



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOLOGIA
MESTRADO EM RECURSOS AQUÁTICOS E PESCA

JORGE LUIS FERREIRA NOGUEIRA

**ANÁLISE DA FORMA POR SÉRIES DE FOURIER EM *Sciades herzbergii* e
Bagre bagre EM PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO**

SÃO LUIS – MA

2018

JORGE LUIS FERREIRA NOGUEIRA

**ANÁLISE DA FORMA POR SÉRIES DE FOURIER EM *Sciades herzbergii* e
Bagre bagre EM PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO**

Documento de qualificação apresentado em cumprimento às exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca da Universidade Estadual da Maranhão.

Orientador: Prof. Dr. Audalio Rebelo Torres Junior

Co - Orientadora : Prof^a. Dr^a. Raimunda Fortes Carvalho – Neta

SÃO LUIS – MA

2018

JORGE LUIS FERREIRA NOGUEIRA

**ANÁLISE DA FORMA POR SÉRIES DE FOURIER EM *Sciades herzbergii* e
Bagre bagre EM PAÇO DO LUMIAR, MARANHÃO**

Documento de qualificação apresentado em
cumprimento às exigências do Programa de
Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e
Pesca da Universidade Estadual da
Maranhão.

Aprovada em: ____/____/____

Prof. Dr. Audalio Rebelo Torres Junior (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof^a. Dr^a. Raimunda Nonata Fortes Carvalho Neta (Co - Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Prof^a. Dr^a Lise Maria Mendes Holanda de Melo Ferreira
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof^a. Dr^a. Erivania Gomes Teixeira
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

*“Lutar sempre, vencer as vezes, desistir
jamais” (Autor desconhecido)*

RESUMO

O propósito desta pesquisa foi verificar se as séries de Fourier são capazes de identificar e selecionar os diferentes padrões de forma e associar aos estádios de maturação em fêmeas das espécies *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre*. Os bagres foram capturados por pescadores, em Paço do Lumiar, Maranhão. Foi realizada a biometria e captura digital de imagem dos peixes para analisar a forma utilizando as séries de Fourier. As gônadas foram extraídas e classificadas macroscopicamente indicando os estádios de maturação. Os contornos da forma dos peixes foram digitalizados utilizando o programa TpsDig. A análise da forma foi avaliada utilizando as séries de Fourier, os harmônicos foram representados em gráficos. Foram observados 5 estádios de desenvolvimento gonadal para fêmeas. A análise da forma por séries de Fourier identificou variações nos diferentes padrões de formas indicada para o primeiro e segundo harmônicos. As fêmeas apresentaram variações de padrões de formas, porém o baixo índice gonodossomático não foi possível associar as variações na forma aos estádios de maturação. Os resultados sugerem que a aplicação da análise da forma por séries de Fourier é uma metodologia capaz de identificar variações na formas, mas para espécies que apresentem elevado índice gonodossomático.

Palavras-chave: Séries Fourier, análise da forma e bagres.

ABSTRACT

The purpose of this research was to verify if the Fourier series are able to identify and select the different patterns of form and to associate to the stages of maturation in females of the species *Sciades herzbergii* and *Catfish catfish*. The catfish were captured by fishermen, in Paço do Lumiar, Maranhão. Biometry and digital image capture of the fish were performed to analyze the shape using the Fourier series. The gonads were extracted and classified macroscopically indicating maturation stages. The shape contours of the fish were digitized using the TpsDig program. The analysis of the form was evaluated using the Fourier series, the harmonics were represented in graphs. Five stages of gonadal development were observed for females. The analysis of the shape by Fourier series identified variations in the different patterns of shapes indicated for the first and second harmonics. The females presented variations of patterns, but the low gonadosomatic index could not associate variations in shape to maturation stages. The results suggest that the application of the Fourier series form analysis is a methodology capable of identifying variations in the forms, but for species that present high gonadosomatic index.

Keywords: Fourier series, shape analysis and catfish

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Locais de amostragens de <i>Sciades herzbergii</i> e <i>Bagre bagre</i> obtidos no município de Paço do Lumiar, Maranhão..	15
Figura 2. Parâmetros biométricos aferidos em <i>Sciades herzbergii</i> .	17
Figura 3. Parâmetros biométricos aferidos em <i>Bagre bagre</i> .	17
Figura 4. Imagem digital com visão lateral e superior das fêmeas de <i>Sciades herzbergii</i> obtidas no município de Paço do Lumiar, Maranhão.	19
Figura 5. Imagem digital com visão lateral e superior das fêmeas de espécie <i>Bagre bagre</i> obtidas no município de Paço do Lumiar, Maranhão.	20
Figura 6. Digitalização do contorno da forma utilizando o programa TpsDig. ver.2.30.	21
Figura 7. Imagem digitalizada do contorno de <i>Sciades herzbergii</i> e (B) Imagem digitalizada do contorno contendo 256 pontos.	22
Figura 8. (A) Representação da sobreposição dos contorno de <i>Sciades herzbergii</i> visão lateral e (B) visão superior.	27
Figura 9. Representação do contorno normalizado e rotacionado de <i>Sciades herzbergii</i> visão lateral e (B) visão superior.	27
Figura 10. (A) Representação da forma digitalizada de <i>Sciades herzbergii</i> visão lateral e (B) visão superior.	27
Figura 11. (A) Espectro de modos de <i>Sciades herzbergii</i> visão lateral e (B) visão superior.	29
Figura 12. (A) Espectro de modos de <i>Sciades herzbergii</i> visão lateral e (B) visão superior utilizando número reduzido de harmônicos.	29
Figura 13. Representação da forma combinada de <i>Sciades herzbergii</i> .	31
Figura 14. Espectro de modos da forma combinada de <i>Sciades herzbergii</i> utilizando número reduzido de harmônicos.	31
Figura 15. (A) Representação da sobreposição dos contorno de <i>Bagre bagre</i> visão lateral e (B) visão superior.	34
Figura 16. (A) Representação do contorno normalizado e rotacionado de <i>Bagre bagre</i> . visão lateral e (B) visão superior.	34

Figura 17. (A) Representação da forma digitalizada de <i>Bagre bagre</i> (visão lateral) e (B) visão superior.....	34
Figura 18. (A) Espectro de modos de <i>Bagre bagre</i> visão lateral e (B) visão superior...	36
Figura 19. (A) Espectro de modos de <i>Bagre bagre</i> visão lateral e (B) visão superior, utilizando número reduzido de harmônicos.....	36
Figura 20. Representação da forma combinada de <i>Bagre bagre</i>	38
Figura 21. Espectro de modos da forma combinada de <i>Bagre bagre</i> utilizando um número reduzido de harmônicos.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias e desvio padrão para fêmeas de <i>Sciades herzbergii</i> e <i>Bagre bagre</i> obtidos em Paço do Lumiar, Maranhão.....	23
Tabela 2. Percentuais de estádios de maturação gonadal de fêmeas de <i>Sciades herzbergii</i> e <i>Bagre bagre</i> obtidos em Paço do Lumiar, Maranhão.....	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos específicos.....	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1 Análise da forma por séries de Fourier	13
3.2 Aspectos reprodutivos de <i>Sciades herzbergii</i> e <i>Bagre bagre</i>.	14
4 MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 Área de estudo.....	15
4.2 Aquisição dos peixes	16
4.3 Biometria	16
4.4 Análise das gônadas.....	18
4.5 Captura digital de imagem	18
4.6 Digitalização da forma	21
4.7 Tratamento dos dados.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A diversidade de organismos encontrada nos ambientes aquáticos demonstra a imensa variedade de formas e com seus diferentes métodos de reprodução. Muitas das variações na forma dos organismos são fortemente influenciadas por alterações ambientais, ecológicas e /ou evolutivas (FONTELES-FILHO, 2011). Além do mais, o conceito de forma é bastante antigo e teve seu início pelos povos babilônicos e egípcios que usavam a expressão “medida da terra”, posteriormente os gregos traduziram para o termo geometria (LIMA, 1991; MLODINOW, 2005).

A morfometria tradicional que por definição é estudo estatístico da forma, utiliza a biometria para mensurar as formas dos organismos (BOOKSTEIN, 1991), porém a morfometria geométrica é um conjunto de aquisição, processamento e análise de variáveis que obtém toda a informação geométrica (coordenada cartesiana) com base nos marcos anatômicos originais (SLICE, 2005). Esses dados não se baseiam apenas em medições lineares, mas sim nos pontos que são inseridos no contorno da imagem (ROHLF, 1990; ROHLF e MARCUS, 1993; MONTEIRO e REIS, 1999).

Com o avanço da morfometria, J. Rohlf começou a desenvolver vários programas de análise geométrica para computadores (MONTEIRO e REIS, 1999). Além disso, um dos métodos bastante utilizados na avaliação da forma é o desenvolvido pelo matemático e físico francês J. Baptiste Fourier em 1822, que auxilia na representação da forma do contorno através da soma de senos e cossenos em diferentes frequências e descreve a forma interna de qualquer objeto à medida que o número de harmônicos (termos) aumenta, este método ficou conhecido como séries de Fourier (LESTREL, 1997; FERGUSON *et al.*, 2011; LESTREL, 2015; RODGVELLER *et al.*, 2017).

Atualmente, as séries de Fourier são utilizadas para descrever a forma de asas de insetos, mandíbulas de mamíferos e principalmente o contorno de otólitos em peixes para classificação de estoques pesqueiros (FERGUSON *et al.*, 2011). Em vários estudos utilizando técnicas morfométricas realizados com peixes ciclídeos em lagos africanos, observaram variação radial na forma desses organismos (CLABAUT *et al.*, 2007; COOPER *et al.*, 2010; KERSCHBAUMER e STURMBAUER, 2011). Cooper e Westneat (2009) também utilizaram a análise da forma craniana em peixes e encontraram variações morfológicas e biomecânicas. Porém existem poucos estudos que avaliem a

variação da forma dos peixes fazendo associação aos estádios de maturação. Dessa forma, é importante compreender os processos fisiológicos relacionados a reprodução e verificar como a forma dos peixes podem fornecer informações sobre os estádios de maturação, descrevendo pontualmente onde ocorrem as variações, e com base na caracterização da forma podemos descrever com precisão a anatomia das espécies.

Os bagres ocorrem com frequência na costa maranhense e conseqüentemente são capturados nas pescarias artesanais, entres as espécies estuarinas, destaca-se a espécie *Sciades herzbergii*, também conhecida popularmente como bagre “guribu”, sendo uma espécie estuarino residente sendo diferente dos demais bagres por apresentar maxila superior com um par de barbilhões e maxila inferior com um ou dois pares e dorsal com espinho serrilhado (FIGUEIREDO & MENEZES, 1978, CARVALHO NETA, 2010).

Já a espécie *Bagre bagre*, conhecido como “bandeirado” de hábito migrante marinho e que possui um par de barbilhões e maxila achatada, possui um longo filamento na nadadeira dorsal (ABSOLON & ANDREATA, 2009).

Analisar a forma e tentar associar os estádios de maturação em *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre* auxiliará no desenvolvimento de métodos que irão caracterizar a anatomia das espécies e o monitoramento dos estádios de maturação. Disponibilizando informações sobre as espécies, e que irão subsidiar melhores técnicas para o manejo em nossa região, pois a atividade de pesca artesanal é uma das principais atividades das comunidades ribeirinhas.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, poderemos conhecer as espécies na perspectiva da análise da forma e assim gerenciar os estádios de maturação das espécies de importância comercial para a região. Com todas as considerações feitas esta pesquisa tem por objetivo, através de séries de Fourier, analisar a forma buscando associar aos estádios de maturação de *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre* obtidos em Paço do Lumiar, Maranhão.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a possibilidade da análise da forma pelas séries de Fourier serem utilizadas para classificar os estádios de maturação de *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre* em Paço do Lumiar, Maranhão.

2.2 Objetivos específicos

- Classificar os estádios de maturação com base nas descrições proposta por Brown-Peterson (2011);
- Comparar os estádios de maturação dos peixes com padrões de forma;
- Analisar padrões de formas por séries de Fourier.

3 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

3.1 Análise da forma por séries de Fourier

É indiscutível que haja um grande número de pesquisas que visam caracterizar a forma dos organismos, com o intuito de caracterizar aspectos biológicos. A possibilidade de mensurar a forma dos organismos é por meio da biometria, outra possibilidade é utilizar as imagens e extrair informações importantes para descrever a forma (PINTO, 2005).

A caracterização da forma é um problema clássico do ponto de vista computacional, diferentes métodos de análise de forma foram implementados com o objetivo de obter características relevantes dos organismos, a maioria desses métodos utiliza o contorno da imagem, o que difere um método de outro, são as origens das características que são extraídas da forma (JUNIOR *et al.*, 2015).

Com o aprimoramento das técnicas no processamento de imagens, para fins de reconhecimento de padrões, tornou a análise da forma viável, pois é um método rápido e de baixo custo, outra vantagem é que as imagens podem ser reanalisadas para avaliações cada vez mais minuciosas (FRIEDLAND *et al.*, 1994). Além disso, o conceito de forma é uma abordagem muito complexa, vários autores detalharam a evolução dos métodos para esclarecer sobre as variações na forma dos organismos, como por exemplo, (BOOKSTEIN, 1993; REY- 1996; MARCUS, 1990 e GOULD, 1966,1977) entre outros.

Portanto, a morfometria geométrica é um mecanismo promissor na análise da forma dos organismos, permitindo a descrição das variações na forma e crescimento alométrico dos organismos (ALBERCH *et al.*, 1979; KLINGENBERG, 1996; LOY *et al.*, 1998a).

As séries de Fourier é uma representação da forma mais completa, incluindo eixos de variação que não são representados nas técnicas morfométricas. A análise de Fourier fornece uma recomposição precisa da forma dos peixes, mas não está relacionado com às semelhanças de origem das estruturas dos organismos, que é base da morfometria geométrica (ROLT & MERCER, 2000).

As séries de Fourier descrevem o contorno dos objetos por meio de uma função periódica contínua e pode ser representada pela soma das funções seno e cosseno de frequências crescente que ficam retidos pelo acréscimo de harmônicos (termos), caracterizam internamente o contorno de qualquer objeto pelos descritores de Fourier (SHEN *et al.*, 2009).

3.2 Aspectos reprodutivos de *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre*.

Os recursos pesqueiros são explorados de forma desordenada contribuindo para a redução dos estoques, limitando gradativamente a disponibilidade das espécies de importância econômica das regiões estuarinas (ALMEIDA, 2010). Com isso, a espécie *Sciades herzbergii* é uma importante fonte de proteína das comunidades ribeirinhas, devido a sua abundância (ARAÚJO *et al.*, 2004), sendo uma espécie onívora e especialista na captura de caranguejos (KRUMME *et al.*, 2008), e tem tendência a preparar sua prole para competição por alimento (GOMES & ARAÚJO 2004, FÁVARO *et al.*, 2005).

A espécie *Bagre bagre* é encontrada em ambientes marinhos e estuarinos (AZEVEDO, *et al.*, 1999; ABSOLON & ANDREATA, 2009), muito importante nas pescarias artesanais (SOUSA *et al.*, 2013; PINHEIRO-SOUSA *et al.*, 2015) na regiões norte e nordeste. principalmente na pesca de curral em São Luis (PIORSKI, 2009). Em estudo realizado sobre a distribuição da espécie *Bagre bagre* assinala indivíduos com baixa regularidade anual, organismos migrantes, de acordo com a disponibilidade de alimento, completando sua fase reprodutiva em diferentes ambientes (CARVALHO-NETA, 2004; CARVALHO-NETA & CASTRO, 2008; CARVALHO-NETA, NUNES & PIORSKI, 2011; SCHMIDT, MARTIND, REIGADA & DIAS, 2008, ABSOLON & ANDREATA, 2009). Em estudo sobre o hábito alimentar da espécie observaram que os grupos com maior frequência na dieta foram de peixes e crustáceos (PINHEIRO-SOUSA *et al.*, 2016).

A variação temporal das frequências dos estádios de maturação de *Bagre bagre* indica que o ciclo reprodutivo nos estuários maranhenses ocorre na estação chuvosa (QUEIROGA et al., 2012). De acordo com (SOUSA, ALMEIDA & CARVALHO-NETA) (2013) isso foi observado para essa espécie em estudos realizados na Baía de São Marcos. Além disso, os bagres apresentam desova parcelada ocasionada por fatores abióticos (UMBRIA, 2008, VAZZOLER, 1996).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O Estado do Maranhão possui uma extensa linha de costa que compreende vários municípios, sendo a cidade de São Luis uma ilha localizada ao centro do litoral Maranhense, servindo como divisor físico natural entre duas Baías, a direita está a Baía de São José, considerada a mais importante do litoral por seus aspectos fisiográficos, intensa vazão de águas fluviais, alta densidade de atividades antrópicas e a circulação de riqueza (SILVA, 2017). Nesta Baía encontra-se o Porto do Pau Deitado onde está situada a colônia de pescadores artesanais Z-12, no município de Paço do Lumiar (Fig. 1).

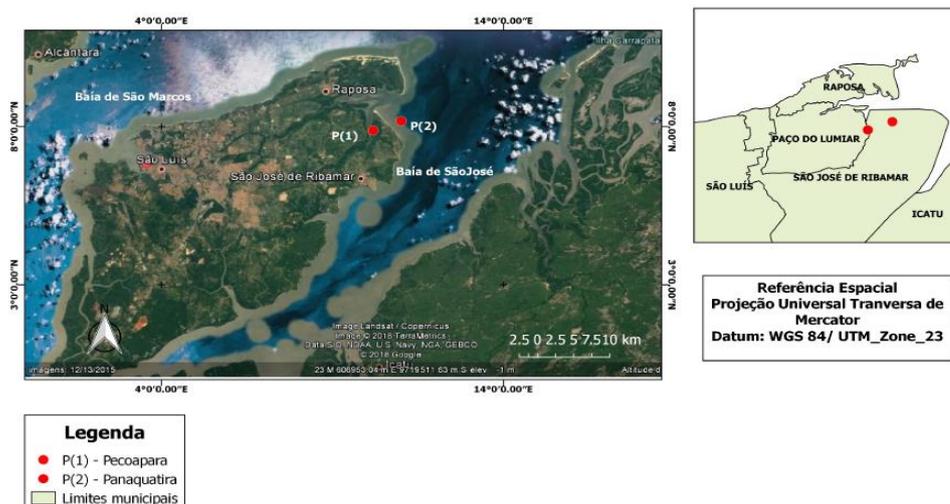


Figura 1. Locais de amostragens de *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre* obtidos no município de Paço do Lumiar, Maranhão.

4.2 Aquisição dos peixes

A aquisição do material biológico para esse estudo ocorreu em dois pontos distintos no estuário do rio Santo Antônio com auxílio de pescadores contratados da colônia de pescadores Z-12. Foram adquiridas duas espécies de bagres durante o mês de Novembro de 2018. Os locais de obtenção dos espécimes foram georreferenciados com GPS (*Global Position System*), para o primeiro local de amostragem em Pecoapara (P1) de coordenadas 2°29'36.54"S e 44° 3'34.38"W, foram capturados 10 peixes de *Sciades herzbergii*, para o segundo ponto em Panaquatira (P2) de coordenadas 2°28'56.64"S e 44° 1'44.40"W, foram capturadas 10 peixes de *Bagre bagre*.

Para a amostragem dos organismos na localidade Pecoapara, fêmeas de *Sciades herzbergii*, conhecida como guribu, foram capturadas com armadilha de Manzuar. Já as fêmeas de *Bagre bagre* conhecida como bandeirado, com linha de anzol. Em seguida, os peixes foram armazenados em sacos plásticos identificados e acondicionados em caixas isotérmicas e transportados ao Laboratório de Biomarcadores em Organismos Aquáticos (LABOaq) - UEMA.

4.3 Biometria

Logo após, foi realizada a biometria, os seguintes parâmetros foram aferidos foram comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), comprimento furcal (CF), comprimento da cabeça (CC) e altura máxima do corpo (AMC) medidos em (cm) com o auxílio de um ictiômetro e paquímetro. O peso total (PT) e peso das gônadas (PG) foram aferidos em gramas (g) como auxílio de balança digital de precisão de 0,01g (Fig. 2 e 3).

Posteriormente esses dados foram feitos os cálculos das médias, desvios padrão e índice godossomático ($IGS = \frac{WG \cdot 100}{WT}$), para posterior análise e interpretação dos dados.

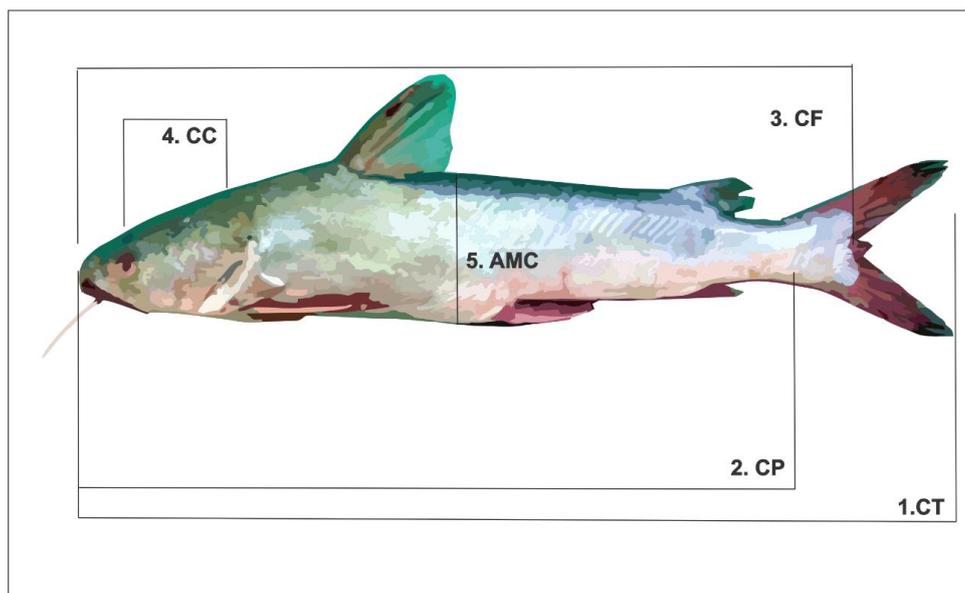


Figura 2. Parâmetros biométricos aferidos em *Sciades herzbergii*.

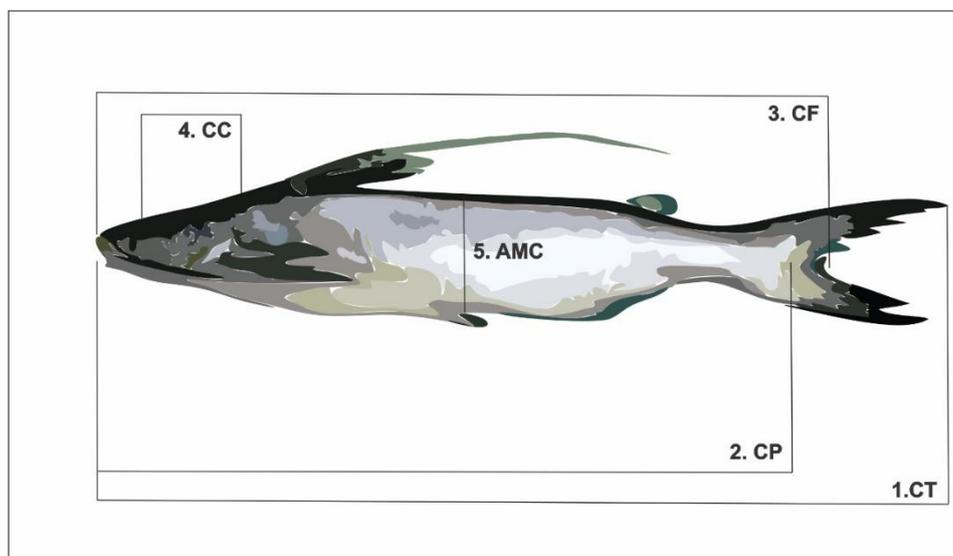


Figura 3. Parâmetros biométricos aferidos em *Bagre bagre*.

4.4 Análise das gônadas

Para a extração das gônadas e posterior classificação macroscópica, os peixes foram eviscerados através de incisão abdominal à altura do poro genital e estendendo-se em direção as nadadeiras peitorais até a câmara branquial. As gônadas foram pesadas e analisadas considerando os seguintes estádios de maturação gonadal de acordo com a proposta por (BROWN - PETERSON, 2011) sendo descritas 5 fases ao longo do ciclo reprodutivo dos indivíduos maduros (adultos) aptos à reprodução: (EG1) fase imatura pode ocorrer apenas uma vez. (EG2) (em desenvolvimento) sinaliza basicamente a entrada no estágio, dependente de gonadotrofina da oogênese e espermatogênese, resultando no crescimento gonadal. (EG3) apto a desova: (1) desenvolvimento de gametas em estágio avançado permitindo a desova dentro do ciclo reprodutivo atual. (2) fêmeas que mostram sinais de desovas anteriores e que são também capazes de desovas adicionais durante o ciclo anual. Dentro da fase de desova, é definida uma subfase ativa de desova que corresponde à hidratação e ovulação em fêmeas e espermição em machos. (EG4) a fase de regressão indica conclusão da época de desova. E finalmente (EG5) regeneração para os peixes que são sexualmente maduros, mas reprodutivamente inativos.

4.5 Captura digital de imagem

Em ambiente laboratorial, devidamente preparado para o desenvolvimento de experimentos, os peixes foram posicionados para o lado esquerdo para captura do contorno do peixe (visão lateral) e também sobre a bancada para obtenção do contorno visto de cima (visão superior), contendo um número de identificação em ordem crescente em cada peixe. Esses foram posicionados para que a visualização do contorno dos espécimes fosse preservado no processo de obtenção da imagem digital. Com uma câmera digital SONY modelo DSC-HX300 resolução 350 dpi e dimensão de 5184 x 3088 elementos de imagens, buscando obter as imagens com a mesma distância focal e também mesma iluminação, para não causar interferência na obtenção do contorno dos peixes. (Fig. 4 e 5).

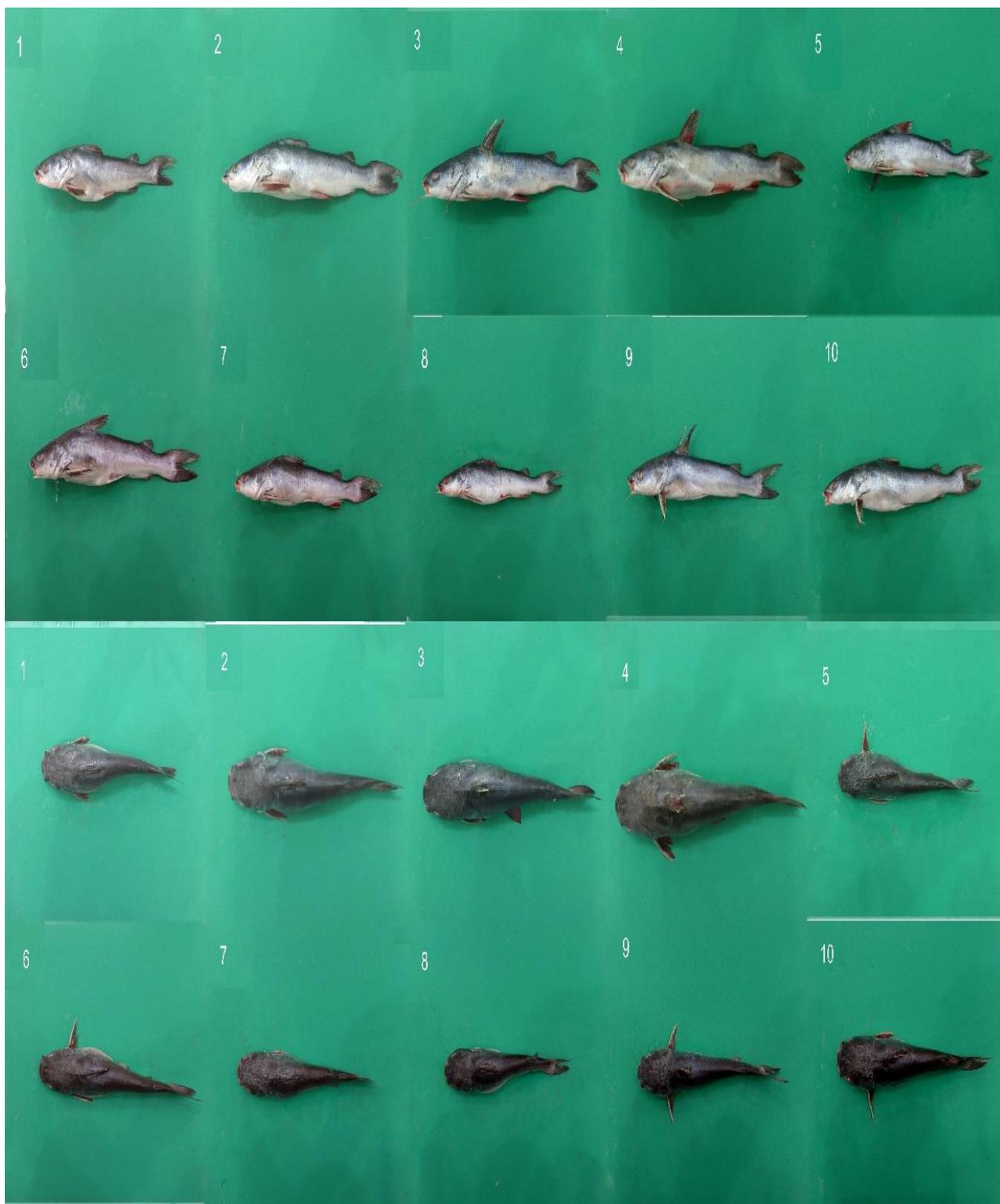


Figura 4. Imagem digital com visão lateral e superior das fêmeas de *Sciades herzbergii* obtidas no município de Paço do Lumiar, Maranhão

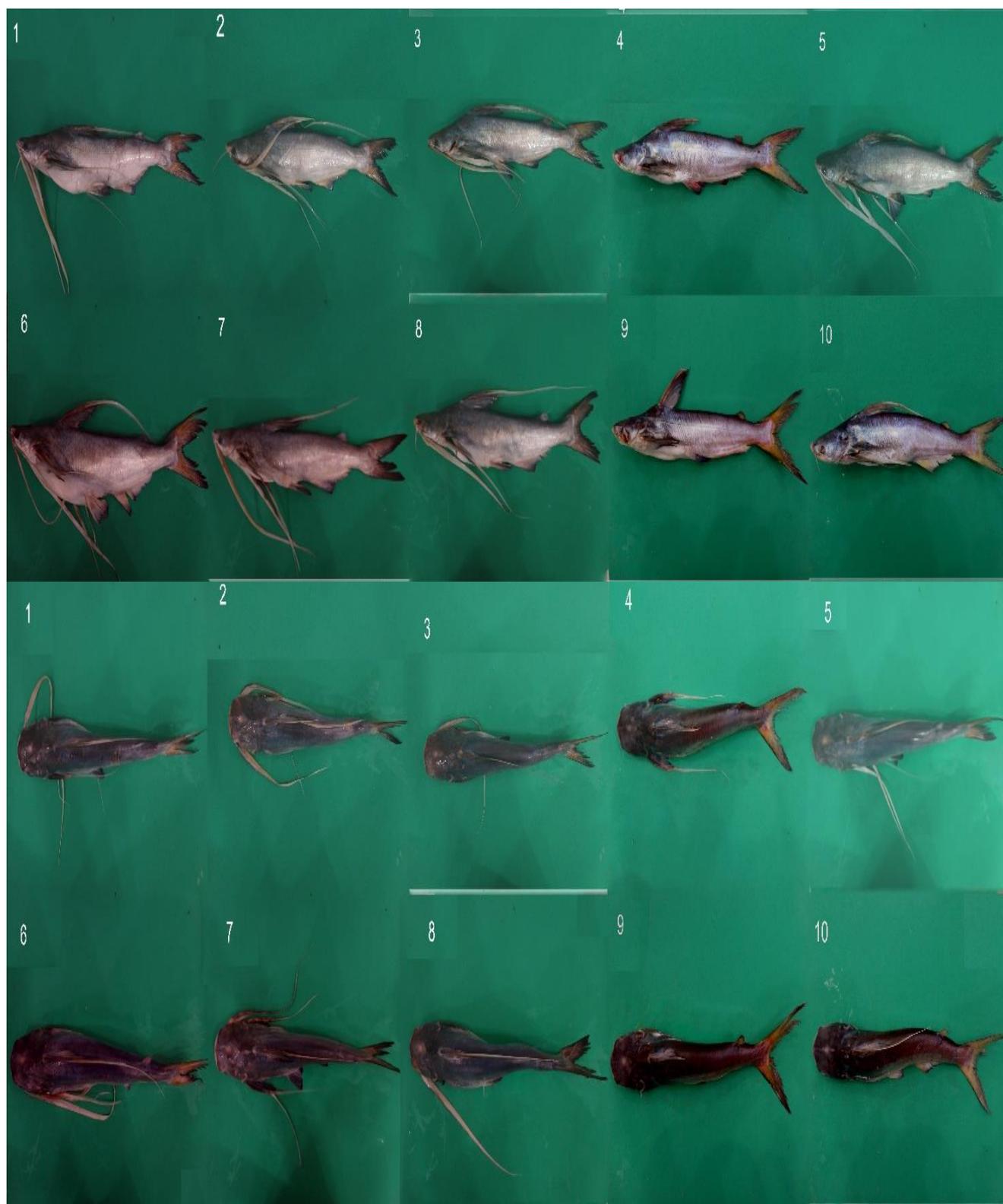


Figura 5. Imagem digital com visão lateral e superior das fêmeas de espécie *Bagre bagre* obtidas no município de Paço do Lumiar, Maranhão

4.6 Digitalização da forma

A aquisição dos dados morfométricos foi realizada com o uso de programas da linha TPS (*Thin Plate Spline*) programa bastante utilizado para digitalizar (pontos) os contornos em imagens digitais (ROHLF, 2016). O contorno da forma de *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre* foi realizada a digitalização, cada ponto inserido na imagem digital corresponde a uma coordenada cartesiana (x,y) (Fig. 6).

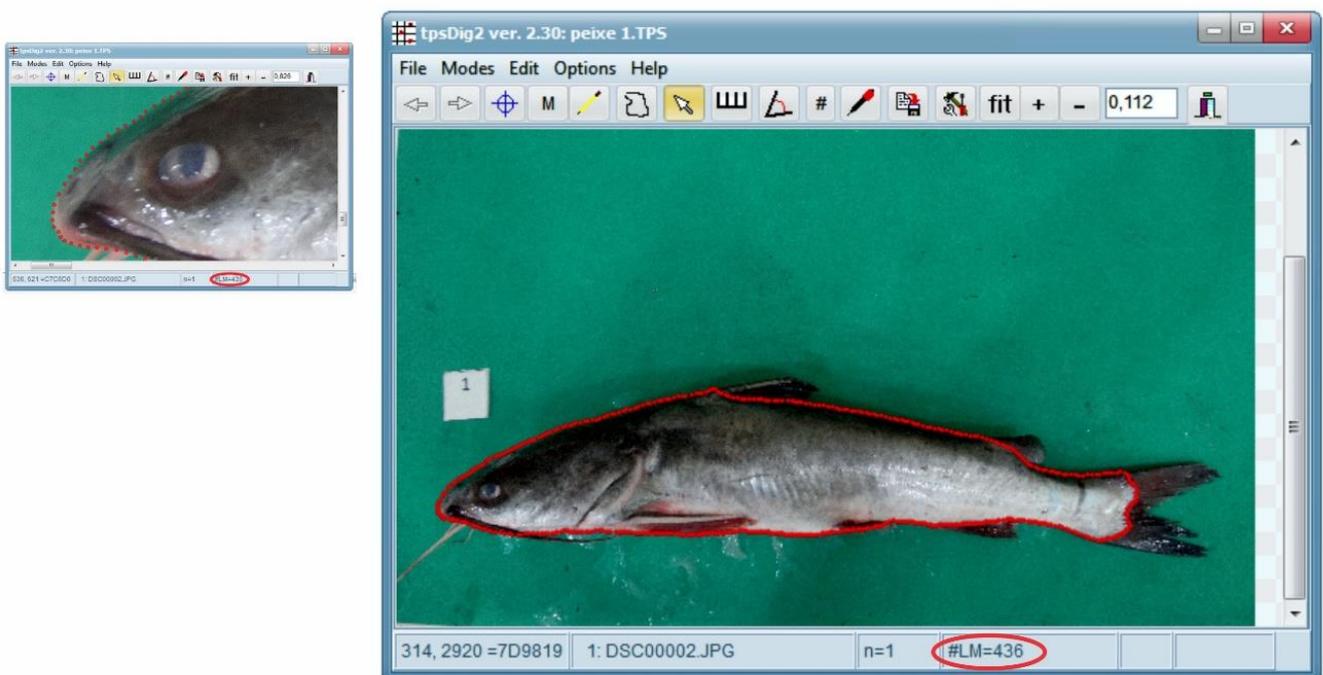


Figura 6. Digitalização do contorno da forma utilizando o programa TpsDig. ver.2.30.

Com auxílio o programa MathCad 15 foi realizada a análise da forma pelas séries de Fourier e calculados os coeficientes para o primeiro harmônico para a espécie *Sciades herzbergii* para representar o contorno por completo dos peixes foram inseridos em média de 450 a 500 pontos (Fig. 7A). Em seguida foi realizada uma nova análise desse conjunto de pares ordenados e com isso a normalização do número de pontos, constituindo um novo conjunto de pares ordenados (coordenadas cartesianas) incluindo 256 pontos por peixe digitalizado (Fig. 7B).

Houve a necessidade de normalizar a quantidade de pontos em cada peixe, para não comprometer a análise da forma, mesmo com a redução do número de pontos no contorno, foi possível a visualização do contorno por completo. Além do mais, o ajustamento de pontos, foi uma etapa necessária no processamento dos dados, para não ocasionar possíveis falhas na conformação dos contornos.

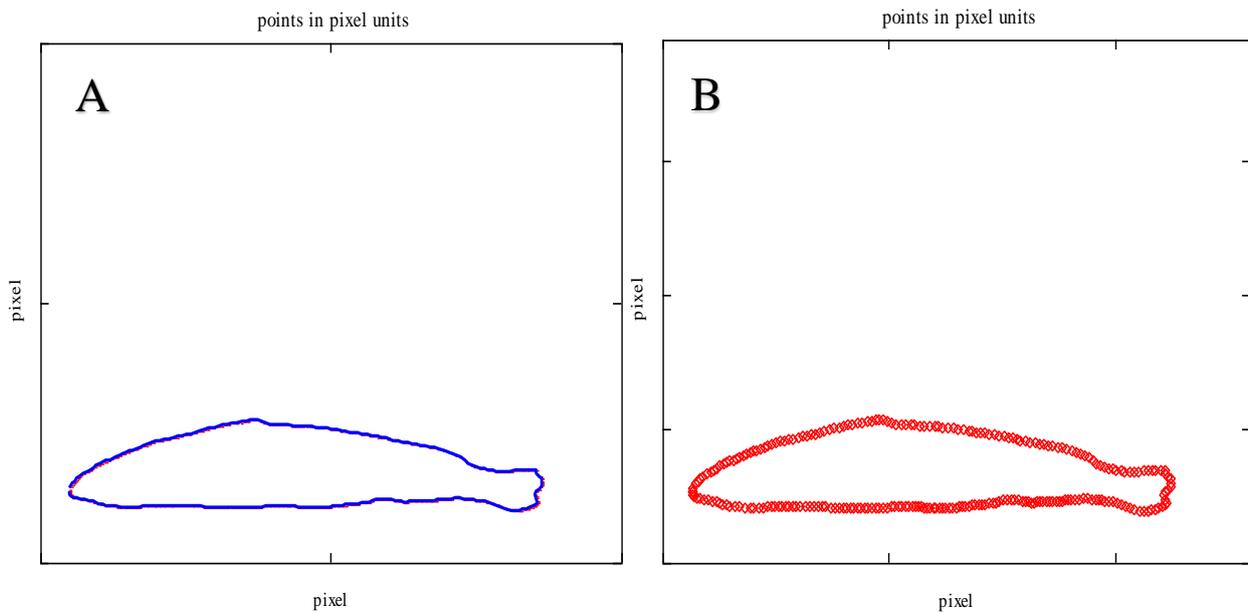


Figura 7. Imagem digitalizada do contorno de *Sciades herzbergii* e (B) Imagem digitalizada do contorno contendo 256 pontos.

4.7 Tratamento dos dados

O conjunto de pontos foram obtidas após a digitalização e identificação das possíveis variações nos padrões de forma dos peixes utilizando o programa TpsDig para ambas espécies, e também a padronização do quantidade de pontos inseridos na imagem.

Para obtenção da forma foi realizada a decomposição em partes menores e mais simples do contorno, para uma forma geométrica primitiva em porções do contorno, método conhecido como aproximação poligonal, por meio das coordenadas e a partir dos pares ordenados temos as séries de Fourier (LESTREL, 1997; MONTEIRO, 1999; REIS, 1999; ADAMS; ROHLF; SLICE, 2004; TORRES JÚNIOR *et al.*, 2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado para o índice gonadossomático ($IGS = PG.100/PT$) dos bagres estão listadas na (Tab. 1) e apresentaram valores muito baixos, por isso é difícil associar qualquer variação na forma pela variação na cavidade abdominal dos peixes, levando em consideração que a proposta da pesquisa é verificar possíveis variações na forma dos peixes e associa-las aos estádios de maturação. Além disso, em estudo realizado por SILVA, 2017 analisou a forma *Prochilodus.sp* (Curimatá) buscando associar os estágios de maturação para machos e fêmeas e encontrou um índice gonadossomático de 21,42 ou seja, esta espécie apresentou um alto IGS, com isso foi possível observar variação na forma e associar ao estágio de maturação pela expansão das gônadas.

Em estudo realizado por VERAS *et al.*, 2017 encontrou tamanho médio para fêmeas de *Bagre bagre* com medidas superiores a 22 cm de comprimento e para *Sciades herzbergii* medindo até 30 cm de comprimento estuários nordestinos. A biometria realizada em *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre* demonstraram organismos de tamanho inferior em comparação a VERAS *et al.*, 2017. As fêmeas de *Sciades herzbergii* apresentaram comprimentos (Total, Padrão e Furcal) inferiores quando comparadas ao *Bagre bagre*. Em comprimento de cabeça (CC) em *Sciades herzbergii* foi maior em comparação ao *Bagre bagre*. Em relação ao peso total (PT) e peso de gônadas (PG) o *Bagre bagre* apresentou as maiores médias, em relação a médias de todos os parâmetros indicou diferença significativa $p = 0,82$.

O parâmetro mais importante para a análise da forma é o índice gonadossomático, se é consideravelmente alto é provável que alguma variação no contorno do peixe pode ser descrita pelos harmônicos (termos). Além do mais, os exemplares adquiridos neste estudo não apresentaram um alto índice gonadossomático, porém algumas variações na forma para alguns exemplares foram descritas e como se trata de uma espécie que deforma sua estrutura corpórea quando manipulada é importante ter cautela no momento de aquisição da imagem digital para não ocasionar falhas na digitalização do contorno.

A utilização de um mecanismo para posicionar o peixe para a captura de imagem digital sem que sofra alguma deformação seria um alternativa que contribuiria bastante para uma avaliação mais precisa e até mesmo uma análise tridimensional para assim

conseguir ter uma percepção mais ampla das variações e tentar entender um pouco mais sobre a anatomia da espécie.

Tabela 1. Médias e desvios padrão para fêmeas de *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre* obtidos em Paço do Lumiar, Maranhão.

Parâmetro	Pecoapara	Panaquatira
	<i>Sciades herzbergii</i>	<i>Bagre bagre</i>
	Fêmea	Fêmea
CT (cm)	12,8 ± 1,72	16,4 ± 0,77
CP (cm)	10,9 ± 1,48	13,1 ± 0,69
CF (cm)	10,8 ± 2,69	13,6 ± 0,66
CC (cm)	7,2 ± 1,20	5,8 ± 0,54
AMC (cm)	5,0 ± 0,72	5,8 ± 0,82
PT (g)	342,2 ± 148,5	450,4 ± 90,76
PG (g)	1,2 ± 1,34	7,2 ± 12,10
IGS	0,3 ± 0,22	1,4 ± 2,21

Números de indivíduos = 20. Número de fêmeas = 20. **CT**: comprimento total; **CP**: comprimento padrão; **CF**: comprimento furcal; **CC**: comprimento cabeça; **AMC**: altura máxima do corpo; **PT**: peso total; **PG**: peso das gônadas. **GSI**: índice gonadossomático = $PG.100/PT$.

Os percentuais de estádios de maturação de *Sciades herzbergii* estão listados na (Tab. 2) com 10% de fêmeas imaturas e 90% em estágio de regressão reprodutiva. Em *Bagre bagre* foi de 50% no estágio em desenvolvimento das gônadas, 20% aptos a desova e 30% em estágio de regressão reprodutiva. As maiores porcentagens foram de indivíduos em regressão reprodutiva, seguida de organismos em desenvolvimento gonadal e consequentemente aptos a desova.

Os estádios de reprodução é um parâmetro importante a ser avaliado para o entendimento do recrutamento dos organismos em seu habitat natural, os bagres utilizam diferentes ambientes para o crescimento, como também alimentação. Diante disso, a alternância de estágios apresentada durante a classificação macroscópica, contribui para percepção ampla de todos os estádios de maturação facilitando a análise da forma.

Nossos resultados foram satisfatórios em relação as porcentagens de organismos em estágio de desenvolvimento reprodutivo onde consequentemente podemos observar alguma variação na forma dos peixes e que podem estar associada ao estágio de maturação. É importante ressaltar que grande parte dos organismos estavam no final do seu ciclo reprodutivo, e a espécie apresenta desova parcelada, contribuindo assim para a aquisição de organismos em diferentes estádios de maturação dentro do ciclo reprodutivo.

Tabela 2. Percentuais de estádios de maturação gonadal de fêmeas de *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre* obtidos em Paço do Lumiar, Maranhão.

EG	<i>Sciades herzbergii</i>	<i>Bagre bagre</i>
	Fêmea	Fêmea
EG1	10%	-
EG2	-	50%
EG3	-	20%
EG4	90%	30%
EG5	-	-

EG: Estádio gonadal

EG1: Imaturo; **EG2:** em desenvolvimento; **EG3:** aptos a desova; **EG4:** regredindo **EG5:** Regenerado. Classificação de Brown - Peterson et., al (2011).

O resultado da sobreposição da forma pela análise por séries de Fourier em *Sciades herzbergii*, ilustra o contorno de 10 peixes (visão lateral e superior) para cada contorno foi atribuídas cores diferentes para facilitar a visualização e comparação da forma dos peixes (Fig. 8A e B). É necessário normalizar e rotacionar os ângulos para que todos os contornos fossem alinhados e ajustados. Esse procedimento foi indispensável, pois, foi possível capturar a imagem dos peixes na mesma distância focal, por não ter suporte apropriado para posicionar a câmera digital, sendo o processo ocorreu manualmente, porém isso não prejudicou aquisição da forma.

É importante ressaltar que a utilização de suporte para fixação da câmera digital auxiliaria na aquisição de imagem na mesma distância focal, e portanto não seria necessário a normalizar os ângulos, entretanto, esse procedimento possibilita melhor visualização e assim uma interpretação mais precisa da forma dos peixes. É muito importante também verificar a iluminação em ambiente laboratorial para não ocasionar sobreamento na forma do peixe, ocasionando falhas na digitalização da forma.

A representação da forma (visão superior) ilustra o contorno do peixe (5) foi o que apresentou maior deslocamento no ângulo em comparação aos demais contornos sobrepostos (Fig. 8B). O posicionamento adequado da câmera digital durante o processo de captura da imagem é fundamental para aquisição precisa do peixe extraíndo a forma com a máxima precisão possível. Em relação a manipulação do foco da câmera também é um ponto a ser verificado com bastante cautela, pois o não ajuste pode ocasionar imagem fora do foco ou até mesmo uma imagem trêmula, prejudicando assim o processo de digitalização do contorno da forma.

A representação do contorno da forma digitalizada de *Sciades herzbergii* foi normalizado e rotacionado (visão lateral e superior) e assim os peixes foram alinhados e ajustados, facilitando a visualização das variações na forma e sobreposição dos contornos. Assim, podemos verificar pontualmente onde estão ocorrendo as variações e tentar associa-las aos estádios de maturação dos peixes (Fig. 9A e B). O processo de normalização contribui no nível de detalhamento do contorno, mesmo que a variação seja de natureza discreta ou até mesmo marcante.

A quantidade de peixes utilizados na análise é considerada adequada, levando em consideração que a proposta do estudo é aplicabilidade do método na análise da forma, para obter com precisão os estádios de maturação a partir da captura da imagem digital do organismo. Para uma análise bidimensional o número de organismos analisados é adequado, pois a priori é verificar se o método pode captar tais variações, uma grande sobreposição de contornos também poderia ser analisada, porém, foi possível a aquisição de alguns organismos.

A representação da forma digitalizada de *Sciades herzbergii* (visão lateral e superior) ilustra a forma detalhada do contorno e as variações para alguns peixes, essa representação é foi possível identificar visualmente os peixes que apresentaram alguma variação na forma (Fig. 10A e B). No gráfico (visão lateral) as variações captadas foram principalmente na cavidade abdominal dos peixes, logo para o segundo harmônico, com destaque o peixe (1) fêmea imatura e também os peixes (5) e (9) ambas fêmeas no estágio de regressão reprodutiva com seus respectivos índice gonodossomático de 0,05; 0,04 e 0,07 (Fig. 10A).

Considerando que todos os contornos apresentaram alguma variação na forma em diferentes pontos, sendo que a resolução dos estádios foi feita macroscopicamente o que limita a percepção do real estágio de maturação da espécie, outro fator também deve ser levado em consideração é o baixo índice gonodossomático dos bagres, sendo muito difícil associar tais variações na cavidade abdominal aos estádios de maturação dos peixes.

A representação da forma (visão superior), foram verificadas variações na forma, logo no primeiro harmônico para o peixe (4) de natureza discreta e mais marcante para o peixe (8) ambas fêmeas em fase de regressão reprodutiva e com os respectivos índices gonodossomáticos de 0,68 e 0,15 (Fig. 10B). É importante ressaltar que análise da forma por esse ângulo fornece uma nova possibilidade de identificar as variações na forma.

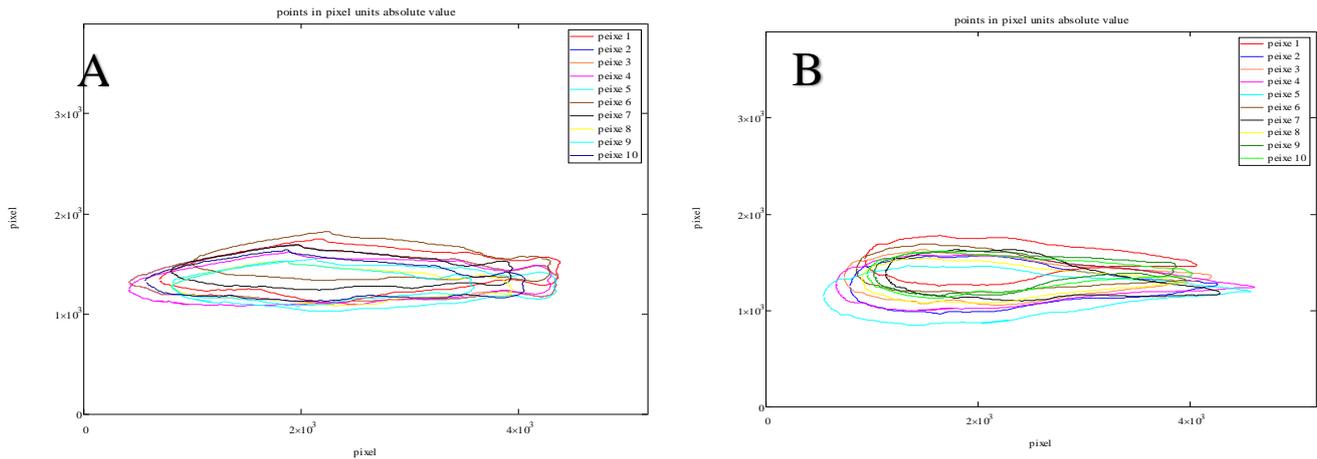


Figura 8. (A) Representação da sobreposição dos contorno de *Sciades herzbergii* visão lateral e (B) visão superior

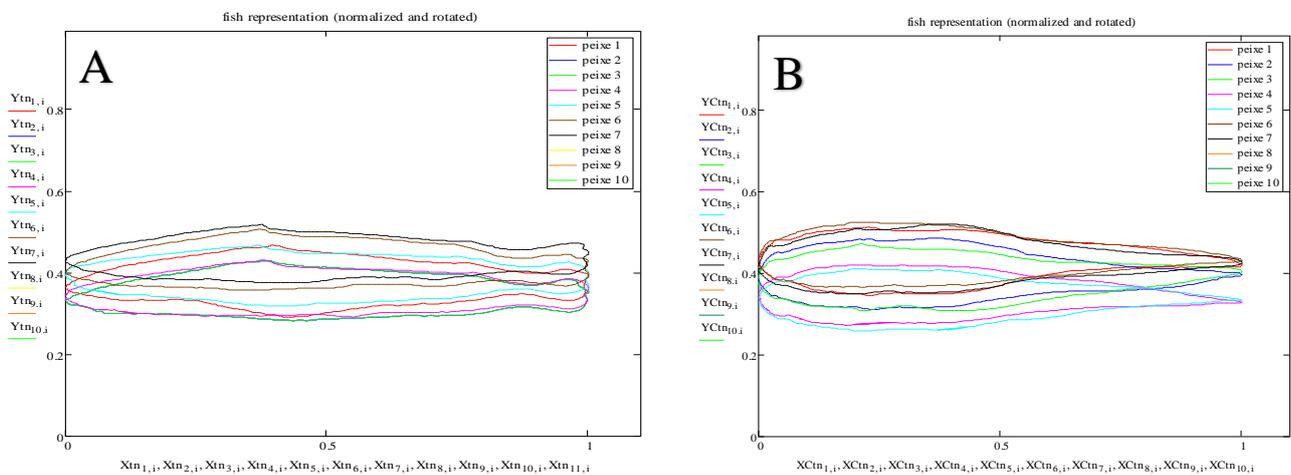


Figura 9. (A) Representação do contorno normalizado e rotacionado de *Sciades herzbergii* visão lateral e (B) visão superior.

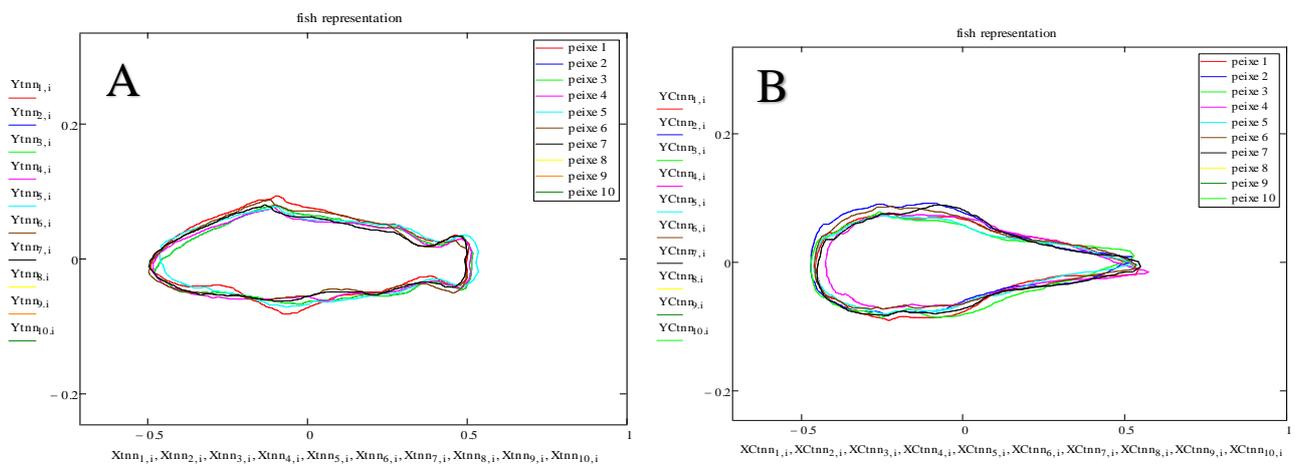


Figura 10. (A) Representação da forma digitalizada de *Sciades herzbergii* visão lateral e (B) visão superior.

O gráfico de espectro de modos de *Sciades herzbergii* (visão lateral e superior) expressa no eixo das abcissas a quantidade de peixes utilizados e no eixo das ordenadas o número de harmônicos utilizados (Fig. 11A e B). Os gráficos abaixo ilustram as variações na forma dos peixes (visão lateral) foi captada logo para o segundo harmônico. Para os (visão superior) essa variação foi captada, logo para o primeiro harmônico, no entanto para os peixes (visão superior) foram para o primeiro harmônico.

Com isso, podemos inferir que a possibilidade de descrever a forma por outro ângulo aumenta a capacidade do descritor (harmônico) em descrever a forma com melhor detalhamento, ou seja, quanto melhor estiver descrito o contorno, este será descrito logo nos primeiros harmônicos.

O gráfico de espectro de modos de *Sciades herzbergii* (visão lateral e superior) expressa no eixo das abcissas a quantidade de peixes utilizados e no eixo das ordenadas utilizando número reduzido de harmônicos (Fig 12A e B). A similaridade apresentada nos gráficos abaixo, ilustram um padrão independentemente do ângulo de captura da imagem expressa para no segundo harmônico (realce em vermelho) entendermos que somente pela análise da forma o quanto podem ser semelhantes as formas e que esta propriedade permanece preservada mesmo sendo obtidas em ângulos diferentes.

Este parâmetro é importante do ponto de vista biológico, pois, meio dessa avaliação poderemos entender qual a natureza da variação e se isso pode refletir na reprodução dos peixes. Portanto, é possível perceber qualquer variação na forma dos peixes, mesmo em diferentes ângulos pelo contorno pelos harmônicos, sendo necessário realizar a análise da forma combinada para verificar se esse padrão é similar

Levando em consideração que o índice gonodossomático da espécie é um parâmetro importante a ser avaliado e o baixo valor apresentado pelas espécies neste estudo comprometeu associar essas variações ao estágio de maturação, porém sugerimos que para espécies que apresentem índice elevado seja possível verificar essas variações na forma. Foi verificada algumas variações na cavidade abdominal para alguns peixes analisados, contudo é pouco provável que esteja associado aos estágios de maturação.

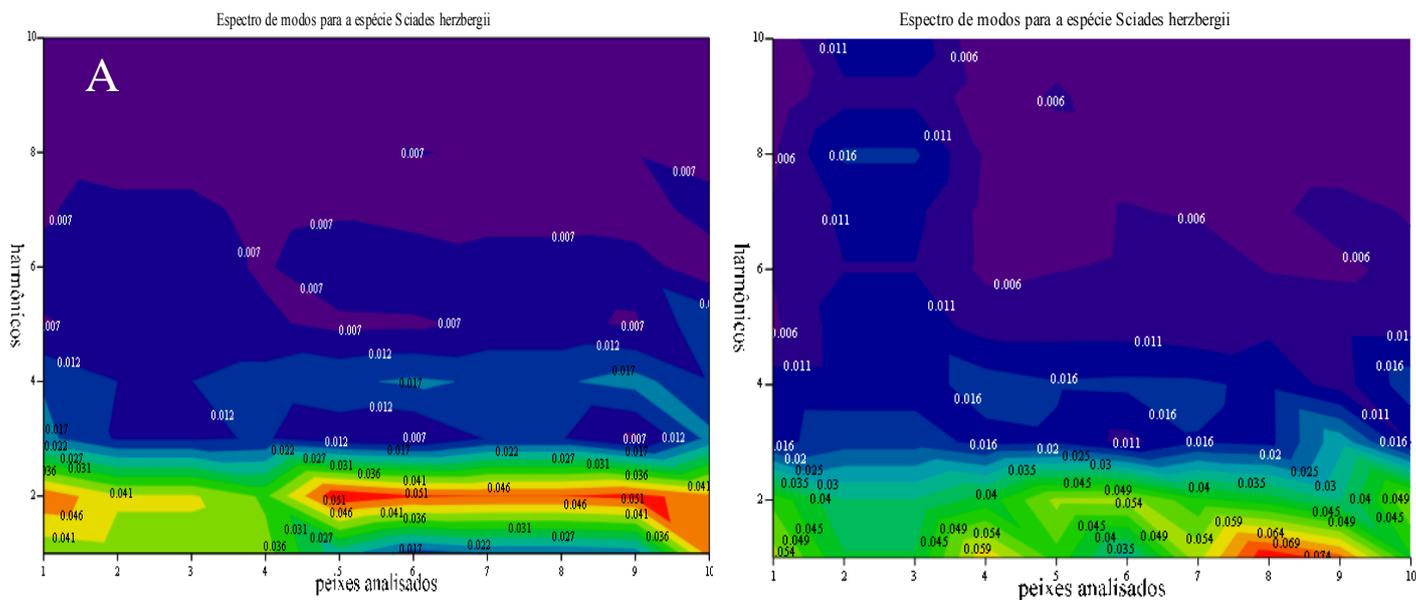


Figura 11. (A) Espectro de modos de *Sciades herzbergii* visão lateral e (B) visão superior.

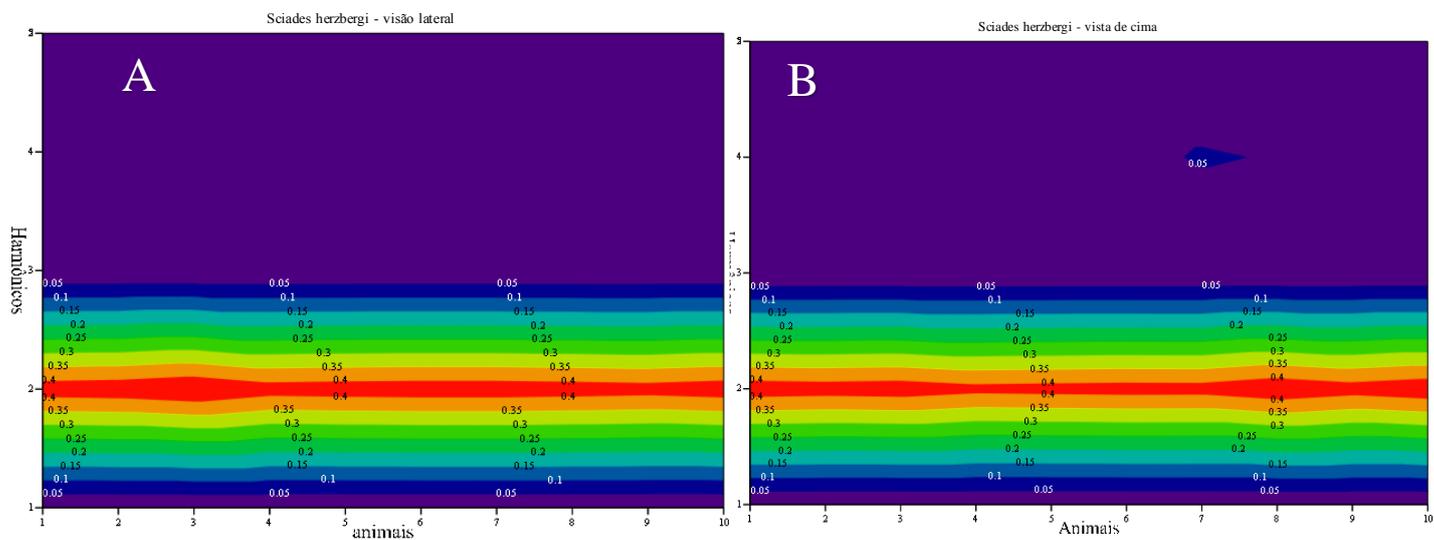


Figura 12. (A) Espectro de modos de *Sciades herzbergii* visão lateral e (B) visão superior utilizando número reduzido de harmônicos.

A representação da forma combinada do contorno de *Sciades herzbergii*, expressa em linhas pontilhadas indicam o contorno na (visão lateral), linhas pontilhadas em azul indica o contorno na (visão superior) e linhas em vermelhos a combinação de ambas (Fig. 13). Essa combinação dos contornos em diferentes ângulos de captura permite verificar pontualmente onde ocorrem as variações na forma pela combinação dos contornos.

Portanto, a combinação da forma é uma alternativa concreta que proporciona analisar a forma e obter mais informações sobre as características que estão intrínsecas na forma dos peixes. Esse entendimento sobre a natureza das variações que ocorrem nos peixes ajudará a compreender de forma mais completa como essas variações podem influenciar nas funções biomecânicas ou até mesmo na reprodução dos peixes.

A análise da forma dos peixes é uma percepção muito mais ampla do que somente a verificação biométrica e auxilia na compreensão das variações que ocorrem na estrutura externa dos organismos e possibilita entender a origem das variações e se existe alguma característica marcante que possa indicar o estágio de maturação somente pela análise da forma é uma etapa muito importante a ser analisada do ponto de vista biológico.

Para o gráfico de espectro de modos da forma combinada de *Sciades herzbergii* (visão lateral e superior) utilizando número reduzido de harmônicos (Fig.14). Independente do ângulo de aquisição da imagem digital a propriedade inerente da forma permanece preservada, assume um padrão inerente ao ângulo de captura da imagem. Diante disso, obtemos a combinação dos diferentes contornos e mesmo apresentando algumas variação na forma, associar essa variação ao estádios de maturação é pouco provável. Levando em consideração o baixo índice das gônadas apresentado pela espécie.

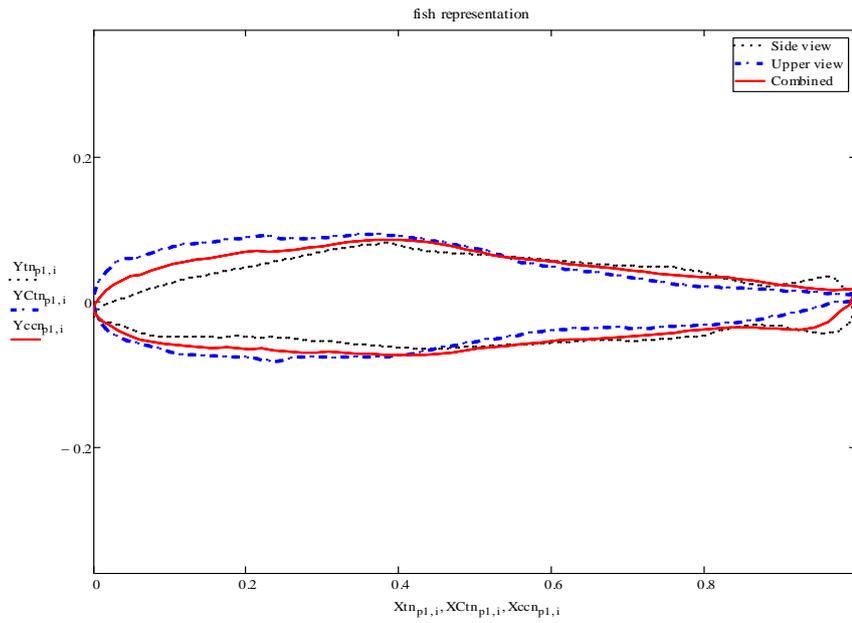


Figura 13. Representação da forma combinada de *Sciades herzbergii*.

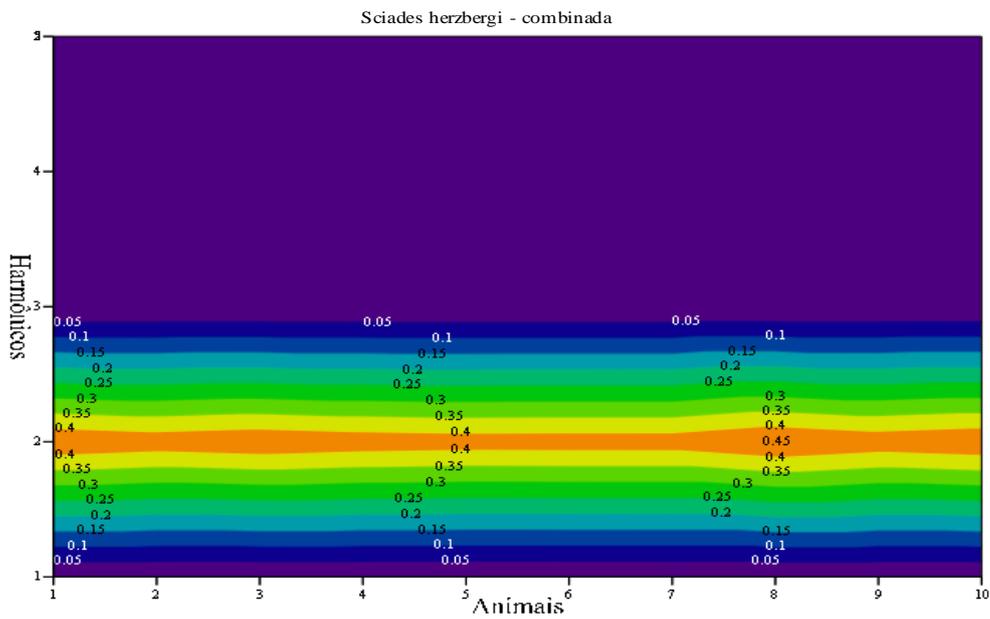


Figura 14. Espectro de modos da forma combinada de *Sciades herzbergii* utilizando número reduzido de harmônicos.

O resultado da sobreposição da forma pela análise pelas séries de Fourier para fêmeas de *Bagre bagre*, descreve o contorno de 10 peixes (visão lateral e superior), foi atribuída cores diferentes para facilitar a visualização (Fig. 15A e B). Foi necessário normatizar o ângulo de ajustamento dos peixes estejam alinhados e ajustados para melhor visualização dos contornos.

É possível perceber que nem todos os peixes estão ajustados e nem alinhados, com isso é imprescindível normatizar os ângulos de ajustamento, para melhor visualização dos contornos. Esse procedimento é necessário, tendo em vista que a captura de imagem digital não foi da mesma distância focal, porém não causa interferência na aquisição do contornos dos peixes.

A representação do contorno da forma normalizado e rotacionado para a espécie *Bagre bagre* em diferentes ângulos (visão lateral e superior) para que todos os peixes possam estar alinhados e ajustados, facilitando a visualização e interpretação das variações na forma. Por meio da sobreposição das formas podemos avaliar pontualmente onde estão ocorrendo as variações e associa-las ao estágio amturação dos peixes (Fig. 16A e B).

O ajustamento de ângulo para os peixes vistos lateralmente foram mais satisfatórios, pois o ângulo de captura da imagem digital não oscilou consideravelmente, no entanto, os contornos vistos por outro ângulo (visão superior) apresentaram resultado semelhante, porém, isso não afetará na interpretação visual dos contornos dos peixes digitalizados.

Após a interpretação, foi possível verificar que o peixe (6) visto lateralmente, foi o que apresentou variação na forma mais marcante. Para os peixes (visão superior) não é possível perceber nenhuma variação marcante ao longo do contorno dos peixes.

A representação da forma digitalizada de *Bagre bagre* (visão lateral e superior) por meio da sobreposição das formas, verificamos variações ao longo do contorno dos peixes como ilustra (Fig.17A e B). Em decorrência da análise, constatamos pela interpretação visual do gráfico, que o peixe (6) no estágio apto a desova apresentou variação marcante para o primeiro harmônico, com um índice gonodossomático de 2,43, em comparação aos demais peixes.

Devemos levar em consideração as variações, não podem está associadas aos estágios de maturação e também foram verificadas para os demais peixes, porém de forma mais discreta, logo no o segundo harmônico. Pela interpretação do gráfico percebemos que não foi encontrada variações para os peixes (2); (3); (5); (7), pela classificação macroscópica todos os peixes estão em desenvolvimento reprodutivo, com excessão o peixe (8) que está apto a desova.

Podemos inferir que independente do estágio de maturação, a interpretação da análise da forma é um parâmetro importante a ser analisado, pois, essa propriedade pode fornecer informações sobre a natureza da variações e se esta pode ou não está associada aos estágios de maturação. Devido ao baixo índice das gônadas apresentados pelos exemplares na análise é pouco provável que está variação seja em decorrência dessa alteração na forma. A variação na forma apresentada para esses exemplares foi observada, logo no segundo harmônicos, porém não foi possível associar a natureza da variações aos estágios de maturação dos peixes.

A representação da forma digitalizada de *Bagre bagre* (visão superior) ilustra que variações foram percebidas em alguns peixes analisados, foi mais marcante, logo no segundo harmônico para os peixes (1); (2); (3); (6) e (7) todos no estágio em desenvolvimento reprodutivo, com excessão o peixe (6) que está apto a desova e com os respectivos índices gonodossomático de 0,37; 0,43; 0,30; 2,43 e 1,25.

Pela interpretação do contornos vistos por este ângulo, podemos perceber que a natureza das variações foi mais marcantes para os peixes (1); (6) e (7), em comparação aos peixes vistos lateralmente. Esta nova alternativa de analisar a forma, fornece que informações relevantes em relação as variações da forma não venham a ser perdidas no processamento da análise.

Porém quando verificamos os contornos (visão superior) percebemos que os peixes (1); (4) e (8) também apresentaram variações na cavidade abdominal, porém de natureza mais discreta. Pela classificação macroscópica estes peixes apresentam diferentes estágios de maturação, peixe (1) em desenvolvimento das gônadas, peixe (4) em regressão reprodutiva e peixe (8) apto a desova.

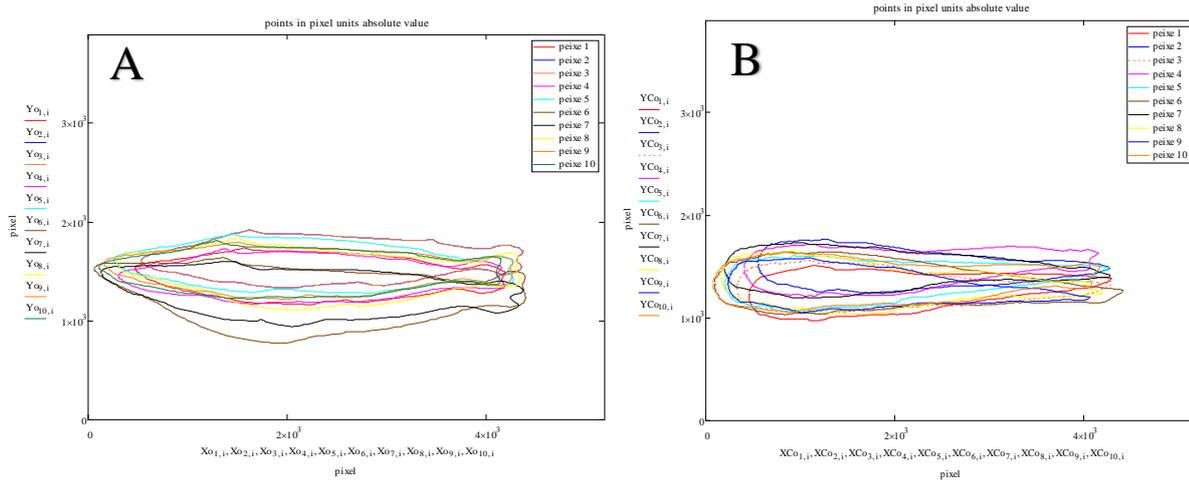


Figura 15. (A) Representação da sobreposição dos contornos de *Bagre bagre* visão lateral e (B) visão superior.

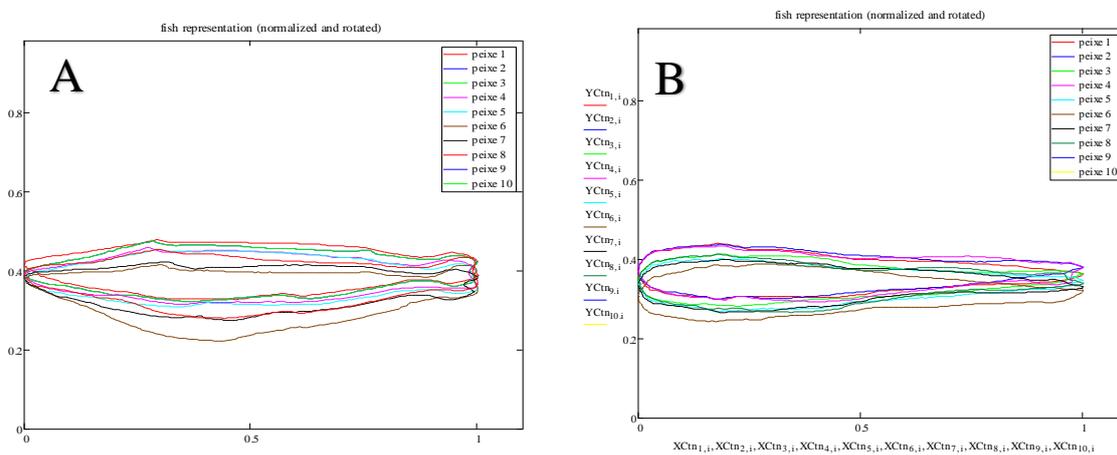


Figura 16. (A) Representação do contorno normalizado e rotacionado de *Bagre bagre*, visão lateral e (B) visão superior.

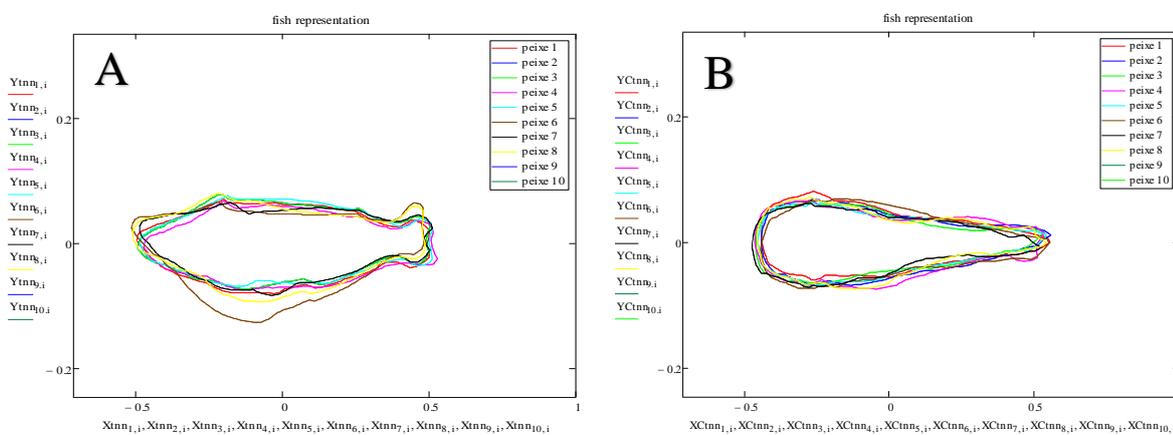


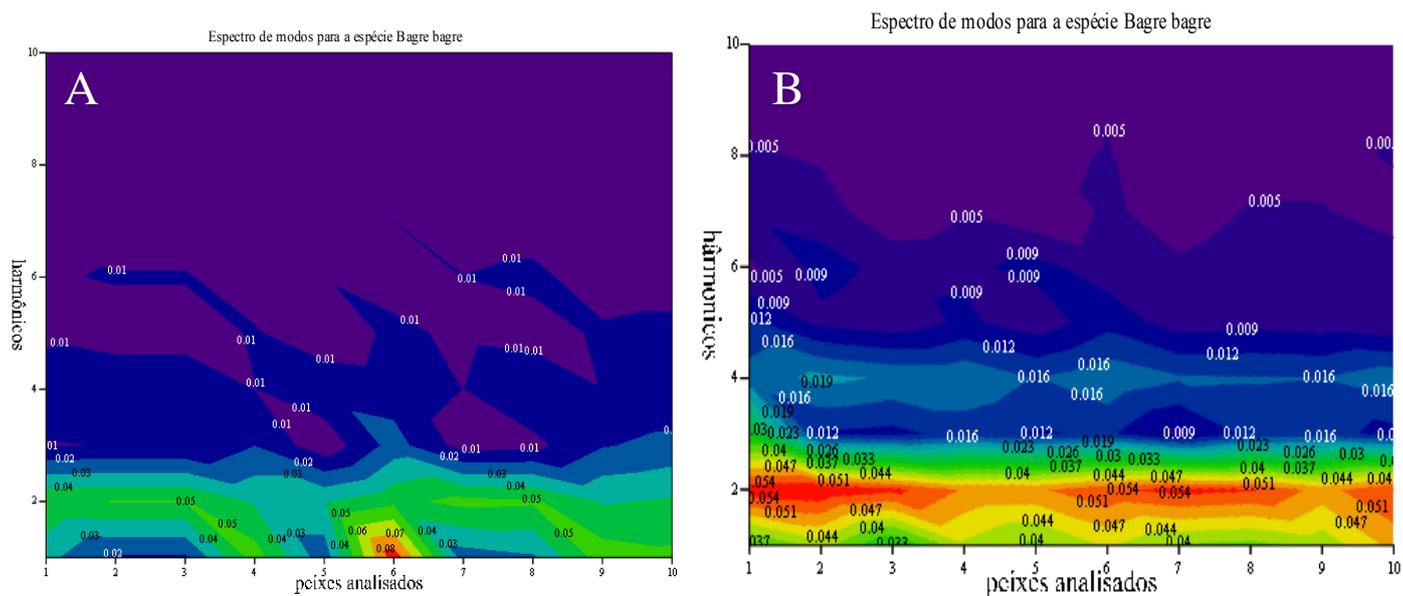
Figura 17. (A) Representação da forma digitalizada de *Bagre bagre* (visão lateral) e (B) visão superior.

O gráfico de espectro de modos de *Bagre bagre* (visão lateral e superior) expressa no eixo das abcissas a quantidade de peixes utilizados e no eixo das ordenadas o número de harmônicos utilizados (Fig. 18A e B). Os gráficos abaixo ilustram as variações na forma dos peixes (visão lateral) foi captada logo para o primeiro harmônico. Para os (visão superior) essa variação foi captada, logo para o primeiro harmônico, no entanto para os peixes (visão superior) foram para o segundo harmônico.

O gráfico de espectro de modos de *Bagre bagre* (visão superior), expressa no eixo das abcissas estão a quantidade de peixes utilizados na análise e no eixo das ordenadas o número reduzido de harmônicos. Desse forma, pela análise da forma que a propriedade da forma está conservada para dos os peixes analisados, seguindo um padrão (realce em vermelho), semelhante aos peixes vistos lateralmente (Fig.19A e B).

Foi verificada variações na cavidade abdominal para alguns peixes analisados, contudo é pouco provável que esteja associado aos estádios de maturação, tendo em vista os que alguns exemplares sofreram alguma variação na forma apresentaram um índice gonodossomático irrelevante.

Portanto, a combinação da forma é uma alternativa concreta que fornece uma outra possibilidade de analisar a forma dos peixes, talvez com o acréscimo de contorno obtido de outro ângulo de captura de imagem poderemos obter mais informações sobre as características que está intrínseco na forma dos peixes.



A representação da forma combinada do contorno de *Bagre bagre*, linhas pontilhadas (visão lateral), linhas pontilhadas em azul (visão superior) e linhas em vermelhos a combinação da forma (Fig. 20). Dessa forma, essa combinação dos contornos em diferentes ângulos de captura de imagem (visão lateral e superior), fornece outra alternativa para análise da variação da forma, levando em consideração que nem todos os peixes deformam a cavidade abdominal, se torna mais difícil visualizar alguma variação quando a imagem digital é obtida visto de cima, porém se torna mais aplicável quando é adquirida lateralmente.

O gráfico de espectro de modos da forma combinada de *Bagre bagre* utilizando um número reduzido de harmônicos podemos entender que independente do ângulo a captura de imagem digital, a propriedade inerente de cada forma é preservada assumindo um padrão como foi verificado também em *Sciades herzbergii* (Fig. 21). A possibilidade de analisar a forma dos peixes em outra perspectiva que pode fornecer informações relevantes sobre a variação na forma dos peixes, levando em consideração que espécie estudada apresenta variação em sua cavidade abdominal.

A variação na forma da cavidade abdominal dos bagres nem sempre foi verificada para alguns organismos analisados, limitando a análise, pois o ideal é que a espécie deforme sua cavidade abdominal pelo avançado estágio de maturação, para assim então tentar identificar essa variação está associado a alteração. Diante disso, temos a combinação dos diferentes formas onde verificamos que a forma assume um padrão independentemente do ângulo de captura da imagem, e que associar tal variação ao estádios de maturação é muito improvável, pelo baixo índice gonodossomático apresentado pela espécie.

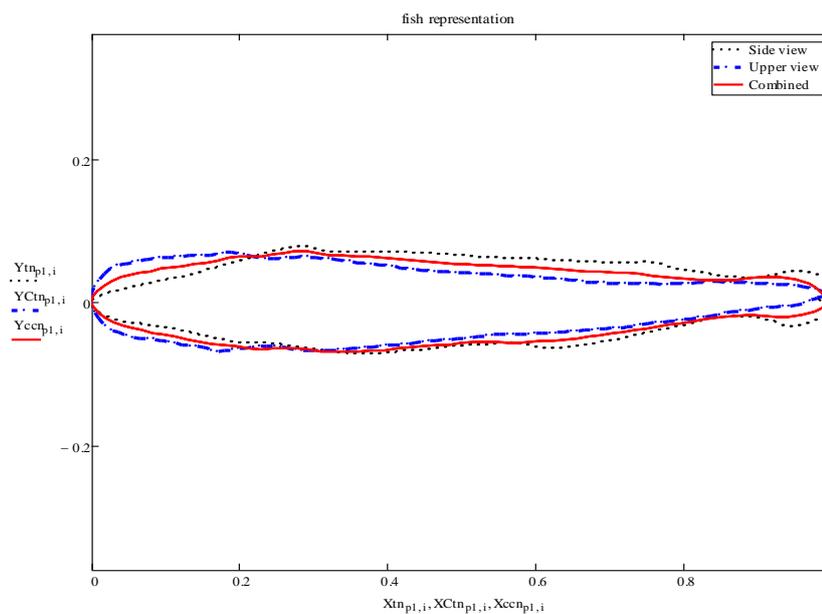


Figura 20. Representação da forma combinada de *Bagre bagre*.

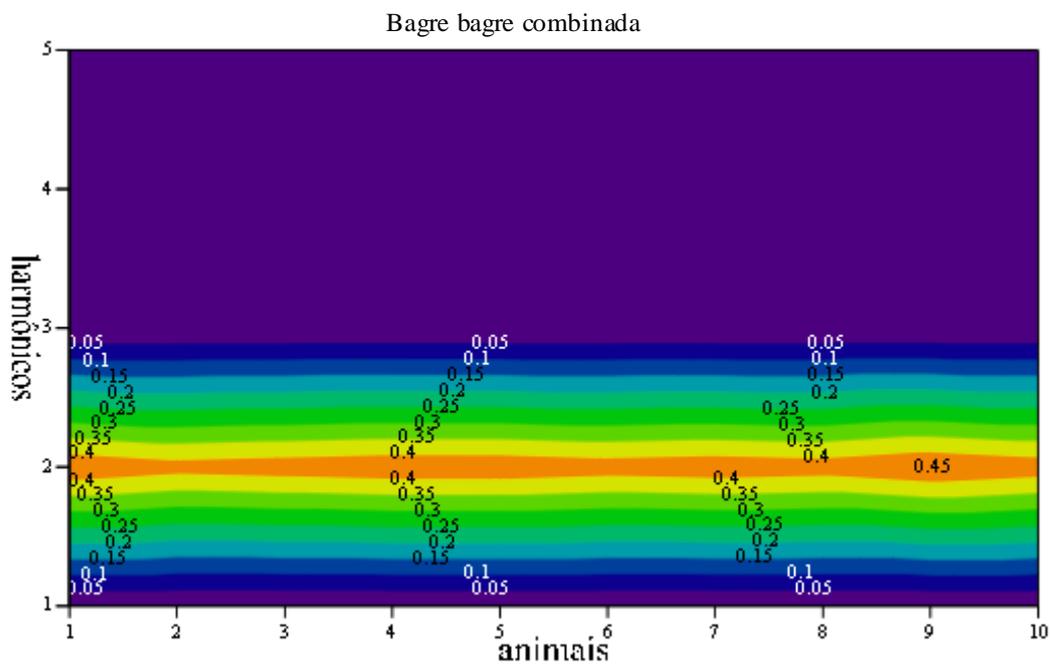


Figura 21. Espectro de modos da forma combinada de *Bagre bagre* utilizando um número reduzido de harmônicos.

6 CONCLUSÃO

As fêmeas das espécies *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre* apresentaram variações na forma, a aplicação das séries de Fourier é uma metodologia eficaz capaz de identificar variações na forma, porém não foi possível associar essas alterações na cavidade abdominal dos bagres analisados tendo em vista o baixo índice gonodossomático que foi verificado nas espécies. Os resultados encontrados na avaliação da forma mesmo com um número reduzido de organismos são satisfatórios na descrição da variação da forma.

A aplicação da análise da forma pelas séries de Fourier, auxiliará na classificação dos estádios de maturação, classificando indivíduos maduros dos imaturos, pela interpretação dos harmônicos. Contribuirá também para que peixes capturados não venham a ser sacrificados durante as coletas em campo para o monitoramento dos estádios reprodutivo.

REFERÊNCIAS

- ABSOLON B.A. & ANDREATA, J.V.. Variação espacial dos bagres (Siluriformes, Ariidae) coletados na Baía da Ribeira, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, e prováveis influências da temperatura e salinidade. **Rev. Agron. Mei. Amb.**,2 (2):155-165, 2009.
- ADAMS, D.C.; ROHLF, F.J.; SLICE, D.E. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. **Italian Journal of Zoology**, V. 71, n.1, p.5-16, 2004.
- ALBERCH, P., SJ GOULD, GF OSTER e DB WAKE. Tamanho e forma na ontogenia e na filogenia. **Paleobiology** 5: 296-317, 1979.
- ANDRADE-TUBINO, MF; ALR RIBEIRO E M. VIANNA.. Situação espaço-temporal das ictiocenoses demersais nos ecossistemas estuarinos brasileiros: **Uma síntese. Oecologia Brasiliensis** 12 (4): 640-661, 2008.
- ALBERT, M.H.; LE, H.; SMALL, C.G. Assessing landmark influence on shape variation. **Biometrika**, 90(3):669-678, 2003.
- ARAÚJO, S.A.; GURGEL, H.C.B; NASCIMENTO, R.S.S. Indicadores do desenvolvimento gonadal e nutricional de *Prochilodus cearensis* (Steindachner, 1911) (Characiformes, Prochilodontidae) no açude Itans/Caicó, Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 25, no. 2, p. 377-384, 2003.
- ARAÚJO, M. E.; TEIXEIRA, J. M. C.; OLIVEIRA, A. M. E. **Peixes estuarinos marinhos do Nordeste brasileiro: guia ilustrado**. Fortaleza: Edições UFC, 2004.

BOOKSTEIN, F.L. Foundations of Morphometrics. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 13:451-470, 1982.

BOOKSTEIN FL. Uma breve história da morfologia síntese métrica. Em LF Marcus, E. Bello e A.García-Valdecasas (eds.), *Contribuições para o fonometria*, pp. 15-40. Monografias do Museo Nacional de Ciências Naturais 8, CSIC, Madri, 1993.

BROWN-PETERSON, N. J. et al. A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science**, Bethesda, v. 3, n. 1, p. 52– 70, 2011.

CARVALHO-NETA, R. N. F. 2004. Fauna de peixes estuarinos da ilha dos Caranguejos-MA: aspectos ecológicos e relações com a pesca artesanal. [Dissertação de Mestrado]. São Luís (MA): Universidade Federal do Maranhão.

CARVALHO-NETA, R.N.F. CASTRO, A.C.L. Diversidade das assembléias de peixes estuarinos na Ilha dos Caranguejos, Maranhão. **Arq Ciên. M.**, 41(1):48-57. 2008.

CARVALHO-NETA, R.N.F. ; NUNES, J.L.S. & PIOSKI, N.M. Peixes estuarinos do Maranhão. In : J.L.S. Nunes & Pioski, N. M. (pp.95-104). *Peixes marinhos e estuarinos do Maranhão. São Luís: Café & Lápis – FAPEMA.*2011.

CARVALHO-NETA, R. N. F.; ABREU-SILVA, A. L. *Sciades herzbergii* oxidative stress biomarkers: An in situ study of estuarine ecosystem (São Marcos' Bay, Maranhão, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p. 11-17. 2010.

CASTRO, R.M.C.; VARI, R.P. Family Prochilodontidae. In: REIS, R.E.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS JR., C.J. (Eds.). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: **EDIPUCRS**, p. 65-70. 2003.

CLABAUT, C.; BUNJE, P.M.E.; SALZBURGER, W.; MEYER, A. Geometric morphometrics analyses provide evidence for the adaptative character of the tanganyikan cichlid fish radiations. **Evolution**, 61(3):560-578. 2007.

COOPER, W.J.; WESTNEAT, M.W. Form and function of damselfish skulls: rapid and repeated evolution into limited number of trophic niches. **BMC Evolutionary Biology**, 9(24):1-17.2009.

COOPER, W.J.; PARSONS, K.; MCLNTYRE, A.; KERN, B.; MCGEE-MOORE, A.; ALBERTSON, R.C. Benthic-Pelagic Divergence of Cichlid Feeding Architecture Was Prodigious and Consistent during Multiple Adaptive Radiations within African Rift-Lakes. **PLoS ONE**, 5(3):e9551. 2010.

FÁVARO, LF; FA FREHSE; RNO OLIVEIRA e RS JÚNIOR.. Reprodução do sacco amarelo, *Cathorops spixii*(Agassiz) (Siluriformes, Ariidae), da Baía de Pinheiros, região estuarina do litoral do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 22 (4): 1022-1029. 2005.

FIGUEIREDO, J. L. MENEZES, N. A. 1978. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: II Teleostei (1). São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

FERGUSON, G.J.; WARD, T.M.; GILLANDERS, B.M. Otolith shape and elemental composition: Complementary tools for stock discrimination of mullet (Argyrosomus japonicus) in southern Australia. **Fisheries Research**, v.110, p.75–83. 2011.

FONTELES-FILHO, A. A. Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. **Expressão Gráfica e Editora**, Fortaleza. 2011

FRIEDLAND, KD, ESTEVES, C., HANSEN, LP, LUND, RA. Discriminação da criação norueguesa, pecuária e origem selvagem Salmão do Atlântico, *Salmo salar* L., por processamento de imagem. **Peixe. Gestão Ecol.** 1, 117 ± 128. 1994.

FRIEDLAND, KD, REDDIN, DG. Uso da morfologia do otólito em discriminações de estoque de salmão do Atlântico (*Salmo salar*). **Peixe. Aquat. Sci.** 51, 91 ± 98. 1994.

GOMES, ID & FG ARAÚJO. 2004. Biologia reprodutiva de dois bagres marinhos (Siluriformes, Ariidae) na Baía de Sepetiba, Brasil. **Revista de Biologia Tropical** 52 (2): 143-156.

GOULD, SJ. Allometry e tamanho em ontogenia e filogenia. **Biol. Rev.** 41: 587-640. 1966.

GOULD, SJ. Ontogenia e filogenia. Belknap Press, Cambridge, MA. 1977

GURGEL, HCB; CQ ALBUQUERQUE; DSL SOUZA e G. BARBIERI. Aspectos da biologia pesqueira em fêmeas de *Cathorops spixii* do estuário do rio Potengi, Natal / RN, com ênfase nos índices biométricos. **Acta Scientiarum** 22 (2): 503-505. 2000.

JUNIOR, Jarbas Joaci de Mesquita Sá; BACKES, André Ricardo. 2015. Shape classification using line segment statistics. **Information Sciences**, v. 305, p. 349-356.

KERSCHBAUMER, M.; STURMBAUER, C. The Utility of Geometric Morphometrics to Elucidate Pathways of Cichlid Fish Evolution. **International Journal of Evolutionary Biology**, 290245:1-8. 2011.

KLINGENBERG, CP, Alometria multivariada. Em: Marcus, LF, Corti, M., Loy, A., Naylor, GJP, Slice, DE (Eds.), **Avanços em morfometria. Série ASI da OTAN. Plenum Press**, Nova Iorque, pp. 23–50. 1996.

KRUMME, U .; M. BRENNER e U. SAINT-PAUL. O ciclo da primavera-primavera como um dos principais propulsores das variações temporais na alimentação de peixes entre-marés: Evidências do bagre do mar *Sciades herzbergii* (Ariidae) de riachos do manguezal do Atlântico oeste equatorial. **Jornal de Biologia Marinha Experimental e Ecologia** 367: 91-99. 2008.

MARCUS, L.F.; CORTI, M.; LOY, A.; NAYLOR, G.J.P.; SLICE, D.E. Advances in Morphometrics. NATO ASI series A: Life Sciences Vol. 284, **Plenum Press**, New York. 1996.

- MARCENIUK, AP. Chave para identificação de espécies de peixes marinhos (Siluriformes, Ariidae) da costa brasileira. **Boletim do Instituto de Pesca** 31 (2): 89-101. 2005.
- MONTEIRO, L.R.; REIS, S.F. Princípios de morfometria geométrica. Ribeirão Preto: **Holos Editora**,. 198p. 1999.
- LARA-DOMINGUEZ, A. L.; YANEZ-ARANCIBIA, A.; LINHARES, F. A. Biología y ecología del bagre Arius Melanopus Günther en Laguna de Términos, Sur del Golfo de México (Pisces: Ariidae). **Instituto Ciencias del Mar y Limnología**, v. 8, n. 1, p. 267-304. 1981.
- LESTREL, P.E.. Fourier Descriptors and Their Applications in Biology. Cambridge University Press. 1997.
- LESTREL, P.E. From Elliptical Fourier Functions to wavelets: Three Decades of Boundary Morphometrics. In: Biological Shape Analysis: Proceedings of the 4th International Symposium. 4th ISBSA held at the UCLA School of Dentistry, Los Angeles,. 2015.
- LOY, A., MARIANI, L., BERTELLETTI, M., TUNESI, L., 1998a. Alometria de visualização: morfometria geométrica no estudo de alterações de forma nos estágios iniciais de dois dourados bandados , *Diplodus 6 ulgaris* (Perciformes, Sparidae). **J. Morphol.** 237, 137-146.
- PINHEIRO, P. ; MK BROADHURST; FHV HAZIN; T. BEZERRA & S. HAMIL-TON. 2006. Reprodução em Bagre marinus(Ariidae) ao largo de Pernambuco, nordeste do Brasil. **Journal of Applied Ichthyology** 22: 189-192.
- PINHEIRO-SOUSA, D.B.; SILVA, N.K. da; PIOSKI, N. M.; ROCHA ,A.C.G.; CARVALHO-NETA, R.N.F.; ALMEIDA, Z.S. de. Aspectos alimentares e reprodutivos de *Bagre bagre* (Pisces,Ariidae) em um estuário da ilha de São Luís, Maranhão,Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 8, n.2, p. 01-12. 2015
- PINHEIRO-SOUSA, DÉBORA BATISTA et al. Aspectos alimentares e reprodutivos de Bagre bagre (Pisces, Ariidae) em um estuário da ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 8, n. 2, p. 01-12, 2016.
- PINTO, SILVIA CRISTINA DIAS. Análise de Formas 3D usando Wavelets 1D, 2D e 3D.. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, 2005.
- ROTH, V. LOUISE; MERCER, JOHN M. Morfometria no desenvolvimento e evolução. **American Zoologist** , v. 40, n. 5, p. 801-810, 2000.
- REYMENT, R. Uma história idiossincrática dos primeiros morfometria. Em LF Marcus, M. Corti, A. Loy,GJP Naylor e DE Slice (eds.), Advances em morfometria, pp. 15-22. **Plenum Press**, Novo Iorque, 1996.
- RODGVELLER CJ, HUTCHINSON CE, HARRIS JP, VULSTEK SC, GUTHRIE CM, III. Otolith shape variability and associated body growth differences in giant grenadier, *Albatrossia pectoralis*. **PLOS ONE**, V. 12, n.6, 2017.

SILVA, J. DOS SANTOS. Análise da forma por séries de Fourier em *Prochilodus* spp. na área de proteção ambiental da baixada maranhense. Mestrado (Dissertação). Universidade Estadual do Maranhão, 64p, 2017.

SOUSA D.B.P.; ALMEIDA Z.S.; CARVALHO-NETA R.N.F. Biomarcadores histológicos em duas espécies de bagres estuarinos da costa maranhense. **Arq Med Vet Zootec** 65(2):339-376, 2013.

SCHMIDT T.C.S.; MARTIND I.A.; REIGADA A.L.D. & DIAS J.F. Taxocenose de bagres marinhos (Siluriformes, Ariidae) da região estuarina de São Vicenta, SP, Brasil. **Biot. Neotrop.**, 8 (4): 73-81, 2008.

UMBRIA, S. C. Alimentação e reprodução do bagre africano *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) na bacia do rio Guaraguaçu, Paranaguá, Paraná, Brasil. [Tese de Doutorado]. Curitiba (PA): Universidade Federal do Paraná, 2008.

VAZZOLER, A.E.M.. Biologia e reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: **Eduem**. 169 p, 1996

VENDEL, AL; JL BOUCHEREAU & PT CHAVES. Relações ambientais e subtidais de assembleias de peixes em dois estuários costeiros brasileiros. *Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia* 53: (6): 1393-1406, 2010.

VÉRAS, POLLIANA FARIAS; DA SILVA ALMEIDA, ZAFIRA. Biologia reprodutiva do Bagre capturado pela pescaria de zangaria. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*, v. 11, n. 4, p. 367-373, 2017.

ROHLF, J.F. tpsDIG, digitize landmarks and outlines. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, 2016.

TORRES JÚNIOR, A.R.; SILVA, J.S.; CARVALHO NETA, R.N.F. Fourier Shape Descriptors in Fish Preliminary results with *Prochilodus*. 13th Conference International Science and Computational Methods Engennier (ICCMSE 2017), Tessaloniki, Greece, 2017.

ZELDITCH, M.L.; SWIDERSKI, D.L.; SHEETS, H.D. FINK, W.L. Geometric Morphometrics for Biologists: a Primer. Elsevier Academic Press, San Diego, California, USA, 2004.

SHEN, L., FARID, H. e MCPEEK, MA. MODELANDO ESTRUTURAS MORFOLÓGICAS TRIDIMENSIONAIS EM HARMÔNICAS ESFÉRICAS. *Evolution*, 63: 1003-1016, 2009.