
ECOLOGIA

LUCIA VELARDE CABRERA

**CONDIÇÃO CORPÓREA E FLUTUAÇÃO ASSIMÉTRICA COM
BIOMARCADORES MORFOLÓGICOS DOS EFEITOS DA
FRAGMENTAÇÃO EM TRÊS ESPÉCIES DE MORCEGOS
FRUGÍVOROS (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE).**



Rio Claro
2013

LUCIA VELARDE CABRERA

**CONDIÇÃO CORPÓREA E FLUTUAÇÃO ASSIMÉTRICA COM BIOMARCADORES
MORFOLÓGICOS DOS EFEITOS DA
FRAGMENTAÇÃO EM TRÊS ESPÉCIES DE MORCEGOS
FRUGÍVOROS (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE).**

Orientador: DR. ARIIVALDO PERERIRA DA CRUZ NETO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio
Claro, para obtenção do grau de Ecóloga.

Rio Claro
2013

599.4 Cabrera, Lucia Velarde
C117c Condição corpórea e flutuação assimétrica com
 biomarcadores morfológicos dos efeitos da fragmentação em
 três espécies de morcegos frugívoros (Chiroptera:
 Phyllostomidae) / Lucia Velarde Cabrera. - Rio Claro, 2013
 33 f. : il., figs., gráfs.

Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Arioaldo Pereira da Cruz Neto

1. Morcego. 2. Áreas fragmentadas.. 3. Índices
morfométricos. 4. Agentes estressores. I. Título.

Dedico este trabajo a la persona más importante en el mundo.
Gracias por todo lo que hiciste, haces y harás por mi mamá.
Todo lo que soy te lo debo a ti.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo suporte financeiro fornecido ao projeto temático (“Effects of global climate change of the Brazilian fauna: a conservation physiology approach” – processo # 2008/57687-0).

Agradeço ao meu orientador, Dr. Ariovaldo Pereira da Cruz Neto, por me dar a oportunidade de trabalhar em uma das áreas que mais gosto da zoologia.

Ao meu marido, Daniel, por estar ao meu lado durante todos estes anos, me apoiando nos momentos bons e também nos ruins. Obrigada Dani!

A mi Mamá, mi tío Rodrigo y mi tía Roxana, muchas gracias por todo el apoyo... nunca lo habría conseguido sin ustedes.

A toda mi familia: tíos y tías, primos y primas.... los amo, los extraño, pensar en ustedes siempre me ayudó a seguir en frente.

Aos meus sogros, Cida e Salvino, pelo apoio incondicional e as energias positivas durante todos estes anos.

Muito obrigada Margarida e Guima, pela ajuda e paciência infinita durante o último ano.

Obrigada Carol pela amizade e companhia... sem você teria enlouquecido em vários momentos!

E por último, mas não menos importante, muito obrigada ao pessoal da turma 2008 da ECOLOGIA. Amo muito vocês. DEDICO À ECOLOGIA!

RESUMO

Determinar o nível de impacto do processo de fragmentação e como as espécies respondem a estes agentes estressores é fundamental tanto do ponto de vista teórico como aplicado. Atualmente, o uso de determinados índices morfológicos, devido à sua rápida quantificação e a uma sólida base teórica para interpretar os resultados em termos de efeitos e respostas a distúrbios, vem sendo utilizados como biomarcadores para determinar os efeitos da fragmentação. O objetivo do presente estudo é determinar, através de índices morfométricos (condição corpórea e flutuação assimétrica) a magnitude destes efeitos em três espécies de morcegos frugívoros da família Phyllostomidae (*Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata* e *Sturnira liliium*). Não foi observada diferença significativa na condição corpórea das populações de *S. liliium* e, no caso de *A. lituratus*, esse índice foi maior no habitat alterado para um dos índices testados. Em conjunto estes resultados sugerem que a fragmentação não estaria causando estresse energético para nenhuma das espécies. *A. lituratus* apresentou maiores índices de condição corpórea no ano de 2012, o qual, em ambas as áreas, apresentou maior amplitude térmica e menor precipitação média diária, corroborando que em situações menos favoráveis, esta espécie é capaz de manter a condição corpórea. Esta capacidade confere uma vantagem adaptativa em situações em que o ambiente é modificado de forma rápida e imprevisível e, portanto, constitui um atributo que permite a esta espécie tolerar os efeitos da fragmentação. *S. liliium* não apresentou diferenças na condição corpórea em resposta à fragmentação. Possivelmente essa espécie possui outras estratégias alternativas (termoregulação) que possibilitam sua permanência nas áreas fragmentadas. Para *C. perspicillata* não foi possível calcular nenhum índice já que as regressões não apresentaram efeito significativo. Nas análises de simetria bilateral foi observado que as três espécies apresentaram maior simetria na paisagem fragmentada do que na contínua. Em remanescentes de vegetação, animais requerem de uma maior tolerância ao ambiente, indivíduos menos simétricos podem ser afetados em termos de capacidade de voo e deslocamento entre os fragmentos, sendo assim selecionados, pela pressão do ambiente, aqueles mais simétricos. Em ambientes contínuos, com alta disponibilidade de recursos, indivíduos com baixo *fitness* podem ter sucesso devido à facilidade na obtenção dos mesmos ou da menor competição entre indivíduos.

SUMARIO

1. <u>INTRODUÇÃO</u>	8
2. <u>OBJETIVOS E HIPÓTESES</u>	11
3. <u>MÉTODOS</u>	11
3.1 Área de estudo	11
3.2 Espécies avaliadas	12
3.3 Captura dos animais	12
3.4 Análise dos dados	13
3.5 Medidas de condição corpórea	14
3.5.1 Scale Mass Index (M_i)	14
3.5.2 Índice de Resíduos	15
3.5.3 Massa observada/massa predita	15
3.6 Simetria bilateral	15
4. <u>RESULTADOS</u>	16
4.1 Descrição dos parâmetros climáticos	16
4.2 Condição corpórea	19
4.3 Simetria bilateral	21
5. <u>DISCUSSÃO</u>	26
5.1 Condição corpórea	26
5.2 Simetria bilateral	27
6. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	29

1. INTRODUÇÃO

Organismos que habitam ambientes alterados por ação antrópica, especialmente quando há subdivisão do habitat e formação de fragmentos isolados, ficam mais vulneráveis a efeitos ambientais, genéticos, demográficos e estocásticos (Lande 1993), forçando-os a apresentarem estratégias para manutenção da homeostase e sobrevivência nesses locais. Estas respostas são essenciais para a sua sobrevivência e sucesso reprodutivo (Fischer and Lindenmayer 2007; Ewers and Didham 2005), e podem ser de cunho fisiológico ou comportamental. (Bolger et al, 1997; Faria, 2006; Lidicker, 1999; Wingfield et al, 2011). Quando a pressão do ambiente é muito grande ou se mantém por um longo período de tempo essa capacidade do organismo em manter a homeostase (capacidade alostática) é excedida, fazendo com que o mesmo experimente uma situação de sobrecarga alostática, conhecida como estresse (Wingfield 2005), o que pode levar a alterações na sua saúde, levando-o a morte ou até à extinção de toda a população. Somente as populações cujos indivíduos apresentam a capacidade de manter a homeostase (equilíbrio interno) em resposta a variações ambientais, seriam aquelas capazes de se manterem viáveis após os distúrbios que poderiam ser causados pelo processo de fragmentação (Wikelski e Cooke, 2006; Cooke e O'Connor, 2010).

Para avaliar a qualidade do habitat (podendo considerar a fragmentação como causa de baixa qualidade) são geralmente utilizados parâmetros ecológicos, considerando-se a abundância das populações e a diversidade de espécies presentes nas áreas fragmentadas e contínuas. (Fenton et al., 1992; Schulze et al., 2000; Estrada e Coates-Estrada, 2002). Dados ecológicos, entretanto, acabam relevando a importância entre as diferenças intrínsecas das espécies em relação à tolerância à perturbação, conforme demonstrado por Henry e col. (2007).

Na literatura é possível encontrar diversas metodologias para avaliar a qualidade do habitat, como abundância relativa (Holmes and Sherry, 2001), densidade (Maurer, 1986), medidas morfométricas (comprimento do tarso e massa - Dias et al., 1994), dados de movimentação e deslocamento (Winker et al., 1995), concentração de corticosterona (Marra and Holberton, 1998), fenologia reprodutiva dos ninhos (Fretwell, 1970), tamanho da ninhada (Lack, 1954), produção anual de filhotes (Hotker, 1989; Orians and Beletsky, 1989), sucesso da ninhada (probabilidade da ninhada produzir pelo menos um indivíduo adulto) ou taxa de sobrevivência diária da ninhada (Donovan et al., 1995, Moorman et al., 2002; Shochat et al., 2005). A maioria das metodologias propostas podem incorrer em erros dependendo das espécies consideradas, como proposto por Henry e col (2007) quando se considera medidas de abundância para inferir qualidade de habitat para espécies de grande dispersão como

morcegos e aves, nesse estudo o pesquisador concluiu que ditas medidas podem não ser suficientes para determinar a tolerância de espécies à fragmentação, podendo levar a interpretações errôneas (Jonnes et al., 2009; Van Horne, 1983; Cooke e O'Connor, 2010; Homyack, 2010), ou demandam de uma janela temporal muito ampla de coleta de dados, ou ainda são invasivos demais para serem utilizados em espécies verdadeiramente ameaçadas.

Morcegos, pela sua riqueza e abundância e devido ao seu papel na polinização, dispersão de sementes e controle da comunidade de insetos, são considerados excelentes bioindicadores para a avaliação dos efeitos da fragmentação florestal (Jones et al., 2009). Apesar de sua capacidade de deslocamento e habilidade de voo, estão sujeitos aos efeitos negativos da fragmentação local e redução do habitat. Diversos estudos demonstraram que algumas espécies evitam forragear sobre áreas abertas, evidenciando uma relação direta entre a diminuição da cobertura florestal e a redução das populações locais de morcegos (Racey e Entwistle, 2003). Esta abordagem assume que a fragmentação atua como filtro seletivo, sendo permeável a espécies tolerantes (algumas podendo até tornarem-se mais abundantes – Castro-Arellano et al., 2007; Presley et al. 2008) e impedindo ou dificultando a manutenção de espécies sensíveis, tendo como efeito mais frequente a perda da biodiversidade e extinção local (Fahrig e Merriam, 1994; Zuidema *et al.*, 1996; Drinnan, 2005).

Considerando então que parâmetros ecológicos podem não ser suficientes para determinar os efeitos da fragmentação, e que a capacidade alostática de um animal pode determinar se o mesmo está experimentando uma situação de estresse, um parâmetro fisiológico que indexe o estado de saúde de um organismo e que possa ser medido em diversas condições teria o potencial de ser utilizado para determinar a qualidade do ambiente o qual o mesmo habita. Índices de condição corpórea são muito utilizados para inferir o bem estar e saúde de um indivíduo e estão relacionados à sua nutrição, acúmulo de gordura, massa muscular e estrutura esquelética (Schulte-Hostedde *et al.*, 2001; Peig e Green, 2010). Este status fisiológico está potencialmente relacionado ao *fitness*, pois pode ser um indicador do sucesso de forrageio, habilidade de confronto, e habilidade em lidar com pressões ambientais, as quais em última instância podem interferir no sucesso reprodutivo (Dobson, 1992; Jakob et al., 1996; Stevenson e Woods, 2006). Basicamente, espera-se que espécies capazes de manter uma condição corpórea mais elevada, mesmo em condições de estresse potencial, sejam aquelas que possuem mecanismos fisiológicos e comportamentais mais ajustados para evitar uma sobrecarga no sistema homeostático. O método mais preciso para determinar este parâmetro é a estimativa da massa lipídica via análise química da carcaça (Speakman, 2001), o que nem sempre é possível, seja por motivos éticos ou impossibilidade de sacrifício de animais já

vulneráveis ou até mesmo ameaçados localmente. Desta maneira, medidas indiretas vêm sendo testadas no intuito de inferir o mais precisamente possível esses parâmetros, causando o menor distúrbio possível aos indivíduos considerados, como é o caso das análises de condutância corpórea ou de bioimpedância (Seakman, 2001) e regressões morfométricas. Considerando a tomada de dados em campo, o método indireto mais adequado para propósitos conservacionistas é aquele que deriva a condição corpórea a partir de medidas morfológicas (como as utilizadas no nesta pesquisa), que podem fornecer informações sobre a saúde dos indivíduos a serem usadas para determinar a magnitude de perturbação ambiental, baseando-se numa relação entre a massa dos indivíduos e alguma medida linear de tamanho (Stevenson & Woods, 2006).

Outro aspecto observado durante a tentativa dos organismos em sobreviver em ambientes fragmentados e degradados, por sua vez de efeito permanente e pouco plástico, mas ainda assim facilmente mensurável, é a capacidade dos mesmos em tamponar essas pressões ambientais e gerar o fenótipo pré-determinado geneticamente durante seu desenvolvimento embrionário, conhecida como estabilidade do desenvolvimento (Waddington, 1953).

Uma das maneiras utilizadas para mensurar essa instabilidade é através dos padrões de variação da simetria bilateral esperada em indivíduos normais, conhecida como flutuação assimétrica (FA). A FA é definida como qualquer desvio da simetria perfeita em características corpóreas com simetria bilateral (Van Valen 1962; Palmer and Strobeck, 1986) e ela pode ser causada tanto por fatores genéticos como por pressões do ambiente, como no caso do processo de fragmentação (Polak et al, 2003). Pesquisas envolvendo FA para determinar os efeitos da fragmentação ou qualquer outra pressão ambiental estão geralmente relacionadas à instabilidade do desenvolvimento, devido ao fato de que organismos em situações de estresse precisam utilizar mais energia em processos necessários à sobrevivência, comprometendo assim a manutenção da sua estabilidade do desenvolvimento, causando a flutuação da simetria de uma determinada característica (Sommer, 1996). Segundo Lens e col. (2002) estudos visando uma avaliação da instabilidade dos organismos durante seu desenvolvimento devem levar em conta a associação de diversos métodos morfométricos para uma inferência segura sobre esses distúrbios genéticos ou epigenéticos, entretanto, a mensuração da FA por si só, utilizando-se de um parâmetro linear morfológico correto, pode ser suficiente para se estimar a pressão ambiental sofrida por um organismo durante o desenvolvimento de tal caractere. Desvios da simetria podem ter implicações no *fitness* dos indivíduos, particularmente quando a característica que apresenta assimetria afeta diretamente o seu desempenho, como no caso das asas dos morcegos,

repercutindo na efetividade de voo (Swaddle 1997). Sendo assim, podemos inferir que animais mais simétricos se beneficiam com um menor custo energético e maior agilidade (Swaddle et al. 1996; Witter et al. 1994).

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

O presente estudo visa apresentar alternativas não invasivas, baseadas na morfometria, de fácil e rápida obtenção (pela pouca variação ou grande sucesso na amostragem), que possam ser utilizadas na avaliação da qualidade do habitat em comunidades de morcegos de uma área contínua e outra fragmentada, ambas remanescentes de mata atlântica de interior, localizadas na região sudoeste do Brasil. As hipóteses da pesquisa se baseiam no pressuposto de que ambientes conservados são mais produtivos comparados com áreas fragmentadas (sendo isto observado nas análises de NPP apresentadas nos resultados) oferecendo mais recursos para os animais facilitando assim a sua sobrevivência e reprodução. Esperamos que indivíduos da área contínua apresentem uma melhor condição corpórea e menor flutuação assimétrica do que indivíduos das áreas fragmentadas. Considerando que possivelmente os morcegos apresentem maior gasto energético durante o inverno, principalmente nos ambientes fragmentados por terem mais área de borda, a nossa hipótese respeito às condições climáticas foi que durante o verão os organismos apresentariam melhor condição corpórea que durante o inverno.

3. MÉTODOS

3.1. Área de estudo

Foram comparadas duas áreas, uma composta por fragmentos de origem antrópica e uma mata contínua. Os fragmentos florestais localizam-se nos municípios de Fênix, noroeste do estado do Paraná, sul do Brasil. O clima é sub-tropical úmido mesotérmico (classificação de Koeppen), com temperaturas médias anuais entre 16 °C e 29 °C e precipitação anual entre 1.400 e 1.500 mm. Apresenta tendência de concentração de chuvas entre os meses de dezembro e março, sem estação seca definida (ITCF 1987; Mikich e Oliveira 2003). A área está inserida nos domínios da Mata Atlântica *sensu lato*, e o que resta da vegetação são fragmentos com diferentes tamanhos (menores que 600 ha), estruturas e históricos de exploração, isolados por

extensas áreas agrícolas (milho, soja e cana-de-açúcar), algumas pastagens e matas ciliares degradadas.

A área de mata contínua está localizada no município de Foz do Iguaçu, Paraná, e trata-se do Parque Nacional de Foz do Iguaçu. Sua superfície total abrange uma área de 185.262,5 hectares, com um perímetro de aproximadamente 420 km. O Parque abriga a maior e mais importante área de Floresta Estacional Semidecidual (floresta tropical subcaducifolia) do país, cuja vegetação é condicionada à exposição de dois tipos de clima: um tropical, com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e temperaturas médias em torno de 22° C; outro subtropical, sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio de inverno, e temperaturas médias inferiores a 15° C (ICMBIO).

3.2. Espécies avaliadas

Foram consideradas três espécies, *Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata* e *Sturnira lilium* (Figura 1), escolhidas pela grande abundância nas áreas de estudo e diferenças em suas histórias de vida. Estas espécies pertencem à família Phyllostomidae, de hábito predominantemente frugívoro, que se abrigam em ocós de árvores, sob folhagens, grutas e até edificações humanas. Variam de 18,5 g e 40 mm de antebraço (*Carollia perspicillata*) e 21 g e 42 mm de antebraço (*Sturnira lilium*) a 75 g (*Artibeus lituratus*). São espécies de ampla distribuição geográfica e encontradas em ambientes com forte influência antrópica, apresentando também diferenças quanto ao uso do ambiente (Vizotto e Taddei, 1973; Simmons, 2005).

Figura 1. Três das espécies de filostomídeos selecionadas como modelo para o estudo, sendo (A) *Artibeus lituratus* (Foto: Bianconi, G.V.), (B) *Carollia perspicillata* (Foto: M.A.Mello) e (C) *Sturnira lilium* (Foto: M.A.Mello).



Fonte: BIANCONI, 2009

3.3. Captura dos animais

As capturas foram realizadas por aproximadamente 20 dias a cada 5 meses (obedecendo ao regime de seca e chuva, determinados a partir de um climatograma feito pelo nosso grupo, considerando dados de temperatura e pluviosidade dos últimos 10 anos em ambas as áreas) e as amostras separadas por espécie e data de coleta. Foram realizadas cinco campanhas (inverno – Julho/Agosto 2010, Agosto/Setembro 2011, e Agosto/Setembro 2012; e verão – Fevereiro/Março de 2011 e Fevereiro/Março 2012).

Os morcegos foram capturados através de redes-de-neblina, que permaneceram abertas por aproximadamente dez horas após o anoitecer, totalizando um esforço de 300 m² x hora x noite.

Os indivíduos capturados foram marcados com anéis metálicos numerados para acompanhamento e não repetição de dados amostrais ao longo do presente trabalho.

Todas as intervenções realizadas com os animais seguiram as normas propostas pela ASM (American Society of Mammalogist Gannon *et al.* 2007) e as licenças de coleta devidamente obtidas junto aos órgãos competentes.

3.4. Análise dos Dados

Foram realizadas preliminarmente análises de variância fatorial (ANOVA) para testar a influência do sexo, área e sazonalidade na simetria bilateral dos indivíduos, e dos anos de coleta, sexo, área e sazonalidade sobre a massa dos indivíduos.

A partir disso, para condição corpórea, os dados foram agrupados e as regressões que determinam cada índice, realizadas separadamente de acordo com os fatores de efeito significativo sobre massa corpórea. Para determinar diferença na condição corpórea entre as áreas fragmentada e contínua foi realizada uma ANOVA de três fatores, levando em consideração o ano de coleta (2011 x 2012), área (fragmentada x contínua) e a sazonalidade (inverno x verão) para cada um dos índices propostos.

Para os dados de simetria bilateral, uma vez estatisticamente excluídos quaisquer fatores de influência sobre os dados, foi testada a variância entre as réplicas de mesma mão (teste T pareado, correlações de $r > 0.99$ em *Artibeus lituratus*; $r > 0.988$ em *Carollia perspicillata* e $r > 0.888$ em *Sturnira lilium*, $p > 0.05$) e entre cada mão do pesquisador (Anova), uma vez aferida a ausência de diferença entre elas, para as demais análises, foi utilizada uma média de todas as medidas, passando a tratar apenas como tamanho de cada antebraço. Os dados foram

agrupados por paisagem (Fragmentada e Contínua) para *Carollia* e *Sturnira* e comparados entre si por teste T. Em *Artibeus* houve diferença entre os locais de coleta dentro da área fragmentada, sendo então comparados por Kruskal-Wallis e posteriormente teste de Dunn. Concomitantemente, uma análise simples de variância foi realizada para determinar quanto cada população derivava da simetria bilateral ideal ($|AnD-AnE|=0$), avaliando portanto se seriam assimétricas.

3.5. Medidas de condição corpórea

Não existe consenso sobre qual método para determinação do índice de condição corpórea seja mais adequado, e a escolha do índice geralmente se baseia na tradição dentro de cada disciplina. No entanto, os resultados podem mudar radicalmente de acordo com o método escolhido (Peig e Green, 2010). Sendo assim, mais de um método foi utilizado para determinar a condição corpórea dos indivíduos amostrados.

3.5.1 Scale Mass Index (\hat{M}_i)

Foi utilizado o modelo proposto por Peig e Green (2009):

$$\hat{M}_i = M_i \left[\frac{L_0}{L_i} \right]^{b_{SMA}}$$

, onde M_i e L_i são, respectivamente, as medidas de massa e de tamanho linear do indivíduo i ; b_{SMA} é o expoente escalonado, estimado através da regressão do tipo SMA (Standardized Major Axisregression) entre $\ln M$ e $\ln L$; L_0 é um valor arbitrário de L , geralmente a média aritmética da população; e \hat{M}_i é a massa corpórea predita para o indivíduo i quando a medida de tamanho linear é padronizada para L_0 .

Devido ao processo de crescimento, os valores absolutos e proporcionais da reserva energética experimentam uma mudança, que deve ser levada em consideração ao comparar indivíduos com diferentes tamanhos de corpo. Assim, uma vez que M e L fazem parte do mesmo processo de crescimento, ambos são indicadores de tamanho, neste caso é necessária uma padronização mútua (Peig e Green, 2009). O presente método foi escolhido por levar em conta a variação ontogenética e dimorfismo sexual no tamanho do corpo, enquanto que os outros métodos falharam na tentativa de standardizar esses parâmetros. Peig e Green (2009) garantiram a utilidade deste método para uma variedade de estudos em ecologia, biologia da conservação e manejo da fauna.

3.5.2. Índice de Resíduos

Foram utilizados os resíduos obtidos a partir de uma regressão linear, realizada separadamente para cada espécie, entre o logaritmo da massa (variável dependente) e o logaritmo do antebraço (variável independente). Assim, a distância residual entre os pontos de cada indivíduo e a linha de regressão serviu como um indicador da condição corpórea. Um resíduo positivo indica melhor condição corpórea e um resíduo negativo indica que o indivíduo apresenta pior condição corpórea em relação ao predito para a população em estudo (Gould, 1975; Jakob et al., 1996; Schulte-Hostedde et al., 2001). Considerando os conceitos básicos dos índices de condição corpórea poderíamos assumir que um indivíduo que possui um peso maior ao predito pelo tamanho de uma característica corpórea teria mais tecido metabolizável do que indivíduos com peso abaixo do esperado (Dobson, 1992), porém não é possível determinar se esta massa extra é unicamente gordura, a menos que o acúmulo de reserva seja específico para migração ou hibernação por exemplo. Caso contrário, essa massa extra pode se dever ao acúmulo de água, massa magra, proteína ou mesmo tecido esquelético. Índices que consideram o resíduo da regressão linear OLS refletem todas estas variações em pequenos mamíferos segundo Schulte-Hostedde e colaboradores (2001).

3.5.3. Massa observada/massa predita

Foi realizada uma regressão linear entre logaritmo da massa (variável dependente) e logaritmo do antebraço (variável independente) apenas com animais do ambiente contínuo, assumindo que esse ambiente apresenta as condições ideais para as populações dessa espécie considerada. Essa regressão foi utilizada para prever a massa esperada a partir do tamanho de antebraço observado para cada indivíduo da área fragmentada (Krebs & Singleton, 1993). Por fim, o índice foi calculado através da razão entre massa observada e massa esperada (ou predita).

3.6. Simetria Bilateral

Foram tomados dados de simetria bilateral como proposto por Voigt et al. (2005), utilizando-se um paquímetro digital. Os indivíduos foram postados em decúbito ventral, inicialmente com o uropatágio voltado para o pesquisador e tomadas duas medidas do antebraço direito com a mão esquerda e duas medidas do antebraço esquerdo com a mão direita. O animal foi então girado 180° (ficando com a cabeça voltada para o pesquisador) e foram tomadas mais duas medidas do antebraço esquerdo com a mão esquerda e duas medidas do antebraço direito com a mão direita.

4. RESULTADOS

4.1 Descrição dos parâmetros climáticos

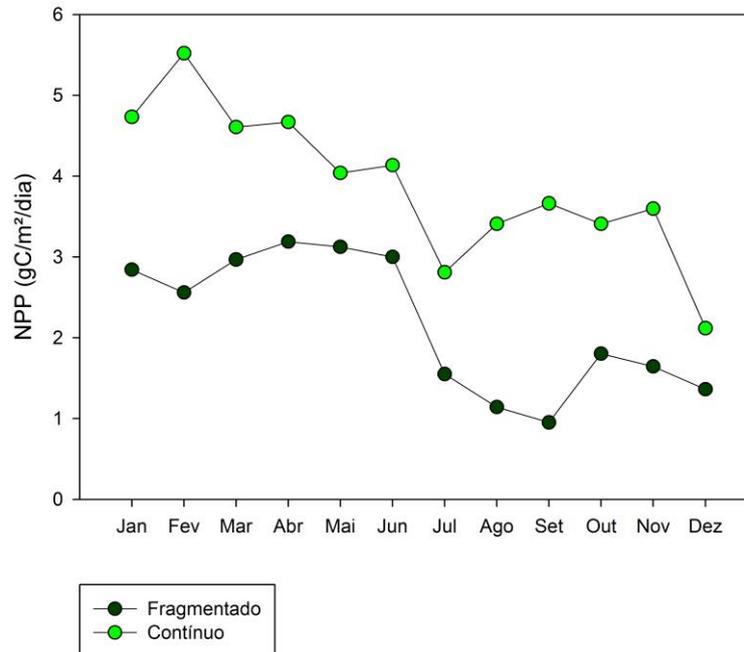
O clima é do tipo Cfa ou subtropical úmido mesotérmico (classificação de Koeppen), com temperaturas médias anuais entre 16°C e 29°C e precipitação anual entre 1400 e 1500 mm. Apresenta tendência de concentração de chuvas entre os meses de dezembro e março, sem estação seca definida (ITCF, 1987; Mikich e Oliveira, 2003). As coletas de dados de condição corpórea ocorreram durante inverno e verão de 2011 e 2012. Consideraram-se então verão e inverno de 2011 e 2012 nas análises estatísticas das variáveis climáticas. No ano de 2011, para a área contínua, a precipitação total variou entre 3 e 289 mm, nos meses de maio e outubro, respectivamente e entre 6 e 262 mm, nos meses de agosto e outubro do ano de 2012. Já para a área fragmentada, em 2011 a precipitação total variou entre 4 e 227 mm nos meses de maio e março, e para o ano de 2012, variou entre 0 e 216 mm nos meses de agosto e junho. Para a área contínua no ano de 2011, as temperaturas médias mensais variaram entre 17 e 26 °C, as máximas variaram entre 23 e 32°C e as mínimas entre 12 e 22°C, com a maior amplitude térmica registrada no mês de setembro (12°C). No ano de 2012, as temperaturas médias variaram entre 15 e 27°C, as máximas entre 20 e 34°C e as mínimas entre 11 e 23°C, sendo setembro novamente o mês de maior amplitude térmica (13°C). Já para o ano de 2011 na área fragmentada, as temperaturas médias mensais variaram entre 17 e 26°C, nos meses de junho e fevereiro, com as máximas variando entre 24 e 32°C e as mínimas entre 9 e 21°C, com dezembro apresentando maior amplitude térmica (18°C). No ano de 2012, as temperaturas mensais médias variaram entre 18 e 28°C, nos meses de julho e dezembro, as máximas entre 24 e 36°C, e as mínimas entre 10 e 21°C, com outubro registrando a maior amplitude térmica (17°C).

Foi realizada uma anova de três vias, utilizando os fatores estação, ano e área. Para o fator precipitação não houve diferença significativa entre as áreas em nenhuma das estações de coleta e em nenhum dos anos ($p=0.827$). No caso das temperaturas médias diárias, a interação dos três fatores foi significativa ($F= 4.913$, $p=0.002$). Tanto no inverno quanto no verão em ambas as áreas as temperaturas médias foram maiores no ano de 2012 do que no ano de 2011. Em todos os casos, o verão apresentou temperaturas médias maiores que o inverno. No ano de 2011 a área fragmentada apresentou temperaturas médias maiores que na contínua tanto no inverno quanto no verão, enquanto que no ano de 2012 esse padrão se inverteu, com a área contínua apresentando médias maiores. Para as temperaturas máximas, não houve interação significativa entre os três fatores ($F=3.129$, $p=0.025$), apenas entre os fatores área e estação

($F=11.858$, $p<0.001$), área e ano ($F=284.103$, $p<0.001$) e ano e estação ($F=5.824$, $p<0.001$). Tanto no inverno quanto no verão, independente do ano, a área fragmentada apresentou temperaturas máximas maiores que a contínua. A área contínua obteve maiores temperaturas máximas no ano de 2011 enquanto que para a área contínua foi o contrário, com maiores temperaturas máximas ocorrendo no ano de 2012. Considerando temperatura mínima, a interação entre os três fatores foi significativa ($F=3.582$, $p=0.013$), com o inverno apresentando temperaturas mínimas menores que o verão em ambos os anos e áreas, e com a área contínua apresentando maior temperatura mínima que a área fragmentada, tanto no inverno quanto no verão de ambos os anos. Tanto para a área contínua quanto fragmentada, o verão do ano de 2011 apresentou maiores temperaturas mínimas que o verão de 2012, enquanto que no inverno as duas áreas apresentaram menores temperaturas mínimas no ano de 2011. Por fim, não houve interação significativa entre os três fatores para amplitude térmica ($p=0.883$), porém, a interação entre área e estação e estação e ano foram significativas ($F=9.822$ e $F=10.439$, $p<0.001$, respectivamente). Assim, não foi verificada diferença na amplitude térmica entre as áreas tanto no verão quanto no inverno, independente do ano, porém, tanto na área contínua quanto na fragmentada, a amplitude térmica mostrou-se maior no inverno quanto no verão.

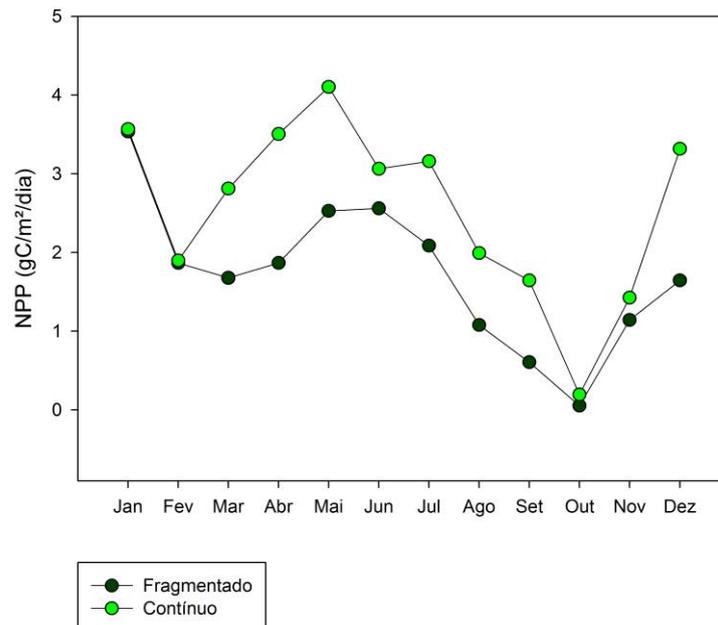
Para avaliar a produtividade primária das áreas, foi utilizado o índice Net Primary Productivity (NPP), obtido através de imagens fornecidas pela Nasa, no website <http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/>. A área contínua apresenta NPP significativamente maior que a área fragmentada, tanto em 2011 quanto em 2012 ($p<0.001$). O ano de 2011 apresenta maior índice de produtividade na área contínua ($p<0.001$), sendo fevereiro o mês de maior produtividade, e dezembro, o menor. Já em 2012, maio apresenta a maior produtividade e outubro a menor. No caso da área fragmentada não foi verificada diferença entre os anos ($p=0.058$). Os meses de maior produtividade foram janeiro e abril e os meses de menor produtividade foram setembro e outubro, 2011 e 2012, respectivamente (Gráfico 1 e 2).

Gráfico 1 . Variação mensal dos valores de NPP para as áreas fragmentada e contínua para o ano 2011.
2011



Fonte: Dados de pesquisa

Gráfico 2. Variação mensal dos valores de NPP para as áreas fragmentada e contínua para o ano 2012.
2012



Fonte: Dados de pesquisa

4.2 Condição Corpórea

Foram obtidos dados de condição corpórea para 189 indivíduos da espécie *Artibeus lituratus* (77 provenientes da área fragmentada e 112 da área contínua), 37 indivíduos de *Carollia perspicillata* (29 da área fragmentada e oito da contínua), e 28 indivíduos de *Sturnira lillium* (quatro da área fragmentada e 24 da contínua). Foram considerados apenas os dados coletados nos anos de 2011 e 2012.

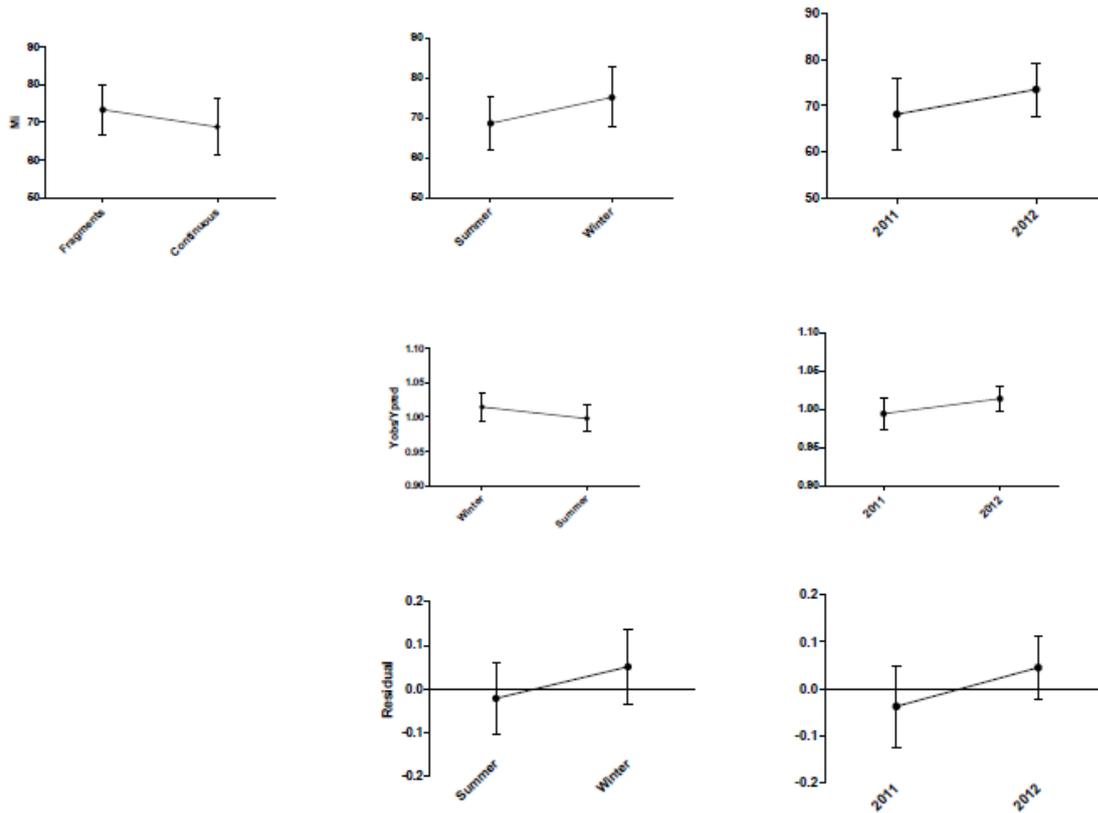
Para *Artibeus lituratus* não foi possível testar todas as interações considerando todas as variáveis, assim o fator sexo foi excluído e testou-se apenas ano, estação e tratamento. Foram realizadas regressões separadamente por ano e estação, no entanto, nem todas as regressões foram significativas, sendo assim, realizou-se uma regressão única para o ano de 2011 e duas regressões para 2012, uma para inverno e outra para verão. Para *Carollia perspicillata* foi possível testar apenas o efeito de ano e área e só ano apresentou efeito significativo sobre a massa corpórea ($p > 0.05$), sendo assim, foram realizadas duas regressões, que no entanto não foram significativas. Os dados foram unidos e realizou-se uma regressão única, a qual também não foi significativa, logo não foi possível calcular nenhum índice para a espécie *Carollia perspicillata*. E por fim, no caso de *Sturnira lillium* só foi possível o fator ano, que não apresentou efeito significativo sobre massa corpórea, portanto foi realizada uma regressão única para determinar o índice.

Os resultados diferiram-se entre os índices no caso da espécie *Artibeus lituratus*, com o Scale Mass Index indicando diferença entre anos de coleta, estações e ambientes, enquanto que os outros dois índices indicam diferença significativa apenas para anos de coleta e estações. Em todos os casos, animais do ano de 2012 apresentam média de condição corpórea maior que animais do ano de 2011 (Mi: $F = 7.65$, $p < 0.01$; Resíduos: $F = 24.15$, $p < 0.001$; Yobs/Ypred: $F = 24.77$, $p < 0.001$; N: 2011=103, 2012=86), assim como animais coletados no inverno apresentam média maior que animais coletados no verão (Mi: $F = 22.1$, $p < 0.01$; Resíduos: $F = 18.94$, $p < 0.01$; Yobs/Ypred: $F = 18.37$, $p < 0.001$; N: Inverno=58, Verão=131; Figura 2). De acordo com Scale Mass Index, animais do ambiente fragmentado apresentam condição corpórea significativamente maior que animais de ambiente contínuo ($F = 4.42$, $p < 0.05$; N: fragmentado= 77, contínuo= 112; Figura 2).

No caso de *S. lillium* apenas a diferença entre as áreas foi testada, devido à baixa representatividade sazonal. Não foi verificada diferença significativa entre os ambientes para

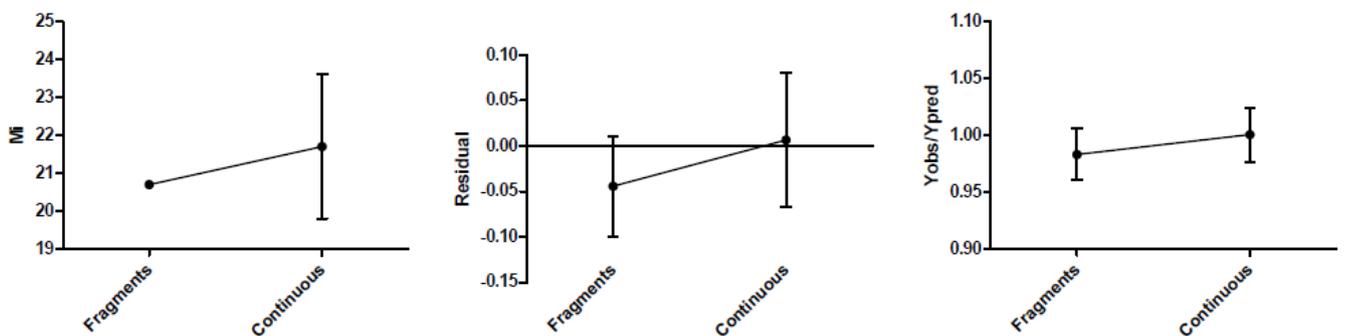
nenhum dos índices testados (Mi: $p=0.381$; Resíduos: $p=0.267$; Yobs/Ypred: $p=0.249$; N: fragmentado= 3, contínuo= 20; Figura 3).

Figura 2 – Médias e desvios padrões dos índices de condição corpórea testados para *Artibeus lituratus*, considerando apenas os fatores de efeito significativo.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3 - Médias e desvios padrões dos índices de condição corpórea testados para *Sturnira lillium*. Não foi verificada diferença entre os ambientes para nenhum dos índices.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Simetria Bilateral

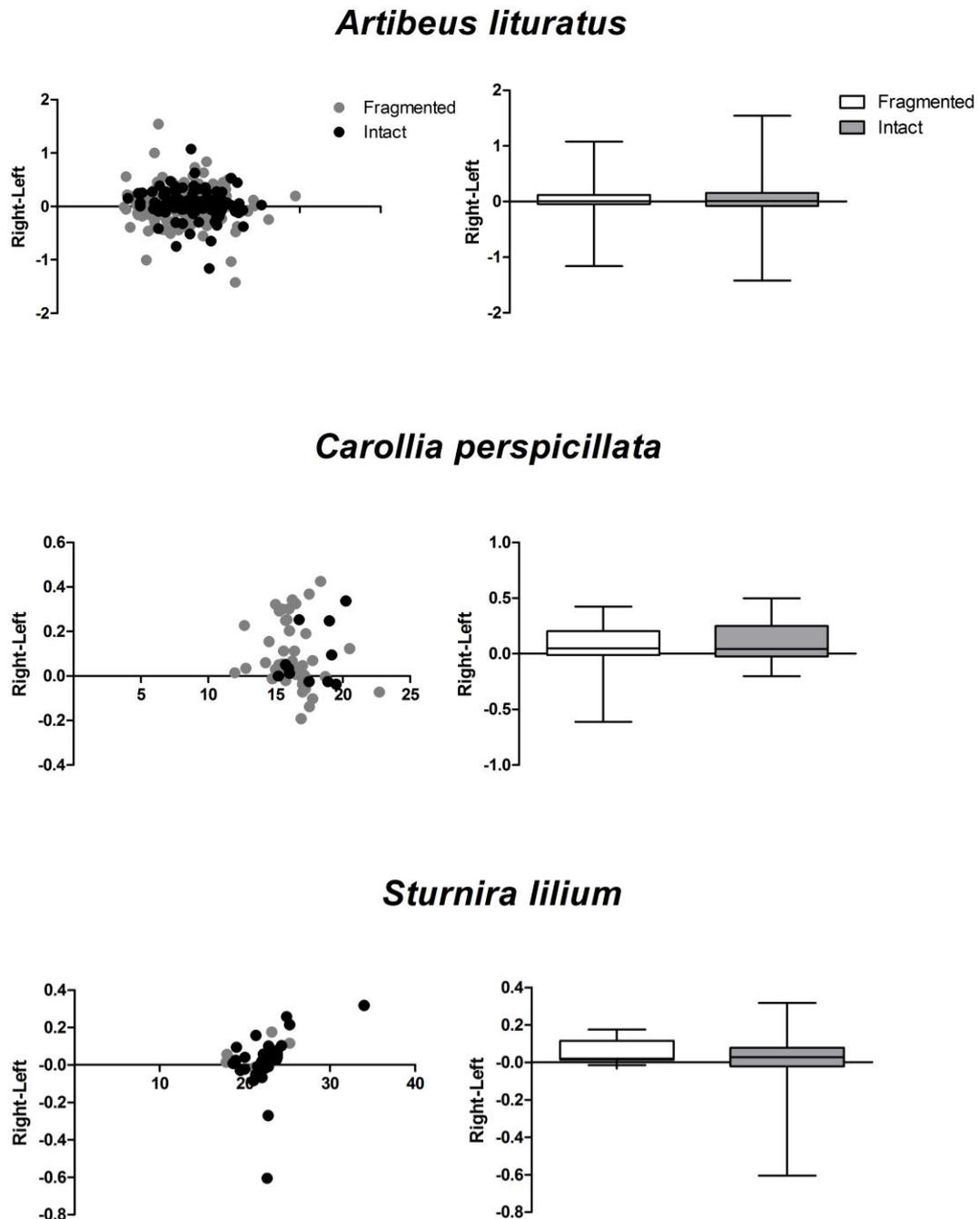
Foram medidos os antebraços de 351 indivíduos de *Artibeus lituratus* (146 da área fragmentada e 205 da área contínua), bem como 61 indivíduos de *Carollia perspicillata* (47 da área fragmentada e 14 da contínua) e 40 de *Sturnira lilium* (7 da área fragmentada e 33 da contínua).

Ao comparar a assimetria dos antebraços, considerando o sinal negativo (-), isto é, usando como padrão a subtração do lado direito pelo esquerdo, animais com resultado positivo têm o lado direito maior, enquanto que animais com sinal negativo, têm o lado esquerdo maior. Neste caso não foi observado, em nenhuma das populações das 3 espécies, quaisquer evidências de algum fator direcionando preferencialmente essa assimetria para algum dos lados do corpo.

Os dados foram então tratados em módulo para que as grandezas de assimetria pudessem ser comparadas entre os grupos sem a interferência do sinal numérico, a fim de evitar uma eventual disparidade.

Quando comparamos as populações de *A. lituratus* nas quatro áreas de coleta, pudemos observar uma diferença quanto ao módulo da diferença entre os antebraços dos indivíduos das duas áreas dentro da paisagem fragmentada (Mediana=0.1050 vs 0.05, n=71 e 75, Barbacena e Fênix, respectivamente, kruskal-wallis 16.67, Dunn's Multiple Comparison teste $p < 0.05$). Como as áreas dentro da paisagem contínua não diferiram entre si, os dados foram agrupados e então utilizados como um único conjunto de dados (Contínua).

Figura 4. Dispersão dos dados da subtração do tamanho do antebraço direito pelo esquerdo nos indivíduos provenientes das paisagens fragmentada e contínua, variando em função da massa corporal dos mesmos.



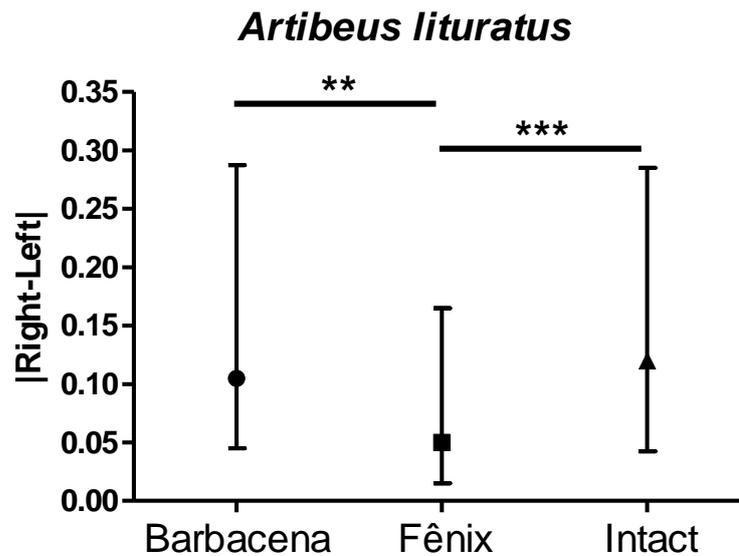
Fonte: Elaborado pelo autor

O que pudemos observar foi que na área de Fênix os indivíduos dessa espécie possuíam menores diferenças quando comparados tanto com a área de Barbacena (ambos da paisagem fragmentada, Mediana=0.1050 vs 0.05, n=71 e 75, Barbacena e Fênix, respectivamente, kruskal-wallis 14.04, Dunn's Multiple Comparison teste $p < 0.01$) quanto com os animais

medidos na paisagem Contínua (Mediana=0.05 vs 0.12, n=75 e 205, Fênix e Contínua respectivamente, kruskal-wallis 14.04, Dunn's Multiple Comparison teste $p<0.001$; Figura 3). Não há diferença entre a área Barbacena e a paisagem Contínua quanto ao parâmetro considerado.

Quando comparamos as medianas do módulo da diferença entre os antebraços direitos e esquerdos de indivíduos de *A. lituratus* em todas as áreas de coleta com uma mediana hipotética igual a zero (correspondente à simetria bilateral plena), pudemos observar que todas as populações são bilateralmente assimétricas (Barbacena= mediana 0.1050, n=71, $p<0.0001$; Fênix= mediana 0.05, n=75, $p<0.0001$; Poço Preto= mediana 0.1275, n=111, $p<0.0001$ e Linha Martins= mediana 0.1113, n=94, $p<0.0001$; Figura 5).

Figura 5 . Mediana do módulo da diferença entre os antebraços direitos e esquerdos de indivíduos de *A. lituratus* (representação das medianas e intervalos interquartís, ** $p<0.01$ e * $p<0.001$).**



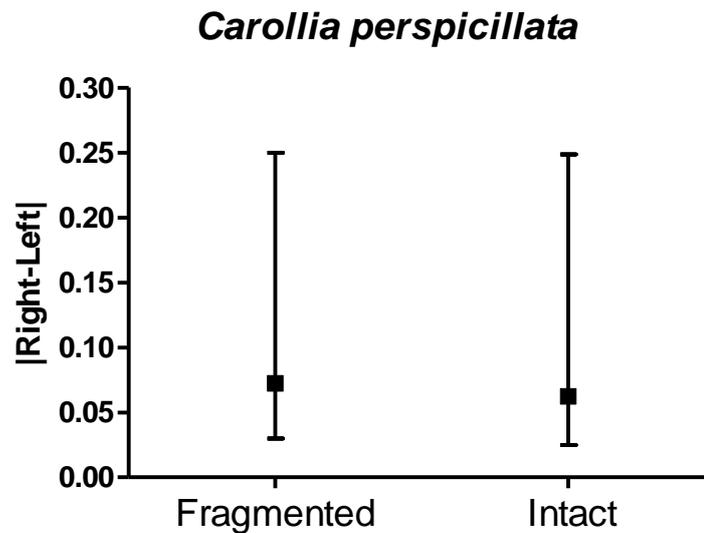
Fonte: Elaborado pelo autor

Não observamos diferenças entre as populações de *C. perspicillata* quando comparadas as duas áreas dentro de cada paisagem (Mediana=0.0725 vs 0.08, n=23 e 24, $p>0.05$, Barbacena vs Fênix, respectivamente; mediana=0.075 vs 0.05, n=7 e 7, $p>0.05$, Poço Preto vs Linha Martins, respectivamente). Desta maneira, para as comparações subsequentes consideramos as populações dentro de cada paisagem (fragmentada e contínua).

Não pudemos observar nenhuma diferença entre os módulos das diferenças dos lados do corpo em indivíduos de *C. perspicillata* (Mediana=0.0725 vs 0.0625, n=47 e 14, $p>0.05$,

Fragmentado vs Contínua, respectivamente, Figura 6). Entretanto, ambas populações mostraram-se assimétricas quando comparadas à uma mediana hipotética igual a zero, o que corresponderia à uma total simetria bilateral (Mediana=0.0725, n=23, $p<0.0001$ para Barbacena; mediana=0.08, n=24, $p<0.0001$ para Fênix; mediana=0.0750, n=7, $p=0.0156$ para Poço Preto e mediana=0.05, n=7, $p=0.0313$ para Linha Martins).

Figura 6. Mediana do módulo da diferença entre os antebraços direitos e esquerdos de indivíduos de *C. perspicillata* (representação das medianas e intervalos interquartis).

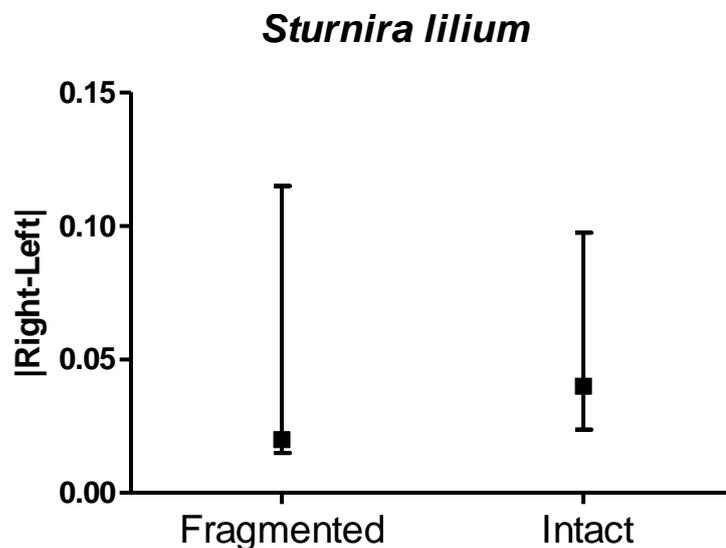


Fonte: Elaborado pelo autor

Durante as campanhas de campo, nenhum indivíduo de *S. lilium* foi capturado na área de Fênix, e nenhuma diferença foi observada entre os indivíduos dessa espécie das populações das áreas de Poço Preto e Linha Martins (Mediana=0.04 vs 0.0525, n=28 e 5, $p>0.05$, Poço Preto vs Linha Martins, respectivamente, Figura 7). Desta maneira, para as comparações subsequentes Barbacena passou a caracterizar a paisagem Fragmentada e as áreas de paisagem Contínua foram agrupadas.

Não foi observada diferença entre os módulos das diferenças dos lados do corpo dos indivíduos (Mediana=0.02 vs 0.04, n=7 e 33, $p>0.05$, Fragmentado vs Contínua, respectivamente). Entretanto, as populações mostraram-se assimétricas quando comparadas a uma mediana hipotética igual a zero, o que corresponderia à uma total simetria bilateral, em todas as áreas com exceção de Linha Martins, muito provavelmente pelo baixo conjunto amostral e grande variância dos dados (Mediana=0.02, n=7, $p=0.0223$ para Barbacena; mediana=0.04, n=28, $p<0.0001$ para Poço Preto e mediana=0.0525, n=5, $p=0.0625$).

Figura 7. Mediana do módulo da diferença entre os antebraços direitos e esquerdos de indivíduos de *S. lilium* (representação das medianas e intervalos interquartis).



Fonte: Elaborado pelo autor

5. DISCUSSÃO

5.1 Condição Corpórea

Os resultados obtidos no presente trabalho são contrários às hipóteses. Não foi observada diferença significativa na condição corpórea das populações de *S. liliium* e, no caso de *A. lituratus*, esse índice foi maior no habitat alterado para um dos índices testados. Em conjunto estes resultados sugerem que a fragmentação não estaria causando estresse energético para nenhuma das espécies. São diversas as possíveis explicações para que o balanço energético dessas espécies não seja afetado ou, no caso de *A. lituratus*, seja afetado positivamente. Tem-se da literatura que *A. lituratus* apresenta grande plasticidade alimentar e, em caso de escassez de recursos, esses animais consomem uma variedade de espécies de plantas disponíveis, utilizando-se de uma estratégia alimentar mais generalista (Passos e Graciolli, 2004). Apesar de grandes consumidoras de *Ficus* sp. e *Cecropia* sp. (Passos et al., 2003), as espécies de Artibeus podem flexibilizar sua dieta, devido à variação geográfica e densidades de figueiras (Fleming, 1986), por exemplo. Um incremento na quantidade de nutrientes na dieta da espécie poderia melhorar o balanço energético e conseqüentemente aumentar a condição corpórea da população. O fato dos indivíduos desta espécie se deslocarem por grandes distâncias, utilizando o mosaico de fragmentos como um contínuo (Bianconi et al. 2006), parece facilitar a ampliação do nicho alimentar.

A capacidade de tolerar a fragmentação do habitat possivelmente requer maior capacidade de deslocamento, maior tolerância à escassez de recursos e maior capacidade de ajustar os sistemas fisiológicos responsáveis pela manutenção da homeostase. Estas capacidades estão associadas a uma melhor condição corpórea. Apesar de não ser possível diferenciar causa e efeito nesta relação, e tampouco determinar quais os mecanismos específicos usados para assegurar uma maior condição corpórea, o fato de *A. lituratus* ajustar esta condição também em função da sazonalidade, independentemente do grau de conservação da área, sugere que esta capacidade pode ser um atributo geneticamente determinado nesta espécie. Além disso, *A. lituratus* apresentou maiores índices de condição corpórea no ano de 2012, o qual, em ambas as áreas, apresentou maior amplitude térmica e menor precipitação média diária, corroborando os resultados já discutidos: em situações menos favoráveis, esta espécie é capaz de manter a condição corpórea. Esta capacidade confere uma vantagem adaptativa em situações em que o ambiente é modificado de forma rápida e imprevisível e, portanto, constitui um atributo que permite a esta espécie tolerar os efeitos da fragmentação.

S. lilium não apresentou diferenças na condição corpórea em resposta à fragmentação. Possivelmente essa espécie possui outras estratégias alternativas que possibilitam sua permanência nas áreas fragmentadas. Já foi demonstrado que essa espécie adota uma estratégia termoregulatória, reduzindo a temperatura corporal e entrando em estado de hipotermia, em resposta à restrição de alimentos em ambientes de baixa temperatura, tanto em cativeiro, quanto em campo (Audet & Thomas, 1997). Essa depressão da temperatura corpórea em mamíferos e aves homeotérmicas tem como consequência a redução no gasto energético e na perda de água evaporativa (Vogt & Lynch, 1982), e, de acordo com Audet e Thomas (1997), estima-se que a economia energética para essa espécie varia entre 30 e 73%, dependendo da temperatura corporal mínima atingida (entre 22 e 31°C). Nesse mesmo estudo, foi evidenciada uma forte relação entre hipotermia e perda na massa corpórea, sugerindo que esse ajuste da temperatura corporal está relacionado com mudanças no tamanho dos estoques de gordura. Por serem espécies de pequeno tamanho corporal, uma pequena depleção nos estoques energéticos já é suficiente para que esses animais entrem em hipotermia. Assim, a possibilidade de economizar energia através da redução na temperatura corpórea pode conferir uma vantagem na ocupação de ambientes instáveis ou modificados, e possivelmente é uma estratégia que pode contribuir com a permanência dessas espécies em ambientes fragmentados. Essas diferenças apontadas entre as espécies podem indicar uma diferença nas estratégias adotadas para lidar com ambientes fragmentados.

5.2 Simetria bilateral

Os dados de simetria bilateral, assim como os dados de condição corpórea, são contrários às hipóteses propostas. Para as espécies menores (*C. perspicillata* e *S. lilium*) as análises estatísticas foram realizadas comparando as paisagens fragmentada e contínua, já que não foi observada diferença significativa entre as áreas de coleta (duas fragmentadas e duas contínuas), observando-se que ambas as espécies apresentaram maior simetria na paisagem fragmentada do que na contínua. Para a espécie *A. lituratus* os resultados foram similares. As populações de paisagem fragmentada apresentaram também maior simetria ao serem comparadas com as populações de paisagem contínua, porém, neste caso houve diferença significativa entre as duas áreas fragmentadas de coleta. Isto é, a população de *A. lituratus* em Fênix apresentou maior simetria do que a população de Barbacena. O que podemos concluir destes resultados é que o fato das populações de paisagens fragmentadas apresentarem valores maiores de assimetria pode estar relacionado com a existência de uma pressão ambiental

sobre os indivíduos que habitam ditas áreas. Em remanescentes de vegetação, animais requerem de uma maior tolerância ao ambiente, indivíduos menos simétricos podem ser afetados em termos de capacidade de voo e deslocamento entre os fragmentos, sendo assim selecionados, pela pressão do ambiente, aqueles mais simétricos. Em ambientes contínuos, com alta disponibilidade de recursos, indivíduos com baixo *fitness* podem ter sucesso devido à facilidade na obtenção dos mesmos ou da menor competição entre indivíduos. Já em ambientes modificados, onde os animais podem experimentar situações de stress, é mais provável que unicamente indivíduos com melhor *fitness* tenham a capacidade de compensar o alto gasto energético investido na obtenção de recursos (Leung e Forbes, 1997).

Pesquisas feitas por Lens e Van Dongen (2000), Kark e col (2001), Leamy e col (1999) evidenciam que o stress pode causar assimetria, tanto em termos de flutuação assimétrica como assimetria direcionada ou antissimetria, nas duas últimas podendo ter base genética, porém, no nosso estudo não foi considerada a possibilidade da assimetria das populações de morcegos ser de cunho genético devido ao longo tempo de reposição entre gerações. Vários estudos relacionados com stress ambiental, principalmente de origem antrópico, sugerem também que as três formas de antissimetria devem ser consideradas como inter-relacionadas e que elas podem representar a capacidade de desenvolvimento dos indivíduos ao longo da sua vida (McKenzie e Clarke 1988; Graham et al 1993, Moller e Swaddle 1997; Graham et al, 1998). Em 2000, Lens e col publicaram um estudo demonstrando que ambientes com distúrbios podem levar aos indivíduos a apresentarem altos níveis de FA assim como outros tipos de assimetria conjuntamente. Como mencionado por Lens e col (2002), é de suma importância realizar mais pesquisas com o intuito de entender porque em alguns casos a FA reflete stress e *fitness* e quais os fatores que causam essas discrepâncias. Analisando os dados coletados em campo foi possível acessar o estado fisiológico das populações de ambos ambientes, fragmentado e contínuo assim como possíveis estratégias de sobrevivência adotadas pelas espécies que habitam áreas fragmentadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDET, D.; THOMAS, D. W. Facultative hypothermia as a thermoregulatory strategy in the phyllostomid bats, *Carollia perspicillata* and *Sturnira lilium*. **Journal of Comparative Physiology**, v. 167, p. 146-52, 1997.
- BIANCONI, G.V.; MIKICH, S. B.; PEDRO, W. A. Movements of bats (Mammalia, Chiroptera) in Atlantic Forest remnants in southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 4, p. 1199-1206, 2006.
- BOLGER, D. T. et al. Response of rodents to habitat fragmentation in coastal Southern California. **Ecological Applications**, v. 7, n. 2, p. 552-563, 1997.
- CASTRO-ARELLANO, I., et al. Effects of reduced impact logging on bat biodiversity in terra firme forest of lowland Amazonia. **Biology Conservation**, v. 138, p. 269-285, 2007.
- COOKE, S. J.; O'CONNOR, C. M. Making conservation physiology relevant to policy makers and conservation practitioners. **Conservation Letters**, v. 3, p. 159-166, 2010.
- DIAS, P. C. et al. Blue Tits in Mediterranean habitat mosaics. **Ardea**, v. 82, p. 363-372, 1994.
- DOBSON, F. S. Body mass, structural size, and life-history patterns of the Columbian ground squirrel. **American Naturalist**, v. 140, p. 109-125, 1992.
- DONOVAN, T. M. et al.. Reproductive success of migratory birds in habitat sources and sinks. **Conservation Biology**, v. 9, p. 1380-1395, 1995.
- DRINNAN, I. N. The search for fragmentation thresholds in a southern Sydney suburb. **Biological Conservation**, v.124, p. 339-349, 2005.
- ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R. Bats in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat-island at Los Tuxtlas, Mexico. **Biological Conservation**, v. 2, p. 237-245, 2002.
- EWERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biological Reviews**, v. 81, p. 117-142, 2005.
- FAHRIG, L.; MERRIAM, G. Conservation of Fragmented Populations. **Conservation Biology**, v. 8, p. 50-59, 1994.
- FARIA, D. Phyllostomid bats of a fragmented landscape in the north-eastern Atlantic forest, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 22, p. 531-542, 2006.
- FENTON, M. B. et al. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. **Biotropica**, v. 24, p. 440-446, 1992.

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 265-280, 2007.

FLEMING, T. H. Opportunism versus specialization: the evolution of feeding strategies in frugivorous bats. In: ESTRADA, A.; FLEMING, T. H. (ed.). **Frugivores and seed dispersal**. Dordrecht, The Netherlands: Dr. W. Junk Publishers, 1986. p. 105-116.

FRETWELL, S. D. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds: breeding success in a local population of field sparrows (*spizella pusilla*). **Acta Biotheoretica**, v. 19, p. 45-52, 1970.

GANNON, W. L. et al. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. **Journal of Mammalogy**, v. 88, p. 809-823, 2007.

GOULD, S. Allometry in primates with emphasis on scaling and evolution of the brain. In: BASEL, K.; SZALAY, F. S. (ed.). **Approaches to primate paleobiology**. Basel: S. Karger, 1975. p. 244-292.

GRAHAM, J. H. et al. Directional asymmetry and the measurement of developmental instability. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 64, p. 1-16, 1998.

GRAHAM, J. H.; ROE, K. E.; WEST, T. B. Effects of lead and benzene on the developmental stability of *Drosophila melanogaster*. **Ecotoxicology**, v. 2, p. 185-195, 1993.

HENRY, M.; COSSON, J. F.; PONS, J. M. Abundance may be a misleading indicator of fragmentation sensitivity: the case of fig-eating bats. **Biological Conservation**, v. 139, p. 462-467, 2007.

HOLMES, R. T.; SHERRY, T. W. Thirty-year bird population trends in an unfragmented temperate deciduous forest: importance of habitat change. **The Auk**, v. 118, n. 3, p. 589-609, 2001.

HOMYACK, J. A. Evaluating habitat quality of vertebrates using conservation physiology tools. **Wildlife Research**, v. 37, p. 332-342, 2010.

HOTKER, H. Meadow pipit. In: NEWTON, I. (ed.). **Lifetime Reproduction in Birds**. Londres: Academic Press, 1989. 479 p.

JAKOB, E. M.; MARSHALL, S. D.; UETZ, G. W. Estimating fitness: a comparison of body condition indices. **Oikos**, v. 77, p. 61-67, 1996.

JONES, G. et al. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. **Endangered Species Research**, v. 8, p. 93-115, 2009.

KARK, S. et al. Relationship between heterozygosity and asymmetry: a test across the distribution range. **Heredity**, v. 86, p. 119-127, 2001.

KREBS, C. J.; SINGLETON, G. R. Indices of condition for small mammals. **Australian Journal of Zoology**, v. 41, p. 317-323, 1993.

LACK, D. **The natural regulation of animal numbers**. Oxford, England: Clarendon Press, 1954. 343 p.

LANDE, R. Risks of population extinction from demographic and environmental stochasticity and random catastrophes. **The American Naturalist**, v. 142, n. 6, p. 911-927, 1993.

LEAMY, L. J.; DOSTER, M.J.; Y. M., HUET HUDSON. Effects of ethoxychlor on directional and fluctuating asymmetry of mandible characters in mice. **Ecotoxicology**, v. 8, n. 2, p. 63-71, 1999.

LENS, L.; VAN DONGEN, S. Fluctuating and directional asymmetry in natural bird populations exposed to different levels of habitat disturbance, as revealed by mistue analysis. **Ecology letters**, v. 3, p. 516-522, 2000.

LENS, L.; VAN DONGEN, S.; MATTHYSEN, E. Fluctuating Asymmetry as an Early Warning System in the Critically Endangered Taita Thrush. **Conservation Biology**, v. 16, n. 2, p. 479-487, 2002.

LEUNG, B.; FORBES, M. R. Modeling fluctuating asymmetry in relation to stress and fitness. **Oikos**, v. 78, p. 397-405, 1997.

LIDICKER, W. Z. Responses of mammals to habitat edges: an overview. **Landscape Ecology**, v. 14, p. 333-343, 2009.

MARRA, P. P.; HOLBERTON, R. L. Corticosterone levels as indicators of habitat quality: effects of habitat segregation in a migratory bird during the non-breeding season. **Oecologia**, v. 116, p. 284-292, 1998.

MAURER, B. A. Predicting habitat quality for grassland birds using density–habitat correlations. **Journal of Wildlife Management**, v. 50, p. 556-566, 1986.

MCKENZIE, J. A.; CLARKE, G. M. Diazanone resistance, fluctuating asymmetry and fitness in the Australian sheep blowfly, *Lucilia cuprina*. **Genetics**, v. 120, p. 213-220, 1988.

MIKICH, S. B.; OLIVEIRA, K. L. Revisão do plano de manejo do Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo. Curitiba: Mater Natura; Brasília: FNMA/MMA, 2003. 452 p.

MOLLER, A. P.; SWADDLE, J. P. Asymmetry, developmental stability, and evolution. **Oxford University Press**, Oxford, 1997.

MOORMAN, C. E.; GUYNN, D. C.; KILGO, J. C. Hooded warbler nesting success adjacent to group: selection and clearcut edges in a southeastern bottomland forest. **Condor**, v. 104, p. 366-377, 2002.

ORIAN, G. H.; BELETSKY, L. D. Red-winged Blackbird. In: NEWTON, I. (ed.). **Lifetime Reproduction in Birds**. London: Academic Press, 1989. p. 183-200.

PALMER, R. C.; STROBECK, C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, pattern. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 391-421, 1986.

PASSOS F. C.; GRACIOLLI, G. Observações da dieta de *Artibeus lituratus* em duas áreas do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 3, p. 487-489, 2004.

PASSOS, F. C. et al. Frugivoria em morcegos (Mammalia, Chiroptera) no Parque Estadual de Intervales, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 511-517, 2003.

PEIG, J.; GREEN, A.J. New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. **Oikos**, v. 1148, p. 1883–1891, 2009.

PEIG, J.; GREEN, A. J. The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. **Functional Ecology**, v. 24, p. 1323-1332, 2010.

POLAK, M. et al. Does an individual asymmetry parameter exist? A meta-analysis. In: POLAK, M. (ed.), **Developmental Instability: causes and consequences**. New York: Oxford University Press, 2003. p. 81-96.

PRESLEY, S. J. et al. Effects of reduced-impact logging and forest physiognomy on bat populations of lowland Amazonian forest. [Journal of Applied Ecology](#), v. 45, p. 14-25, 2008.

RACEY, P. A.; ENTWISTLE, A. E. Conservation ecology. In: KUNZ, T. H.; FENTON, M. B. (ed.), **Bat ecology**. Chicago: Chicago University Press, 2003. p. 680-743.

SCHULTE-HOSTEDDE, A. I.; MILLAR, J. S.; HICKLING, G. J. Evaluating body condition in small mammals. **Journal Zoology**, Canadian, v. 79, p. 1021-1029, 2001.

SCHULZE, M. D.; SEAVY, N. E.; WHITACRE, D. F. A comparison of the phyllostomid bat assemblages in undisturbed neotropical forest and in forest fragments of a slash-and-burn farming mosaic in Peten. **Biotropica**, Guatemala, v. 32, n. 1, p. 174-184, 2000.

SHOCHAT, E. et al. Tallgrass prairie management and bird nest success along roadsides. **Biological Conservation**, v. 121, p. 399-407, 2005.

SOMMER, C. Ecotoxicology and developmental stability as an in situ monitor of adaptation. **Ambio**, 25:374-376

SPEAKMAN, J. R. **Body composition analysis of animals: a handbook of non-destructive methods**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 242 p.

STEVENSON, R.D.; WOODS, W. A. Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. **Integrative and Comparative Biology**, v. 46, n. 6, p. 1169-1190, 2006.

SWADDLE, J. P. Within-individual changes in developmental stability affect flight performance. **Behavioral Ecology**, v. 8, n. 6, p. 601-604, 1997.

SWADDLE, J. P. et al. Plumage condition affects flight performance in common starlings: implications for developmental homeostasis, abrasion and moult. **Journal of Avian Biology**, v. 27, p. 103-111, 1996.

VAN HORNE, B. Density as a misleading indicator of habitat quality. [Journal of Wildlife Management](#), v. 47, p. 893-901, 1983.

VAN VALEN, L. A study of fluctuating asymmetry. **Evolution**, v. 16, p. 125-142, 1962.

VIZOTTO, L. D.; TADDEI, V. A. **Chave para a determinação de quirópteros brasileiros**. São José do Rio Preto: Gráfica Francal, 1973. 72 p.

VOGT, D. F.; LYNCH, G. R. Influence of ambient temperature, nest availability, huddling and daily torpor on energy expenditure in the white-footed mouse *Peromyscus leucopus*. **Physiological Zoology**, v. 55, p. 56-63, 1982.

VOIGT, C. C.; HECKEL, G.; MAYER, F. Sexual selection favours small and symmetric males in the polygynous greater sac-winged bat *Saccopteryx bilineata* (Emballonuridae, Chiroptera). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 57, p. 457-464, p. 2005.

WADDINGTON, C. H. Genetic assimilation of acquired characters. **Evolution**, v. 7, p. 118-126, 1953.

WIKELSKI, M.; COOKE, S. T. Conservation physiology. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 21, n. 2, p. 38-46, 2006.

WINGFIELD, J. C. The concept of allostasis: coping with a capricious environment. **Journal of Mammalogy**, v. 86, p. 248-254, 2005.

WINGFIELD, J. C.; KELLEY, J. P.; ANGELIER, F. What are extreme environmental conditions and how do organisms cope with them?. **Current Zoology**, v. 57, n. 3, p. 363-374, 2011.

WINKER, K.; RAPPOLE, J. H.; RAMOS, M. A. The use of movement data as an assay of habitat quality. **Oecologia**, v. 101, p. 211- 216, 1995.

WITTER, M. S.; CUTHILL, I. C.; BONSER, R. H. C. Experimental investigations of mass-dependent predation risk in the European starling, *Sturnus vulgaris*. **Animal Behavior**, v. 48, p. 201-222, 1994.

ZUIDEMA, P. A; SAYER J.; DIJKMAN, W. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized reserves. **Environmental Conservation**, v. 2, p. 290-297, 1996.