



## **Morfometria geométrica e a aplicação no estudo morfológico em asas de libélulas (Insecta: Odonata) em ecossistemas lênticos no estado do Maranhão**

Kaires Mayane Araújo da Silva<sup>1</sup>, Francisco Maciel Barbosa dos Santos<sup>2</sup>, Karoline Lopes Nicasio<sup>3</sup>, Reinaldo Lucas Cajaiba<sup>4</sup>, Jesuíno da Silva Costa Martins<sup>5</sup>

### **Resumo**

O estudo da forma das estruturas dos organismos se constitui em uma importante ferramenta para a compreensão e interpretação de fenômenos biológicos. As libélulas estão presentes em diversos ambientes lênticos sendo sensíveis a mudanças ambientais. Neste cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar através da morfometria geométrica a variação na forma das asas de quatro espécies de libélulas distribuídas em lagoas naturais e artificiais na Amazônia Legal Brasileira. Para isso as asas anteriores esquerdas de 37 espécimes foram retiradas e montadas para a microscopia ótica. Os marcos anatômicos foram inseridos nas interseções das veias e a sobreposição de Procrustes produziu as matrizes de dados para as análises multivariadas. As grades de deformação geradas identificaram que as regiões radiais, do pterostigma e subcostal apresentam maior variação entre os ambientes. A comparação de similaridade entre as espécies mostrou uma maior proximidade morfométrica entre as espécies *Brachymesia herbida* e *Erythemis camelita*. Apesar das distâncias de Procrustes entre as espécies coletadas em lagoas naturais e artificiais não tenham sido significativas ( $P > 0,05$ ) as variações observadas nas grades de deformação indicam um efeito do ambiente dentro das populações, indicando assim a necessidade de estudos futuros, em especial, voltados à assimetria flutuante complementando dados ao fornecer subsídios para a influência do efeito do ambiente em populações de libélulas distribuídas na região.

**Palavras-Chave:** Forma, marcos anatômicos, libélulas, lagoas.

**Geometric morphometry and its application in the morphological study of dragonflies wings (Insecta: Odonata) in lentic ecosystems in the state of Maranhão.**"The study of the shape of the structures of organisms is an important tool for the understanding and interpretation of biological phenomena. Dragonflies are present in several lentic environments and are sensitive to environmental changes. In this scenario, the objective of this work was to evaluate, through geometric morphometry, the variation in the shape of the wings of four species of dragonflies distributed in natural and artificial lagoons in the Brazilian Legal Amazon. For this, the left anterior wings of 37 specimens were removed and assembled for

<sup>1</sup> Bióloga, mestranda em Agroecologia- UEMA, São Luís, MA, Brasil, [kaires.mayane@hotmail.com](mailto:kaires.mayane@hotmail.com)

<sup>2</sup> Discente de Licenciatura Biologia, IFMA-Buritcupu, MA, Brasil, [franciscomarciel.2025@hotmail.com](mailto:franciscomarciel.2025@hotmail.com)

<sup>3</sup> Discente de Licenciatura Biologia, IFMA- Buritcupu, MA, Brasil, [k.lopesnicasio@gmail.com](mailto:k.lopesnicasio@gmail.com)

<sup>4</sup> Professor Efetivo, Lab. Ecologia e Conservação, IFMA, Buritcupu, MA, Brasil, [reinaldo.cajaiba@ifma.edu.br](mailto:reinaldo.cajaiba@ifma.edu.br)

<sup>5</sup> Professor Efetivo, Lab. Ecologia e Conservação, IFMA, Buritcupu, MA, Brasil. Correspondência [jesuino.martins@ifma.edu.br](mailto:jesuino.martins@ifma.edu.br)

optical microscopy. Landmarks were inserted at the intersections of the veins and the Procrustes Overlay produced the data matrices for multivariate analyzes. The generated deformation grids identified that the radial, pterostigma and subcostal regions show greater variation between environments. The comparison of similarity between the species showed a greater morphometric proximity between the species *Brachymesia herbida* and *Erythemis camelita*. Although the Procrustes distances between the species collected in natural and artificial lagoons were not significant ( $p > 0.05$ ), the variations observed in the deformation grids indicate an effect of the environment within the populations, thus indicating the need for future studies, in especially, focused on fluctuating asymmetry, complementing data by providing subsidies for the influence of the effect of the environment on dragonfly populations distributed in the region.

**Keywords:** Form, landmarks, dragonflies, lagoons.

## 1. Introdução

Na zoologia, a variação da forma dos organismos é o cerne para diversos estudos atrelados a filogenética, taxonomia, sistemática e aspectos ambientais (TATSUTA; TAKAHASHI; SAKAMAKI, 2018). A morfometria é caracterizada pelo estudo da variação e covariação das medidas lineares, geralmente utilizando medidas relacionadas ao comprimento e largura de estruturas (MORAES, 2003). Nesse contexto, a morfometria “tradicional” estuda como e quanto às medidas lineares variam e o quão estão relacionadas entre si (DUJARDIN; GEMI, 2011).

A morfometria geométrica é uma técnica baseada no uso de *landmarks*, que permite identificar variações nos padrões das formas nos exemplares de uma mesma espécie (ROHLF, 1998). A vantagem do uso da morfometria geométrica em comparação com a morfometria tradicional se deve ao fato das coordenadas cartesianas dos marcos anatômico incluírem informações sobre as posições relativas, reconstruindo a forma estudada, favorecendo análises multivariadas (TOFILSKY, 2008; LUNA, 2020).

Após a revolução morfométrica geométrica (BOOKSTEIN, 1991) diferentes áreas da biologia utilizam tais análises para

trabalhos ontogenéticos (KOMATSU et al., 2018), variação genética (FRANCOY et al., 2011; NUNES et al., 2015), avaliação e conservação da biodiversidade e fragmentação de habitats (ARAÚJO et al., 2004), adaptações de fenótipos (ANDERE et al., 2008) e as variações morfométricas com os efeitos ambientais (ARANDA; IE, 2019). Os conjuntos de dados gerados através do uso da morfometria geométrica permitem a identificação das diferenças nas formas dos organismos, além de explorar as causas dessas variações em relação ao seu desenvolvimento (KLINGENBERG, 2016), corroborando com explicações genético – evolutivas (KLINGENBERG, 2002).

As libélulas (Insecta: Odonata) estão presentes em todos os continentes, com exceção da Antártida (TRUEMAN, 2007), compreendendo aproximadamente 7.000 espécies conhecidas, sendo as regiões tropicais a de maior abundância dessas espécies (BORGES et al., 2019). No Brasil são encontradas cerca de 856 espécies distribuídas em 14 famílias e 146 gêneros, o que corresponde a 14% da fauna global (PINTO, 2018).

As libélulas ocupam diversos tipos de ambientes de água doce, sendo comum encontrar esses invertebrados ocupando

tantos ambientes lóticos, a exemplo de rios e riachos, quanto ambientes lênticos, como lagoas, lagos e açudes (PRADO; RODRIGUES; AOKI, 2019). Nesses ecossistemas as libélulas apresentam um papel ecológico fundamental no predatismo (RAMIREZ, 2010) e devido a sensibilidade às mudanças ambientais, são utilizadas como bioindicadores (SOUZA; COSTA, 2006; RODRIGUES et al., 2016; CALVÃO et al., 2018).

A caracterização da diversidade das libélulas associada a morfometria geométrica, contribui para a melhor compreensão da distribuição destes organismos em seus respectivos habitats e possíveis efeitos ambientais (DEMAYO; RICO; TORRES, 2013; REIS et al., 2011; TABUGO et al., 2015; YUTO; LUMOGDANG; TABUGO, 2016). Nesse sentido, a morfometria geométrica constitui-se como uma ferramenta muito relevante para o levantamento e fornecimento de dados entomológicos (TATSUTA; TAKAHASHI; SAKAMAKI, 2018).

Considerando a importância ecológica das libélulas e a escassez de estudos relacionados a morfometria geométrica neste grupo, este trabalho teve como objetivo avaliar através da morfometria geométrica a variação na forma das asas de quatro espécies de libélulas distribuídas em paisagens naturais e artificiais na Amazônia Legal Brasileira.

## 2. Material e Métodos

### Área de estudo

As amostras de libélulas usadas neste estudo foram coletadas em áreas de lagoas naturais e artificiais no Município de Buriticupu – MA durante os meses de agosto a novembro de 2018. A extensão territorial do município é de 2.545,44 km<sup>2</sup> e uma população estimada em de 71.723 habitantes (IBGE,

2018). O relevo é constituído por formações de tabuleiros, separados em faixas por drenos e grotões, situado a uma altitude de 200m acima do nível do mar (LIMA et al., 2018). O clima da região é o equatorial úmido com umidade relativa em média de 80% e índices de pluviosidade entre 1800 a 2000 mm (MARTINS et al., 2004). A região encontra-se inserida no ambiente geológico da Bacia Sedimentar do Pindaré, que atinge 12,40% das Bacias do Estado do Maranhão, região da Amazônia Legal Brasileira. (CAJAIBA et al., 2019).

### Amostragem

As coletas foram realizadas em 29 lagoas (20 naturais e 9 artificiais veja informações detalhadas das lagoas em Nicásio et al., 2019). As libélulas foram capturadas com redes entomológicas seguindo o protocolo PLOCH (OERTLI et al., 2005). As amostras em que as asas estavam alteradas ou quebradas e espécies com baixa abundância não foram utilizadas. Dessa forma, o presente estudo fez a análise de 37 espécimes distribuídas entre as espécies: *Brachymesia herbida*; *Erythemis peruviana*; *Erythemis camelita* e *Argyrothemis argentea* (Tabela 1).

Tabela 1– Espécies coletadas no município de Buriticupu – MA região da Amazônia Legal

ESPÉCIE	LAGOA		QUANT. COLETADA
	NATURAL	ARTIFICIAL	
<i>Brachymesia herbida</i>	6	4	10
<i>Erythemis peruviana</i>	5	4	9
<i>Erythemis camelita</i>	2	3	5
<i>Argyrothemis argentea</i>	10	3	13
			37

### Morfometria geométrica

LANDMARK	DESCRIÇÃO ANATÔMICA
1	Nervura Costal
2	Basal End of the Arculus (Arc)
3	Proximal End of the Anterior Margin of the Triangle (T)
4	Distal End of the Anterior Margin of the Triangle (T)
5	Posterior End of the Triangle (T)
6	Origin of Radial Branches (R2 and R4)
7	Origin of Intercalary Vein (IR3)
8	Nodus (N)
9	Distal End of the Subcosta (Sc)
10	Distal End of the Radius (R)
11	Origin of the Radial Branches (R2 and R3)
12	Distal end Radial Branches (R2 and R4)
13	Distal End of Anterior Media (MA)
14	Postero-lateral and Proximal End of the Pterostigma
15	Antero-lateral and Proximal End of the Pterostigma
16	Postero-lateral and Distal End of the Pterostigma
17	Antero-lateral and Distal End of the Pterostigma
18	Distal End of Radial Branch (R2)
19	Distal End of Intercalary Radial Vein (IR2)

A asa anterior esquerda de cada espécime amostrada foi removida e organizadas entre lâmina e lamínula para microscopia óptica. Devido ao dimorfismo sexual, apenas os indivíduos do sexo masculino foram utilizados. Após a montagem, as asas foram fotografadas com câmera digital acoplada a estereomicroscópio, sendo digitalizadas em formato jpeg e posteriormente convertidas em formato (.tps) com auxílio do programa TpsUtil (ROHLF, 2005). Foram digitalizados 19 *landmarks* na interseção das veias (Figura 1) usando o programa tpsDig2 (ROHLE, 2005). Os pontos de referência utilizados

foram adaptados de Demayo et al., 2011 (Tabela 2).

Tabela 2– Descrição dos marcos anatômicos (*landmarks*) atribuídos às asas anteriores esquerdas das espécies de libélulas coletadas.

### Análises estatísticas

A matriz de dados foi gerada pelos resíduos das configurações dos *landmarks* pelo Método de Superposição dos Quadrados Mínimos de Procrustes (Análise Generalizada de Procrustes) no programa MorphoJ (KLINGENBERG, 2011). A análise baseia-se nos componentes uniformes X e Y, sendo cada imagem redimensionadas para um tamanho uniforme e sobrepostas com base em seus centroides (ponto médio ou centro de massa), sendo posteriormente rotacionadas para produzirem um alinhamento ideal, eliminado assim os efeitos de tamanho, orientação e superposição, resultando em uma configuração consenso e matriz de dados (KLINGENBERG, 2005).

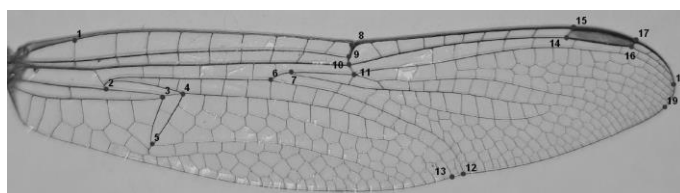


Figura 1– Asa anterior esquerda identificando os *landmarks* atribuídos às interseções das veias. Descrição de cada marco anatômico (*landmarks*) são apresentados na Tabela A1, Apêndice 1.

Foram geradas configurações consenso e matrizes de dados para as populações de cada espécie em seus respectivos habitats. A variabilidade da forma foi avaliada através das grades de deformação no programa MorphoJ (KLINGENBERG, 2011). As grades produzidas



permitem visualizar as diferenças nas formas das asas entre e dentro das espécies investigadas por escores que resumem os principais componentes da forma (ROHLF, 2005).

De forma a estudar a similaridade entre as espécies e dentro dos habitats, os escores relativos foram utilizadas para análises de agrupamento, gerando matrizes de covariância e submetidos à análise de variável canônica (CVA) e distância de Procrustes no programa MorphoJ (KLINGENBERG, 2011).

### 3. Resultados

Com base nas análises das grades de deformação, verifica-se a existência de variação em determinadas regiões das asas (Figura 2). A análise indica a ocorrência de variação na região do pterostigma (*landmarks* 14, 15,16 e 17) nas espécies *Brachymesia herbida* e *Erythemis peruviana* coletadas em lagoas artificiais. A origem da região radial (*landmark* 6) apresentou uma contração da forma nas espécies de *Erythemis camelita* oriundas de lagoas artificiais, já as espécies de *Argyrothemis argentea* apresentaram expansão na região nodal (*landmark* 8), subcostal (*landmark* 9) e radial (*landmark* 10) (Figura 2). Os valores percentuais dos componentes representam o nível de variabilidade nos dados (Tabela 3).

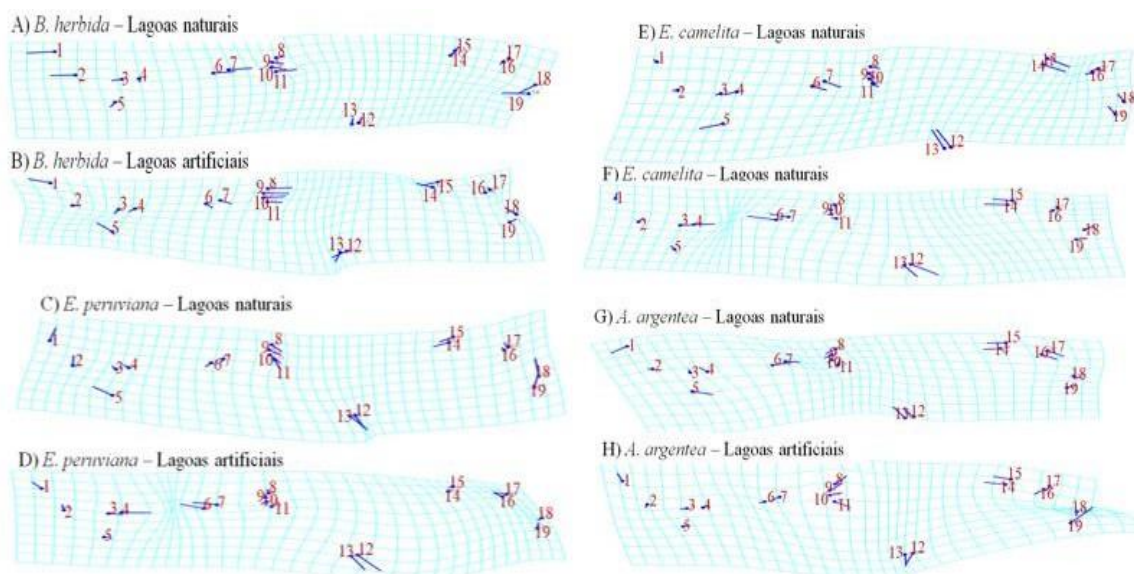


Figura 2– Grades de Deformação obtidas das espécies coletadas em ambientes de lagoas naturais e artificiais. As grades foram geradas pelo método de flexão das placas finas pelo programa MorphoJ (KLINGENBERG, 2011).

Tabela 3 – Valores das medidas de deformação (RW). O valor total apresentado refere-se à soma dos dois primeiros componentes.

ESPÉCIE	HABITAT	RW <sub>1</sub>	RW <sub>2</sub>	TOTAL
<i>Brachymesia herbida</i>	natural	44,26%	21,53%	65,79
	artificial	56,53%	30,97%	87,50
<i>Erythemis peruviana</i>	natural	61,03%	22,38%	83,41

	artificial	36,61%	34,88%	71,49
<i>Erythemis camelita</i>	natural	100%	-	100
	artificial	92,47%	7,53%	100
<i>Argyrothemis argentea</i>	natural	47,74%	35,67%	83,41%
	artificial	71,04%	28,96%	100%

As duas primeiras variáveis canônicas explicaram 98,84 % da variação total, sendo 59,23 % explicado pela primeira variável e 39,61% pela segunda variável canônica (Figura 3). As espécies *Brachymesia herbida* e *Argyrothemis argentea* apresentaram valores negativos para a primeira variável canônica em contraste com as espécies *Erythemis camelita* e *Erythemis peruviana*. Com relação a segunda variável canônica a espécie *Brachymesia herbida* apresentou valores positivos em contraste com as demais espécies amostradas (Figura 3).

Com base na distância de Procrustes, foi possível observar que as maiores diferenças na forma das asas ocorrem entre as espécies *Argyrothemis argentea* e *Brachymesia herbida*. A maior proximidade morfológica ocorre entre as espécies *Brachymesia herbida* e *Erythemis camelita*. As distâncias de Procrustes entre as espécies do gênero *Erythemis* não foram significativas (Tabela 4). As distâncias de Procrustes entre as espécies coletadas em lagoas naturais e

artificiais, não apresentou diferença significativa (Tabela 5).

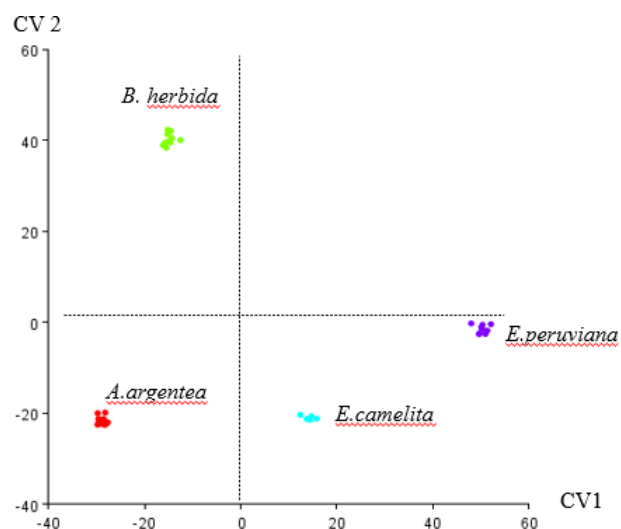


Figura 3 – Dispersão gráfica das espécies *Brachymesia herbida*, *Erythemis camelita*, *Erythemis peruviana* e *Argyrothemis argentea* em relação aos eixos cartesianos relacionados as duas primeiras variáveis canônicas (CV1 e CV2).

Tabela 4 – Valores das distâncias de Procrustes entre as espécies de libélulas obtidas através das variáveis canônicas das localidades amostradas.

	<i>Argyrothemis argentea</i>	<i>Brachymesia herbida</i>	<i>Erythemis camelita</i>
<i>Brachymesia herbida</i>	0,0389		
	p<0,05		
<i>Erythemis camelita</i>	0,0348	0,0184	
	p<0,05	p<0,05	
<i>Erythemis peruviana</i>	0,0335	0,0227	0,0209
	p<0,05	p<0,05	p = 0,06

Tabela 5 – Valores das distâncias de Procrustes entre as espécies de libélulas coletadas em lagoas naturais e artificiais.

	<i>B. herbida</i>	<i>E. peruviana</i>	<i>E. camelita</i>	<i>A. argentea</i>
<i>B. herbida</i>	0,0083 p= 0,2638			
<i>E. peruviana</i>		0,0138 p = 0,0613		
<i>E. camelita</i>			0,0251 p= 0,6970	
<i>A. argentea</i>				0,0148 p= 0,4236

#### 4. Discussão

Os resultados apresentados mostram a existência de variação na forma das asas das libélulas o que contribuem para a diferença entre as quatro espécies estudadas. Apesar do uso das venações das asas para taxonomia em chaves de classificação para as libélulas (HASSALL; THOMPSON; HARVEY, 2008), as dissimilaridades encontradas na Figura 3, demonstram a eficiência da aplicação da morfometria geométrica nesses organismos. Dessa forma, lacunas de identificação podem ser resolvidas (DEMAYO; GUTIERRES, 2011) e estudos de diferenciação entre e dentro grupos podem ser exploradas de forma extensiva, resolvendo problemas taxonômicos ou ecológicos (MÁRQUEZ; KNOWLES, 2007). Estudos integrativos oferecem suporte robusto para diferentes hipóteses sobre o relacionamento entre espécies.

Apesar do baixo número amostral, as relações de similaridade encontrada entre as espécies *Brachymesia herbida* e *Erythemis camelita* (tabela 3) indicam proximidades na forma das estruturas das asas dessas duas espécies. Os componentes genéticos e

fenotípicos podem ser extraídos da covariação dos *landmarks* se constituindo em alvos para estudos genéticos e filogenéticos (KLINGENBERG; MONTEIRO, 2005). A aplicabilidade nesses tipos de estudo foi demonstrada por Tabugo et al. (2011), que encontrou conservadorismo genético nas venações de libélulas cosmopolitas utilizando a técnica da morfometria geométrica. Essa relação pode apresentar implicações para o conhecimento da variação genética nas libélulas (KLINGENBERG, 2008). O conhecimento das relações filogenéticas dentro da ordem Odonata ainda é escasso (NEEDHAM et al., 2000), o que reforça a aplicação das análises morfométricas em estudos do tipo, entretanto, maiores amostragem e abordagens serão necessárias.

Apesar das distâncias de Procrustes entre as espécies coletadas em lagoas naturais e artificiais não ter sido significativa ( $p > 0,05$ ), as variações observadas nas grades de deformação (Figura 2) indicam um efeito do ambiente dentro das populações. A nossa hipótese é que há existência de adaptações diante dos efeitos ambientais nos habitats,



entretanto, estudos em áreas biogeográficas maiores e um maior número de ecossistemas lênticos (com diferentes usos e conservação) são necessários. Estudos de Sadeghi et al. (2009) demonstraram que o estresse ambiental afeta fenotipicamente as espécies na adaptação desses organismos. A ausência de diferenças significativas pode ser atribuída a fortes características dispersivas das libélulas (TABUGO et al., 2015), permitindo assim a sobrevivência em diferentes regiões geográficas. Essa hipótese também é sustentada por Demayo; Harun Torres (2011), onde as diferenças observadas na morfologia das asas das libélulas podem ser atribuídas ao comportamento geográfico e territorial em especial nos indivíduos do sexo masculino, permitindo assim maior adaptabilidade ao meio ambiente e as chances de acasalamento (CABUGA et al., 2017). Em nossos achados a região do pterostigma (pontos 14, 15, 16 e 17) das espécies *Brachymesia herbida* e *Erythemis peruviana* coletadas em lagoas artificiais apresentou-se contraída em comparação com as mesmas espécies coletada em lagoas naturais. De acordo com Demayo et al. (2013), as alterações na região do pterostigma e do triângulo podem afetar o desempenho do voo por fornecer estabilidade as asas.

O mecanismo para a variação da forma é incerto em libélulas (HASSALL; THOMPSON; HARVEY, 2008). As variações geográficas normalmente refletem adaptações dos organismos (SADEGHI; DUMONT; ADRIEANS, 2009). A diferença observada em padrões morfométricos pode estar associada a diversos fatores tais como, maior densidade populacional, preferência alimentar, temperatura, influência de parasitas, doenças, seleção sexual e alguns componentes genéticos (RIGER et al., 2008). Segundo Demayo et al. (2011), as alterações

nas formas das asas podem estar relacionadas ao sistema de voo das libélulas, podendo inclusive ser atribuído um papel da seleção natural nesse caráter (GREEN, 2000). Diversos efeitos podem causar alteração no desenvolvimento e conseqüentemente na forma das asas das libélulas, o efeito do ambiente na simetria da forma das asas libélulas pode ser utilizado como indicador ambiental (PENERADONDO; DEMAYO, 2017; TABUGO et al., 2015; YUTO et al., 2016; CABUDA et al., 2017).

## 5. Conclusão

Os dados indicam a existência de variações em regiões das asas das espécies *B. herbida*; *E. peruviana*; *E. camelita* e *A. argentea*. As variações encontradas demonstram a importância da morfometria geométrica em análises taxonômicas. A existência de variações não significativas entre os ambientes pode ser explicada pela baixa abundância das amostras. Dessa forma, recomenda-se estudos futuros, em especial voltados à assimetria flutuante complementando dados ao fornecer subsídios para a influência do efeito do ambiente em populações de libélulas na região.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico do Estado do Maranhão (FAPEMA) pelo apoio financeiro disponibilizado para o desenvolvimento da pesquisa e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA/Buriticupu) pelo apoio de logística.

## Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação.





O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

## Referências

- ANDERE, C.; GARCÍA, A.C.; MARINELLIA, C.; CEPEDA, R.; RODRIGUEZ, E.M. Morphometric variables of honeybees *Apis mellifera* used in ecotypes characterization in Argentina. **Ecological modelling**, v. 214, p. 53–58, 2008.
- ARANDA, R.; IE, Q. effect of the pantanal's flooding history in morphometric aspects of the solitary parasitoid *Campsomeris dorsata* (Hymenoptera: Scoliidae). **Oecologia Australis**, v. 23, n.4, p. 989-999, 2019. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2304.22>
- ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Interference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.64, n.3B, p.563-368, 2004.
- BOOKSTEIN, F.L. **Morphometrics tool for landmarks data: geometry and biology**. New York, Cambridge University Press, p. 435 (1991).
- BORGES, L.R.; BARBOSA, M.S.; CARNEIRO, M.A.A.; VILELA, D.S.; SANTOS, J.C. Dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata) from a Cerrado area at Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 1, p. e20180609, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0609>. Acessado em: 07/05/2020.
- CABUGA, C.C.; ESTAÑO, L.A.; ABELADA, J.J.Z.; CRUZ, I.N.B.; ANGCO, M.K.A.; JOSEPH, C.C.D.; GAMALLO, J.P. M.; LADOR, J.E.O.; HAVANA, H.C.; MARTINEZ P.J.A. Landmark based geometric morphometric analysis describing sexual dimorphism in wings of *Neurothemis terminata* (Ris, 1911) from Mt. Hilong-Hilong, Philippines. **Computational Ecology and Software**, v. 7 n. 2, p. 65-81, 2017.
- CAJAIBA, R.L.; PEREIRA, K.S.; MARTINS, J.S.C.; SOUSA, E.S.; SILVA, W.B. *Megasoma actaeon* (Linnaeus) (Scarabaeidae: Dynastinae): first record for Maranhão state, northeastern Brazil. **Scientia Amazonia**, v. 8, p. 13-16, 2019.
- CALVÃO, L. B.; JUEN, L.; OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; BATISTA, J. D.; DE MARCO JÚNIOR, P. Land use modifies Odonata diversity in streams of the Brazilian Cerrado. **Journal of Insect Conservation**, v. 22, n. 5-6, p. 675-685, 2018. Disponível em: DOI: 10.1007/s10841-018-0093-5.
- DEMAYO, C.G.; HARUN, S.A.; TORRES, M.A.J. Procrustes analysis of wing shape divergence among sibling species of *Neurothemis* Dragonflies, **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 6, p. 748-759, 2011.
- DEMAYO, C.G.; RICO, M.J.; TORRES, M.A.J. Relative warp analysis of variations in the fore- and hindwings of selected populations of male *Neurothemis terminata terminata* (Ris, 1911). **Sci.Int.(Lahore)**, v. 25, n. 2, p. 277-285, 2013.
- DUJARDIN, J.P.; GEMI, I.R.D. Modern morphometrics of medically important insects. **Genetic and Evolution of Infectious Diseases**, v. 10, p. 473-801, 2011.
- FRANCOY, T. M.; GRASSI, M. L.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MAY-ITZÁ, W. J.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Geometric morphometrics of the wing as a tool for assigning genetic lineages and geographic origin to *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini). **Apidologie**, v. 42, n. 4, p. 499–507, 2011. DOI: 10.1007/s13592-011-0013-0.
- GREEN, A. J. The scaling and selection of sexually dimorphic characters: an example using the Marbled Teal. **Journal of Avian Biology**, v. 31, p. 345-350, 2000.
- GUTIERREZ, P.M.; TORRES, M.A.; DEMAYO, C.G. Thin-Plate Spline (TPS) and Correlation Based on Distances CORIANDIS Analyses as Tools for the analysis of Morphological Differences in Dragonfly Wings. **IPCBE**, v. 6, p. 375-379, 2011.
- HASSALL, C.; THOMPSON, D.J.; HARVEY, I.F. Wings of *Coenagrion puella* vary in shape at the northern range margin (Odonata: Coenagrionidae). **International Journal of Odonatology**, v. 11, p. 35-41, 2008.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada**: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da



população residente com data de referência 1º de julho de 2018.

KLINGENBERG, C.P. MorphoJ: In integrated software package for geometric morphometrics. **Molecular Ecology Resources**, v. 11, p. 353–357, 2011.

KLINGENBERG, C.P. Morphological Integration and developmental modularity. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 39, p. 115–32, 2008.

KLINGENBERG, C.P. Morphometrics and the role of the phenotype in studies of the evolution of developmental mechanisms. **Gene**, v. 287, p. 3–10, 2002. PII: S0378 1119(01)00867-8.

KLINGENBERG, C.P. Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. **Development Genes and Evolution**, v. 226, p. 113–137, 2016. DOI 10.1007/s00427-016-0539-2.

KLINGENBERG, C.P.; MONTERIO, L.R. Distances and Directions in Multidimensional Shape Spaces: Implications for Morphometric Applications. **Systematic Biology**, v. 54, n. 4, p. 678–688, 2005.

KOMATSU, T.; MARUYAMA, M.; HATTORI, M.; ITINO, T. Morphological characteristics reflect food sources and degree of host ant specificity in four myrmecophilus crickets. **Insectes Sociaux**, v. 65, n. 1, p. 47–57, 2018. DOI: 10.1007/s00040-017-0586-3.

LIMA, J.S.; CAJAIBA, R.L.; MARTINS, J.S.C.; PEREIRA, K.S.; SOUSA, E.S. Educação ambiental em resíduos sólidos em escolas no município de Buriticupu-MA. **Scientia Amazonia**, v. 7, p. 122–127, 2018.

LUNA, E. Integrando análisis morfométricos y filogenéticos: de la sistemática fenética a la morfometría filogenética. **Acta Botanica Mexicana**, v. 127, p. e1640, 2020. DOI: 10.21829/abm127.2020.1640.

MÁRQUEZ, E. J.; AND KNOWLES L. L. Correlated evolution of multivariate traits: detecting co-divergence across multiple dimensions. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 20, p. 2334–2348, 2007.

MARTINS, L.M.; REBÊLO, J.M.M.; SANTOS, M.C.F.V.; COSTA, J.M.L.; SILVA, A.R.; FERREIRA, L.A. Ecoepidemiologia da *leishmaniose* tegumentar no Município de Buriticupu, Amazônia

do Maranhão, Brasil, 1996 a 1998. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, p. 735–743, 2004.

MORAES, D. A. A Morfometria Geométrica e a sua “Revolução na Morfometria”: localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. **Bioetím**, v.1, n. 3, 2003.

NEEDHAM, J.G.; WESTFALL, M.J.; MAY, M.L. **Dragonflies of North America**. Scientific Publishers, Gainesville, 2000.

NICASIO, K.L.; SANTOS, F.M.B.; SILVA, K, M, A.; MARTINS, J.S.C.; CAJAÍBA, R.L. Avaliação ambiental de lagoas naturais e artificiais no município de Buriticupu, Ma. **Enciclopédia Biosfera**, v.16 n.29; p. 1772, 2019.

NUNES, L. A., ARAÚJO, E. D., & MARCHINI, L. C. Fluctuating asymmetry in *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae ) as bioindicator of anthropogenic environments. **Revista de Biología Tropical**, v. 63, p. 673–682, 2015. DOI: 10.15517/ rbt.v63i3.15869.

OERTLI, B.; AUDERSET-JOYE, D.; CASTELLA, E.; JUGE, R.; LEHMANN, A. LACHAVANNE, J. PLOCH: a standardized method for sampling and assessing the biodiversity in ponds. **Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 15, p. 665–679, 2005.

PENAREDONDO, M.A.E.; DEMAYO, C.G. Relative Warp Analysis of the Forewings of Male Dragonfly *Neurothemis ramburii*. **Journal of Informatics and Mathematical Sciences** v. 9, n. 4, p. 1081–1086, 2017.

PINTO, A.P. Odonata in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD, 2018. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/171>. Acessado em: 07/05/2020.

PRADO, A. V.; RODRIGUES, M.; E.; AOKI, C. Odonate fauna (Insect: Odonata) of two ponds in the Cerrado-Pantanal ecotone, Aquidauana, MS. **Oecologia Australis**, v. 23, n.4, p. 979–988, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2304.21>. Acessado em: 07/05/2020.

RAMIREZ, A. Capítulo 5: Odonata. **Revista de Biologia Tropical**, v. 58, p. 97–136, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a05v58s4.pdf>. Acessado em: 21/02/2019.

REIS, E.F.; PINTO, N.S.; CARVALHO, F.G.; JUAN, L. Efeito da Integridade Ambiental Sobre a Assimetria Flutuante em *Erythrodiplax basalis*



(Libellulidae: Odonata) (Kirby). **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 3, p. 103-107, 2011.

RIGET F.F., BECHSHOFT T.G., WIIG O., SOONE C. Fluctuating asymmetry in metric traits; a practical example of calculating asymmetry, measurement error and repeatability. **Annual Zoologica Fennici**, v. 15, p. 32-38, 2008.

RODRIGUES, M. E.; ROQUE, F. O.; OCHOA-QUINTERO, J.; PENA, J. C. C.; SOUSA, D. C.; DE MARCO JR. P. Nonlinear responses in damselfly community along a gradient of habitat loss in a savanna landscape. **Biological Conservation**, v. 194, p. 113-120, 2016. Disponível em: DOI: 10.1016/j.biocon.2015.12.001.

ROHLF, F. J. On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. **Systematicbiology**, v. 47, p. 47-58, 1998.

ROHLF, F. J. **tpsDig**. New York - USA: Department of Ecology and Evolution, State University of New York, 2005.

ROHLF, F. J. **tpsUtil**. New York - USA: Department of Ecology and Evolution, State University of New York, 2005.

ROHLF, F.J. Geometric morphometrics simplified. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 20, p. 13-14, 2005.

SADEGHI, S.; ADRIAENS, D.; DUMONT, H.J. Geometric morphometric analysis of wing shape variation in ten European populations of *Calopteryx splendens* (Harris, 1782) (Zygoptera: Odonata). **Odonatologica**. v. 39, n. 4, 2009.

SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M. Inventário da Odonatofauna no Complexo Aporé-Sucuriú, p. 81-88, 2006. In: T. C. S. PAGOTTO, P. R. SOUZA.

(Orgs.), Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú. Subsídios à conservação e manejo do bioma Cerrado. Campo Grande: Editora UFMS: p. 310.

TABUGO, S.R.; CASAS, P.A.; PEREÑO, M.T.; PEÑAREDONDO, M.A. Fluctuating Asymmetry and Developmental Instability in the Wings of *Neurothemis Terminata* as Bioindicator of Stress. **Advances in Environmental Biology**, v. 9, n.19, p. 10-17, 2015.

TABUGO, S.R.M.; TORRES, M.A.J.; DEMAYO, C.G. Determination of developmental modules and conservatism in the fore- and hind wings of two species of dragonflies, *Orthetrum sabina* and *Neurothemis ramburii*. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 13, p. 541-546, 2011.

TATSUTA, H.; TAKAHASHI, K.; SAKAMAKI, Y. Geometric morphometrics in entomology: Basics and applications. **Entomological Science**, v. 21, p. 164-184, 2018. doi: 10.1111/ens.12293.

TOFILSKI, A. Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminate three honeybee subspecies. **Apidologie**, v. 39, p. 558-563, 2008.

TRUEMAN, J. W. H. A brief history of the classification and nomenclature of Odonata. **Zootaxa**, v. 1668, p. 381-394, 2007.

YUTO, C.M.; LUMOGDANG, L.;TABUGO, S.R.M. Fluctuating asymmetry as an Indicator of Ecological Stress in *Rhinocypha colorata* (Odonata: Chlorocyphidae) in Iligan City, Mindanao, Philippines. **Entomology and Applied Science Letters**, v. 3, n. 1 p. 13-20, 2016.