



Universidade de Brasília – UNB
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal

Carolina Gonçalves Rodrigues

**Assimetria flutuante em *Gymnodactylus amarali* (Sauria, Phyllodactylidae):
comparação entre metodologias de mensuração.**

Brasília DF - 2013



Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

**Assimetria Flutuante em *Gymnodactylus amarali* (Sauria, Phyllodactylidae):
comparação entre metodologias de mensuração.**

Estudante: Carolina Gonçalves Rodrigues, matrícula 07/44972

RG: 4847610 – DGPC – GO

CPF: 027284281/82

Linha de pesquisa: Manejo de fauna

Orientador: Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão

Trabalho Final apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Universidade de Brasília – UNB
Faculdade de Tecnologia †
Departamento de Engenharia Florestal

Carolina Gonçalves Rodrigues

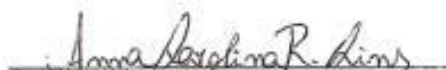
Assimetria flutuante em *Gymnodactylus amarali*: comparação entre metodologias de mensuração.

Trabalho Final apresentado como parte obrigatória para obtenção do grau de Engenheiro Florestal
Menção: SS

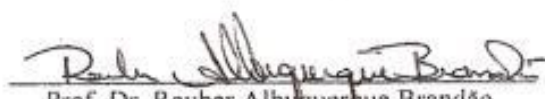
Aprovada por:



Prof. Dra. Rosana Tidon
Departamento de Genética e Morfologia
(UnB - Comissão avaliadora)



Msc. Anna Carolina Ramalho Lins
Departamento de Biologia Animal
(UnB - Comissão avaliadora)



Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão
Departamento de Eng. Florestal
(UnB - Orientador)

Brasília, DF, 08 de março de 2013.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero expressar a gratidão eterna e imensurável aos meus queridos pais por todo o amor, dedicação, doação, apoio incondicional, segurança e exemplos de vida que são para mim.

Muito de vocês foi exigido durante todos esses anos para que esse momento se realizasse. Estou fechando um ciclo pelo qual não tiveram oportunidade de passar, ao menos, não diretamente, mas eu jamais estaria aqui concluindo esta etapa tão importante sem todo o suor derramado por vocês. Saibam que essa conquista é nossa. Muito obrigada!

Carolzinha, muitíssimo obrigada por todas as horas em que com paciência e boa vontade você se desdobrou pra me socorrer no decorrer desse semestre em todas as etapas desse trabalho. Sou extremamente grata pela sua preocupação, esforço, amizade e companheirismo.

Aos amigos, Pretinha (Renata Carreiro) e Preto (Diego Cabral) por serem os meus pais adotivos onipresentes e prestarem todas as ajudas possíveis e impossíveis quando eu mais precisei e muitas vezes sem que eu os pedisse. Obrigada pela colaboração nas medições, Rê. Isso é uma coisa impagável. Abre parênteses: por mais que você ache que a moeda de troca da humanidade seja a “pamonha do Goiás”.

À minha irmã, Paulinha, pelo empréstimo do computador realizado de coração aberto e por todo o seu carinho, cuidado e amizade. Nana, o seu apoio foi muito importante pra que eu tivesse condições de realizar esse trabalho. Espero poder retribuí-la algum dia por tudo isso. Isso vale pra você Guga e lembrando nosso lema: “Barbatana, cabeça, irmão”... Obrigada por estar ao meu lado nas minhas chatices (minha válvula de escape oficial). Suas palhaçadas descontraíam essa minha tensão sem fim, ainda que as suas bagunças me levassem à loucura. Eu explodiria sem você por perto. Obrigada pela ajuda naqueles textos em inglês, suricatinho! Tenho muito orgulho de vocês!

Ao meu amado amigo, namorado, parceiro de estudos e aventuras: David! Obrigada por todo o apoio, preocupação, carinho, paciência, responsabilidade, compreensão, cumplicidade, sorrisos, jogos, chocolates e dengos divididos comigo nesses anos da graduação.

Ao Reuber, pela amizade, competência e pelo compartilhamento de suas experiências de vida e conhecimentos conosco. Foi muito enriquecedor tê-lo como professor. Obrigada por dedicar-se na defesa da vida e por despertar essa postura questionadora no meio acadêmico que por tantas vezes torna-se apático e conformista. Quero registrar aqui que era muito

“daora” medir os lagartos ouvindo Raul Seixas. Obrigada por ter me acolhido no Laboratório de Manejo de Fauna e pela orientação nesse trabalho.

Ao professor Eraldo Matricardi, por ser um exemplo de profissionalismo e humanidade, pela amizade paternal dedicada aos alunos e por ter contribuído com comentários que são, certamente, de muita valia nesse trabalho.

Aos amigos, Giovanna Caramaschi, Chesterton Ulisses e Omolabaque pela colaboração e pelos ensinamentos no viveiro do CRAD. Meus anos de convivência com vocês foram incríveis e os tenho como espelhos pra minha vida. Obrigada por se disporem a me ajudar nessa última etapa com críticas construtivas.

Aos amigos, PV, Bia, Yoyo, Joce, Bruno, Thais, e Mika por levantarem meu astral nas horas de desespero e desânimo e pela tolerância com minhas demonstrações de mau humor. Não se esqueçam : *arac need you!* Agradeço pela amizade construída ao longo desses anos e espero tê-los sempre ao meu lado. A atenção e o carinho de vocês foram muito importantes nesse período. Obrigada pela compreensão que tiveram com a minha ausência generalizada nesses últimos meses.

RESUMO

Nos organismos bilaterais, os caracteres pares devem idealmente apresentar forma perfeitamente simétrica entre os lados direito e esquerdo pois estão sob o comando das mesmas vias genéticas e condições ambientais. Quando isso não acontece, assume-se que algum estresse de ordem genética ou ambiental está perturbando o perfeito desenvolvimento dos indivíduos. As diferenças sutis e aleatórias entre os caracteres dos lados direito e esquerdo são conhecidas como assimetria flutuante. Por ser um método simples, barato e rápido tem sido amplamente utilizada para avaliação de impactos ambientais em estudos de biologia da conservação e biomonitoramento. Foram testados dois métodos de mensuração e a presença de assimetria flutuante em cinco diferentes caracteres (perna, braço, dedo, artelho e mandíbula) de 88 exemplares de *Gymnodactylus amarali* coletados nas ilhas e margens da região do reservatório da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa, localizada no estado de Goiás, Brasil. A primeira metodologia foi realizada com o emprego de cinco repetições nas medições de cada caractere e a segunda metodologia com o emprego de duas repetições, sendo que essas foram realizadas com o intervalo de uma semana entre a primeira e a segunda coleta de dados. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa nos índices encontrados entre as metodologias utilizadas, o que torna possível a utilização da segunda metodologia, para a qual foi observada maior praticidade de execução. Também não foi encontrada diferença significativa nos índices de assimetria flutuante entre as populações das ilhas e das margens.

Palavras-chave: assimetria flutuante, metodologias, *Gymnodactylus amarali*, ilhas, margens.

ABSTRACT

In bilateral organisms, the characters should ideally present pairs perfectly symmetrically between the right and left sides because they are under the command of the same genetic pathways and environmental conditions. When that does not happen, it is assumed that some stress of a genetic or environmental is upsetting the perfect development of individuals. The subtle differences between the random characters and the left and right sides are known as fluctuating asymmetry. As a simple, cheap and fast, this method has been widely used for environmental impact assessment studies in conservation biology and biomonitoring. Two methods of measurement and the presence of fluctuating asymmetry were tested in five different characters (leg, arm, finger, toe and jaw) of 88 specimens of *Gymnodactylus amarali* collected on the islands and shores of the reservoir area of Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa, located in the state of Goiás, Brazil. The first method was performed with the use of five repetitions of each character in the measurements and the second methodology with the use of two replicates, and these were made with the one-week interval between the first and second data collection. The results showed no significant difference in the rates found among the methodologies used, which makes it possible to use the second method, for which there was greater practicality of implementation. There was also no significant difference in rates of fluctuating asymmetry between the populations of the islands and shores.

Keywords: fluctuating asymmetry, methodologies, *Gymnodactylus amarali*, islands, shores.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A magnitude da assimetria flutuante.....	15
Figura 2 – <i>Gymnodactylus amarali</i>	17
Figura 3 – Distribuição de frequências de D-E para a perna das populações das ilhas: metodologia 1.....	27
Figura 4 – Distribuição de frequências de D-E para o braço das populações das ilhas : metodologia 1.....	27
Figura 5 – Distribuição de frequências de D-E para a perna das populações das ilhas: metodologia 2	27
Figura 6 – Distribuição de frequências de D-E para o braço das populações das ilhas: metodologia 2.....	27
Figura 7 – Distribuição de frequências de D-E para a perna das populações das margens: metodologia 1.....	28
Figura 8 – Distribuição de frequências de D-E para o braço das populações das margens: metodologia 1.....	28
Figura 9 – Distribuição de frequências de D-E para o dedo das populações das margens: metodologia 1.....	28
Figura 10 – Distribuição de frequências de D-E para o artelho das populações das margens: metodologia 1.....	28
Figura 11 – Distribuição de frequências de D-E para a perna das populações das margens: metodologia 2.....	28
Figura 12 – Distribuição de frequências de D-E para o braço das populações das margens: metodologia 2.....	28
Figura 13 – Distribuição de frequências de D-E para o dedo das populações das margens: metodologia 2.....	29
Figura 14 – Distribuição de frequências de D-E para o artelho das populações das margens: metodologia 2.....	29
Figura 15 – <i>Boxplots</i> para a perna.....	33
Figura 16 – <i>Boxplots</i> para o braço.....	33
Figura 17 – <i>Boxplots</i> para o dedo.....	33
Figura 18 – <i>Boxplots</i> para o artelho.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas dos pontos amostrados	19
Tabela 2 - Equações dos estimadores de assimetria flutuante.....	22
Tabela 3 - Equações dos erros de mensuração ME3, ME2, e ME5.....	23
Tabela 4 - Resultados de assimetria direcional (P e média D-E) e FA4a para as medições realizadas com a utilização da metodologia 1.....	24
Tabela 5 - Resultados de assimetria direcional (P e média D-E) e FA4a com a utilização da metodologia 2.....	25
Tabela 6 - Resultados do teste de normalidade para as populações de ilhas e margens mensuradas pelas metodologias 1 e 2	26
Tabela 7 – Principais componentes para a análise de assimetria flutuante para ilhas e margens.....	30
Tabela 8 - Erros ME3, ME2 e ME5 para as populações das ilhas.....	31
Tabela 9 - Erros ME3,ME2 e ME5 para as populações das margens.....	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Geral	13
2.2. Específico	13
3. HIPÓTESE	14
4. REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1. Assimetria flutuante	14
4.2. A influência do erro de medição nas análises de assimetria flutuante	16
4.3. Relação entre assimetria flutuante e fragmentação de áreas	16
4.4. <i>Gymnodactylus amarali</i>	17
5. MATERIAL E MÉTODOS	18
5.1. Área do estudo	18
5.2. Delineamento amostral	19
5.3. Descrição das metodologias	19
5.3.1. Metodologia 1	20
5.3.2. Metodologia 2	20
5.4. Análises estatísticas	20
5.4.1. Normalidade	22
5.4.2. Índices de assimetria flutuante	22
5.4.3. Erros de mensuração	23
6. RESULTADOS	23
6.1. Assimetria direcional	23

6.2. Desvios de normalidade (Antissimetria)	26
6.2.1. Curvas de normalidade	27
6.3. Assimetria Flutuante	29
6.3.1. Erros de mensuração	31
6.4. Comparação da assimetria flutuante dos caracteres	31
6.4.1. Comparação entre as metodologias 1 e 2 para as ilhas	31
6.4.2. Comparação entre as metodologias 1 e 2 para as margens	31
6.4.3. Comparação dos índices de assimetria flutuante entre ilhas e margens	31
7. DISCUSSÕES	34
8. CONCLUSÕES	37
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

A assimetria flutuante é caracterizada por pequenas e aleatórias variações entre os lados direito e esquerdo nos organismos com simetria bilateral (Palmer, 1994). Como os caracteres que ocorrem aos pares estão sob o controle dos mesmos mecanismos genéticos e expostos às mesmas condições ambientais, presume-se que o estado normal de desenvolvimento garanta a perfeita simetria entre eles (Van Valen, 1962).

A não ocorrência da perfeita simetria é, então, atribuída a fatores estressantes de cunho genético e/ou ambiental nas populações (Bortolotti & Gabrielson, 1994). Como a simetria bilateral é uma peculiaridade concernente a vários grupos taxonômicos, a utilização da assimetria flutuante como ferramenta de monitoramento biológico pode ser aplicada para várias espécies animais, especialmente, na avaliação dos impactos ambientais (Leary & Allendorf, 1989; Evans, 1991; Moller, 1993).

Uma das vantagens da assimetria flutuante sobre outros indicadores de estresse nos programas de biomonitoramento e biologia da conservação é o fato de ser um método rápido, possibilitando que os programas de conservação sejam iniciados antes que os problemas gerados pelo estresse surtam efeitos graves e irreversíveis nas populações (Leary & Allendorf, 1989). Além disso, é um método barato e simples (Hódar, 2002).

No entanto, a quantificação das reais estimativas da assimetria flutuante tem no erro de medição uma de suas maiores complicações, porque os padrões de variação observados entre eles seguem a mesma magnitude e distribuição (Tomkins & Kotiaho, 2001). Essa dificuldade pode ser contornada adotando-se certos critérios, tais como a escolha adequada de caracteres, tamanho amostral e repetibilidade de medições (Palmer, 2003).

Idealmente, todos os dados métricos devem ser mensurados por, no mínimo, duas vezes. Entretanto, quando os tamanhos amostrais são grandes, ou, em medições de difícil obtenção, a repetição das medidas de todos os caracteres pode não ser exequível. Nesses casos, testes para a influência do erro de mensuração podem ser realizados para cada caractere em uma sub amostra de pelo menos 30 indivíduos (Palmer, 1994).

Muitos estudos em assimetria flutuante adotam uma maior repetibilidade durante as medições, pois essa garante uma maior precisão. No entanto, a coleta de dados com grande número de replicações emprega boa parte do tempo do pesquisador e nem sempre a variável medida é útil na avaliação da assimetria flutuante.

A proposta deste trabalho foi avaliar os resultados de assimetria flutuante obtidos através da aplicação de duas metodologias diferentes de mensuração corporal em exemplares de *Gymnodactylus amarali*.

O primeiro método consta na medição de cada um dos espécimes com a utilização de cinco repetições para cada uma das variáveis de interesse, executadas de forma alternada e consecutiva. A segunda metodologia é constituída pela mensuração dos indivíduos com duas repetições, realizadas com um intervalo de tempo.

A precisão expressa o grau de consistência da grandeza medida com sua média (Zar, 1999), ou seja, é a proximidade entre os valores obtidos pela repetição do processo de mensuração. Quanto maior o número de repetições realizadas, maior é a precisão dos resultados e menor é a variabilidade entre as medidas (Silva, 2005), no entanto, o tempo empregado pode ser um fator relevante na escolha de um ou outro método, e, se os índices encontrados entre as duas metodologias não forem significativamente distintos, a aplicação do procedimento realizado com menor dispêndio de tempo torna-o mais interessante e eficiente. Espera-se, ao final desse trabalho, definir a metodologia que atenda às qualidades supracitadas.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O objetivo geral deste trabalho foi comparar se a tomada de medidas corpóreas com a utilização de dois métodos de mensuração distintos implica em índices desiguais de assimetria flutuante nas amostras de *Gymnodactylus amarali*, coletados nas ilhas e margens da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa.

2.2. Específicos

- Verificar a existência de assimetria flutuante em pernas, braços, segundo artelho, terceiro dedo e mandíbula de *Gymnodactylus amarali* provenientes da região da UHE de Serra da Mesa.

- Comparar os índices de assimetria flutuante encontrados nas populações de *G. amarali* das margens e ilhas da Lagoa de Serra da Mesa.

- Verificar a ocorrência de diferença entre os resultados das duas metodologias de mensuração testada.

3. HIPÓTESES

1. Como o equipamento utilizado e a pessoa envolvida na mensuração são sempre os mesmos, não devem existir diferenças nos resultados de assimetria flutuante encontrados com a utilização das diferentes metodologias de mensuração.
2. Uma vez que as populações isoladas nas ilhas tendem a sofrer maior estresse por limitação de recursos e problemas genéticos devido aos cruzamentos endogâmicos, sugere-se que os índices de assimetria flutuante nas populações das ilhas sejam maiores que os índices de assimetria flutuante nas populações das margens.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Assimetria flutuante

A estabilidade geométrica corporal é uma notável característica morfogenética embrionária, podendo ser considerado simétrico qualquer organismo que possa ser dividido ao longo de um eixo em duas metades especulares (Van Valen, 1962).

Nos organismos que possuem simetria bilateral, estas características estão sob o controle de mecanismos genéticos e fatores ambientais idênticos e, por esta razão, devem ser semelhantes bilateralmente, a não ser que alguma perturbação altere a expressão do “fenótipo-alvo” pelos genes responsáveis por caracteres bilaterais. A assimetria de um indivíduo serve, portanto, como uma medida do quanto ele conseguiu tamponar seu desenvolvimento contra condições estressantes (Van Valen, 1962). As mais comuns perturbações são causadas pelas variações térmicas, emissão de gases tóxicos, poluição hídrica, alteração química e física do solo, exposição à radiação, variação de alimentação, exposição a ruídos (Lijteroff; Lima; Prieri, 2008), e, estresses genéticos, como, por exemplo, elevado endocruzamento e hibridização (Leary & Allendorf, 1989; Moller, 1993).

Existem três tipos principais de assimetria do eixo bilateral descritas: assimetria direcional, antissimetria e assimetria flutuante. A assimetria flutuante é a mais utilizada para avaliar o efeito dos impactos ambientais na instabilidade do desenvolvimento (Palmer, 1994).

A antissimetria e a assimetria direcional não são utilizadas para estudo de perturbações do desenvolvimento e estabilidade do desenvolvimento, pois resultam de um

desenvolvimento normal do indivíduo e podem ser reflexos do controle genético na formação desse fenótipo assimétrico, o que ainda levanta muitas discussões sobre empregá-las como indicadores da instabilidade do desenvolvimento (Leary & Allendorf, 1989; Palmer, 1994).

A assimetria flutuante é um padrão de variação entre os lados de um caractere bilateral em uma amostra de indivíduos. O termo foi cunhado pelo biólogo alemão Wilhem Ludwig em sua monografia sobre assimetria biológica, em 1932 (Kowner, 2001). Ela reflete a relação entre dois conjuntos de processos de desenvolvimento, presumivelmente, independentes: a) ruído de desenvolvimento ou instabilidade de desenvolvimento e b) estabilidade de desenvolvimento (Palmer, 1994). O ruído de desenvolvimento compreende as modificações nos padrões normais de desenvolvimento devido a distúrbios de natureza genética ou ambiental (Scheiner *et al.* 1991, Markow 1995) e a estabilidade de desenvolvimento é definida como a capacidade do organismo em resistir a distúrbios genéticos e ambientais durante o seu desenvolvimento, via mecanismos “tamponantes”, para produzir um fenótipo pré-determinado dentro da variação normal de expressão, isto é, a homeostasia de desenvolvimento, (Waddington, 1942; Lemer,1954) (Figura1).

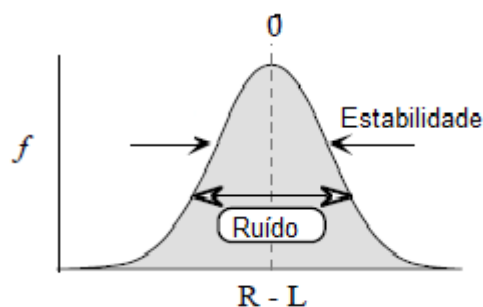


Figura 1. A magnitude da Assimetria Flutuante (AF). A AF reflete a relação entre dois processos opostos: o ruído do desenvolvimento e a estabilidade do desenvolvimento. R-L: diferença entre os lados direito (R) e esquerdo (L). Fonte: Palmer, 1994 (com adaptações).

A assimetria flutuante, AF, denota a ausência ou alteração de uma ou mais características em um dos lados e está inversamente relacionada à homeostasia de desenvolvimento. Assim, frequentemente, ela é utilizada para estimar a estabilidade do desenvolvimento (Van Valen, 1962).

Alguns estudos mostram que indivíduos mais simétricos possuem maior estabilidade de desenvolvimento, melhor sucesso reprodutivo e maiores taxas de sobrevivência (Bruna, 2001; Badyaev, 2000; Wayne *et al.*, 1986; Wauters *et al.*, 1996).

O interesse pelo estudo da assimetria flutuante tem aumentado principalmente por sua qualidade como medida do estresse ambiental no desenvolvimento (Leary & Allendorf, 1989;

Clarke, 1995; 1998; Lens *et al.*, 1999). A AF é amplamente utilizada por ser simples, barata e rápida (Hódar, 2002).

No contexto de seleção natural e sexual (Balmford *et al.*, 1993; Polak & Trivers, 1994; Moller & Swadlow, 1997; Simmons *et al.*, 1999), a AF pode ser utilizada como um índice de biomonitoramento para se avaliar o sucesso reprodutivo de populações naturais, pois demonstra claramente os efeitos de alteração no habitat sobre a integridade genotípica e fenotípica dos indivíduos de uma população (Sarre & Dearn, 1991; Wayne *et al.*, 1996).

4.2. A influência dos erros de medição nas análises de assimetria flutuante

Uma vez que a magnitude da assimetria é usualmente pequena, o erro de medida pode afetar muito as estimativas e resultados da assimetria, a nível populacional e individual. A única maneira de se evitar os efeitos do erro de medida é a repetição das medições e a utilização de modelos mistos de análise (Palmer & Strobeck, 1986; Van Dongen *et al.*, 1999). Entretanto, o erro de medida pode não estar confinado à variação randômica. Pode, também, indicar os efeitos de fatores fixados na análise de assimetria flutuante, como por exemplo, lados de um caractere bilateral, suas medidas e os resultados dos testes para os diferentes tipos de assimetria. Esses fatores podem estar disseminados em estudos que envolvem mensurações complicadas, feitas com duas mãos, uma vez que a maioria dos mensuradores apresenta, em certo grau, diferentes habilidades entre elas (Helm & Albrecht, 2000).

4.3. Relação entre assimetria flutuante e fragmentação de áreas

Em pesquisas realizadas em áreas fragmentadas, foram encontrados maiores valores para os índices de AF em caracteres de populações estabelecidas nos fragmentos quando estes foram comparados aos de populações das áreas contínuas. (Wayne *et al.*, 1986; Lens, 1999; Anciães & Marini 2000).

Lens (1999) analisou o efeito da fragmentação do habitat natural em sete espécies de pássaros restritos a floresta de Taita Hills, no sudeste do Quênia. Comparando os níveis de assimetria dos pássaros coletados à época do estudo com espécimes de museu coletados na mesma área há aproximadamente cinquenta anos, em período anterior à fragmentação da floresta, ele observou um aumento nos índices de assimetria flutuante para todas as espécies.

Neste mesmo contexto, Sarre (1996) e Sarre & Dearn (1991), demonstraram que populações de lagartos australianos apresentaram maiores níveis de AF em fragmentos e ilhas do que em grandes áreas e no continente, respectivamente. A análise da AF como índice de

conservação é a opção mais eficaz quando comparada com análises morfológicas e genéticas, pois demonstra diferenças mesmo na ausência de outras alterações morfológicas ou genéticas (Anciães, 1998).

A construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa formou várias ilhas, originárias das regiões mais elevadas da área submetida ao alagamento. Sabe-se que o isolamento das populações devido à fragmentação do habitat pode produzir estresse de duas maneiras: ambiental e genético (Almeida, 2003).

O estresse ambiental é induzido pelos aumentos da competição; da pressão de predação; parasitismo e doenças (Rolstad, 1991) e pela limitação de recursos e da disponibilidade de locais seguros contra a predação (Rappole & Morton, 1985; Bierregard & Lovejoy, 1989). O estresse genético ocorre, principalmente, pelo desequilíbrio dos genes reguladores devido à depressão endogâmica (Crnobrnja - Isailovic *et al.* 2005) refletindo em possível aumento da assimetria flutuante.

4.4. *Gymnodactylus amarali*

O termo “bioindicadores“ pode ser definido como a escolha de espécies dada sua sensibilidade ou tolerância a diversos tipos de alterações ambientais, geralmente causadas por ações antropogênicas, como poluição orgânica, assoreamento, construção de barragens, pesca predatória, entre outros. (Washington, 1984; Agostinho *et al.*, 2005).

Lagartos são excelentes bioindicadores de diferentes níveis de alteração ambiental (Bertoluci *et al.*, 2009; Pianka & Vitt, 2003). Por serem vertebrados ectotérmicos, são altamente susceptíveis a variações na qualidade do seu habitat (Rosumek, 2007). Além disso, possuem um rápido ciclo de vida e relativa facilidade de coleta em trabalhos de campo (Huey *et al.*, 1983; Pianka & Vitt, 2003).

Os lagartos do gênero *Gymnodactylus* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) são endêmicos da América do Sul e, atualmente, o gênero é composto por cinco espécies: *Gymnodactylus darwinii*, que ocorre nas regiões costeiras da Mata Atlântica do Rio Grande do Norte até o litoral norte de São Paulo; *G.guttulatus* é endêmico dos campos rupestres da Serra do Espinhaço; *G.geckoides* é endêmico da caatinga; *G.vanzolini* é conhecido apenas para a Serra do Sincorá, Chapada Diamantina; e *G.amarali* que possui ampla distribuição pelo Cerrado brasileiro, sendo endêmico da região (Vanzolini, 2005; Cassimiro & Rodrigues, 2009).

G.amarali (Figura 2) apresenta ocorrências registradas para os estados do Maranhão, Pará, Piauí, Tocantins, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia e Minas Gerais (Cassimiro, 2010). Alimenta-se de pequenos invertebrados, principalmente de cupins, e vivem em afloramentos rochosos ou dentro de cupinzeiros, sendo considerados especialistas pela dieta e habitat (Mesquita & Colli, 2003). Alguns autores sugerem que esta espécie se reproduz na estação seca (Colli *et al.*, 2003; Colli & Zamboni, 1999; Mesquita & Colli, 2003).



Figura 2. *Gymnodactylus amarali*. Fonte: Mauro Teixeira Júnior.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área de estudo

O reservatório de Serra da Mesa insere-se na maior região hidrográfica localizada inteiramente em território brasileiro: a Região Tocantins-Araguaia, com área de drenagem de 767.000 km², incluindo duas das mais importantes e grandes áreas fitogeográficas da América do Sul: a floresta amazônica e o cerrado brasileiro (Nabout *et al.*, 2006).

O rio Tocantins, o principal da bacia, é formado pela confluência dos rios Almas e Maranhão. A área onde está implantada a Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa pertence ao trecho superior 6 desse rio (Albrecht, 2005), inserida no município de Minaçu, Goiás .

O reservatório de Serra da Mesa está inserido no Bioma Cerrado, que é considerado um "hotspot" mundial de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000). O clima predominante na região é do tipo tropical chuvoso com período seco (Aw de Köppen). A temperatura máxima pode atingir 40°C no verão e, no inverno, a temperatura média atinge 24°C. A região apresenta duas estações bem definidas: seca, no inverno e úmida no verão, com chuvas concentradas

entre os meses de novembro a março e variação média de 1.500 a 2.000 mm anuais (De Filippo *et al.*, 1999).

Os espécimes utilizados para as medições foram coletados nos seguintes pontos: (Tabela 1).

Tabela 1. Coordenadas dos pontos amostrados. I, ilha; M, margem. (Fonte: Santoro, 2012).

Sítio amostral	Latitude	Longitude
Ilhas		
I.34	13°50'58.20"S	48°19'37.52"O
I.35	13°51'25.09"S	48°19'32.63"O
I.37	13°51'10.48"S	48°19'04.22"O
I.38	13°51'35.89"S	48°19'15.78"O
I.X	13°52'16.75"S	48°19'02.71"O
Margens		
M.01	13°52'30.83"S	48°18'56.05"O
M.02	13°52'31.76"S	48°19'02.46"O
M.03	13°52'40.66"S	48°19'09.59"O
M.04	13°52'35.83"S	48°19'18.41"O
M.05	13°52'20.53"S	48°18'45.14"O

5.2. Delineamento amostral

Neste trabalho foram mensurados caracteres métricos de 88 indivíduos, todos provenientes da região do lago da UHE de Serra da Mesa, sendo que, desses, 50 são oriundos das ilhas e 38 das margens. Os espécimes foram fixados em formol 10 % e armazenados em álcool 70%. As medições foram realizadas no Laboratório de Manejo de Fauna do Departamento de Engenharia Florestal e foram utilizadas duas metodologias.

Como foram escolhidos caracteres métricos com variação contínua dos dados, a habilidade para detectar diferenças entre os lados ou desvios de AF está limitada apenas pela precisão e acurácia das medições (Palmer, 1994).

Múltiplos caracteres são preferíveis quando são testadas diferenças na estabilidade de desenvolvimento entre populações (Leary & Allendorf, 1989; Palmer & Strobeck, 1992). Se estes apresentam um padrão de variação similar, é maior a confiança de que esse padrão é algo “real” e não uma característica particular para um determinado caractere (Van Valen, 1962). Adicionalmente, são recomendados caracteres que propiciem facilidade na replicação das medidas, reduzindo-se, desta forma, os erros a elas associados (Palmer, 1994). Sendo assim, os seguintes caracteres foram tomados: comprimento da perna direita, comprimento da perna esquerda, comprimento do segundo artelho direito, comprimento do segundo artelho

esquerdo, comprimento do braço direito, comprimento do braço esquerdo, comprimento do terceiro dedo direito, comprimento do terceiro dedo esquerdo, comprimento da mandíbula direita e comprimento da mandíbula esquerda.

Todas as medidas foram executadas por um mesmo mensurador e com o mesmo paquímetro, sempre manejado com a mão direita.

Gymnodactylus amarali foi a espécie escolhida para a coleta dos dados de mensuração por ser a que apresentava maior quantidade de indivíduos e que, portanto, possibilitou um maior tamanho amostral em relação às outras espécies da expedição de coleta de herpetofauna realizada em 2011.

5.3. Descrição das metodologias

5.3.1. Metodologia 1

Cada indivíduo teve as pernas, artelhos, braços, dedos e mandíbulas medidos à precisão de 0,01mm com a utilização de paquímetro digital Vonder®. Foram realizadas cinco repetições para cada uma das variáveis, alternando-se entre o lado direito e esquerdo e fechando-se o paquímetro entre cada medida.

5.3.2. Metodologia 2

Cada indivíduo teve todos os caracteres medidos em duas etapas iguais, com duas repetições, que foram realizadas com um intervalo de tempo de uma semana entre a primeira e a segunda repetição. Os dados coletados na segunda repetição foram anotados em uma planilha diferente da que continha os encontrados na primeira, com o objetivo de diminuir a tendenciosidade do mensurador. As medidas foram realizadas com o mesmo equipamento empregado para a execução da metodologia 1.

5.4. Análises estatísticas

As análises foram realizadas de acordo com o protocolo de Palmer (1994) e Palmer & Strobeck (2003) com adaptações. A primeira etapa das análises de dados foi a detecção dos *outliers*, identificados pelo teste de *Grubbs*, através do *software* Graphpad Quick Calcs. Os dados de entrada utilizados nesse processo foram os resultados das diferenças das médias da subtração das medidas do lado esquerdo do direito de cada indivíduo, (D-E), para cada um dos caracteres. Para a metodologia 2, foram também utilizados os dados das diferenças das

médias de $(M2 - M1)$; uso justificado pela possibilidade da existência de uma diferença consistente entre os dados mensurados em diferentes dias (Palmer & Strobeck, 2003). O M1 corresponde às medições realizadas na primeira etapa de coleta de dados e M2 às medições realizadas na segunda etapa.

Utilizou-se o teste de *Grubbs* pelo fato de que as amostras tanto das metodologias (1 e 2) quanto dos locais (ilhas e margens) possuíam tamanhos amostrais (N), maiores que 25, o que o torna adequado para essa dimensão amostral, de acordo com Palmer & Strobeck (2003).

A partir dos cálculos retornados pelo Graphpad, realizou-se uma inspeção visual sobre os possíveis *outliers* com a finalidade de averiguar se a discrepância desses valores em relação às demais médias estava associada a erros de transcrição dos dados. Quando esta era a fonte de origem dos *outliers*, estes eram corrigidos baseados nas planilhas manuscritas dos dados originais e quando eram provenientes de outros erros, seguia-se a exclusão destes valores discrepantes.

Posteriormente à eliminação dos *outliers*, foi realizada para cada caractere uma ANOVA com dois fatores (lado-indivíduo), sendo que os lados (direito e esquerdo) e o indivíduo foram tomados como variáveis independentes e a repetição das medidas, variável dependente. As análises de variância foram calculadas com auxílio do pacote *stats* do software R, versão 2.15.2.

Os quadrados médios (QM) e os graus de liberdade das ANOVA do passo anterior foram transcritos para a planilha de cálculo de assimetria elaborada por Palmer e através dela foi determinado se a variação da AF era significativamente maior que o erro de mensuração. Os caracteres que apresentaram erros de mensuração com magnitudes maiores que a assimetria flutuante foram desconsiderados para as etapas seguintes.

Pela mesma planilha de cálculos do Palmer, os valores da assimetria direcional (D-E) foram testados através de um teste t pareado para cada caractere (Palmer, 1994). Caracteres que apresentavam resultados significativos para assimetria direcional foram submetidos às correções de Bonferroni e só após tais correções, eram considerados ou não como válidos para análise de AF.

Também foi utilizada a comparação da média de D-E com o índice de assimetria flutuante FA4a para cada um dos caracteres. A média de D-E, neste caso, foi considerada assimetria direcional (AD) e quando comparadas com o índice FA4a (índice de assimetria flutuante) permitiam a confirmação de que a AD para o caractere era menos expressiva que a assimetria flutuante (AF). A presença de AD infla, artificialmente, os valores de determinados

índices de assimetria flutuante e, se um caractere exibe assimetria direcional, alguma parcela da variação entre os lados pode ter uma base genética. Ou seja, a variação entre os lados não é puramente um produto do ruído no desenvolvimento (Palmer & Strobeck, 1992).

Os caracteres que após esses critérios apresentavam relevante AD, foram desconsiderados das análises.

5.4.1. Normalidade

A antissimetria, em estudos de AF, apresenta as mesmas desvantagens que a AD: superestima os escores de todos os índices AF, pois é possível que uma parcela da variação entre os lados do caractere seja proveniente de uma base genética, ou seja, a variação não foi puramente produzida pelo ruído no desenvolvimento (Palmer & Strobeck, 1992). “Correções” estatísticas para antissimetria ainda não foram sugeridas e estimativas de variação entre os lados baseada em caracteres que exibem antissimetria não podem ser comparadas quantitativamente com aquelas que exibem AF “ideal”. Os caracteres dotados com esta forma de assimetria foram desconsiderados após realização de teste de normalidade, calculados no software R. Também foi utilizado o teste de normalidade Shapiro Wilk, aplicado com (p=0,05) de significância com o auxílio do *software* Past (*Paleontological Statistics*).

5.4.2. Índices de assimetria flutuante

Foram escolhidos três estimadores de AF: FA4a (a magnitude de assimetria flutuante incluindo o erro), FA10a (magnitude da assimetria não direcional depois de excluído o erro de mensuração) e o FA2 (índice que inclui o erro de medição e exclui a influência do tamanho do caractere) , calculados pelas seguintes equações (Tabela 2).

Tabela 2. Equações dos estimadores de assimetria flutuante (Palmer & Strobeck, 2003).

Índices de assimetria flutuante	Definição dos termos da equação
$FA4a=0,798*\sqrt{\sigma^2}$	σ^2 : variância das médias de (D-E)
$FA2= [D-E / ((D+E)/2)]$	D: medida dos caracteres do lado direito E: medida dos caracteres do lado esquerdo
$FA10a= \frac{(MSli - MSe)}{M}$	MSli: quadrado médio da interação entre lado e indivíduo obtido da ANOVA; MSe: é o quadrado médio do erro obtido da ANOVA. M: número de medidas replicadas por lado.

5.4.3. Erros de mensuração

O erro de mensuração (ME3) foi obtido a partir da planilha de cálculo de Assimetria Flutuante elaborada por Palmer. Ele denota a porcentagem da variação entre os lados direito e esquerdo que está associada ao erro decorrente da medição. Além deste, foram também obtidos o ME2 (desvio padrão das médias das medidas repetidas). E o ME5, que expressa a variação da AF como uma proporção do total da variação entre os lados, ou seja, é uma maneira de avaliar a repetibilidade das medições (Palmer, 2003) (Tabela3).

Tabela 3. Equações dos erros de mensuração ME3, ME2, e ME5 (Palmer, 1994).

Erros de mensuração	Definição dos termos da equação
$ME3 = 100 * ME1 / FA1$	FA1: média D-E e $ME1 = \sum M1 - M2 / N$. M1 e M2: série de medições repetidas de um dado caractere ou indivíduo.
$ME2 = \sqrt{MSm}$	MSm é o MSerro da ANOVA lado – indivíduo
$ME5 = \frac{MS_{interação} - MSm}{MS_{interação} + (n - 1) * MSm}$	n: número de repetições das medições. MSinteração: MSlado – indivíduo da ANOVA MSm é o MSerro da ANOVA lado – indivíduo

;

6. RESULTADOS

6.1. Assimetria direcional

Os caracteres que apresentaram valores de P abaixo de 0,05 foram considerados significativos para o teste de assimetria direcional pela ANOVA lado-indivíduo. No entanto, qualquer caractere pode expressar as três formas de assimetria e para constatar que a magnitude da assimetria direcional era menor que a assimetria flutuante foi realizada a comparação das médias de D-E com o índice FA4a, sendo este, o índice de assimetria flutuante relacionado ao desvio das médias de (D-E).

As médias da diferença de D-E foram consideradas como assimetria direcional. Quando o valor da média de D-E é positivo, tem-se que para esse caractere o lado direito tende a ser maior que o esquerdo e se o valor da média de D-E é negativo, assume-se que o lado esquerdo tende a ser maior que o direito.

Como os sinais positivos e negativos indicam apenas pra qual dos lados a assimetria está direcionada e não sua magnitude, a média de D-E foi considerada um valor absoluto $|D-E|$ quando comparada ao índice FA4a. Caso FA4a tenha maior magnitude que o $|D-E|$, teve-se para o caractere , maior influência da assimetria flutuante que da assimetria direcional durante o processo de desenvolvimento.

Para as medições realizadas pela metodologia 1 (Tabela 4), a perna, pelo teste de assimetria direcional teve valores de P significativos tanto para as populações das ilhas quanto das margens e médias(D-E) negativas, indicando a tendência da perna esquerda ser maior que a direita.

Para o braço, ainda considerando a metodologia 1, P foi significativo apenas para as populações das margens. Além disso, a média de D-E foi negativa para as populações das ilhas e positiva para as margens.

O valor de P foi significativo para a mandíbula das populações das ilhas e margens (metodologia 1). Sendo que para as margens, o valor da média (D-E) foi superior ao índice FA4a.Ou seja, para esse caractere, a magnitude da assimetria direcional é maior que a magnitude da assimetria flutuante.

Tabela 4. Resultados de assimetria direcional (P e média D-E) e FA4a para as medições realizadas com a utilização da metodologia 1.

Caractere	Local	P	Média(D-E)	FA4a
Perna	Ilha	0,001	-0,580	0,898
	Margem	0,029	-0,278	0,660
Artelho	Ilha	0,635	0,023	0,256
	Margem	0,181	0,057	0,201
Braço	Ilha	0,892	-0,036	0,542
	Margem	0,000	0,646	0,692
Dedo	Ilha	0,969	-0,001	0,186
	Margem	0,388	-0,024	0,142
Mandíbula	Ilha	0,000	-0,106	0,229
	Margem	0,000	-0,402	0,161

Para as medições realizadas pela metodologia 2 (Tabela5), P foi significativo para o artelho das populações das ilhas e as médias (D-E) foram positivas para ilhas e margens.

Para o braço, P foi significativo para as populações das margens e as médias de (D-E) positivas para ambas as populações.

Assim como para a metodologia 1, a mandíbula das populações das margens apresentou média (D-E) superior ao índice FA4a, impossibilitando a análise da assimetria flutuante para o caractere.

Tabela 5. Resultados de assimetria direcional (P e média D-E) e FA4a com a utilização da metodologia 2.

Caractere	Local	P	Média(D-E)	FA4a
Perna	Ilha	0,655	-0,098	0,797
	Margem	0,163	-0,193	0,705
Artelho	Ilha	0,033	0,097	0,188
	Margem	0,420	0,031	0,225
Braço	Ilha	0,131	0,177	0,659
	Margem	0,001	0,515	0,722
Dedo	Ilha	0,796	-0,003	0,146
	Margem	0,692	-0,037	0,212
Mandíbula	Ilha	0,000	-0,145	0,236
	Margem	0,000	-0,443	0,281

6.2. Desvios de Normalidade (Antissimetria)

A distribuição das médias de D-E, considerada normal para $p(\text{normal}) > 0,05$, não foi encontrada para o artelho das populações das ilhas em ambas as metodologias, bem como para dedo mensurado pela metodologia 1 das populações das ilhas. O mesmo ocorreu com a mandíbula para as populações das ilhas e das margens medidas pela metodologia 2. (Tabela6)

Tabela 6. Resultados do teste de normalidade para as populações de ilhas e margens mensuradas pelas metodologias 1 e 2 .

Caractere	Local	Metodologia 1		Metodologia 2	
		Shapiro Wilk	p(normal)	Shapiro Wilk	p(normal)
Perna	Ilha	0,978	0,514	0,991	0,976
	Margem	0,969	0,405	0,977	0,633
Braço	Ilha	0,976	0,530	0,959	0,142
	Margem	0,941	0,058	0,951	0,109
Artelho	Ilha	0,857	0,000	0,941	0,022
	Margem	0,956	0,176	0,973	0,479
Dedo	Ilha	0,902	0,002	0,980	0,680
	Margem	0,963	0,282	0,947	0,093
Mandíbula	Ilha	0,956	0,082	0,937	0,012
	Margem	0,983	0,829	0,841	0,000

6.2.1. Curvas de normalidade

Para melhor observação das distribuições de frequências de D-E foram geradas as curvas de normalidade (figuras de 3 a 14) para os caracteres que apresentaram distribuição normal, atestando que para esses caracteres não há antissimetria significativa. Para todas as figuras pode-se observar uma maior frequência (D-E) nas classes de D-E com resultados em torno de zero, o que caracteriza curvas de assimetria flutuante.

Curvas de normalidade para as ilhas: metodologia 1.

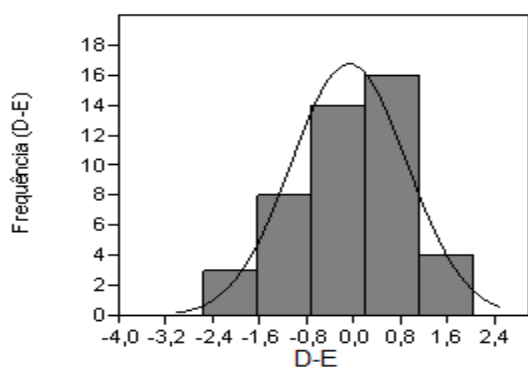


Figura 3. Distribuição de frequências de D-E para a perna.

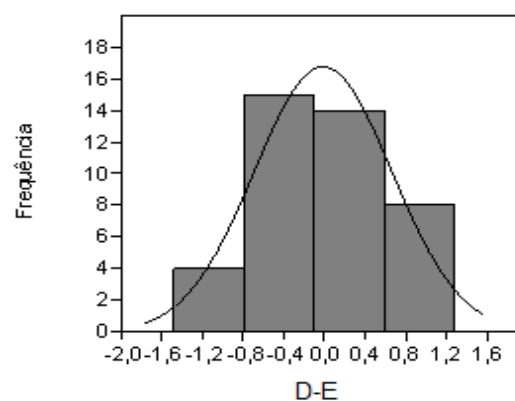


Figura 4. Distribuição de frequências de D-E para o braço.

Curvas de normalidade para as ilhas: metodologia 2.

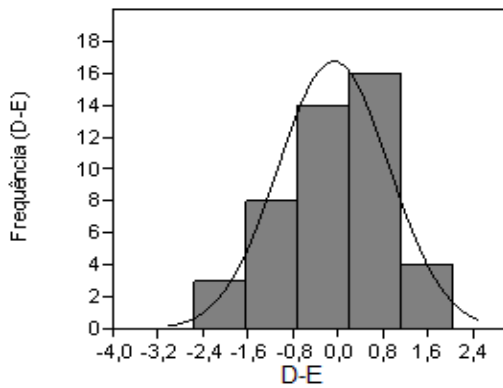


Figura 5. Distribuição de frequências de D-E para a perna.

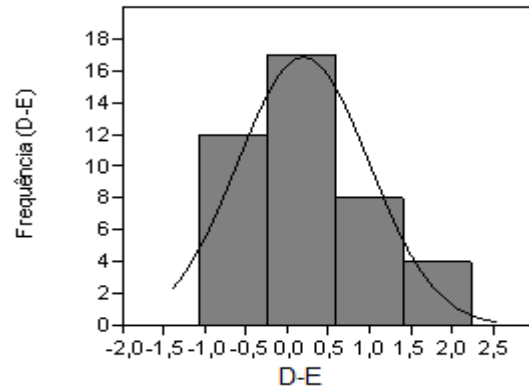


Figura 6. Distribuição de frequências de D-E para o braço.

Curvas de normalidade para as margens: metodologia 1

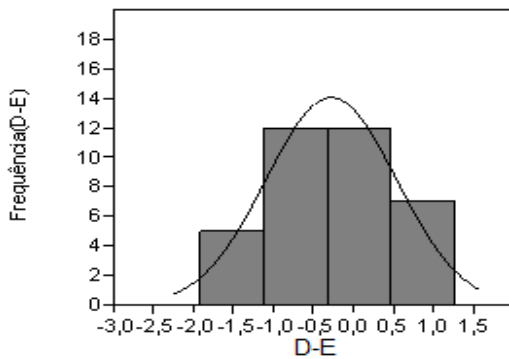


Figura 7. Distribuição de frequências de D-E para a perna.

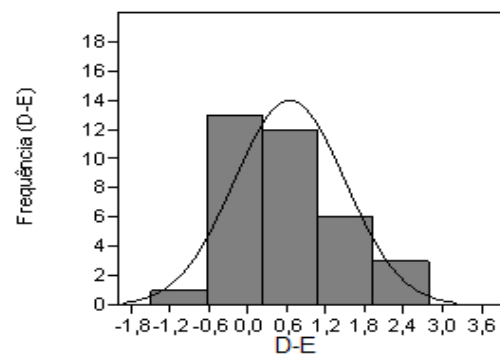


Figura 8. Distribuição de frequências de D-E para o braço.

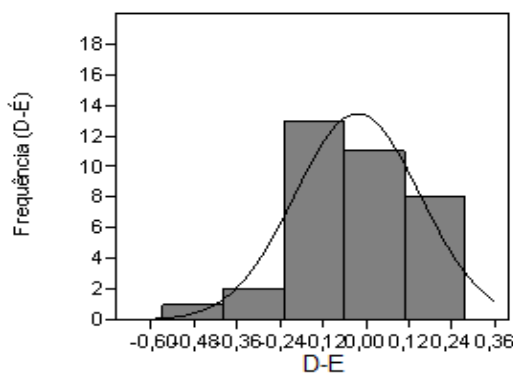


Figura 9. Distribuição de frequências de D-E para o dedo.

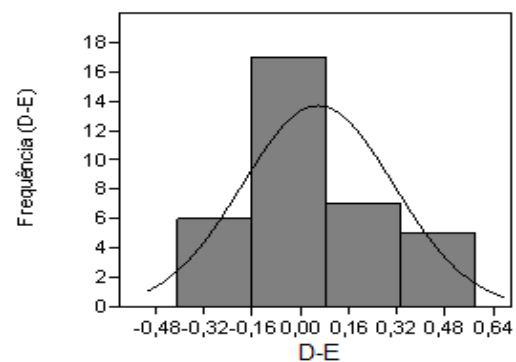


Figura 10. Distribuição de frequências de D-E para o artelho.

Curvas de normalidade para as margens: metodologia 2.

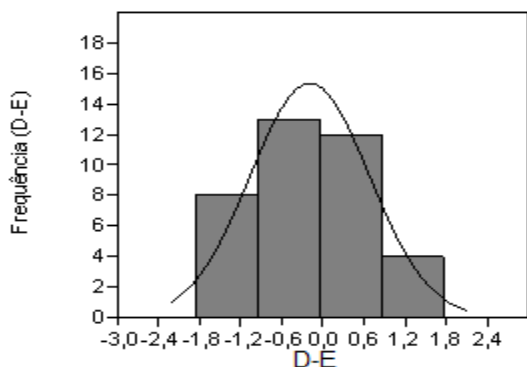


Figura 11. Distribuição de frequências de D-E para a perna.

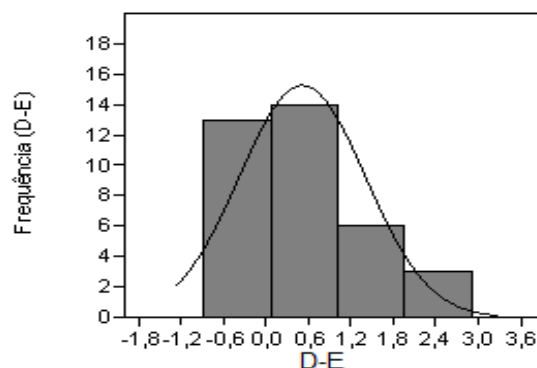


Figura 12. Distribuição de frequências de D-E para o braço.

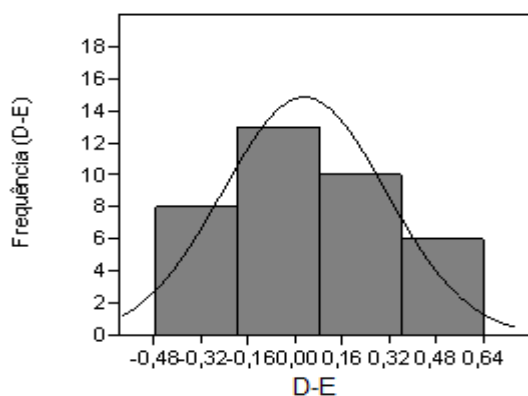


Figura 13. Distribuição de frequências de D-E para o dedo.

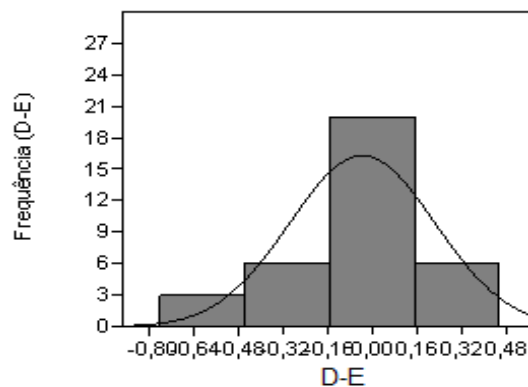


Figura 14. Distribuição de frequências de D-E para o artelho.

6.3. Assimetria flutuante

Para a perna, as médias do índice FA10a e as variâncias (σ^2) de FA10a foram maiores para as populações das ilhas em ambas as metodologias quando comparadas às médias e variâncias observadas para as populações das margens.

Para o braço, as médias de FA10a foram maiores para as margens, assim como a variância de FA10 quando comparadas aos resultados para as ilhas.

Para os caracteres artelho e dedo, apenas as metodologias 1 e 2 para as populações das margens foram comparadas, pois esses caracteres não apresentaram distribuições normais nas populações das ilhas. Os resultados encontrados para as médias e variâncias de FA10a entre as metodologias 1 e 2 foram bastante próximos para o artelho. Para o dedo, a metodologia 2 apresentou maior média e maior variância (Tabela 7).

Tabela 7. Principais componentes para a análise de assimetria flutuante para ilhas e margens. Caract.: caractere; Número de caracteres mensurados (N); Erro padrão (EP); lado direito (D); lado esquerdo(E); variância (σ^2) e grau de liberdade (G.l).

Local/ Método	Caract.	N	(D+E)/2	D-E			D-E =FA2	FA10a		
			Média(± EP)	Média(± EP)	Skew(±EP)	Curtose(±EP)	Média(± EP)	Média	σ^2	G.l
Ilha/	Perna	46	16,173 ±0,277	-0,580 ±0,168	-0,384 ±0,350	0,604 ±0,688	0,059 ±0,008	0,449	0,580	45
Met.1	Braço	41	12,156 ±0,202	-0,015 ±0,107	-0,222 ±0,369	-0,557 ±0,724	0,047 ±0,005	0,271	0,177	40
Ilha/	Perna	42	16,460 ±0,265	-0,071 ±0,154	-0,164 ±0,365	-0,298 ±0,717	0,050 ±0,006	0,399	0,384	24
Met.2	Braço	38	12,216 ±0,186	0,195 ±0,134	0,605 ±0,383	0,008 ±0,750	0,053 ±0,007	0,330	0,171	10
Margem/	Perna	36	16,161 ±0,418	-0,278 ±0,138	-0,129 ±0,393	-0,336 ±0,768	0,043 ±0,005	0,330	0,284	25
Met.1	Braço	35	12,501 ±0,309	0,646 ±0,147	0,525 ±0,398	0,780 ±0,778	0,066 ±0,011	0,346	0,320	25
	Artelho	36	3,943 ±0,147	0,057 ±0,042	0,458 ±0,393	-0,204 ±0,768	0,050 ±0,008	0,100	0,026	22
	Dedo	35	3,096 ±0,072	-0,024 ±0,030	-0,577 ±0,398	0,909 ±0,778	0,046 ±0,006	0,071	0,013	16
Margem/	Perna	37	16,155 ±0,407	-0,193 ±0,145	-0,179 ±0,388	-0,417 ±0,759	0,045 ±0,006	0,352	0,352	28
Met.2	Braço	36	12,564 ±0,291	0,515 ±0,151	0,676 ±0,393	-0,037 ±0,768	0,068 ±0,010	0,361	0,343	22
	Artelho	37	3,918 ±0,144	0,031 ±0,046	0,353 ±0,388	-0,445 ±0,759	0,059 ±0,008	0,112	0,028	16
	Dedo	35	3,106 ±0,071	-0,037 ±0,045	-0,524 ±0,398	0,032 ±0,778	0,061 ±0,011	0,106	0,025	18

6.3.1. Erros de mensuração

Ilhas

Para perna e braço, ME2 teve valores muito próximos entre as metodologias 1 e 2; ME3 foi maior para a metodologia 2 e ME5 para a metodologia 1. (Tabela 8)

Tabela 8. Erros ME3, ME2 e ME5 para as populações das ilhas.

Caractere	Metodologia	Média FA2	Erro padrão	ME2(mm)	ME3(%)	ME5(%)
Perna	Metodologia 1	0,059	0,008	0,490	7,643	70,7
	Metodologia 2	0,050	0,005	0,492	23,96	61,3
Braço	Metodologia 1	0,047	0,005	0,533	24,274	38,4
	Metodologia 2	0,053	0,007	0,563	48,18	35,0

Margens

Perna, braço, artelho e dedo tiveram maiores valores de ME2 quando mensurados pela metodologia 1. Apenas o braço apresentou maior valor de ME3 para a metodologia 2. Para os quatro caracteres ME5 foi maior nas medições realizadas pela metodologia 2.

Tabela 9. Erros ME3, ME2 e ME5 para as populações das margens.

Caractere	Metodologia	Média FA2	Erro padrão	ME2(mm)	ME3 (%)	ME5(%)
Perna	Metodologia 1	0,043	0,005	0,510	15,476	52,2
	Metodologia 2	0,045	0,006	0,292	10,773	80,5
Braço	Metodologia 1	0,066	0,011	0,529	14,894	53,3
	Metodologia 2	0,059	0,010	0,377	17,170	70,7
Artelho	Metodologia 1	0,050	0,008	0,182	20,245	44,1
	Metodologia 2	0,068	0,008	0,159	30,929	52,8
Dedo	Metodologia 1	0,046	0,006	0,175	31,256	30,5
	Metodologia 2	0,061	0,011	0,126	23,916	61,4

6.4. Comparação da assimetria flutuante dos caracteres.

6.4.1. Comparação entre as metodologias 1 e 2 para ilhas.

A análise de variância entre as metodologias 1 e 2, mostra que não há diferença significativa entre elas. Perna: (F=0,837, P=0,363); braço: (F=0,464, P=0,498).

6.4.2. Comparação entre as metodologias 1 e 2 para as margens

A comparação entre os resultados de AF obtidos pelas duas metodologias mostra que não houve diferença significativa entre elas para nenhum dos caracteres mensurados para os indivíduos das margens. Perna: (F=0,028, P=0,867); braço: (F=0,014, P=0,905); artelho: (F=0,692, P=0,408); dedo: (F=1,478, P=0,228).

6.4.3. Comparação da assimetria flutuante entre ilhas e margens

Não houve diferença significativa nos índices encontrados para os caracteres dos espécimes destes locais. Perna: (F=2,254, P=0,137); braço: (F=0,417, P=0,52).

Boxplots

A distribuição das frequências do índice de assimetria FA2 para as metodologias 1 e 2 para populações de ilhas e margens pode ser melhor observada através dos *boxplots*.

Na figura 15, tem-se que para a perna, as médias de FA2 para as metodologias 1 e 2 de ambos os locais possuem valores próximos. No entanto, para as populações das ilhas, há uma maior amplitude entre o maior e o menor valor de FA2, ou seja, houveram indivíduos com uma assimetria mais acentuada, em especial para a metodologia 1. Para as margens, o comportamento das distribuições de FA2 foi semelhante.

Para o braço (figura 16), as médias de FA2 encontradas pela metodologia 2 para as populações das ilhas, teve maior média em relação aos demais tratamentos, porém as maiores variações foram observadas para as metodologias 1 e 2 das populações das margens.

A figura 17, diz respeito à distribuição de frequências para o dedo das populações das margens. Para a metodologia 2 houve uma maior amplitude entre o maior e o menor valor e também uma menor média em relação à metodologia 1.

Para o artelho das populações das margens (figura 18), a metodologia 2 também foi a que apresentou maior amplitude.

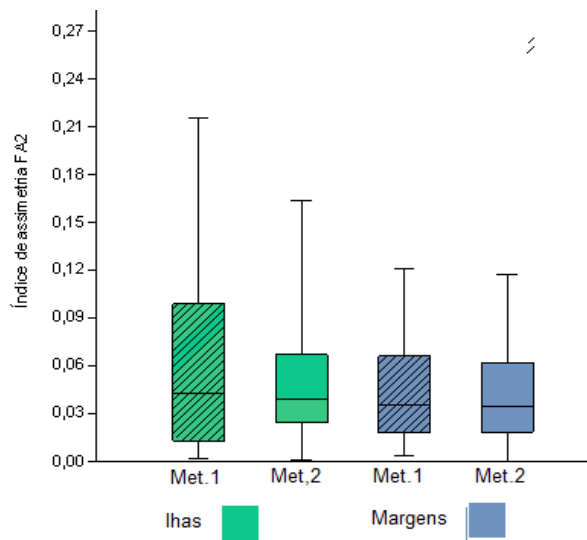


Figura 15. Boxplots para a perna

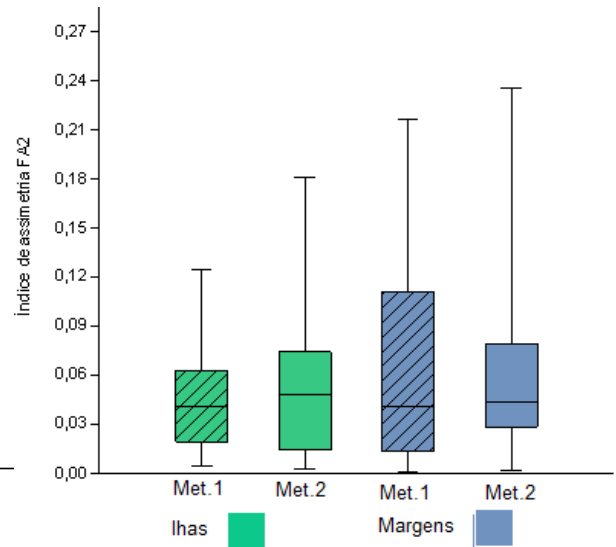


Figura 16. Boxplots para o braço.

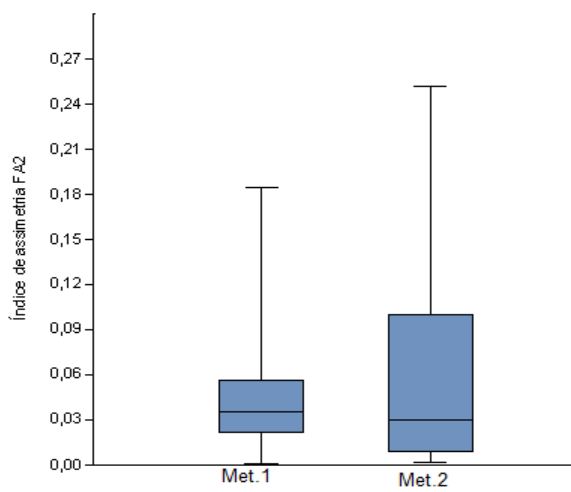


Figura 17. Boxplots para o dedo.

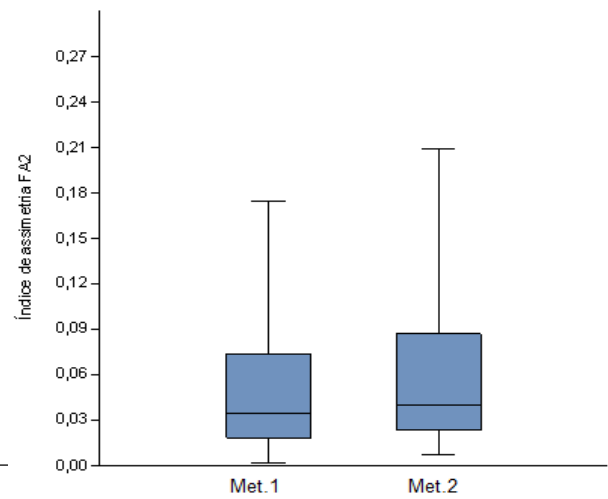


Figura 18. Boxplots para o artelho.

7. DISCUSSÃO

A relação entre a assimetria flutuante e o estresse ambiental é proposta por vários autores na literatura (Moller 1997; Lens *et al.* 2002; Gorur, 2006), sendo que, o aumento do estresse durante o desenvolvimento tende a aumentar os níveis de AF (Palmer & Strobeck, 1986).

O principal impacto da construção de usinas hidrelétricas é o alagamento de extensas áreas de vegetação para formação de reservatórios, provocando perdas substanciais de áreas florestadas, resultando na formação de centenas ou milhares de ilhas com diferentes graus de isolamento, tamanho e formas geométricas (Wu *et al.*, 2004; Lima, 2006) e contribuindo para a perda de habitat da vida silvestre, sendo responsável por diversos danos à fauna e flora terrestres gerando devastações e extinções (Primack & Rodrigues, 2001).

A fragmentação é uma das principais causas da perda da biodiversidade nos ambientes naturais. As populações que vivem nos fragmentos podem ser drasticamente afetadas pelo tamanho e isolamento da área, efeito de borda, distância entre um fragmento e outro, mudanças físicas e bióticas, e pela paisagem circundante (Bierregard *et al.*, 1992; Andrés, 1994).

Com o isolamento, há uma redução do fluxo gênico e do tamanho de populações, aumentando a probabilidade de ocorrência de deriva genética e depressão endogâmica, que podem promover uma perda da variabilidade genética (Wayne *et al.*, 1986; Francisco, 2001).

Sabe-se que o estresse ambiental e genético nas populações é responsável pelo aumento da assimetria flutuante em diversas espécies (Badyaev *et al.*, 2000; Leamy *et al.*, 1999;). Populações de andorinhas próximas a Chernobyl têm níveis de assimetria flutuante nas penas das caudas de três a quatro vezes mais elevados quando comparadas às aves em áreas de controle (Tomkins & Kotiaho, 2001). Relação similar entre o grau de fragmentação e o nível de AF foi encontrada quando populações de ambientes fragmentados foram comparadas com animais de áreas contínuas (Anciães, 1998; Lens & Van Dongen, 1999).

Apesar dos pontos levantados acima, não foi encontrada diferença significativa na assimetria flutuante entre as populações de *Gymnodactylus amarali* das ilhas e margens, o que pode indicar que os possíveis desvios de simetria estão sendo controlados pelos mecanismos de homeostasia de desenvolvimento ou que as populações das ilhas e margens não estão sendo afetadas da mesma maneira. Em particular, a falta de relação entre degradação

ambiental e assimetria flutuante não deve ser interpretado como prova de que não há tensão significativa no sistema (Tomkins & Kotiaho, 2001).

Foram encontrados os três tipos de assimetria (assimetria flutuante, assimetria direcional e antissimetria) para os caracteres considerados neste trabalho. De acordo com Kark (2001), há um contínuo entre os tipos de assimetria, dessa forma, a mudança de AF para a assimetria direcional ou antissimetria pode ocorrer frente a um alto nível de estresse, como o que presumivelmente acontece na região de Serra da Mesa. Além disso, a presença de assimetria direcional para alguns caracteres também pode estar relacionada à instabilidade do desenvolvimento (Graham *et al.* 1993, Moller, 1994; Velickovic & Jakovcev- Todorovic, 2006).

Para a mandíbula, a significativa assimetria direcional encontrada, que não permitiu que o caractere fosse utilizado para análise de assimetria flutuante, pode ser explicada pela dificuldade em se obter o mesmo ângulo de visualização dos pontos-alvo durante as medições dos lados direito e esquerdo.

O verdadeiro erro de medição (ME), não pode ser obtido com confiança através dos erros calculados (ME3, ME4 e ME5), porque diferenças na repetibilidade ou confiabilidade pode aumentar devido a uma diminuição no ME ou a um aumento na AF (Palmer, 2003).

Nas ilhas, o ME2 para os caracteres perna e braço, que é o estimador relacionado ao desvio das médias, teve resultados de menor amplitude entre as metodologias 1 e 2, quando comparado aos resultados encontrados para os mesmos caracteres para as populações das margens.

Para a maior parte dos dados, o ME3 foi maior para a metodologia 2. Essa tendência já era esperada pelo fato de que uma menor replicação de dados fornece uma menor precisão (Silva, 2005).

Nas margens, em que foi possível a utilização do dedo e artelho para as análises de assimetria flutuante, o ME3 foi maior para esses caracteres que para braço e perna. Além disso, ME3 foi maior para o braço e perna das populações das ilhas que para esses mesmos caracteres das populações das margens. Isso talvez tenha sido relevante para que não fosse encontrada diferença nos índices de AF entre as populações dos dois locais.

No entanto, em relação às metodologias empregadas, as divergências entre os erros não fez com que os índices de assimetria flutuante encontrados para as diferentes metodologias fossem significativamente distintos. Isso torna possível a aplicação da metodologia com duas repetições, o que em termos práticos é muito interessante porque o

tempo empregado nas medições feitas por esse método é muito menor em relação ao de cinco repetições. Para se ter uma ideia, foram gastas em torno de 80 horas para a execução da primeira metodologia na medição dos 88 espécimes utilizados. Já para a segunda, foram empregadas aproximadamente 32 horas.

8. CONCLUSÕES

As três formas de assimetria foram encontradas para os caracteres analisados.

A mandíbula não foi um caractere adequado para as análises de assimetria flutuante.

Não houve diferença significativa na utilização das metodologias 1 e 2, sendo esta última executada com maior praticidade.

As populações de ilhas e margens não apresentaram diferenças significativas nos índices de assimetria flutuante.

Por não haver diferença entre as metodologias 1 e 2, a escolha de uma ou outra em aplicações nos estudos de assimetria flutuante dependerá das finalidades, como tempo e praticidade, almejadas pelo pesquisador.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.C.V. **Assimetria flutuante em esqueletos de aves Passeriformes do Estado de Minas Gerais: aspectos metodológicos e implicações sobre a utilização de coleções osteológicas como objeto de estudos de variação temporal de comunidades.** Dissertação. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003.
- ANCIÃES, M. **Assimetria flutuante como indicador de efeitos da fragmentação em passeriformes da Mata Atlântica.** Dissertação. UFMG. Belo Horizonte, 1998.
- ANDRÉN, H. **Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review.** *Oikos* 71,p. 355-366,1994.
- BADYAEV, A. V.; FORESMAN, K. R; FERNANDES, M. V. **Stress and developmental stability: vegetation removal causes increased fluctuating asymmetry in shrews.** *Ecology*, 81 (2): 336-345, 2000.
- BALMFORD, A.; JONES, I. L. & THOMAS, A. L. R. **On avian asymmetry: evidence of natural selection for symmetrical tails and wings in birds.** *Proc. R. Soc. Lond. B* 252:245-251, 1993.
- BERTOLUCI, J.; CANELAS, M. A. S.; EISEMBERG, C. C.; PALMUTI, C.F; MONTINGELLI, G. G. **Herpetofauna da Estação Ambiental de Peti, um fragmento da Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil.** *Biota Neotrop.*, vol.9, nº1, Jan/Mar. 2009.
- BIERREGARD, R. O.; LOVEJOY, T. E. **"Effects of forest fragmentation on Amazonian understory bird communities."** *Acta Amazônica* 19: 215- 241.1989
- BIERREGARD, R.O.; LOVEJOY, T.E.; KAPOS, V.; SANTOS, A.A. & HUTCHINGS, R.W. **The biological dynamics of tropical rainforest fragments.** *Bioscience*, 42 (11),p.859-866,1992.
- BORTOLOTTI, G. R; GABRIELSON, R. **Fluctuating asymmetry in the skeleton of the American kestrel, *Falco sparverius*: a test of the consequences of sexual size dimorfism.** *Canadian Journal of Zoology*, Canada, v.73, p.141-145, 1995.

BRUNA, E. 2001. **Effect of habitat fragmentation on the growth, reproduction and population dynamics of an Amazony understory herb (*Heliconia acuminata*, Heliconiaceae)**. Dissertation submitted in partial satisfaction on the requirements of the degree of doctor of philosophy in population biology in the office of graduate studies of the University of California Davis, 226 p.

CASSIMIRO, J. **Sistemática e filogenia do gênero *Gymnodactylus* Spix, 1825 (Squamata: Gekkota: Phyllodactylidae) com base em caracteres morfológicos e moleculares**. Tese. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia. São Paulo, 2010.

CASSIMIRO, J. & RODRIGUES, M.T. (2009) **A new species of lizard genus *Gymnodactylus* Spix, 1825 (Squamata: Gekkota: Phyllodactylidae) from Serra do Sincorá, northeastern Brazil, and the status of *G. carvalhoi* Vanzolini, 2005**. Zootaxa, 2008, 38-52

CLARKE, G. M. **Relationships between developmental stability and fitness: application to conservation biology**. Conservation Biology, 9(1): 18-24, 1995.

COLLI, G. R., MESQUITA, D. O., RODRIGUES, P. V. V. & KITAYAMA, K. (2003) **Ecology of the gecko *Gymnodactylus geckoides amarali* in a Neotropical savanna**. Journal of Herpetology, 37, 694-706.

COLLI, G. R. & ZAMBONI, D. S. (1999) **Ecology of the worm-lizard *Amphisbaena alba* in the cerrado of Central Brazil**. Copeia, 1999, 733-742.

CRNOBRNJA-ISAILOVIC, J.; ALEKSIC, I.; BEJAKOVIC, D. **Fluctuating asymmetry in *Podarcis muralis* populations from Southern Montenegro: detection of environmental stress in insular populations**. Amphibia-Reptilia, v. 26, p. 149-158, 2005.

FRANCISCO, M. R. . **Efeitos da fragmentação da Mata Atlântica sobre populações de aves verificados através de análises de microssatélites**. 2001. 78f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) –PPG-ERN, CCBS, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

GORUR, G. 2006. **Developmental instability in cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) populations exposed to heavy metal accumulated host plants**. Ecological Indicators 6: 743-748.

- HELM, B. & ALBRECHT, H. **Human handedness causes directional asymmetry in avian wing measurements.** *Animal Behavior*, 60:899-902, 2000.
- HÓDAR, J. A. **Leaf fluctuating asymmetry of *Holm oak* in response to drought under contrasting climatic conditions.** *Journal of Arid Environments*. Vol. 5, Issue 2, october 2002. p. 233-243, 2002.
- HUEY, R.B., PIANKA, E.R. & SCHOENER, T.W. (1983) **Lizard Ecology: Studies of a Model Organism.** Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- KARK, S. **Shifts in bilateral asymmetry within a distribution range: the case of the chukar partridge.** *Evolution*, 55(10):2088-2096,2001.
- KARK, S., L. LENS, S. VAN DONGEN & E. SCHMIDT.2004. **Asymmetry patterns across the distribution range: Does the species matter?** *Biological Journal of the Linnean Society*, 81: 313-324.
- LEAMY, L. J.; DOSTER, M.J & HUET-HUDSON, Y. 1999. **Effects of methoxychlor on directional and fluctuating asymmetry of mandible characters in mice.** *Ecotoxicology*, 8: 63-71.
- LEARY, F.R. & ALLENDORF, F.W. (1989). **Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: implications for conservation biology.** *Trends Ecol. Evol.* 4: 214-217.
- LENS, L.; VAN DONGEN, S. **Evidence for organism-wide asymmetry in five birds species of a fragmented afroropical forest.** *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 266:1055-1060, 1999.
- LERNER, I.M. **Genetic homeostasis.** Oliver and Boyd, Edinburgh, UK. 1954.
- LIJTEROFF, R.; LIMA, L.; PRIERI, B. **Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica em La ciudad de San Luis, Argentina.** *San Luis*, v. 3, n.1, p.3-6, octubre, 2008.
- LIMA, J. F. **Composição e riqueza de espécies de anuros (Amphibia) em fragmentos florestais no Lago de Tucuruí, Pará.** Dissertação de Mestrado. Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará. 2006. 59p.

- MOLLER, A. P. & J. P. SWADDLE, 1997. **Asymmetry, developmental stability and evolution**. Oxford University Press, Oxford.
- MOLLER, A.P. **Sexual selection and the barn swallow**. Oxford: Oxford University Press. 1994a.
- MOLLER, A.P. Symmetrical male sexual ornaments, paternal care, and offspring quality. *Behav. Ecol.* 5:188-194, 1994b.
- MOLLER, A. P. 1995. **Patterns of fluctuating asymmetry in sexual ornaments of birds from marginal and central populations**. *Am. Nat.* 145: 316-327.
- PALMER, A. R. & STROBECK, C. (1986). **Fluctuating asymmetry: measurements, analysis, patterns**. *Ann. Rev. Ecol.Syst.* 17: 391-421.
- PALMER, A. R. & C. STROBECK. 1992. **Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: Implications of non-normal distributions and power of statistical tests**. *Acta Zoologica Fennica* 191: 55-70.
- PALMER, A. R. 1994. **Fluctuating asymmetry analyses: A primer**. In: **Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications**. (T. Markow, Ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- PALMER, A.R. & C. STROBECK. 2003. **Fluctuating asymmetry analyses revisited**. In **Developmental Instability (DI): Causes and Consequences**. M.Polak, ed. Oxford University Press, Oxford. Pp. 279- 319.
- POLAK, M. & TRIVERS, R. **The science of symmetry biology**. *Trends Ecol. Evol.* 9:122-124,1994.
- PRIMACK, R.B., RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina, 2001. 328p.
- RAPPOLE, J. H. & MORTON, E. S. 1985. **Effects of habitat alteration from southern Atlantic forest, Brazil**. *Ornit. Monogr.* (36): 1013-1021.
- ROSUMEK, F.B; CANTO, P.E.P.FARIA; MOZERLE, H.B.; MATOS, J.J. **Associação entre *Liolaemus occipitalis*(Squamata: Tropicoduridae) e a vegetação de restinga e sua importância para a conservação nas dunas da Praia da Joaquina, Ilha de Santa**

Catarina, sul do Brasil. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de setembro de 2007, Caxambu- MG.

SARRE, S., DEARN, J.D. & GEORGES, A. 1994. **The application of fluctuating asymmetry in the monitoring of animal populations.** Pac. Cons, Biol. 1: 118-122.

SARRE, S. 1996. **Habitat fragmentation promotes fluctuating asymmetry but not morphological divergence in two geckos.** Res. Popul. Ecol.38: 57-64.

SARRE, S. & DEARN, J.D. 1991. **Morphological variation and fluctuating asymmetry among insular populations of the sleepy lizard, *Trachydosaurus rugosus* Gray (Squamala Scincidae).** Austr. J. Zool. 39: 91-104.

SILVA, J.G.C. da. **Planejamento de experimentos.** Pelotas. Universidade Federal de Pelotas, RS. Instituto de Física e Matemática, 2005.

SIMMONS, L.W.; TOMKINS, J.L.; KOTIANO, J.S. & HUNT, J. **Fluctuating paradigm.**Proceedings of the Royal Society of London Series B 266:593-595,1999.

TOMKINS, J.L. & KOTIAHO, J.S. **Fluctuating asymmetry.** Encyclopedia of life sciences, 2001. Macmillan Publishers Ltd.

VAN DONGEN, S. **Accuracy and power in fluctuating asymmetry studies: effects of sample size and number of within-subject repeats.** Journal of Evolutionary Biology. 12;547:550, 1999

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

VANZOLINI, P. E. (2005) **On *Gymnodactylus amarali* Barbour, 1925, with description of a new species (Sauria, Gekkonidae).** Anais da Academia Brasileira de Ciências, 77, 595-611.

VITT, L. J., E. R. PIANKA, W. E. COOPER, and K. SCHWENK. 2003. **History and the global ecology of squamate reptiles.** American Naturalist 162: 44-60.

WADDINGTON, C. H. 1942. **Canalization of development and the inheritance of acquired characters.** Nature, 150: 563-565.

WAUTERS, L. A., DHONDT, A. A, KNOTHE, H. & PARKIN, D. T 1996. **Fluctuating asymmetry and body size as indicators of stress in red squirred populations in woodland fragments.** J. Appl. Ecol. 33: 735-740.

WAYNE, R.K., MODI, W. S. & O'BRIEN, S. J. 1986. **Morphological variability and asymmetry in the Cheetah (*Acinonyx jubatus*), a genetically uniform species.** Evolution 40: 78-85.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis.** 4. Ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.