

# Anatomia e histologia gastrintestinal da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei, Serranidae)

João Carlos Shimada Borges<sup>1</sup>, Eduardo Gomes Sanches<sup>2\*</sup>, Marcos Silva de Oliveira<sup>1</sup> e José Roberto Machado Cunha da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Medicina Veterinária, Centro Universitário Faculdades Unidas Metropolitanas, São Paulo, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Norte, Instituto de Pesca, Rua Joaquim Lauro Monte Claro Neto, 2275, 11680-000, Itaguá, Ubatuba, São Paulo, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. Email: esanches@pesca.sp.gov.br

**RESUMO.** A garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*) é uma espécie de serranídeo com grande importância ecológica e boas perspectivas para o cultivo. A investigação da morfologia do trato digestório, associada à atividade alimentar, é fundamental para a compreensão da biologia dessa espécie e premissa básica para pesquisas sobre requerimentos nutricionais, desenvolvimento de rações e práticas adequadas de manejo alimentar. O presente trabalho descreve a anatomia e, por meio da microscopia de luz, as variações histológicas ao longo do tubo digestório de juvenis de *Epinephelus marginatus*, correlacionando a histologia de cada seguimento com as respectivas funções e o hábito alimentar. Verificou-se que essa espécie possui elevado número de tipos celulares ao longo do tubo digestório que estão intimamente relacionados com a resposta imunológica inata e adaptativa, permitindo o hábito alimentar detritívoro.

**Palavras-chave:** *Epinephelus marginatus*, garoupa-verdadeira, nutrição, maricultura.

**Abstract.** Dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei, Serranidae) gastrointestinal anatomy and histology. The dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) is a serranida species with great ecological importance and good perspectives for rearing. The investigation of the digestive tract morphology associated to the feeding activity is essential for the understanding of the biology of this species and a basic premise for research on feed requirements, feed development and appropriate feeding methods. The present study describes the anatomy and histological variations along the digestive tract of *Epinephelus marginatus* juveniles associating the histology with function and feeding habit. It was verified that this species possesses a high number of different cellular types along the digestive tube intimately related with the innate and adaptative immunological responses.

**Key words:** *Epinephelus marginatus*, dusky grouper, nutrition, mariculture.

## Introdução

A garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) é uma espécie hermafrodita protogínica, pertence à família Serranidae, subfamília Epinephelinae, apresentando ocorrência ao longo da costa Sudeste-Sul do Brasil (FIGUEIREDO; MENEZES, 2000). Sanches et al. (2006) destacaram a grande importância econômica dessa espécie, ressaltando o elevado preço de mercado e sua importância na pesca esportiva e no turismo subaquático. Segundo Marino et al. (2003), desde 1995 a garoupa-verdadeira está incluída na lista de peixes ameaçados (Berne Convention, Annex 3 – Protocol for Mediterranean Biodiversity). Fennessy (2006) também afirmou que *E. marginatus* é considerada, nos dias atuais, uma espécie ameaçada e, por isso, incluída na lista

vermelha da International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). Tais evidências reforçam a importância em se desenvolver estudos que visem à sua utilização para a piscicultura marinha, como aqueles conduzidos com o objetivo de inversão sexual da espécie (SANCHES et al., 2009).

Sanches et al. (2007) afirmaram que a falta de estudos sobre o trato digestório e as necessidades nutricionais dessa espécie estão entre os limitantes para a implantação de empreendimentos de criação da garoupa-verdadeira. Desse modo, a descrição histológica do trato digestório, aliada ao conhecimento dos hábitos alimentares, facilitarão a compreensão da fisiologia nutricional da espécie, e, a partir da morfologia de determinados seguimentos, pode-se inferir as funções e se

determinar os processos de absorção dos nutrientes.

Como o formato e o comprimento do tubo digestivo são muito variáveis, de modo geral, é possível afirmar que o comportamento alimentar se reflete diretamente na anatomia, na qual encontramos um intestino longo, nos herbívoros ou iliófagos (detritivos) (SASTRY, 1973), e um intestino curto, com estômago bem definido, nos carnívoros. A falta de referências histomorfológicas para dividir o tubo digestivo em regiões definidas, entretanto, dificulta a correlação entre os fenômenos observados nas estruturas celulares com a localização anatômica de ocorrência dessas células (BARBIERI et al., 1989). Também se deve levar em consideração que essas células podem sofrer transformações decorrentes de alterações ambientais e etológicas, dificultando, ainda mais, o diagnóstico.

Segundo Smith (1978), o tubo digestivo está dividido, anatomicamente, em quatro partes: a) parte cefálica, representada pela cavidade buco-faríngea; b) parte anterior, formada pelo esôfago e estômago, e, em peixes sem estômago, como os do gênero *Cyprinus*, está delimitada até a abertura do ducto biliar; c) parte média, compreendida pela região formada pelos intestinos e cecos pilóricos; e d) parte posterior, formada pelo reto e pelo ânus.

Histológica e fisiologicamente, entretanto, foram observados apenas três segmentos com funções e características microscópicas bem definidas e constantes: segmento proximal (60-75% do comprimento total), em que são encontradas células que absorvem gordura (HERNANDEZ-BLAZQUEZ et al., 1989); segmento médio (20 - 25%), responsável pela absorção de macromoléculas proteicas (ILDA; YAMAMOTO, 1985; STROBAND; KROON, 1981, NOAILLAC-DEPEYRE; GAS, 1973; ROMBOUT et al., 1985); segmento distal: caracterizado por células com a ultraestrutura para o transporte de íons com consequente absorção de água e eletrólitos (NOAILLAC-DEPEYRE; GAS, 1976; STROBAND et al., 1979).

O estômago dos teleósteos, quando presente, sofre inúmeras variações morfológicas relacionadas com o hábito alimentar. Anatomicamente, esses estômagos são classificados em: a) contínuo, com o lúmen aumentado; b) em forma de 'U', também com o lúmen aumentado, podendo ser observado nos salmonídeos; c) em forma de 'Y', com o ceco apontado para a porção caudal - esse estômago pode estender-se e, quando necessário, ocorre, entre outros, no gênero *Anguilla*. Nos peixes de fundo, como a tainha e o curimatá, podemos observar o

estômago como um órgão de trituração (moela), com tamanho reduzido, mas com paredes espessas e altamente muscularizadas (SMITH, 1978).

O intestino dos peixes é típico como o dos mamíferos em muitos aspectos, mas sofre grandes variações histomorfológicas na escala filogenética, sendo curto nos carnívoros em relação ao comprimento do corpo (HIBIYA, 1982). Na parte anterior, podem ser encontrados inúmeros cecos pilóricos, individuais ou agrupados, com abertura no duodeno. O limite entre o intestino posterior e o reto é de difícil visualização anatômica (HERNANDEZ-BLAZQUEZ et al., 2006).

Dada a correlação existente entre aspectos nutricionais e morfofisiológicos do trato digestório este trabalho teve, como objetivos, fornecer subsídios para o aprimoramento do manejo alimentar dessa espécie, para a compreensão de patologias ao longo do trato digestório desses peixes e servir como parâmetro para futuros estudos sobre variações decorrentes de alterações ambientais e sobre a ontogênese do tubo digestório de *Epinephelus marginatus*, permitindo a elaboração de estudos sobre a absorção de nutrientes específicos.

## Material e métodos

### Obtenção dos animais

Foram utilizados exemplares de garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* juvenis (n = 10), com peso médio inicial de  $105,5 \pm 16,7$  g. Os peixes mantidos em tanques-rede eram provenientes de coleta em áreas costeiras do litoral norte-paulista e sul-fluminense. A alimentação dos exemplares vinha sendo realizada com pequenos peixes ou formas jovens de peixes rejeitados em operações da pesca dirigida ao camarão-sete-barbas.

### Anestesia

Todo e qualquer animal manipulado experimentalmente foi previamente anestesiado com uma solução de cloreto de magnésio (10%), dissolvido em água do mar do local 35 s, na quantidade de 1,5 L por animal, e cada um foi, antes do sacrifício, imerso na mesma por 15 min, em temperatura ambiente.

### Processamento dos materiais biológicos obtidos

Foram colhidas amostras dos tecidos ao longo do tubo digestório, fixadas em solução de McDowell (glutaraldeído 2% em formol 4% tamponado pH 7,4) por 48h a 4°C. As amostras colhidas foram dissecadas de forma que nunca ultrapassassem o diâmetro de 5 mm para microscopia de luz.

### Fixação e Inclusão para Microscopia de Luz

A fixação foi realizada em solução fixadora de McDowell (paraformaldeído a 4% em solução de glutaraldeído a 1% em tampão fosfato 0,1 M pH 7,2) (McDOWELL; TRUMP, 1976). Para a microscopia de luz, o material foi incluído em historresina (Glicol Metacrilato) (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2003). Cortes histológicos de 1 a 3  $\mu\text{m}$  de espessura foram obtidos com micrótomo (American Optical®).

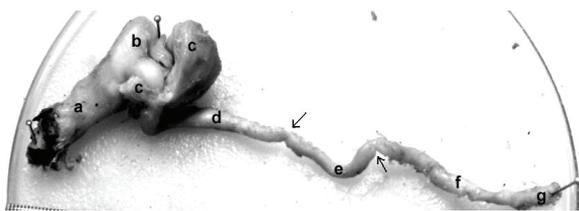
### Colorações para Microscopia de Luz

Para a observação da parede do trato digestório e para a identificação das células inflamatórias no tecido, foram utilizadas hematoxilina, eosina e toluidina fuccina (BANCROFT; STEVENS, 1982), Rosenfeld (ELLIS, 1977); para a visualização do tecido conjuntivo (fibras colágenas), foi utilizada coloração de Picrosúrius e para a identificação de polissacarídeos e glândulas mucosas, foi utilizada a técnica da reação de ácido periódico-Schiff (PAS) (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2003).

## Resultados e discussão

### Análise macroscópica

Os exemplares apresentaram estômago em forma de 'Y', volumoso, permitindo o acúmulo de grande quantidade de alimentos. Aproximadamente 80% do comprimento total do tubo digestório corresponderam ao intestino. Na região cranial do intestino se observaram vários apêndices digitiformes, os cecos pilóricos, com  $0,1 \pm 0,03$  cm de largura por  $0,4 \pm 0,2$  cm de comprimento, os quais se apresentavam anastomosados em uma única túnica serosa. O intestino enovelava-se no interior da cavidade abdominal, formando três segmentos, denominando-se, na região sacral, como intestino posterior; na região média, entre esfíncteres, como intestino médio e na região cranial, ligado aos cecos, como intestino anterior. Na porção final do último segmento foi encontrado um esfíncter, delimitando um curto segmento que foi denominado de reto (Figura 1).



**Figura 1.** Tubo digestório completo, no qual se observam o esôfago (a), o estômago em forma de 'Y' (b), os cecos anastomosados (c), o intestino anterior (d), o intestino médio (e), o intestino posterior (f) e o reto (g). As setas apontam esfíncteres (barra de escala = 2 cm).

### Análise Microscópica

#### Esôfago

O esôfago apresentava a mucosa formada por um epitélio de transição, com células globosas, e, na superfície se encontravam levemente achatadas, podendo apresentar curtos prolongamentos irregulares de diâmetro espesso quando comparados com microvilos ou estereocílios. A membrana plasmática desse epitélio foi bem definida pelos corantes (hematoxilina e toluidina), ocorrendo predominância de células de muco PAS+. Foi verificada a existência de grânulos com diferentes colorações, indicando diferentes graus de maturação (Figura 2A). A mucosa apresentou criptas e a submucosa espessa (Figura 2B). A camada muscular nesse segmento era formada por músculo estriado esquelético que seguia até o estômago. Na região entre o esôfago e o estômago foi observada a ocorrência de mudança abrupta do epitélio de transição para prismático simples, com células de muco na extremidade das pregas.

#### Estômago

O estômago era composto por porção cárdica, fundo cego e porção pilórica. O epitélio da mucosa apresentava forma de pregas, intercalado entre as fossetas gástricas e, ao corte transversal, evidenciava os vilos e invaginações, desembocando em glândulas mucosas e posteriormente nas glândulas fúndicas (Figura 2C). As células epiteliais da porção cardíaca eram de forma cúbica, enquanto que as outras apresentavam epitélio prismático. O núcleo era geralmente localizado na região basal da célula, e, no citoplasma e na região apical, foram observadas substâncias mucosas.

A lâmina própria continha glândulas gástricas (fúndicas) localizadas no tecido conjuntivo frouxo. Estas glândulas abriam suas criptas em ductos que, por sua vez, abriam-se nas superfícies da mucosa. As células que compunham a mucosa gástrica e tinham a forma poligonal com seus grânulos (zimogênicos) eram visíveis com hematoxilina. Não havia distinção entre células oxínticas e zimogênicas (Figura 2D).

A muscular da mucosa (músculo liso) era menos espessa na porção cardíaca e mais espessa na porção pilórica sendo a camada muscular composta de duas camadas: uma espessa camada interior longitudinal e outra exterior relativamente fina, interna, circular. Nesta ocorria a transição entre músculo estriado esquelético e músculo liso.

#### Ceco

Nesta porção foi observada a formação de uma massa de milhares de prolongamentos de fundo fechado (cecos) com intensa anastomose, e, em cada

ceco, foi observado que a camada mucosa era formada por epitélio prismático simples, com borda em escova longa, indicando longas microvilosidades (Figura 2F). A submucosa apresentava septos que formavam sincícios e se direcionam para a luz do órgão. A muscular da mucosa era pouco desenvolvida com poucas fibras aparentes. No conjunto de cecos foram observadas camada muscular circular interna e camada longitudinal externa (músculo liso), sendo seguida por uma espessa camada serosa (Figura 2E).

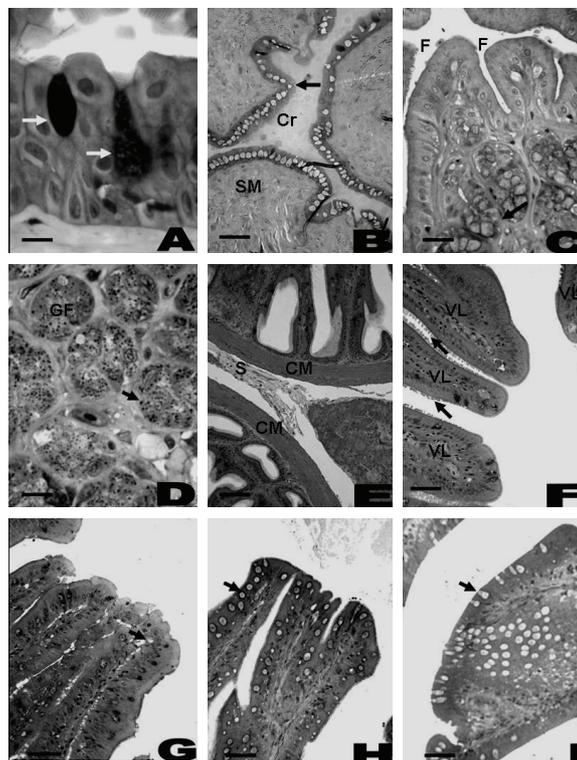
### Intestino anterior

O intestino se estendia desde a porção pilórica do estômago até o ânus que incluía o duodeno, intestino anterior, intestino posterior e reto. Em *E. marginatus*, a transição entre as diferentes camadas do intestino não foi de fácil visualização anatômica e histológica.

O epitélio da mucosa do intestino era composto por uma única camada de células prismáticas (enterócitos) com células caliciformes intercaladas. Os núcleos dos enterócitos do intestino anterior estavam localizados no centro ou em local próximo do lado basal das células, e o citoplasma apical apresentava estruturas eosinofílicas denominadas corpo supranuclear, com predominância de vacúolos na região basal. Os enterócitos com maior quantidade de vacúolos predominavam na base dos vilos (Figura 2G). A submucosa apresentava-se delgada em relação às musculares. O número de células caliciformes se mostrava inferior em relação ao reto e predominava o ápice dos vilos, os quais apresentavam poucas ramificações. Foram observadas presença de linfócitos infiltrados entre os enterócitos e também presença de células bastonetes (*rodlet cells*), liberando grânulos basófilos para a luz do tubo digestório. A muscular da mucosa era pouco evidente. A camada muscular repousava diretamente sobre a lâmina própria. A camada muscular era composta por uma camada circular interna e uma longitudinal externa. Tal camada apresentava-se mais delgada no intestino posterior que no anterior.

### Intestino médio

A serosa apresentava-se delgada e bem vascularizada, sendo que a camada muscular circular interna apresentava-se mais espessa em relação à longitudinal externa. As vilosidades também continham poucas ramificações com predominância de células caliciformes no ápice (Figura 2H), os enterócitos apresentavam poucos vacúolos digestivos e eram menores e os grânulos das células caliciformes eram basófilos, registrando-se a presença de células bastonetes.



**Figura 2.** Em A se observam o epitélio de transição e células caliciformes (setas) na mucosa esofágica (barra de escala = 20  $\mu$ m); em B se observa uma cripta do tubo do esôfago (Cr), a qual se encontra repleta de células caliciformes (seta) e uma espessa camada submucosa (SM) (barra de escala = 100  $\mu$ m); em C se observam as fossetas gástricas (F) da região cárdica do estômago e, na base dessas estruturas, encontram-se glândulas mucosas (seta) (barra de escala = 40  $\mu$ m); em D se observam as glândulas fúndicas (GF) da mesma região do estômago e nota-se a presença de grânulos zimogênicos no citoplasma das células (seta) (barra de escala = 20  $\mu$ m); em E se verifica que grupos de cecos são envolvidos pela mesma camada muscular (CM) e a serosa (S) reveste parte de um ceco (barra de escala = 200  $\mu$ m); em F se observam as vilosidades (VL) dos cecos que apresentam borda em escova (barra de escala = 100  $\mu$ m); em G, H e I se observam, respectivamente, o intestino anterior, médio e o reto, em que se verifica a crescente presença das células caliciformes (setas) em relação à posição distal do tubo digestório e a presença de vacúolos no intestino anterior (seta em G) (barra de escala = 100  $\mu$ m) (todas as imagens foram coradas com toluidina-fúccina).

### Intestino posterior

A mucosa do intestino posterior apresentava enterócitos com reduzida quantidade de vacúolos e maior quantidade de células caliciformes intercaladas. A muscular da mucosa era evidente, e as camadas submucosa e muscular eram espessas com a serosa típica. Não ocorreram variações histológicas dignas de documentação.

### Reto

O reto é a última porção do intestino. Foi observada a existência de uma válvula íleo-retal entre o reto e o intestino posterior. A mucosa retal formava invaginações pouco profundas e suas células epiteliais

continham substâncias semelhantes ao muco. Os enterócitos apresentavam muitas microvilosidades, vesículas bem mais evidentes no polo basal e uma serosa delgada revestida por um mesotélio, típica. As camadas musculares eram típicas, sendo a circular interna mais espessa, com plexos mioentéricos bem evidentes. Na muscular externa, ocorriam regiões com infiltração linfocitária. A muscular da mucosa no interior das vilosidades era de fácil visualização e as células caliciformes secretavam um muco fortemente basófilo imediatamente após a lâmina própria (Figuras 2I e 3C), sendo os vasos linfáticos facilmente visualizados.

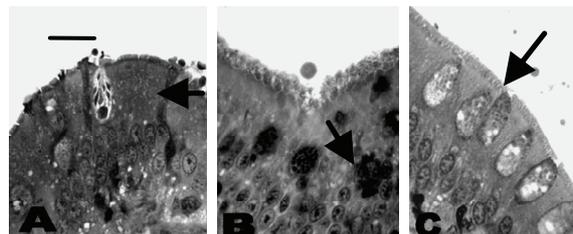
#### Sistema imunológico associado ao tubo digestório

Ao longo dos intestinos não foi observada a formação de nódulos linfáticos, porém, em algumas regiões dos quatro segmentos posteriores, foram verificadas pequena presença de infiltrados linfocitários e significativa quantidade de células bastonetes (*rodlet cells*) (Figura 2A) e de células granulocíticas especiais (CGE) com grânulos corados pela eosina (Figura 2B).

Os valores de salinidade, transparência e de temperatura, na área aquícola que abrigava os tanques-rede, estiveram dentro do considerado como ideais para o cultivo de *E. marginatus*, já reportados por Gracia Lopez e Castello-Orvay (2003), não influenciando nos resultados descritos neste trabalho.

Os serranídeos são predadores de topo de cadeia trófica, com grande importância ecológica em ambientes recifais, alimentando-se, quando jovens, basicamente de crustáceos e pequenos peixes e, quando adultos, de crustáceos e cefalópodes, com menor ingestão de peixes (MACHADO et al., 2008). A descrição anatômica do trato digestório de *E. marginatus* corrobora com o hábito alimentar descrito acima, pois a morfologia gástrica e o comprimento intestinal descrito foram típicos de espécies carnívoras. Porém, de acordo com Sastry (1973), o parâmetro do comprimento intestinal, relacionado com o hábito alimentar dos peixes, em que o intestino curto é frequentemente encontrado nos carnívoros e o mais longo nos herbívoros, nem sempre pode ser utilizado, não sendo possível generalizar essa relação. As variações no comprimento do intestino podem ser compensadas por variações na área da mucosa intestinal e pela variabilidade de tipos celulares encontrada no epitélio dessa mucosa. Segundo Rodrigues et al. (2008), a espécie *L. macrocephalus*, conhecida como piauçu, de hábito alimentar onívoro, apresenta, aparentemente, intestino com comprimento intermediário em relação ao

comprimento da maioria das espécies carnívoras e herbívoras, podendo ser compensado pela existência dos cecos pilóricos e pelo padrão de pregas da mucosa intestinal. Desse modo, em decorrência da presença de inúmeros cecos pilóricos funcionais encontrados em *E. marginatus*, pode-se propor que seu hábito alimentar não é exclusivamente carnívoro.



**Figura 3.** Em A se observa uma célula bastonete em posição central superior da mucosa do reto; em B, as células granulocíticas especiais (CGE) e, em C, observam-se as células caliciformes secretoras de muco, encontradas na mucosa do intestino posterior (setas). (barra de escala = 20  $\mu$ m, coloração toluidina-fuccina).

Os resultados encontrados quanto às camadas da parede do tubo digestório concordam com os de Burnstock (1982), em que foram identificadas três camadas: a mucosa apresenta-se bem evidente no ceco pilórico; a submucosa, bem espessa no reto, a muscular, bem delimitada em todo o trato digestório, com as porções circular interna e longitudinal externa; e, por fim, a camada serosa formada por um epitélio pavimentoso simples, apoiado sobre o tecido conjuntivo frouxo.

A inexistência do esfíncter gástrico entre o esôfago e estômago dificultou a identificação do esôfago, e, neste trabalho, foi identificado um epitélio de transição e prismático simples sobre uma espessa submucosa e formação de criptas. Também foi constatada a presença de poucas glândulas serosas na submucosa. Essas características são comuns na região cárdica do estômago (ROTTA, 2003), porém o reduzido número de glândulas e a presença de muitas células mucosas, não. Tais características permitem inferir que alimentos de grande volume são ingeridos e a mucosa, protegida para isso, o que explicaria a grande facilidade dessa espécie em ingerir crustáceos de grande porte, item com grande importância nos hábitos alimentares dessa espécie. A habilidade de ingestão de presas de grande porte foi também observada por Sanches et al. (2007) que, avaliando o crescimento da garoupa-verdadeira em tanques-rede, demonstraram a habilidade em ganho de peso desse serranídeo quando submetido a uma dieta à base de rejeito de pesca e peixes inteiros. A presença da musculatura estriada esquelética em

todo o esôfago e parte da região cárdica do estômago permite concluir que esse peixe exerce atividade sugadora do alimento.

Em algumas espécies de teleósteos tem sido descrito um tipo especial de leucócito com granulações grosseiras e com afinidade ao corante eosina, cuja função não se encontra devidamente esclarecida. Esse tipo celular tem sido denominado de célula granular (CG) (AL HUSSAINI, 1946), célula de grânulos eosinófilos (EZEABOR; STROKE, 1980), heterófilos (TEMKIN; McMILLAN, 1986) e, atualmente, célula granulocítica especial (CGE). Esse leucócito pode ser localizado em órgão e tecidos distintos em diferentes espécies. Em algumas espécies de peixes, essas células se dispõem preferencialmente em uma camada celular na lâmina própria, denominada camada granulosa (EZEAZOR; STROKE, 1980), que também pode ser encontrada no tubo digestório e respiratório de algumas espécies de mamíferos, formada principalmente por eosinófilos (BANKS, 1982). Essas células foram detectadas na mucosa dos intestinos de *E. marginatus*. São várias as atribuições funcionais atribuídas às CGEs: podem secretar, de forma exócrina com endócrina, elaborar diastases lipolíticas e ter atividade antitóxica em relação às bactérias (AL HUSSAINI, 1946, 1949; JORDAM; SPEIDEL, 1924). Em jundiá (*Rhamdia quelen*), as células granulocíticas especiais (CGE), encontradas nos sangue, são grandes e muito semelhantes aos neutrófilos (TAVARES-DIAS et al., 2002). A presença dessas células pode ser interpretada como um eficaz sistema imune, integrado ao sistema digestório, que permite a digestão de alimentos já em decomposição. Corroborando, Jensch-Junior et al. (2006) descreveram a atividade de macrófagos de curimatás (*Prochilodus scrofa*), peixe iliófago, que se alimenta de lodo e, conseqüentemente, de grande quantidade de material em decomposição. A alta atividade dos macrófagos pode demonstrar que essa habilidade nutricional depende da eficácia do sistema imune, uma vez que a probabilidade da ingestão de organismos patogênicos é maior.

As características das glândulas gástricas variam conforme o hábito alimentar do peixe, sendo mais ramificadas e desenvolvidas nos peixes carnívoros (ROTTA, 2003). As amostras analisadas demonstraram grande número de glândulas tubulares e presença das fossetas gástricas e, portanto, posse de certa semelhança com a mucosa gástrica de mamíferos (BANKS, 1982). Nas células secretoras das glândulas fúndicas de *E. marginatus* não foram identificadas, isoladamente, as células oxínticas secretoras de HCl, com características acidófilas (afinidade pela eosina), tal como nos

mamíferos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2003). Porém, diversos autores descreveram essas células como oxintopeptídicas (ROTTA, 2003), secretoras de HCl e pepsinogênio tal como se observam neste trabalho, apenas células zimogênicas (Figura 2D). Estudos histoquímicos devem ser realizados para se esclarecer o papel dessas células.

Diversas estruturas especializadas podem ser encontradas no intestino de diferentes espécies de peixes. Os cecos pilóricos, presentes em algumas espécies de peixes, como nos salmonídeos, possuem papel fundamental no aumento da superfície de contato para a absorção de nutrientes. Os cecos pilóricos são divertículos cegos, de formato digitiforme, que se encontram na região pilórica e na porção anterior do intestino médio, estando livres entre si ou ocasionalmente fundidos à parede do estômago. Suas características histológicas são semelhantes às do intestino adjacente, sugerindo que os cecos pilóricos sirvam para aumentar a superfície intestinal sem aumentar o comprimento ou a espessura do intestino, sendo mais desenvolvidos em peixes carnívoros e reduzidos, ou mesmo ausente nos herbívoros, possuindo função diferente da dos cecos dos mamíferos e das aves, nos quais ocorre a fermentação do alimento (ROTTA, 2003). A relação entre a presença de cecos pilóricos e a dieta do peixe não está bem definida, estando os mesmos presentes em peixes carnívoros, onívoros e herbívoros. Os cecos pilóricos de *E. marginatus* juvenis apresentaram uma túnica muscular delgada, com a luz do órgão bem reduzida pela grande quantidade de vilosidades que formam sincícios. As células epiteliais da mucosa, os enterócitos, eram prismáticas com borda em escova (microvilosidades) e apresentam-se intensamente vacuolizadas. Essas características estão de acordo com diversos trabalhos que descrevem essa estrutura, indicando região de alta absorção de moléculas (HIBIYA, 1982).

Os intestinos anterior, médio e posterior não apresentaram muitas diferenças histológicas, a não ser pela maior quantidade de vacúolos nos enterócitos da porção anterior e pelo maior número de células caliciformes (secretoras de muco) na porção posterior. Isso nos permite deduzir que a maior absorção de nutrientes em *E. marginatus* ocorre no intestino anterior.

Nos intestinos anteriores e médios foram identificadas células que apresentavam inclusões citoplasmáticas na forma de bastões, as quais são descritas na literatura como células bastonetes *rodlet cells* (MANERA; DEZFULI, 2004) ou como células com grânulos em bastonete, encontradas no peixe antártico *Notothenia neglecta* (HERNANDEZ-

BLAZQUEZ et al., 1989), o qual é frequentemente parasitado por nematoides. A função dessas células ainda permanece obscura e por muito tempo foi considerada um protozoário parasita, mas, atualmente, considera-se que essa célula pertença ao organismo, pois foram observadas, sob microscopia eletrônica de transmissão, junções de membrana entre elas e os enterócitos. Também foi verificado que a quantidade de *rodlet cells* aumenta quando o peixe está sendo parasitado, possuindo papel no sistema imunológico de peixes (MANERA; DEZFULI, 2004). Em *E. marginatus*, essas células se apresentaram em expressiva quantidade, apesar de não se observarem parasitas tanto macroscopicamente como em exame de raspado de pele e brânquias, observados em microscópio. Desse modo, pode-se esperar que existam fatores químicos (contaminantes) que induzam à migração dessa célula para a mucosa intestinal ou que o arraçamento realizado com rejeito de pesca provoque esse processo quimiotático.

As descrições referentes à histologia do reto de *E. marginatus* são contrárias às encontradas na literatura referente a teleosteos (HIBIYA, 1982), as quais citam uma submucosa pobremente vascularizada, o que não ocorre nessa espécie, cuja mucosa era bem irrigada.

Este trabalho descreveu, pela primeira vez, as características histológicas do trato digestório da groupa-verdadeira, *E. marginatus*, indicando que essas características são próprias de peixes predadores carnívoros que podem optar pelo hábito alimentar detritívoro, uma vez que essa espécie apresentou grande quantidade de células do sistema imunológico associadas ao sistema digestório. Essas constatações concordam com a cultura popular de pescadores que frequentemente empregam iscas já em avançado processo de putrefação para a captura desses peixes.

## Referências

- AL HUSSAINI, A. H. The anatomy and histology of the alimentary tract of the botton-feeder, *Mulloide auriflamma* (Forsk.). **Journal of Morphology**, v. 78, n. 1, p. 121-153, 1946.
- AL HUSSAINI, A. H. On the functional morphology of the alimentary tract of some fish in relation to differences in their feeding habits: Anatomy and Histology. **The Journal of Microscopy and Natural Science**, v. 90, p. 109-140, 1949.
- BANCROFT, J. D.; STEVENS, A. **Theory and practice in of histological technicians**. London: Chrchill, 1982.
- BANKS, W. J. **Histologia veterinária aplicada**. São Paulo: Manole, 1982.
- BARBIERI, R. L.; LEITE, R. G.; HERNANDEZ-BLAZQUEZ, F. J. Morphologie du tract digestif du curimbatá *Prochilodus scrofa*. **Ciência e Cultura**, v. 41, n. 1, p. 67-70, 1989.
- BURNSTOCK, G. The morphology of the gut of the brown trout. In: HIBYA, T. (Ed.). **Atlas of fish histology normal and pathological features**. Tokyo: Kodansha, 1982. p. 74-93.
- ELLIS, A. E. The leucocytes of fish: a review. **Journal of Fish Biology**, v. 11, n. 2, p. 453-491, 1977.
- EZEABOR, D. N.; STROKE, W. M. A cytochemical, light and electron microscopic study of the eosinophilic granule cells in the gut of the raimbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. **Journal of Fish Ichthyology**, v. 17, n. 2, p. 619-634, 1980.
- FENNESSY, S. T. Reproductive biology and growth of the yellowbelly rockcod *Epinephelus marginatus* (Serranidae) from South-East Africa. **African Journal of Marine Science**, v. 28, n. 1, p. 1-11, 2006.
- FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil**. São Paulo: Museu de Zoologia/USP, 2000.
- GRACIA LOPEZ, V.; CASTELLO-ORVAY, F. Preliminary data on the culture of juveniles of the dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). **Hidrobiologica**, v. 13, n. 4, p. 321-327, 2003.
- HERNANDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; GUERRA, R. R.; KFOURY JR., J. R.; BOMBONATO, P. P.; COGLIATI B.; SILVA, J. R. M. C. Fat absorptive processes in the intestine of the Antarctic fish (Richardson, 1844). **Polar Biology**, v. 29, n. 10, p. 831-836, 2006.
- HERNANDEZ-BLAZQUEZ, F. J.; NACHI, A. M.; FERRI, S.; FERRIRA, N. Fat intestinal absorption in catfish. A histochemical study in glycol methacrylate embedded tissue. **Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch**, v. 135, n. 6, p. 941-946, 1989.
- HIBIYA, T. **An atlas of fish histology normal and pathological features**. Tokyo: Kodansha, 1982.
- ILDA, H.; YAMAMOTO, T. Intracellular transport of hoseradish peroxidase in the absorptive cells of goldfish hindgut in vitro, with special reference to the cytoplasmic tubules. **Cell Tissue**, v. 240, n. 1, p. 553-560, 1985.
- JENSCH-JUNIOR, B. E.; PRESSINOTTI, L. N.; BORGES, J. C. S.; SILVA, J. R. M. C. Characterization of macrophages phagocytosis of the tropical fish *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881). **Aquaculture**, v. 251, n. 1, p. 509-515, 2006.
- JORDAM, H. E.; SPEIDEL, C. C. Studies on lymphocytes: II. The origin, function, and fate of the lymphocytes in fishes. **Journal of Morphology**, v. 38, n. 2, p. 529-549, 1924.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- MACHADO, L. F.; DAROS, F. A. M. L.; BERTONCINI, A. A.; HOSTIM-SILVA, M.; BARREIROS, J. P. Feeding strategy and trophic ontogeny in *Epinephelus marginatus* (Serranidae) from Southern Brazil. **Cybiurn**, v. 32, n. 1, p. 33-41, 2008.
- MANERA, M.; DEZFULI, B. S. Rodlet cells in teleosts: a new insight into their nature and functions. **Journal of Fish Biology**, v. 65, n. 1, p. 597-619, 2004.
- MARINO, G.; PANINI, E.; LONGOBARDI, A.;

- MANDICH, A.; FINOIA, M. G.; ZOHAR, Y.; MYLONAS, C. C. Induction of ovulation in captive-reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), with a sustained-release GnRH $\alpha$  implant. **Aquaculture**, v. 219, n. 3, p. 841-858, 2003.
- McDOWELL, E. M.; TRUMP, B. F. Histologic fixatives suitable for diagnostic light and electron microscopy. **Archives of Pathology and Laboratory Medicine**, v. 100, n. 1, p. 405-414, 1976.
- NOAILLAC-DEPEYRE, J.; GAS, N. Absorption of protein macromolecules by the enterocytes of the carp (*Cyprinus carpio* L.). **Mikroskop Anatomie**, v. 146, p. 525-41, 1973.
- NOAILLAC-DEPEYRE, J.; GAS, N. Electron microscopic study on the gut epithelium of the tench (*Tinca tinca* L.) with respect to its absorptive functions. **Tissue and Cell**, v. 8, n. 1, p. 11-30, 1976.
- RODRIGUES, S. S.; NAVARRO, R. D.; MENIN, E. Anatomia do tubo digestório de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski, 1988 (Characiformes, Anostomidae) em relação ao seu habitat alimentar. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 86-95, 2008.
- ROMBOUT, J. H. W. M.; LAMERS, C. H. J.; HELFRICH, M. H.; DEKKER, A.; TAVERNE-THIELE, J. J. Uptake and transport of intact macromolecules in the intestinal epithelium of carp (*Cyprinus carpio* L.) and the possible immunological implications. **Cell and Tissue Research**, v. 239, n. 1, p. 519-30, 1985.
- ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.
- SANCHES, E. G.; AZEVEDO, V. G.; COSTA, M. R. Criação da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei, Serranidae) alimentada com rejeito de pesca e ração úmida em tanques-rede. **Atlântica**, v. 29, n. 2, p. 121-126, 2007.
- SANCHES, E. G.; HENRIQUES, M. B.; FAGUNDES, L. Viabilidade econômica do cultivo da garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques-rede, região Sudeste do Brasil. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 8, p. 15-25, 2006.
- SANCHES, E. G.; OLIVEIRA, I. R.; SERRALHEIRO, P. C. S. Inversão sexual da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 1, p. 198-209, 2009.
- SASTRY, K. V. Comparative morphology and histology of the alimentary canal in two teleost fishes. **Folia Morphologica**, v. 21, n. 1, p. 31-39, 1973.
- SMITH, L. S. Digestion in teleost fishes. In: HALVER, J. E. (Ed.). **Fish feed technology**. San Diego: Academic Press, 1978. p. 9-21.
- STROBAND, H. W.; KROON, A. G. The development of stomach in *Clarias lazera* and the intestinal absorption of protein macromolecules. **Cell and Tissue Research**, v. 215, n. 1, p. 397-415, 1981.
- STROBAND, H. W.; MEER, H. V. D.; TIMMERMANS, L. P. M. Regional functional differentiation in the gut of the grasscarp, *Ctenopharyngodon idella*. **Cell and Tissue Research**, v. 64, n. 1, p. 235-49, 1979.
- TAVARES-DIAS, M.; MELO, J. F. B.; MORAES, G.; MORAES, F. R. Características hematológicas de teleosteos brasileiros. IV. Variáveis do Jundiá *Rhamdia quelen* (Pimelodidae). **Ciência Rural**, v. 32, n. 4, p. 34-42, 2002.
- TEMKIN, R. J.; McMILLAN, D. B. Gut-associated lymphoid tissue (GALT) of the goldfish, *Carassius auratus*. **Journal of Morphology**, v. 190, n. 1, p. 9-26, 1986.

Received on July 17, 2008.

Accepted on June 24, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.