko CM (1963) Hesperidae da Zona Sueste do Rio Grande do Sul. Arq Entomol. A: 1-25.

Biezanko CM, Mielke OHH (1973) Contribuição ao estudo faunístico dos Hesperidae americanos. IV. Espécies do Rio Grande do Sul, Brasil, com notas taxonômicas e descrições de espécies novas (Lepidoptera). Acta Biol Paran 2: 51-102.

Biezanko CM, Mielke OHH, Wedderhoof A (1978) Contribuição ao estudo faunístico dos Riodinidae do Rio Grande do Sul, Brasil (Lepidoptera). Acta Biol Paran 7: 7-22.

Bizzo L, Gottschalk MS, De Toni DC, Hofmann PRP (2010) Seasonal dynamics of a drosophilid (Diptera) assemblage and its potential as bioindicator in open environments. Iheringia Sér Zool 100:185-191.

Brown KS (1991) Conservation of Neotropical Environments: Insect as Indicators. In: Collins NM, Thomas JA (eds) The conservation of insects and their habitats. Academic Press, London, pp 350-404.

Brown KS, Freitas AVL (1999) Lepidoptera. In: Brandão CRF, Cancellato EM (eds) Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Invertebrados Terrestres. FAPESP, São Paulo, pp 225-245.

Bruner AG, Gullison RE, Rice RE, Fonseca GAB (2001) Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291:125-127.

Callaghan C (1978) Studies on restinga butterflies II. Notes on the population structure of *Menander felsina* (Riodinidae). *J Lepidopt Soc* 32: 37-48.

Callaghan C (1985) Notes on the biology of *Stalachtis susanna* (Lycaenidae: Riodininae) with a discussion of riodininae larval strategies. *J Res Lep* 24: 258-263.

Callaghan C (1986) Restinga butterflies: biology of *Synargis brennus* (Stichel) (Riodinidae). *J Lepidopt Soc* 40: 93-96.

CONAMA (1999) Resolução CONAMA
http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/conama_res_cons_1999_261_estagios_sucessionais_de_vegetao_de_restinga_sc_202.pdf Acesso dezembro 2012

Corseuil E, Quadros F do C, Teston JA, Moser A (2004) Borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 4. Lycaenidae. *Divul Mus Ciênc Tecnol* 9: 65-70.

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. *Rev Bras Zool* 24:108-120.

Di Mare RA, Teston JA, Corseuil E (2003) Espécies de *Adelpha* Hübner, [1819] (Lepidoptera, Nymphalidae, Limenitidinae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Rev Bras Entomol 47: 75-79.

Falkenberg DB (1999) Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, Sul do Brasil. Insula 28: 1-30.

Fernandes LH, Mendonça MC (2002) Duas novas espécies de Pseudachorutinae (Collembola, Neanuridae) do Brasil. Bol Mus Nac 496: 1-8.

Ferraz FFF, Monteiro RF (2003) Complex interactions involving a gall midge *Myrciamyia maricaensis* Maia (Diptera: Cecidomyiidae), phytophagous modifiers and parasitoids. Rev Bras Zool 20: 433-437.

Figueiró R, Nascimento ES Do, Gil-Azevedo LH, Maia-Herzog M, Monteiro RF (2008) Local distribution of blackfly (Diptera, Simuliidae) larvae in two adjacent streams: the role of water current velocity in the diversity of blackfly larvae. Rev Bras Entomol 52: 452-454.

Francini RB, Penz CM (2006) An illustrated key to male *Actinote* from Southeastern Brazil (Lepidoptera, Nymphalidae) Biota Neotrop doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032006000100013>.

Freitas AVL (2010) Impactos potenciais das mudanças propostas no código florestal brasileiro sobre as borboletas. Biota Neotrop 10: 53-57.

Ganem RS, Drummond JA (2010) Biologia da conservação: as bases científicas da proteção da biodiversidade. In: Ganem RS (org) Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas. Câmara dos Deputados, Edições Câmara, Brasília.

Gimenez DM (1996) *Parides ascanius*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <http://www.iucnredlist.org/details/16239/0>. Accessed 12 June 2013.

Giovenardi R, Di Mare RA, Sponchiado J, Roani SH, Jacomassa FAF, Jung AB, Porn MA (2008) Diversidade de Lepidoptera (Papilionoidea e Hesperioidea) em dois fragmentos de florestas no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev Bras Entomol* 52: 599–605.

Gonçalves CG, Nunes AM (1984) Formigas das praias e restingas do Brasil. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turcq B (eds). *Restingas: Origem, Estrutura e Processos*. CEUFF, Niterói, pp 373-378.

Grenha V, Macedo MV, Monteiro RF (2008) Predação de sementes de *Allagoptera arenaria* (Arecaceae) por *Pachymerus nucleorum* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Rev Bras Entomol* 52: 50-56.

Heppner JB (1991) Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Tropic lepid* 2:1-85.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004) Mapa de Biomas e de Vegetação. http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169. Accessed march 2013.

Iserhard CA (2003) Levantamento da diversidade de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) e sua variação ao longo de um gradiente altitudinal em uma região de Mata Atlântica, município de Maquiné, RS. Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Iserhard CA (2009) Estrutura e composição da assembleia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em diferentes formações da Mata Atlântica do Rio Grande do Sul, Brasil. Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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. Rev Bras Zool 21:649-662.

Iserhard CA, Quadros MT, Romanowski HP, Mendonça MS (2010) Borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) ocorrentes em diferentes ambientes na Floresta Ombrófila Mista e nos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul, Brasil. Biota Neotrop 10:309-320.

Krüger CP, Silva EJE (2003) Papilionoidea (Lepidoptera) de Pelotas e seus arredores, Rio Grande do Sul, Brasil. Entomol Vect 10: 31-45.

Lomov B, Keith DA, Britton DR, Hochuli DF (2006) Are butterflies and moths useful indicators for restoration monitoring? A pilot study in Sydney's Cumberland plain Woodland. Ecol Manag Restor 10: 204-210.

Mabilde AP (1896) Guia practica para os principiantes colleccionadores de insectos, contendo a descripção fiel de perto de 1000 borboletas com 280 figuras lythographadas em tamanho, formas e dezenhos conforme o natural. Estudo sobre a vida de insectos do Rio Grande do Sul e sobre a caça, classificação e conservação de uma collecção mais ou menos regular. Gundlach & Schuldt, Porto Alegre.

Maia VC (2005) *Clinodiplosis costai*, a new galler species (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Paullinia weinmanniaefolia* Mart. (Sapindaceae). Rev Bras Zool 22: 676-679.

Marchiori MO, Romanowski HP (2006) Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga wood at Itapuã State Park, Southern Brazil. Rev Bras Zool 23: 443-454.

Marchiori MO, Romanowski HP, Mendonça MS (2013) Mariposas en dos ambientes forestales contrastantes en el sur de Brasil (Lepidoptera: Papilionoidea). SHILAP Revta. lepid 41: 1-15.

Mendonça MC de, Fernandes LH, Abrantes EA (2005) Two new species of *Folsomiella bonet* and redescription of *F. albida* (Arlé, 1959) (Collembola, Brachystomellidae). Zootaxa 1006: 11-21.

Mielke OHH (1980a) Contribuição ao estudo faunístico dos Hesperiidae americanos. V. Nota suplementar – As espécies de Pyrrhopyginae e Pyrginae do Rio Grande do Sul, Brasil (Lepidoptera). Acta Biol Paran 8-9: 7-17.

Mielke OHH (1980b) Contribuição ao estudo faunístico dos Hesperiidae americanos. VI. Nota suplementar – As espécies de Hesperinae do Rio Grande do Sul, Brasil (Lepidoptera). Acta Biol Paran 8-9: 127-172.

Monteiro RF, Macedo MV, Nascimento MV, Cury RSF (2007) Composição, abundância e notas sobre a ecologia de espécies de larvas de lepidópteros associadas a cinco espécies de plantas hospedeiras no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Rev Bras Entomol 51: 476-483.

Monteiro RF, Nascimento MS, Silva RM, Hespeneide H (2012) A remarkable leaf mine induced by *Tachygonus* sp.n. (Coleoptera: Curculionidae: Curculioninae: Rhamphini) on *Erythroxylum subsessile* (Erythroxylaceae) with description of the new species. Braz J Biol 72: 949-953.

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 Neotrop* 12: 175-183.

New TR (1997) Are Lepidoptera an effective “umbrella group” for biodiversity conservation? *J Insect Conser* 1: 5-12.

Otero LS (1984) *Parides ascanius* (Cramer, 1775), borboleta ameaçada de extinção. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turcq B (eds). *Restingas: Origem, Estrutura e Processos*. CEUFF, Niterói, pp 369-371.

Paz ALG, Romanowski HP, Moraes ABB (2008) Nymphalidae, Papilionidae e Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) da Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop* 8:22-29.

Pedrotti VS, Barros MP, Romanowski HP, Iserhard CA (2011) Borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) ocorrentes em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop* 11: 385-390.

Pressey RL, Humphries CJ, Margules CR, Vane-Wright RI, Williams PH (1993) Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends Ecol Evol* 8:124-128.

Quadros MT (2009) Diversidade e composição da assembléia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em diferentes ambientes da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Quadros FC, Dorneles AL, Corseuil E (2004) Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no norte da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Bioc* 12: 147-164.

Rambo (1956) A fisionomia do Rio Grande do Sul. : Livraria Selbach, Porto Alegre.

Ritter CD, Lemes R, Morais ABB, Dambros CS (2011) Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop* 11: 361-368.

Romanowski HP, Iserhard CA, Hartz SM (2009) Borboletas da floresta com araucária. In: Fonseca CR, Souza AF, Leal-Zanchet AM, Dutra T, Backes A, Ganade G (eds) Floresta de araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável. Holos Editora, Ribeirão Preto, pp 229-240.

Ruszczyk A (1986a) Ecologia urbana de borboletas. I. O gradiente de urbanização e a fauna de Porto Alegre, RS. *Revta Brasil Biol* 46: 675-688.

Ruszczyk A (1986b) Ecologia urbana de borboletas. II. Papilionidae, Pieridae e Nymphalidae em Porto Alegre, RS. *Revta Brasil Biol* 46: 689-706.

Ruszczyk A (1986c) Organização das comunidades de borboletas nas principais avenidas de Porto Alegre, RS. *Rev Bras Entom* 30: 265-269.

Ruszczyk A (1986d) Distribution and abundance of butterflies in the urbanization zones of Porto Alegre, Brazil. *J Res Lepidoptera* 25: 157-178.

Ruszczyk A, Araújo AM (1992) Gradients in butterfly species diversity an urban area in Brazil. *J Lepid Soc* 46: 255-264.

Rylands AB, Brandon K (2005) Brazilian Protected Areas. *Conserv Biol* 19: 612-618.

Sackis GD, Morais ABB (2008) Borboletas (Lepidoptera: Hesperioidea e Papilionoidea) do campus da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul. *Biota Neotrop* 8:151-158.

Santos AJ (2004) Estimativas de riqueza em espécies. In: Cullen Jr. L, Rudran R, Valladares-Padua C (eds) *Métodos de estudos em biologia e manejo da vida silvestre*. Editora da UFPR, Fundação O Boticário, Curitiba, pp 19-42.

Santos EC, Mielke OHH, Casagrande MM (2008) Inventários de borboletas no Brasil: estado da arte e modelo de áreas prioritárias para pesquisa com vistas à conservação. *Nat Conservação* 6: 68-90.

Santos JP, Iserhard CA, Teixeira MO, Romanowski HP (2011) Guia de borboletas frugívoras das florestas ombrófilas densa e mista do Rio Grande do Sul, Brasil. *Biota Neotrop*.11: 253-274.

Santos ND (1965) Contribuição ao conhecimento da fauna do Estado da Guanabara. 55. Odonata da região de restingas do Recreio dos Bandeirantes. *Atas Soc Biol* 9: 103-108.

Santos ND (1966) Contribuição ao conhecimento da fauna do Estado da Guanabara. 56. Notas sobre Coenagrídeos (Odonata) que se criam em bromélias. *Atas Soc Biol* 10:83-85.

Santos ND. (1984) Odonatas que se criam em bromélias de restingas no litoral fluminense. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turcq B (eds). *Restingas: Origem, Estrutura e Processos*. CEUFF, Niterói, pp 351-354.

Schantz AA (2000) Levantamento da diversidade de borboleta (Lepidoptera: Rhopalocera), no Parque Estadual do Turvo, RS e no Parque Estadual de Itapuã, RS. Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Scherer A, Maraschin SF, Baptista LRM (2005) Florística e estrutura do componente arbóreo de matas de restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. Acta Bot Brasil 19: 717-727.

Schwartz G, Di Mare RA (2001) Diversidade de quinze espécies de borboletas (Lepidoptera, Papilionidae) em sete comunidades de Santa Maria, RS. Ciênc Rural 31: 45-55

SEMA (2011) Secretaria do Meio Ambiente. <http://www.sema.rs.gov.br/>. Accessed January 2013.

Silva SM (1999) Diagnóstico das Restingas no Brasil. Departamento de botânica-setor de ciências biológicas. Universidade Federal do Paraná. www.anp.gov.br/brasil-rounds/round7/round7/.../restingas.pdf. Accessed January 2013.

Silveira VR, Monteiro RF, Macedo MV (2008) Larvas de insetos associadas a *Clusia hilariana* Schltl. (Clusiaceae) na Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. Rev Bras Entomol 52: 57-61.

SNUC (2002) Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (lei n. 9985 de 18 de julho de 2000, Decreto n. 4940 de 22 de agosto de 2002).

Soulé ME, Terborgh J (1999) The Policy and science of regional conservation. In: Soulé ME, Terborgh J (eds) Continental Conservations: scientific foundations of regional reserve networks. Island Press, Washington, pp 1-17.

Teixeira EC (2000) Levantamento da Diversidade de Borboletas (Lepidoptera: Rhopalocera) das Formações Nativas do Horto Florestal Barba Negra, Barra do Ribeiro, RS. Monograph, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Teixeira EC, Iserhard CA, Schantz AA, Romanowski HP (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. Abstracts.

Teixeira MO (2005) Diversidade de Borboletas da Reserva Biológica do Lami, Porto Alegre, RS. (Monograph). Universidade Luterana do Brasil, Canoas.

Teixeira MO (2008) Diversidade de borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) em ambientes de Mata Atlântica, RS, Brasil. Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Teston JA, Corseuil E (1998) Lista documentada dos papilionídeos (Lepidoptera, Papilionoidea) do Rio Grande do Sul, Brasil. Bioc 6: 81-94.

Teston JA, Corseuil E (1999) Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 1. Papilionidae. Bioc 4: 217-228.

Teston JA, Corseuil E (2000a) Lista documentada dos pierídeos (Lepidoptera, Pieridae) do Rio Grande do Sul, Brasil. Bioc 8: 115-132.

Teston JA, Corseuil E (2000b) Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 2. Pieridae. Bioc 5: 143-155.

Teston JA, Corseuil E (2001) Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte I. Danainae e Ithomiinae. Bioc 9: 51-61.

Teston JA, Corseuil E (2002a) Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte II. Brassolinae e Morphinae. Bioc 10: 75-84.

Teston JA, Corseuil E (2002b) Borboletas (Lepidoptera, Rhopalocera) ocorrentes no Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata. 3. Nymphalidae. Divul Mus Ciênc Tecnol 7: 79-125.

Teston JA, Corseuil E (2008a) Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte IV. Apaturinae e Charaxinae. Bioc 16: 28-32.

Teston JA, Corseuil E (2008b) Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte V. Biblidinae e Limenitidinae. Bioc 16: 33-41.

Teston JA, Corseuil E (2008c) Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte VI. Nymphalinae e Satyrinae. Bioc 16: 42-51.

Teston JA, Toledo KG, Corseuil E (2006) Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no Rio Grande do Sul, Brasil. Parte III. Heliconiinae e Libytheinae. Bioc 4: 208-213.

Teston JA, Specht A, Di Mare RA, Corseuil E (2006) Arctiinae (Lepidoptera, Arctiidae) coletados em unidades de conservação estaduais do Rio Grande do Sul, Brasil. Rev Bras Entomol 50: 280-286.

Weymer G (1894) Exotische Lepidopteren. VII. Beitrag zur Lepidopterenfauna von Rio Grande do Sul. Stettiner entomologische Zeitung 55: 311-333.

Wilson EO (1997) A situação atual da biodiversidade. In: Wilson EO, Peter FM (eds) Biodiversidade. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, pp 3-26.

WPDA (2010) World Database on Protected Areas. <http://www.wdpa.org>. Accessed march 2013.

Zanella FCV (1991) Estrutura da comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Ilha do Mel, planície litorânea paranaense, sul do Brasil, com notas comparativas. Dissertation, Universidade Federal do Paraná.

9. ARTIGO

Manuscrito a ser submetido para o *Journal of Insect Conservation*

Título: O efeito do tempo de preservação na diversidade de borboletas em áreas de mata de restinga no Sul do Brasil.

Autores: Liana Bertoldi Moreno^{1,2,3}, Andressa Caporale de Castro² Maria Ostília de Oliveira Marchiori ², Nicolás Oliveira Mega ², Helena Piccoli Romanowski ²

1. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves 9500/43435. CEP. 91504-970. Porto Alegre, RS, Brasil.

2. Departamento de Zoologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves 9500/43435. CEP. 91504-970. Porto Alegre, RS, Brasil.

3. Autor para correspondência. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves 9500/43435. CEP. 91504-970. Porto Alegre, RS, Brasil. (lmoreno@portoweb.com.br)

Resumo

A demanda por recursos naturais cresceu de maneira descontrolada nos últimos dois séculos, ocasionando a substituição de paisagens naturais por áreas urbanas e agropastoris. Entre os biomas brasileiros, a Mata Atlântica é o que mais degradação ambiental sofreu nesse período, principalmente devido à sua proximidade com os grandes centros urbanos do Brasil. Assim, a preservação e manejo de diferentes formações de Mata Atlântica, como as Restingas, merece especial atenção. Nesse sentido, as Unidades de Conservação (UCs) apresentam uma importante função na conservação de espécies, principalmente em mosaicos de paisagem com alto grau de fragmentação e forte influência da expansão urbana. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do tempo de preservação sobre a diversidade de borboletas em formações de Mata de Restinga. Foram realizadas duas amostragens por estação, ao longo de 12 meses, em três diferentes blocos amostrais, que apresentavam diferentes tempos de conservação: dois, 10 e 40 anos (respectivamente T2, T10 e T40). Os resultados sugerem que os padrões de diversidade de borboletas são diretamente proporcionais ao tempo de conservação das Matas de Restinga. Em termos de riqueza de espécies, ambientes mais preservados tiveram uma tendência a apresentar um maior número de espécies se comparados aos ambientes com menor tempo de preservação. Ambientes preservados há menos tempo apresentaram um maior número de espécies oportunistas, que possuem requerimentos ecológicos menos exigentes, enquanto áreas há mais tempo preservadas apresentam um número maior de espécies mais exigentes. Com relação à abundância de indivíduos, os resultados apontaram que áreas há mais tempo preservadas possuem capacidade de suportar maiores densidades populacionais de um grande número de espécies, enquanto que áreas há menos tempo preservadas apresentaram grande dominância de umas poucas espécies. Este efeito provavelmente esteja ligado à presença de uma estrutura vegetacional mais complexa, que garantiria uma maior diversidade de hospedeiras e recursos alimentares para os adultos.

Palavras-Chave: conservação, impacto ambiental, Lepidoptera, Mata Atlântica, riqueza de espécies.

Introdução

Ao longo do último século, a pressão antrópica exercida sobre os recursos naturais cresceu de maneira descontrolada. O crescimento das populações humanas resultou em aumento na demanda de recursos e têm ocasionado a substituição de paisagens naturais por áreas urbanas e agropastoris (Soulé 1999).

Os ecossistemas de Restinga têm sofrido crescentes impactos, principalmente devido à especulação imobiliária, expansão da agropecuária e invasão de espécies exóticas (Scherer et al. 2005). Sua situação de conservação é considerada crítica, visto que apresenta somente 10% de sua cobertura original (SOS Mata Atlântica 2012).

As Restingas, incluídas no domínio Mata Atlântica, são ecossistemas de transição por estarem situados na fronteira entre ecossistemas aquáticos e terrestres (Falkenberg 1999). Elas formam um conjunto de ecossistemas que compreende comunidades vegetais florísticas e fisionomicamente distintas, situadas em terrenos predominantemente arenosos, de origens marinha, fluvial, lagunar, eólica ou combinações destes, mas em geral com solos pouco desenvolvidos. A vegetação compreende formações originalmente herbáceas, subarbustivas, arbustivas ou arbóreas, que podem ocorrer em mosaicos embora algumas áreas possam ser naturalmente desprovidas de vegetação (CONAMA 1999).

A fauna de invertebrados ocorrente nas restingas brasileiras é relativamente pouco estudada se comparada a outros tipos de formações vegetais. A maioria dos estudos realizados em restinga trata de assuntos específicos como ocorrência e descrição de espécies novas (Fernandes & Mendonça 2002, Maia 2005, Mendonça *et al.* 2005) e aspectos biológicos de alguns táxons, faltando ainda uma visão ampla da composição faunística contidas nestas formações.

Dentre os estudos com insetos, podemos citar trabalhos sobre as ordens Coleoptera (Grenha et al. 2008; Araujo et al. 2009; Monteiro et al. 2012), Diptera (Ferraz & Monteiro 2003; Figueiró et al. 2008; Bizzo et al. 2010) Hymenoptera (Andrade & Carauta 1979; Gonçalves & Nunes 1984; Zanela 1991) e Odonata (Santos 1965, 1966, 1984). Para a ordem Lepidoptera podem ser citados os trabalhos de Callaghan (1978, 1985, 1986), que

tratam de diversos aspectos biológicos de espécies ocorrentes em restingas no estado do Rio de Janeiro, de Otero (1984) tratando da biologia de *Parides ascanius*, espécie considerada vulnerável pela IUCN (Gimenez 1996), de Monteiro et al. (2007) e de Silveira et al. (2008) sobre larvas de lepidóptera e suas plantas hospedeiras no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, no Rio de Janeiro.

Para o estado do Rio Grande do Sul, alguns estudos envolvendo ambientes de Restinga e Lepidoptera foram desenvolvidos na última década. Contribuições foram feitas na compilação de informações sobre a diversidade de borboletas da família Nymphalidae em dez municípios do litoral norte (Quadros et al. 2004), investigação da composição e variação na taxocenose de borboletas em Matas de Restinga localizadas em UC preservada há mais de 40 anos (Marchiori & Romanowski 2006), e realização de inventário de espécies em fragmentos de situados na Planície Costeira Norte (Bellaver et al. 2012).

As UCs são reconhecidas como unidades estratégicas fundamentais para a preservação *in situ* da biodiversidade, pois oferecem proteção para as espécies que ocorrem dentro de seus limites e preservam a continuidade dos processos ecológicos com o entorno (Chape *et al.* 2005). Apesar disto, poucos são os estudos que tem testado objetivamente a eficiência das UCs neste sentido; ou avaliado efetivamente o efeito do tempo de preservação de determinada área na diversidade das comunidades que esta abriga.

As borboletas participam diretamente de inúmeras interações, contribuindo para a polinização, herbivoria e decomposição (Brown 1991), além de serem organismos muito utilizados para a realização de diagnósticos rápidos, estudos comparativos, relatórios de monitoramento e impacto ambiental (Freitas et al. 2006; Freitas 2010). Entretanto, a maior parte dos estudos realizados com Lepidoptera tem sido desenvolvida fora das UCs.

Atividades de pesquisa em áreas de conservação são necessários para que haja um maior entendimento sobre sua fauna interações desta com o ambiente, de forma que se possa prever ou diagnosticar possíveis alterações nos ecossistemas, assim como contribuir para o plano de manejo e conservação das áreas protegidas. Estudos da fauna de

borboletas podem constituir uma excelente ferramenta nesse sentido, já que estas respondem de forma rápida, em poucas gerações, à degradação do seu hábitat.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tempo de preservação sobre a diversidade de borboletas em formações de Mata de Restinga localizadas em UCs. Espera-se que em áreas com matas preservadas há mais tempo a fauna de borboletas encontrada seja mais diversa do que a fauna presente em áreas com menor tempo de preservação ambiental.

Materiais e Métodos

Áreas de estudo

O estudo foi realizado em ambientes situados em duas UCs: o Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (BP) e Parque Estadual de Itapuã (PEI). O BP (30°05'S; 50°50'W) tem área de 2.560 ha, e faz parte da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande, apresentando vegetação predominante de banhados, campos e matas de restinga (SEMA 2011). Já o PEI (30°22'S, 51°02'W) possui área de 5.566,50 ha, sendo banhado pelo Lago Guaíba e pela Lagoa dos Patos (SEMA 2011). Sua cobertura vegetal é diversificada, com Matas de Restinga, Matas Higrófilas de Encosta, e Campos localizados em topos de morros e de áreas de solo raso (Antonio 1997).

Situados no município de Viamão, na transição entre a Depressão Central e a Planilha Costeira do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, o BP e PEI estão inseridos na Unidade Geomorfológica “Coxilha das Lombas”, uma região arenosa se estende do norte do Rio Guaíba, em direção ao noroeste, até a Lagoa dos Barros. Esta formação é constituída por coxilhas arredondadas, que tem origem associada ao Sistema Laguna-Barreira, surgida no Cenozóico (Villwock & Tomazelli 2007). É formada principalmente por areias quartzolíticas de origem praiana e da ação do vento, apresentando cobertura vegetal em mosaico de campos, matas, banhados e lagoas. A “Coxilha das Lombas” possui relevante interesse para o estudo e conservação da biodiversidade, pois apresenta espécies

endêmicas e constitui um importante corredor para outras unidades de paisagem (Ramos et al. 2007).

O clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Köppen – Cfa) havendo quatro estações climáticas distintas ao longo do ano, com temperaturas médias de 24°C no mês mais quente e 15°C no mês mais frio, sem época de seca definida (Nimer 1990).

Amostragens em campo e obtenção de dados climáticos

Para a realização do estudo, foram selecionadas áreas de mata de restinga no BP e PEI que estavam protegidas de interferência antrópica há diferentes períodos de tempo e, conseqüentemente, apresentavam diferentes níveis de regeneração estrutural (conforme CONAMA 1999). Foram definidos três blocos amostrais, sendo cada um dos blocos constituído por duas réplicas de aproximadamente 150 m², distanciadas uma da outra por aproximadamente 100 m. O primeiro bloco amostral (T2), localizado no BP, consistia de áreas intocadas pelo desmatamento há dois anos, apresentando cobertura vegetal em estágio inicial de regeneração. O segundo bloco (T10), também localizado no BP, representava uma área preservada há cerca de dez anos, mostrando um estágio intermediário de regeneração. Já o terceiro bloco (T40), localizado no PEI, estava inserido em uma área protegida há cerca de 40 anos, encontrando-se em estágio avançado de regeneração (Figura 1).

Foram realizadas duas coletas de dados por estação, de janeiro a dezembro de 2008 (dados de T40) e abril de 2012 a fevereiro de 2013 (dados de T2 e T10), entre 10h00 e 13h00 (horário solar), que é considerado o período ótimo para coleta de lepidópteros em ambientes de Restinga (Marchiori & Romanowski 2006). A amostragem seguiu Marchiori et al. 2013, utilizando observações de varredura. As observações foram realizadas em intervalos regulares de 45 min, intercalados por intervalos de 15 min para descanso, totalizando um esforço amostral de nove horas de observação em cada bloco amostral por estação climática. Durante a coleta de dados, amostradores treinados vasculharam cada área da clareira registrando todas as borboletas visualizadas; em caso de incerteza na

identificação, o espécime foi coletado com rede entomológica para identificação em laboratório. Exemplares-testemunho das espécies registradas em cada um dos blocos amostrais foram depositados na Coleção de Lepidoptera do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CLDZ).

Para investigar se houve diferença climática significativa entre os dois períodos de amostragem de dados (2008 e 2012-2013), o que poderia resultar em diferenças observadas nos padrões de diversidade entre os distintos períodos, dados climáticos foram obtidos junto ao 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre, do Instituto Nacional de Meteorologia (InMet). As variáveis climáticas foram extraídas de medições diárias feitas por estações climatológicas automáticas do InMet, que coletaram continuamente dados do tempo da região próxima às áreas de estudo, ao longo das quatro estações climáticas dos períodos de amostragem. Foram consideradas relevantes para as comparações climáticas as informações de precipitação total, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, insolação média, umidade relativa média e velocidade do vento média.

Análise de Dados

Inicialmente, os dados climáticos foram normalizados e centralizados, sendo posteriormente submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA). Na sequência, foram escolhidos como novas variáveis climáticas os componentes principais (PC) que explicassem cerca 90% da variação acumulada nas amostras. Cada par das novas variáveis climáticas foi comparado entre os períodos de amostragem através do teste de Mann-Whitney, com correção por FDR (Benjamini & Yukutieli 2001).

Para avaliar se haviam diferenças nos padrões de diversidade entre os blocos amostrais, foi contabilizada a riqueza de espécies (S), abundância (N), e o número de *singletons*, foi realizada análise de rarefação baseada em indivíduos (Magurran 2004, Magurran & McGill 2011) através do software PAST (Hammer et al. 2008). Estimadores analíticos de riqueza (Jackknife 1, Jackknife 2, ACE e ICE) foram calculados utilizando o programa Estimates 8.2 (Colwell 2009). Foram também avaliadas as estruturas das

assembleias observadas nos três blocos experimentais. As distribuições de abundância das espécies foram comparadas tomando como base a proporção de espécies raras (frequência relativa $<0,01$), intermediárias ($0,01 < \text{frequência relativa} < 0,10$) e dominantes (frequência relativa $>0,10$).

A avaliação das diferenças entre as composições de espécies dos blocos amostrais foi realizada através da projeção bidimensional do Escalonamento Não-Métrico Multidimensional (NMDS). Devido ao número de indivíduos ter sido reduzido em algumas ocasiões amostrais, os dados de cada bloco amostral foram agrupados por estação climática para realização desta análise. A rotina analítica SIMPER (similaridade de percentagens) foi utilizada para identificar as espécies que mais contribuíram para os padrões de similaridade dentro de cada grupo e para dissimilaridade entre blocos amostrais. Estas análises foram feitas utilizando o software PAST (Hammer et al. 2008).

Resultados

Os quatro primeiros PCs obtidos por PCA, conjuntamente, retiveram cerca de 95% da variação climática observada para os anos de amostragem (tabela 1). Como os três últimos PCs retiveram uma pequena porção da variação climática observada, foram tratadas como novas variáveis ambientais não correlacionadas apenas os PCs 1 a 4. As variáveis de temperatura e precipitação foram as que mais contribuíram para as novas variáveis, explicando entre 50 e 70 % da variação observada. Contudo, não foram registradas diferenças climáticas significativas entre os anos de amostragem para nenhuma das variáveis ($U_{PC1} = 5,95E+07$, $P=0,6816$; $U_{PC2}=6,01E+07$, $P=0,8509$; $U_{PC3}=6,00E+07$, $P=0,8273$; $U_{PC4}=6,03E+07$, $P=0,9165$), indicando que as condições climáticas de 2008 e 2012-2013 podem ser consideradas equivalentes.

Com relação às coletas de dados nos três blocos amostrais, em um total de 108 horas de observação, foram registrados 810 indivíduos divididos em 66 espécies de borboletas. Em T2 foram registrados 187 indivíduos de 34 espécies, em T10, 224 indivíduos de 32 espécies, enquanto que em T40, 399 indivíduos de 43 espécies. A análise de

rarefação evidenciou diferenças significativas de riqueza estimada de espécies apenas entre T2 e T10 (figura 2), apontando T10 como sendo o bloco amostral menos rico. T40 não diferiu significativamente em termos de riqueza estimada de T2 e T10.

As curvas de acúmulo de espécies observadas nos blocos amostrais apresentaram variação no ritmo em que novas espécies foram amostradas (figura 3). Em T2, o padrão de acúmulo de espécies apresentou um ritmo sem padrão definido, enquanto que T10 e T40 apresentaram variações cíclicas de aceleração e desaceleração no ritmo de acúmulo de espécies. Em nenhum dos blocos amostrais a curva teórica de acúmulo de espécies atingiu a assíntota, indicando que mais espécies de borboletas poderiam ser registradas caso houvesse aumento do esforço amostral. T40 foi o bloco que apresentou a maior inclinação na curva de acúmulo de espécies.

Os estimadores de riqueza indicaram que tenham sido amostradas entre 60% e 70% da riqueza esperada em T2, enquanto que em T10 e T40 tenham sido registradas entre 60% e 70% e entre 61% e 80%, respectivamente.

O padrão de distribuição de abundância observado evidenciou a prevalência das espécies raras nos três blocos experimentais (50% em T2 e T10 e 65% em T40) e uma proporção de 44,1%, 37,5% e 27,9% de espécies intermediárias em T2, T10 e T40, respectivamente (figura 4). Não foi observado padrão de dominância fortemente marcado em nenhum dos casos, sendo a maior abundância relativa registrada de 24,6% para *Eunica eburnea* Fruhstorfer, 1907 em T10.

Nos três blocos amostrais, Nymphalidae foi a família mais rica, seguida de HesperIIDae (tabela 2). A diferença de riqueza entre estas duas famílias, todavia, foi cerca de 30% em T2, acentuadamente maior do que nos outros dois blocos amostrais.

O resultado da projeção bidimensional do NMDS através do índice de Jaccard indicou pequena sobreposição na composição de espécies de borboletas nas localidades T2 e T10, enquanto houve grande distinção destas em relação a T40 (figura 5A). Já o NMDS para o índice de Morisita revelou uma total separação da diversidade registrada nos três blocos amostrais (figura 5B). Em ambas as análises, observou-se maior similaridade entre

dados de um mesmo bloco amostral do que entre dados referentes às diferentes ocasiões amostrais (estações climáticas).

Os três blocos amostrais apresentaram alta dissimilaridade (73%) de acordo com a análise SIMPER, indicando que oito espécies foram responsáveis por explicar 44% da variação observada entre os blocos. Entre estas espécies, *Eunica eburnea* Fruhstorfer, 1907 (dominante em T10 e T40, mas ausente em T2), *Dryas iulia alcionea* (Cramer, 1821) (a mais abundante em T2, segunda mais abundante em T10 e terceira mais abundante em T40) e *Anartia amathea roeselia* (Eschscholtz, 1821) (dominante em T10 e em T40, intermediária em T2) foram as que mais contribuíram para as diferenças observadas. Do total das espécies registradas, apenas 12 foram compartilhadas entre os três blocos. Por outro lado, 10 espécies foram coletadas somente em T2, seis em T10 e 20 em T40.

Discussão

Variações climáticas entre os períodos de amostragem

É conhecido que os padrões de diversidade de espécies de borboletas podem variar consistentemente entre anos sucessivos de amostragem, já que as condições ambientais podem variar significativamente de um ano para outro. Estas variações estão comumente associadas a eventos oceânico-atmosféricos, como *El Niño* e *La Niña*, ou a aberrações climáticas, como períodos prolongados de estiagem ou chuvas excessivas. Eventos desta natureza corriqueiramente causam alterações nas condições normais de desenvolvimento e manutenção de populações naturais de insetos, modificando diretamente a estrutura de assembleias e comunidades biológicas. Períodos prolongados de estiagem podem afetar o crescimento e reprodução de plantas hospedeiras, diminuindo a oferta de alimento para formas imaturas e adultas de Lepidoptera, enquanto períodos prolongados de nebulosidade e chuvas podem afetar diretamente as atividades de forrageio e acasalamento de muitas borboletas. Em ambos os casos, o efeito das condições ambientais adversas resulta em decréscimo das populações naturais presentes nas áreas afetadas. Assim, em situações onde as normais climáticas não fogem ao padrão, espera-se que não haja alterações

significativas nas estruturas de comunidades biológicas. Este parece ser o caso dos dados obtidos durante as amostragens em anos sucessivos para os três blocos experimentais analisados.

Apesar dos dados de T40 terem sido obtidos no ano de 2008, e os dados de T2 e T10 terem sido coletados entre 2012 e 2013, não se observaram alterações climáticas significativas entre os dois períodos de amostragem. Mesmo quando os dados são analisados por estação do ano (análises não mostradas), não são identificadas diferenças significativas entre as mesmas estações de anos diferentes. Sendo assim, os resultados de PCA sugerem que flutuações observadas nos padrões de diversidade dos três blocos experimentais não estariam relacionadas diretamente a diferenças observadas no clima entre os dois períodos de amostragem.

Por outro lado, não pode ser desconsiderada a hipótese de que grandes alterações ambientais ocorrentes em anos anteriores aos amostrados tenham influenciado a composição das assembleias observadas nos períodos de 2008 e 2012-2013. Recorrendo a registros históricos de grandes anomalias climáticas na região Sul do Brasil, observa-se que dois eventos fora das normais climáticas ocorreram na última década: a grande seca dos anos 2005-2006, e o fenômeno *El Niño* dos anos de 2009-2010, que teve intensidade considerada moderada (INMET 2013). Porém, ambos os eventos ocorreram muitos meses antes das amostragens de dados realizadas no presente estudo (aproximadamente 20 meses), o que permitiria a recuperação das comunidades nos ciclos anuais subsequentes à anomalia climática. Sendo assim, os registros históricos não corroboram a hipótese de que alterações climáticas ocorridas em períodos próximos às coletas realizadas tenham relação direta com os padrões de diversidade de borboletas que foram encontrados.

Padrões de diversidade entre os blocos experimentais

O estudo da distribuição de espécies e indivíduos de borboletas em paisagens com diferentes graus de perturbação tem gerado dados controversos na literatura científica. Vários trabalhos têm encontrado maior riqueza e abundância de borboletas em ambientes

perturbados, o que tem sido atribuído a características específicas desses ambientes, que poderiam favorecer tanto espécies do ambiente original quanto espécies “invasoras” (Sparrow et al. 1994; Brown & Hutchings 1997; De Vries et al. 1997; Ramos 2000). Outros trabalhos, no entanto, têm encontrado maior riqueza e abundância em ambientes mais preservados creditando a diminuição em ambientes perturbados à destruição de habitats e à perda de recursos (Daily & Ehrlich 1995; Shahabuddin & Terborgh 1999 ; Fermon *et al.* 2000; Rogo & Odulaja 2001; Lomov et al. 2006; Sundufu 2008). Outros estudos ainda, embora não tendo encontrado diferenças significativas na riqueza de ambientes perturbados e fragmentados, acreditam que a fragmentação e perturbação possam ter efeitos muito maiores e mais importantes que somente o aumento ou a diminuição da riqueza de espécies, como a habilidade de dispersão dos indivíduos, comportamento e distribuição de plantas hospedeiras (Shahabuddin & Terborgh 1999; Lewis 2001; Uehara-Prado et al. 2007).

As amostragens da presente investigação indicaram maior riqueza e abundância no bloco amostral com maior tempo de preservação (T40) as quais juntamente com as estimativas de riqueza sugeriram um grau crescente de diversidade de T2, T10 a T40. Estas diferenças, porém, não obtiveram significância estatística para o conjunto de dados analisados. Por outro lado, as análises realizadas evidenciaram assembleias marcadamente distintas nas três áreas estudadas. Em particular, avaliações qualitativas da fauna apontam para mais espécies generalistas no bloco com menor tempo de preservação, havendo uma troca progressiva para espécies associadas com ambientes mais conservados em T10 e T40.

A análise de rarefação apontou T2 como mais rico em espécies que T10. A curva de acúmulo de espécies e os estimadores de riqueza, em contraste, sugerem T40 tratar-se do ambiente mais rico. Cabe assinalar que elevada proporção das espécies (e indivíduos) registradas em T2 são generalistas e adaptadas à ambientes perturbados, como *D. iulia alcionea*, *Tegosa claudina* (Eschscholtz, 1821), *Heliconius erato phyllis* (Fabricius, 1775) , *Eurema deva* (Doubleday, 1847) e *A. amathea roeselia*. Estas borboletas são comuns em

hábitats alterados, principalmente em áreas de florestas perturbadas, por isto, consideradas espécies oportunistas (Brown 1992). A presença dessas espécies em áreas alteradas geralmente está associada à capacidade ruderal de suas plantas hospedeiras, que costumam ser abundantes em bordas de mata e áreas em estágios iniciais de regeneração ambiental. Como há grande oferta de alimento para os imaturos, comumente são registrados grandes números de fêmeas em atividades de oviposição, o que acaba atraindo um elevado número de machos em busca de fêmeas para acasalamento.

Este aspecto é espelhado pelas proporções observadas de espécies por famílias em cada bloco amostral: domínio de Nymphalidae sobre Hesperidae decrescendo, quanto mais preservada a área. Pode explicar este resultado a tendência dos Nymphalidae a ser mais abundantes em ambientes abertos (Morais et al. 2007; Iserhard et al. 2009); por outro lado, Hesperidae é considerada boa indicadora de regularidade e abundância de recursos (Brown & Freitas 1999).

Marchiori & Romanowski (2006) e Marchiori et al. (2013), realizaram estudos ao longo de, respectivamente, um e dois anos, amostrando das 8:00 às 17:45h nos mesmos ambientes de restinga de T40. A primeira investigação avaliou sazonalmente a fenologia diária de borboletas ocorrentes em uma área de restinga, a segunda analisou espaço-temporalmente a assembleia de borboletas em Matas de Restinga e em Matas de Araucária no Rio Grande do Sul. Esses trabalhos, mesmo com maior intensidade amostral, apresentam estimativas do percentual da fauna de borboletas amostrada (68% à 75% e 75% à 87 %, respectivamente) semelhantes às registradas aqui.

A prevalência das espécies raras na distribuição de abundância das espécies é um padrão esperado para invertebrados (Coddington et al. 2009, McGill 2010). Tal também foi registrado por Marchiori & Romanowski (2006) e Marchiori et al. (2013) e é discutido por Pozzo et al. (2008) como um fator modulador das mudanças na fenologia das comunidades. Um aspecto interessante da estrutura das comunidades estudadas é observar as diferentes identidades das espécies dominantes em cada um dos blocos amostrais. A borboleta mais abundante em T10 e T40. *E. eburnea*, é espécie de voo alto, geralmente encontrada na

copa de árvores com mais de dois metros de altura. Em T2, *D. iulia alcionea*, a mais abundante, é uma espécie de borboletas encontrada em vários habitats abertos e ensolarados mas preferencialmente em floresta perturbada. A ocorrência de certas espécies de borboletas nos diferentes blocos amostrais deve estar associada à estrutura vegetacional e à presença de plantas hospedeiras na área.

As análises de similaridade evidenciaram blocos amostrais muito distintos e, mais uma vez, ao analisar a composição das espécies, o contraste tornou-se mais marcante. As poucas espécies compartilhadas pelos três blocos são consideradas generalistas. Em contraste, aquelas amostradas unicamente em cada bloco apresentaram peculiaridades. Em T2, merece destaque *Tmolus echioides* (Linnaeus, 1767) (Lycaenidae) raramente amostrada (Moser 2013, comunicação pessoal). Para T10, a presença de *Morpho aega* (Hübner, [1822]), que costuma estar associada a matas preservadas, sugere que, mesmo ambientes em estágios intermediários de regeneração podem abrigar espécies mais sensíveis. Entre as diversas espécies registradas apenas em T40, figuraram vários Lycaenidae, Riodinidae e Hesperidae, famílias consideradas indicadoras de boa qualidade ambiental.

Os blocos T2 e a T10 são ambientes de restinga preservados há pouco tempo e que se localizam em uma UC estabelecida recentemente em área sob pressão antrópica (agropecuária, urbanização). Já T40, localizada em uma UC maior e estabelecida há 40 anos, deve proporcionar melhores condições para abrigar mais espécies e indivíduos de borboletas, face a maior complexidade vegetacional das manchas de restinga e do entorno.

Em relação ao tempo de conservação, não encontramos diferenças significativas em relação à riqueza de espécies, mas sim em relação à composição das mesmas. O bloco T2 apresenta em sua grande maioria espécies comuns e frequentemente encontradas em ambientes perturbados. Já T10 e T40 apresentaram espécies que exigem um nível de estruturação vegetacional mais alta e que ocorrem em ambientes preservados.

Papel das UCs na conservação das espécies de Matas de Restingas

Os resultados encontrados no presente estudo sugerem que UCs com pequenas áreas territoriais, que estão inseridas em mosaicos de paisagem complexos, possuem grande importância para a manutenção de populações de espécies de borboletas nativas das Matas de Restinga. Em matrizes ambientais sujeitas a influência de atividades agropastoris e impactos decorrentes da proximidade com centros urbanos, locais que estejam sob as ações de programas de manejo e preservação podem constituir refúgios para indivíduos que se deslocam entre áreas de forrageio. Ambientes com essa característica são favoráveis à ocorrência de espécies nectarívoras, mas severos para borboletas que se alimentam de frutos e seivas (Ruszczyk 1986). Essa tendência foi encontrada no presente estudo, já que menos de 1% das espécies registradas faziam parte da guilda de borboletas consideradas frugívoras.

Independente do hábito alimentar, estudos recentes sugerem que mesmo as UCs deficientes em implantação e manejo são mais efetivas na conservação da biodiversidade do que áreas não protegidas (Bruner 2001). Nesse sentido, áreas de sucessão ecológica encontradas em UCs, que normalmente são fragmentadas, ainda podem abrigar uma considerável parcela da diversidade que explora de maneira oportunista os recursos naturais que se desenvolvem nas interfaces das áreas protegidas com a matriz externa. Entre esses recursos podem ser citadas plantas exóticas e ruderais, que produzem grandes quantidades de néctar e pólen em flores extremamente atrativas para borboletas nectarívoras. Desta forma, ambientes com boa oferta de recurso alimentar, ainda que alterados, podem atrair não somente espécies generalistas, mas algumas espécies cujas populações apresentam baixa densidade. Como há concentração de recursos alimentares raros de uma maneira desproporcional, a possibilidade de que sejam encontradas espécies menos comuns também pode aumentar. Um exemplo a ser citado é o caso de *T. echion*, um Lycaenidae que usa como planta hospedeiras plantas da família Verbenaceae e Solanaceae (Beccaloni *et al.* 2008), plantas comuns nos bordos de Mata de Restinga nas áreas estudadas. Outro efeito a ser considerado, e que pode ser minimizado pelas UCs, é a perda

de diversidade causada pela homogeneidade dos habitats. Particularmente para o Sul do Brasil, o mosaico de paisagem típico está composto por grandes áreas de uso agropastoril, intercalado com centros urbanos de pequeno e médio porte. As UCs não passam de pequenas ilhas de áreas de preservação em meio a uma matriz ambiental intensamente alterada. Assim, do ponto de vista humano, os limites de UCs são geralmente considerados ecótonos abruptos entre áreas impactadas e locais de preservação. Contudo, do ponto de vista dos insetos, estes limites não são necessariamente tão definidos (Samways 2005).

De fato, a proximidade entre dois ambientes diferentes pode causar um fenômeno conhecido como “efeito de borda” (O’Hanlon & Gregory 2011). Nesses locais, a mistura dentre as características físicas e biológicas dos ambientes pode gerar um zona de diversidade aumentada, refletindo diretamente na abundância das espécies, interações de predação e parasitismo e disponibilidade de recursos (Ries et al. 2004). Contudo, o tamanho dos fragmentos, e a sua estruturação vegetacional, estão diretamente relacionados com o aumento de espécies em determinadas áreas (Brown & Hutchings 1997). Apesar disso, pequenos remanescentes de matas perturbadas podem desempenhar ainda um papel importante para a continuidade de algumas comunidades de borboletas neotropicais (Horner-Divine et al. 2003), desde que seja enfatizada a manutenção de locais que apresentem grande heterogeneidade de fragmentos, com tamanho e tempos de conservação diferentes.

As restingas brasileiras, em especial as da região Sul do Brasil, estão seriamente ameaçadas pela perda de áreas naturais em função da substituição por áreas de pastagens, bem como pela remoção de sua cobertura natural, fruto da exploração de madeira e remoção de camadas de solo para jardinagem e mineração. Nestas formações, áreas de preservação que contenham restingas são capazes de manter corredores ecológicos que garantam conectividade entre populações. Da mesma forma, a manutenção da cobertura vegetal original exerce papel fundamental para a estabilização do substrato, evitando a modificação da paisagem (Rambo 1956). Já a conservação da integridade das camadas do solo se torna importante na manutenção da homeostase dos sistemas hídricos, o que

mantém a drenagem natural das áreas e possibilita a preservação das condições que suportam faunas abundantes (Falkenberg 1999).

Em face à crescente degradação ambiental promovida nas últimas décadas, a presença de Restingas dentro de UCs é peça fundamental para a preservação de espécies que habitam estes ambientes. A avaliação de quanto da biodiversidade de borboletas de Matas de Restinga está sendo preservada dentro destas UCs depende de uma série de fatores, como a representatividade das fitofisionomias abrangidas, a extensão das áreas, o uso da terra e dos recursos naturais no entorno, a proteção de processos biológicos e a conectividade entre fragmentos (Brito 2000). Porém, como atualmente as Restingas representam somente 10% de sua cobertura original, os resultados apresentados aqui sugerem que, independente do tempo de conservação das áreas, qualquer estratégia que mantenha a heterogeneidade das formações de Restingas no Sul do Brasil constitui um esforço significativo para a conservação da diversidade de borboletas nesta fisionomia de Mata Atlântica. Frente a estes resultados, o papel de UCs para preservação das restingas é reiterado e urge-se aos órgãos responsáveis que garantam sua proteção.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas do Laboratório de Ecologia de Insetos Lidiane Fucilini, Nicole Rappa, Luiza Moucachen e Guilherme Atencio, pelo auxílio nas coletas em campo. Agradecimentos para a SEMA-RS, pela autorização de pesquisa nº 392 e ao gestor do BP, André Osório, e sua equipe de guardas-parque, pelo acompanhamento e segurança durante os trabalhos de campo. Agradecimentos especiais são devidos a Diego Dolibaina, pela ajuda nas identificações dos HesperIIDae. O suporte financeiro do trabalho foi provido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de pesquisa e apoio financeiro (auxílios 307635/2010-4, 563332/2010-7, 23038.8306/2010-62). Esta é a contribuição número XXX do Departamento de Zoologia da UFRGS.

Referências

Andrade JC, Carauta JPP (1979) Associação Cecropia-Azteca na restinga de Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro. Bradea 3: 31-33.

Antonio MG (ed) (1997) Plano de manejo Parque Estadual de Itapuã/RS. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Departamento de Recursos Naturais Renováveis.

Araújo CO, Flinte V, Macedo MV, Monteiro RF (2009) Ecologia e variação espacial de *Naupactus lar* (Coleoptera, Curculionidae, Polydrosinae) no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Rev Bras Entomol 53: 82-87.

Beccaloni GW, Vilorio AL, Hall SK, Robinson GS (2008). Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies. Gorfi, S. A., Zaragoza.

Bellaver J, Iserhard CA, Santos JP, Silva AK, Torres M, Siewert RR, Moser A, Romanowski HP (2012) Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) from Swamp forests and Restinga forests at the southern Brazilian Coastal Plain. Biota Neotrop 12: 181-190.

Benjamini Y, Yekutieli D (2001) The control of the false discovery rate in multiple testing under dependency. Ann Statist 29: 1165-1188.

Bizzo L, Gottschalk MS, De Toni DC, Hofmann PRP (2010) Seasonal dynamics of a drosophilid (Diptera) assemblage and its potencial as bioindicator in open environments. Iheringia Sér Zool 100:185-191.

Brito MCW (2000) Unidades de conservação: intenções e resultados. Annablume Editora, São Paulo.

Brown KS (1991) Conservation of Neotropical Environments: Insect as Indicators. In: Collins NM, Thomas JA (eds) The conservations of insects and their habitats. Academic Press, London, pp 350-404.

Brown KS (1992) Borboletas da Serra do Japi: diversidade, habitats, recursos alimentares e variação temporal. In: Morellato LPC (ed) História natural da Serra do Japi: Ecologia e preservação de uma área florestal do sudeste do Brasil. Editora da UNICAMP, Campinas , pp 142-187.

Brown KS, Freitas AVL (1999) Lepidoptera. In: Brandão CRF, Cancellato EM (eds) Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Invertebrados Terrestres. FAPESP, São Paulo, pp 225-245.

Brown KS, Hutchings RW (1997) Disturbance, fragmentation and the dynamics of diversity in amazon butterflies. In: Laurence WF, Bierregaard RO (eds) Tropical forests remnants. University of Chicago, Chicago, pp 91-100.

Bruner AG, Gullison RE, Rice RE, Fonseca GAB (2001) Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. Science 291:125-127.

Callaghan C (1978) Studies on restinga butterflies. II. Notes on the population structure of *Menander felsina* (Riodinidae). J Lepidopt Soc 32: 37-48.

Callaghan C (1985) Notes on the biology of *Stalachtis susanna* (Lycaenidae: Riodininae) with a discussion of riodininae larval strategies. J Res Lep 24: 258-263.

Callaghan C (1986) Restinga butterflies: biology of *Synargis brennus* (Stichel) (Riodinidae). J Lepidopt Soc 40: 93-96.

Chape S, Harrison J, Spalding M, Lysenko I (2005) Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Phil Trans R Soc B* 360: 443-455.

Coddington JA, Agnarsson I, Miller JA, Kuntner M, Hormiga G (2009) Undersampling bias: the null hypothesis for singleton species in tropical arthropod surveys. *J. Anim. Ecol* 78:573-84

Colwell RK (2009) Estimates 8.2: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. University of Connecticut. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>. Accessed February 2013.

CONAMA (1999) Resolução CONAMA
http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/conama_res_cons_1999_261_estagios_sucessionais_de_vegetao_de_restinga_sc_202.pdf Acesso dezembro 2012.

Daily GC, Ehrlich PR (1995) Preservation of biodiversity in small rainforest patches: rapid evaluation using butterfly trapping. *Biodivers Conserv* 4: 35-55.

DeVries PJ, Murray D, Lande R (1997) Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biol J Linn Soc* 62: 343-364.

Falkenberg DB (1999) Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, Sul do Brasil. *Insula* 28: 1-30.

Fermon MH, Walter RI, Vane-Right, Muhlenberg M (2000) Forest use and vertical stratification in fruit-feeding butterflies of Sulawesi, Indonesia: impacts for conservation. *Biodivers Conserv* 14: 333-350.

Fernandes LH, Mendonça MC (2002) Duas novas espécies de Pseudachorutinae (Collembola, Neanuridae) do Brasil. *Bol mus nac* 496: 1-8.

Ferraz FFF, Monteiro RF (2003) Complex interactions involving a gall midge *Myrciamyia maricaensis* Maia (Diptera: Cecidomyiidae), phytophagous modifiers and parasitoids. *Rev Bras Zool* 20: 433-437.

Figueiró R, Nascimento ES Do, Gil-Azevedo LH, Maia-Herzog M, Monteiro RF (2008) Local distribution of blackfly (Diptera, Simuliidae) larvae in two adjacent streams: the role of water current velocity in the diversity of blackfly larvae. *Rev Bras Entomol* 52: 452-454.

Freitas AVL (2010) Impactos potenciais das mudanças propostas no código florestal brasileiro sobre as borboletas. *Biota Neotrop* 10: 53-57.

Freitas AVL, Leal IR, Uehara-Prado M, Iannuzzi L (2006) Insetos como indicadores de conservação da paisagem. In: Rocha CFD, Bergallo HG, Van Sluys M, Alves MAS (eds) *Biologia da conservação: essências*. Rima Editora, São Carlos, pp 357-384.

Gimenez DM (1996) *Parides ascanius*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <http://www.iucnredlist.org/details/16239/0>. Accessed 12 June 2013.

Gonçalves CG, Nunes AM (1984) Formigas das praias e restingas do Brasil. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turcq B (eds). *Restingas: Origem, Estrutura e Processos*. CEUFF, Niterói, pp 373-378.

Grenha V, Macedo MV, Monteiro RF (2008) Predação de sementes de *Allagoptera arenaria* (Arecaceae) por *Pachymerus nucleorum* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). *Rev Bras Entomol* 52: 50-56.

Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2008) PAST: Paleontological Statistics software package for education data analysis. <http://folk.uio.no/ohammer/past/>. Accessed February 2013.

Horner-Divine MC, Daily GC, Ehrlich PR, Boggs CL (2003) Countryside biogeography of tropical butterflies. *Conserv Biol* 17: 168-177.

INMET (2013) Instituto Nacional de Meteorologia. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Accessed May 2013.

Iserhard CA (2009) Estrutura e composição da assembleia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em diferentes formações da mata atlântica do Rio Grande do Sul, Brasil. Thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Lomov B, Keith DA, Britton DR, Hochuli DF (2006) Are butterflies and moths useful indicators for restoration monitoring? A pilot study in Sydney's Cumberland plain Woodland. *Ecol Manag Restor* 10: 204-210.

Lewis OT (2001) Effect of experimental selective logging on tropical butterflies. *Conserv Biol* 15: 389-400.

McGill, JB (2010) Matters of scale. *Science* 328: 575-576

Magurran AE (2004) *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Oxford.

Magurran AE, McGill BJ (eds.) (2011) Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. Oxford university press, Oxford.

Maia VC (2005) *Clinodiplosis costai*, a new galler species (Diptera, Cecidomyiidae) associated with *Paullinia weinmanniaefolia* Mart. (Sapindaceae). Rev Bras Zool 22: 676-679.

Marchiori MO, Romanowski HP (2006) Species composition and diel variation of a butterfly taxocene (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) in a restinga wood at Itapuã State Park, Southern Brazil. Rev Bras Zool 23: 443-454.

Marchiori MO, Romanowski HP, Mendonça MS (2013) Mariposas en dos ambientes forestales contrastantes en el sur de Brasil (Lepidoptera: Papilionoidea). SHILAP Revta. lepid 41: 1-15.

Mendonça MC de, Fernandes LH, Abrantes EA (2005) Two new species of *Folsomiella bonet* and redescription of *F. albida* (Arlé, 1959) (Collembola, Brachystomellidae). Zootaxa 1006: 11-21.

Monteiro RF, Macedo MV, Nascimento MV, Cury RSF (2007) Composição, abundância e notas sobre a ecologia de espécies de larvas de lepidópteros associadas a cinco espécies de plantas hospedeiras no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ. Rev Bras Entomol 51: 476-483.

Monteiro RF, Nascimento MS, Silva RM, Hespeneide H (2012) A remarkable leaf mine induced by *Tachygonus sp.n.* (Coleoptera: Curculionidae: Curculioninae: Rhamphini) on *Erythroxylum subsessile* (Erythroxylaceae) with description of the new species. Braz J Biol 72: 949-953.

Morais ABB, Romanowski HP, Iserhard CA, Marchiori MO, Segui R (2007) Mariposas del Sur de Sudamérica (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea). *Ciênc Ambient* 35: 29-46.

Nimer E (1990) Clima. In: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Geografia do Brasil: Região Sul. V. 2.* IBGE, Rio de Janeiro, pp 151-187.

O'Hanlon JC, Gregory IH (2011) The influence of abrupt forest edges on praying mantid populations. *Insect Conservation and Diversity* 4: 107–114.

Otero LS (1984) *Parides ascanius* (Cramer, 1775), borboleta ameaçada de extinção. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turcq B (eds). *Restingas: Origem, Estrutura e Processos.* CEUFF, Niterói, pp 369-371

Pozo C, Martínez AL, Bousquets LJ, Suárez SN, Martínez MA, (2008) Seasonality and phenology of the butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of Mexicós Calakmul region. *Florida Entomol* 91: 407–422.

Quadros FC, Dorneles AL, Corseuil E (2004) Ninfalídeos (Lepidoptera, Nymphalidae) ocorrentes no norte da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Bioc* 12: 147-164.

Rambo (1956) *A fisionomia do Rio Grande do Sul.* : Livraria Selbach, Porto Alegre.

Ramos FA (2000) Nymphalid butterfly communities in an Amazonian forest fragment. *J Res Lepidoptera* 35: 29-41.

Ramos RA, Pasqualetto AI, Balbuena RA 2007 Paisagem, uso e cobertura da terra. In: Becker FG, Ramos RA, Moura LA (eds) Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Brasília.

Ries L, Fletcher RJ, Battin J, Sisk TD (2004) Ecological responses to habitat edges: Mechanisms, models, and variability explained. *Ann Rev Ecol Evol Syst* 35: 491–522.

Rogo L, Odulaja A (2001) Butterfly populations in two forest fragments in Kenia coast. *Afr J Ecol* 39: 266-275.

Ruszczyk A (1986) Hábitos alimentares de borboletas adultas e sua adaptabilidade ao ambiente urbano. *Rev Brasil Biol* 46: 419-427.

Shahabuddin G, Terborgh JW (1999) Frugivorous butterflies in Venezuelan forest fragments: abundance, diversity and the effects of isolation. *J Trop Ecol* 15: 703-722.

Samways MJ (2005) *Insect Diversity Conservation*. University Press, Cambridge.

Santos ND (1965) Contribuição ao conhecimento da fauna do Estado da Guanabara. 55. Odonata da região de restingas do Recreio dos Bandeirantes. *Atas Soc Biol* 9: 103-108.

Santos ND (1966) Contribuição ao conhecimento da fauna do Estado da Guanabara. 56. Notas sobre Coenagrídeos (Odonata) que se criam em bromélias. *Atas Soc Biol* 10: 83-85.

Santos ND. (1984) Odonatas que se criam em bromélias de restingas no litoral fluminense. In: Lacerda LD, Araújo DSD, Cerqueira R, Turcq B (eds). *Restingas: Origem, Estrutura e Processos*. CEUFF, Niterói, pp 351-354.

Scherer A, Maraschin SF, Baptista IRM (2005) Florística e estrutura do componente arbóreo de matas de restinga arenosa no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. Acta Bot Bras 19: 717-727.

SEMA (2011) Secretaria do Meio Ambiente. <http://www.sema.rs.gov.br/>. Accessed January 2013.

Silveira VR, Monteiro RF, Macedo MV (2008) Larvas de insetos associadas a *Clusia hilariana* Schltld. (Clusiaceae) na Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. Rev Bras Entomol 52: 57-61.

SOS Mata Atlântica (2012) Fundação SOS Mata Atlântica. <http://www.sosmatatlantica.org.br>. Accessed April 2013.

Soulé ME, Terborgh J (1999) The Policy and science of regional conservation. In: Soulé ME, Terborgh J (eds) Continental Conservations: scientific foundations of regional reserve networks. Island Press, Washington, pp 1-17.

Sparrow HR, Sisk TD, Ehrlich PR, Murphy DD (1994) Techniques and guidelines for monitoring neotropical butterflies. Conserv Biol 8: 800-809.

Sundufu A, Dumbuya R (2008) Habitat preferences of butterflies in the Bumbuna forest Northern Sierra Leona. J Insect Sci 8:1-17.

Villwock JA, Tomazelli LJ (2007) Planície costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual. In: Becker FG, Ramos RA, Moura LA (eds) Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Brasília.

Uehara-Prado M, Brown K S, Freitas AVL (2007) Species richness, composition and abundance of fruit-feeding butterflies in the Brazilian Atlantic Forest: comparison between a fragmented and a continuous landscape. *Global Ecol Biogeogr* 16: 43–54.

Zanella FCV (1991) Estrutura da comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Ilha do Mel, planície litorânea paranaense, sul do Brasil, com notas comparativas. Dissertation, Universidade Federal do Paraná.

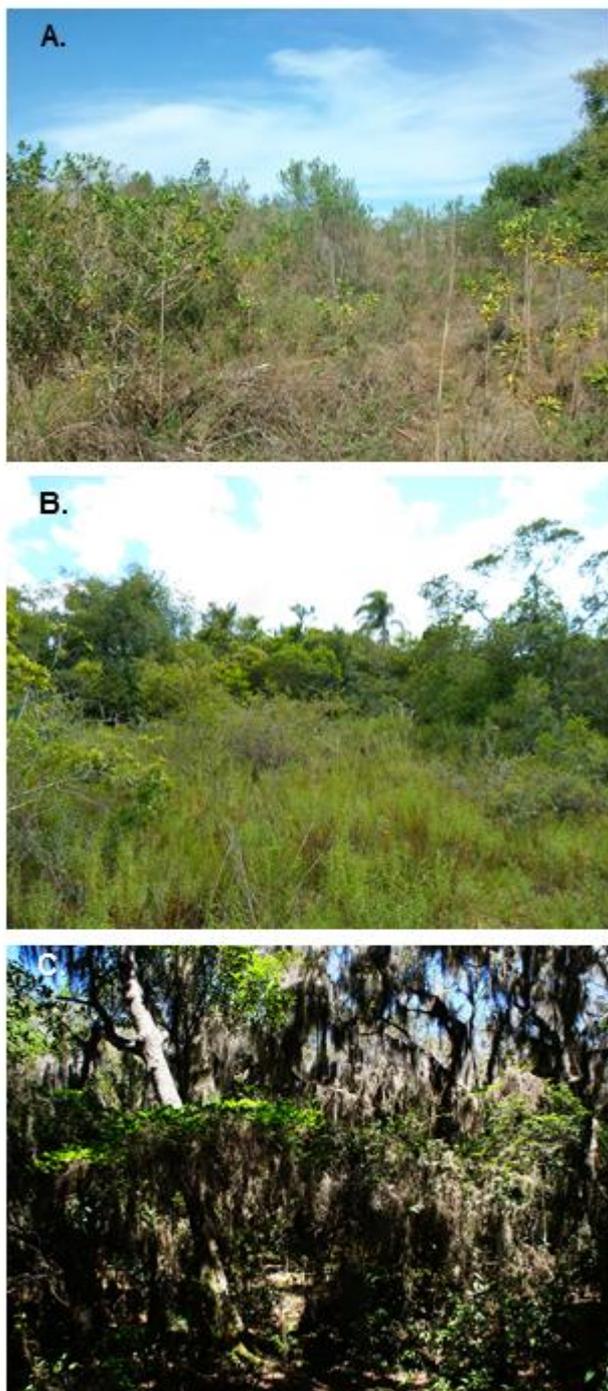


Figura 1. Blocos experimentais estudados nas Matas de Restinga. (A) T2 - área com dois anos de preservação e vegetação de restinga em estágio inicial de regeneração, (B) T10 - área com dez anos de preservação e vegetação em estágio médio de regeneração, e (C) T40 - área com 40 anos de preservação e com vegetação em estágio avançado de regeneração.

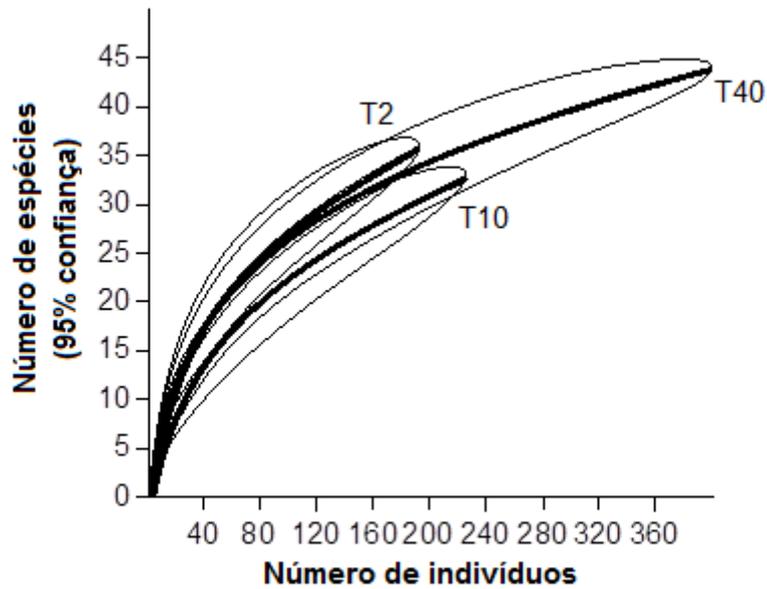
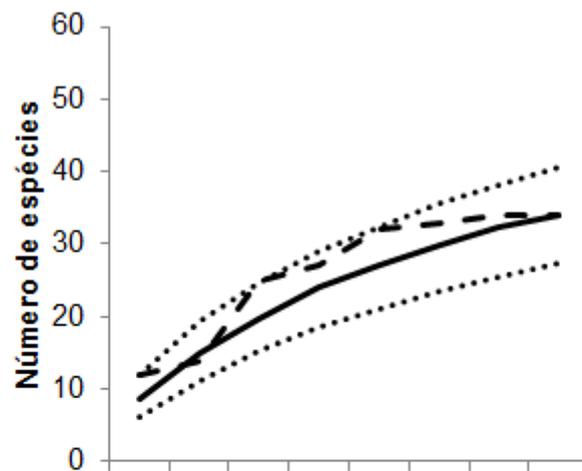
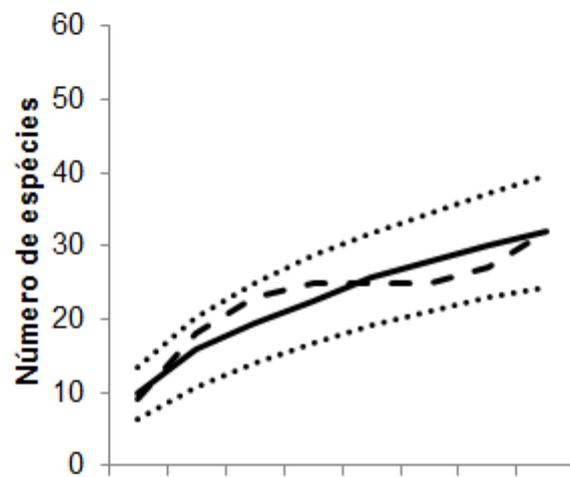


Figura 2. Rarefação baseada em indivíduos para a riqueza de espécies registradas nos três blocos experimentais estudados nas Matas de Restinga: T2 - área com dois anos de preservação e vegetação de restinga em estágio inicial de regeneração, T10 - área com dez anos de preservação e vegetação em estágio médio de regeneração, e T40 - área com 40 anos de preservação e com vegetação em estágio avançado de regeneração.

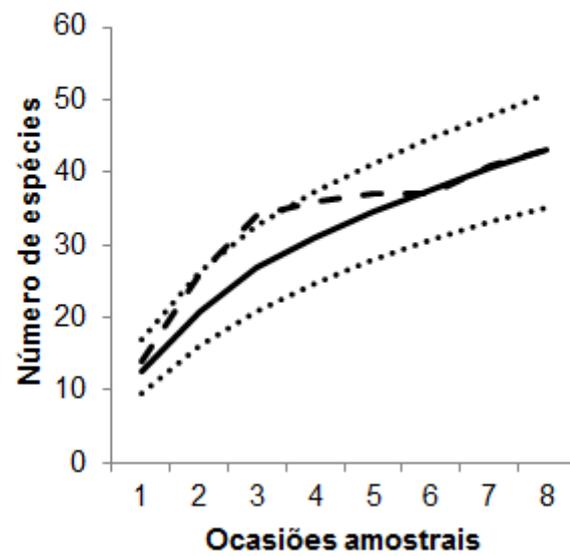
A.



B.



C.



..... Confiança 95% — Curva randomizada - - Curva observada

Figura 3: Curvas de acúmulo de espécies nos três blocos experimentais estudados nas Matas de Restinga. (A) T2 - área com dois anos de preservação e vegetação em estágio inicial de regeneração, (B) T10 - área com dez anos de preservação e vegetação em estágio médio de regeneração, e (C) T40 - área com 40 anos de preservação e vegetação em estágio avançado de regeneração.

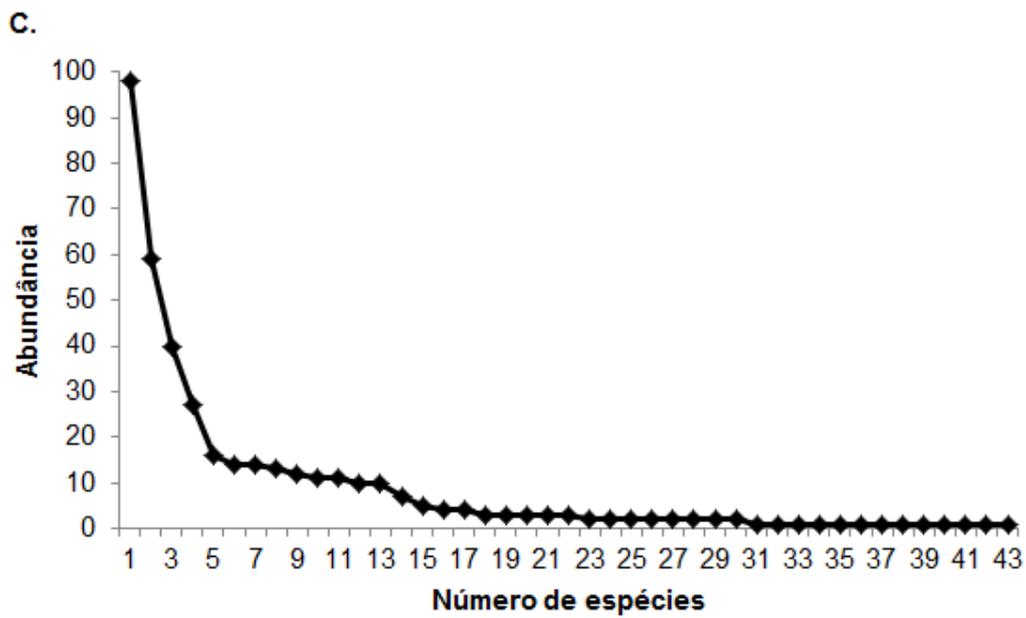
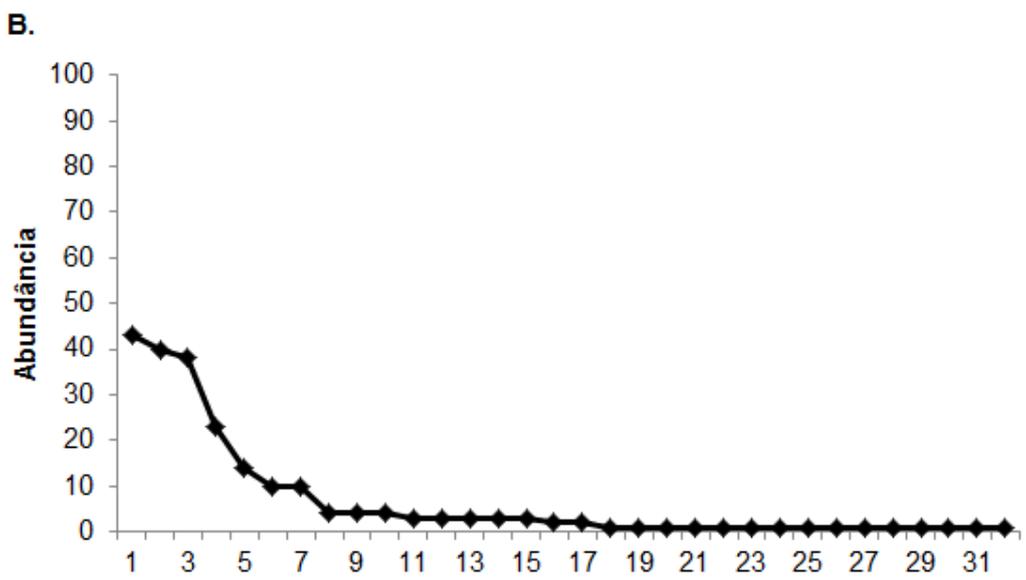
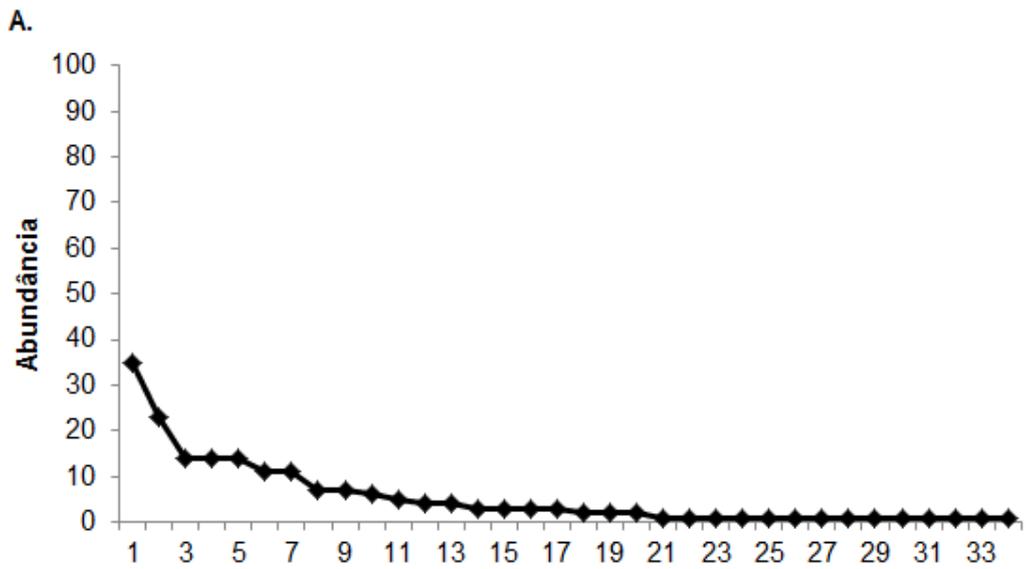
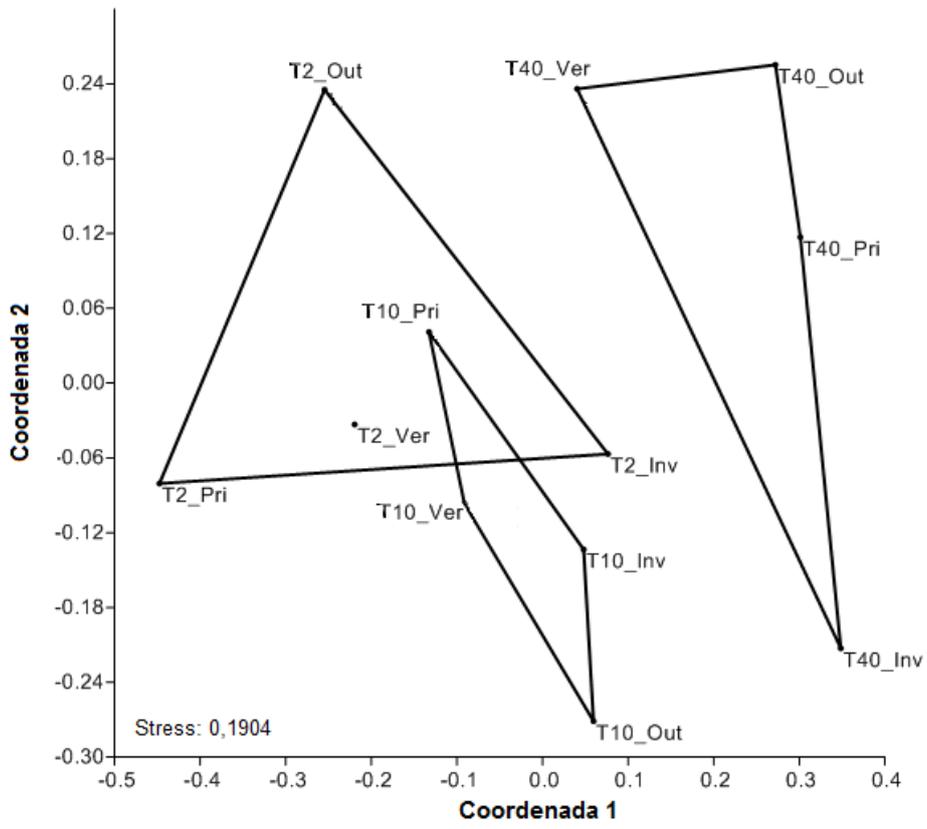


Figura 4. Distribuição de abundância total para as espécies de borboletas registradas nos três blocos experimentais estudados nas Matas de Restinga. (A) T2 - área com dois anos de preservação e vegetação em estágio inicial de regeneração, (B) T10 - área com dez anos de preservação e vegetação em estágio médio de regeneração, e (C) T40 - área com 40 anos de preservação e vegetação em estágio avançado de regeneração.

A.



B.

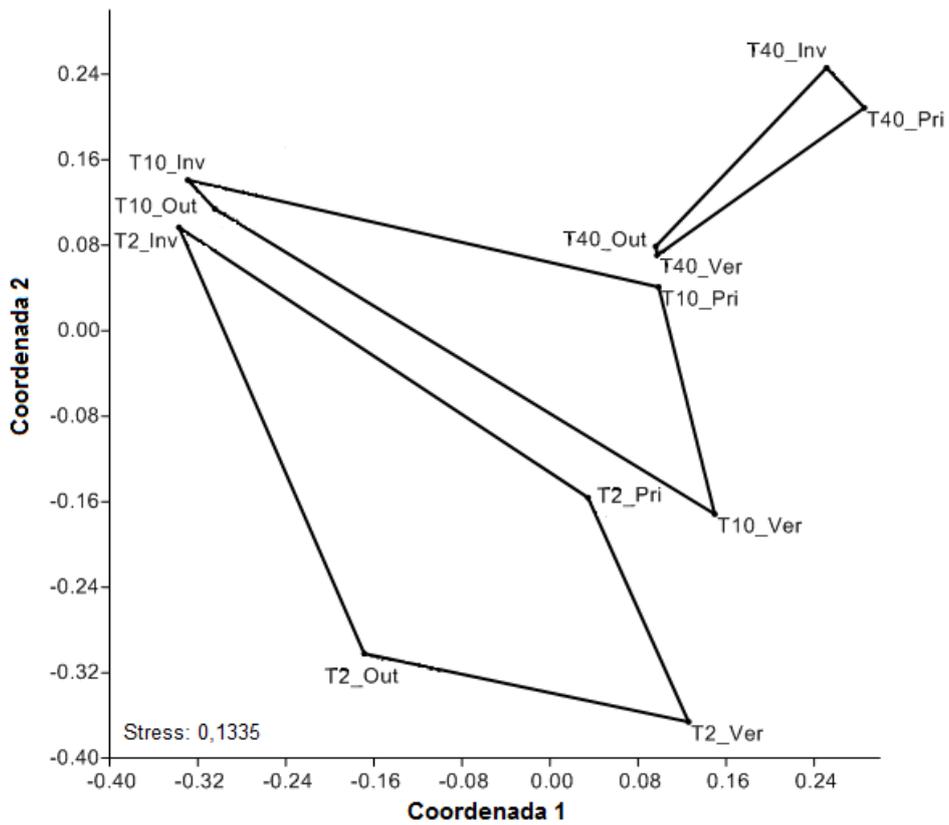


Figura 5. Projeção bidimensional do Escalonamento Não-Métrico Multidimensional (NMDS) nos três blocos experimentais estudados nas Matas de Restinga, utilizando os índices de (A) Jaccard e (B) Morisita. T2 - área com dois anos de preservação e vegetação de restinga em estágio inicial de regeneração, T10 - área com dez anos de preservação e vegetação em estágio médio de regeneração, e T40 - área com 40 anos de preservação e com vegetação em estágio avançado de regeneração. Ver - Verão, Out - Outono. Inv - Inverno e Pri - Primavera.

Tabela 1. Peso das variáveis ambientais e proporção da variação retida para os primeiros quatro componentes principais da Análise de Componentes Principais realizadas com os dados climáticos dos anos de 2007-2008 e 2012 -2013. Valores em negrito indicam as mais fortes ponderações positivas e negativas para cada componente principal.

	PC1	PC2	PC3	PC4
<i>Peso das variáveis</i>				
Precipitação	-0,1669	0,4280	0,4561	0,7606
Temperatura máxima	0,5166	0,1271	-0,1574	0,0989
Temperatura mínima	0,4059	0,5033	0,0223	-0,1806
Insolação	0,3713	-0,4904	0,0616	0,3031
Temperatura média	0,4952	0,3238	-0,0687	-0,0309
Umidade relativa média	-0,3833	0,4456	-0,1886	-0,2605
Velocidade média do vento	0,1026	-0,0587	0,8501	-0,4673
<i>Proporção de variação retida</i>				
Individual	0,4817	0,2186	0,1590	0,9729
Acumulada	0,4817	0,7001	0,8593	0,9566

Tabela 2. Tabela de contribuição relativa do número de espécies por família nos três blocos experimentais estudados nas Matas de Restinga. T2 - área com dois anos de preservação e vegetação de restinga em estágio inicial de regeneração, T10 - área com dez anos de preservação e vegetação em estágio médio de regeneração, e T40 - área com 40 anos de preservação e com vegetação em estágio avançado de regeneração.

Frequência de espécies			
Famílias	T2	T10	T40
Nymphalidae	0,50	0,41	0,35
Hesperiidae	0,21	0,28	0,28
Papilionidae	0,09	0,16	0,12
Pieridae	0,09	0,09	0,09
Lycaenidae	0,06	0,03	0,09
Riodinidae	0,06	0,03	0,07

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação da biodiversidade representa um dos maiores desafios da atualidade, haja vista o elevado nível de perturbação antrópica dos ecossistemas naturais, principalmente nas paisagens próximas a centros urbanos. A degradação de ambientes se torna especialmente crítica em biomas já muito reduzidos e alterados, como a Mata Atlântica e o Cerrado. Nesse sentido, as UCs têm papel fundamental na preservação e restauração dos ecossistemas.

Mais da metade das UCs apresentam áreas inferiores a 500 ha (BRITO 2000), o que é insuficiente para garantir áreas de vida para algumas espécies, principalmente aquelas que dependem de uma quantidade grande de recursos naturais. Além disso, parte significativa das UCs encontra-se degradada por um histórico diversificado de perturbações. Sendo assim, a definição de estratégias para a conservação da biodiversidade nessas áreas deve ultrapassar os limites das UCs, gerando zonas de amortização no entorno das áreas de preservação ambiental. Para isso, a realização de estudos sobre a biodiversidade das UCs e de seus entornos é de extrema importância, pois ajuda a gerar informações que podem subsidiar planos de manejo e conservação biológica. Esses dados técnicos são obrigatórios em políticas públicas de conservação, estando fundamentados nos objetivos gerais das UCs, que estabelecem o zoneamento e normas que devem presidir o uso das áreas e recursos naturais existentes na região. Devem, também, abranger a zona de amortecimento e corredores ecológicos que conectam as UCs a outras áreas da matriz ambiental.

Somente através do cumprimento efetivo do seu papel legal é que as UCs garantirão a manutenção da rica biodiversidade que o Brasil abriga. Tendo que funcionar em meio a instituições governamentais desorganizadas e que competem entre si, o sistema gera dificuldades burocráticas desnecessárias para os pesquisadores desenvolverem trabalhos dentro das UCs. Em geral, as licenças para pesquisa levam muito tempo para serem obtidas, às vezes extrapolando prazos que os próprios pesquisadores têm com seus

programas de pós-graduação ou agências de fomento. Faz-se necessário uma reformulação estratégica no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), promulgada pela Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, de modo a desburocratizar atividades de pesquisa e inviabilizar a realização de estudos em UCs. As diferentes agências de regulação ambiental do Brasil, em nível federal, estadual e municipal, deveriam desenvolver ferramentas mais ágeis para cruzamento de dados e troca de informações entre autarquias. Somente dessa forma, lacunas de conhecimento não deixarão de ser geradas em função da morosidade do sistema.

O Brasil, apesar de ser apontado como um país megadiverso, abrigando cerca de 9,5% de todas as espécies do mundo (FREITAS E MARINI-FILHO 2011), ainda se encontra na fase de descobertas e caracterização para a maioria dos grupos faunísticos, incluindo Lepidoptera. Dessa forma, é prioritária a concentração de esforços que viabilizem a sistematização de dados de coletas em UCs e seus entornos, possibilitando estabelecer prioridades para a conservação. Vale a pena destacar que, entre as 397 espécies que constam na Lista Vermelha oficial da fauna brasileira ameaçada de extinção, 55 delas são borboletas (SUBIRA *et al.* 2012).

Um considerável avanço foi obtido no ano de 2011, com a publicação do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção (PNAC) pelo ICMBio (FREITAS E MARINI-FILHO 2011). Gerado a partir de esforços conjuntos de diversas instituições de ensino superior do Brasil, o PNAC estabelece sete metas principais que preveem, entre outras ações, a adequação de instrumentos normativos para auxiliar a pesquisa e conservação de lepidópteros, bem como políticas para redução da perda de habitat de espécies ameaçadas. A estratégia de implementação e monitoramento dessas políticas de conservação serão coordenadas pelo CECAT/ICMBio, que vem realizando oficinas anuais para avaliação e atualização do andamento das ações. A divulgação dessas oficinas, que apontam as ações bem sucedidas e aquelas ainda deficientes, está disponibilizada via sistema eletrônico gerenciado pelo ICMBio. Com essas ações, espera-se que, a médio e longo prazo, sejam amortizados alguns dos problemas referentes à preservação de áreas

naturais ameaçadas, com conseqüente conservação das espécies associadas a estes ambientes.

11. Referências bibliográficas

Brito MCW (2000) Unidades de conservação: intenções e resultados. Annablume Editora, São Paulo.

Freitas AVL, Marini-Filho, OJ (2011) Plano de ação nacional para a conservação dos lepidópteros ameaçados de extinção. ICMBio, Brasília.

Subira RJ, Souza ECF, Guidorizzi CE, Almeida MP, Almeida JB, Martins DS (2012) Avaliação Científica do Risco de Extinção da Fauna Brasileira – Resultados Alcançados em 2012. Biodiv Brasil 2: 17-24

12. APÉNDICES

Instructions for Authors (Journal of Insect Conservation)

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- [LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

- Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

- Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

- Book
South J, Blass B (2001) The future of modern genomics. Blackwell, London
- Book chapter
Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257
- Online document
Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007
- Dissertation
Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

- www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

- [EndNote style \(zip, 3 kB\)](#)

Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

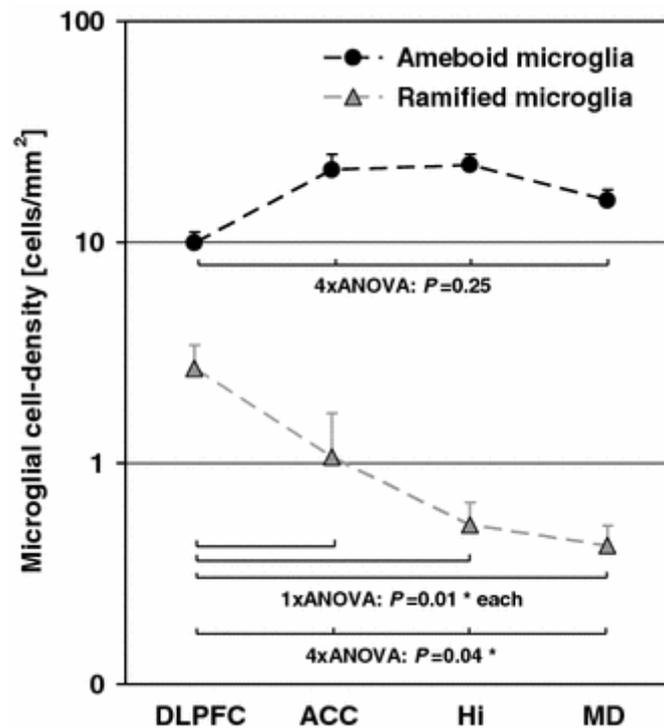
For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.

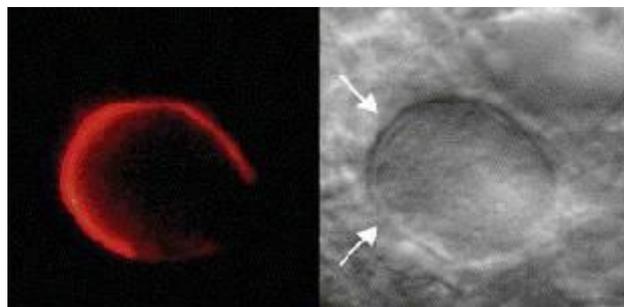
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



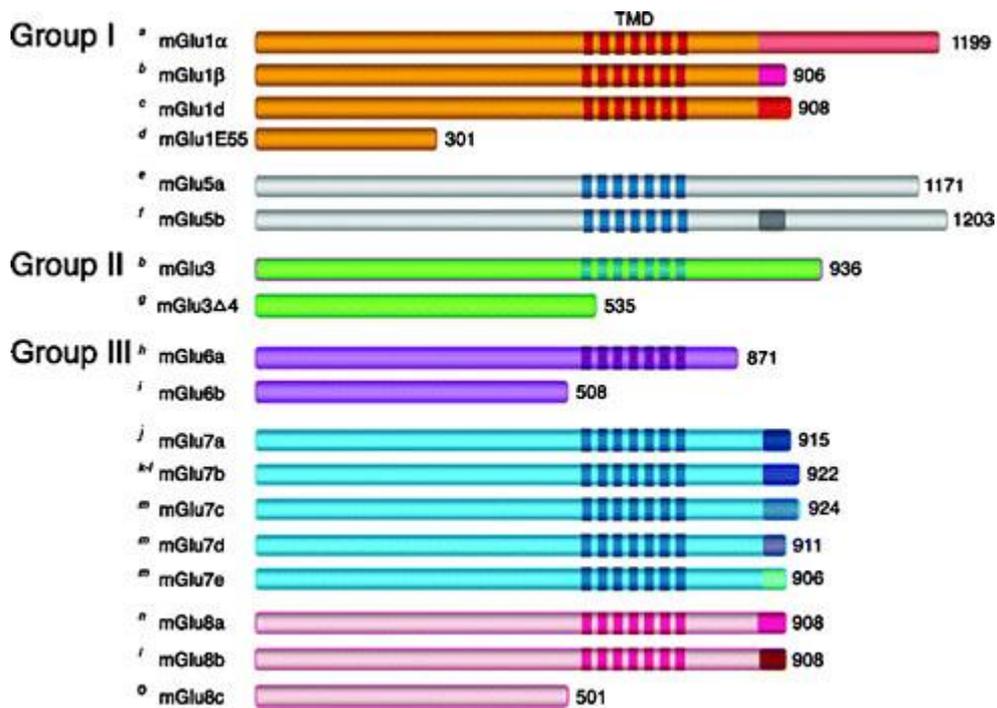
- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).

- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1