

OSTEICHTHYES

Considerações gerais:

- Pele com muitas glândulas mucosas;
- Geralmente com escamas dérmicas;
- Nadadeiras medianas e pares sustentadas por raios cartilagosos ou ósseos;
- Pecilotérmicos;
- Gônadas pares; geralmente ovíparos;
- Maxila e mandíbula bem desenvolvidas, articuladas com o crânio;
- 10 pares de nervos cranianos.

Sistemas:

Digestivo: completo

- boca terminal;
- dentes homodontes, polifiodontes e acrodontes;
- cecos pilóricos entre o estômago e o **intestino** \Rightarrow geralmente desprovido de **tiflosole**;
- Pâncreas;
- Fígado com vesícula biliar.

Respiratório: - Branquial

- Pulmonar

(Dipnóicos)

- 4 pares de brânquias

Circulatório: fechado

- coração (1A/1V); coração → corpo → brânquias

Excretor: - pronefron (embrião)
- mesonefron (adulto)
- bexiga urinária

Nervoso: ganglionar centralizado

- Encéfalo;
- Nervos cranianos (10p);
- Arcos neurais;
- Nervos espinhais.

Órgãos dos Sentidos:

- Bolsas olfativas;
- Botões gustativos;
- Ouvido/ Otolito.

Tegumentar:

- Escamas dérmicas: ciclóides, ganóides, ctenóides;
- Epiderme estratificada;
- Derme: cromatóforos/fotóforos
- Glândulas mucosas

Esquelético: ósseo

- divide-se em:
 1. axial (crânio e coluna vertebr.)
 2. zonar (cintura escapular e pél.)
 3. apendicular (membros ant./pos.)
- coluna vertebral;
- restos de notocorda entre as vértebras;

- nadadeiras: . Pares -peitorais
 - pélvicas
- . Ímpares -dorsal
 - caudal

- **sem osso esterno;**
- **sem côndilos no occipital;**

Muscular: músculos segmentares

Reprodutor:

- Maioria dióicos;
- Maioria fecundação externa;
- Alevino;
- Maioria ovíparos;
- Anaminiotas e analantoidianos;
- vesícula vitelínica.

- 73% da superfície terrestre está coberta por água → oferece diferentes habitats.

- Primeiros fósseis de peixes



Siluriano Superior.

- Adaptaram-se nos diferentes habitats aquático



Diversidade do grupo reflete especializações selecionadas pelos diferentes habitats.

- Mecanismos alimentares → um dos principais elementos na evolução.

BRÂNQUIAS



OBTENÇÃO DE OXIGÊNIO

H₂O → Bombeada por ação muscular através das brânquias



- expansão da cav. oro-faríngea
- movimento dos ossos operculares



funcionam como válvulas que direcionam o fluxo da água → cavidade faríngea → cavidades operculares → meio externo

- troca gasosa → lamelas secundárias
- peixes pelágicos → capac. de bombeamento perdido ou muito reduzido



NATAÇÃO → cria contracorrente de H₂O para dentro da boca



“ram respiration”

Sistema de contracorrente ⇒ assegura máxima difusão para dentro das brânquias.

-**Peixes pelágicos ativos** que mantêm atividade por longos períodos de tempo → **filamentos branquias rígidos.**



- área respiratória relativa// maior
- maior capac. transp. O_2 /mm sangue
Peixes que vivem em **ambientes de baixas conc. de O_2** → estruturas respiratórias acessórias para captar O_2 atmosférico.

Electroforus eletricus → abocanha de tempos em tempos o ar atmosférico



difunde-se pela mucosa faríngea para dentro da corrente sanguínea.

- peixes que **engolem o ar** → extraem O_2 → mucosa de diferentes regiões do trato digestivo

Anabantidae (Ásia Tropical) → têm câmaras vascularizadas → região posterior da faringe → trocas gasosas.

Respiração aérea facultativa



desviam a captura do O_2 para órgão acessórios quando a pressão do O_2 do meio fica muito baixa.

Poraquê; Anabantidae; peixes pulmonados sulamericanos e africanos → resp. aérea obrigatória.

Locomoção: contrações musculares de um lado do corpo e relaxamento simultâneo dos músculos antagônicos do outro lado do corpo.

Movimentos ondulatórios:

1. **Anguiliformes:** peixes alongados e flexíveis → capazes de curvar metade do corpo na forma de um semi-círculo.

2. **Carangiformes:** ondulações limitadas à região caudal.

3. **Ostraciformes:** corpo inflexível → ondulações só ocorrem na caudal.

Aumentam a eficiência natatória



- . forma do corpo
- . estrutura da superfície corpórea
- . nadadeiras e arranjo muscular

Peixes pelágicos



Flutuabilidade



Negativa \Rightarrow nadam constante// para neutralizar a gravidade



Atum / Espadarte / Cavala / Cação

Neutra \Rightarrow resultante da bexiga natória cheia de ar \rightarrow peixes que se mantêm parados na coluna d'água \rightarrow bexiga nataória bem desenvolvida.

BEXIGA NATATÓRIA



Vesícula repleta de ar originária de uma evaginação dorsal do trato digestivo embrionário.



Ocupa 5% do volume do corpo

- Pressão da coluna d'água aumenta quando a prof. aumenta



Bexiga natatória → **colapsar**

- Pressão da coluna d'água diminui quando a profundidade diminui



Bexiga natatória → **expandir**

Quando o peixe **sobe** na coluna d'água o **ar** de dentro da bexiga vai sendo **expelido**.

Quando o peixe **afunda** o **ar** vai sendo colocado **dentro** da bexiga

Fisóstomos: mantêm um ducto (**ducto pneumático**) que conecta o esôfago à bexiga natatória



podem abocanhar o ar na superfície da água para encher a B.N. e expulsá-lo por meio de bolhas quando estão subindo na coluna d'água.

Fisoclistos: ducto pneumático ausente.



O gás não pode ser eliminado pelo trato digestivo como no caso dos fisóstomos.

Apresentam → glândula de gás muito vascularizada ⇒ **rede mirabile** → vasos que são responsáveis pela troca de gases entre o sangue e a bexiga natatória.



Gl. de gás libera ácido láctico no sangue → acidez do sangue na rede mirabile facilita a liberação do O₂ preso na HG.

Muitos peixes de profundidade



depósitos de óleo de baixa densidade dentro da B.N. ou → B.N. reduzida ou ausente ⇒ no seu lugar ricos depósitos de lipídios distribuídos pelo corpo.

→ promovem a flutuabilidade

Fisoclistos → **válvula oval** → a alta pressão interna dos gases na B.N.

promove a difusão dos mesmos para dentro sangue da rede mirabile associada à gl. oval



para compensar a expansão do gás durante a ascensão na coluna d'água

Peixes mesopelágicos que realizam grandes deslocamentos verticais



dependem mais dos lipídios do que do gás para regular a flutuabilidade

Produção de impulso

natação para frente → empurram para trás a coluna d'água.

Anguiliformes e Carangiformes



aumentam a velocidade de natação aumentando a frequência de ondulações corpóreas.



velocidade aumenta pq. o peixe aplica mais força sobre a água por unidade de tempo.

Enguias



corpo alongado limita velocidade



movimentos ondulatórios aumentam o atrito → corpo/ água

Peixes que nadam mais rápidos não são flexíveis → força gerada pela contração dos músculos segmentares anteriores → transferido para o pedúnculo caudal.

Atum



estruturas especializadas natação mais rápida



pedúnculo caudal rígido
caudal muito expandida verticalmente

Água X Sistema Sensorial

- Olhos bem desenvolvidos;
- **Botões gustativos:** .boca
 - . redor da cabeça
 - . nadadeiras ant.
- **Botões quimiorreceptores** → detectam substâncias solúveis na água;
- **Órgãos olfatórios** no focinho → detectam substâncias não tão solúveis na água;

Cações e Salmões



capazes de detectar compostos odoríferos dissolvidos numa conc. de até 1ppm

- Quimiorreceptores:

1. Procura de alimento;
2. Orientação no meio aquático;
3. Posição e distância da presa

Migração do Salmão



1. Direcionada para os cursos d'água onde nasceram;
2. O percurso é encontrado → reconhecem os odores das drenagens por onde passou durante seu desenvolvimento, que ficaram impressos no cérebro.
3. Destruindo órgãos olfatórios do ele não consegue encontrar a dre-

nagem onde nasceu.

Produção de Eletricidade X Eletrorrecepção

- corrente elétrica é gerada em tecidos musculares modificados;

- **eletrócitos** → perderam a capac. de se contrair e especializaram-se na produção de correntes iônicas;



-arranjados em pilhas ou em série



- sincronismo das descargas dos eletrócitos



simultaneidade dos impulsos nervosos

que excitam céls. musculares

- pode detectar através de distorções em seu campo elétrico → presença e posição de objetos e organismos ao seu redor;

- pode perceber descarga elétrica de outro peixe (eletrocomunicação e/ou eletrolocação);

- a pele dos teleósteos que produzem descargas elétricas de baixa potência contêm receptores sensoriais especiais



1. órgãos ampulares: detectam cargas tônicas (estáticas);

2. órgãos tuberosos: detectam cargas fásicas (variáveis).

- OSTEICHTHYES

- ⇒ 73% da superfície terrestre está coberta por água, que oferece diferentes habitats, desde os oceanos até lagos e rios.
- ⇒ Os habitats aquáticos estão entre os mais produtivos do planeta.
- ⇒ PEIXES → adaptações para todos estes diferentes habitats, sendo que a diversidade do grupo reflete as especializações selecionadas pelos diferentes habitats.
- ⇒ 1/3 dos peixes vive exclusivamente em água doce.

⇒ OS PRIMEIROS FÓSSEIS DE PEIXES ÓSSEOS ⇒ SILURIANO SUPERIOR.

⇒ OS MECANISMOS ALIMENTARES FORAM UM DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS NA EVOLUÇÃO DOS PEIXES.

OBTENÇÃO DE O₂ : BRÂNQUIAS

- ⇒ protegidas no interior de bolsas faríngeas;
- ⇒ projeções vascularizadas situadas lateralmente sobre os arcos branquiais;
- ⇒ H₂O → é bombeada por ação muscular através das brânquias:

1. expansão da cavidade oro-faríngea;
2. movimento dos ossos operculares.



funcionam como válvulas que direcionam o fluxo da água no sentido da cavidade faríngea para as cavidades operculares e meio externo.

- ⇒ assim que a água sai da cavidade oro-faríngea → entra em íntimo contato com as superfícies vascularizadas. A troca gasosa ocorre nas lamelas secundárias (LAURENT & DUNEL, 1980);
- ⇒ o bombeamento das cavidades oro-faríngea e operculares → pressão positiva através das brânquias;
- ⇒ peixes pelágicos → capacidade de bombeamento → perdido ou muito reduzido → NATAÇÃO cria contracorrente d'água para dentro da boca que fica entreaberta ("ram respiration" → respiração forçada).

O filamento branquial é irrigado por **2** artérias:

1. Aferente ⇒ sangue flui do arco para a extremidade do filamento;

2. Eferente ⇒ sangue flui da extremidade do filamento para o arco.

⇒ Cada lamela $2^{\text{ária}}$ → espaço de sangue envolto por epitélio muito fino através do qual ocorre a troca gasosa.

⇒ ⇒ fluxo de sangue através da lamela $2^{\text{ária}}$ é contrário ao da água que circunda a brânquia → **SISTEMA DE CONTRACORRENTE** ⇒ assegura o máximo de difusão para dentro das brânquias.

⇒ Peixes pelágicos ativos que mantêm a atividade por longos períodos de tempo têm **filamentos branquiais rígidos**:

→ área respiratória é relativamente maior;

→ maior capacidade de transporte de O_2 / mm de sangue.

⇒ Aumento de temperatura reduz a solubilidade do O_2 na água → peixes que vivem em ambientes de baixas concentrações de O_2 → apresentam estruturas respiratórias acessórias ⇒ captar o O_2 atmosférico.

Electrophorus electricus ⇒ abocanha de tempos em tempos o ar atmosférico e o O_2 difunde-se rapidamente pela mucosa faríngea para dentro da corrente sanguínea.

Outros peixes engolem ar e extraem o O_2 através da mucosa de diferentes regiões do trato digestivo.

Família Anabantidae (Ásia tropical) ⇒ têm câmaras vascularizadas na região posterior da faringe (labirinto) ⇒ trocas gasosas entre o ar e o sangue.

Muitos peixes têm respiração aérea facultativa ⇒ desviam a captura do O_2 feita pelas brânquias para órgãos acessórios quando a pressão do O_2 do meio aquático fica muito baixa.

Poraquê e anabantídeo ⇒ respiração aérea obrigatória.

Peixes pulmonados sulamericanos e africanos ⇒ respiração aérea obrigatória → morrem afogados quando mantidos embaixo d'água.

Peixes pulmonados ⇒ pulmões → estruturas derivadas de evaginações do trato digestivo embrionário.

LOCOMOÇÃO NA ÁGUA:

- ⇒ é o resultado de contrações dos músculos de um lado do corpo e do relaxamento simultâneo dos músculos antagônicos correspondentes do outro lado do corpo.
- ⇒ BREDER (1926) → classificou os movimentos ondulatórios dos peixes em 3 tipos:
 1. **anguiliforme**: peixes alongados e flexíveis, capazes de curvar metade do corpo na forma de um semi-círculo;
 2. **carangiforme**: ondulações limitadas à região caudal; curvatura do corpo é de menor amplitude que a do caso anterior;
 3. **ostraciforme**: corpo inflexível; ondulações só ocorrem na nadadeira caudal.
- ⇒ especializações → forma do corpo, estrutura da superfície corpórea, nadadeiras e arranjo muscular → aumentam a eficiência natatória.
- ⇒ um peixe nadando deve vencer a força de gravidade produzindo uma força de ascensão, e a força de resistência da água produzindo uma força de impulso;
- ⇒ ocorrem também gasto de energia muscular empurrando para trás a água ao seu redor para movimentar-se para frente;
- ⇒ densidade média dos tecidos é maior que na água ⇒ afundam ∴ reduzir a densidade total por meio de flutuador ou forças de ascensão (**movimentos propulsores**);
- ⇒ alguns peixes pelágicos → têm flutuabilidade negativa → nadam constantemente para neutralizar a gravidade (atum, cavala, espadarte, cação)
- ⇒ outros → a ascensão é acompanhada pela expansão das amplas nadadeiras peitorais num ângulo de ataque positivo para que a água flua sobre ela.
- ⇒ muitos peixes ósseos têm flutuabilidade neutra e matêm sua posição na coluna d'água sem mover o corpo → região dorsal das nadadeiras peitorais se opõem a uma força que impulsiona o corpo para frente → gerada pela expulsão da água pelas fendas branquiais durante cada ciclo respiratório.
- ⇒ flutuabilidade neutra resultante da bexiga natatória cheia de ar → os peixes que mantêm-se parados na coluna d'água → bexiga natatória bem desenvolvida.

BEXIGA NATATÓRIA:

- ⇒ vesícula repleta de ar originária de uma evaginação dorsal do trato digestivo embrionário;
- ⇒ ocupam \cong 5% do volume do corpo;
- ⇒ teleósteo não sobem nem desce na coluna d'água e gasta muito pouca energia para manter sua posição no meio aquático; entretanto, para manter a flutuabilidade neutra o volume da bexiga natatória deve se manter constante;
- ⇒ corpo → sujeito a variação de pressão nas diferentes profundidades;
- ⇒ pressão da coluna d'água aumenta quando → profundidade aumenta → bexiga natatória tende a colapsar;
- ⇒ pressão da coluna d'água diminui quando → profundidade diminui → bexiga natatória tende a se expandir;
- ⇒ quando o peixe sobe na coluna d'água o ar de dentro da bexiga vai sendo expelido e quando o peixe afunda o ar vai sendo colocado dentro da bexiga;
- ⇒ teleósteos mais primitivos → mantêm um ducto que conecta o esôfago à bexiga natatória (**ducto-pneumático**) = **peixes fisóstomos** → podem abocanhar o ar atmosférico na superfície da água para encher a bexiga natatória e expulsá-lo por meio de bolhas quando estão subindo na coluna d'água.
- ⇒ muitos peixes fisóstomos utilizam a bexiga natatória como um órgão de respiração aérea acessória → como um pulmão (neste caso o ducto-pneumático funciona análoga à traquéia dos vertebrados terrestres).
- ⇒ teleósteos mais diferenciados → ducto-pneumático = ausente → **fisoclistos**
- ⇒ o gás não pode ser eliminado pelo trato digestivo como no caso dos fisóstomos → injetar gás para dentro da bexiga natatória ⇒ **glândula de gás** → muito vascularizada → **rede mirabile** = vasos que são responsáveis pela troca de gases entre o sangue e a bexiga natatória, especialmente o oxigênio que é transportado pela HG dos glóbulos vermelhos.



A GL. DE GÁS LIBERA ÁCIDO LÁTICO NO SANGUE → A ACIDEZ DO SANGUE NA REDE MIRABILE FACILITA A LIBERAÇÃO DO O₂ PRESO NA HG.

- ⇒ Devido a anatomia da rede mirabile existe um sistema de **contracorrente múltiplo** ⇒ O₂ da HG é liberado e armazenado no sangue aumentando a pressão de O₂ no sangue que ultrapassa a pressão do O₂ existente no interior da bexiga natatória. Quando isso acontece → O₂ se difunde do sangue para dentro da bexiga natatória → ajustando o volume desta vesícula.
- ⇒ O comprimento dos capilares sanguíneos da rede mirabile multiplica a difusão do O₂ livre no sangue.
- ⇒ Para compensar a expansão do gás durante a ascensão na coluna d'água = os fisoclistos abrem uma válvula muscular = **oval** → a alta pressão interna dos gases na bexiga natatória promove a difusão dos mesmos para dentro do sangue desta rede de capilar associada à glândula oval.

- ⇒ Muitos peixes de profundidade → depósitos de óleo de baixa densidade dentro da bexiga natatória ou → bexiga natatória reduzida ou ausente ⇒ no seu lugar ricos depósitos de lipídios distribuídos pelo corpo.
- ⇒ Lipídios → promovem a flutuabilidade → o volume de gás da bexiga natatória é pequeno, para o peixe afundar a quantidade necessária de gás para manter o volume deste órgão é pequena.
- ⇒ Entretanto → é necessário que a rede mirabile tenha um grande número de capilares para que a alta pressão de O₂ exigida seja alcançada e a gl. oval dos peixes que vivem a grandes profundidades é muito desenvolvida.
- ⇒ Peixes mesopelágicos que realizam grandes deslocamentos verticais → dependem mais dos lipídios (esteróis de cera) do que do gás para regular a flutuabilidade.

PRODUÇÃO DE IMPULSO

- ⇒ Os peixes nadam para frente empurrando para trás a coluna d'água;
- ⇒ A cada força de ação corresponde uma força de reação de igual intensidade e direção oposta;
- ⇒ Os anguiliformes e Carangiformes → aumentam a velocidade de natação aumentando a frequência das ondulações corpóreas (frequência do batimento caudal) ⇒ a velocidade aumenta porque o peixe aplica mais força sobre a água (por unidade de tempo).
- ⇒ Enguias → corpo alongado limita a velocidade porque os vários movimentos ondulatórios aumentam o atrito da superfície do corpo com a água aumentando a força de resistência da água.
- ⇒ Peixes que nadam mais rápidos não são flexíveis → força gerada pela contração dos músculos segmentares anteriores → transferido para o pedúnculo caudal.
- ⇒ Atum → estruturas especializadas para uma natação mais rápida → pedúnculo caudal é rígido e a nadadeira caudal é muito expandida verticalmente.

A ÁGUA E O MUNDO SENSORIAL DOS PEIXES

- ⇒ A água é 830 vezes mais densa que o ar ao nível do mar;
- ⇒ A luz tem uma penetração menor na água do que no ar;
- ⇒ Peixes → de maneira geral apresentam os olhos bem desenvolvidos;
- ⇒ Peixes → têm botões gustativos na boca e ao redor da cabeça e nadadeiras anteriores; botões quimiorreceptores → detectam a presença de substâncias solúveis na água; órgão olfatórios no focinho que detectam substâncias não tão solúveis na água.
- ⇒ cações e salmões são capazes de detectar compostos odoríferos dissolvidos numa concentração de até 1ppm;

- ⇒ **muitos peixes procuram alimento e se orientam no meio aquático → quimiorreceptores → posição e distância da presa;**
- ⇒ **migração do salmão → é direcionada para os cursos d'água onde nasceram; este percurso é encontrado → reconhecem os odores das drenagens por onde passou durante seu desenvolvimento, que ficaram impressos, no cérebro. Destruindo os órgãos olfatórios do salmão ele não consegue encontrar a drenagem onde nasceu (CROMIE, 1982).**

LINHA LATERAL:

- ◆ os neuromastos distribuem-se: 1. no interior de canais tubulares; 2. no fundo de depressões epidérmicas;
- ◆ células ciliadas dos neuromastos têm um cinécílio;
- ◆ um neuromasto possui muitas células ciliadas com cinécílio;
- ◆ cada unidade do neuromasto → 2 terminações nervosas aferentes da linha-lateral: 1. transmite impulsos para as células ciliadas ⇒ cinécílio localiza-se numa det. posição; 2. comunica-se com as células ciliadas ⇒ cinécílios numa posição oposta (de 180°) em relação aos anteriores.
- ◆ todos os cinécílios e microvilosidades estão envoltos por estrutura gelatinosa oval = **cúpula**;
- ◆ deslocamento da cúpula ⇒ dobramento do cinécílio;
- ◆ toda vez que o cinécílio se dobra ⇒ pode estimular ou inibir o nervo associado;
- ◆ **FORÇAS QUE PROMOVEM O DESLOCAMENTO DA CÚPULA:** correntes d'água que deslocam a cúpula ⇒ podem ser percebidas em diferentes regiões do corpo. Retirando-se os nervos aferentes da linha-lateral o peixe não apresenta qualquer resposta em relação ao fluxo externo d'água.
- ◆ **NEUROMASTOS DA LINHA-LATERAL** ⇒ tb. respondem aos sons de baixa frequência. Muitos peixes tb. ouvem baixas frequências com o ouvido, mesmo depois dos neuromastos da linha-lateral serem destruídos.
- ◆ muitos peixes que buscam alimento na superfície d'água ⇒ p. ex. , o inseto sobre a superfície da água atrai o peixe pq. cria ondas através dos movimentos.

PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE, ELETRORRECEPÇÃO:

- ◆ raia elétrica, torpedo (Mediterrâneo), bagre elétrico (Nilo), poraquê (América do Sul);
- ◆ a corrente elétrica é gerada em tecidos musculares modificados;
- ◆ células ⇒ **eletrócitos** ⇒ perderam a capacidade de se contrair e se especializaram na produção de correntes iônicas;
- ◆ os **eletrócitos** estão arrançados em pilhas ou em série, como as de uma lanterna elétrica, porque os potenciais elétricos gerados em cada eletrócito somam-se aos dos adjacentes produzindo um potencial final de alta voltagem;

- ◇ também é necessário o sincronismo das descargas dos eletrócitos, que é conseguido pela simultaneidade dos impulsos nervosos que excitam essas células musculares;
- ◇ maioria das espécies de peixes elétricos estão limitadas às águas tropicais africanas e sul-americanas;
- ◇ formas marinhas são poucas : raia-torpedo (*Torpedo*); raia treme-treme (*Narcine*), algumas spp do gênero *Raja*, algumas espécies de Miracéu (Família Uranoscopidae);
- ◇ atualmente se sabe que os peixes elétricos que produzem pequenos potenciais elétricos, utilizam as correntes elétricas de baixa intensidade na eletrolocação e comunicações intraespecíficas;
- ◇ o potencial elétrico da maioria dos peixes, que geram baixos potenciais elétricos, varia entre 50 e 300 hertz (ciclos por segundo); algumas spp (*Apteronotus*) produzem um potencial elétrico que alcança 1700 hertz;
- ◇ um peixe-elétrico de água doce pode detectar, por meio dos tipos de distorção em seu campo elétrico, a presença e posição dos objetos e organismos ao seu redor;
- ◇ pode perceber as descargas elétricas de outro peixe-elétrico
- ◇
- ◇ (eletrocomunicação e/ou eletrolocação);
- ◇ a pele dos teleósteos que produzem descargas elétricas de baixa potência contêm receptores sensoriais especiais⇒ órgãos **ampulares e tuberosos**⇒ **detectam, respectivamente, cargas tônicas (estáticas) e fásicas (variáveis)**;