

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU**

MATEUS GIOVANNI ROCHA THIMÓTHEO

**MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE *PLESIOPTOPOMA CURVIDENS*
(SILURIFORMES: LORICARIIDAE), COM COMENTÁRIOS A RESPEITO DA
EVOLUÇÃO DA FORMA DO CORPO EM HYPOPTOPOMATINAE.**

BOTUCATU

2021

MATEUS GIOVANNI ROCHA THIMÓTHEO

**MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE *PLESIOPTOPOMA CURVIDENS*
(SILURIFORMES: LORICARIIDAE), COM COMENTÁRIOS A RESPEITO DA
EVOLUÇÃO DA FORMA DO CORPO EM HYPOPTOPOMATINAE.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina Estágio Curricular
Supervisionado, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas,
pelo Instituto de Biociências de Botucatu.

Prof. Dr. Ricardo Cardoso Benine
(Orientador)

Prof. Dr. Gabriel de Souza da Costa e Silva
(Co-Orientador)

BOTUCATU

2021

T443m Thimótheo, Mateus Giovanni Rocha
Morfometria geométrica de plesioptopoma curvidens (siluriformes: loricariidae), com comentários a respeito da evolução da forma do corpo em hypoptopomatinae / Mateus Giovanni Rocha Thimótheo. -- Botucatu, 2021
31 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Botucatu
Orientador: Ricardo Cardoso Benine
Coorientador: Gabriel de Souza Costa e Silva

1. Cascudo(Peixe). 2. Morfometria. 3. Morfometria Geométrica. 4. Peixes de Água Doce. 5. Peixes Neotropicais. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por sempre me apoiar e me ajudar durante essa jornada.

Aos meus amigos por sempre ficarem ao meu lado.

A Deus por me dar saúde e forças durante esse período difícil.

A Ricardo Cardoso Benine, meu orientador, pela oportunidade de realizar este e futuros trabalhos.

A Gabriel de Souza Costa e Silva, Nathália Soares e outros colegas do laboratório por compartilharem seu conhecimento e aprenderem junto comigo.

A todos os pesquisadores que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste estudo.

À Universidade Estadual Paulista por providência estrutura e material para realizarmos nossas pesquisas.

RESUMO

O gênero *Plesioptopoma*, pertencente a família dos Loricariidae (bagres com corpo coberto por placas ósseas e boca ventral em forma de disco adesivo), foi descrito como membro tribo Hypoptopomatini, grupo de pequenos cascudos, especializados a vida em pequenos riachos onde vivem associados a vegetação marginal. Essa alocação se baseou em alguns caracteres morfológicos compartilhados entre *Plesioptopoma* e os demais Hypoptopomatini, tais como: Etmóide não formando uma cápsula completa em volta do órgão nasal, fenestra alargada no pterótico composto e presença de canal metapterigóide. A mais recente filogenia molecular evidenciou que *Plesioptopoma* é membro da tribo Neoplecostomini e não Hypoptopomatini, apontando para um possível caso de convergência evolutiva. Neste trabalho utilizamos a técnica de morfometria geométrica para comparar a forma do corpo de quinze espécies da subfamília Hypoptopomatinae e determinar se realmente há semelhanças entre *Plesioptopoma* e membros de Hypoptopomatini em relação forma do corpo. Além disso, revisamos a hipótese que relaciona a morfologia desses animais com seu micro-habitat num ecossistema aquático, que seria vegetação marginal ou fundo rochoso.

Palavras-Chaves: Cascudos, convergência evolutiva, série tps, habitat.

ABSTRACT

The genus *Plesioptopoma*, belonging to the family of Loricariidae (catfishes with body covered by bony plates and a ventral mouth in the shape of an adhesive disc), was described as a member of the tribe Hypoptopomatini, a group of small fish, specialized in life in small streams where they live together marginally. This allocation was based on some morphological characters shared between *Plesioptopoma* and the other Hypoptopomatini, such as: Ethmoid not forming a complete capsule around the nasal organ, widened fenestra in the compound pterotic and metapterygoid canal. The most recent molecular phylogeny shows that *Plesioptopoma* is a member of the Neoplecostomini tribe and not Hypoptopomatini, pointing to a possible case of evolutionary convergence. In this work, we use a geometric morphometric technique to compare the body shape of fifteen species of the Hypoptopomatinae subfamily and determine if there really are similarities between *Plesioptopoma* and Hypoptopomatini members in relation to body shape. Furthermore, we review the hypothesis that relates the morphology of these animals to their microhabitat in an aquatic ecosystem, which would be marginal vegetation or rocky bottom.

Keywords: armored catfish, convergent evolution, tps series, habitat.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CLADOGRAMA DE HYPOPTOPOMATINAE

FIGURA 2: ESQUEMA DA ANATOMIA DOS ESPÉCIMES E POSIÇÃO DOS
MARCOS ANATÔMICOS

FIGURA 3: PCA DA VISTA VENTRAL POR ESPÉCIE

FIGURA 4: PCA DA VISTA VENTRAL POR CLADO

FIGURA 5 :PCA DA VISTA VENTRAL POR HABITAT

FIGURA 6: PCA DA VISTA LATERAL POR ESPÉCIE

FIGURA 7: PCA DA VISTA LATERAL POR CLADO

FIGURA 8: PCA DA VISTA LATERAL POR HABITAT

FIGURA 9: CONSENSO DA VISTA VENTRAL POR HABITAT

FIGURA 10: CONSENSO DA VISTA VENTRAL POR CLADO

FIGURA 11: CONSENSO DA VISTA LATERAL POR HABITAT

FIGURA 12: CONSENSO DA VISTA LATERAL POR CLADO

FIGURA 13: TAMANHO DO CENTRÓIDE DA VISTA VENTRAL POR CLADO

FIGURA 14: TAMANHO DO CENTRÓIDE DA VISTA VENTRAL POR ESPÉCIE

FIGURA 15: TAMANHO DO CENTRÓIDE DA VISTA VENTRAL POR HABITAT

FIGURA 16: TAMANHO DO CENTRÓIDE DA VISTA LATERAL POR CLADO

FIGURA 17: TAMANHO DO CENTRÓIDE DA VISTA LATERAL POR ESPÉCIE

FIGURA 18: TAMANHO DO CENTRÓIDE DA VISTA LATERAL POR HABITAT

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	MATERIAIS E MÉTODOS	10
2.1	AMOSTRAGEM.....	10
2.2	OBTENÇÃO DAS IMAGENS.....	11
2.3	MORFOMETRIA GEOMÉTRICA.....	12
3	RESULTADOS	13
3.1	COMPONENTES PRINCIPAIS.....	13
3.1.1	Vista Ventral.....	13
3.1.2	Vista Lateral.....	16
3.2	CONSENSO.....	19
3.2.1	Vista Ventral.....	19
3.2.2	Vista Lateral.....	21
3.3	TAMANHO DO CENTROIDE.....	22
3.3.1	Vista Ventral.....	22
3.3.2	Vista Lateral.....	25
4	DISCUSSÃO	27
4.1	VARIAÇÃO DA FORMA E HABITAT.....	27
4.2	PLESIOPTOPOMA CURVIDENS.....	29
5	CONCLUSÕES	29
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

Loricariidae é a família mais diversa de bagres (Siluriformes), com mais de 1000 espécies descritas. São popularmente conhecidos como “cascudos” por possuírem o corpo recoberto por placas ósseas com denticulos minúsculos, e pela boca modificada em uma ventosa. A subfamília Hypoptopomatinae é composta, na sua maioria, por representantes de pequeno porte adaptados à vida na vegetação marginal de pequenos riachos. No entanto, os membros da tribo Neoplecostomini possuem porte muito maior em relação aos demais Hypoptopomatinae, além de um corpo deprimido e boca alargada. Essas características evoluíram, muito provavelmente em resposta a uma mudança de habitat, de um ambiente lêntico para um ambiente lótico (Roxo et al., 2017), em fundo rochoso em riachos de corredeiras.

Plesioptopoma é um gênero de cascudo descrito originalmente para a tribo Hypoptopomatini por compartilhar os seguintes caracteres com seus representantes: etmóide não formando uma cápsula completa em volta do órgão nasal, fenestra alargada no pterótico composto e presença de canal metapterigóide (Reis et al., 2012). Recentemente, uma ampla filogenia molecular de Loricariidae realocou este gênero em Neoplecostomini (Roxo et. al. 2019) (Fig 1). Tal resultado nos sugere que a morfologia geral de *Plesioptopoma* seja resultado de convergência evolutiva, em resposta a pressões seletivas que levaram o clado a viver na vegetação marginal. Para testar esta hipótese, fizemos uso da técnica de morfometria geométrica, aplicando marcos anatômicos (ou landmarks) a diversos gêneros de Hypoptopomatinae. A partir dos dados e matrizes de covariância obtidos fizemos análises de Componentes Principais (PCA) para avaliar a similaridade da forma do corpo desses animais, estabelecer se e como cada linhagem difere das outras e se há alguma correlação da forma com o habitat (vegetação marginal e fundo rochoso) nesta subfamília.

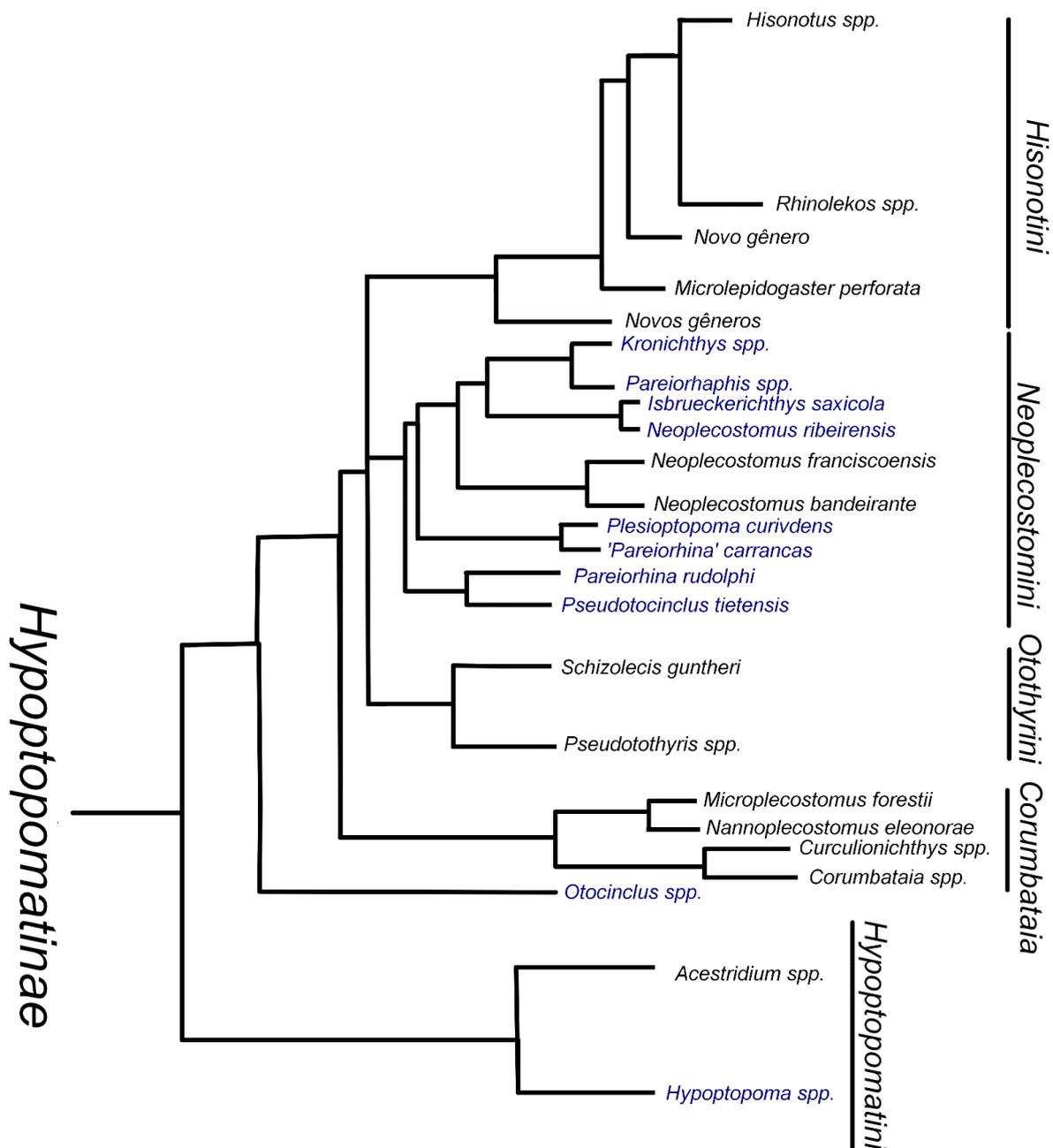


Figura 1: Cladograma de Hypoptopomatinae com as principais relações dentro da subfamília (adaptado de Roxo et. al., 2019). Táxons destacados em azul são aqueles incluídos no estudo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 AMOSTRAGEM

As 15 espécies que foram selecionadas para o estudo são: *Euryochus thysanos* Pereira e Reis, 2017; *Hisonotus depressicauda* (Miranda Ribeiro 1918); *H. leucofrenatus* (Miranda Ribeiro 1908); *Hypoptopoma incognitum* Aquino & Schaefer

2010; *Isbrueckerichthys saxicola* Jerep, Shibatta, Pereira & Oyakawa 2006. ; *Kronichthys heylandi* (Boulenger 1900); *Neoplecostomus ribeirensis* Langeani 1990; *Otocinclus vittatus* Regan 1904; *Pareiorhaphis splendens* (Bizerril 1995); *Pareiorhina carrancas* Bockmann & Ribeiro 2003; *Pareiorhina rudolphi* (Miranda Ribeiro 1911); *Parotocinclus maculicauda* (Steindachner 1877); *Pseudotocinclus tietensis* (Ihering 1907) e *Rhinolekos sp.* ; além de *Plesioptopoma curvidens* Reis, Pereira & Lehmann A. 2012 *H. depressicauda*, *H. leucofrenatus*, *P. maculicauda* e *Rhinolekos sp.* pertencem à tribo Hisonotini; *H. curvidens* pertence a Hypoptopomatini, *Otocinclus vittatus* ao “*Otocinclus clade*”. Todas as demais espécies são representantes da tribo Neoplecostomini. Todos os exemplares foram retirados do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes (LBP) do Instituto de Biociências de Botucatu.

Tabela 1: Relação entre tipo de Micro-Habitat e Espécies.

Habitat	Espécies
Vegetação	<i>Hisonotus depressicauda</i> , <i>H. leucofrenatus</i> , <i>Hypoptopoma curvidens</i> , <i>Otocinclus vittatus</i> , <i>Plesioptopoma curvidens</i> , <i>Pseudotocinclus tietensis</i> .
Rocha	<i>Euryochus thysanos</i> , <i>Isbrueckerichthys saxicola</i> , <i>Kronichthys heylandi</i> , <i>Neoplecostomus ribeirensis</i> , <i>Pareiorhaphis splendens</i> , <i>Pareiorhina carrancas</i> , <i>P. rudolphi</i> , <i>Parotocinclus maculicauda</i> .

Tabela 2: Clados a nível de tribo e espécies representantes.

Clado	Espécies
Neoplecostomini	<i>Euryochus thysanos</i> , <i>Isbrueckerichthys saxicola</i> , <i>Kronichthys heylandi</i> , <i>Neoplecostomus ribeirensis</i> , <i>Pareiorhaphis splendens</i> , <i>Pareiorhina carrancas</i> , <i>P. rudolphi</i> , <i>Plesioptopoma curvidens</i> , <i>Pseudotocinclus tietensis</i>
Hisonotini	<i>Hisonotus depressicauda</i> , <i>H. leucofrenatus</i> , <i>Parotocinclus maculicauda</i> .
Hypoptopomatini	<i>Hypoptopoma incognitum</i>
Otocinclus	<i>Otocinclus vittatus</i>

2.2 OBTENÇÃO DAS IMAGENS

Foram fotografados 10 exemplares de cada espécie utilizando um suporte de papel cartão quadriculado como referência de escala, com exceção de *E. thysanos*, *I. saxicola* e *P. tietensis*, que tiveram respectivamente, 2, 5 e 5 espécimes registrados. As

fotografias foram tiradas de 2 ângulos distintos: ventral e lateral. As fotos de vista lateral foram tiradas do lado direito dos espécimes apoiados sobre o ventre.

2.3 MORFOMETRIA GEOMÉTRICA

A obtenção dos dados foi feita com a utilização de softwares da série TPS(F. James Rohlf). As imagens foram convertidas em arquivos TPS com o uso do software tpsUtil 1.81, gerando um arquivo para cada conjunto de imagens distinguidas pelo ângulo e região destacada. Os marcos e semi-marcos anatômicos foram digitalizados através de tpsdig2 2.32 e tpsUtil. O consenso e distorções foram obtidos através de tpsRw1 1.65.

Utilizando o programa MorphoJ 1.07a (Klingenberg, C. P. 2011), foi feita a sobreposição generalizada de Procrustes para remover as variáveis de posição, orientação e tamanho durante as análises, em seguida, a Matriz de Covariância foi gerada para cada conjunto de observações, cujos dados foram utilizados para a Análise de Componentes Principais, que permite observar onde ocorrem as alterações morfológicas nos espécimes.

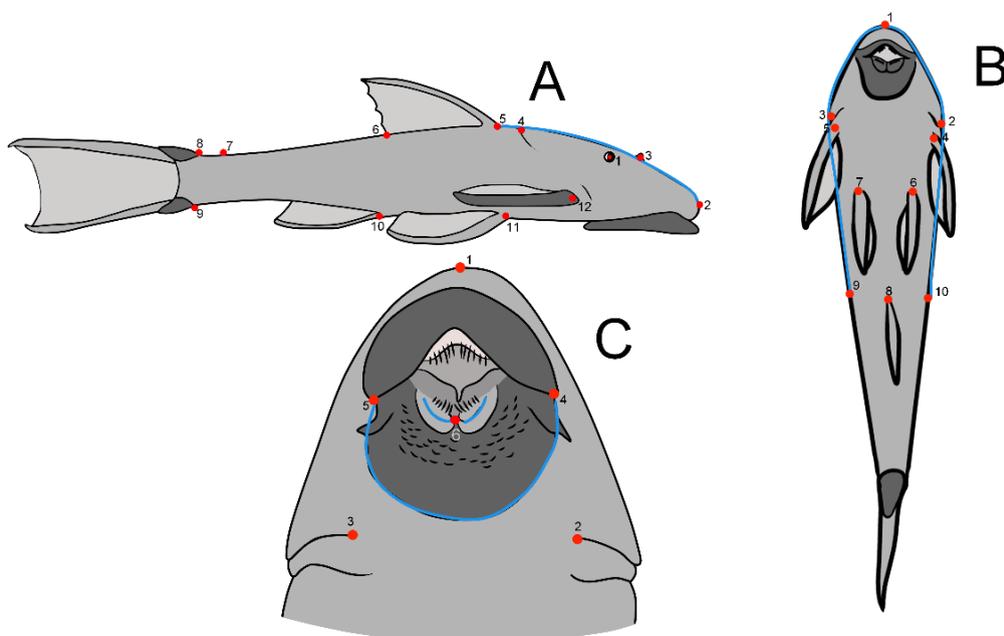


Figura 2: Esquema representando a anatomia geral dos espécimes e posição dos marcos anatômicos. Pontos vermelhos representam os marcos, a linha azul representa a distribuição dos semi-marcos. A: Vista Lateral com 12 marcos anatômicos(1- Órbita, 2- Focinho, 3 – Narina, 4 – Supraoccipital, 5- Origem da Nadadeira Dorsal, 6- Base da Nadadeira Dorsal, 7- Ponto mais baixo do Pedúnculo Caudal, 8- Origem do Raio Ossificado Superior da Nadadeira caudal, 9-Origem do Raio Ossificado Inferior da Nadadeira Caudal, 10-Origem da Nadadeira Anal, 11-Origem da Nadadeira Pélvica, 12- Origem da Nadadeira Peitoral) e 20 semi-marcos do Focinho até a Nadadeira Dorsal; B: Vista Ventral com 10 Marcos (1-Focinho, 2-Opérculo direito, 3-Opérculo esquerdo, 4-Origem da Nadadeira Peitoral direita, 5-Origem da Nadadeira Peitoral esquerda, 6- Origem da Nadadeira Pélvica direita, 7-Origem da Nadadeira Pélvica esquerda, 8- Origem da Nadadeira Anal, 9- Extremidade posterior esquerda do Ventre, 10- Extremidade posterior direita do

Ventre.) e 30 semi-marcos contornando a corpo do espécie com exceção da cauda; C: Vista ampliada da Cabeça e da Boca com 6 marcos (1-Focinho, 2- Opérculo Direito, 3- Opérculo Esquerdo, 4-Extremidade Direita do Lábio Superior, 5 Extremidade Esquerda do Lábio Superior, 6- Espaço entre as “almofadas dentárias” inferiores) e 20 semi-marcos no Lábio Inferior e 5 em cada “almofada dentária”.

3 RESULTADOS

3.1 COMPONENTES PRINCIPAIS

Nos gráficos de dispersão a partir da Análise de Componentes Principais, cada observação simboliza um espécime. Os seguintes gráficos classificam as observações por espécie, clado e por habitat (Rocha e Vegetação), separando estas variáveis pela coloração dos pontos.

3.1.1 Vista Ventral

Nas figuras 3, 4 e 5 estão representadas as análises da vista ventral. A variação de forma representada pelos componentes principais 1 e 2 somados é de 72,46%. O eixo X é onde está representada a maior taxa de variação dentre as observações, a distorção ocorre principalmente entre as origens das nadadeiras peitorais (marcos 4 e 5) e o focinho (marco 1), alterando a largura relativa do crânio, que aumenta no sentido positivo do eixo. O eixo Y indica a segunda maior variação dos espécimes, a distorção ocorre no tronco, entre os opérculos (marcos 2 e 3) e a nadadeira anal (marco 8), e também nas origens das nadadeiras pélvicas (marcos 6 e 7), no sentido positivo do eixo, posição das nadadeiras peitorais e opérculos e nadadeiras pélvicas tende a ser mais caudal, conseqüentemente diminuindo o comprimento relativo do tronco e aumentando o comprimento do crânio. Os extremos de *Plesioptopoma curvidens*, representada em rosa no gráfico, se localizam próximos às posições -0,03; -0,05 e 0,03;0,00; sobrepondo-se no eixo X a espécies dos clados Neoplecostomini, Hypoptopomatini e Hisonotini; e no eixo Y, com todos os outros clados com exceção de Hypoptopomatini, ao qual tinha sido originalmente incluído (Reis et. al. 2012). *P. curvidens*, portanto não parece apresentar variações extremas em comparação às outras espécies ao se observar o corpo deste ângulo, encontrando-se bem no meio do gráfico. *Otocinclus vittatus* e *Hisonotus leucofrenatus* apresentam morfologia mais extrema em relação à largura do crânio, no extremo negativo do eixo X, e *Pareiorhaphis splendens*, no extremo positivo. *Hypoptopoma incognitum* se encontra mais próximo da extremidade positiva do eixo Y que outras espécies, apresentando crânio mais longo e tronco mais curto, além de nadadeiras pélvicas mais caudais; *Kronichthys heyland* se encontra mais próximo ao outro extremo, porém apresenta muita sobreposição com outros táxons.

Em relação ao habitat, espécies que vivem em rochas tendem a se encontrar entre as posições -0,03 e 0,12 do eixo horizontal, enquanto as que vivem na vegetação marginal estão entre -0,09 e 0,03, com uma sobreposição relativamente pequena. Isto indica que as espécies de vegetação tendem a ter corpos e crânios mais afinados, os

animais de rocha chegam a ter crânios muito mais largos que os de vegetação, e que os animais de rocha mais finos são semelhantes quando os animais de vegetação mais largos.

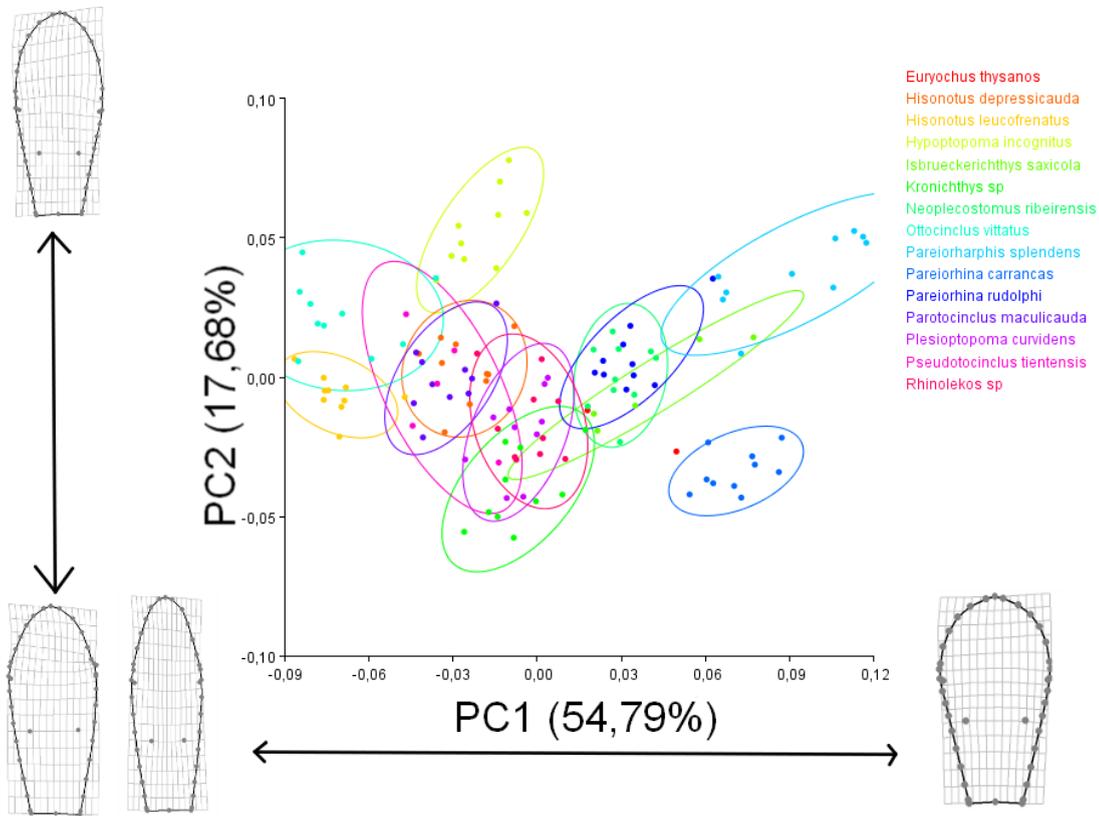


Figura 3: Gráfico de PCA da vista ventral, cada ponto representa um espécime. As espécies estão separadas por cor.

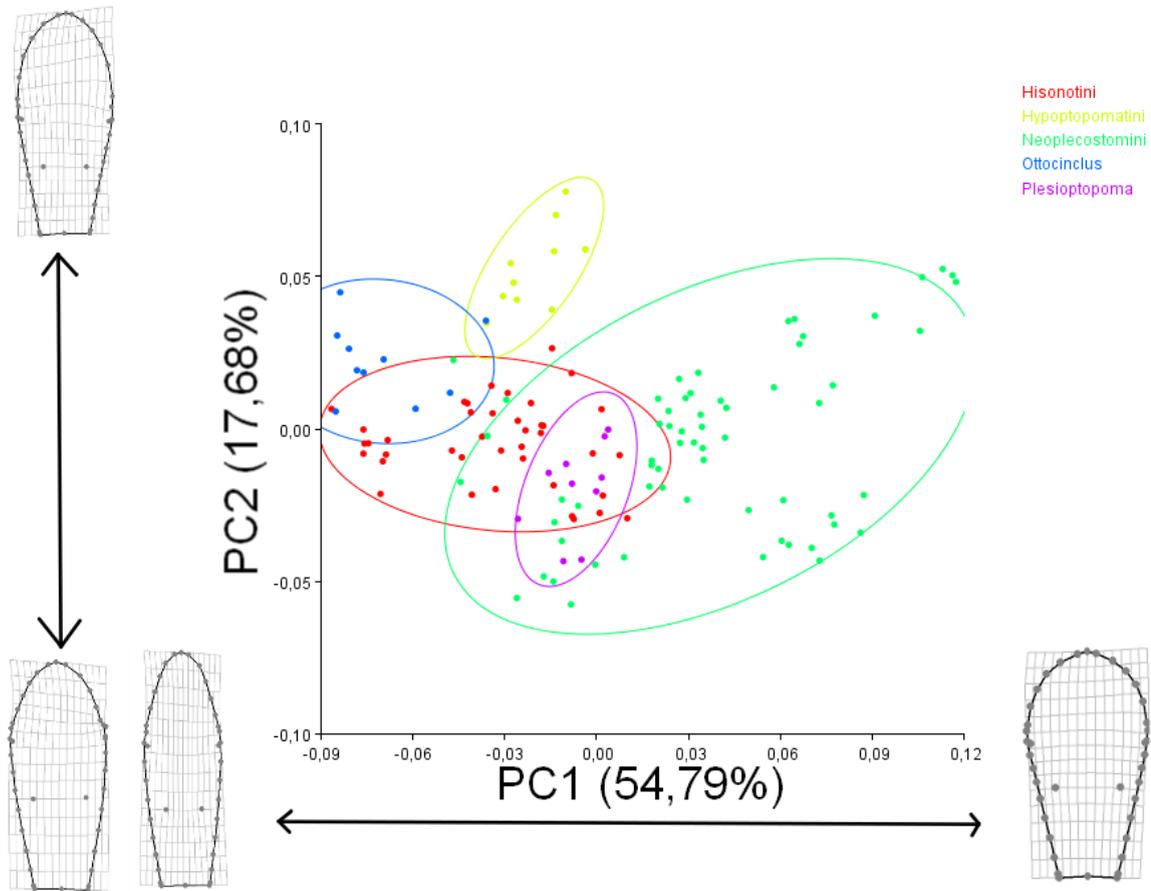


Figura 4: Gráfico de PCA da vista ventral, cada ponto representa um espécime. Os clados estão separados por cor. *Plesioptopoma* pertencente à *Neoplecostomini* e está representada para fins de comparação.

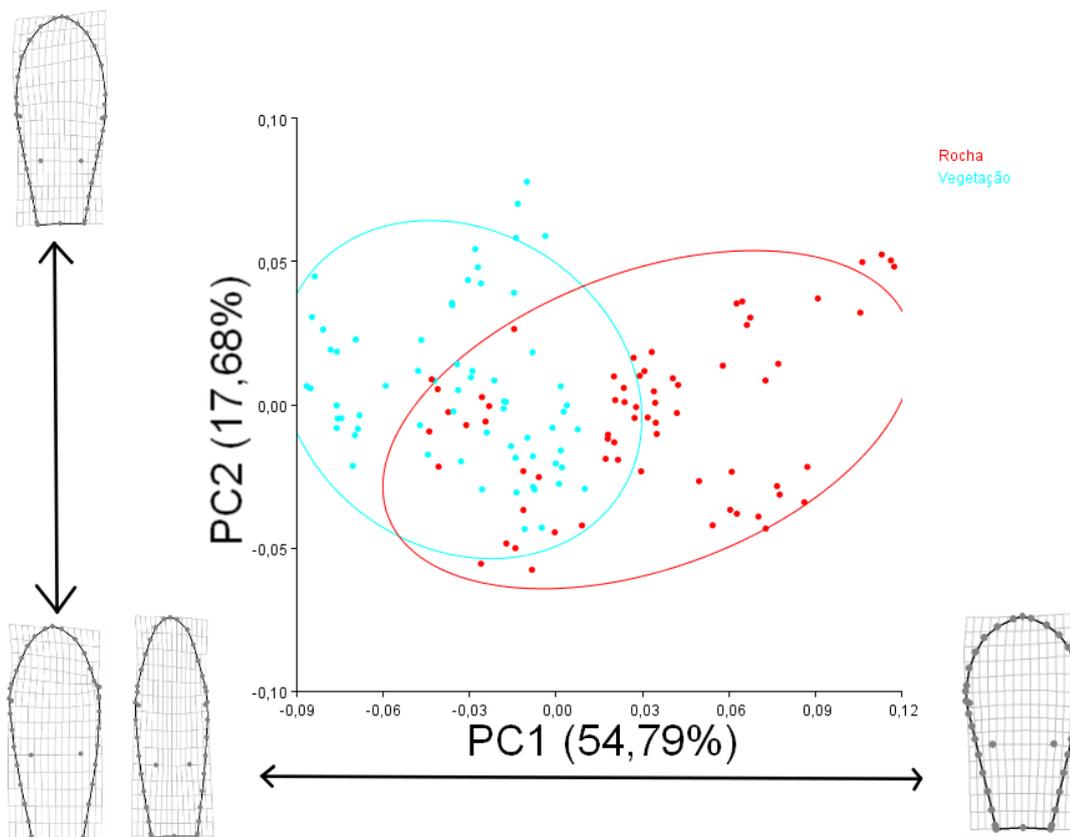


Figura 5: Gráfico de PCA da vista ventral, cada ponto representa um espécime. Os habitats estão separados por cor.

3.1.2 Vista Lateral

As figuras 6, 7 e 8 representam as análises da vista lateral. O eixo X é onde está representada a maior taxa de variação dentre as observações, somando 58,46%, a distorção ocorre no comprimento e altura do pedúnculo caudal (marcos 6 a 10) que respectivamente diminuem e aumentam conforme o valor aumenta; e no comprimento relativo do crânio (marcos 2 e 4) e se torna maior na porção positiva do eixo. O eixo Y representa a deformação na forma do focinho, altura das órbitas (marco 1), altura da origem da dorsal (marco 6) e comprimento padrão relativo; o focinho dos animais é mais agudo na extremidade negativa do eixo e arredondado na extremidade positiva, a órbita é posicionada mais dorsalmente nos espécimes na parte de cima do gráfico e ventralmente na parte de baixo, a origem da dorsal é mais alta nos indivíduos na extremidade inferior (e conseqüentemente a altura do corpo é maior), além disso, espécimes na parte de cima tendem a ter um maior comprimento relativo à altura do corpo.

Nos gráficos 6 a 8, *P. curvidens* novamente se encontra numa posição mediana, entre -0,05; 0,0 e 0,10; -0,05, justapondo-se com muitas outras espécies dos clados Neoplecostomini e Hisonotini. *Hypoptopoma curvidens* e *Otocinclus vittatus* se

encontram na mediana inferior entre $-0,05;0,0$ e $0,0;0,10$, e são os dois clados que costumam possuir crânio mais agudo e olhos em posição mais ventral, além de um pedúnculo caudal curto e profundo. Espécies que vivem em vegetação se encontram pela maior parte do eixo X entre $-0,05$ e $0,05$, e abrangem praticamente todo o eixo Y. As espécies de rocha possuem uma extensão diferente no gráfico, quase oposta aos de vegetação, abrangendo todo o eixo X, porém ficam entre $-0,05$ e $0,05$ no eixo Y. Isto sugere que animais de vegetação tem uma grande variação quanto à forma do do focinho em vista lateral, mas mudam pouco ao comprimento do pedúnculo caudal e do crânio; animais de rocha são basicamente o contrário, o focinho tende a ter apenas uma forma arredondada e pouco comprida, os olhos permanecem na porção dorsal do crânio e o corpo tende a ser baixo, mas podem ter bastante variação no comprimento do pedúnculo caudal e do crânio.

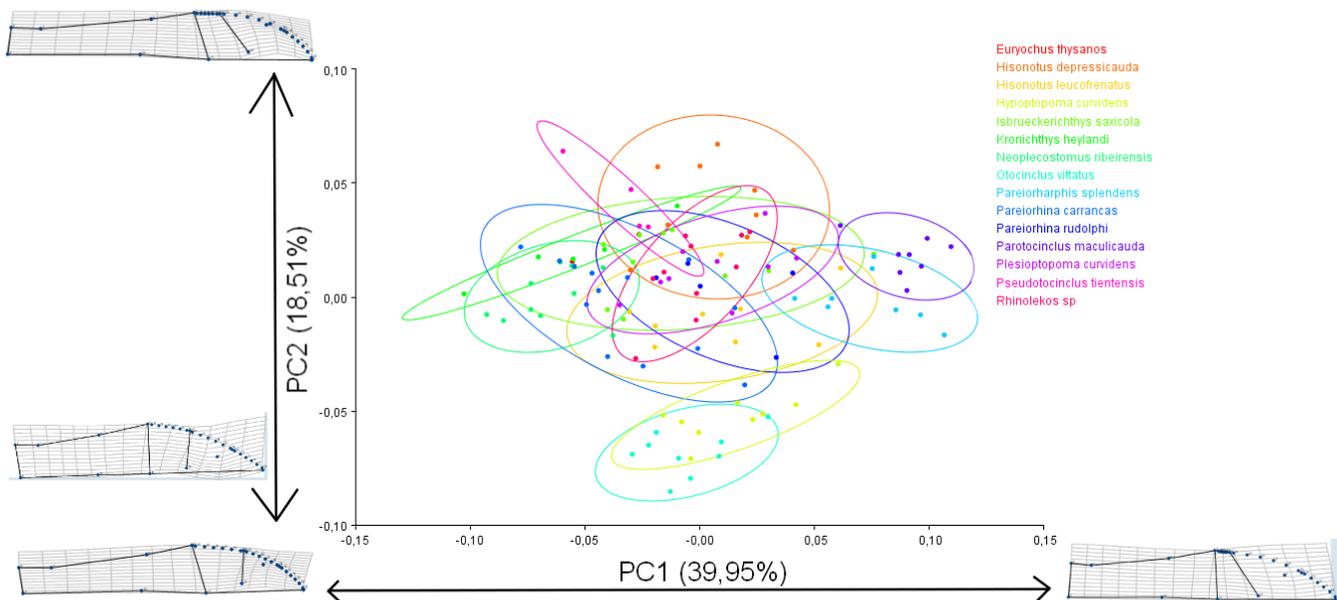


Figura 6: Gráfico de PCA da vista lateral de espécie, cada ponto representa um espécime. Espécies estão separadas por cor.

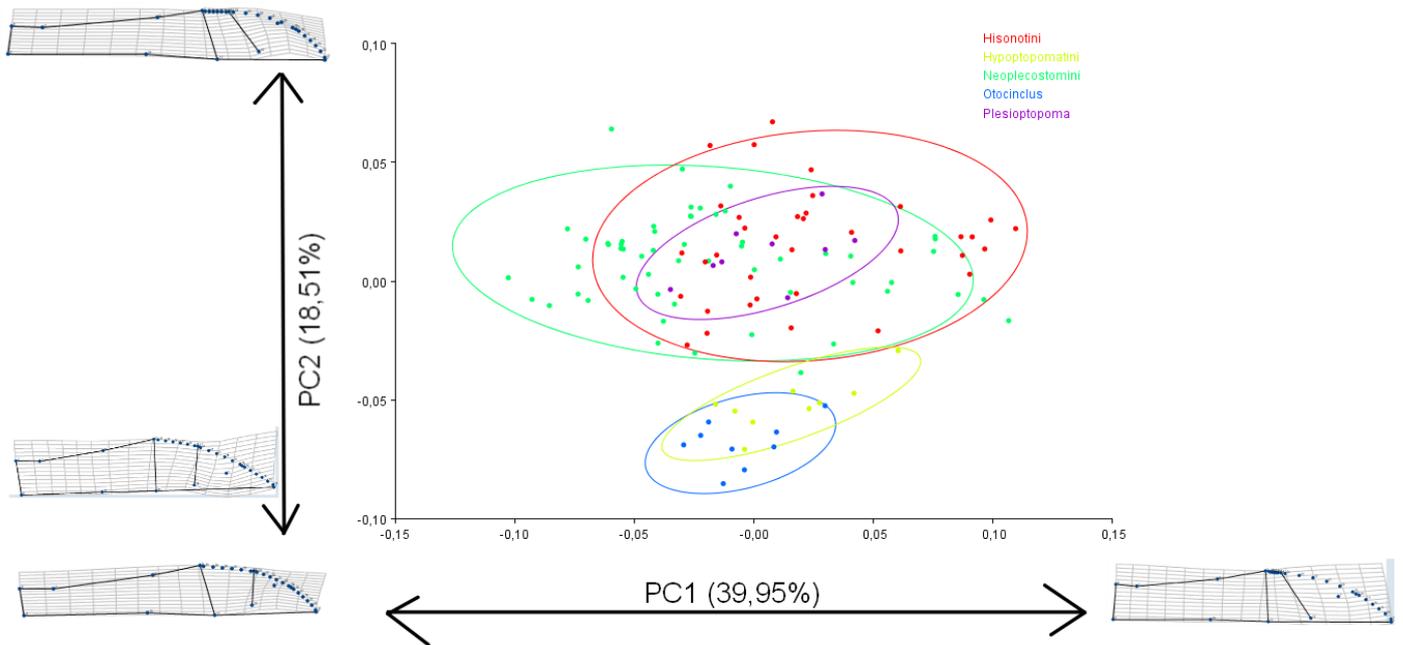


Figura 7: Gráfico de PCA da vista lateral de clado, cada ponto representa um espécime. Os clados estão separados por cor. Plesioptopoma, pertencente à Neoplecostomini e está representada para fins de comparação.

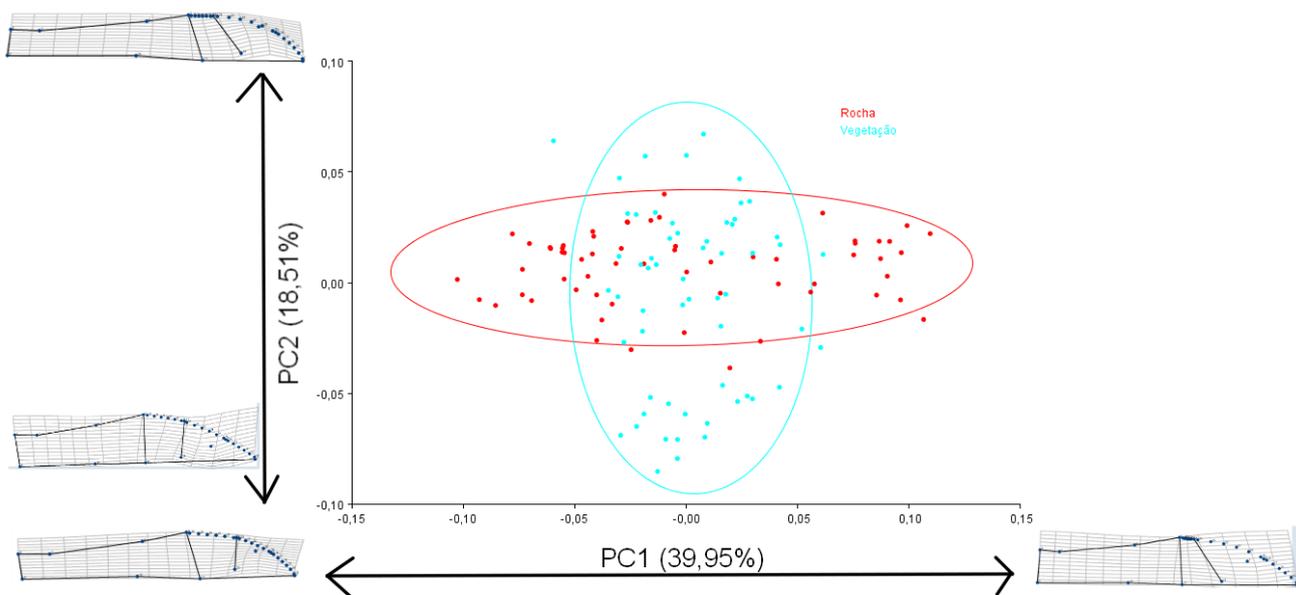


Figura 8: Gráfico de PCA da vista lateral de habitat, cada ponto representa um espécime. Os habitats estão separados por cor.

3.2 CONSENSO

O consenso representa a configuração média da forma de um grupo criado dos marcos anatômicos criados. Em outras palavras, é a forma mais representativa do conjunto específico.

3.2.1 Vista Ventral

Quanto à vista ventral, temos a seguir os consensos sobrepostos de *P. curvidens* e dos espécimes separados por habitat. Os peixes de rocha (azul) apresentam, no geral, corpo mais largo, principalmente na região do crânio, entre os marcos 1, 2 e 3, os animais de vegetação (em vermelho) por outro lado, tendem a apresentar o corpo mais esguio e as laterais do crânio mais retilíneas em vez da forma convexa que os animais de rocha apresentam. As nadadeiras pélvicas também aparentam ser ligeiramente diferentes de uma configuração para outra, sendo mais medianas nos espécimes de vegetação e laterais nos espécimes de rocha. *P. curvidens* (roxo) aparenta ser o meio termo entre essas duas configurações, ficando, porém, mais próximo dos animais de vegetação com o crânio relativamente esguio e nadadeiras pélvicas posicionadas medianamente.

Também foram obtidos os consensos que representam cada clado. Aqui, *P. curvidens* (em roxo) está mais próximo em relação à forma à Hypoptopomatini (em laranja) e Hisonotini (em vermelho), estes três grupos apresentam nadadeiras em posição mediana e crânio relativamente agudo, porém menos que *Otocinclus* (verde), que também possui as nadadeiras pélvicas mais posteriores, semelhante a Hypoptopomatini mas diferente de *P. curvidens* e Hisonotini. Os representantes de Neoplecostomini possuem a configuração semelhante ao consenso de “Rocha”, já que a maioria de seus representantes vivem nesse tipo de habitat, com exceção de *Plesioptopoma curvidens* e *Pseudotocinclus tietensis* que são encontrados em vegetação; ainda em Neoplecostomini, o crânio é alargado com laterais convexas e as nadadeiras pélvicas são posicionadas lateral e rostralmente (similar a *P. curvidens* e Hisonotini).

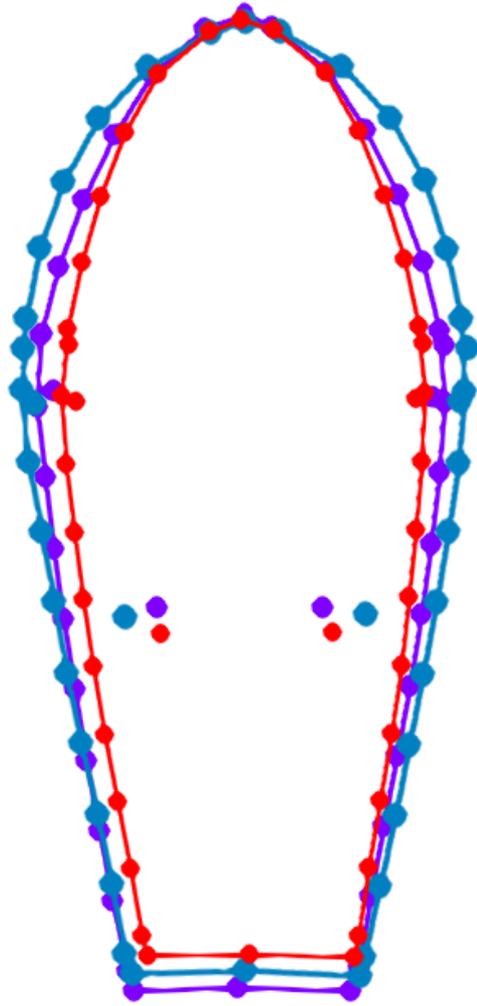


Figura 9: Consenso da Vista Ventral comparando os habitats e P. curvidens: Rocha - Azul, Vegetação - Vermelho, Plesioptopoma – Roxo.

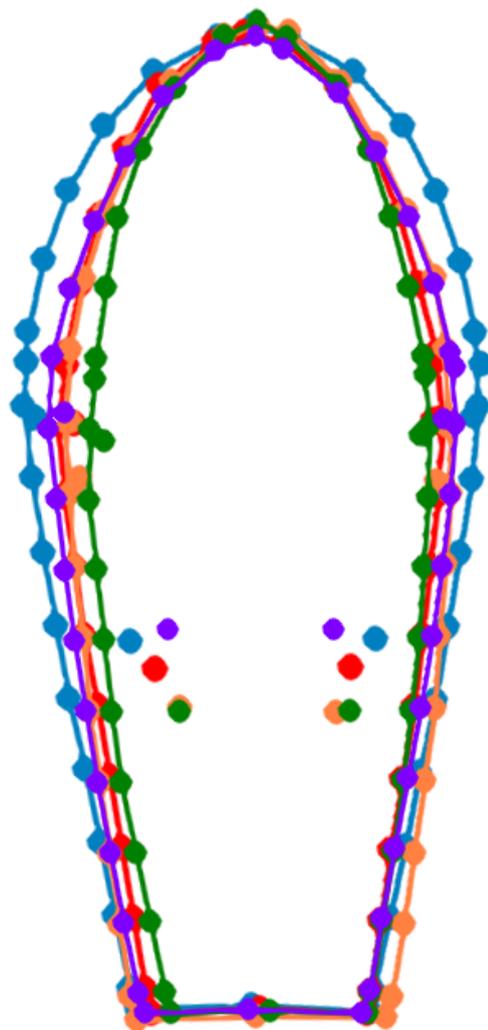


Figura 10: Consenso da Vista Ventral comparando os clados e *P. curvidens*: Hisonotini - Vermelho, Hypoptopomatini - Laranja, Neoplecostomini - Azul, *Otocinclus* - Verde, *Plesioptopoma* - Roxo

3.2.2 Vista Lateral

Semelhante a Vista Ventral, o consenso da Lateral foi classificado por habitat e clado. Os animais de rocha e vegetação diferem principalmente quanto a altura da órbita (marco 1) e forma do crânio, em comparação às de vegetação, as de rocha possuem crânio arredondado e mais curto e órbita posicionada dorsalmente. *Plesioptopoma curvidens* é evidentemente semelhante a espécies de vegetação com ao crânio relativamente longo e focinho agudo, a órbita é, porém mais elevada (dorsal), o pedúnculo caudal aparenta ser mais longo que de ambos os animais de vegetação e rocha.

Ao comparar os clados e observar o crânio e focinho, *P. curvidens* se assemelha a Neoplecostomini e Hisonotini; nesse caso se destacam *Otocinclus* e Hypoptopomatini com seus focinhos agudos (principalmente Hypoptopomatini) e crânios alongados. Observando o pedúnculo caudal, novamente esses dois últimos clados mencionados se mostram evidentemente diferentes, a cauda (à esquerda dos

marcos 6 e 10) é curta e elevada no marco 7 quando comparada aos outros grupos. As órbitas de Hisonotini, *Otocinclus* e principalmente de Hypoptopomatini são posicionadas mais ventralmente, deixando *Plesioptopoma* mais próximo de Neoplecostomini neste aspecto.

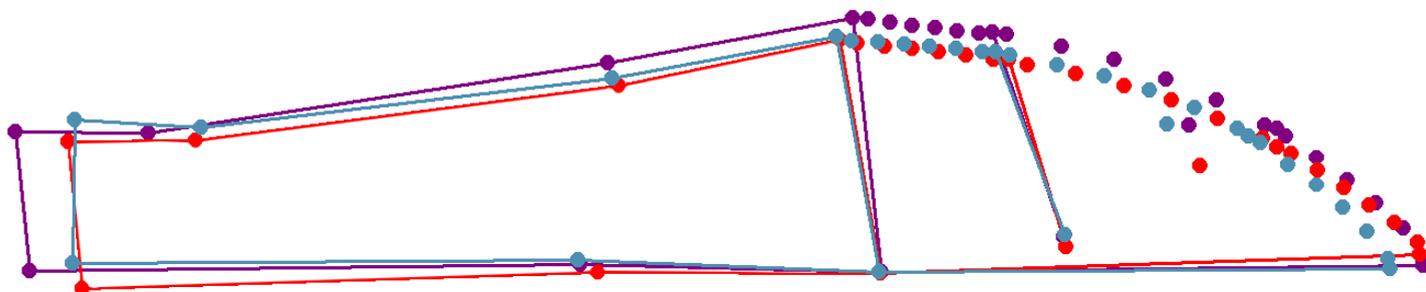


Figura 11: Consenso da Vista Lateral comparando os habitats e *P. curvidens*: Rocha - Azul, Vegetação - Vermelho, *Plesioptopoma* – Roxo.

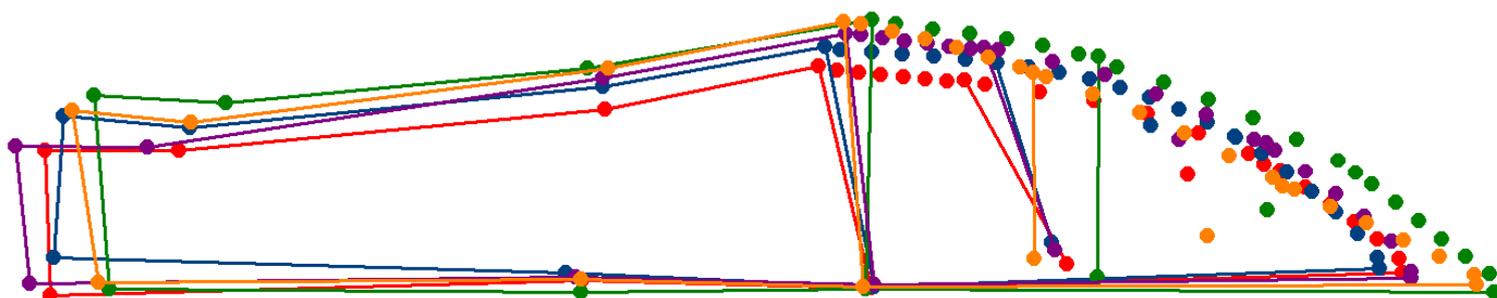


Figura 12: Consenso da Vista Lateral comparando os clados e *P. curvidens*: Hisonotini - Vermelho, Hypoptopomatini - Laranja, Neoplecostomini - Azul, *Otocinclus* - Verde, *Plesioptopoma* - Roxo

3.3 TAMANHO DO CENTROIDE

Tamanho de Centroide é uma medida de tamanho que independe da forma do espécime, definida pela raiz quadrada da somatória dos quadrados das distâncias de cada marco anatômico do centroide, que seria o ponto central da figura. Tal medida é funcionalmente uma escala de tamanho. Aqui usamos a média de tamanho de centroide utilizando as classificações previamente utilizadas, comparando a diferença de tamanho entre os grupos considerando que essa medida representa o tamanho dos espécimes.

3.3.1 Vista Ventral

A média dos centroides nos dão ideia de quais espécies, clados e nichos apresentam as maiores dimensões de corpo, deste ângulo, as espécies com maior tamanho de centroide serão aquelas com corpos mais largos, principalmente na região do crânio. *Euryochus thysanos* é a espécie que apresenta maior valor de média, seguido de *Isbrueckerichthys saxicola*, dois Neoplecostomini de rocha; curiosamente, *Hypoptopoma incognitus* é o que tem o terceiro maior valor, sendo a maior entre as espécies de vegetação aqui observadas. A espécie com a menor média é *Otocinclus vittatus*, que vive na vegetação marginal, o clado a qual empresta o nome também apresenta a menor média, seguido de Hisonotini, cujo menor membro é *Hisonotus depressicauda*. *Pareiorhina carrancas* é o menor membro de Neoplecostomini, que atinge dimensões semelhantes aos membros de Hisonotini. *Plesioptopoma curvidens* tem a média do tamanho mais próxima a Neoplecostomini e a cascudos que vivem em rochas, porém não é grande quando comparado às espécies observadas, apresentando a sexta maior média, e ficando na frente apenas de *Pareiorhina spp.* entre os membros deste clado. Os cascudos de vegetação apresentam uma média de tamanho menor que os de rocha, com desvio padrão também comparativamente menor.

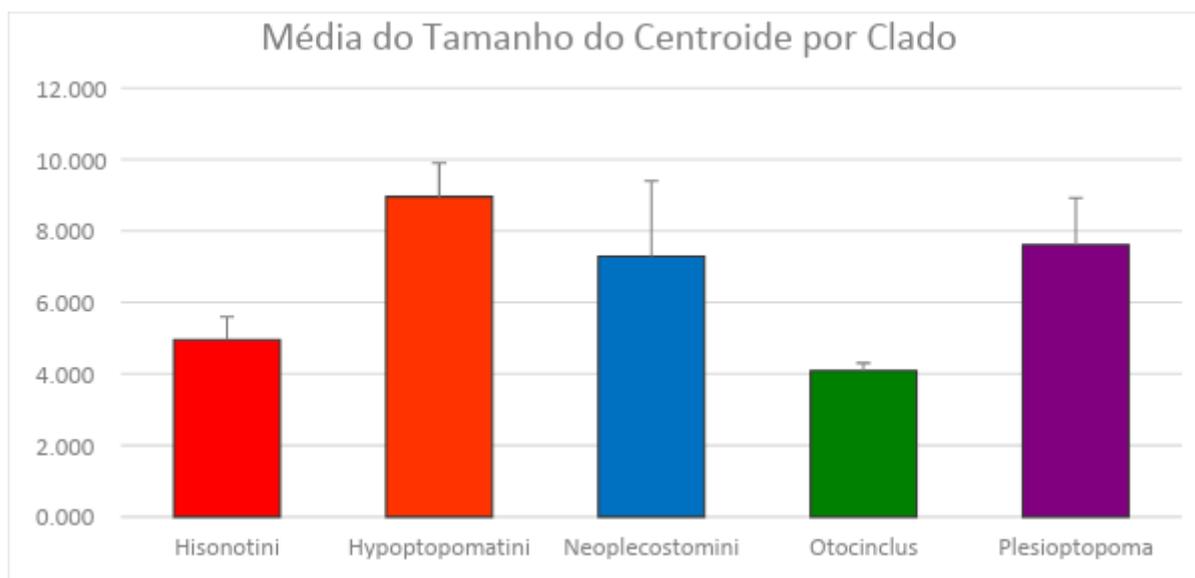


Figura 13: Gráfico de barras, representando a média do tamanho do centroide da vista ventral de cada clado. Plesioptopoma está representado para fins de comparação

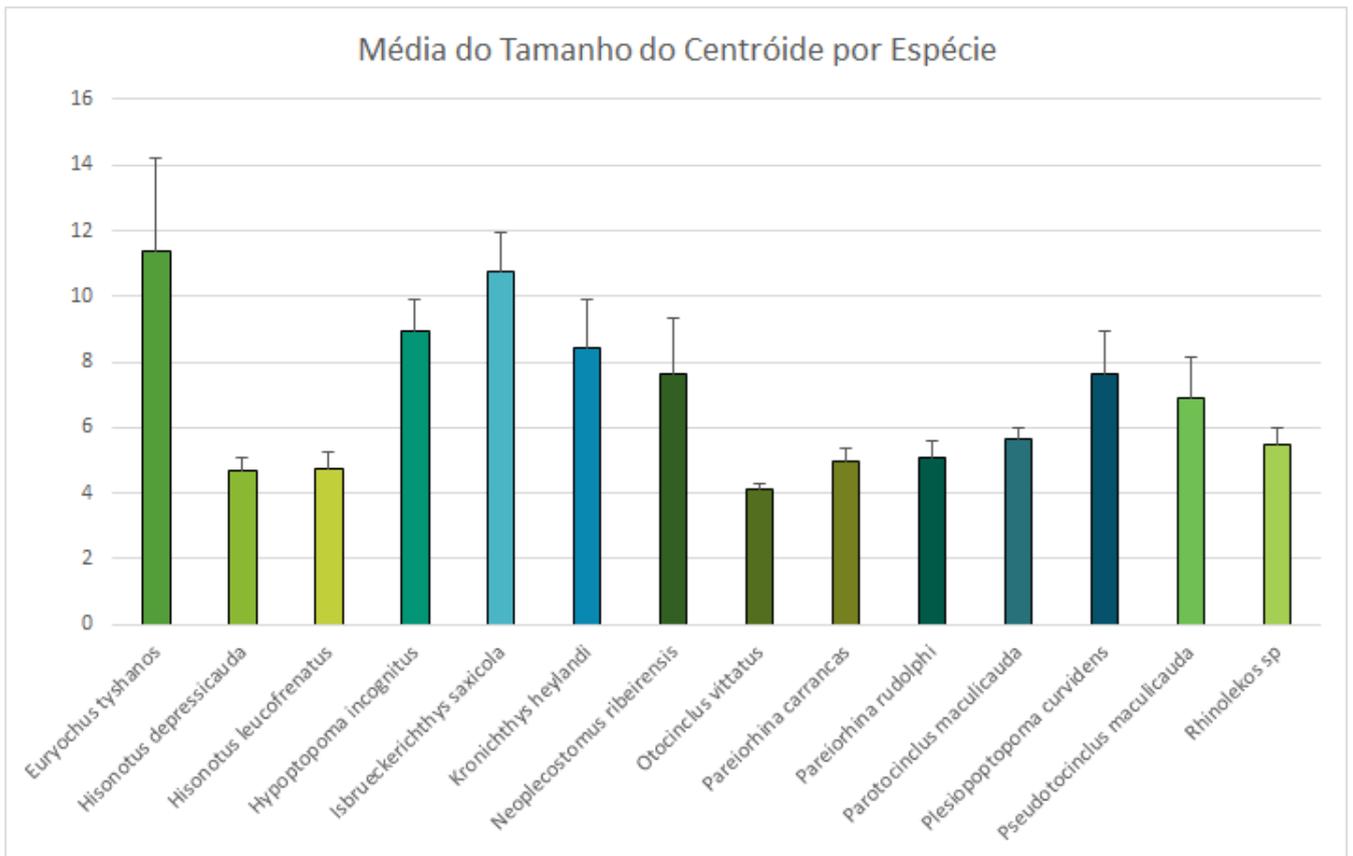


Figura 14: Gráfico de barras, representando a média do tamanho do centroide da vista ventral de cada espécie.

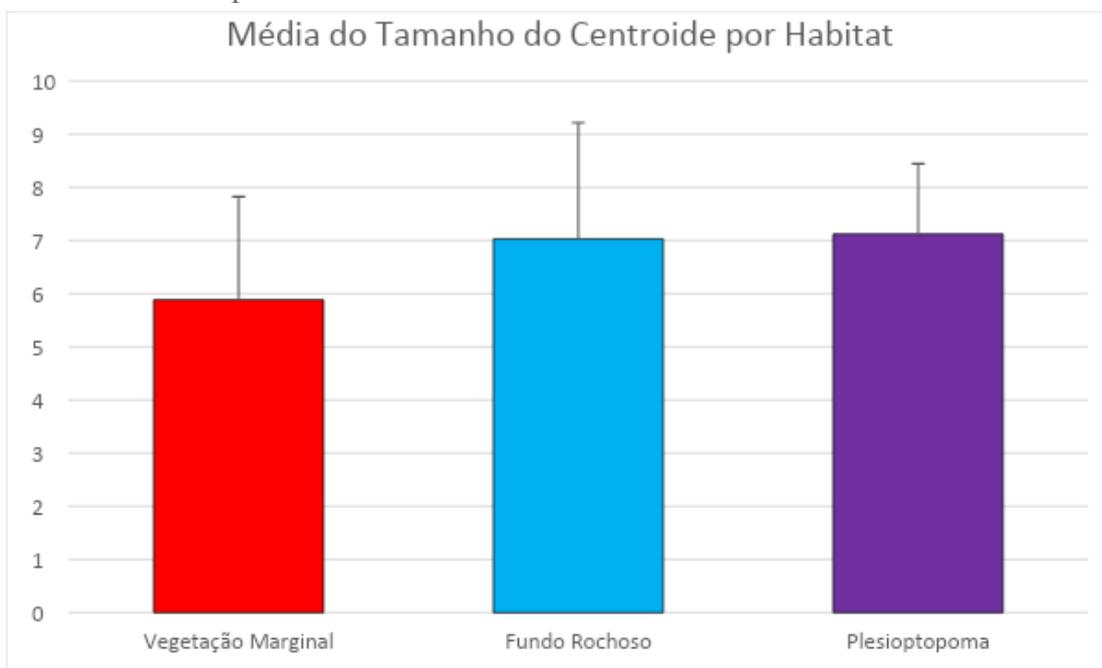


Figura 15: Gráfico de barras, representando a média do tamanho do centroide da vista ventral de cada habitat. Plesiopoptoma está representado para fins de comparação

3.2.2 Vista Lateral

Os resultados são parecidos, porém não idênticos a análise de vista ventral. Aqui se destacam os animais com corpos mais altos e pedúnculos caudais mais compridos. *Isbrueckerichthys saxicola* é a espécie que apresenta maior valor de média, seguido de *Euryochus thysanos* e *Kronichthys heilandi*, todos Neoplecostomini de rocha, *Hypoptopoma incognitus* tem o quarto maior valor, sendo a maior entre as espécies de vegetação aqui observadas, assim como ao nas análises de vista ventral. A espécie com a menor média evidentemente é *Otocinclus vittatus*, que vive na vegetação marginal, o clado a qual empresta o nome também apresenta a menor média, seguido de Hisonotini, cujo menor membro, neste caso, é *Rhinolekos sp.* *Pareiorhina carrancas* ainda é o menor membro de Neoplecostomini, que atinge dimensões semelhantes aos membros de Hisonotini, a variação de tamanho neste clado é relativamente grande, como pode ser confirmado pelo desvio padrão. *Plesioptopoma curvidens* tem a média do tamanho mais semelhante a Neoplecostomini e a cascudos que vivem em rochas, porém não é grande quando comparado às espécies observadas, apresentando a oitava maior média, e ficando na frente apenas de *Pareiorhina spp.* entre os membros deste clado. Os cascudos de vegetação apresentam uma média de tamanho menor que os de rocha, com desvio padrão também comparativamente menor.

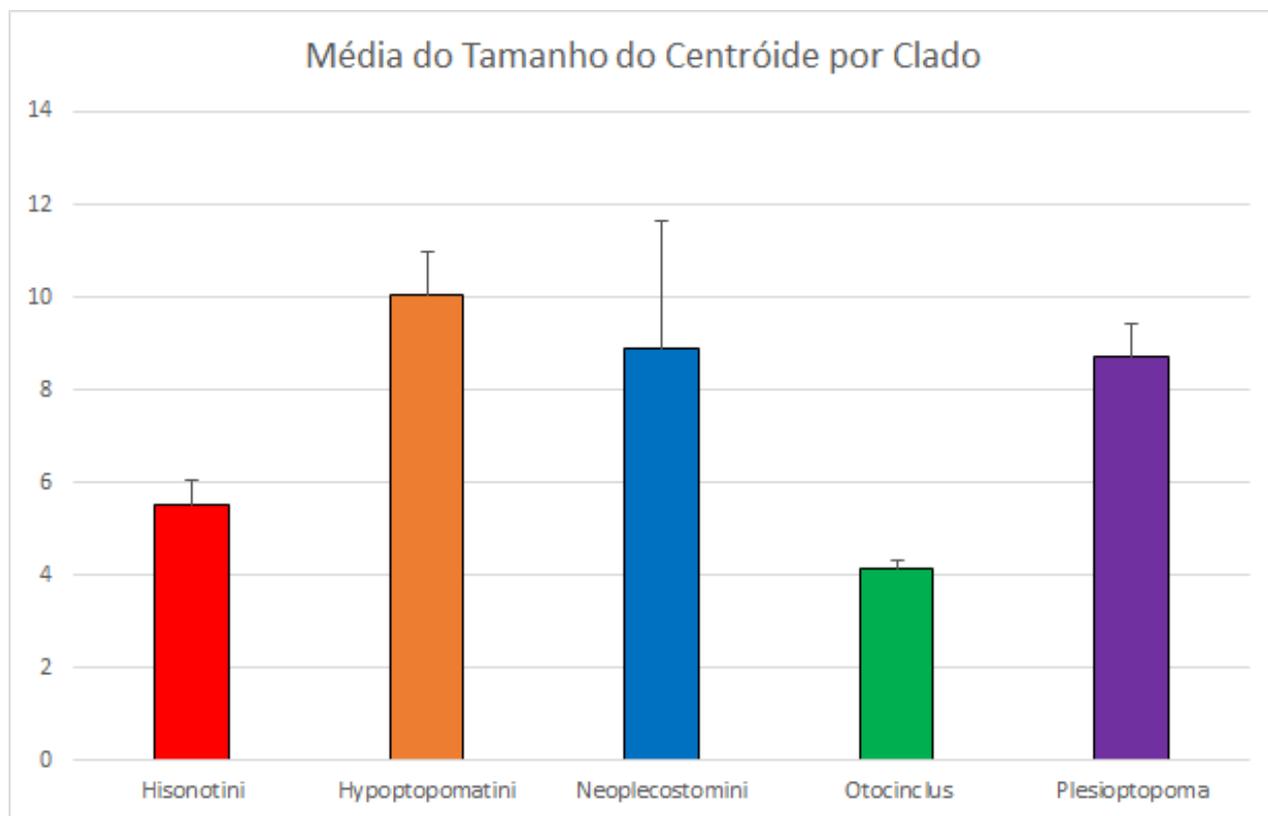


Figura 16: Gráfico de barras, representando a média do tamanho do centroide da vista lateral de cada clado. Plesioptopoma está representado para fins de comparação

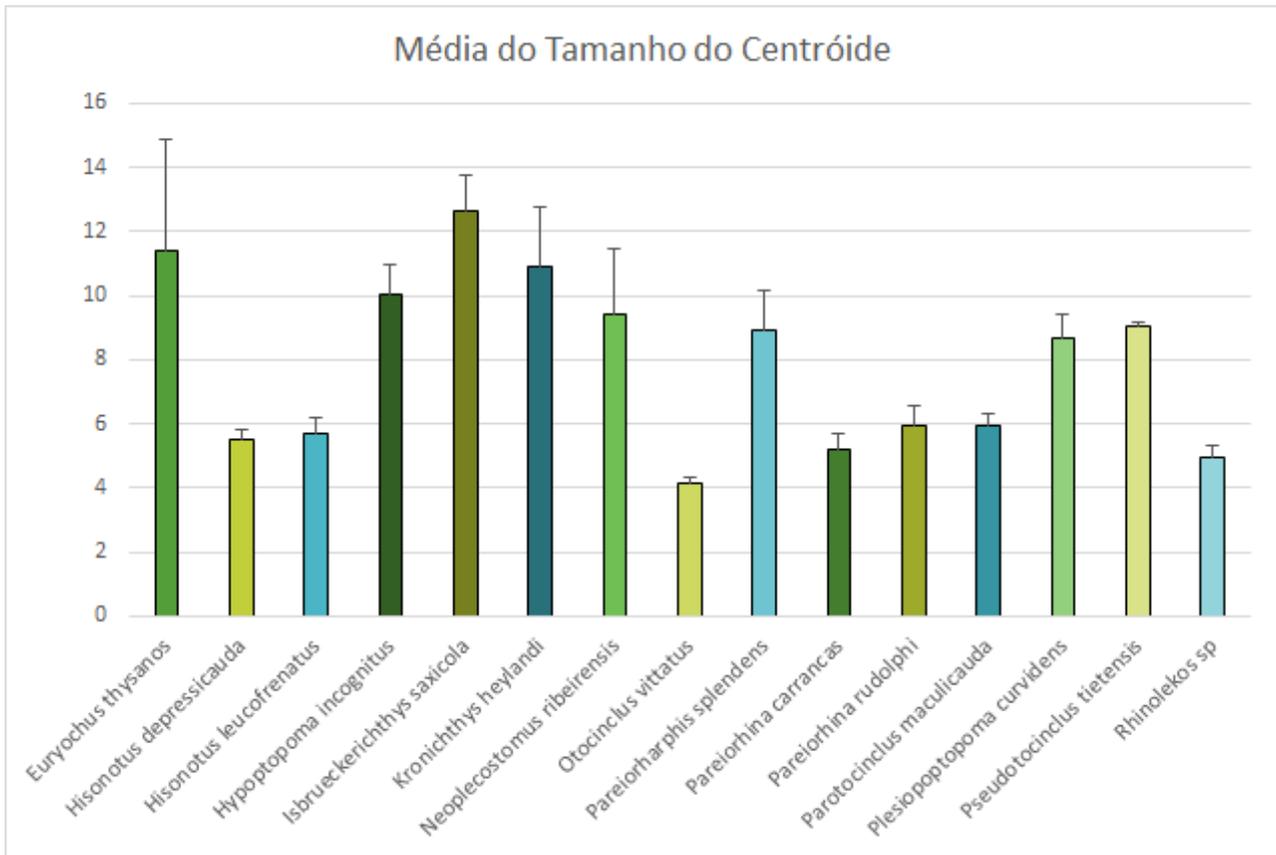
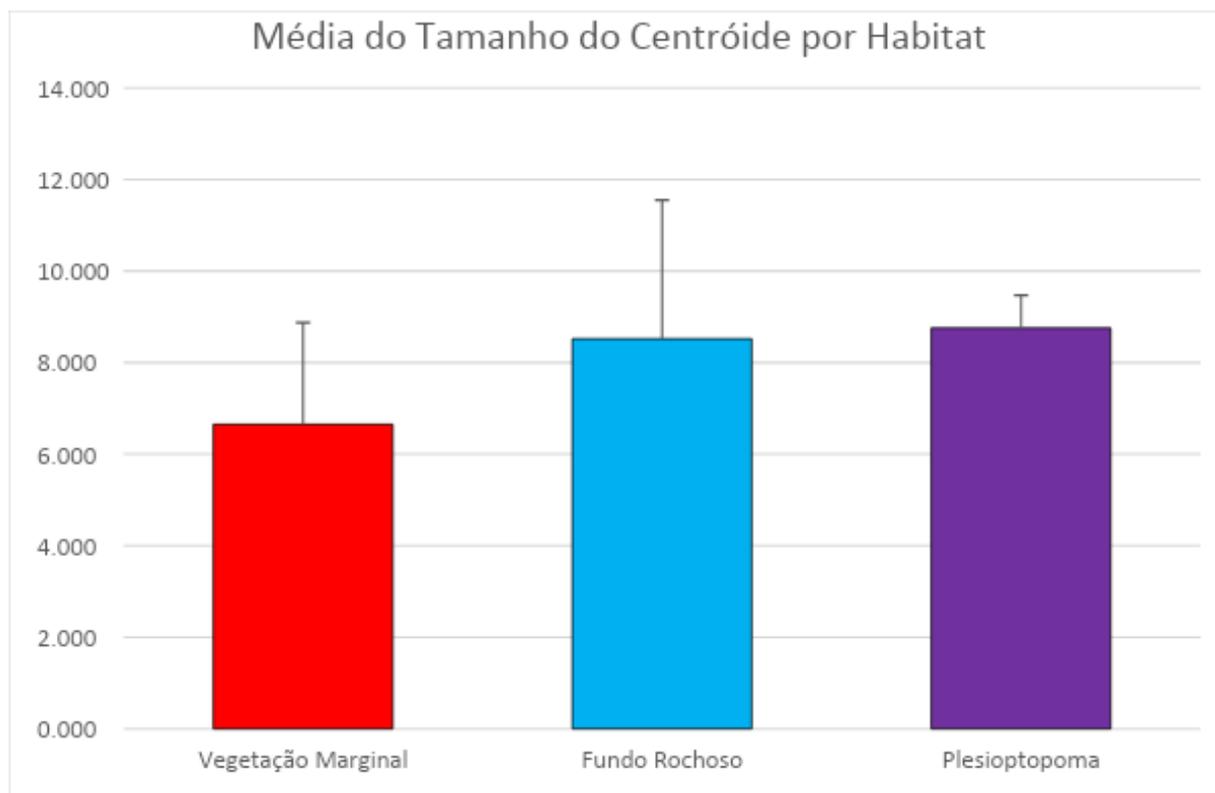


Figura 17: Gráfico de barras, representando a média do tamanho do centroide da vista lateral de cada espécie.



Figuras 18: Gráfico de barras, representando a média do tamanho do centróide da vista lateral de cada habitat. Plesioptopoma está representado para fins de comparação.

4 DISCUSSÃO

4.1 VARIAÇÃO DA FORMA E HABITAT

Os resultados sugerem que há uma correlação positiva entre a forma geral do corpo dos espécimes e o seu micro-habitat, cascudos que costumam ser encontrados em zonas de águas rápidas (que aqui associamos ao habitat de rochas) apresentam bocas mais largas e corpos mais deprimidos (achatados dorso-ventralmente) como demonstrado nos estudos de Casatti (2005) e Leitão (2015). Os resultados apresentados nos gráficos de dispersão e consensos indicam que cascudos de fundo rochoso costumam apresentar focinhos rotundos, corpos mais baixos, órbitas elevadas e nadadeiras pélvicas mais anteriores e laterais. Já cascudos de vegetação marginal, tendem a ter focinhos mais alongados, corpos mais baixos (exceto em Hisonotini), órbitas em posição inferior lateral e nadadeiras pélvicas mais posteriores e mediais.

Dentre os clados incluídos no estudo, Hypoptopomatini apresenta os exemplos mais extremos desta especialização, principalmente em relação a forma da cabeça em vista lateral e posição das órbitas (Fig. 11).

Quanto ao tamanho (representado pelo tamanho do centroide), Hisonotini e *Otocinclus* apresentam a menor média entre os táxons observados e representam a maior parte dos animais de vegetação, que por sua vez também apresentam uma média menor que os de rocha, isto poderia nos levar a concluir que os animais de vegetação tendem a ser menores que os de rocha, porém notamos que Hypoptopomatini, representados apenas por *Hypoptopoma incognitus*, apresenta grande porte quando comparado aos animais observados (Figs. 13 e 16), estando sendo a terceira e quarta maior espécie em vista ventral e lateral respectivamente, portanto essa espécie sozinha contribuiu para aumentar a média de tamanho dos animais de vegetação, também é sabido que várias espécies do gênero *Hypoptopoma* apresentam as maiores dimensões entre os representantes da subfamília (Aquino & Schaefer, 2010). Sendo assim, é possível que se fossem incluídas mais espécies deste clado, as barras dos gráficos da média dos habitats que representam os animais que vivem em vegetação marginal tivessem se igualado às barras representando as espécies de rocha. Também devemos levar em conta que *Pareiorhina carrancas* e *Paratocinclus maculicauda*, estão entre as menores espécies do estudo e habitam fundo rochoso, contrapondo a ideia inicial que os animais de rocha possuem maior porte. É seguro dizer que não temos dados suficientes para prever o micro-habitat de uma espécie com base no seu tamanho relativo.

Plesioptopoma curvidens apresenta características que o aproximam tanto a animais de rocha quanto vegetação, principalmente na forma da cabeça e posição das órbitas, assim como membros de todos os clados observados. Considerando que as características gerais de Neoplecostominae são o corpo alargado, focinho rotundo e curto, órbitas elevadas e nadadeiras pélvicas em posição mais rostral, *P. curvidens* parece se distanciar dos outros membros do seu clado nos dois primeiros aspectos, assemelhando-se mais com Hisonotini, porém parece ter mantido as duas últimas características. Por outro lado, há pouca semelhança (Fig. 12) com Hypoptopomatini e *Otocinclus* quando se observa a forma do crânio e do focinho, em relação ao comprimento e largura, além da posição das órbitas, sendo mais parecido com esses dois clados na largura relativa do corpo.

Plesioptopoma curvidens, apesar de ser um membro de Neoplecostomini (cujos membros são cascudos reofílicos adaptados ao fundo de riachos com forte correnteza) (Roxo et al., 2019), é uma espécie adaptada a viver na vegetação marginal de pequenos riachos (Reis et al., 2012; obs. pessoal). Nossos resultados apontaram que alguns caracteres convergiram para uma forma típica de membros de cascudos que vivem em vegetação, com corpo mais estreito e focinho mais pontiagudo (Fig. 10) na vista lateral como acontece nos membros de Hisonotini. Porém a espécie ainda não é totalmente especializada quanto outros grupos aparentados que vivem em ambientes similares, como Hypoptopomatini, *Otocinclus* e a maioria dos membros de Hisonotini, portanto não vemos caracteres mais extremos como focinho agudo e órbitas em posição ventral lateral em vista lateral (Fig. 12).

4.2 PLESIOPTOPOMA CURVIDENS

Plesioptopoma curvidens é semelhante a outros membros de seu clado em aspectos como forma do crânio, focinho em vista lateral, e posição das nadadeiras pélvicas. Porém, na forma do crânio e largura do corpo, é mais semelhante aos Hypoptopomatini e Hisonotini, sendo ainda diferente de *Otocinclus*; a posição das órbitas é mais superior que nos outros clados, exceto Neoplecostomini. Em relação aos habitats, *P. curvidens* está num meio termo entre os cascudos que habitam rochas e os que habitam a vegetação marginal quando se observa a forma do corpo e do crânio na vista ventral, mas se assemelhando mais com animais de vegetação em vista ventral neste mesmo aspecto. Em questão de tamanho, esta espécie está próxima da média de Neoplecostomini e animais de fundo rochoso, porém é pequena quando comparada individualmente à maioria das espécies de seu clado. Pode-se concluir que *P. curvidens* se encontra num meio termo entre animais de vegetação e rocha em questão de tamanho, levando a convergências evolutivas com grupos não diretamente relacionados dentro de Hypoptopomatinae. Não podemos dizer, porém, se as semelhanças com Hypoptopomatinae, apontadas por Reis na descrição da espécie, estão correlacionadas com o seu micro-habitat.

5 CONCLUSÃO

Plesioptopoma curvidens apresenta características que colocam a espécie num meio termo entre os animais de vegetação e de rocha. Assumindo que viver no micro-habitat de fundo rochoso é uma sinapomorfia de Neoplecostomini, *P. curvidens* está convergindo morfológicamente com animais de outros clados, Hisonotini, *Otocinclus* e Hypoptopomatini devido a pressões seletivas impostas pelo micro-habitat de vegetação marginal. Este estudo reforça a hipótese de que cascudos de vegetação apresentam corpos proporcionalmente mais altos e crânios mais agudos que os de rocha, que costumam ter corpos baixos e crânios alargados; além disso, esses animais têm a tendência de ter órbitas oculares posicionadas mais abaixo e lateralmente no crânio, e nadadeiras pélvicas posicionadas mais posterior e medialmente no tronco.

REFERÊNCIAS

1. A New Genus and Species of Hypoptopomatine Catfish (Siluriformes: Loricariidae) from the Upper Rio São Francisco Basin, Brazil. Roberto E. Reis, Edson H. L. Pereira, and Pablo Lehmann A 2012.
2. Phylogenomic reappraisal of the Neotropical catfish family Loricariidae (Teleostei: Siluriformes) using ultraconserved elements. Fábio F. Roxo, Luz E. Ochoa, Mark H. Sabajc, Nathan K. Lujand,1, Raphaël Covaine, Gabriel S.C. Silvaa, Bruno F. Melo,

- James S. Albertg, Jonathan Changh, Fausto Forestia, Michael E. Alfaro, Claudio Oliveira 2019.
3. Morphology-based phylogeny of the suckermouth armored catfishes, with emphasis on the Neoplecostominae (Teleostei: Siluriformes: Loricariidae). Pereira, E. H. L. and R. E. Reis 2017.
 4. Três gêneros e dezessete espécies novas de peixes brasileiros. Revista do Museu Paulista, v. 10: 631-646, 1 pl. Miranda Ribeiro, A. de 1918.
 5. Peixes da Ribeira. Resultados de excursão do Sr. Ricardo Krone, membro correspondente do Museu Nacional do Rio de Janeiro. Kosmos, Rio de Janeiro [Rev. Art. Sci. Litt.] v. 5 (no. 2). Miranda Ribeiro, A. de 1908
 6. Systematics of the genus *Hypoptopoma* Günther, 1868 (Siluriformes, Loricariidae). Bulletin of the American Museum of Natural History No. 336: 1-110. Aquino, A. E. and S. A. Schaefer 2010.
 7. Two new species of *Isbrueckerichthys* Derijst, 1966 (Siluriformes: Loricariidae) from the rio Paranapanema basin, Brazil. Zootaxa No. 1372: 53-68. Jerep, F. C., O. A. Shibatta, E. H. L. Pereira and O. T. Oyakawa 2006
 8. Descriptions of three new species of siluroid fishes from southern Brazil. Annals and Magazine of Natural History (Series 7) v. 5 (no. 26) (art. 19): 165-166. Boulenger, G. A. 1900.
 9. Revisão do gênero *Neoplecostomus*, com a descrição de quatro espécies novas do sudeste brasileiro (Ostariophysi, Siluriformes, Loricariidae). Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, Série Zoologia v. 3 (no. 1): 3-31. Langeani, F. 1990
 10. A monograph of the fishes of the family Loricariidae. Transactions of the Zoological Society of London v. 17 (pt 3, no. 1): 191-350, Pls. 9-21. Regan, C. T. 1904 (Oct.)
 11. Description of new species of *Hemipsilichthys* (Loricariidae, Hypostominae) from the state of Santa Catarina, Brazil. Acta Biologica Leopoldensia v. 17 (no. 1): 115-122. Bizerril, C. R. S. F. 1995.
 12. Description of a new suckermouth armored catfish of the genus *Pareiorhina* (Siluriformes: Loricariidae), from southeastern Brazil. Ichthyological Exploration of Freshwaters v. 14 (no. 3): 231-242. Bockmann, F. A. and A. C. Ribeiro 2003
 13. Fauna brasiliense. Peixes. Tomo IV (A) [Eleutherobranchios Aspirophoros]. Arquivos do Museu Nacional de Rio de Janeiro v. 16: 1-504, Pls. 22-54. Miranda Ribeiro, A. de 1911.
 14. Die Süßwasserfische des südöstlichen Brasilien. (IV). Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe v. 76 (1. Abth.): 217-230, Pls. 1-2. [Also as a separate, pp. 1-14, Pls. 1-2]. Steindachner, F. 1877.
 15. Diversas espécies novas de peixes nemathognathas do Brasil. Notas preliminares. Revista do Museu Paulista (N. S.) v. 1 (fasc. 1): 13-39. Ihering, R. von 1907.

16. *Rhinolekos*, a new genus with three new species of Hypoptopomatinae (Siluriformes: Loricariidae) from upper Rio Paraná. Neotropical Ichthyology v. 9 (no. 1): 65-78. Martins, F. de O. and F. Langeani 2011.
17. tpsUtil 1.81, tpsdig2 2.32 e tpsRw1 1.65; F. James Rohlf 24/01/2021, acesso em 12/11/2021, <<http://www.sbmorphometrics.org>>
18. Klingenberg, C. P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11: 353-357.
19. Microhabitat segregation and fine ecomorphological dissimilarity between two closely phylogenetically related grazer fishes in an Atlantic Forest stream, Brazil. Rafael Pereira Leitão & Jorge Ivan Sánchez-Botero & Daniele Kasper, Victor Trivério-Cardoso, Carolina Morais Araújo, Jansen Zuanon & Érica Pellegrini Caramaschi 2015.
20. Systematics of the genus *Hypoptopoma*, Günther 1868 (Siluriformes, Loricariidae). Bulletin of the American Museum of Natural History, Number 336:1-110. Adriana E. Aquino and Scott A. Schaefer 2010.
-