

**Escola Superior de Ensino do Instituto Butantan**  
**Programa de Pós-graduação *Lato Sensu***  
**Curso de Especialização em Biotérios**

**Gabriel Batista de Faria**

**Revisão da anatomia e dos principais órgãos do *Zebrafish (Danio rerio)***

**São Paulo**

**2022**

**Gabriel Batista de Faria**

**Revisão da anatomia e dos principais órgãos do *Zebrafish (Danio rerio)***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Biotérios do Programa de Pós-graduação *Lato Sensu* da Escola Superior do Instituto Butantan como requisito básico para a obtenção do título de Especialista em Biotérios.

Orientador (a): Mônica Lopes Ferreira

**São Paulo**

**2022**

**Catlogação na Publicação  
Instituto Butantan  
Dados inseridos pelo(a) aluno(a)**

Faria, Gabriel Batista de

Revisão da anatomia e dos principais órgãos do Zebrafish (Danio rerio) / Gabriel Batista de Faria ; orientador(a) Mônica Lopes Ferreira, coorientador(a): João Gabriel dos Santo da Rosa - São Paulo, 2022.

29 p. : il.

Monografia (Especialização) - Escola Superior do Instituto Butantan, Programa de Pós-Graduação Lato Sensu - Especialização em biotérios.

1. Danio rerio 2. Sistemas . 3. Anatomia. 4. Zebrafish I. Ferreira, Mônica Lopes . II. Escola Superior do Instituto Butantan. III. Programa de Pós-Graduação Lato Sensu - Especialização em biotérios. IV. Título.

## AUTORIZAÇÃO PARA ACESSO E REPRODUÇÃO DE TRABALHO

Eu, Gabriel Batista de Faria, aluno(a) do Curso de Especialização em Biotérios, autorizo a divulgação do meu trabalho de conclusão de curso por mídia impressa, eletrônica ou qualquer outra, assim como a reprodução total deste trabalho de conclusão de curso após publicação, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

Prazo de liberação da divulgação do trabalho de conclusão de curso após a data da avaliação:

- ( ) Imediato  
( X ) 06 meses  
( ) 12 meses  
( ) Outro prazo \_\_\_\_\_ Justifique:

São Paulo, 29 de janeiro de 2023.

.....  
aluno(a)

*Gabriel Batista de Faria*

De acordo:

*Mônica Lopes Ferreira*

Orientador(a): Mônica Valdyrce dos Anjos Lopes Ferreira

## **AGRADECIMENTOS**

A minha orientadora Dra. Mônica Lopes Ferreira pelo apoio.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação e colaboraram com seus conhecimentos transmitidos.

## RESUMO

FARIA, Gabriel Batista de. **Revisão da anatomia e dos principais órgãos do Zebrafish (*Danio rerio*)**. 2022. 29 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Biotérios) – Escola Superior do Instituto Butantan, São Paulo, 2022.

O *zebrafish* ou peixe paulistinha como é popularmente conhecido no Brasil, é um vertebrado de água doce originário da Ásia que vem sendo considerado um modelo ideal para estudos em numerosas doenças humanas principalmente nas áreas da genética, comportamental e toxicológicos. Devido à semelhança genética com seres humanos e seu baixo custo de manutenção e criação, atualmente são os modelos animais mais utilizados para pesquisas experimentais apresentando-se como modelo alternativo. Estudos demonstraram que 70% de seus genes são semelhantes aos dos mamíferos, inclusive dos humanos. Dessa forma, esse modelo experimental também vem sendo utilizado em pesquisas envolvendo diversas áreas biológicas, além de servir como estudos em diversas patologias humanas, como doenças dos sistemas tegumentar, esquelético, gastrointestinal, respiratório, urogenital, cardíaco, sensorial entre outros. Nesta revisão foi possível demonstrar sua anatomia e seus principais sistemas de forma objetiva, podendo colaborar com futuras pesquisas.

**Palavras-chave:** *Danio rerio*. Sistemas. Anatomia. Zebrafish. Paulistinha.

## ABSTRACT

FARIA, Gabriel Batista de. **Review of anatomy and main organs of Zebrafish (*Danio rerio*)**. 2022. 29 p. Completion of course work (Specialization in Vivariums) – Escola Superior do Instituto Butantan, São Paulo, 2022.

The zebrafish or paulistinha fish as it is popularly known in Brazil, is a freshwater vertebrate originating in Asia that has been considered an ideal model for studies in numerous human diseases, such as genetics, behavior and toxicology. Due to genetic similarity with humans and low-cost maintenance, they are very useful as models for experimental research, and an alternative to the mouse model. Studies have shown that 70% of their genes are similar to those of mammals, including humans. Thus, as an experimental model it has been used in research involving various biological areas, in addition to human pathologies, such as integumentary, skeletal, gastrointestinal, respiratory, urogenital, cardiac and sensory systems, diseases among others. This review highlights the importance of its anatomy and main systems, to future research involving this model.

**Keywords:** *Danio rerio*. Systems. Anatomy. zebrafish. Paulistinha.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1-</b> Zebrafish adulto.....	14
<b>Figura 2-</b> Sistema tegumentar. ....	15
<b>Figura 3 -</b> Esquema do esqueleto axial do zebrafish.....	16
<b>Figura 4 -</b> Trato digestivo.....	17
<b>Figura 5 -</b> Anatomia das brânquias do zebrafish.....	19
<b>Figura 6 -</b> Sistema urogenital.....	21
<b>Figura 7 -</b> Sistema cardiovascular.....	22
<b>Figura 8 -</b> Representação esquemática do olho.....	23
<b>Figura 9 -</b> Órgão auditivo.....	24
<b>Figura 10 -</b> Linha lateral.....	25

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	11
<b>2.1</b>	<b>Geral</b> .....	11
<b>2.2</b>	<b>Específicos</b> .....	11
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	12
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	13
<b>4.1.</b>	<b>Anatomia do zebrafish</b> .....	13
4.1.1	Morfologia externa.....	13
<b>4.2.</b>	<b>Principais órgãos em zebrafish</b> .....	14
4.2.1	Sistema tegumentar .....	14
4.2.2	Sistema esquelético .....	15
4.2.3	Sistema gastrointestinal .....	16
4.2.4	Sistema respiratório.....	17
4.2.5	Sistema urogenital.....	19
4.2.6	Sistema cardiovascular .....	21
4.2.7	Sistema nervoso e sensorial .....	22
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	26
	<b>REFERÊNCIAS<sup>1</sup></b> .....	27

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, em razão do avanço nas pesquisas, modelos experimentais vêm sendo utilizados em aplicações de testes inovadores e pesquisas biológicas aprofundadas. Isso para compreender vias associadas às doenças, e assim incorporar novas possibilidades terapêuticas com uma maior eficiência e menores efeitos colaterais. A ciência vem buscando alternativas que possam de maneira fidedigna reportar ou se aproximar de modelos que representem a um menor custo e esteja associado filogeneticamente mais próximo do homem. (FERREIRA *et al.*, 2005).

Um modelo tem-se destacado na literatura pela sua versatilidade quanto às possíveis aplicações (SILVEIRA *et al.*, 2012). Este modelo está associado com a utilização do *Danio rerio*, popularmente conhecido como zebrafish ou paulistinha (LAWRENCE, 2007). É um pequeno teleosteo da família Cyprinidae de água doce que tem um tamanho médio total de 2-3 cm quando criados em condições ideais, apesar do seu pequeno porte, é de fácil manuseio e na sua fase embrionária é transparente, o que facilita os estudos em diversas doenças (DAMMSKI *et al.*, 2011).

O pioneiro a estudar esta espécie foi George Streisinger, o qual, no final da década de 60, utilizou técnicas de análise mutacional para avaliar o desenvolvimento embrionário do zebrafish (STREISINGER *et al.*, 1981).

Muitos órgãos deste peixe são semelhantes aos dos humanos, sua anatomia é descrita com dois olhos, boca, coração, ductos biliares, cérebro, intestino, medula espinhal, baço, fígado, orelha, rim, nariz e pâncreas. Também tem sangue, cartilagem, ossos e dentes, tornando-o um modelo de pesquisa ideal para replicar doenças humanas. Apesar do zebrafish ser muito diferente morfológicamente do homem, compartilha uma variedade de genes e vias evolutivamente conservadas com outros vertebrados.

O zebrafish tem grande potencial como modelo animal alternativo para estudos em diversas doenças, neste trabalho foi possível descrever sua anatomia e seus principais sistemas de órgãos e uma breve descrição de suas funções.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Esta revisão tem como objetivo geral, fornecer informações básicas para a utilização do zebrafish como modelo animal alternativo.

### **2.2 Específicos**

Colaborar com a comunidade científica a anatomia e os principais sistemas de órgãos do zebrafish, além de descrever algumas vantagens em sua utilização e para estudos e compreensão do desenvolvimento humano em diversas patologias humanas, como doenças dos sistemas tegumentar, esquelético, gastrointestinal, respiratório, urogenital, cardíaco, sensorial entre outros.

### 3. METODOLOGIA

A revisão de literatura deste estudo, foi elaborada durante o período de setembro a novembro de 2022 através de pesquisas em livros e nas bases de dados Scielo, PubMed, journals.sagepub e Google Académico publicados no ano de 2005 em diante. Os principais descritores utilizados para essa busca foram: “zebrafish e *Danio rerio*”, combinados entre si através do modulador “AND”, em variados idiomas a fim de encontrar estudos antes realizados a respeito de sua espécie, anatomia e seus sistemas.

Os dados levantados passaram pela análise crítico-reflexiva, interpretação e foram sintetizadas e organizadas em tópicos para estudo e escrita deste trabalho.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Anatomia do zebrafish

#### 4.1.1 Morfologia externa

O zebrafish como um modelo de vertebrado (Figura 1), compartilha muitas características anatômicas com os mamíferos, os principais órgãos são, rins, cérebro, fígado, intestino, coração, coluna vertebral, olhos, boca e ouvidos (FUKUSHIMA *et al.*, 2020). Seu desenvolvimento passa pelos estágios larval, juvenil e adulto. Em biotério, o tamanho inicial de um adulto é em média de 2-3 cm, quando mantidos em ambientes controlados (DAMMSKI *et al.*, 2011), e ao longo de sua vida pode chegar a medir de 4-5 cm, seu corpo tem um formato alongado e sua pele um padrão de cores distintas alternando listras horizontais claras e escuras, nos machos, seu corpo geralmente são mais esguios, delgado e escuros se comparado ao corpo das fêmeas (SPENCE *et al.*, 2008; DAMMSKI *et al.*). Apresentam cabeça curta (correspondente a 10-15% do corpo), boca inclinada, narina protuberante e sua mandíbula superior é prostrusiva, aumentando a abertura da boca e auxiliando na sucção de alimentos (RIVERO-WENDT *et al.*, 2020; DAMMSKI *et al.*, 2011).

Quando adulto, o zebrafish possui uma única nadadeira dorsal e um par de nadadeiras pélvicas, conferindo rapidez durante o nado. O corpo tem normalmente menos de 1cm de altura e apenas 2-3 mm de espessura (DAMMSKI *et al.*, 2011).

**Figura 1-** Zebrafish adulto.



**Fonte:** BRAUNBECK *et al.*, 2006.

**Legenda:** As fêmeas adultas do zebrafish (direita) pode ser facilmente diferenciadas dos machos (esquerda) por sua barriga mais arredondada e pela falta de tonalidade avermelhada ao longo das linhas longitudinais de sua pele.

## 4.2. Principais órgãos em zebrafish

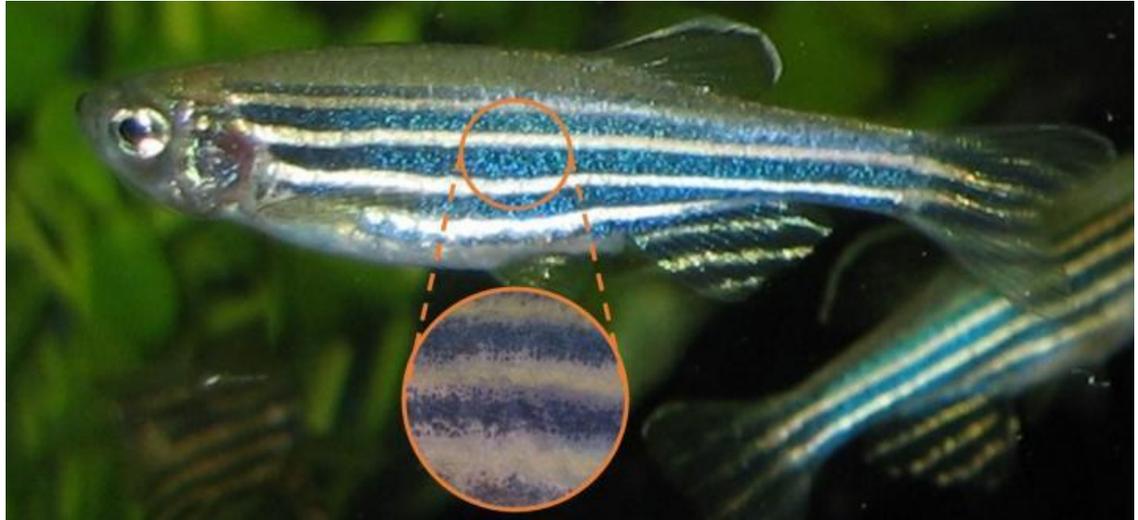
### 4.2.1 Sistema tegumentar

Ao contrário de outros vertebrados que possuem camadas protetoras de queratina, o tegumento dos peixes incluindo o zebrafish, tem sua superfície com células epidérmicas vivas, expostas ao meio ambiente (Figura 2) (Menke *et al.*, 2011). O sistema tegumentar do zebrafish é composto de escamas ciclóides que funcionam como barreira de proteção física, além de ter a importante função para a osmorregulação, também atua como defesa contra patógenos.

Sua pele pode ser danificada por manejo, lutas, trauma físico, predação e patógenos (DAMMSKI *et al.*, 2011). Em adultos, o zebrafish tem a capacidade de regenerar as escamas, o nervo óptico, a espinal medula, o coração e as barbatanas, o que o torna num excelente modelo de regeneração (Alvarado *et al.*, 2006), mas

medidas devem ser aplicadas a fim de evitar e minimizar pontos de entradas para infecções.

**Figura 2-** Sistema tegumentar.



**Fonte:** REVISTA PLANETA, 2020.

**Legenda:** Ampliação da pele mostrando o padrão de cores distintas, alternando listras horizontais claras e escuras em um animal com pele saudável exposta ao meio ambiente.

#### 4.2.2 Sistema esquelético

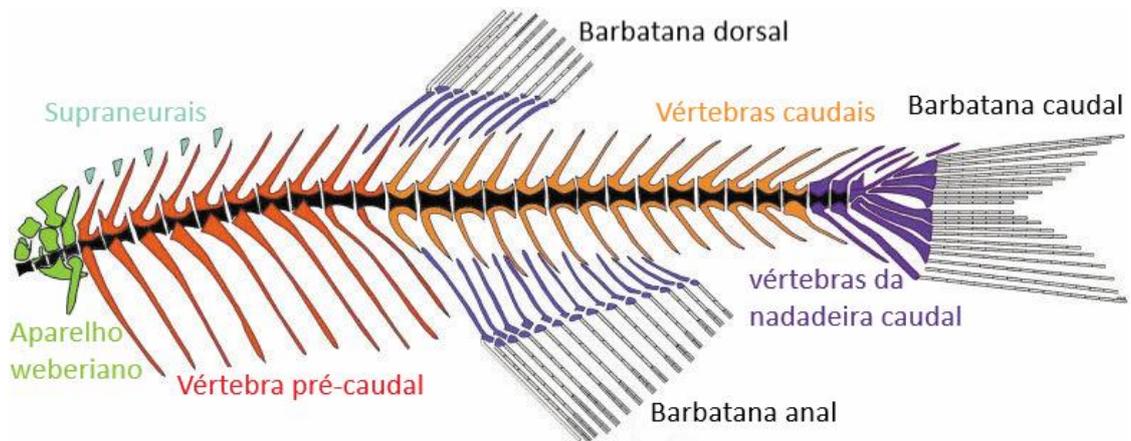
Os zebrafish são classificados como peixes ósseos de esqueleto complexo compreendendo cartilagem e osso.

A principal estrutura óssea dos peixes é a coluna vertebral, também chamada de esqueleto axial (Figura 3) (LEPRÉVOST *et al.*, 2014). Ela está segmentada em vértebras estruturadas dorsalmente e ventralmente (MOREIRA *et al.*, 2001).

Como a ingestão de Fósforo (P) dietético é a principal fonte do mineral para a mineralização óssea, dietas deficientes do mineral podem ocasionar anomalias esqueléticas avaliando a ocorrência de deformidade em zebrafish cultivados, (Ferreri *et al.*, 2000).

O zebrafish possui aparelho Weberiano, um trato que compartilha com outros peixes ostariofisos. O aparelho Weberiano é composto por uma série de pequenos ossos localizados cranialmente às vértebras pré-caudais, que transmitem sons e vibrações da bexiga natatória para o ouvido interno, aumentando a sensibilidade auditiva dos peixes (DAMMSKI *et al.*, 2011).

**Figura 3-** Esquema do esqueleto axial do zebrafish.



**Fonte:** Adaptado de BIRD; MABEE, 2003

**Legenda:** Em preto, está o centro, as barbatanas dorsal anal e caudal, o aparelho weberiano é verde, os supraneurais são azuis claros, as vértebras pré-caudais são vermelhas, as vértebras caudais são laranjas, o esqueleto da nadadeira caudal é roxo e os endosqueletos das nadadeiras dorsal e anal são azuis escuro.

#### 4.2.3 Sistema gastrointestinal

O trato digestivo do zebrafish adulto inclui a boca, faringe, esôfago, intestinos e abertura anal (Figura 4), que algumas vezes é referida como poro urogenital ou proctoderme. Similarmente a outros peixes pertencentes à ordem Cypriniforme, o zebrafish possui um par de dentes ligados a um par de ossos faríngeos (DAMMSKI *et al.*, 2011).

A cavidade bucal é a parte inicial do sistema digestório no zebrafish adulto, eles possuem papilas gustativas que são órgãos quimiossensoriais existente em peixes, bem como outros vertebrados usam para aumentar o potencial de busca de alimento, selecionando substâncias comestíveis e rejeitando as não comestíveis (HANSEN *et al.*, 2002).

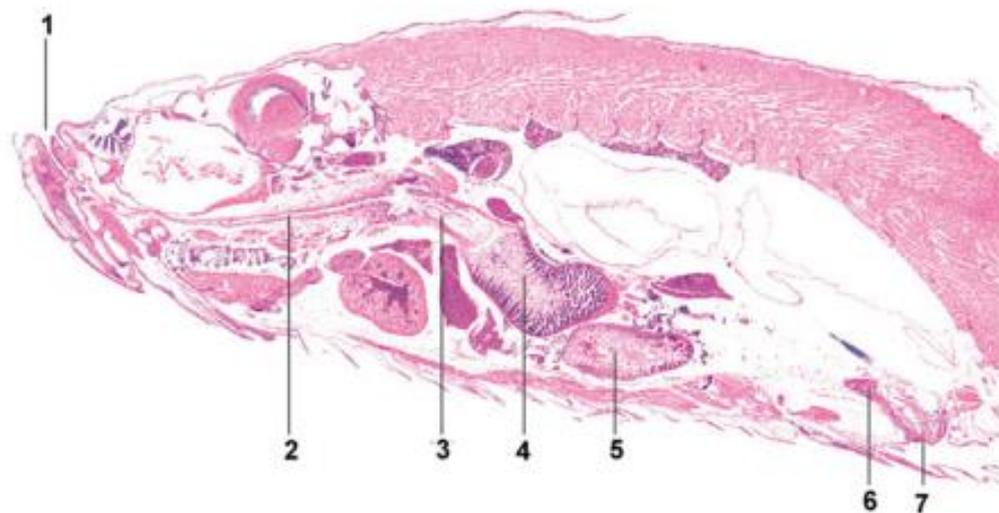
A faringe possui um formato de tubo estreito ladeado externamente pelas brânquias. A cavidade bucal leva ao esôfago, que engloba divertículos cegos (sacos esofágicos), uma almofada faríngea e dentes, onde o alimento pode ser moído (MENKE *et al.*, 2011).

O intestino do zebrafish é um tubo dobrado que ocupa a maior parte da cavidade abdominal e está dividido em três segmentos: bulbo intestinal (anterior), intestino médio e intestino posterior. O bulbo intestinal é maior e atua como principal local de digestão de proteínas e lipídeos. Acredita-se também que o intestino

anterior desenvolva um importante papel na absorção de nutrientes, considerando a alta concentração de enzimas digestivas nesta região, assim como na altura das dobras epiteliais. Tanto no zebrafish como nos mamíferos, existem diferenças no trato gastrointestinal. Este peixe não possui células de Paneth intestinais, criptas de Lieberkühn, estômago ou ceco. A ausência de estômago indica que a acidificação não seja necessária para a digestão no zebrafish e acredita-se que a funcionalidade do bulbo intestinal substitua esse órgão (DAMMSKI *et al.*, 2011).

A bexiga natatória é derivada embriologicamente do trato digestivo superior, mas não tem função digestiva (MENKE *et al.*, 2011). No zebrafish, desempenha um papel fundamental na flutuabilidade.

**Figura 4-** Trato digestivo.



**Fonte:** Adaptado de LIN; CHEN; HU, 2022

**Legenda:** Coloração do trato digestivo do zebrafish. 1. Boca; 2. Faringe; 3. Esôfago; 4. Intestino anterior ; 5. Intestino médio; 6. Intestino posterior; 7. Ânus.

#### 4.2.4 Sistema respiratório

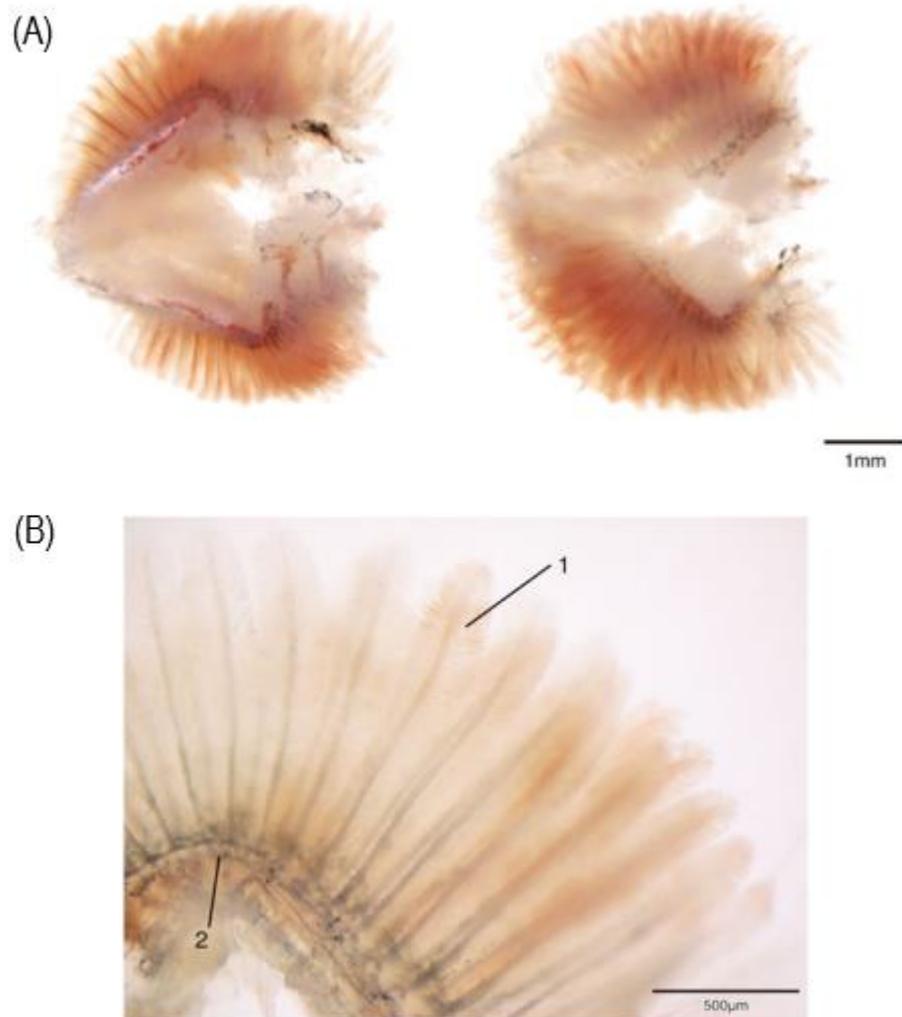
O zebrafish é denominado como peixe teleósteo, atualmente utilizado como organismo modelo em diversas áreas das ciências. Por ser um peixe teleósteo, suas brânquias são formadas por quatro pares bilaterais de arcos branquiais que desempenham um papel importante na oxigenação do sangue (Figura 5). No zebrafish adulto, as brânquias são responsáveis pelas trocas gasosas, balanço

osmótico, excreção de compostos nitrogenados e manutenção do balanço ácido básico (MENKE *et al.*, 2011).

Uma característica importante no que diz respeito às trocas gasosas (O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>) é o contato direto das brânquias com o ambiente aquático, sendo particularmente sensíveis à presença de substâncias tóxicas (BARRETO, 2007).

As brânquias no zebrafish, não são o principal local para trocas gasosas e iônicas durante o estágio larval e recém eclodido, quando tanto gases como íons são trocados exclusivamente por difusão através da pele. Após alguns dias, durante a transformação para o estágio juvenil, as brânquias começam a assumir função respiratória nos dois locais e após toda a metamorfose ter se completado as brânquias tornam-se o principal local para a respiração e regulação iônica (DAMMSKI *et al.*, 2011).

**Figura 5-** Anatomia das brânquias do zebrafish.



**Fonte:** Adaptado de LIN; CHEN; HU, 2022

**Legenda:** (A) Brânquias do zebrafish em ambos os lados. (B) estrutura anatômica das brânquias - 1. Filamento branquial; 2. Arco branquial.

#### 4.2.5 Sistema urogenital

Nos zebrafish, os rins estão localizados na região retroperitoneal e são divididos em porções cranial e caudal, também conhecidas como cabeça e corpo do rim, respectivamente (DAMMSKI *et al.*, 2011).

A principal função dos rins em teleósteos de água doce é eliminar o grande volume de água que entra pelas brânquias.

Os ossos do zebrafish não apresentam cavidade medular, como é encontrado em mamíferos, e o tecido hematopoiético encontra-se no rim e no baço. Nos adultos, a hematopoiese ocorre no interstício anterior e posterior do rim (MENKE *et al.*, 2011). Como outros teleósteos, o zebrafish não possui linfonodos.

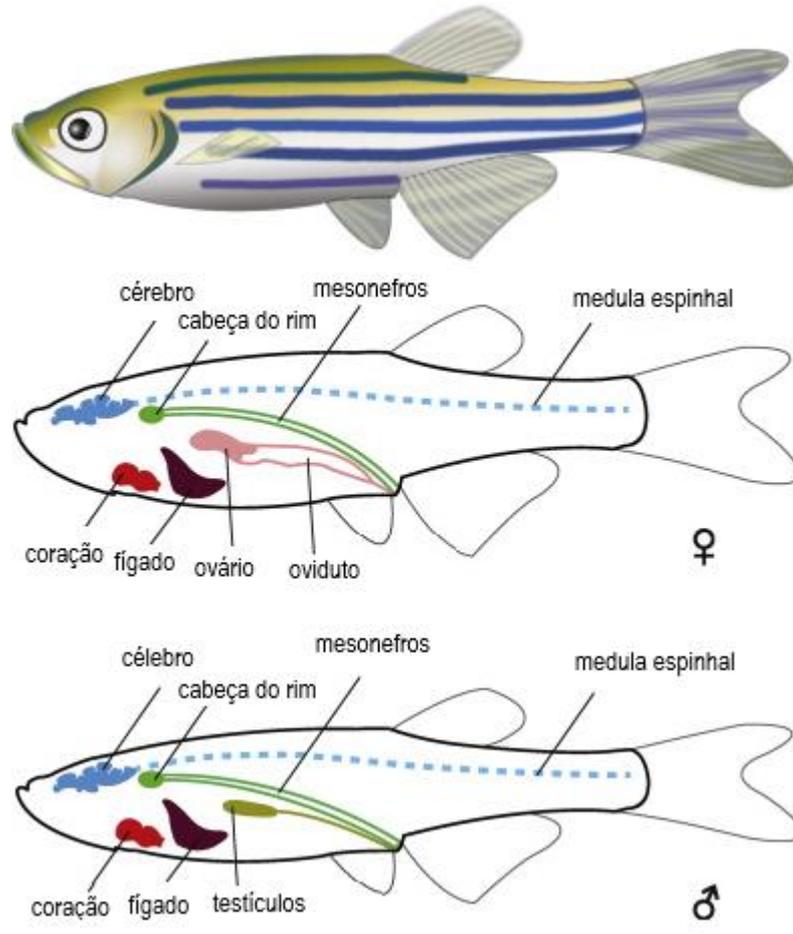
Juntamente com o baço, o rim forma o principal órgão de filtração para a remoção de agentes estranhos e células sanguíneas defeituosas (MENKE *et al.*, 2011). As principais funções dos rins do zebrafish e a sua anatomia glomerular são similares às dos humanos.

Uma característica marcante no sistema urogenital do zebrafish, é a ausência da bexiga urinária e da próstata (DAMMSKI *et al.*, 2011).

Na reprodução do zebrafish, a biologia molecular e a embriologia das células germinativas são similares às dos humanos. Nos machos com um par de testículos, que são órgãos laterais pareados que compreendem uma série de túbulos ou sacos cegos, que são revestidos com epitélio espermatozoides e nas fêmeas os ovários são compostos por vários oócitos (Figura 6), a diferença é que em zebrafish a fertilização acontece na água e ao invés de terem zona pelúcida, eles têm córion (DAMMSKI *et al.*, 2011).

Trabalhos têm sido publicados com ambos os sexos de zebrafish a fim de identificar genes candidatos que possam estar envolvidos no processo de diferenciação sexual. Diversos fatores ambientais podem influenciar a diferenciação sexual em zebrafish, dentre os principais estão a temperatura, que pode afetar diretamente a proporção sexual de indivíduos da população e também retardar ou acelerar o desenvolvimento sexual (OSPINA-ÁLVAREZ *et al.*, 2008).

**Figura 6-** Sistema urogenital.



**Fonte:** Adaptado de TOKARZ; *et al.*, 2013

**Legenda:** Presença de oviduto e ovário nas fêmeas e testículos nos machos.

#### 4.2.6 Sistema cardiovascular

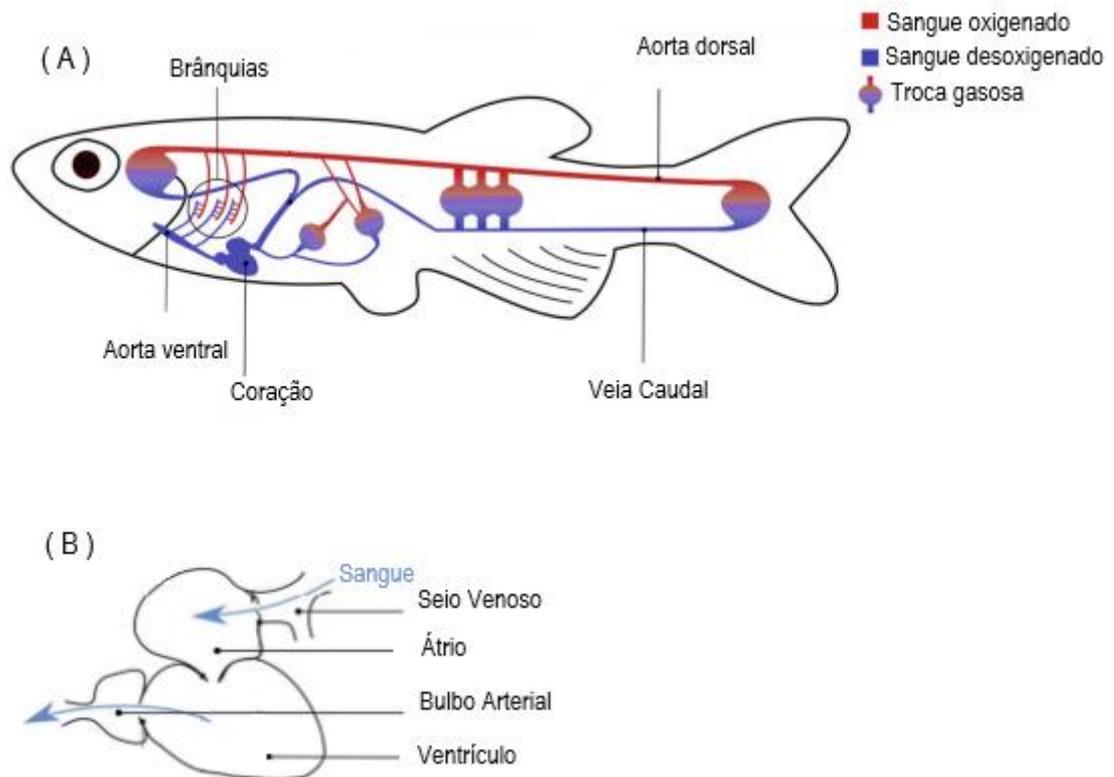
O coração do zebrafish possui duas câmaras chamadas de átrio e ventrículo que estão situadas anteriormente à maior cavidade corporal e ventral ao esôfago. O sangue chega ao coração através de um trato de entrada (seio venoso) e um trato de saída (bulbo arterial). A entrada do sangue desoxigenado inicia no seio venoso e passa para o átrio através da válvula sino atrial. Com a contração do átrio e a dilatação do ventrículo, forçam o sangue para o ventrículo através da válvula atrioventricular. O ventrículo, por sua vez, sofre uma contração que gera uma pressão relativamente alta, bombeando o sangue para o bulbo arterial. (MENKE *et al.*, 2011).

O bulbo arterial confere um fluxo constante e contínuo de sangue aos arcos branquiais, que são os locais principais de oxigenação sanguínea nos adultos. A

partir deste ponto, o sangue é distribuído, através da aorta dorsal, para o resto do corpo (Figura 7) (DAMMSKI *et al.*, 2011).

O desenvolvimento do coração começa a partir de cinco horas após a fertilização, os progenitores cardíacos estão presentes nas zonas marginais laterais do embrião em estágio de clivagem (BAKKERS, 2011). Os embriões de zebrafish podem sobreviver aos primeiros sete dias de seu desenvolvimento sem um sistema cardiovascular funcional, recebendo oxigênio por difusão passiva através da pele (STAINIER, 2001).

**Figura 7-** Sistema cardiovascular.



**Fonte:** Adaptado de HOAREAU; *et al.*, 2022.

**Legenda:** Em (A) O coração bombeia sangue desoxigenado para a aorta ventral, que distribui para as artérias branquiais aferentes, levando a brânquias. Uma vez oxigenado, o sangue é drenado para artérias branquiais eferentes, para então ser coletado na artéria dorsal, que supre as partes anterior e posterior do peixe. As trocas são feitas em capilares e o sangue desoxigenado é devolvido ao coração para um novo ciclo. (B) Coração do zebrafish ilustrando suas quatro cavidades e a direção do sangue indicada pelas setas azuis.

#### 4.2.7 Sistema nervoso e sensorial

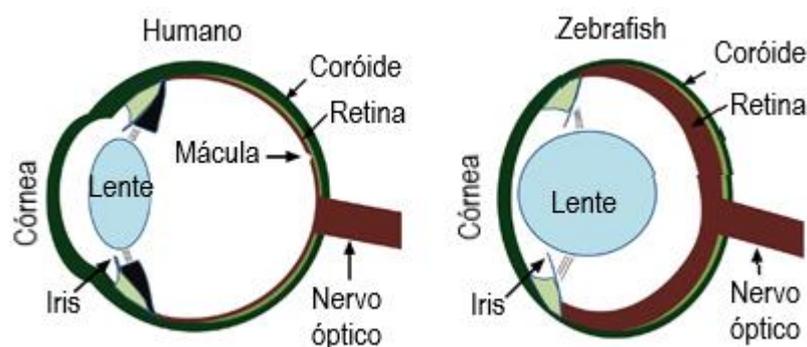
O olho do zebrafish é semelhante ao dos humanos em sua morfologia, fisiologia, expressão gênica e função (Figura 8) (SANTORIELLO *et al.*, 2012). Por apresentarem olhos grandes em relação ao tamanho total do seu corpo, torna-se um ótimo modelo durante a embriogênese inicial e apresentam respostas positivas no período de 72h após a fertilização (hpf), isso acontece quando a retina do zebrafish se assemelha à morfologia da retina adulta que é anatomicamente e funcionalmente semelhantes aos humanos (RICHARDSON *et al.*, 2016).

Em peixes adultos, o som é sentido através das contribuições combinadas dos otólitos, bexiga natatória e linha lateral (FAVRE-BULLE; *et al.*, 2020).

O zebrafish não possui um órgão auditivo como a cóclea, mas apresenta órgãos otolíticos vestibulares semelhantes aos dos mamíferos, como o sáculo e utrículo (Figura 9), (URIBE; *et al.*, 2013), eles podem detectar frequências auditivas entre 100 Hz e 4000 Hz (HIGGS; *et al.*, 2002). Além do órgão auditivo, os zebrafish possuem um segundo órgão mecanosensorial a linha lateral, que consiste em neuromastos que residem ao longo da cabeça e do corpo (Figura 10) (KALMIJN, 1989). Esse mecanismo está envolvido em uma série de comportamentos, incluindo fuga de predadores, formação de cardumes e reprodução (DAMMSKI *et al.*, 2011).

Além de regular a flutuabilidade, a bexiga natatória se expande e comprime à medida que as ondas de pressão passam, essas vibrações são retransmitidas para o ouvido através do ossículo weberiano (FAVRE-BULLE; *et al.*, 2020).

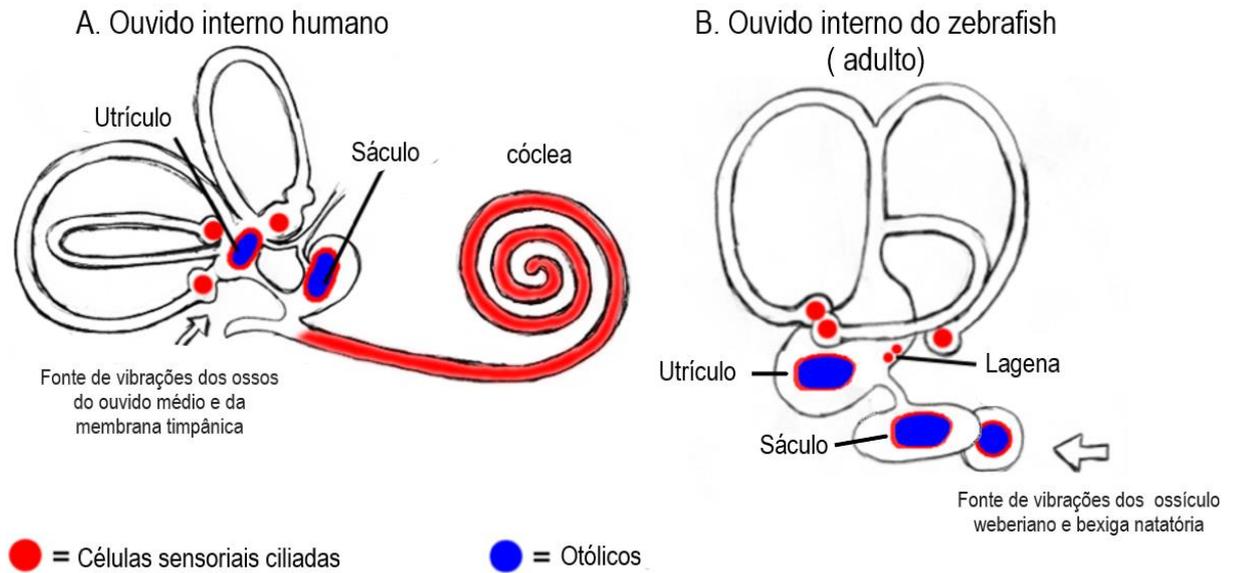
**Figura 8-** Representação esquemática do olho.



**Fonte:** Adaptado de CHHETRI; *et al.*, 2014

**Legenda:** Comparação do olho humano e do zebrafish. Os olhos humanos e do zebrafish diferem principalmente no formato da lente e no espaço entre a lente e a retina.

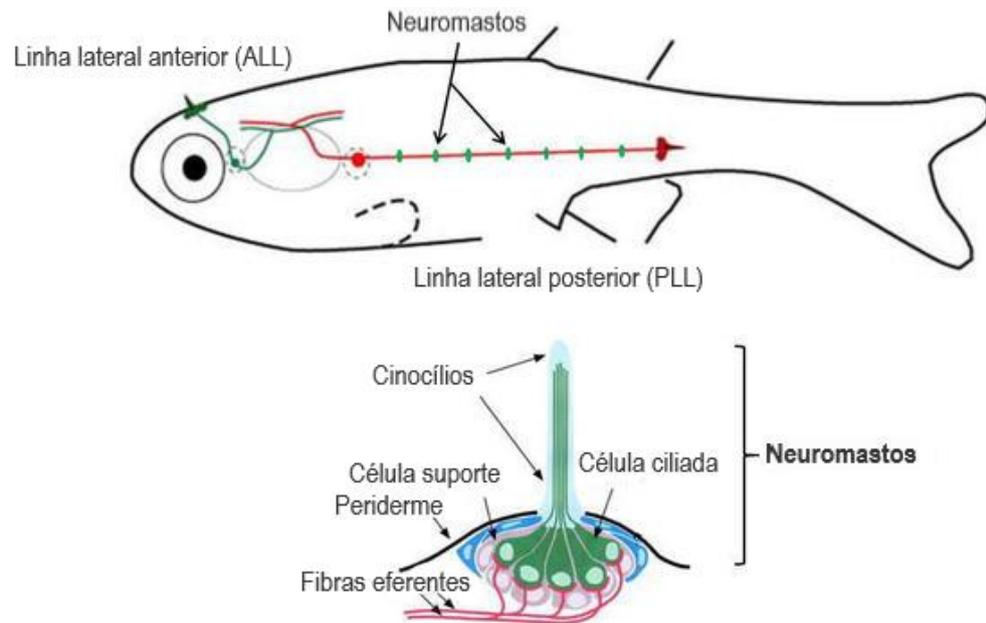
**Figura 9- Órgão auditivo.**



**Fonte:** Adaptado de SPYCHALLA, 2014

**Legenda:** Em (A) ouvido interno humano. (B) ouvido interno do zebrafish adulto. A localização das células sensoriais ciliadas está indicada em vermelho; as localizações dos otólitos estão indicadas em azul. A sensação auditiva é realizada pela cóclea em humanos e pelo sáculo e lagena no zebrafish. Os seres humanos e o zebrafish usam os órgãos maculares do utrículo e do sáculo para detectar a aceleração linear como parte de seus sistemas vestibulares.

**Figura 10 - Linha lateral.**



**Fonte:** Adaptado de NASRI; *et al.*,2022

**Legenda:** Geralmente, a linha lateral é subdividida em duas, a linha lateral anterior (ALL) que compreende os neuromastos presentes na cabeça, mandíbula e opérculo, e seus neurônios sensoriais formam o gânglio ALL, rostral à orelha, e a linha lateral posterior (PLL) que contém os neuromastos no tronco e na cauda e seus neurônios sensoriais formam o gânglio PLL, caudal à orelha. Tanto o ALL quanto o PLL são compostos por diversas filiais.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O zebrafish tem mostrado que é um modelo promissor para estudar diversas doenças. Características como manutenção de baixo custo, alta prolificidade, fecundação externa, transparência de embriões e larvas e rápido desenvolvimento, torna esse modelo mais atrativo. Através dos dados levantados, nota-se que o zebrafish pode contribuir significativamente para a prevenção e controle de muitas doenças, pois compartilham uma alta similaridade com os humanos.

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

- ALVARADO, Alejandro Sánchez; TSONIS, Panagiotis A.. Bridging the regeneration gap: genetic insights from diverse animal models. **Nature Reviews Genetics**, [S.L.], v. 7, n. 11, p. 873-884, nov. 2006.
- BAKKERS, J. Zebrafish as a model to study cardiac development and human cardiac disease. **Cardiovascular Research**, [S.L.], v. 91, n. 2, p. 279-288, 19 maio 2011.
- BARRETO, T. de R. **Alterações morfofuncionais e metabólicas no teleósteo de água doce matrinxã, *Brycon cephalus* (GÜNTHER, 1869) exposto ao organofosforado metil paration (Folisuper 600 BR®)**. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2007.
- BIRD, Nathan C.; MABEE, Paula M.. Developmental morphology of the axial skeleton of the zebrafish, *Danio rerio* (Ostariophysi: cyprinidae). **Developmental Dynamics**, [S.L.], v. 228, n. 3, p. 337-357, 21 out. 2003.
- BRAUNBECK, Thomas; LAMMER, Eva. Fish embryo toxicity assays. **German Federal Environment Agency**, v. 298, p. 7-119, 2006.
- CHHETRI, J; JACOBSON, G; GUEVEN, N. Zebrafish—on the move towards ophthalmological research. **Eye**, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 367-380, 7 fev. 2014.
- DAMMSKI, A.P. *et al.* Zebrafish: **manual de criação em biotério**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011.
- FAVRE-BULLE, Itia A.; TAYLOR, Michael A.; MARQUEZ-LEGORRETA, Emmanuel; VANWALLEGHEM, Gilles; POULSEN, Rebecca E.; RUBINSZTEIN-DUNLOP, Halina; SCOTT, Ethan K.. Sound generation in zebrafish with Bio-Opto-Acoustics. **Nature Communications**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 1-8, 30 nov. 2020.
- FERREIRA, Lydia Masako; HOCHMAN, Bernardo; BARBOSA, Marcus Vinícius Jardim. Modelos experimentais em pesquisa. **Acta Cirurgica Brasileira**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 28-34, 2005.
- FERRERI, F.; NICOLAIS, C.; BOGLIONE, C.; BMERTOLINE, B.. Skeletal characterization of wild and reared zebrafish: anomalies and meristic characters. **Journal Of Fish Biology**, [S.L.], v. 56, n. 5, p. 1115-1128, maio 2000.
- FUKUSHIMA, Hirla; BAILONE, R. L.; BAUMGARTNER, I.; BORRA, R. C.; CORREA, T.; AGUIAR, L.K. de; JANKE, H.; ROÇA, R.; SETTI, P.G. Potenciais usos do modelo animal Zebrafish *Danio rerio* em pesquisas na Medicina Veterinária. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do Crmv-Sp**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 3-4, 1 jun. 2020.

---

<sup>1</sup> De acordo com: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: Informação e documentação - referências - elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

HANSEN, Anne; REUTTER, Klaus; ZEISKE, Eckart. Taste bud development in the zebrafish, *Danio rerio*. **Developmental Dynamics**, [S.L.], v. 223, n. 4, p. 483-496, 21 mar. 2002.

HIGGS, Dennis M.; SOUZA, Marcy J.; WILKINS, Heather R.; PRESSON, Joelle C.; POPPER, Arthur N.. Age- and Size-Related Changes in the Inner Ear and Hearing Ability of the Adult Zebrafish (*Danio rerio*). **Jaro - Journal Of The Association For Research In Otolaryngology**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 174-184, 1 jun. 2002.

HOAREAU, Marie; KHOLTI, Naïma El; DEBRET, Romain; LAMBERT, Elise. Zebrafish as a Model to Study Vascular Elastic Fibers and Associated Pathologies. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 2102, 14 fev. 2022.

KALMIJN, Ad. J.. Functional Evolution of Lateral Line and Inner Ear Sensory Systems. **The Mechanosensory Lateral Line**, [S.L.], p. 187-215, 1989.

LAWRENCE, Christian. The husbandry of zebrafish (*Danio rerio*): a review. **Aquaculture**, [S.L.], v. 269, n. 1-4, p. 1-20, set. 2007.

LEPRÉVOST, A.; SIRE, J.-Y.. Architecture, mineralization and development of the axial skeleton in Acipenseriformes, and occurrences of axial anomalies in rearing conditions; can current knowledge in teleost fish help? **Journal Of Applied Ichthyology**, [S.L.], v. 30, n. 4, p. 767-776, 25 jul. 2014.

LIN, Jinxing; CHEN, Qiusheng; HU, Jianhua. Digestive Tract. **Color Atlas Of Zebrafish Histology And Cytology**, [S.L.], p. 31-81, 2022.

LIN, Jinxing; CHEN, Qiusheng; HU, Jianhua. Respiratory System. **Color Atlas Of Zebrafish Histology And Cytology**, [S.L.], p. 113-130, 2022.

MENKE, Aswin L.; SPITSBERGEN, Jan M.; WOLTERBEEK, Andre P. M.; WOUTERSEN, Ruud A.. Normal Anatomy and Histology of the Adult Zebrafish. **Toxicologic Pathology**, [S.L.], v. 39, n. 5, p. 759-775, 2 jun. 2011.

MOREIRA, H.L.M.; VARGAS, L; RIBEIRO, RP.; ZIMMERMANN, S. 17 **Fundamentos na moderna aquicultura**. Canoas: ULBRA, 2001. 200p.

NASRI, Ahmed; AÏSSA, Patricia; MAHMOUDI, Ezzeddine; BEYREM, Hamouda; PERRIER, Véronique. Endocrine Disruptor Impact on Zebrafish Larvae: posterior lateral line system as a new target. **Environmental Sciences**, [S.L.], p. 3-3, 13 abr. 2022.

OSPINA-ÁLVAREZ, Natalia; PIFERRER, Francesc. Temperature-Dependent Sex Determination in Fish Revisited: prevalence, a single sex ratio response pattern, and possible effects of climate change. **Plos One**, [S.L.], v. 3, n. 7, p. 28-37, 30 jul. 2008.

RICHARDSON, R; TRACEY-WHITE, D; A WEBSTER,; MOOSAJEE, M. The zebrafish eye—a paradigm for investigating human ocular genetics. **Eye**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 68-86, 9 set. 2016.

RIVERO-WENDT CLG; MATIAS, Rosemary; NASCIMENTO, Giovana Coutinho Zulin do; HEREDIA-VIEIRA, Silvia Cristina; SANTOS, Magno Rafael Miranda; PINTO JÚNIOR, Osvaldo Borges. Zebrafish: recomendações de manutenção em laboratório. **Uniciências**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 141-145, 23 fev. 2021.

SANTORIELLO, Cristina; ZON, Leonard I.. Hooked! Modeling human disease in zebrafish. **Journal Of Clinical Investigation**, [S.L.], v. 122, n. 7, p. 2337-2343, 2 jul. 2012.

SILVEIRA, Themis Reverbel da; SCHNEIDER, Ana Claudia; HAMMES, Thais Ortiz. Zebrafish: modelo consagrado para estudos de doenças humanas. **Ciência e Cultura**, [S.L.], v. 64, n. 2, p. 4-5, jun. 2012.

SPENCE, R.; GERLACH, G.; LAWRENCE, C. *et al.* The behavior and ecology of the zebrafish *Danio rerio*. **Biological Reviews**, London, v. 83, n. 1, p. 13-34, Feb 2008.

SPYCHALLA, Luke David. Zebrafish as a model for determining the mechanisms causing deafness in MYH9-related disease. **Semantic scholar**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 21, agosto. 2014.

STAINIER, Didier Y. R. Zebrafish genetics and vertebrate heart formation. **Nature Reviews Genetics**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 39-48, jan. 2001.

STREISINGER, George; WALKER, Charline; DOWER, Nancy; KNAUBER, Donna; SINGER, Fred. Production of clones of homozygous diploid zebra fish (*Brachydanio rerio*). **Nature**, [S.L.], v. 291, n. 5813, p. 293-296, maio 1981.

TOKARZ, Janina; MÖLLER, Gabriele; ANGELIS, Martin Hrabě de; ADAMSKI, Jerzy. Zebrafish and steroids: what do we know and what do we need to know?. **The Journal Of Steroid Biochemistry And Molecular Biology**, [S.L.], v. 137, p. 165-173, set. 2013.

URIBE, Phillip M.; SUN, Huifang; WANG, Kevin; ASUNCION, James D.; WANG, Qi; CHEN, Chien-Wei; STEYGER, Peter S.; SMITH, Michael E.; MATSUI, Jonathan I.. Aminoglycoside-Induced Hair Cell Death of Inner Ear Organs Causes Functional Deficits in Adult Zebrafish (*Danio rerio*). **Plos One**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 58755, 22 mar. 2013.