

**ECOMORFOLOGIA E ALIMENTAÇÃO DE PEIXES NA
BACIA DO RIO DAS MORTES/MT E INTRODUÇÃO À
FISIOLOGIA DE PEIXES PARA O ENSINO
FUNDAMENTAL E MÉDIO**

CAROLINA MANCINI DO CARMO

Dissertação apresentada à Universidade do
Estado de Mato Grosso, como parte das
exigências do Programa de Pós-graduação
em Ciências Ambientais para obtenção do
título de Mestre

CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2013

CAROLINA MANCINI DO CARMO

**ECOMORFOLOGIA E ALIMENTAÇÃO DE PEIXES NA BACIA DO
RIO DAS MORTES/MT E INTRODUÇÃO À FISIOLOGIA DE
PEIXES PARA O ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais para obtenção do título de Mestre

Orientador: Prof. Dr. Cesar Enrique de Melo

CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2013

Carmo, Carolina Mancini do.

Ecomorfologia e alimentação de peixes na Bacia do Rio das Mortes/MT e introdução à fisiologia de peixes para o ensino fundamental e médio./Carolina Mancini do Carmo. – Cáceres/MT: UNEMAT, 2013.

93 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2013.

Orientador: Cesar Enrique de Melo

1. Morfologia – peixes – rio das Mortes/MT. 2. Hábitos alimentares - peixes rio das Mortes/MT. 3. Peixes - dieta. 4. Materiais didáticos – peixes regionais – rio das Mortes/MT. 5. Funcionamento dos peixes. I. Título.

CDU: 597(817.2)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Regional de Cáceres

CAROLINA MANCINI DO CARMO

ECOMORFOLOGIA E ALIMENTAÇÃO DE PEIXES NA BACIA DO RIO DAS MORTES/MT E INTRODUÇÃO À FISIOLOGIA DE PEIXES PARA O ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO

Esta dissertação foi julgada e aprovada como requisito para a obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais.

Nova Xavantina, 16 de maio de 2013.

Banca examinadora

Prof. Dr. Manoel dos Santos Filho
Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Paulo César Vênere
Universidade Federal de Mato Grosso

Prof.Dra. Teresa Cristina da Silveira Anacleto
Universidade do Estado de Mato Grosso (Suplente)

Prof. Dr. Cesar Enrique de Melo
Universidade do Estado de Mato Grosso (Orientador)

CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2013

A você **Keity Maria** que com um simples
olhar me ensinou a nunca desistir ”

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, por estar sempre ao meu lado me dando forças para nunca desistir.

Ao meu professor, orientador e grande amigo **Cesar Enrique de Melo** que mais uma vez me orientou com muita dedicação, e com toda paciência do mundo, todas as vezes que corrigia meu trabalho. Além de ser um grande amigo me aconselhando como um pai de verdade.

A professora **Teresa** que mais uma vez que contribuiu para minha formação. E também por sempre conversar comigo, sendo uma amiga nessas horas de solidão.

Ao professor **Paulo Venere** pelo apoio e incentivo e por estar sempre disposto a me ajudar.

Aos membros da banca de qualificação, **Teresa Cristina e Tatiana Melo**, por aceitarem a participar e pelas sugestões para melhorar esse trabalho.

A minha amada **Mãe, Anna Maria** que sempre está ao meu lado, me apoiando e incentivando. Você é a minha base, sem você não tinha chegado onde estou. Amo você!

Ao meu amado **marido, Henrique Reis** que está ao meu lado em todas as horas me apoiando e incentivando, tendo muita paciência nas horas difíceis, tenho certeza de que sua ajuda foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Amo você!!

Ao meu designer **Henrique Reis** por ter feito todos os desenhos deste trabalho, sua ajuda foi essencial para a execução deste.

A **Heloisa, Jana, Julia, Natalia e Larissa** por terem me acolhido tão carinhosamente em sua casa no período em que estive em Cáceres. Vocês serão minhas amigas para a vida toda!!!

Ao meu irmão **Daniel** por estar ao meu lado sempre!

Aos meus professores **Manoel, Carolina Joana, Cesar, Célia, Dedé, Almeri, Heitor**, pelas disciplinas que muito acrescentaram a minha bagagem profissional.

Ao professor **Manoel e Carolina Joana** pela maravilhosa aula de campo no Pantanal.

Aos membros da banca de defesa, **Paulo Venere e Teresa** por aceitarem e pelas contribuições que foram feitas para melhorar esse trabalho.

A minha dear friend **Jane**, por sempre estar ao meu lado nas horas difíceis, por me auxiliar sempre prontamente com seu conhecimento e carinho, você é especial demais.

A **Eliete** minha querida amiga que tenho saudades, você foi essencial para a realização deste trabalho.

A **Priscylla** que divide comigo os momentos bons e ruins, e por ter se tornado uma grande amiga. E por me ajudar nos momentos de desesperos.

Aos meus amigos **Ailton, Elder, Marcia, Luciano** que trabalha comigo no laboratório.

Ao meu fiel amigo **Carlos**, que sempre me socorreu nos momentos de dúvidas e dificuldades, compartilhando seu conhecimento de forma generosa. Adoro você!

Aos meus amigos, **Fernando, Marcos, Raquel, Clautenes, Sandra, Adriano, Robson, Elaine, Odair e Joari** por estarmos juntos nessa caminhada de dois anos.

As minhas cunhadas, **Camila e Alessandra** por estarem ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus sogros, **Lena e Artur** por me ajudarem sempre que precisei, com muito carinho.

Aos meus filhotes: **Sheid, Keity, Bull, Rivelino, Pity, Sophie, Gaya, Thor e Faísca** por me fazer feliz todas as vezes que eu chegava triste em casa, todos vocês fazem minha vida ter mais sentido.

E em especial ao meu filho **Vitor** que está vindo para deixar minha vida mais completa!!

A **Capes** pela bolsa de estudo concedida.

ÍNDICE

Lista de tabelas	8
Lista de figuras	9
Resumo	10
Abstract	11
Introdução Geral	12
Referências	14
Ecomorfologia e alimentação de peixes na bacia do Rio das Mortes/MT	17
Introdução	19
Material e métodos	20
Resultados	28
Discussão	32
Referências	38
Introdução à fisiologia de peixes para o ensino fundamental e médio	46
Introdução	49
Metodologia	50
Referências	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Medidas morfométricas utilizadas para obtenção dos índices ecomorfológicos das treze espécies analisadas.	24
Tabela 2. Descrição dos índices ecomorfológicos e suas respectivas explicações ecológicas.	25
Tabela 3. Valores do Índice Alimentar IAI (%) nas análises tróficas	30
Tabela 4. Autovalores dos dois primeiros eixos (CP1 e CP2) da análise de componentes principais (ACP)	31
Tabela 5. Valores dos resultados da análise de componentes principais nos dois primeiros eixos.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Planície de inundação	21
Figura 2: Representações esquemáticas das medidas morfométricas	27
Figura 3: Análise de Escalonamento Multidimensional não-métrico	29
Figura 4. Escores da Análise de Componentes Principais (ACP)	31
Figura 5. Tipos das escamas dos peixes	55
Figura 6. Exemplo de peixes que são cobertos por placas ósseas	59
Figura 7. Exemplos de peixes que possuem pele	60
Figura 8. Exemplos de peixes que apresentam boca superior	63
Figura 9. Exemplo de peixes que apresentam boca Terminal	64
Figura 10. Exemplo de peixes que apresentam boca Inferior	65
Figuras 11. Exemplo de dentes Incisiformes	66
Figuras 12. Exemplo de dentes Caniniformes	67
Figuras 13. Exemplo de dentes Molariformes	68
Figuras 14. Exemplo de dentes Cônicos	69
Figura 15. Exemplo de dentes Viliformes	70
Figura 16. Sistema digestório dos peixes	71
Figura 17. Exemplos de Tipo de Intestino dos peixes	73
Figura 18: O processo da respiração pelas brânquias	75
Figura 19: Exemplo de peixes que apresentam respiração aérea	76
Figura 20: Desenho esquemático dos órgãos sensoriais dos peixes	79
Figura 21: Detalhes das formas das nadadeiras caudais dos peixes	81
Figura 22: Desenho esquemático das nadadeiras dos peixes.	81
Figura 23. Desenho ilustrando os órgãos dos peixes	83
Figura 24. Esquema ilustrando os peixes migrando para se reproduzir	85
Figura 25. Esquema ilustrando dois exemplos de cuidado parental	88

RESUMO

CARMO, Carolina Mancini. **Ecomorfologia e alimentação de peixes na bacia do rio das mortes/MT, e introdução à fisiologia de peixes para o ensino fundamental e médio.** Cáceres: UNEMAT, 2013. 93p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais)¹

Este estudo foi realizado na Planície de Inundação do Rio das Mortes-MT, e tem como objetivo verificar as possíveis correlações entre características morfológicas e hábitos alimentares dos peixes. Foram analisadas treze espécies, com 10 exemplares de cada uma. Foram utilizadas 21 medidas para o cálculo de quinze atributos morfológicos. Foi aplicada uma análise de Componentes Principais (ACP) sobre a matriz dos atributos morfológicos das espécies que permitiram indicar os caracteres ecomorfológicos que mais as diferenciaram. A análise de ordenação NMDS (Escalonamento multidimensional não-métrico) foi utilizada para comparar a dieta entre as espécies, com base em uma matriz de similaridade Bray-Curtis, utilizando os valores do Índice Alimentar (IA). Para avaliar as relações entre a morfologia e a dieta foi utilizado o teste de Mantel, correlacionando a matriz de distância da morfologia e a matriz de distancia trófica. Os resultados mostram uma correlação significativa entre morfologia e dieta ($r=0.628$; $p < 0,001$), indicando que a forma do corpo dos peixes está diretamente relacionada com a utilização dos recursos alimentares.

Em relação à fisiologia dos peixes pode se dizer que é um assunto explicado com poucos detalhes nos livros didáticos. Neste capítulo abordou-se a parte tegumentar dos peixes, a alimentação, a digestão, a respiração, os órgãos sensoriais e sua locomoção, além de sua forma de sobreviver na seca, e como ocorre sua reprodução. Foram analisados livros didáticos de Ciências e Biologia para saber como é abordado esse tema nas escolas da região. Assim, esse estudo objetivou melhorar e complementar os materiais didáticos nas escolas com textos mais elaborados e completos sobre o funcionamento dos peixes, com informações mais consistentes e mais detalhadas, sobre peixes regionais.

Palavra chave: Morfologia, dieta, livros, funcionamento dos peixes.

¹Orientador: Cesar Enrique de Melo, UNEMAT;

ABSTRACT

CARMO, Carolina Mancini. **Ecomorphology and feeding of fish in the Rio das Mortes/MT and introduction to the fish physiology for elementary and high school**. Cáceres: UNEMAT, 2013. 93p. (Dissertation - Master in Environmental Sciences) ¹

This study was conducted in the floodplain of the Rio das Mortes-MT and it aims to determine the possible correlation between morphological and feeding habits of fish. We analyzed thirteen species, with 10 individuals of each. We used 21 measurements to calculate fifteen morphological features. Principal component analysis (PCA) was applied on the morphological features matrix of the species which allowed indicating the ecomorphological characters that most differentiate the species. NMDS Ordination analysis (non-metric multidimensional scaling) was used to compare the diet between species, based on Bray-Curtis similarity matrix, using the values of the food index (AI). We used the Mantel's test to compare the morphology and diet, correlating the distance matrix morphology and trophic distance matrix. The results show a significant correlation between morphology and diet ($r = 0.628$; $p < 0.001$), indicating the shape of the fish body is directly related to the use of food resources. Concerning fish physiology, it is a subject with few details explained in textbooks. This chapter will talk about cutaneous, feeding, digestion, respiration, sensory organs and locomotion's fish, besides their way of surviving the drought season and how the reproduction's fish are. We analyzed Science and Biology textbooks to know how this issue is lectured at schools in the region. Thus, this study aims to enhance and complement the materials at schools with more elaborate and complete texts about fish physiology.

Keyword: Morphology, diet, books, fish functioning.

¹ Advisor: Cesar Enrique de Melo, UNEMAT;

INTRODUÇÃO GERAL

A Bacia Amazônica é a maior bacia hidrográfica do mundo com 7,05 milhões de quilômetros quadrados e é um ambiente muito diversificado, abrigando uma das maiores ictiodiversidade do mundo (LOWE-McCONNEL,1999). Dentro dessa bacia está inserida a bacia Araguaia-Tocantins, cujo principal afluente é o Rio das Mortes (TEJERINA-GARRO *et al.* 1998; MELO & RÖPKE 2004; LIMA, 2009; MELO, 2000; MELO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2007; LIMA, 2003). Essa bacia apresenta uma grande área inundável que é determinante para estrutura da ictiofauna, constituindo-se em um habitat para os organismos, locais de reprodução e refugio, além de fornecer por meio alóctone e autóctone recurso alimentar para o sistema (PETTS, 1990; KAWAGUCHI & NAKANO, 2001).

O funcionamento de um sistema fluvial é muito complexo e os recursos aloctones podem influenciar diretamente em sua estrutura taxonômica e trófica. A associação dos peixes ao seu alimento é determinada por uma série de características evolutivas de cada espécie, entre elas, a morfologia pode ser considerada uma das mais importantes (RIDLEY, 2006).

Essas variações morfológicas entre as espécies são importantes para entender a estrutura de uma comunidade, já que as diferenças morfológicas podem estar associadas às pressões ambientais e biológicas por elas sofridas (IRSCHICK e LOSOS, 1999). Portanto, as características morfológicas refletem o nicho ecológico e a distribuição dos indivíduos, juntamente com a delimitação dos grupos tróficos de cada espécie (WATSON & BALON, 1984, BARRELLA *et al.* 1994, BEAUMORD & PETRERE-JR,1994, WINEMILLER, 1991).

As variações na morfologia têm mostrado que as espécies se diferenciam em relação ao seu comportamento, as interações tróficas e essas variações refletem se nas diferenças funcionais e nas diferenças de exploração dos recursos alimentares (PETTERSSON *et al.*, 2000; BREDA 2005). Muitos trabalhos têm discutido a importância da morfologia quando comparada com o uso dos recursos tróficos e sua forma de exploração, e mostram que ambos estão totalmente correlacionados (HERNAN *ET AL*, (2012); WOLFF, (2012); OLIVEIRA, (2010).

Em relação à fisiologia dos peixes, esse estudo explica o funcionamento dos órgãos dos peixes e como eles interagem e respondem as alterações que

ocorrem no ambiente, permitindo que as espécies encontrem melhores condições para viverem (DABROWSKI & PORTELLA, 2006; KATHERINE LAM *et al*, 2006). O funcionamento dos peixes é um assunto abordado nos livros didáticos de forma muito resumida. Alguns estudos como o de Dias & Dias, (2009); Rosa, *et al*, (2012); Vaniel & Bemvenuti, (2006), foram feitos analisando os livros didáticos e todos mostraram a grande deficiência que existe, mesmo ressaltando que tem um papel fundamental no processo ensino-aprendizagem e que muitas escolas utilizam apenas essa ferramenta de ensino.

Isso posto, é evidente a necessidade de melhorar a qualidade deste material e utilizar muitos livros para que abordem de forma completa todos os conteúdos, bem como buscar outros recursos para que os alunos recebam o material de forma bem explicada e variada.

Assim esse trabalho teve como principais objetivos específicos:

- Determinar a importância da vegetação ciliar para a ictiofauna, a partir da análise de sua estrutura trófica;
- Identificar as principais características morfológicas das espécies que estão diretamente relacionadas com alimentação;
- Estabelecer relações entre os índices ecomorfológicos e sua dieta;
- Complementar os materiais didáticos nas escolas;
- Transmitir e contextualizar informações mais consistentes sobre os peixes regionais.

Dessa forma o objetivo geral deste trabalho foi comparar a estrutura taxonômica e funcional da ictiofauna e verificar as possíveis correlações entre as características morfológicas e hábitos alimentar dos peixes, e complementar o material didático utilizado nas escolas, com textos mais elaborados e completos sobre o funcionamento dos peixes, com informações mais consistentes e mais detalhadas.

REFERÊNCIAS

BARRELLA, W. BEAUMORD, A.C. & PETRERE-JR, M. Comparison between the fish communities of Manso river (MT) and Jacaré Pepira river (SP), Brazil. *Acta Biol.Venez.* 15(2):1-15.1994.

BEAUMORD, A.C. & PETRERE-JR., M. Fish communities of Manso river, Chapada dos Guimarães, MT, Brasil. *Acta Biol. Venez.* 15(2):21-35. 1994.

BREDA *et al.* Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. *Acta Sci. Biol. Sci. Maringá*, v. 27, n. 4, p. 371-381, 2005

DIAS, R. & DIAS. 2009 O livro didático de ciências do ensino médio – análise crítica do conteúdo de plantas vasculares sem sementes (pteridófitas). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí-IFPI, Floriano, Piauí, Brasil,

IRSCHICK. D. J; LOSOS. J.B. Do lizards avoid habitats in which performance is submaximal? The relationship between spring capabilities and structural habitat in Caribbean anoles. *Am. Nat.* 154: 293:305, 1999.

KAWAGUCHI, Y.; NAKANO, S. Contribution of terrestrial invertebrates to the annual resource budget for salmonids in forest and grassland reaches of a headwater stream. *J. Fish Biol., Japan*, v. 46, p. 303-316, 2001.

LIMA, J.D. Conectividade e análise da estrutura taxonômica e trófica da ictiofauna em lagos do Rio das Mortes, Mato Grosso-Brasil. 86f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais).Universidade Federal de São Carlos, 2009.

LOWE-McCONNELL, R. H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo,. 534p. 1999

MELO, C. E.; LIMA, J. D.; MELO, T. L.; PINTO-SILVA, V. Peixes do Rio das Mortes: identificação e ecologia das espécies mais comuns. Cuiabá: Central de Textos e Editora Unemat,. 147 p. 2005

MELO, C.E. Ecologia comparada da ictiofauna em córregos do cerrado do Brasil central. 84f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

PETTERSSON, L. B. & HEDENSTRÖM, A. Energetics, cost reduction and functional consequences of fish morphology. *Proceedings of the Royal Society of London B* 267, 759-764. 2000.

PETTS, G.E. "The Role of ecotones in aquatic landscape management", in *The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones*. Editado por Parthenon Publishing Group. Paris, pp. 227-262. 1990.

RIDLEY, M. Evolução. 3 ed. Artmed, Porto Alegre, 2006.

RÖPKE, C. P. Identificação e Distribuição de Peixes da Família Curimatidae (Pisces, Characiformes) na Planície do Bananal. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Nova Xavantina, Departamento de Ciências Biológicas. Nova Xavantina, MT.:[s.n.], 2004.

ROSA. C, P; RIBAS, L.C; BARAZZUTTI,L.2012.Análise de livros didáticos

SILVA, E.F. Diversidade, similaridade e estrutura trófica da ictiofauna em dois ambientes no baixo Rio das Mortes, na Planície do Bananal-MT. 52f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

TEJERINA-GARRO, F. L.; FORTIN, R.; RODRÍGUEZ, M. A. Fish community structure in relation to environmental variation in floodplain lakes of the

Araguaia River, Amazon Basin. *Environmental Biology of Fishes*, v.51, p.399-410. 1998.

WATSON, D.J. & BALON, E.K. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *J. Fish Biol.* 25:371-384.1984.

WINEMILLER, K.O. 1991. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from Five biotic regions. *Ecological Monographs*, 61(4): 343-365. 1991.

HERNAN L-F, KIRK O. WINEMILLER, C M, R L. H. Diet-Morphology Correlations in the Radiation of South American Geophagine Cichlids (Perciformes: Cichlidae:Cichlinae) V.7, p.14, 2012

VANIEL,B.V & BEMVENITI,M. de A.2006. Investigando os Peixes nos Livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental. *Cadernos de Ecologia Aquática* 1 (1): 1-14

OLIVEIRA, E.F.; GOULART, E.; BREDA, L.; MINTEVERA, C.V.; PAIVA, L.R.S. & VISMARA, M.R. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. *Neotropical Ichthyology*, 8:569-586. 2010.

WOLFF L. L. Assembléia de peixes em um riacho da encosta Atlântica, Brasil: estrutura espacial, uso dos recursos alimentares, e relações ecomorfológicas. 92f Tese (Doutorado em ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Federal do Paraná, 2012.

ECOMORFOLOGIA DE PEIXES RELACIONADA COM ALIMENTAÇÃO NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO RIO DAS MORTES-MT

[Preparado de acordo com as normas da revista Iheringia- Série Zoologia]

Carolina Mancini do Carmo^{1,2}, **Cesar Enrique de Melo**^{1,2}

¹Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, *Campus* Universitários de Cáceres

²Laboratório de Ictiologia e Limnologia, UEMAT, Caixa Postal 08, CEP 78690-000, Nova Xavantina – MT, Brasil

* Autor para correspondência

mancini.carolina@yahoo.com.br

ABSTRACT. Fish ecomorphology related to diet in the floodplain of Rio das Mortes/Mato Grosso-Brazil. This study was conducted in the floodplain of the Rio das Mortes-MT and it aims to determine the possible correlation between morphological and feeding habits of fish. We analyzed thirteen species, with 10 specimens of each. Twenty one measurements were used to calculate fifteen morphological features. Principal component analysis (PCA) was applied on the morphological features matrix of the species which allowed indicates the ecomorphological characters that most differentiate the species. We used NMDS ordination analysis (non-metric multidimensional scaling) to compare the diet between species based on Bray-Curtis similarity matrix, using the values of the food index (AI). We used the Mantel's test to compare the morphology and diet. The results show a significant correlation between the morphology and diet. Correlations between distance matrices of morphology and diet were significantly correlated ($r = 0.628$, $p < 0.001$), indicating the shape of the fish's body is directly related to the use of food resources.

KEYWORD: Morphology; feeding; floodplain lake.

RESUMO. Este estudo foi realizado na Planície de Inundação do Rio das Mortes-MT, e tem como objetivo verificar as possíveis correlações entre características morfológicas e hábitos alimentares dos peixes. Foram analisadas treze espécies, com 10 exemplares de cada uma. Foram utilizadas 21 medidas para o cálculo de quinze atributos morfológicos. Foi aplicada uma análise de Componentes Principais (ACP) sobre a matriz dos atributos morfológicos das espécies que permitiram indicar os caracteres ecomorfológicos que mais diferenciaram as mesmas. Foi utilizada uma análise de ordenação NMDS (Escalonamento multidimensional não-métrico) para comparar a dieta entre as espécies, com base em uma matriz de similaridade Bray-Curtis, utilizando os valores do Índice Alimentar (IAi). Utilizou-se o teste de Mantel para comparar a morfologia e a dieta. Os resultados mostram uma correlação significativa entre morfologia e dieta. As correlações entre as matrizes de distância da morfologia e dieta apresentaram correlação significativa ($r=0.628$; $p < 0,001$), indicando que a forma do corpo dos peixes está diretamente relacionada com a utilização dos recursos alimentares.

PALAVRA-CHAVE: Morfologia; dieta; lagos.

INTRODUÇÃO

A ecomorfologia é o estudo das relações entre a morfologia e os aspectos ecológicos dos indivíduos, e suas variações no uso dos recursos alimentares e espaciais. Essas variações nas estruturas morfológicas associadas a alimentação e ao tipo de habitat refletem no nicho ecológico das espécies, incluindo sua distribuição pelo ambiente, além de delimitar grupos tróficos por espécies (PERES-NETO, 1999; SAMPAIO, & GOULART, 2011).

Nesse aspecto as características morfológicas são consideradas muito importantes em estudos que tentam verificar processos evolutivos e adaptativos nas comunidades de peixes (WATSON & BALON, 1984; BARRELLA *et al.*, 1994; BEAUMORD & PETRERE-JR, 1994; HUGUENY & POUILLY, 1999; POUILLY *et al.*, 2003).

A forma do corpo dos peixes está relacionada com o tipo de locomoção, o tamanho do corpo, tamanho e forma da boca e o comportamento. Esse conjunto de características influencia e limita o uso do habitat e o uso de recursos tróficos (ASSUMPCÃO, 2010; WINEMILLER, 1991).

Segundo LEAL *et al.*; (2011) a forma especializada do corpo leva os peixes a procurarem habitats mais específicos, mais estruturados. A partir dessas características morfológicas autores como NORTON *et al.*; 1995; PIANKA, 2000; BARRETO, 2005; NUNES & HARTZ, 2006; TEIXEIRA E BENNEMANN, 2007; realizaram estudos ecomorfológicos, onde discutiram a correlação entre as formas dos organismos e seu modo de vida.

De forma geral, esses estudos reforçam a ideia de que as morfológicas são adaptativas, ou seja, elas evoluem e diversificam de acordo com as pressões do ambiente, como competição, predação e outras interações bióticas (SANTOS *et al.*, 2011).

Assim, o presente estudo teve como principal objetivo comparar a estrutura taxonômica e funcional da ictiofauna e verificar as possíveis correlações entre as

características morfológicas e os hábitos alimentares dos peixes, respondendo às seguintes questões.

1- A composição da ictiofauna é afetada pela disponibilidade de recursos alimentares originários da mata ciliar? 2- O uso de recursos tróficos e sua forma de exploração estão relacionados com as características morfológicas das espécies? 3- Espécies morfológicamente semelhantes tendem a ter o mesmo tipo de alimentação?

MATERIAL E MÉTODOS

Os exemplares de peixes utilizados nesse estudo foram capturados em corpos d'água localizados na Planície de Inundação do Rio das Mortes-MT, uma extensa planície inundável de Cerrado que está localizada entre o Rio Araguaia e o Rio das Mortes. Essa unidade geomorfológica, denominada planície do Bananal tem uma área de aproximadamente 70.000 Km² no estado de Mato Grosso, entre os rios Araguaia e Rio das Mortes e é caracterizada por apresentar solos com baixos teores de nutrientes e inundações periódicas (BRASIL, 1981) (Figura 1).

O clima da região é tropical apresentando duas estações definidas, seca (maio/outubro) e chuvoso (novembro/abril), segundo a classificação KÖPPEN; a precipitação anual é de 1300 a 1600 mm e a temperatura média anual está entre 23,2°C e 25,6°C (BRASIL, 1981). A vegetação predominante é constituída por fitofisionomias savânicas e formações florestais nas margens dos rios (MARIMON & LIMA, 2001).

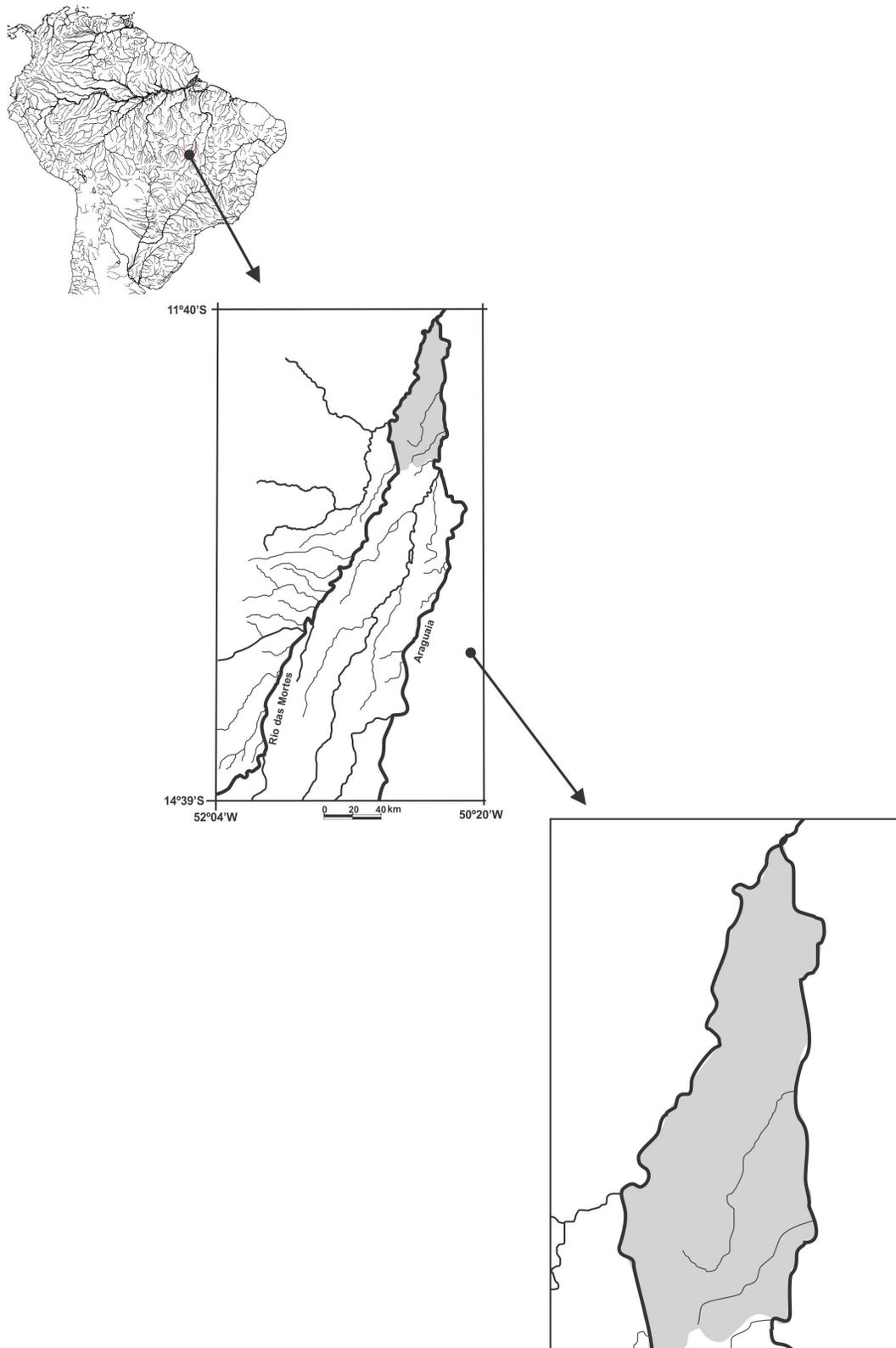


Fig 1: Localização da Planície de inundação entre o Rio das Mortes e o Rio Araguaia em Mato Grosso, Brasil.

Neste estudo foram utilizados 130 peixes, distribuídos em 13 espécies, capturados entre novembro de 2003 e Outubro de 2011. Foram utilizadas redes de emalhar de 10m de comprimento por 1,5m de altura, com malhas de 4,5,7,10,14,18 cm entre nós opostos, conforme LIMA, 2009; SILVA, 2007; ROPKE, 2004. As redes ficaram expostas por 24 horas consecutivas sendo revisadas a cada 6 horas. Após a coleta, ainda em campo, os peixes foram fixados com solução de formol a 10% e depois, em laboratório, conservados em solução de etanol a 70%. Após a preservação do material os indivíduos foram identificados com auxílio de chaves dicotômicas (BRITSKI *et al.*, 1999; ZUANON, 1999; PAVANELLI & BRITSKI, 2003; SANTOS *et al.*, 2004; MELO *et al.*, 2005). Todos os peixes estão tombados na coleção de peixes do laboratório de Ictiologia e Limnologia da Universidade do Estado de Mato Grosso, *campus* de Nova Xavantina.

Para determinação dos grupos tróficos foram analisados os conteúdos estomacais dos peixes, por meio de incisão ventral e retirada do conteúdo dos estômagos, que foram quantificados e qualificados com auxílio de estereomicroscópio e microscópio óptico comum. Para análise quantitativa foi utilizado o método volumétrico que consta na medida do volume de cada item por meio de deslocamento da coluna d água em provetas graduadas. O volume dos itens alimentares, ingeridos pelos indivíduos de cada espécie, foi convertido para proporções relativas e, então, utilizado para classificar as espécies em grupos tróficos (PERSSON *et al.*, 1996).

Para determinar os principais grupos tróficos e avaliar a importância de todos os recursos em sua dieta, foram calculados os percentuais de frequência relativa de ocorrência e o volume relativo dos itens que foram consumidos, a fim de proporcionar uma estimativa de importância alimentar de cada categoria (IA_i) proposto por KAWAKAMI & VAZZOLER, (1980), descrito pela seguinte equação:

$$IA_i = \frac{FO_i \times VR_i}{\sum_{i=1}^n (FO_i \times VR_i)}$$

Onde:

IA_i= Índice alimentar do item i;

FO_i= Frequência de ocorrência, calculada como o número de vezes que o item ocorreu, multiplicado por 100 e dividido pelo número total de estômagos com alimento;

VR_i= Volume relativo, obtido segundo a seguinte fórmula: VR_i = Vi/Vt x 100

Onde;

VR_i= proporção relativa de utilização de recurso;

Vi= volume ingerido de determinado item;

Vt= volume total dos recursos ingeridos.

Para analisar as características morfológicas das espécies foram feitas 17 medidas morfométricas (Tabela 1) e (Figura 1) através de um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) de acordo com GATZ, 1979^a; WATSON & BALON, 1984; BALON *et al.*; 1986; WIKRAMANAYAKE, 1990; escolhendo aspectos relacionados à sua dieta alimentar.

Tab.I. Medidas morfométricas utilizadas para obtenção dos índices ecomorfológicos das treze espécies analisadas.

MEDIDA	SIGLA	EXPLICAÇÃO
Comprimento padrão	CP	Distância entre a ponta do focinho e a extremidade da última vértebra caudal
Comprimento da Cabeça	CC	Distância entre a ponta do focinho e a extremidade posterior do opérculo
Altura da Cabeça	AC	Distância entre a borda ventral à dorsal da cabeça na mesma linha da altura do olho.
Diâmetro do olho	DO	Distância vertical da borda ventral da cabeça ao meio do olho
Altura máxima do corpo	AMC	Máxima distancia vertical entre a borda ventral e dorsal do corpo
Altura média do corpo	AMeC	Distância vertical tomada da borda ventral a linha mediana do corpo. Medida na região de mais altura.
Largura máxima do corpo	LMC	Máxima distancia transversal do corpo, perpendicular ao eixo longitudinal
Comprimento do Pedúnculo	CPe	Distância horizontal entre a borda posterior da base da nadadeira anal a borda posterior da última vértebra
Largura do pedúnculo	LPe	Distância transversal tomada na mesma região da altura do pedúnculo.
Comprimento da Nadadeira peitoral	CNPT	Distância horizontal da base da nadadeira peitoral até sua extremidade distal
Largura da Nadadeira peitoral	LNPT	Maior largura da nadadeira em um eixo perpendicular ao eixo do comprimento, totalmente aberta.
Comprimento do Intestino	CI	Distância longitudinal entre o inicio do pilórico até o final do intestino
Largura da Boca	LB	Distância transversal entre um lado e outro da boca
Altura da Boca	AB	Distância vertical entre um lado e outro da boca aberta
Altura da nadadeira Caudal	ANC	Distância máxima entre as duas extremidades da nadadeira.
Comprimento dos Rastros Branquiais	CRB	Distância da base mais larga até o final da extremidade.

Essas medidas foram convertidas em 15 índices ecomorfológicos, descritos na tabela 2.

Tab.II. Descrição dos índices ecomorfológicos e suas respectivas explicações ecológicas.

ÍNDICES	FORMULAS	EXPLICAÇÕES
Índice de Compressão	$IC = A_{Max}C/L_{Max}C$	Altura máxima do corpo / largura máxima. Valores altos indicam peixes bastantes comprimidos e que ocupam locais de baixa velocidade de corrente (Watson; Balon, 1984).
Índice de depressão	$ID = A_{Me}C/A_{Max}C$	Altura média do corpo/ Altura máxima do corpo. Baixos valores indicam peixes dorsoventralmente deprimidos, habitantes de ambientes com elevado fluxo (Gatz, 1979b).
Comprimento relativo da Cabeça	$CRC = CC/CP$	Altos valores indicam peixes que se alimentam de presas relativamente grande (Watson; Balon, 1984; Pouilly et al., 2003; Hugueny; Pouilly, 1999).
Largura Relativa da cabeça	$LRC = LC/L_{Max}C$	Idem ao anterior
Altura Relativa da Cabeça	$ARC = AC/AMC$	Idem ao anterior
Altura Relativa da boca	$ARB = AB/AMC$	Idem ao anterior
Largura Relativa da boca	$LRB = LB/LMC$	Idem ao anterior
Área relativa da nadadeira caudal	$ARNC = ANC/(CP)^2$	Largura da nadadeira caudal/Comprimento padrão ao quadrado. Grandes nadadeiras caudais indicam movimentos em arrancadas rápidas, modo típico de natação de vários peixes bentônicos (Balon et al., 1986).
Índice de protrusão	$IP = CMI/CMS$	Comprimento da Mandíbula Inferior/ Comprimento da Mandíbula superior. Altos valores indicam grande abertura da boca, indicando alimentação baseada em itens de porte relativamente grandes (Watson; Balon, 1984)

Tab. II. Continuação

ÍNDICES	FORMULAS	EXPLICAÇÕES
Área relativa da nadadeira peitoral	$ARNP = LNPT / (CP)^2$	Largura da nadadeira peitoral/Comprimento padrão ao quadrado. Altos valores são encontrados em peixes nadadores lentos, que utilizam suas nadadeiras peitorais para fazerem manobras (Oliveira et al., 2010).
Relação de aspecto da nadadeira peitoral	$RANP = CNPT / LNPT$	Comprimento da nadadeira peitoral ao quadrado/ Largura da nadadeira peitoral. Valores elevados significam que as nadadeiras peitorais são longas e estreitas e estão presentes em peixes que percorrem grandes distâncias (Souza; Barrela, 2009)
Posição do olho	$PO = ALO / ArO$	Altura do olho/ Área do olho. Altos valores indicam olhos dorsalmente localizados, típicos de peixes bentônicos (Watson; Balon, 1984).
Área do Olho	$ARO = ArO / (CP)^2$	Área do olho/ comprimento padrão ao quadrado. Este índice está relacionado à detecção do alimento e fornece informações sobre a acuidade (ou seja, o qual bom é a visão) visual das espécies. Pode também indicar o posicionamento relativo na coluna d'água, na medida em que espécies que habitam áreas profundas apresentam olhos menores (Wolf, 2012).
Comprimento relativo do trato intestinal	$CRTI = CI / CP$	Comprimento do intestino/ Comprimento padrão. Assume-se que os maiores valores encontrados para este índice estão relacionados com espécies detritívoras ou herbívoras (Oliveira et al., 2010).
Comprimento dos Rastros Branquiais	CRB	Esse índice está associado com o tipo de alimentação. (Oliveira et al., 2010).

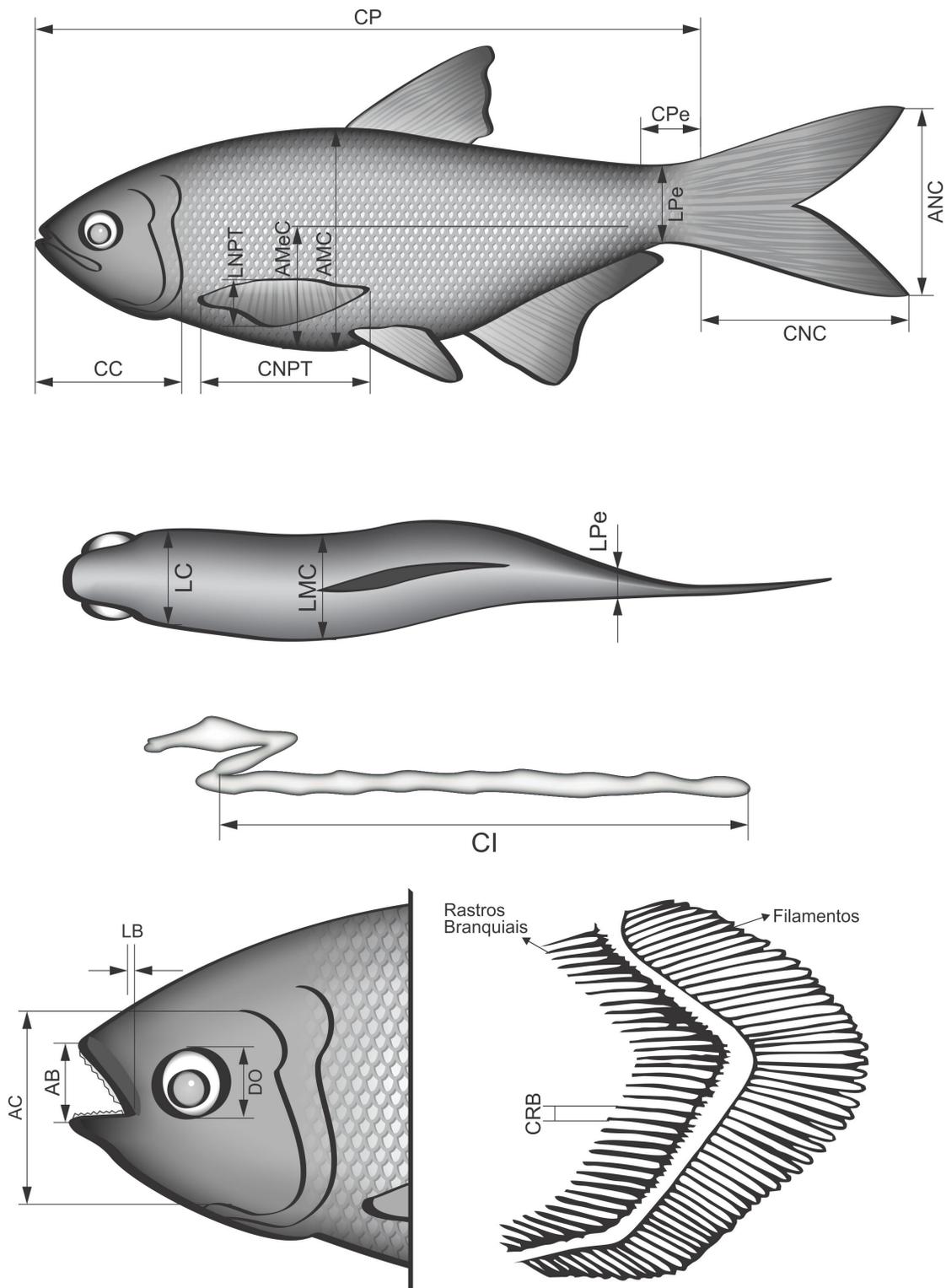


Fig.2. Representações esquemáticas das medidas morfométricas e suas respectivas localizações. Comprimento Padrão (CP); Comprimento da Cabeça (CC); Largura da Cabeça (LC); Altura da cabeça (AC); Altura da boca (AB); Largura da boca (LB); Diâmetro do Olho (DO); AMC (Altura máxima do corpo); Altura média do corpo (AMeC); Largura máxima do corpo (LMC); Comprimento do Pedúnculo (CPe); Largura do pedúnculo (LPe); Comprimento da nadadeira peitoral (CNPT); Largura da Nadadeira peitoral (LNPT); Altura da nadadeira caudal (ANC); Comprimento da Nadadeira caudal (CNC); Comprimento do Intestino (CI); Comprimento dos rastros branquiais (CRB).

Para identificação dos caracteres ecomorfológicos mais importantes que caracterizam cada espécie foi utilizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), sobre a matriz dos atributos morfológicos das espécies. A seleção dos eixos para interpretação foi realizada segundo o método *broken-stick* (JACKSON, 1993). Apenas os autovalores maiores que os *Broken-sticks* foram usados para a interpretação e usados no gráfico. Para a comparação da dieta entre as espécies foi realizada uma análise de ordenação a NMDS (Escalonamento multidimensional não-métrico), com base em uma matriz de similaridade Bray-Curtis, utilizando os valores do Índice Alimentar (IA). Para estas análises foi utilizado o programa PC-ORD 5.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2006).

Para avaliar as relações entre a morfologia e a dieta foi utilizado o teste de Mantel com 10.000 permutações, correlacionando a matriz de distância da morfologia e a matriz de distância trófica (wolff, 2012).

RESULTADOS

A análise dos conteúdos estomacais dos peixes indicou que o principal grupo trófico foi formado pelos piscívoros, e representou 46,15% das espécies (Tabela 3).

A análise de ordenação a NMDS revelou uma separação das espécies em grupos tróficos. Nessa análise três conjuntos ficaram bem evidentes, sendo os Piscívoros, que são composto por *Agoniates halecinus*, *Boulengerela maculta*, *Serrassamus geryi*, *Serrassamus eigenmanni*, *Serrassamus rhombeus* e *Pygocentrus nattereri* o grupo dos Detritívoros que são os *Hypostomus faveolus* e a *Psectrogaster amazônica* e o conjunto dos Planctófagos que são as espécies *Anodus orinocensis* e *Metynniss argenteus*.

Esses conjuntos que se formaram mostraram que essas espécies apresentam similaridade em sua alimentação. Algumas espécies por não ter semelhança em sua alimentação não formaram nenhum conjunto como é o caso das espécies *Laemolyta fernandezi*, *Triportheus trifurcatus* e *Catoprion mento*.

Essa técnica (NMDS) mostrou que valor do *stress* foi de **0.01567** foi muito representativo, o que garante boa confiabilidade na interpretação dos resultados (Figura 2).

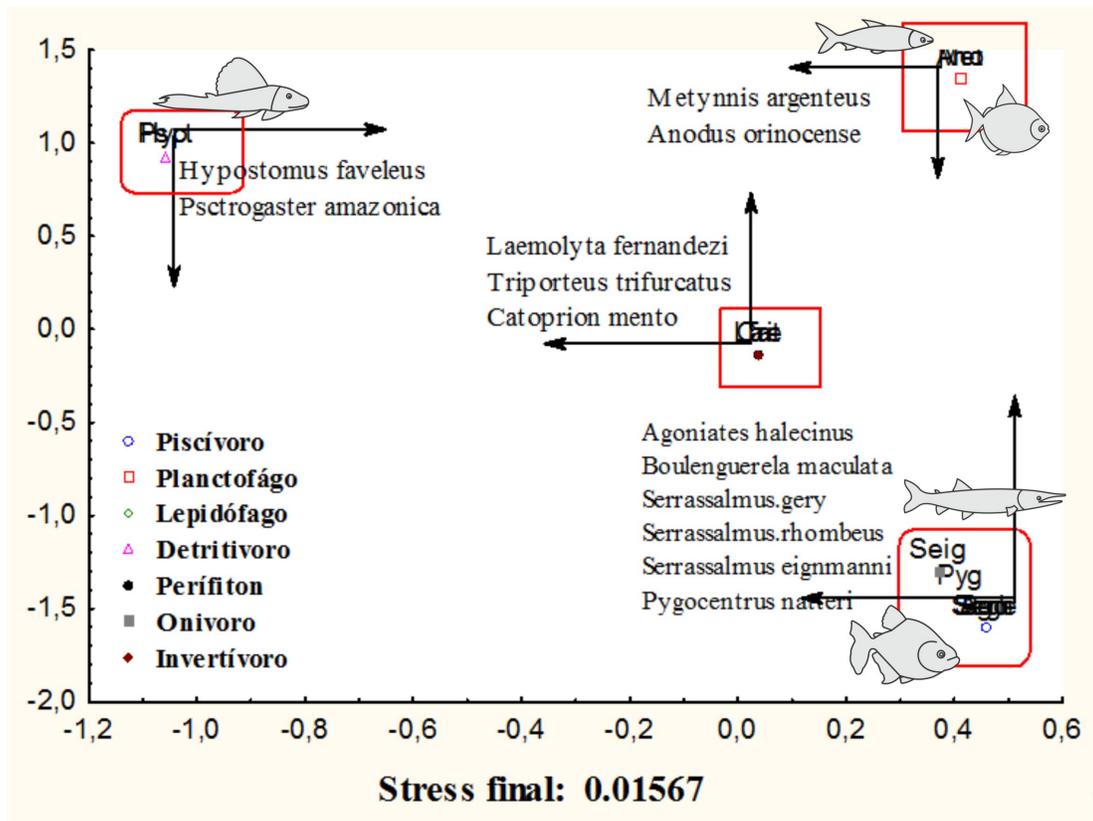


Fig 3: Análise de Escalonamento Multidimensional não-métrica, (NMDS) para a dieta das 13 espécies estudadas na planície de inundaçã o do Rio das Mortes/MT.

Tab. III. Valores do Índice Alimentar IAI (%) nas análises tróficas -Número de Indivíduos (N) em percentagem. Os grupos tróficos são: Pex –Peixes, Esc- Escamas, MaV – Material Vegetal, Per- Perifíton, Zoo – Zooplanton, InT- Insetos Terrestres, InA – Insetos Aquáticos, Det - Detrito

Espécie	Pex	Esc	MaV	Per	Zoo	InT	InA	Det
<i>Agoniates halecinus</i>	100	--	--	--	--	--	--	--
<i>Anodus orinocensis</i>	--	--	--	--	100	--	--	--
<i>Boulengerela maculata</i>	100	--	--	--	--	--	--	--
<i>Catoprion mento</i>	--	100	--	--	--	--	--	--
<i>Hypostomus faveleus</i>	--	--	--	--	--	--	--	100
<i>Laemolyta fernandezii</i>	--	--	--	100	--	--	--	--
<i>Metynnis argenteus</i>	--	--	--	--	100	--	--	--
<i>Psectrogaster amazônica</i>	--	--	--	--	--	--	--	100
<i>Pygocentrus nattereri</i>	89	7,33	3,66	--	--	--	--	--
<i>Serrassalmus eigenmanni</i>	72	--	20	8	--	--	--	--
<i>Serrassalmus geryi</i>	100	--	--	--	--	--	--	--
<i>Serrassalmus rhombeus</i>	100	--	--	--	--	--	--	--
<i>Triportheus trifucartus</i>	--	--	--	--	--	51	49	--

Os dois primeiros eixos resultantes da análise de componentes principais (ACP) explicaram 88,97% da ordenação acumulada (Tabela 4). O primeiro eixo (CP1) explicou 54,36% indicando que os atributos que mais contribuíram para a variância foram: Altura relativa da cabeça (ARC) com valores positivos e, com valores negativos, Índice de compressão (IC); Área relativa do olho (ARO), Área relativa da nadadeira caudal, (ARNP) (Figura 5). O segundo eixo (CP2) explicou 34,61% da variância, sendo que os principais atributos desse componente foram: Comprimento Relativo do Trato Intestinal (CRTI), Área relativa da nadadeira peitoral (ARNP) e Índice de depressão (ID) todos com valores positivos. O teste de Mantel indicou a existência de correlação

significativa entre as matrizes de distâncias morfológicas e distâncias tróficas ($r=0.628$; $p < 0,001$).

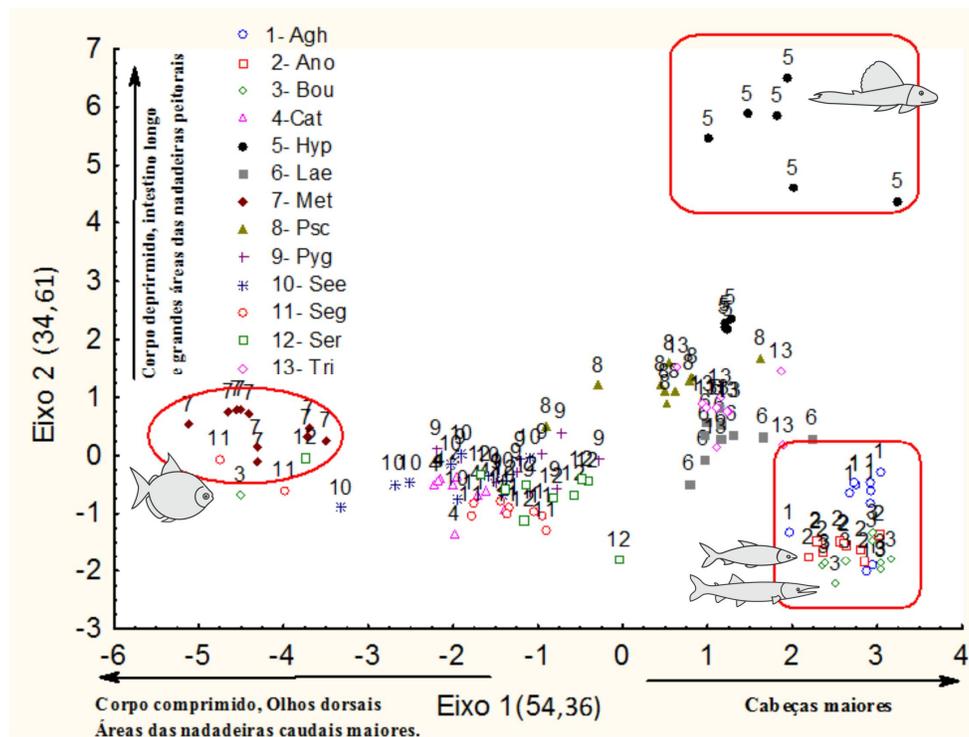


Fig 4. Escores da Análise de Componentes Principais (ACP) dos dois primeiros eixos (CP1 e CP2), calculado sobre uma matriz de correlação das 13 espécies estudadas na planície de inundação do Rio das Mortes/MT.

Tab IV. Autovalores dos dois primeiros eixos (CP1 e CP2) da análise de componentes principais (ACP) aplicada sobre uma matriz de correlação dos 15 atributos morfológicos.

Eixos	Autovalores	Explicação	Explicação acumulada (%)	Broken stick
1	5,15	54,36	54,36	3,31
2	2,49	34,61	88,97	2,31

Tab.V. Valores dos resultados da análise de componentes principais nos dois primeiros eixos. Valores em negrito destacam os escores que mais contribuíram para a variância observada.

Índices	Eixo 1	Eixo2
IC= AMax	-0,885	-0,129
ID= AMeC	0,101	0,789
CRC=CC/C	-0,626	-0,283
LRC=LC/L	-0,661	0,069
ARC=AC/A	0,741	-0,125
ARB=AB/A	0,535	-0,471
LRB=LB/L	-0,36	-0,248
ARNC= AN	-0,939	0,043
IP=CMI/C	-0,628	-0,321
ARNP= LN	-0,501	0,772
RANP= (C	0,527	0,124
PO= ALO/	0,068	0,261
ARO= ArO	-0,868	0,027
CRTI= CI	0,135	0,878

DISCUSSÃO

Dentre as espécies estudadas *Triportheus trifurcatus* apresentou elevada dependência trófica da vegetação ciliar, sendo que 99,30% do IAI, dessa espécie composto por insetos terrestres e aquáticos. Alguns estudos demonstram resultados semelhantes em relação a preferência alimentar de *Triportheus trifurcatus*, (CARLOS *et al.*, 1999; SILVA, 2003; NUNES, 2010). A distribuição espacial desta espécie associada à região próxima à vegetação marginal também é amplamente conhecida (AGOSTINHO *et al.*, 1999; AGOSTINHO *et al.*, 2003; BALASA *et al.*, 2004).

No presente estudo *Triportheus trifurcatus* também apresentou distribuição restrita às zonas marginais. Nessa região insetos de origem terrestre foram bastante abundantes, tornando-se fáceis de serem capturados, pois ao cair na água, ficam indefesos e são predados com maior facilidade (MELO *et al.*, 2003). NICO & MORALES, (1994), afirmam que insetos estão classificados entre os mais nutritivos itens alimentares em termos de valor de nutrientes em massa. Isso sugere que a estratégia

alimentar de *Triportheus trifurcatus* é altamente vantajosa, pois insetos terrestres têm um valor nutritivo muito alto, principalmente em proteína (60%), gordura (25%) e carboidratos (15%) (NAKANO *et al.*, 2006), assim a relação custo/benefício é muito alta considerando a qualidade do alimento e a facilidade de captura.

Em relação ao item inseto aquático, foram basicamente larvas de insetos terrestres. Esses recursos foram explorados principalmente em locais marginais circundados pela vegetação ciliar, com grande quantidade de galhos e troncos submersos, onde essas larvas se estabelecem e se desenvolvem durante um período da vida (NAKANO *et al.*, 2006). Entre as espécies de piranhas, *Serrassalmus eigenmanni* foi a única que utilizou recursos originários da vegetação ciliar. Na dieta alimentar dessa espécie, além de peixes (IA=72%) foi identificado também material vegetal, incluindo frutos e sementes (IA= 20%) e perifíton (IA= 8%) composto principalmente por algas filamentosas. Os frutos e sementes são lançados diretamente na água pela mata ciliar, enquanto que para o perifíton, a mata fornece troncos e galhos, que submersos, servem como substrato para seu estabelecimento. A alimentação diferenciada de *Serrassalmus eigenmanni* quando comparada com outras espécies de piranhas, indica uma maior plasticidade alimentar para essa espécie, o que provavelmente diminui a competição interespecífica e até intraespecífica nesse grupo de peixes (KIDO, 2001; PIORSKI *et al.*, 2005). As outras espécies do mesmo gênero, *S. geryi* e *S. rhombeus* foram estritamente piscívoras, enquanto que *Pygocentrus nattereri* apresentou escamas em proporção relativamente alta na dieta (IAi=7,33).

Dessa forma, PIORSKI *et al.*; (2005), observaram que espécies do gênero *Serrassalmus* tem o peixe como seu principal recurso alimentar.. No entanto, LEÃO *et al.*, 1991; LUIZ *et al.*, 1998; sugerem que a utilização de outros tipos de recursos, como vegetais, escamas, perifíton e insetos é relativamente comum nesse grupo de peixes.

A associação dos peixes ao seu alimento é determinada por uma série de características evolutivas de cada espécie, entre elas, a morfologia pode ser considerada uma das mais importantes (RIDLEY, 2006). Essas características morfológicas, externas e internas, refletem diretamente em aspectos que descrevem as histórias de vida dos peixes, tais como a estratégia de exploração e o tipo de recursos alimentares que são utilizados. Isso resulta em um conjunto de hábitos que determina a variabilidade do regime alimentar (SAMPAIO & GOULART, 2011).

Esses conjuntos de atributos ecomorfológicos indicam as adaptações que as espécies possuem na sua morfologia em relação à ingestão, absorção e comportamento na captura dos alimentos (AGOSTINHO & HAHN, 2001; BARRETO, 2005; NUNES & HARTZ, 2006; TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, 2012). No entanto, características morfológicas similares não indicam necessariamente o uso de um mesmo grupo de alimento.

Agoniatès halecinus, *Boulengerela maculata* e *Anodus orinocensis* apresentaram características morfológicas similares, associadas mais à estratégia de obtenção de alimento do que do uso do mesmo tipo de recurso alimentar. As três espécies possuem corpo fusiforme, nadadeira caudal com uma grande área e um pedúnculo relativamente longo; esse conjunto de características indica que essas espécies possuem uma boa capacidade de natação, podendo realizar deslocamentos rápidos (TEIXEIRA; BENNEMANN, 2007; SOUZA & BARRELLA, 2009). As principais características morfológicas que ordenaram essas três espécies em um mesmo conjunto morfológico foram: elevados valores dos índices de Altura Relativa da Cabeça (ARC) e Área relativa da nadadeira caudal (ARNC). Esses índices indicam espécies que ingerem presas com grandes volumes e possuem elevada capacidade de natação. Nos casos de *Agoniatès halecinus* e *Boulengerela maculata*, ambos são piscívoros, ingerem as presas inteiras e

as perseguem ativamente na coluna d'água, estratégias que requerem grande volume interno da boca e nadadeiras grandes. Já *Anodus orinocensis* é uma espécie planctófaga e se alimenta por meio de filtração. Esse comportamento alimentar exige uma elevada eficiência de natação, que permita se deslocar continuamente na coluna d'água para ingerir grande quantidade de partículas microscópicas de plâncton, dispersas na água. Nesse caso, um grande volume da cavidade bucal também é necessário, para que se possa ter maior eficiência no processo de ingestão e filtração da água, de onde se extrai o alimento, por meio de longos rastros branquiais (ZAVALA-CAMIN, 1996). As análises desse grupo sugerem um caso de convergência morfológica, conforme já descrito para comunidades de peixes tropicais (WINEMILLER, 1991; PERES NETO, 1999; LAMOIROX *et al.*; 2002).

Hypostomus faveolus é a espécie com morfologia mais distinta entre aquelas analisadas nesse trabalho. Em sua morfologia destacam-se os índices de Depressão do Corpo (ID), altura relativa da nadadeira peitoral (ARNP) e comprimento relativo do trato intestinal (CRTI), que são os autovalores mais importantes associados ao eixo 2. Os dois primeiros índices (ID e ARNP) estão relacionados com a posição do peixe no ambiente. Esta é uma espécie bentônica, que normalmente repousa sobre o substrato de fundo. O índice CRTI, demonstra o grande tamanho relativo do seu intestino, características de peixes detritívoros, que se alimentam também de outros recursos encontrados no fundo (GARAVELLO *et al.*, 2004).

Outro atributo importante dessa espécie, indicado pela ACP, foi o ARO (Área do olho), que é pequena em *H. faveolus*. Isso está relacionado com a detecção do alimento, fornecendo informações sobre a acuidade visual da espécie e seu posicionamento na coluna d'água, pois as que habitam áreas de fundo tendem a apresentar olhos relativamente menores, como o caso dessa espécie (WIKRAMANAYAKE, 1990).

A ACP também indicou diferenciação morfológica acentuada dentro da família Serrasalminidae. *Metynnis argenteus* apresentou características distintas das outras espécies dos gêneros *Serrasalmus*, *Pygocentrus* e *Catoprion*. Nessa análise o índice de compressão (CI) e a área relativa da nadadeira caudal (ARNC) foram altamente significativos, sendo que *Metynnis argenteus* apresentou corpo mais comprimido e maior área de nadadeira caudal que as outras espécies da família. Essas características, além do corpo arredondado, indicam peixes com elevada capacidade de manobrabilidade em ambientes mais estruturados e com menor velocidade da água (WATSON & BALON, 1984; WINEMILLER, 1991), como ocorre principalmente nas regiões marginais de lagos, onde essas espécies são comuns, entre grande quantidade de troncos e galhos caídos da vegetação marginal.

Todas as outras espécies da família Serrasalminidae estão ordenadas em um conjunto, sem distinção morfológica clara entre as mesmas.

Embora essas espécies compartilhem ancestrais comuns em nível de família (NAKAIAMA, 2007), os *Metynnis argenteus* se diferenciaram das outras espécies em sua morfologia externa e interna e também em aspectos alimentares, evidenciando divergência morfológica relacionada com a alimentação (MAZZONI, *et al.*; 2010)

As estruturas morfológicas estão ligadas com aspectos da ecologia das espécies e são utilizados para compreender fatores que descrevem suas histórias evolutivas, relacionado-as com aspectos associados com hábito de vida, uso do habitat e dos recursos tróficos (HUGUENY & POULLY, 1999; CASATTI & CASTRO, 2006, FERREIRA, 2007; TEIXEIRA & BENNEMANN, 2007).

MOTTA *et al.*; (1995) encontrou correlação entre a morfologia e uso de habitat, mas não entre morfologia e dieta, pois segundo o autor a morfologia está relacionada com o modo de vida do peixe e não com a composição de sua dieta. Enquanto que

GATZ, (1981), mostra que características morfológicas das espécies estão relacionadas tanto com o uso do habitat quanto com a alimentação, pois um está ligado ao outro, já que as espécies procuram seus ambientes de acordo com suas necessidades biológicas.

Quando comparadas as matrizes de distância geradas pela NMDS e ACP, por meio do teste de Mantel, a correlação entre morfologia e ecologia trófica das espécies analisadas foi significativa ($r=0.628$; $p < 0,001$) indicando, neste caso, que os índices morfológicos estão relacionados com o hábito alimentar das espécies estudadas. Entre os índices com autovalores mais significativos, estão: a Altura relativa da cabeça (ARC) que está associada ao volume de alimento ingerido, com maiores valores para espécies piscívoras ou planctófagas; o índice de depressão (ID) que está associado a peixes de fundo e o comprimento relativo do trato intestinal (CRTI), onde os maiores valores estão associados a hábitos detritívoros (OLIVEIRA *et al.*, 2010; SAMPAIO & GOULART, 2011).

De acordo com POULLY *et al.*; (2003), o comprimento do intestino é a característica morfológica que está mais relacionada com a dieta, pois o tamanho e a morfologia desse órgão estão estreitamente relacionados com a composição do que é ingerido pelos peixes. Na análise de NMDS, fica claramente demonstrada essa relação, onde *Hypostomus faveolus* e *Psectrogaster amazônica*, ambas detritívoras, estão ordenados em um mesmo conjunto.

Alguns autores (WINEMILLER, 1991; CATELLA & PETRERE-JR, 1998; SAMPAIO & GOULART, 2011; ANDRADE, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2010; LOPEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2012; WOLF, 2012) também relatam correlações significativas entre morfologia e dieta dos peixes, incluindo aí, altura e orientação da boca, largura e altura da cabeça, áreas de nadadeiras comprimento do trato intestinal entre outras.

A correlação da morfologia com a dieta alimentar dos peixes detectados nesse trabalho evidenciou que os fatores ambientais como a disponibilidade de recursos alimentares, os tipos de habitats, influenciam diretamente nas características morfológicas das espécies e que análises ecomorfológicas podem se constituir em ferramentas eficientes para estudar aspectos associados aos hábitos alimentares e uso do habitat dos peixes.

CONCLUSÕES

- Entre as espécies analisadas apenas a espécie *Metynnis argenteus* apresentou alimentação totalmente dependente da vegetação ciliar.
- Características morfológicas específicas estão diretamente relacionadas com a ingestão, absorção e comportamento de coleta de alimento.
- Entre as espécies de Serrasalminidae, o pacu (*Metynnis argenteus*) apresentou morfologia distinta dos outros Serrasalminidae dos gêneros *Serrasalmus*, *Pygocentrus* e *Catoprion*, enquanto estes apresentaram formas mais similares.
- Existem casos de convergência morfológica, onde espécies cuja morfologia externa é muito semelhante, mas utilizam recursos alimentares distintos.
- Os peixes analisados apresentaram correlação significativa entre a forma do corpo e a utilização dos recursos alimentares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; DIAS, L. G.; NESSIMIAN, J. L.; DA SILVA, E. R.; DE MORAIS NETO, A. H. A.; DE CARVALHO, S. N.; DE OLIVEIRA, M. A. & ANDRADE, L. R. 2006. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs: ultrastructure mouthparts. **Annales de Limnologie – International Journal of Limnology** 42(2):87-96.

BARBER-JAMES, H. M.; GATTOLLIAT, J-L.; SARTORI, M. & HUBBARD, M. D. 2008. Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. **Hydrobiologia** 595:339-350.

AGOSTINHO, A. A.; MIRANDA, L. E. 1999 Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Eds), **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: Backhuys Publishers,. p. 227-265.

AGOSTINHO, C. S.; HAHN, N. S. & MARQUES, E. E. 2003. Patterns of food resources use by two congeneric species of piranhas (*Serrasalmus*) on the upper Parana river floodplain. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, **63**(2):177- 182.

ANDRADE, P. M. 2004. Distribuição, dieta e ecomorfologia das espécies de peixes no sistema do ribeirão Grande, no município de Pindamonhangaba, SP. 171 f. **Tese (Doutorado em Biociências)** - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

ASSUMPTÃO, L. 2010. Análises morfométricas para predições do desempenho natatório de duas espécies de peixes neotropicais migradoras de longas distâncias. 2010. 26f. **Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca)** – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

BALASSA, G. C.; FUGI, R.; HAHN, N. S.; GALINA, A. B. 2004. Dieta de espécies de Anostomidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Manso, Mato Grosso, Brasil. **Iheringia**, v. 94, n. 1, p. 77-82.

BALON, E. K.; CRAWFORD, S. S.; LELEK, 1986. A. Fish communities of the upper Danube river (Germany, Austria) prior to the new Rhein-Main-Donau connection. **Environmental. Biology of Fish.**, v. 15, n. 4, p. 243-271.

BARRELLA, W.; BEAUMORD, A. C.; PETRERE-JR, M. 1994. Comparison between the fish communities of Manso river (MT) and Jacaré Pepira river (SP), Brazil. **Acta Biologica Venezuelica**, v. 15, n. 2, p. 1-15.

BARRETO, A. P. 2005. Características ecomorfológicas relacionadas à alimentação e ao uso do micro-habitat em quatro espécies de Characiformes no Rio Morato - Guaraqueçaba, PR. 2005. **Tese (Doutorado em Zoologia)** - Universidade Federal do Paraná.

BEAUMORD, A. C.; PETRERE-JR., M. 1994. Fish communities of Manso river, Chapada dos Guimarães, MT, Brasil. **Acta Biologica Venezuelica**, v. 15, n. 2, p. 21-35.

BRASIL. 1981. **Projeto RADAMBRASIL**, Folha SD 22. Goiás: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Ministério das Minas e Energia/ Divisão de Publicação. 636p.

BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S. 1999. **Peixes do Pantanal**: manual de identificação. Brasília: Embrapa, 184 p.

CASATTI, L.; CASTRO, R. M. 2006. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblages of the São Francisco, Southeastern, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 2, p. 203-214.

CATELLA, A. C.; PETRERE JR., M. 1998. Body shape and food habitats of fish from Baía Onça, a Pantanal floodplain lake. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie** Stuttgart, n. 26, p. 2203–2208.

FERREIRA, K. M. 2007. **Biology and ecomorphology of stream Fishes** 12: 237-240.

GARAVELLO, J. C.; GARAVELLO, J. P. 2004. Spatial distribution and interaction of four species of the catfish genus *Hypostomus* lacépède with bottom of rio São Francisco, Canindé do São Francisco, Sergipe, Brazil (Pisces, Loricariidae, Hypostominae). **Brazilian Journal. Biology.**, v. 64, n. 3B, p. 591-598.

GATZ JR., A. J. 1979a. Community organization in fishes as indicated by morphological features. **Ecology**, v. 60, n. 4, p. 711-718.

GATZ JR., A. J. 1981. Morphologically inferred niche differentiation in stream fishes. **American Midland Naturalist**, v. 106, n. 1, p. 10-21.

HUGUENY, B.; POULLY, M. 1999. Morphological correlates of diet in an assemblage of West African freshwater fishes. **Journal. Fish Biology**, v. 54, p. 1310-1325.

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Boletim do Instituto Oceanográfico** v. 29, n. 2, p. 205-207.

KIDO, M. C. 2001. Food relations between coexisting native Hawaiian stream fishes. **Environmental Biology of Fishes**, v. 61, p. 185-194.

LEAL, C. G.; JUNQUEIRA, N. T.; POMPEU, P. 2011. Morphology and habitat use by fishes of the Rio das Velhas basin in southeastern Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 90, p. 143-157.

LEÃO, E. L. M.; LEITE, R. G.; CHAVES, P. T. C.; FERRAZ, E. 1991. Aspectos da reprodução, alimentação e parasitofauna de uma espécie rara de piranha, *Serrasalmus altuvei* Ramírez, 1965 (Pisces, Serrasalminidae) do baixo Rio Negro. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 51, p. 545-553.

LIMA, J. D. 2009. Conectividade e análise da estrutura taxonômica e trófica da ictiofauna em lagos do Rio das Mortes, Mato Grosso-Brasil. 86f. **Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais)** - Universidade Federal de São Carlos.

LOPEZ-FERNANDEZ, H.; WINEMILLER, K. O.; MONTANÃ, C.; HONEYCUTT, R. L. 2012. Diet-Morphology Correlations in the Radiation of South American Geophagine Cichlids (Perciformes: Cichlidae: Cichlinae)., **PLoS ONE**, v. 7.

LUIZ, E. A.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; HANN, N. S. 1998. Ecologia trófica de peixes em dois riachos da bacia do Rio Paraná. **Revista Brasileira da Biologia**, v. 58, p. 273-285.

MARIMON, B. S.; E. S. LIMA. 2001 Caracterização e fitofisionômica e levantamento florístico preliminar do Pantanal do rio das Mortes-Araguaia, Cocalinho, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 213-229..

MAZZONI, R.; MORAES, M.; REZENDE, C. F.; MIRANDA, J. C. 2010. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 100, n. 2, p. 162-168.

MCCUNE, B.; MEFFORD, I. S. 2006. **PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data.** Version 5.15. Oregon, MjM Software.

MELO, C. E.; MACHADO, F. A.; PINTO-SILVA, V. 2003. Diversidade de peixes em um córrego do Brasil Central. **Brazilian Journal of Ecology**, v. 1, p. 17-23.

MELO, C. E.; LIMA, J. D.; MELO, T. L.; PINTO-SILVA, V. 2005. **Peixes do Rio das Mortes: identificação e ecologia das espécies mais comuns.** Cáceres: Central de texto/UNEMAT, 2005. 146 p.

NAKAIAMA, C. M. 2007. Citogenética molecular comparativa do DNAr 18S e 5S em piranhas (Serrassaminae, Characidae) Amazônia Central. 80f. **Tese (Doutorado em genética e evolução)** Universidade Federal de São Carlos.

NAKANO, S.; MIYASAKA, H.; KUHARA, N. 2006. Terrestrial-Aquatic Linkages: Riparian Arthropod Inputs Alter Trofic Cascades in a Stream Food Web. **Ecology**, v. 80, n. 7, p. 2435-2441.

NORTON, S. F.; LUCZKOVICH, J. J.; MOTTA, P. J. 1995. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. **Environmental Biology of Fishes**, v. 44, n. 1-2, p. 287-304.

NUNES, D. M.; HARTZ, S. M. 2006. Feeding dynamics and ecomorphology of *Oligosarcus jenynsii* (Gunther, 1864) and *Oligosarcus robustus* (Menezes, 1969) in the lagoa Fortaleza, Southern Brazil. **Brazilian Journal Biology.**, v. 66, n. 1A, p. 121-132.

OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E.; BREDA, L.; MINTEVERA, C. V.; PAIVA, L. R. S.; VISMARA, M. R. 2010. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, p. 569-586.

PAVANELLI, C. S.; BRITSKI, H. A. 2003. *Apareiodon* Eigenmann, 1916 Teleostei, (Characiformes), from the Tocantins-Araguaia Basin, with Description of Three New Species. **Copeia**, v. 2, p. 337-348.

PERES-NETO, P. R. 1999. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riacho. In: CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R.; PERES-NETO, P. R. (Eds), Ecologia de peixes de riachos. **Série Oecologia Brasiliensis**, vol. VI. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, P. 209-236.

PIANKA, E. R. 2000. **Evolutionary ecology**. 6 ed. San Francisco: Addison Wesley Longman.

PIORSKI, N. M.; ALVES, J. R. L.; MACHADO, M. R. B.; CORREIA, M. M. F. 2005 Alimentação e ecomorfologia de duas espécies de piranhas (Characiformes: characidae) do lago de Viana, estado do Maranhão, Brasil. **Acta Amazonica.**, v. 35, p. 63-70.

POUILLY, M.; LINO, F.; BRETENOUX, J. G.; ROSALES, C. 2003. Dietary-morphological relationships in a fish assemblage of the bolivian amazonian floodplain. **Journal. Fish Biology** .v. 62, p. 1137-1158.

RIDLEY, M. 2006. **Evolução**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed.

RÖPKE, C. P. 2004. Identificação e Distribuição de Peixes da Família Curimatidae (Pisces, Characiformes) na Planície do Bananal. **Monografia (Graduação em Ciências Biológicas)** – Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina.

SAMPAIO, A. L. A.; GOULART, E. 2011. Ciclídeos Neotropicais: Ecomorfologia trófica. **Oecologia. Australis.**, v. 15, n. 4, p. 775-798.

SANTOS, A. B. I.; CAMILO, F. L.; ALBIERI R. J.; ARAUJO F. G. 2011. Morphological patterns of five fish species (four characiforms, one perciform) in relation to feeding habits in a tropical reservoir in south-eastern Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**,, p. 1-5.

SILVA, E. F. 2007. Diversidade, similaridade e estrutura trófica da ictiofauna em dois ambientes no baixo Rio das Mortes, na Planície do Bananal-MT. 52f. 2007. **Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade)** – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá.

SILVA, C. D. 2003. Ecologia trófica de *Bryconops melanurus* (Pisces-Tetragonopterinae) no alto do rio Guaporé, área de influência do reservatório da UHE-Guaporé, MT. **Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas)** - Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina. 2003.

SOUZA, C. E.; BARRELLA, W. 2009. Ecomorphology Attributes on Fish from the Southern area in the State of São Paulo., **Revista Eletrônica de Biologia**. v. 2, n. 1, p. 1-34.

TEIXEIRA, I.; BENNEMANN, S. T. 2007. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. **Biota Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 67-77.

WATSON, D. J.; BALON, E. K. 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **Journal. Fish Biology**., v. 25, p. 371-384.

WIKRAMANAYAKE, E. D. 1990. Ecomorphology and biogeography of a tropical stream fish assemblage: evolution of assemblage structure. **Ecology**, v. 1, n. 5, p. 1756-1764.

WINEMILLER, K. O. 1991. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. **Ecological Monographs**, v. 61, n. 4, p. 343-365, 1991.

WOLFF, L. L. 2012. Assembleia de peixes em um riacho da encosta Atlântica, Brasil: estrutura espacial, uso dos recursos alimentares, e relações ecomorfológicas. 92f. **Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)** - Universidade Federal do Paraná.

ZAVALA-CAMIN, L. A. 1996. Introdução aos estudos sobre alimentação natural de peixes. São Paulo-Maringá: **EDUEM**,. 129 p.

**INTRODUÇÃO À FISIOLOGIA DE PEIXES PARA O ENSINO
FUNDAMENTAL E MÉDIO, NOVA XAVANTINA/MT**

Resumo

CARMO, Carolina Mancini. **INTRODUÇÃO À FISIOLOGIA DE PEIXES PARA O ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO, NOVA XAVANTINA/MT.** Cáceres: UNEMAT, 2013. 33p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais)

O tema fisiologia dos peixes é um assunto abordado com pouca informação nos livros didáticos do ensino médio e fundamental. Esse estudo irá explicar como os peixes funcionam nas seguintes questões: A parte tegumentar dos peixes, alimentação, digestão, respiração, órgãos sensoriais e sua locomoção, além de sua forma de sobreviver na seca, e como ocorre sua reprodução. A partir dos livros didáticos de Ciências e Biologia utilizados pelos professores, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para saber como é abordado o assunto de fisiologia dos peixes para os alunos do ensino fundamental e médio, nesses livros. Considerando que nossa região é circundada por rios e algumas pessoas utilizam a pesca como principal atividade geradora de renda, verificou-se que os livros didáticos utilizados nas redes de ensino não abordam de maneira eficaz esse tema. Assim esse estudo visa melhorar e complementar os materiais didáticos nas escolas com textos mais elaborados e completos, com informações mais consistentes e mais detalhadas.

Palavra-chave: aulas de biologia, ciências biológicas, Rio das Mortes, livro didático.

Abstract

CARMOS, Carolina Mancini. **INTRODUCTION TO FISH PHYSIOLOGY FOR ELEMENTARY AND HIGH SCHOOL, NOVA XAVANTINA/MT**. Cáceres: UNEMAT, 2013. 33p. (Thesis - Master in Environmental Sciences)

The theme fish physiology is a subject described with little information in textbooks of elementary and high school students. This study explains how fish work in the following aspects: on the cutaneous fish, feeding, digestion, respiration, sensory organs and their locomotion, besides their way to survive in drought season and how is their reproduction. From the Science and Biology textbooks used by teachers, we conducted a literature review to learn how they approach about fish physiology. Considering our region is surrounded by rivers and some people use fishing as their main income, we found the textbooks do not describe the focus subject satisfactorily. Therefore, this study aims to enhance and complement the materials at schools with more elaborate, complete texts about fish physiology.

Keywords: biology classes, life sciences, Rio das Mortes, textbook.

Introdução

A fisiologia estuda o funcionamento dos órgãos e como eles interagem e respondem às alterações que ocorrem no ambiente, permitindo que as espécies encontrem melhores condições para viverem (DABROWSKI & PORTELLA, 2006; KATHERINE LAM *et al*, 2006). Assim, esse capítulo abordou a parte tegumentar dos peixes, a alimentação, a digestão, a respiração, os órgãos sensoriais, sua locomoção, sua maneira de sobreviver aos períodos de seca e como ocorre a sua reprodução.

Para entender as funções dos peixes é necessário compreender toda sua estrutura incluindo os processos bioquímicos e biofísicos do ambiente. Por exemplo, não tem como entender todo processo de respiração, sem que se tenha conhecimento sobre o oxigênio. Também não tem como estudar a digestão sem conhecer o alimento que é ingerido pelo peixe.

Após uma pesquisa nos livros didáticos de Ciências e Biologia, verificou-se que o assunto sobre peixes ou como se dá o seu funcionamento não está sendo contemplados de forma ideal nas escolas da região.

Na atualidade, os livros didáticos têm sido utilizados como um importante recurso para subsidiar as aulas dos professores das redes de ensino, de uma forma bastante rotineira, o que fez com que buscássemos pela forma como estes livros têm abordado alguns temas.

Dessa forma esse estudo tem como finalidade reunir informações sobre a fisiologia dos peixes a fim de auxiliar o trabalho de professores servindo como material didático regional, de apoio para professores e alunos do ensino fundamental e médio. Considerando que a região Centro- Oeste é circundado por rios e inúmeras pessoas utilizam a pesca como principal atividade geradora de renda, verifica-se que os livros didáticos utilizados nas redes de ensino não abordam adequadamente esse tema.

De acordo com o livro didático de Paulino (2000) o assunto que é abordado é o processo de circulação e respiração, de uma forma bem resumida para alunos que estão cursando ensino médio. Já no livro de Mercadante *et al* (1999), é abordado o assunto de respiração, porém explicam apenas que os peixes respiram por brânquias e não comentam que alguns

peixes podem utilizar outros órgãos para essa função, em períodos críticos. Os autores César e Sezar (1998), em seu livro abordam assuntos mais diversificados quando comparado com os outros, porém são explicados os órgãos sensoriais, com poucos detalhes e não comentam sobre todos os órgãos. Pequenos erros também ocorrem como afirmar que todos os peixes possuem escamas, neste caso, não podemos deixar de explicar que existem outros tipos de peixes que não são cobertos por escamas e sim por outra cobertura externa.

Machado (2009) explica a parte de locomoção dos peixes em apenas cinco linhas, e de uma forma bem resumida. Além disso, comenta sobre bexiga natatória em uma página, sem explicitar detalhes.

Os livros de ensino fundamental do Trivellato *et al.* (2006) explicam detalhadamente o processo de respiração, no entanto, as questões relacionadas com a alimentação dos peixes são bem resumidas. Outros livros, como o do autor Cruz (1993), aborda mais assuntos relacionados com peixes (Evolução dos peixes, Nadadeiras, órgãos sensoriais, Tipos de reprodução, Respiração, Sistema digestório), mas todos esses assuntos foram explicados em apenas dez linhas, ou seja, todos bem resumidos.

Desta forma, conforme constatado por estudos realizados por VANIEL & BEMVENUTI (2006); DIAS & DIAS (2009); ROSA *et al.*, (2012), ocorre evidente deficiência de informações didáticas nos livros de ensino fundamental e médio utilizados pelos professores em sala de aula.

Assim, esse trabalho tem como objetivo melhorar e complementar os materiais didáticos nas escolas com textos mais elaborados e completos sobre o funcionamento dos peixes, com informações mais consistentes e mais detalhadas, principalmente sobre peixes regionais.

Metodologia

Para realização deste estudo, foi feito um levantamento bibliográfico de livros didáticos dos autores Paulino, (2000), Clarinda Mercadante *et al* (1999), César e Sezar, (1998), Sídio Machado, (2009), José Trivellato *et al.* (2006), Daniel Cruz (1993), utilizados nas escolas do ensino fundamental e médio, com o propósito de identificar como é abordado o tema fisiologia dos peixes.

A partir desse levantamento foram analisados com base em artigos científicos p.ex: BEMVENUTI & FISCHER (2010), BREDA & ERIVELTO,(2005), DIAS, R. & DIAS. (2009), MACHADO *et al* (2009), RIBEIRO,(2012), VAZZOLER, (1996) e nos livros p.ex: ZAVALA-CAMIN (1996); ESTEVES, (1998);. VAZZOLER, (1996) e nos sites <http://www.sobiologia.com.br/>; <http://www.brasilecola.com/biologia/>; <http://www.mundoeducacao.com.br/biologia/>; <http://www.planetabio.com/planetabio.html> especializados no assunto fisiologia dos peixes que auxiliaram na elaboração deste material.

Esse material servirá de apoio para os professores do ensino médio e fundamental, a fim de melhorar a forma de como esse conteúdo é ministrado nas escolas. Os desenhos ilustrativos foram feitos no programa Corel Draw – X6.

Inicialmente esse material será gravado em arquivo PDF, em DVDs e, posteriormente, com a obtenção de recursos financeiros, o mesmo será impresso para distribuição gratuita nas escolas.

Como os Peixes Funcionam

Carolina Mancini do Carmo
Cesar Enrique de Melo

Sumário

Proteção externa do corpo dos Peixes	54
Alimentação dos peixes	60
Sistema Digestório	62
Dentes dos Peixes	66
A respiração dos peixes	74
Órgão sensórias dos peixes	76
Locomoção dos peixes	80
Sobrevivência na seca	82
Reprodução dos peixes	84

PROTEÇÃO EXTERNA DO CORPO DOS PEIXES

A proteção externa do corpo dos peixes, ou sistema tegumentar, é a estrutura que recobre o seu corpo e, além proteger as estruturas internas, diminui o atrito com a água durante a natação e também funciona como auxiliar na defesa contra predadores, microorganismos, regulação da temperatura e camuflagem, entre outras coisas.

Assim como ocorre em outros animais, a cobertura do corpo tem alta capacidade de regeneração. Isso se dá devido à grande necessidade de que os órgãos internos permaneçam protegidos do meio externo. Como o peixe vive na água, esta contém grande quantidade de bactérias, fungos e substâncias químicas que podem atacar e provocar sérios danos ao corpo, se este não tiver uma proteção eficiente.

Essa proteção externa pode ser constituída basicamente por: escamas, placas e pele.

ESCAMAS

As escamas são estruturas achatadas e resistentes de origem dérmica, que é a camada mais profunda da pele, e são constituídas de proteínas e de uma camada superficial calcificada composta por sais de cálcio e muco. Essa camada externa, conhecida como epiderme, possui células mucosas que recobrem as escamas.

Peixes cujos corpos são cobertos por escamas, são os mais conhecidos. As escamas exercem funções de proteção do corpo e também de hidrodinâmica.

Além das funções que as escamas exercem, elas possuem uma característica muito importante que é a de se regenerar e outra escama nova surgirá no mesmo lugar, caso o animal perder alguma. Assim o peixe não ficará suscetível ao ataque de microorganismos, já que as escamas têm em sua principal função de proteção.

As escamas dos peixes apresentam várias formas e são encontradas em diferentes espécies de peixes. Muitos possuem escamas mais resistentes que oferecem maior proteção; porém, geralmente, esses peixes têm menor capacidade de movimentação. Nesse grupo podemos citar como exemplos regionais, a traíra e o pirarucu. Outros peixes apresentam escamas mais leves, que embora tenham menor eficiência de proteção, permitem que o peixe se

locomova de forma mais eficiente, são peixes mais rápidos. Em nossa região, podemos citar como exemplos, a bicuda e a cachorra.

As escamas podem ser de vários tipos:

Escamas Cicloides:

A maioria das espécies de peixes de escamas de nossa região possui escamas cicloides que são estruturas delgadas, com formato arredondado e liso. Essas escamas são as mais comuns e suas superfície e borda são lisas. Alguns exemplos de peixes com esse tipo de escama em nossa região são: as matrinchãs, voadeiras, papaterras, pias, pacus entre outros.

Cicloides



Figura 5a. Tipos das escamas dos peixes.

Escamas Placoides:

Essas escamas estão presentes em peixes cartilagosos e são conhecidos por denticulos dérmicos. Sua forma é muito semelhante a dos dentes. Esses denticulos são voltados para trás, em direção à nadadeira caudal, deixando sua pele com aparência de uma lixa. Em nossa região, a única espécie de peixe com esse tipo de escama é a raia.

Placoides

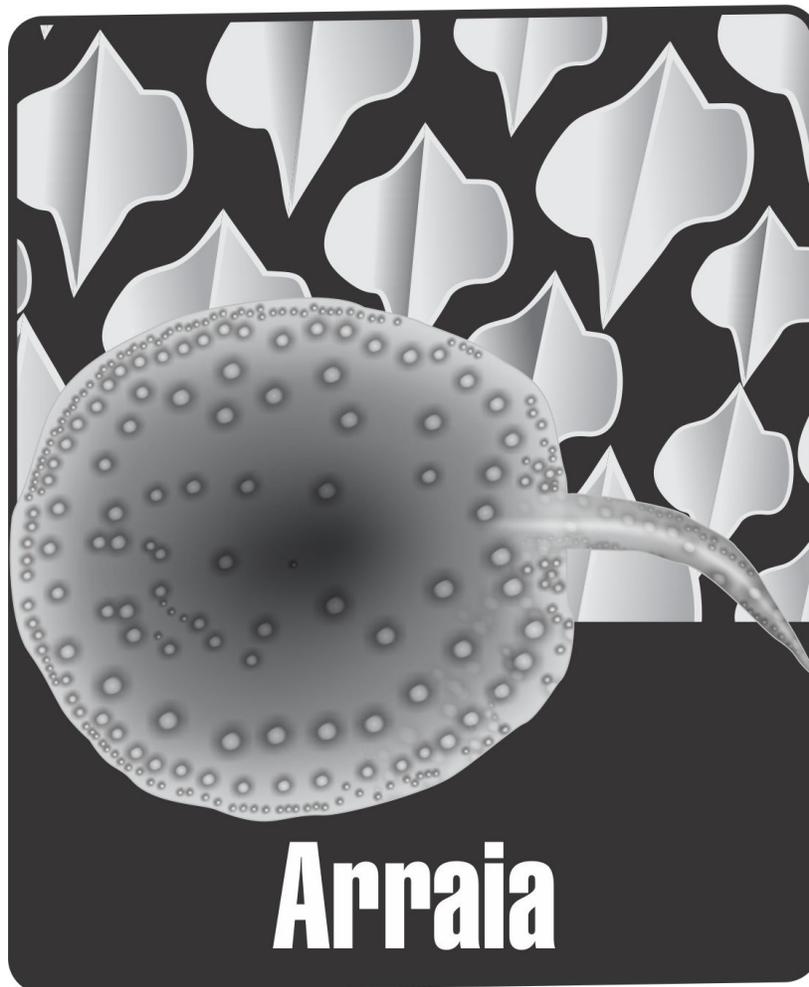


Figura 5b. Tipos das escamas dos peixes

Escamas Ctenoides:

São escamas muito finas que apresentam pequenas projeções formando uma coroa de minúsculos espinhos na borda posterior da escama, o que confere aos peixes que as possuem, uma aparência áspera. Em nossa região, a corvina e o tucunaré são bons exemplos de peixes com esse tipo de escama.

Ctenoides

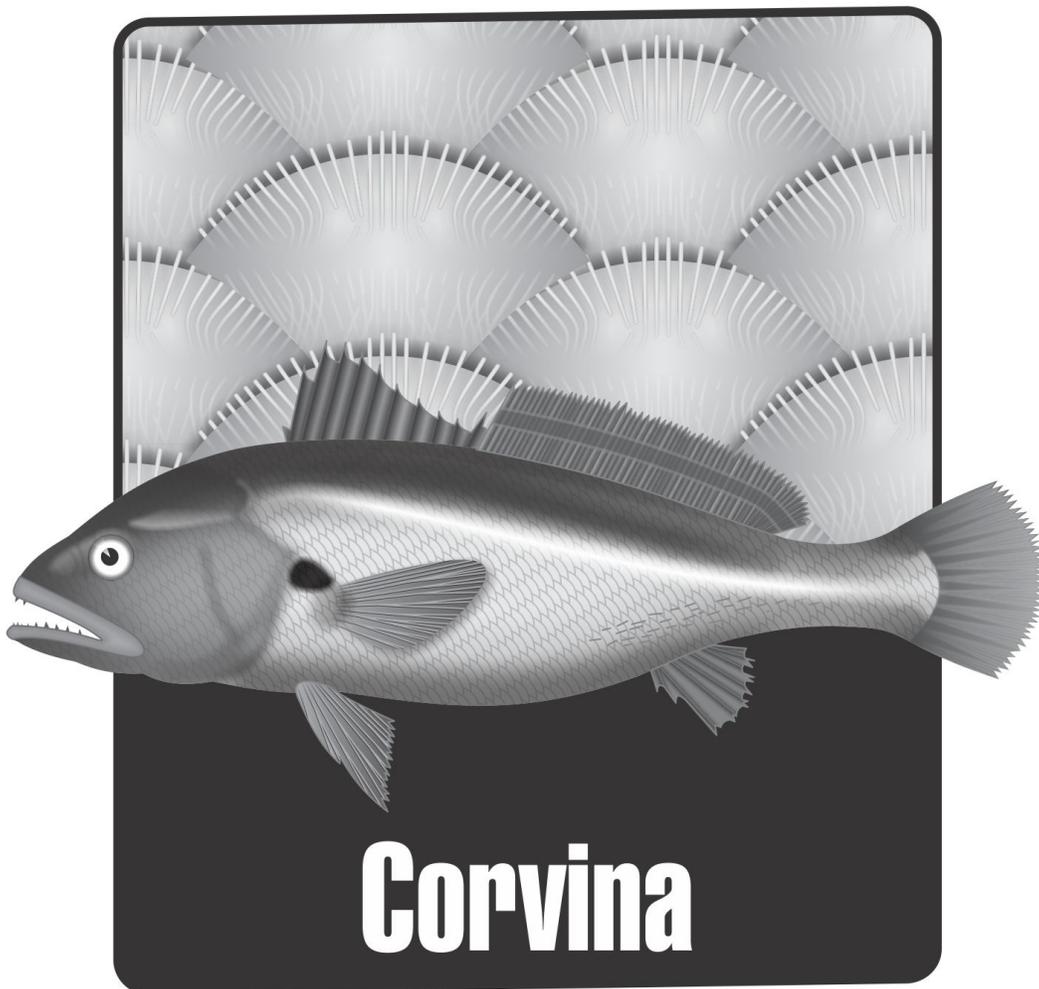


Figura 5c. Tipos das escamas dos peixes

Escamas Ganoides:

Essas escamas apresentam forma de losango e crescem por adição nas duas faces, de baixo para cima e de dentro para fora. É um tipo de escama encontrada em peixes da família do Salmão. Não temos exemplos de peixes que ocorrem em nossa região que possuem esse tipo de escamas.

Ganoides

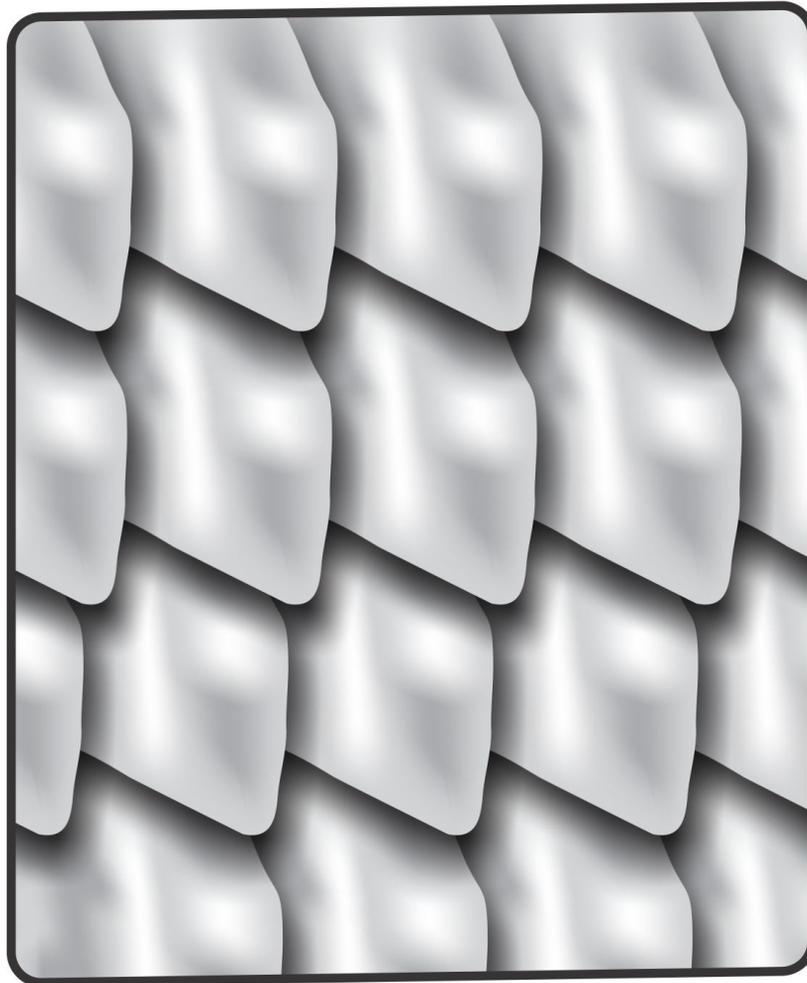


Figura 5d. Tipos das escamas dos peixes

Peixes com Placas ósseas:

Muitas espécies de peixes possuem o corpo coberto por placas e não por escamas. Essa cobertura é formada por estruturas ósseas em formas de placas segmentadas recobertas por grande quantidade de pequenos dentículos ósseos em forma de espinhos, que estão regularmente arranjados na superfície das placas. As placas ósseas são de grande importância para proteção desses peixes contra seus predadores, no entanto, diminuem muito a capacidade de natação das espécies que as possuem. Os pequenos espinhos sobre as placas servem como proteção auxiliar para esses peixes e também como estruturas que lhes permitem se fixar em locais de água com muita correnteza.

Os caris e cascudos são bons exemplos de peixes com esse tipo de cobertura do corpo, presentes em rios de nossa região.

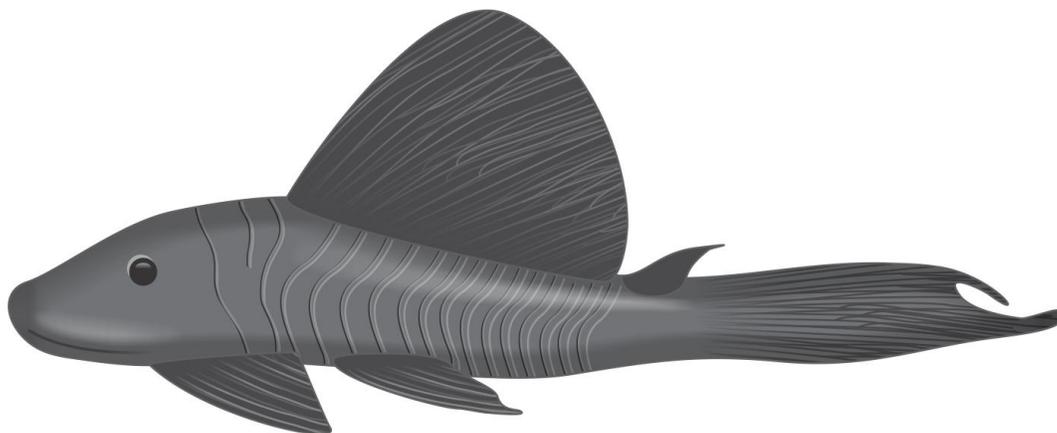


Figura 6. Exemplo de peixes que são cobertos por placas ósseas.

Pele:

Além de escamas ou placas várias espécies de peixes possuem o corpo desprovido por escamas. Esses peixes, embora não apresentem uma cobertura mais rígida, possuem também estruturas que lhes servem de proteção adicional. Nesse caso, principalmente, glândulas produtoras de muco, que secretam substâncias que o tornam esse peixe escorregadio, diminuindo a possibilidade de serem predados. Geralmente, também possuem estruturas como espinhos nas nadadeiras, o que desencoraja possíveis predadores, além

de barbilhões, que ajudam em sua locomoção em ambientes de águas escuras.

Bons exemplos de peixes com esse tipo de cobertura corporal são: pintado, jaú, filhote, mandi, jiripoca entre outros.

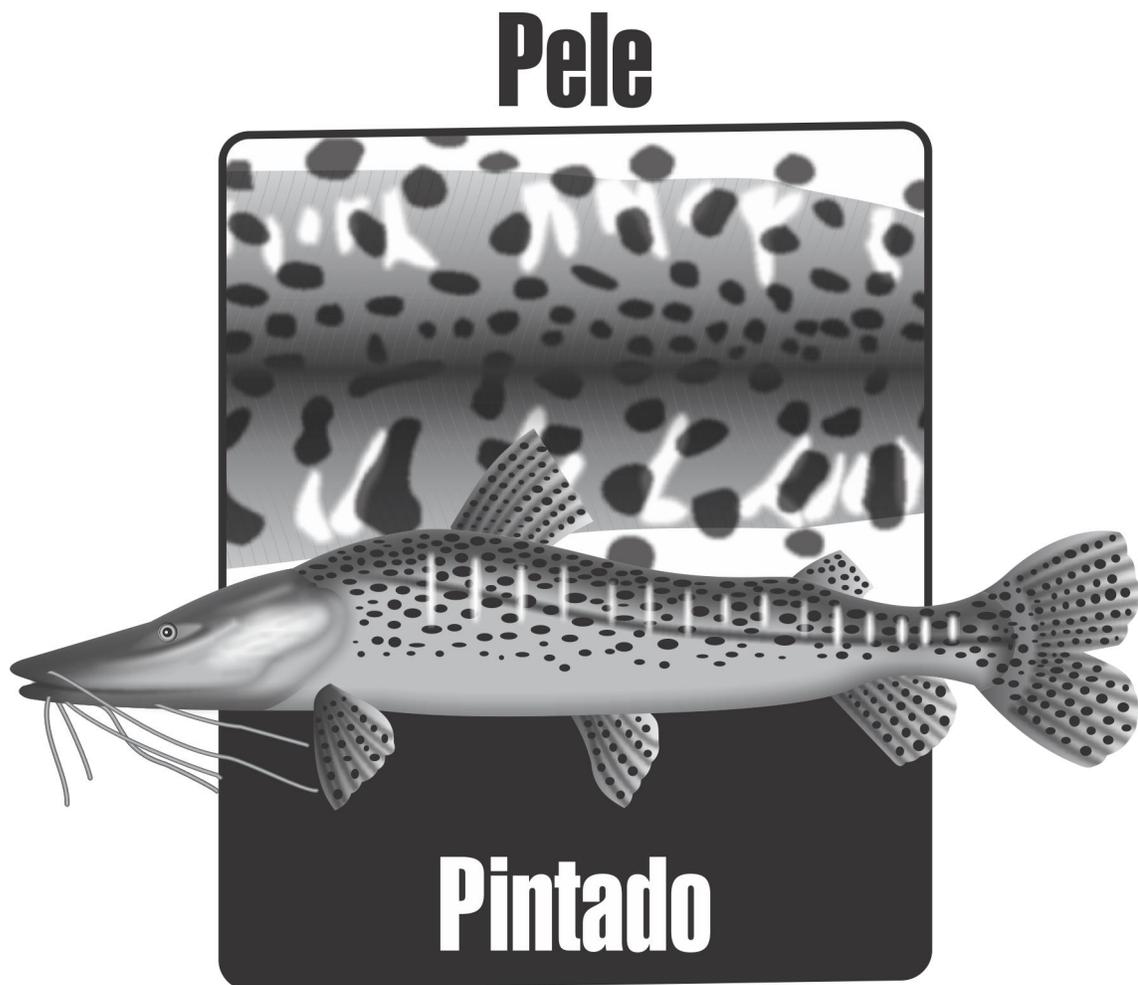


Figura 7. Exemplos de peixes que possuem pele

ALIMENTAÇÃO DOS PEIXES

A alimentação dos peixes é um fator muito importante para entender as questões ecológicas de todas as espécies, como informações em relação ao comportamento, à forma de exploração dos recursos alimentares, entre outros.

Os peixes apresentam várias diferenças morfológicas internas e externas que estão diretamente relacionadas com o tipo de alimento que

utilizam. Geralmente, cada espécie apresenta o formato e o tamanho de um órgão particular de acordo com o tipo de alimento consumido. A maioria dos peixes possui hábitos alimentares generalistas, ou seja, explora uma grande variedade de itens alimentares disponíveis no ambiente natural. Mas existem alguns peixes que são especialistas em sua alimentação, mas a falta do alimento preferencial o faz buscar por outro totalmente diferente quando o primeiro se torna indisponível, ou podem mudar de hábito alimentar ao longo da vida.

O sistema digestivo dos peixes é formado por boca, faringe, esôfago, intestino, fígado e pâncreas diversidade As estruturas do sistema digestivo está correlacionada com o tipo e a forma do alimento. Sendo assim, os peixes são basicamente divididos em Herbívoros, Carnívoros, Onívoros e Detritívoros.

Peixes herbívoros

Os peixes Herbívoros são aqueles que se alimentam de vegetais superiores, algas, fitoplâncton ou frutos e sementes que caem na água. Como os vegetais possuem uma substância que é difícil digerir, denominada celulose, os peixes herbívoros possuem mecanismos digestivos especializados, para quebrar as moléculas de celulose. Alguns exemplos de peixes herbívoros em nossa região são: os pacus, caranhas etc.

Peixes Carnívoros

Os peixes Carnívoros se alimentam de itens de origem animal, que podem ser desde organismos microscópicos que compõem o zooplâncton, pequenos invertebrados até outros peixes. Dentre os carnívoros, podemos dividir em Piscívoros, Insetívoros Lepidófagos e hematófagos.

1-Peixes Piscívoros

São aqueles que se alimentam de pedaços de outros peixes ou do peixe inteiro. Bons exemplos são Cachorra, traíra.

2-Peixes Insetívoros

Peixes insetívoros são os que consomem insetos terrestres e aquáticos. Alguns exemplos da região são as sardinhas e o aruanã.

3-Peixes Lepidófagos

São peixes que se alimentam principalmente de escamas de outros peixes.

4-Peixes hematófagos

São aqueles peixes que se alimentam de sangue. Um exemplo em nossa região são os Candirus pequenos.

Peixes Necrófagos

São peixes que se alimentam de partes que estão em decomposição, ou seja, de peixes que estão mortos, plantas que apodreceram. Em nossa região um bom exemplo é o Candiru açu ou azulão;

Peixes Onívoros

Os peixes Onívoros são aqueles que se alimentam de partes animais e vegetais, mais ou menos, nas mesmas proporções. Esses peixes podem utilizar vários tipos de recursos para compor sua dieta alimentar. Peixes que são onívoros utilizam mais de um recurso alimentar, ou seja, apresentam uma dieta mista e estruturas pouco especializadas. Um bom exemplo que ocorre em nossa região são os Mandi.

Peixes Detritívoros

São peixes que se alimentam de detrito, ou seja, de sedimento, matéria orgânica em decomposição. Alguns exemplos em nossa região são os cascudos e a branquinha.

SISTEMA DIGESTÓRIO

O sistema digestório dos peixes é composto pelas seguintes estruturas:

Boca: Cada espécie apresenta uma estrutura especializada para cada tipo de alimento. A forma e a posição da boca dos peixes tem grande influência no tipo de alimento que pode ser ingerido. A boca dos peixes tem a principal função de

morder, cortar e, em alguns casos, sugar. De uma forma geral, podemos classificar a boca dos peixes, em três tipos: boca superior, boca terminal e boca inferior.

Boca superior: Nesse caso, a boca do peixe é voltada para cima, ou seja, a mandíbula que é a parte inferior da boca é maior que a maxila (parte superior) e isso facilita o ato de pegar alimentos na superfície da água, ou que estejam acima do peixe. Em nossa região, podemos citar como exemplos de peixes com boca superior, as sardinhas, a aruanã e a cachorra, entre outros.

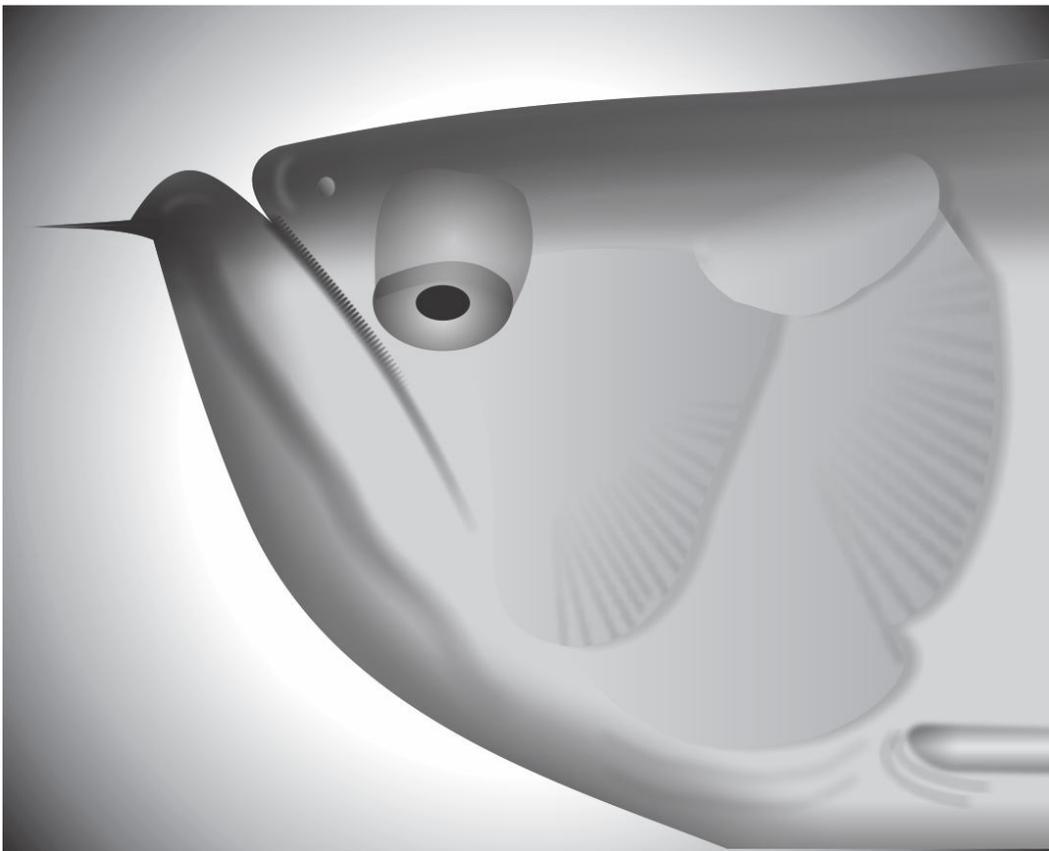


Figura 8. Exemplos de peixes que apresentam boca superior (Aruanã).

Boca terminal: Nesse grupo de peixes a mandíbula e a maxila são mais ou menos do mesmo tamanho. Peixes com esse tipo de boca buscam seu alimento no meio da coluna d' água ou nas partes submersas dos barrancos, principalmente entre a vegetação submersa. Alguns exemplos de peixes com esse tipo de boca são: a maioria dos piaus, matrinchãs, voadeiras e pacus.

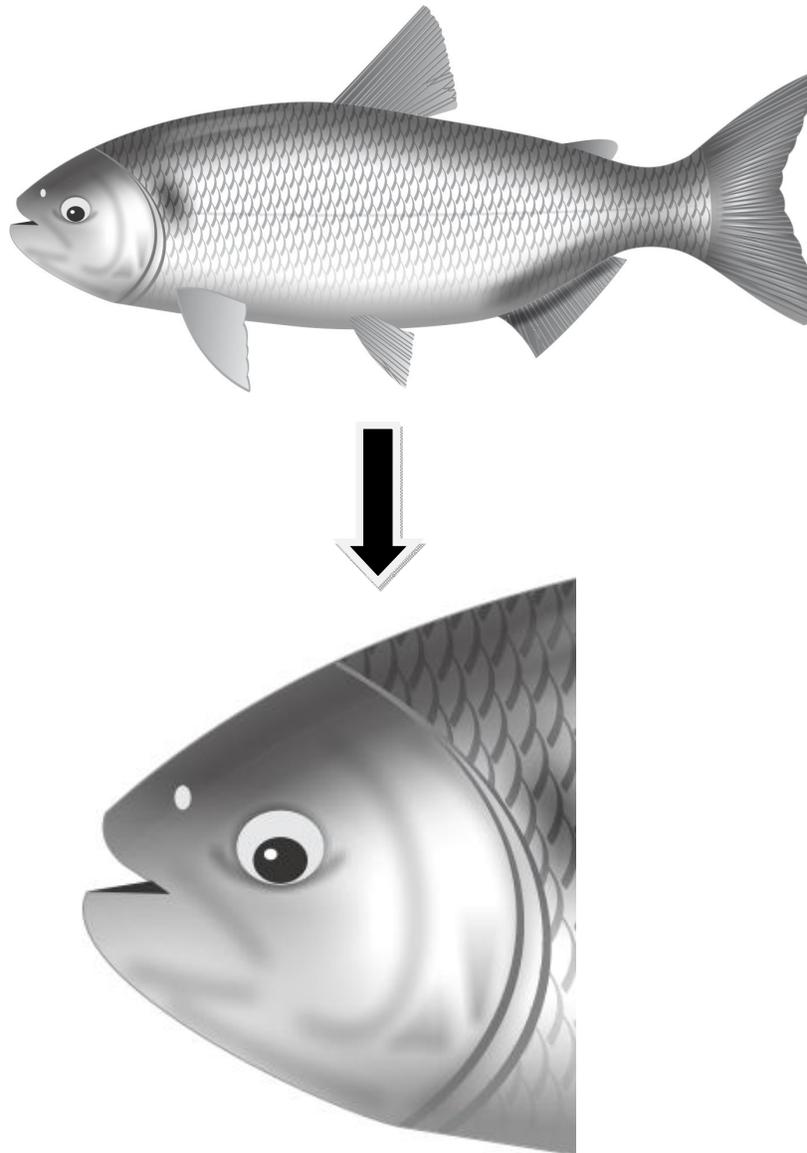


Figura 9. Exemplo de peixes que apresentam boca terminal (Matrinchã).

Boca Inferior: Nesse grupo de peixes a maxila é maior que a mandíbula, e a boca é voltada para o fundo. Peixes com esse tipo de boca se alimentam de recursos que estão abaixo dele, ou seja, alimentos que ficam no fundo da água. Muitos desses peixes possuem estruturas associadas à boca, como lábios grossos com papilas que detectam o tipo de alimento que irão ingerir o que lhes permite escolher bem o alimento, mesmo em ambientes escuros, já que geralmente vivem no fundo dos rios e lagos, de onde raspam seu alimento, ou caçam suas presas. Com esse tipo de boca, podemos citar como exemplos em nossa região: os cascudos e caris, o bico de pato e as papaterras entre várias outras espécies.

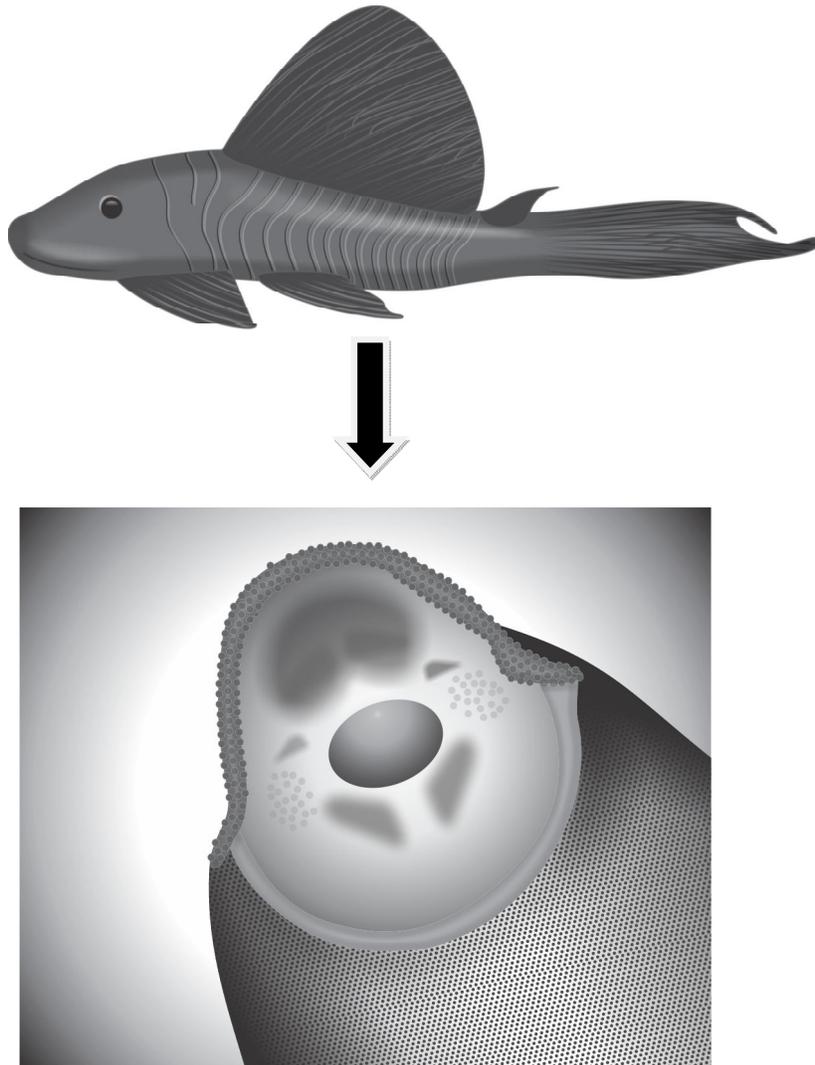


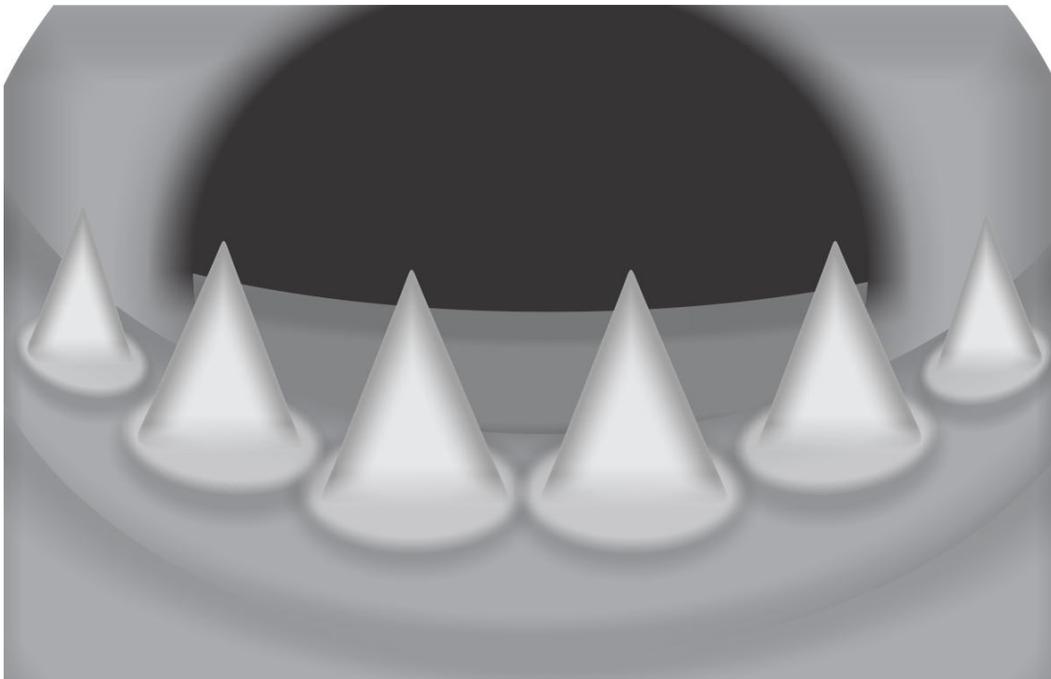
Figura 10. Exemplo de peixes que apresentam boca Inferior (Cascudo).

DENTES DOS PEIXES

Outro fator está totalmente correlacionado com a alimentação dos peixes é a dentição, pois cada forma de dente é uma adaptação para certo tipo de alimento. As espécies apresentam uma diversidade grande no aparelho bucal principalmente na distribuição e forma dos dentes. Podemos citar cinco tipos de dentes que ocorrem em espécies da região.

Dentes Incisiviformes

Algumas espécies de peixes apresentam dentes incisivos que são utilizados para cortar pedaços de peixes e escamas e esta forma de dente está relacionada com o tipo de alimento ingerido. Bons exemplos na região são os Piaus.



Figuras 11. Exemplo de dentes Incisiviformes (piauí).

Dentes Caniniformes

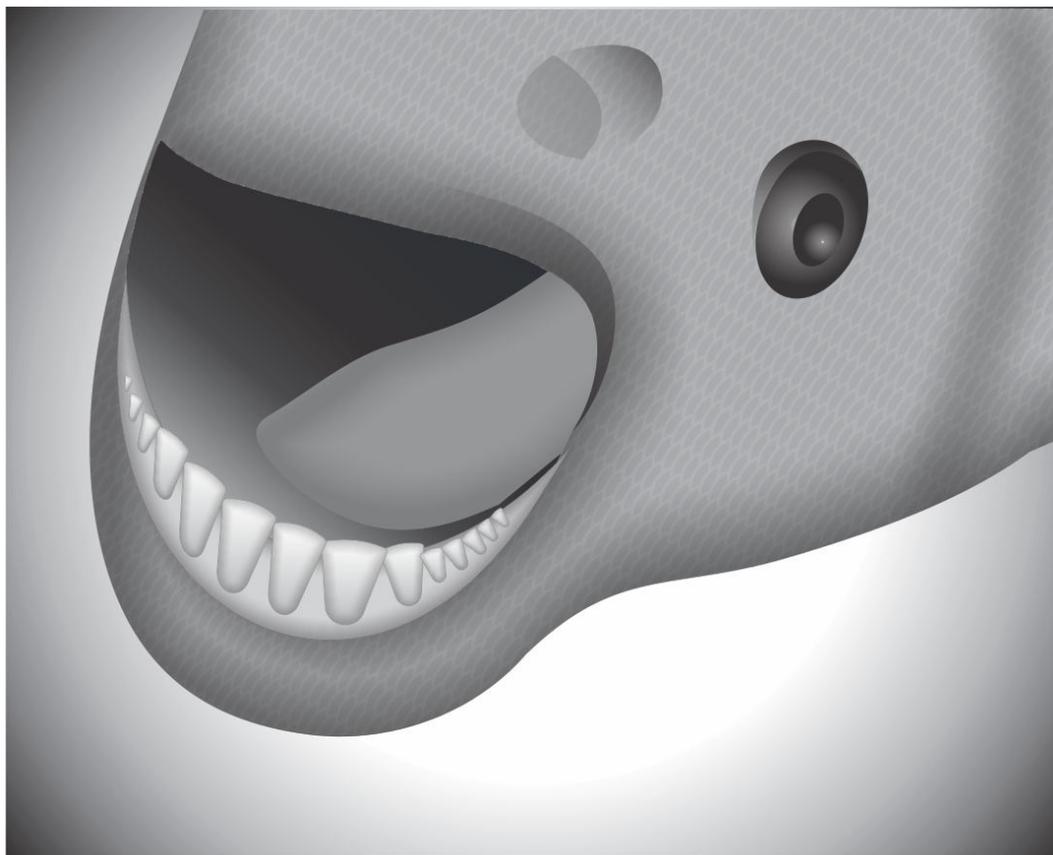
São dentes semelhantes a dentes de cachorro e são adaptados para perfurar a presa e rasgar os tecidos. Os exemplos mais conhecidos em nossa região são as Cachorras e a traíra.



Figuras 12. Exemplo de dentes Caniniformes (cachorra).

Dentes Molariformes

São dentes fortes que são utilizados para esmagar ou triturar os alimentos. Um exemplo bem comum da região são os pacus e as caranhas.



Figuras 13. Exemplo de dentes Molariformes (caranha).

Dentes Cônicos

São dentes especializados para agarrar e segurar a presa. Porém, neste caso não ocorre a quebra do alimento e sim o direcionamento da presa para o esôfago. Podemos citar como exemplo a bicuda.



Figuras 14. Exemplo de dentes Cônicos (Bicuda).

Dentes Viliformes

São dentes em forma de pá, além de ser muito pequenos que servem para raspar os alimentos que estão aderidos no fundo. Um exemplo da nossa região são os cascudos.

Assim, podemos perceber que os dentes contribuem fortemente com a habilidade que os peixes possuem de explorar determinados recursos alimentares. Porém, existem alguns peixes que não possuem dentes e se alimentam por outros mecanismos. Por exemplo, o peixe banana se alimenta de plâncton que são organismos microscópicos que estão dispersos na água. Esse peixe abre a boca, enquanto nada, e ingere grandes quantidades desses organismos, sem precisar ter dentes para se alimentar.

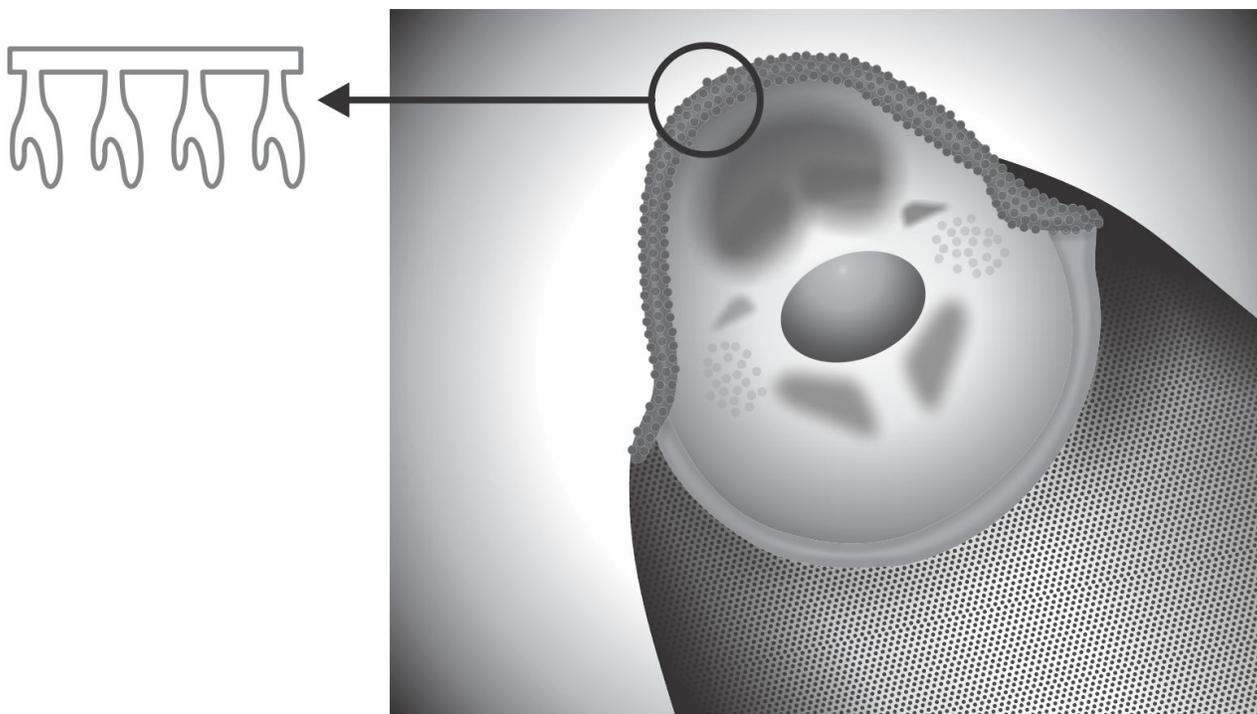


Figura 15. Exemplo de dentes Viliformes, (cascudo).

ESTÔMAGO

O estômago dos peixes faz parte do tubo digestivo e é onde armazena o alimento ingerido, além de promover funções mecânicas que auxiliam na sua digestão. O estômago dos peixes pode variar de forma e tamanho proporcional, de uma espécie para outra. A forma e o tamanho do estômago também podem estar relacionados ao tipo de alimento que o peixe normalmente ingere.

Algumas espécies possuem estômagos retos, outras em forma de U ou em Y. Quanto ao tamanho, geralmente os peixes carnívoros possuem estômagos proporcionalmente maiores, pois em muitos casos, precisam ingerir presas inteiras e, nesse caso, precisam ter um estômago maior com uma musculatura mais elástica para encaixar o alimento ingerido. Enquanto que os peixes onívoros e herbívoros se alimentam mais vezes ao dia, mas geralmente, em menores quantidades e, por isso, seu estômago é menor em relação aos carnívoros.

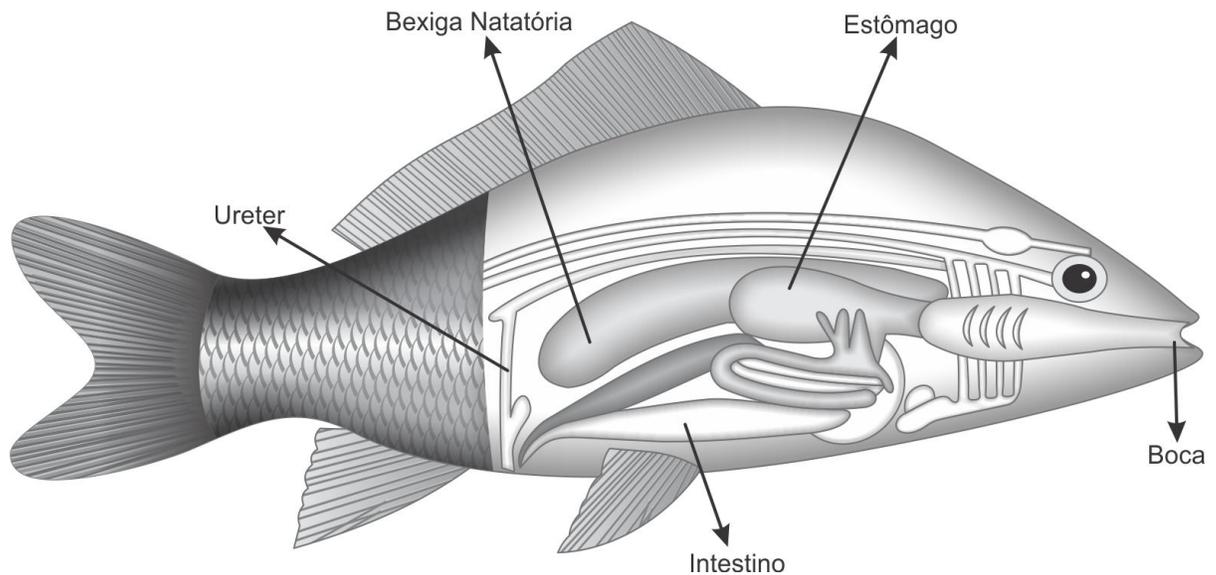


Figura 16. Sistema digestório dos peixes composto por Boca, Estômago, Intestino e ânus.

INTESTINO

O intestino é o órgão onde a digestão do alimento se completa e onde ocorre a absorção dos nutrientes. Cada espécie de peixe apresenta um tamanho de intestino que está relacionada com a sua dieta. Os peixes carnívoros possuem intestinos mais curtos e retos, com poucas dobras. Esse intestino curto é suficiente para digerir um tipo de alimento de alta qualidade, que é tecido animal, rico em proteínas e gorduras e pobre em fibras. Exemplos desses peixes são: o pintado, o jaú, a cachorra e o filhote.

Peixes estritamente herbívoros ou detritívoros possuem o intestino muito longo, com grande número de voltas. Isso é necessário, já que o alimento utilizado por essas espécies é pobre em proteínas e muito rico em fibras. Assim, é necessário que o alimento percorra um grande trajeto no intestino, até que todos os nutrientes possam ser retirados e absorvidos pelo peixe. Em nossa região, esse tipo de intestino está presente nos cascudos, branquinhas e papa-terras, entre outros.

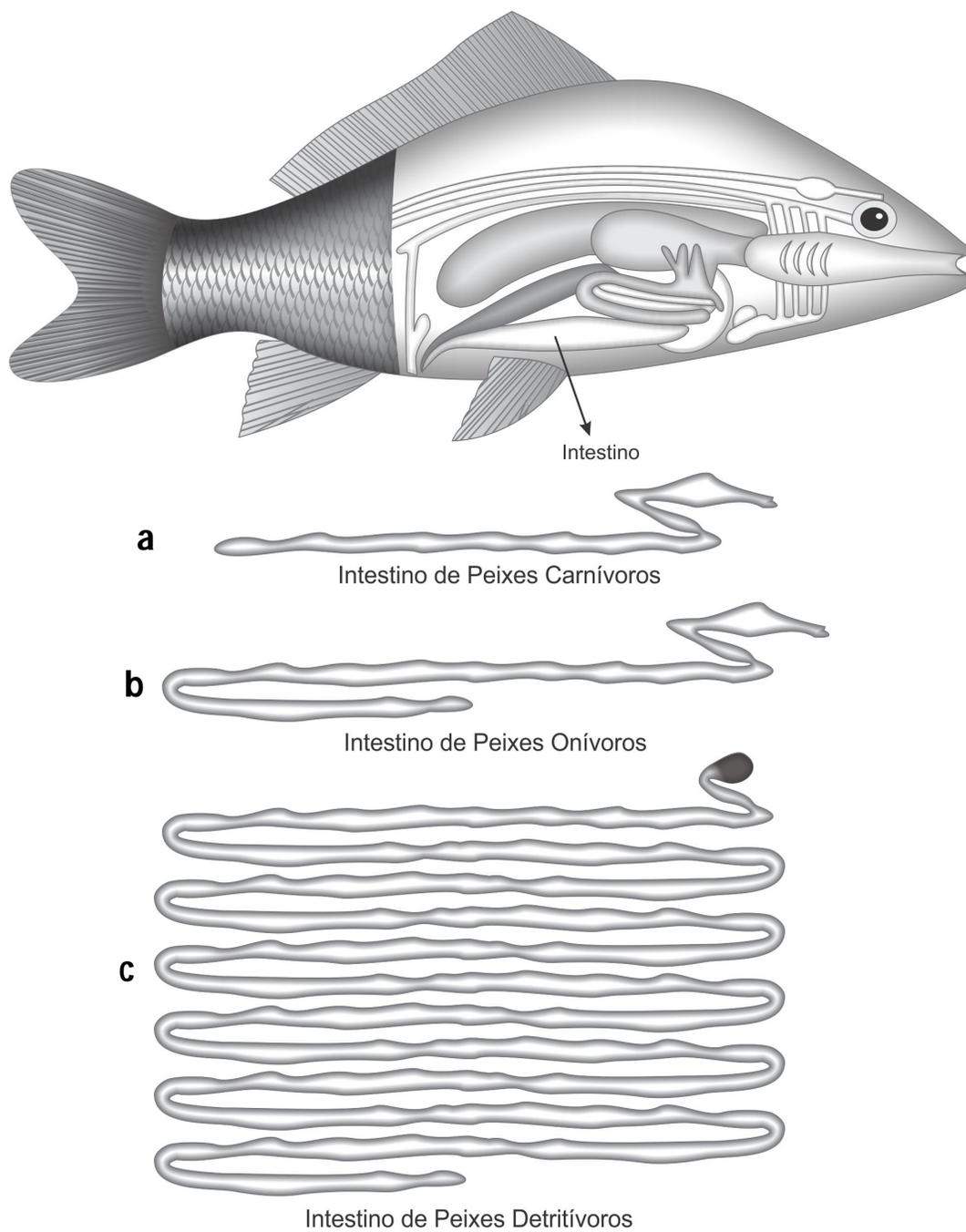


Figura 17. Exemplos de Tipo de Intestino dos peixes, Intestino dos carnívoros (a), Intestino dos Onívoros (b), Intestino dos detritívoros (c).

RESPIRAÇÃO

A respiração dos peixes

Como qualquer outro vertebrado, os peixes necessitam do oxigênio para sobreviver. A diferença é que, como os peixes vivem imersos na água, um sistema de respiração pulmonar, dificilmente conseguiria bons resultados, já que isso obrigaria o peixe vir até a superfície para respirar o ar da atmosfera. No entanto, a grande maioria dos peixes não necessita vir a superfície para respirar, eles fazem isso, mesmo imersos na água.

O principal órgão de respiração dos peixes é a brânquia, também conhecida como guelra. É nesse órgão que ocorre a troca gasosa, ou seja, o oxigênio presente na água passa para o sangue e o gás carbônico produzido no corpo dos peixes, passa para a água, continuando nesse ciclo indefinidamente, enquanto o peixe estiver vivo.

A respiração branquial é a mais comum e funciona da seguinte forma:

A água contém oxigênio dissolvido, ou seja, existe gás oxigênio dentro da água. Assim, o peixe suga uma grande quantidade de água com oxigênio que entra por sua boca e é forçada a passar pelas brânquias. Neste momento, o oxigênio presente na água é absorvido pelos vasos sanguíneos presentes nas brânquias e entra na circulação do sangue para o resto do corpo. Ao mesmo tempo, o gás carbônico que estava no corpo do peixe, deixa os vasos sanguíneos e passa para a água. Essa água sai pelas aberturas branquiais, localizadas nas laterais da cabeça do peixe, denominadas de opérculos, e é lançada no meio externo.

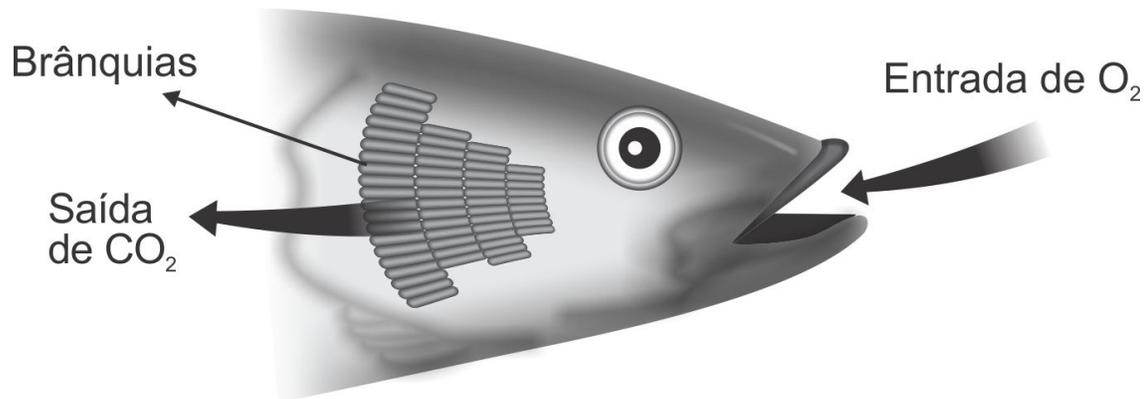


Figura 18: O processo da respiração pelas brânquias.

No entanto, nem sempre é possível ao peixe usar o oxigênio presente na água. Em alguns casos, principalmente em períodos de secas muito fortes, as águas podem ficar com pouquíssimo oxigênio, dificultando a respiração branquial dos peixes. Nesses casos, pode ocorrer uma grande mortandade de peixes, mas algumas espécies conseguem enfrentar essas situações, por meio de adaptações especiais.

Alguns peixes podem utilizar a respiração aérea, ou seja, utilizam o ar atmosférico na respiração. Para isso, nadam até a superfície e ingerem ar pela boca. Em nossa região, podemos citar dois exemplos muito conhecidos que utilizam a respiração aérea obrigatória. O Pirarucu que é um peixe de grande porte e possui dois aparelhos respiratórios, as brânquias para respirar na água e a bexiga natatória que foi modificada para funcionar como um pulmão quando for respirar fora da água. Outro peixe que possui respiração aérea obrigatória é a Pirambóia. Porém, esse peixe apresenta pulmão para a sua respiração. A pirambóia, em períodos de seca, ou seja, quando o rio baixa, diminui seu metabolismo e se enterra na lama e passa a utilizar seu pulmão para respirar e só volta para superfície quando sente que a água voltou.

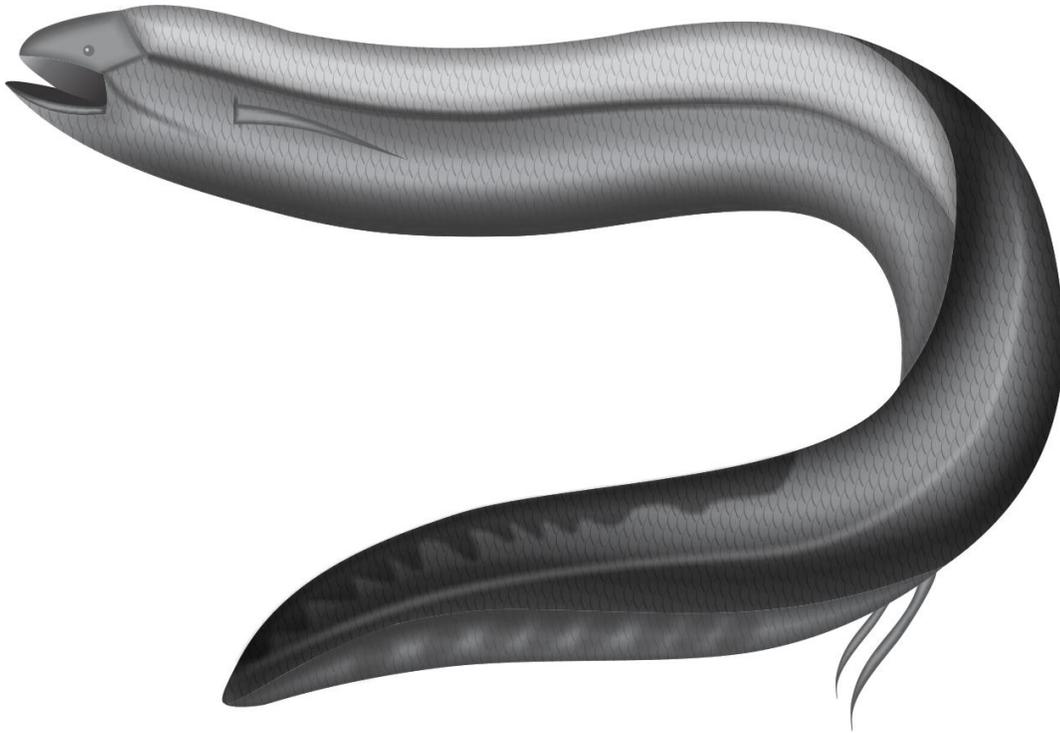


Figura 19: Exemplo de peixes que apresentam respiração aérea obrigatória, pirambóia.

ÓRGÃOS SENSORIAIS DOS PEIXES

Visão:

Como em todos os outros vertebrados a visão dos peixes é o sentido que fornece informações bem detalhadas do ambiente de entorno. De forma geral, os peixes que vivem em ambientes de águas mais claras, possuem olhos bem desenvolvidos, já que nesse tipo de hábitat a visão é muito importante, principalmente para peixes predadores encontrar seu alimento, bem como para as presas evitarem ser capturadas.

Em muitos casos, onde a luz solar não penetra como os rios e lagos de cavernas, os peixes não possuem olhos funcionais ou estes são reduzidos, já que os mesmos seriam inúteis em um ambiente que não há luz nenhuma. Os olhos só enxergam onde há luz, mesmo que seja em pequenas quantidades. Em ambientes onde a luz chega, mas em menor quantidade, como nos locais mais profundos ou em ambientes de águas turvas, predominam os peixes com

visão menos desenvolvida, mas que possuem outras estruturas sensoriais que lhes permitem perceber o ambiente.

Barbilhões:

Muitos peixes que habitam locais mais profundos, ou que vivem em águas mais turvas apresentam um conjunto de filamentos, geralmente longos, nas proximidades da boca, denominados de barbilhões. Essas estruturas auxiliam o peixe a encontrar alimento em locais sem luz ou com pouca luminosidade. Esses barbilhões podem ter vários formatos, podem ser finos e cilíndricos ou achatados, curtos ou longos, e são utilizados como órgãos sensitivos, que tateiam o fundo em busca do seu alimento. Em nossa região várias espécies de peixes possuem esses barbilhões, a grande maioria são peixes de couro, como os pintados, filhotes, jaús mandis e jiripocas.

Olfato

Os órgãos olfatórios geralmente estão localizados na região dorsal da cabeça, similares a aberturas nasais, com duas aberturas para entrada e saída da água, separada apenas por uma membrana. Na porção interna dessas pequenas cavidades há uma grande quantidade de células especializadas que detectam substâncias químicas dissolvidas na água e que podem informar ao peixe sobre várias situações nas proximidades. Essas células estão ligadas ao cérebro do peixe por meio de feixes nervosos. Assim, por meio de determinadas substâncias químicas encontradas na água do seu entorno, os peixes podem detectar a presença de produtos nocivos à sua saúde, como agrotóxicos na água, ou mesmo a presença de um predador. O órgão também auxilia na busca de alimento e até mesmo de parceiros para reprodução. Ironicamente, esse órgão que serve para salvar a vida do peixe em várias situações, também pode levá-lo à morte, já que, em muitos casos, é ele que conduz o peixe até a isca de um pescador.

Linha lateral

A linha lateral é um sistema sensorial dos peixes altamente desenvolvido, equivalente ao tato nos outros vertebrados. É formada por uma fileira longitudinal de escamas perfuradas, que se estende da cabeça à cauda

do peixe, pelo meio do corpo. Cada escama da linha lateral se liga ao cérebro do peixe por meio de um feixe de células nervosas. Este órgão é responsável pela orientação dos peixes, pois através da linha lateral conseguem captar as características da água, além de identificar presas e predadores e auxilia sua direção para detectar pressões das correntes, o que é importantíssimo para a sua locomoção.

Esse sentido é muito funcional, e existem espécies de peixes que se guiam apenas por ele, sem precisar ter os outros sentidos funcionando com muita eficiência, pois ele é tido como um radar, registrando perigos que podem ser encontrados no interior da água e, com isso, orientá-lo, podendo fugir de qualquer problema.

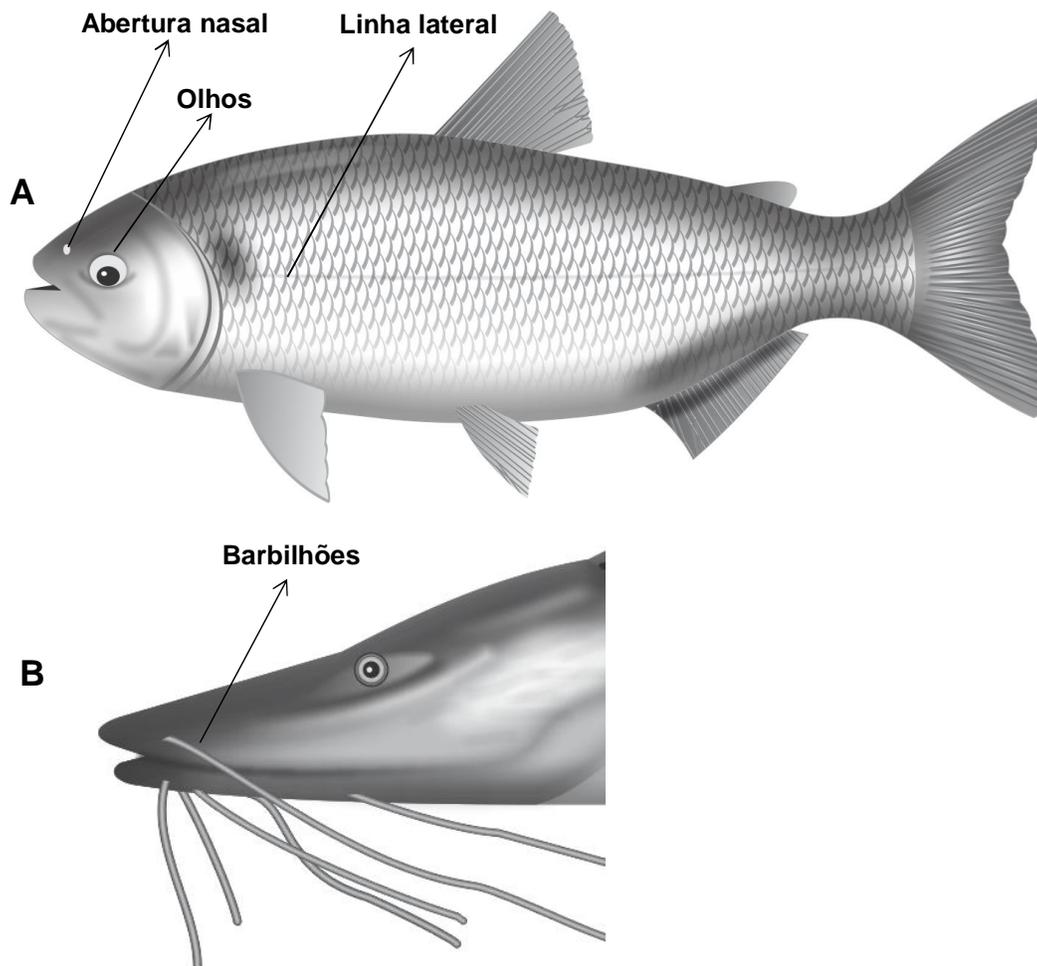


Figura 20: Desenho esquemático dos órgãos sensoriais dos peixes. Exemplos dos olhos, abertura nasal e linha lateral no peixe Matrincha (a); Exemplo de peixes com barbilhões (b)

LOCOMOÇÃO

Locomoção dos peixes

A locomoção dos peixes é feita a partir dos movimentos do corpo juntamente com as nadadeiras. A maioria dos peixes possui 7 nadadeiras, sendo 1 par de nadadeiras peitorais, 1 par de nadadeiras pélvicas, mais três nadadeiras ímpares, sendo uma dorsal, uma anal e uma caudal. Cada par ou nadadeira isolada tem uma função específica nos peixes.

A nadadeira **dorsal** pode apresentar várias formas e tem a função de oferecer estabilidade para o peixe além de controlar os movimentos horizontais e verticais. Alguns peixes, como os mandis, possuem espinhos na nadadeira dorsal que servem para sua proteção. Outras espécies apresentam raios ou espinhos bem longos e filamentosos. Enquanto que, em algumas espécies como as raias, a nadadeira dorsal pode ser ausente ou bem pequena.

A nadadeira **anal** auxilia no equilíbrio durante a natação. Em alguns grupos de peixes essa nadadeira, nos machos, sofre alterações no período reprodutivo e pode funcionar como órgão copulador. Em algumas espécies, essa mesma nadadeira, nos machos, apresenta pequenos espinhos, que diferenciam machos de fêmeas.

A nadadeira **caudal** é utilizada como órgão de impulsão do peixe na água. Embora em todos os peixes tenha a mesma função, a forma dessa nadadeira pode variar muito. Essas formas distintas podem fornecer informações importantes em relação à velocidade de natação e, portanto uma das principais adaptações ecológicas dos peixes. Em relação à sua forma, as nadadeiras caudais podem ser: arredondadas, emarginadas, truncadas, bifurcadas e lunadas. As nadadeiras arredondadas, emarginadas e truncadas são características de peixes que nadam mais lentamente, mas que, no entanto, possuem a capacidade de arrancadas bruscas. Uma espécie de peixe comum em nossa região, com nadadeira arredondada é a traíra. As nadadeiras

bifurcadas e lunadas são encontradas em peixes que nadam muito rápido como, por exemplo, os voadores, pequenos peixes comuns em nossa região.

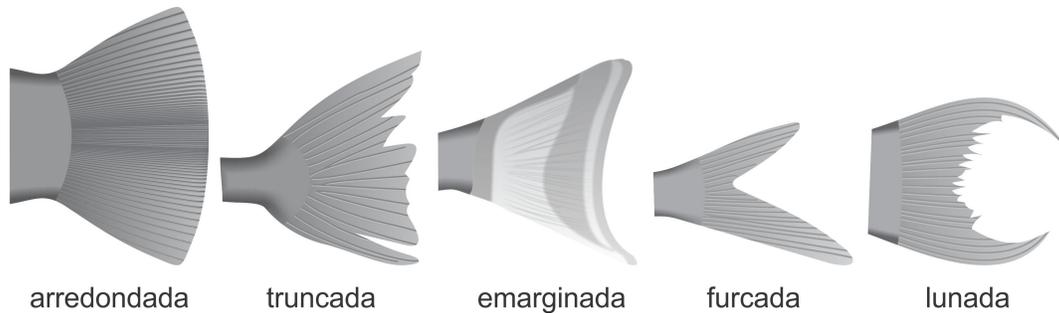


Figura 21: Detalhes das formas das nadadeiras caudais dos peixes.

As nadadeiras **peitorais e ventrais** são utilizadas para o equilíbrio, para orientações dos movimentos além de auxiliar nas manobras dos peixes.

Alguns peixes possuem nadadeira **adiposa**, mas não são todas as espécies. Essa nadadeira não possui raios e, quando presente, está localizada no dorso do peixe, entre a nadadeira dorsal e caudal.

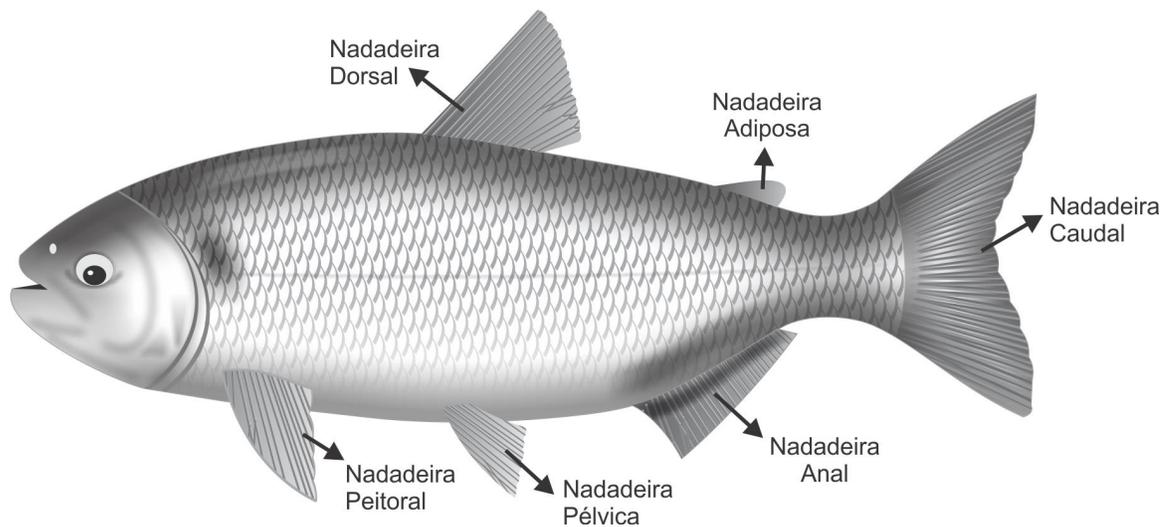


Figura 22: Desenho esquemático das nadadeiras dos peixes.

SOBREVIVÊNCIA DOS PEIXES

Sobrevivência na seca.

Em períodos de escassez de oxigênio na água, como por exemplo, em lagos sujeitos à secas muito prolongadas, várias espécies de peixes apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas para conseguirem sobreviver com baixos níveis de oxigênio. A principal dessas adaptações é a respiração acessória. Nesse caso ocorrem modificações de algum ou alguns órgãos do corpo do peixe, que passa a fazer a função de órgão respiratório, mesmo que não tenha essa função na maior parte do tempo. Esses órgãos então desenvolvem adaptações para armazenar e absorver oxigênio do ar atmosférico e, ao mesmo tempo, eliminar gás carbônico do corpo do peixe para o exterior. Os principais órgãos que sofrem modificações para essa nova função são: boca e cavidade bucal, estômago intestino e bexiga natatória.

Adaptações para a respiração acessória

Extensão dermal da maxila

Em períodos de baixas condições de oxigênio dissolvido na água de lagos e lagoas, algumas espécies de peixes, como as matrinhãs e caranhas entre outras, desenvolvem uma expansão da pele que recobre a mandíbula. Esse aumento da parte de baixo da boca permite que o peixe fique com a boca praticamente fora da água, e, enquanto nada lentamente, consiga ingerir apenas a porção mais superior da água, que é a mais rica em oxigênio, pois essa água superficial está em contato direto com o ar atmosférico.

Respiração pela cavidade bucal

Alguns peixes apresentam respiração acessória pela cavidade bucal. Podemos citar como exemplo o poraquê ou peixe-elétrico. Esses peixes vão até a superfície em busca de ar para respirar, engolem o ar, enchendo a cavidade bucal, que é ricamente vascularizada e coberta de papilas, onde ocorrerão as trocas gasosas.

Respiração pelo estômago

Esse tipo de respiração pode ocorrer em algumas espécies de cascudos. Esses peixes buscam o ar na superfície, enchem o estômago de ar, que em períodos de baixos níveis de oxigênio, fica muito vascularizado e facilita a troca gasosa. Nesse local, o oxigênio presente no ar atmosférico que foi engolido, passa para o sangue do peixe e daí, vai para todo o corpo, enquanto que o gás carbônico do corpo, sai para o meio externo.

Intestino

Alguns peixes utilizam o intestino para sua respiração acessória, como o pequeno cascudo chamado tamuatá ou camboja. Da mesma forma que o anterior, os peixes sobem na superfície e ingerem o ar, mas esse ar vai para o intestino que, nesses peixes, fica muito vascularizado quando a água está pobre em oxigênio. Nesse local ocorrem a troca gasosa.

Bexiga Natatória

Alguns peixes como o jeju ou iuiu, utilizam a bexiga natatória para sua respiração acessória. Neste caso, os peixes também sobem até a superfície em busca de ar, o ar engolido vai para a bexiga natatória, que é dividida em duas partes, porção anterior e porção posterior. A parte posterior, mais espessa e vascularizada, é utilizada na respiração.

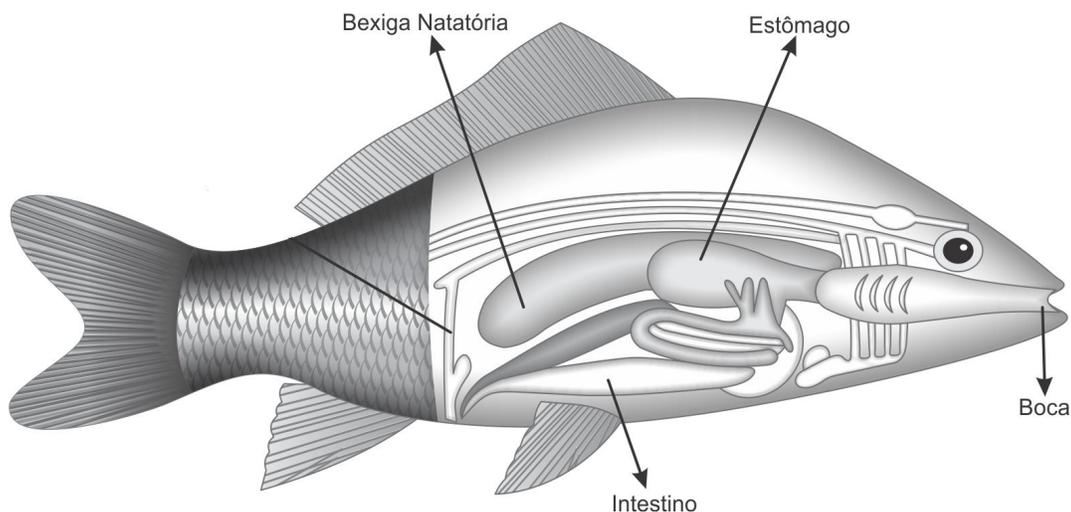


Figura 23. Desenho ilustrando os órgãos dos peixes que são adaptados para respirar.

REPRODUÇÃO

Reprodução dos peixes

A reprodução é a capacidade das espécies de gerarem descendentes e transmitirem para eles as suas características. Esse processo é muito importante para a manutenção das espécies.

Migrações reprodutivas

Algumas espécies de peixes realizam migrações reprodutivas, que são obrigatórias para que ocorra a desova. Durante essas migrações os peixes podem se deslocar por centenas ou mesmo milhares de quilômetros, até os locais ideais para que façam a desova. Em nossa região esse processo ocorre durante o período de cheia, quando grandes cardumes de matrinhãs, pintados, jaraquis, papa-terras e muitas outras espécies sobem o rio, em direção às suas cabeceiras. Nesse período, denominado de piracema, a pesca é proibida devido à necessidade de se proteger esses peixes, para que consigam chegar aos locais de reprodução. Nesses locais, as fêmeas liberam seus óvulos (desovam) e os machos liberam seus espermatozóides na água, onde ocorre a fecundação. A partir desse momento, esses óvulos fecundados são transportados pela correnteza até as margens rasas do rio, lagoas e lagos, onde se desenvolvem e surgem as larvas, que são as formas mais jovens dos peixes.

A reprodução na época da cheia é mais adequada para os peixes, pois nessa época surgem grandes áreas inundadas, rasas e com grande quantidade de alimento para os filhotes utilizarem nos primeiros meses de vida. Além disso, nestes locais encontram muitos abrigos contra possíveis predadores.



Figura 24. Esquema ilustrando os peixes migrando para se reproduzir.

Durante o processo reprodutivo, os peixes podem ter dois tipos de fecundação: fecundação externa, a mais comum e fecundação interna, mais rara.

Fecundação externa

Esse tipo de reprodução é a que ocorre na maioria dos peixes, a fêmea libera seus óvulos na água e o macho libera os espermatozoides, ocorrendo à fecundação fora do corpo da fêmea, no ambiente aquático. Quase todos os peixes de nossa região têm esse tipo de fecundação.

Fecundação interna

Esse tipo de fecundação ocorre quando existe um órgão copulador, ou seja, o macho introduz seus espermatozoides dentro do corpo da fêmea, e aí, ocorre a fecundação. O peixe mais comum em nossa região, com esse tipo de fecundação é a arraia.

Cuidar ou não dos filhotes?

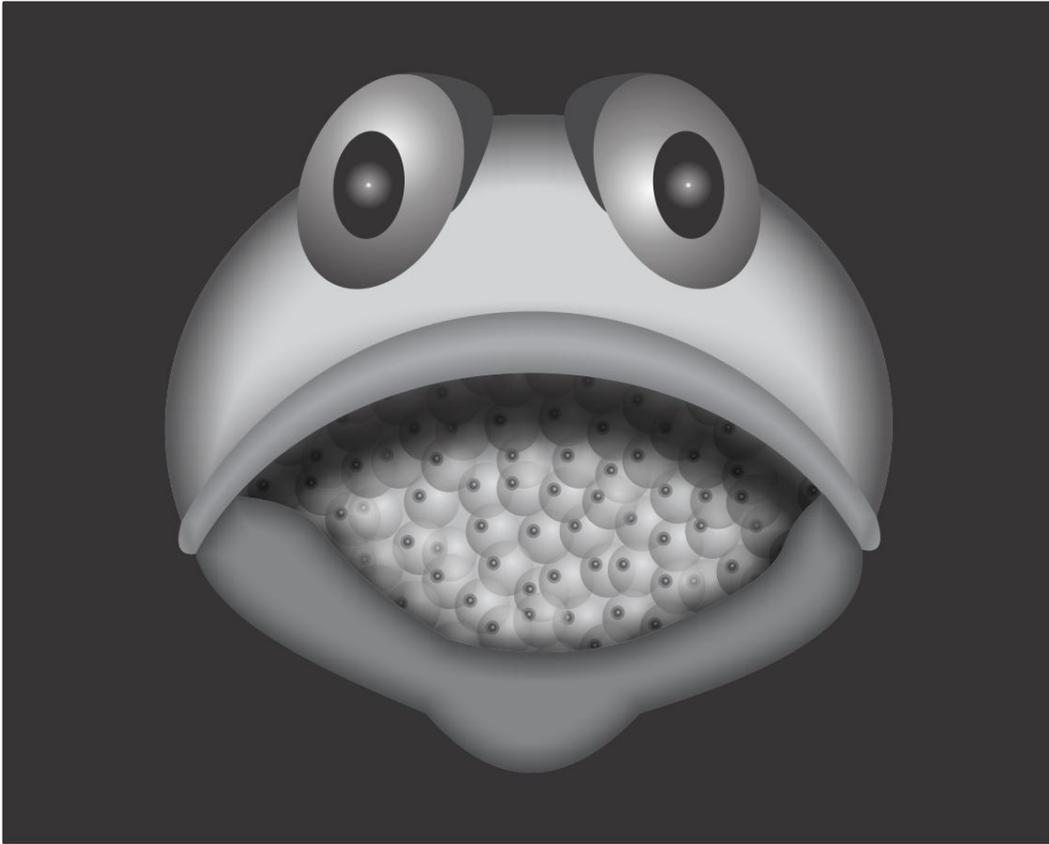
A grande maioria dos peixes não cuida dos filhotes, ou seja, logo após a fecundação os adultos deixam o local onde estão os óvulos fecundados e estes são levados pela correnteza para locais onde se desenvolverão longe dos pais.

No entanto, algumas espécies de peixes mantêm cuidados parentais, ou seja, cuidam de ovos e filhotes. Os peixes que realizam o cuidado parental, geralmente produzem um número menor de óvulos, e, conseqüentemente, de filhotes, mas, esses filhotes protegidos têm maiores chances de sobrevivência.

Alguns peixes podem guardar os ovos na boca, por várias semanas, até o momento da eclosão. Mesmo após o nascimento, os peixinhos ainda são protegidos pelos pais e a qualquer sinal de perigo, entram na boca de seus protetores para se abrigarem. Isso ocorre com os tucunarés e os carás. Algumas espécies de cascudos (caris) guardam seus ovos colados uns aos outros, em uma longa fita, sob o ventre, presos pela boca. Esse cuidado que algumas espécies têm com sua prole ajuda a aumentar a probabilidade de sobrevivência dos filhotes.

Outras espécies, também fazem ninhos bem elaborados, utilizando pequenos pedregulhos, folhas e buracos em troncos submersos. Algumas espécies colocam seus ovos, que são adesivos, no interior de vegetação submersa, onde permanecem até que os filhotes eclodam, sob a vigilância dos pais.

(a)



(b)



(c)

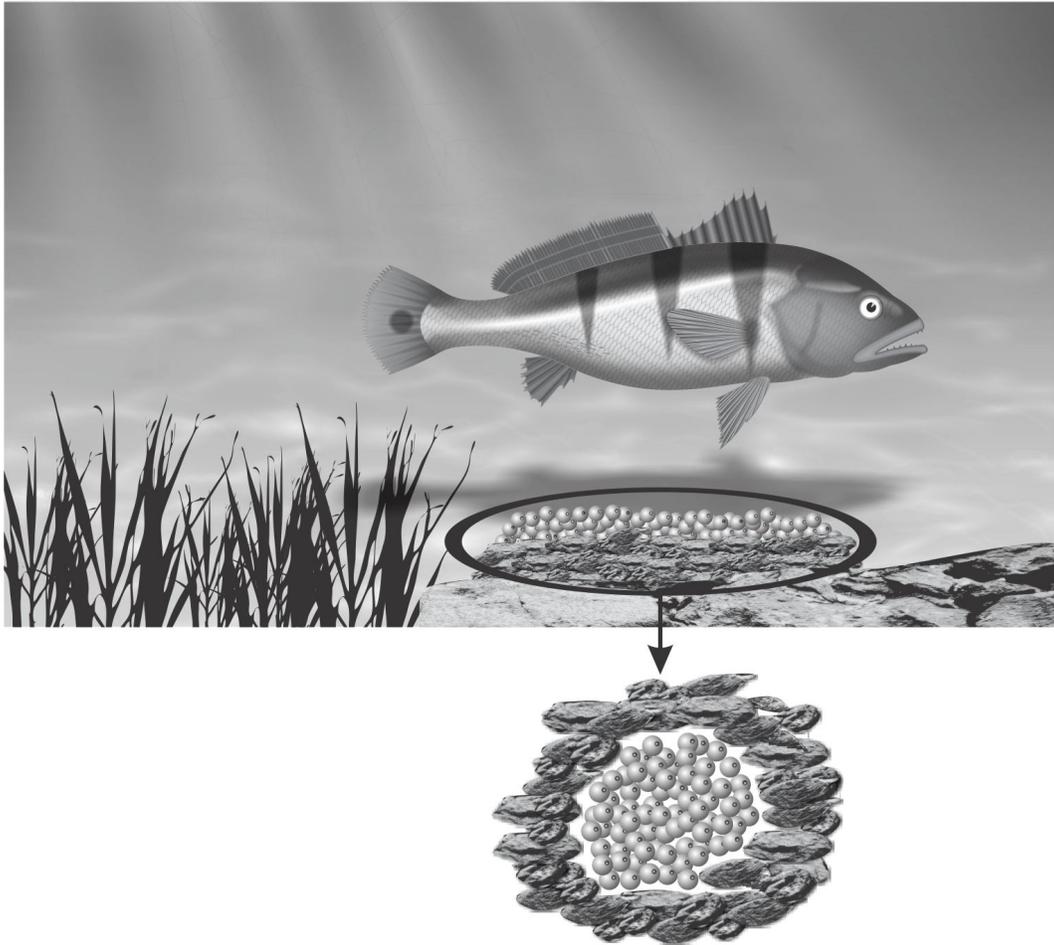


Figura 25. Esquema ilustrando dois exemplos de cuidado parental: Peixes que guardam os ovos na boca (a). Peixes com ovos adesivos (b,) Peixes que fazem ninhos. (c).

Referências Bibliográficas

- ADALBERTO L. VAL;VERA MARIA. F.A.VAL;DAVID J. R. 2006. The physiology of tropical fishes. Volume 21.
- ANDRADE, P. M.; BRAGA, F. M. S. 2005. Reproductive seasonality of fishes from a lotic stretch of the grande river, high Paraná river Basin, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 65(3): 387-394.
- ARAÚJO, A S. & CHELLAPPA, S.;2002. Estratégia reprodutiva do peixe voador, *Hirundichthys affinis* Günther (Osteichthyes, Exocoetidae). Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática, Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. *Revista bras. Zoo* 19 {3}: 691 – 703.
- BARROS, C.; PAULINO, W. R.; 1999. Os Seres Vivos. Ensino Fundamental. Ed. Ática. 550p
- BEMVENUTI, M. A. & FISCHER L, G. 2010. Peixes: morfologia e adaptações. *Cadernos de Ecologia Aquática* 5 (2) :31-54.
- BEMVENUTI, M.A. & FISCHER, L.G. 1998. Guia dos principais peixes da região estuarina da Lagoa dos Patos e áreas adjacentes, RS, Brasil. Salisgraf: Rio Grande, p.43.
- BRAGA, F.M.S.2001. Reprodução de peixes (osteichthyes) em afluentes do reservatório de volta grande, rio grande, sudeste do brasil Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre, (91): 67-74.
- BREDA, L OLIVEIRA,E.F. ERIVELTO,G.2005. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. *Acta Sci. Biol. Sci. Maringá*, v. 27, n. 4, p. 371-381.
- CASTRO, E.F; FONSECA,C.C; MENIN,E.;NEVES,M.T.D.;2003. Caracterização histológica e detecção de células endócrinas no estômago de peixes de água doce, com diferentes hábitos alimentares. *Biotemas*, 16(2):105-130.

CÉSAR E SEZAR, 1998. *Biologia Volume Único*- Ed Saraiva. 672p

CRUZ, D. 1993. *Ciências e Educação Ambiental - Os Seres Vivos* Ed ática. 180p.

CRUZ-LANDIN, C. CRUZ-HOFLING. 1979. Diferenças ultra-estruturais entre bexigas natatórias de peixes teleósteos de respiração aquática e respiração aérea facultativa. *Acta Amazonica* 9 (2): 317-323

DIAS, R. & DIAS. 2009 *O livro didático de ciências do ensino médio – análise crítica do conteúdo de plantas vasculares sem sementes (pteridófitas)*. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí-IFPI, Floriano, Piauí, Brasil,

ESTEVES, F. A. 1998. *Fundamentos em limnologia*, Rio de Janeiro: Interciência, 575p

FLORES-LOPES, F.; MALABARBA,L.R.; PEREIRA,E.H.L.;SILVA,J.F.P. 2001. Alterações histológicas em placas ósseas do peixe cascudo *Rine/oricaria strigilata* (Hensel) (Teleostei, Loricariidae) e sua frequência no lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revta bras. Zool.* 18 (3): 699 – 709.

HELFMAN, G.S.; COLLETTE, B.B.; FACEY,D.E. *The Diversity of Fishes*.

KLEIN,S. E & MESCKA P, M.; 2006. *O livro didático x leitura crítica*.

SCHMIDT-NIELSEN, K; 1999. *Fisiologia Animal – Adaptação e Meio Ambiente*. Ed Santos. 599p

LIMA, F.B.; BRACCINI, M.D.; DÍAZ, A.O.; JUNIOR,C.P.; GUIMARÃES,A.C.G.; 2009.Morfologia das brânquias de *Steindachnerina brevipinna* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Characiformes, Curimatidae) *Biotemas*, 22 (1): 87-92.

MACHADO, G.; REQUENA, G. S.; BUZATTO, B. A. 2009. Comportamento reprodutivo de opiliões (arachnida): sistemas de acasalamento e cuidado parental. *Oecol. Bras.*, 13(1): 58-79.

MATTOS, N. S. de & GOWDAK, D. 1991. Aprendendo Ciências - Seres Vivos, Saúde e Ecologia. São Paulo : FTD, 187p. (6ª série).

MELO, C. E. 2000. Ecologia comparada da ictiofauna em córregos do cerrado do Brasil central. 84f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MELO, C. E.; LIMA, J. D.; MELO, T. L.; PINTO-SILVA, V. 2005. Peixes do Rio das Mortes: identificação e ecologia das espécies mais comuns. Cuiabá: Central de Textos e Editora Unemat,. 147 p.

MERCADANTE, C.;BRITO, E. A. ALMEIDA, F. C. JOSÉ, H. T.; FAVARETTO, A./1999. Biologia. Volume Único- Ed Moderna. 703p.

OLIVEIRA, A. F. & BEMVENUTI, M, A. 2006. O ciclo de vida de alguns peixes do estuário da lagoa dos patos, rs, informações para o ensino fundamental e médio. *Cadernos de Ecologia Aquática* 1 (2) :16-29.

PAULINO, 2000. Ciências Biológicas e Naturais. Volume Único, Ed: Ática. 552p.

PAVÃO, A. C. O. 2000. Ensinar ciências fazendo ciência. Livro didático em questão 7

PIZA-JR, S.T. Em torno da vida dos Peixes.

RESENDE, E.K.; PEREIRA,R.C.; ALMEIDA,V.L.L.; SILVA,A.G.S. 2000. Peixes insetívoros e zooplactófagos da planície inundável do rio Miranda, Pantanal, Mato Grosso do sul, Brasil. Corumbá: Embrapa Pantanal, (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa,17) 40p.

RIBEIRO, C.S.; MOREIRA, R.G. 2012. Fatores ambientais e reprodução dos peixes. *Revista da Biologia* (8).

ROBERT F.;MCMAHON. 2002. Evolutionary and physiological adaptations of aquatic invasive animals: *r* selection versus resistance1. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 1235–1244

RODRIGUES, R. R. 2009. Sucesso reprodutivo de peixes migradoras em rios barrados em Minas Gerais: influência da bacia de drenagem e das cheias Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre da Universidade Federal de Minas Gerais. 55p.

ROSA. C, P; RIBAS, L.C; BARAZZUTTI,L.2012.Análise de livros didáticos

SALARO,A.L. LUZ, R. K; ZUANON, J.A.S; SIROL, R. N.; SAKABE, R.; AZIS, W. ARAÚJO, G.; SOUTO, E, F.; 2006 Desenvolvimento de alevinos de trairão (*Hoplias lacerdae*) na ausência de luz. Acta Sci. Biol. Sci. Maringá, v. 28, n. 1, p. 47-50.

SANTOS, H, A. POMPEU, P. S.2007. A importância do estudo da capacidade natatória de peixes para a conservação de ambientes aquáticos neotropicais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 12 n.3 Jul/Set 2007, 141-149.

SILVA,M.M.; TEIXEIRA, P.M.M.; CHAGAS,R.J.; Abordagem do assunto peixes em livros didáticos de ciências. IV Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências

SONIA.L. 2008 Biologia. Volume 2- Ed Saraiva. 396p

SOUZA, M. L R. DOURADO, D. M., MACHADO,S.D., BUCCINI,D,F.,INÊS, M. JARDIM, A; MATIAS, R; CORREIA, C;.FERREIRA, I. C. 2003. Análise da Pele de Três Espécies de Peixes: Histologia, Morfometria e Testes de Resistência. R. Bras. Zootec., v.32, n.6, p.1551-1559.

TRIVELLATO, J; TRIVELLATO, S; MOTOKANE, M; LISBOA, J. F.; KANTOR C. 2006. Ciências, Natureza e Cotidiano- 1 ed. São Paulo: Ed. FTD. 2006. 231p.

VANIEL, B.V & BEMVENITI, M. de A. 2006. Investigando os Peixes nos Livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental. Cadernos de Ecologia Aquática 1 (1): 1-14

VAZZOLER, A.E.A.M. 1996. Biologia da Reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática. Maringá: Ed: EDUEM, São Paulo. 169p.

ZAVALA-CAMIN. ALBERTO.L. 1996. Introdução ao estudo sobre alimentação natural em peixes. Ed. EDUEM. 129p.

<http://www.sobiologia.com.br/>

<http://www.brasilecola.com/biologia/>

<http://www.mundoeducacao.com.br/biologia/>

<http://www.planetabio.com/planetabio.html>