

## ANATOMIA FUNCIONAL DO TUBO DIGESTIVO DE *Gymnotus carapo* LINNAEUS, 1758 (SILURIFORMES, GYMNOTOIDEI, GYMNOTIDAE) <sup>1/</sup>

Eliane Menin <sup>2/</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

Muitos pesquisadores vêm tentando relacionar a anatomia e a histologia do tubo digestivo de peixes Teleostei com os seus hábitos e comportamentos alimentares (1, 2, 3, 4, 5, 7, 15, 16, 19, 22, 25, 27, 28, 29, 38, 42). Entretanto, na literatura, as informações sobre a anatomia do tubo digestivo dos Gymnotoidei são escassas e incompletas.

Das espécies de Gymnotidae que se distribuem na América do Sul, *Gymnotus carapo* (sarapó, tuvira) é a mais comum (20), sendo encontrada em remansos a meia-água e entre ramos de capim submersos (56), de onde sai, ao crepúsculo, para águas mais abertas (18).

Este trabalho teve como objetivo descrever a anatomia do tubo digestivo de *Gymnotus carapo* e relacioná-la com os seus hábitos alimentares, complementando o estudo da cavidade bucofaringeana da espécie (37).

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 40 exemplares de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 (Siluriformes, Gymnotidae), entre machos e fêmeas, jovens e adultos, de 9,0 a 26,0 cm de comprimento total, considerados em diferentes classes de tamanho (Quadro 1). Esses exemplares foram coletados em agosto de 1983 e em março, abril, agosto e setembro de 1984, na Estação de Hidrobiologia e Piscicultura da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG (Figura 1), situada no campus da universidade, com redes de arrasto, puçás e peneiras.

Os exemplares foram transportados, vivos, para o laboratório, submetidos a jejum de dois dias e, então, contidos com solução alcoólica de benzocaína, a 1%.

---

<sup>1/</sup> Aceito para publicação em 11-9-89.

<sup>2/</sup> Departamento de Biologia Animal da UFV 36570 Viçosa, MG.

QUADRO 1 - Classes de tamanho, comprimento intestinal e coeficiente intestinal de Gymnotus ca-rapo

NÚMERO DE EXEMPLARES	CT (cm)		CPI (cm)				CI (cm)			
	CLASSE DE TAMANHO		X		s		MÍN		MÁX	
6	9	11	9,83	0,50			2,8	3,7	3,18	0,31
10	11	13	11,80	0,34			3,5	5,4	4,01	0,57
5	13	15	13,90	0,60			3,8	5,2	4,34	0,56
6	15	17	15,55	0,45			4,9	5,8	5,35	0,57
2	17	19	17,65	0,64			5,9	6,0	5,95	0,07
2	19	21	19,35	0,21			6,2	6,6	6,40	0,28
4	21	23	21,72	0,72			7,1	7,3	7,20	0,12
4	23	25	23,57	0,46			7,5	7,9	7,65	0,17
1	25	27	25,70	0,00			8,1	8,1	8,10	0,00
40			15,52	4,83			2,8	8,1	5,13	1,60

CI - Comprimento total  
 CPI - Comprimento intestinal  
 CI - Coeficiente intestinal (intestino médio e reto)  
 MÍN - Valor mínimo  
 MÁX - Valor máximo  
 X - Média geral  
 S - Desvio-padrão



FIGURA 1 - Campus da Universidade Federal de Viçosa. Local de Coleta — Estação de Hidrologia e Piscicultura (\*).

Determinado o comprimento total (cm), os exemplares foram identificados e incisados ventralmente. A determinação do sexo e a distinção entre animais jovens e adultos foram feitas conforme BARBIERI e BARBIERI (9, 10). Em seguida, o reto foi seccionado, junto ao ânus, fazendo-se uma perfusão do aparelho digestivo, por via oral, com solução de formol, a 4%, para melhor preservação da mucosa dos órgãos digestivos. Os exemplares foram, então, fixados na referida solução.

Para determinar a posição relativa dos órgãos na cavidade celomática, a variação da forma desta cavidade ao longo do corpo e o arranjo das alças intestinais, os exemplares foram dissecados, conforme AMLACHER (6), seccionados no plano horizontal (mediano e dorsal), no plano sagital mediano e em planos transversais seriados, secções estas feitas em exemplares fixados e congelados.

O tubo digestivo foi dividido, conforme BÉRTIN (14), em: intestino anterior (esôfago e estômago), intestino médio (intestino propriamente dito) e reto.

Para estabelecer o coeficiente intestinal, foram considerados o comprimento do intestino médio e do reto e o comprimento total de cada exemplar, de cada classe de tamanho estudadas.

Para verificar o padrão de pregas da mucosa e a ocorrência de esfíncteres e valvas ao longo do tubo digestivo, este foi incisado longitudinalmente e as paredes resultantes desta incisão foram rebatidas e fixadas, com o auxílio de alfinetes, em placa de Petri preenchida com cera. Em seguida, o tubo digestivo foi coberto com água, por 24 h, para que a hidratação tornasse as pregas mais evidentes (54). A análise do trânsito do alimento no tubo digestivo foi baseada no padrão da mucosa e na ocorrência de esfíncteres e de valvas.

As Figuras apresentadas foram feitas com o auxílio de uma câmara clara, acoplada a um microscópio estereoscópico.

### 3. RESULTADOS

As medidas e a descrição do padrão da mucosa dos órgãos digestivos citados no texto referem-se a um exemplar de 23,5 cm de comprimento total, submetido a jejum de dois dias e fixado em solução de formol, a 4%. A seguinte descrição anatómica aplica-se ao tubo digestivo de exemplares das diversas classes de tamanho consideradas neste trabalho.

O tubo digestivo de *Gymnotus carapo* é constituído pelo intestino anterior (esôfago e estômago), pelo intestino médio (intestino propriamente dito) e pelo reto. No início do intestino médio ocorrem evaginações, denominadas cecos pilóricos. O aparelho digestivo mede 13,7 cm de comprimento, desde o bordo livre dos lábios até o ânus, com o tubo digestivo distendido.

A cavidade celomática de *Gymnotus carapo*, que abriga o tubo digestivo, mede 8,6 cm de comprimento, estando contida aproximadamente 2,7 vezes no comprimento total. Mais ampla e subcilíndrica (em secção transversal) no seu terço cranial, no qual estão localizadas as vísceras, estreita-se bruscamente, tomando forma tubular, sendo ocupada pela câmara posterior da bexiga natatória e pelo ovário, nas fêmeas (Figuras 2, 9 e 11).

O conjunto das vísceras, na cavidade celomática, encontra-se recoberto pelo peritônio parietal, uma membrana delgada e transparente (Figura 2), descolada, tanto nos machos como nas fêmeas, das paredes dessa cavidade.

Os órgãos do tubo digestivo acham-se dispostos em arranjo bem peculiar, dirigindo-se o reto para a região cranial, terminando no ânus, que se encontra próximo ao istmo, sob a cabeça.

Dividindo-se o conjunto visceral em duas porções, cranial e caudal, na primeira



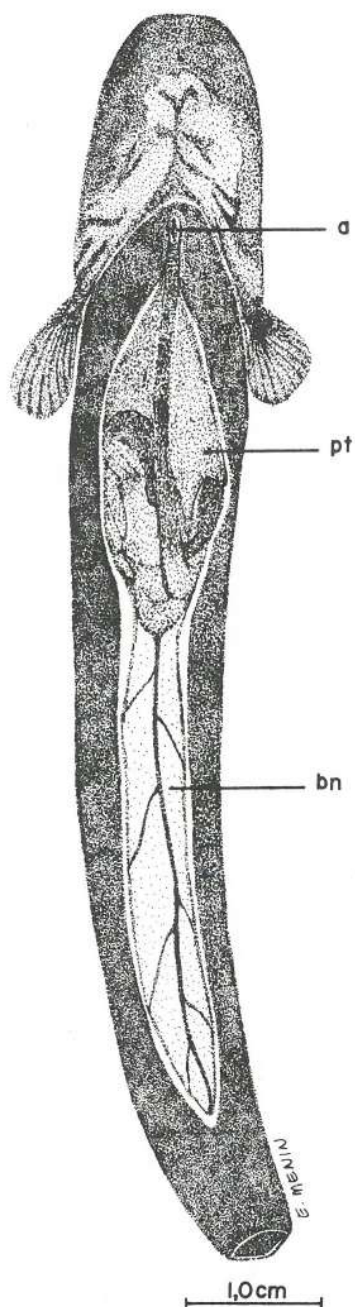


FIGURA 2 - Vista ventral da cavidade celomática de Gymnotus carapo: a - ânus; bn - bexiga natatória; pt - peritônio.

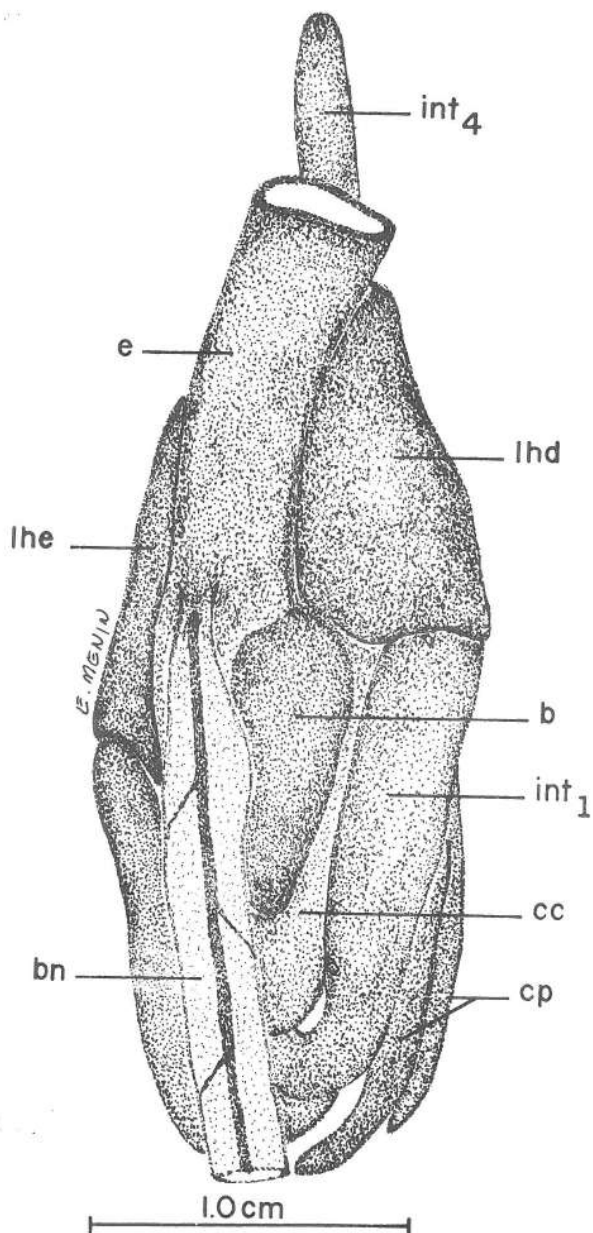


FIGURA 3 - Vista dorsal do conjunto visceral de *Gymnotus carapo*: bç - baço; bn - bexiga natatória; cc - região cecal gástrica; cp - cecos pilóricos; e - esôfago; int<sub>1</sub> - alça do intestino médio; int<sub>4</sub> - reto; lhd - lobo hepático direito; lhe - lobo hepático esquerdo.

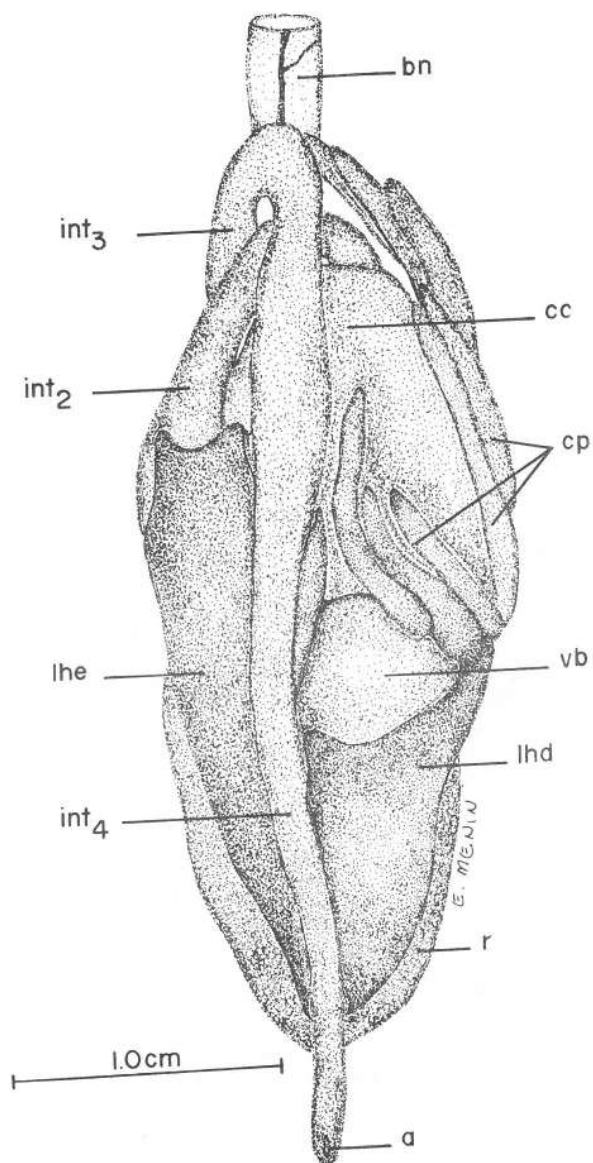


FIGURA 4 - Vista ventral do conjunto visceral de *Gymnotus carapo*: a - ânus; bn - bexiga natatória; cc - reção cecal gástrica; cp - cecos pilóricos; int<sub>2</sub> - alça 2 do intestino médio; int<sub>3</sub> - porção caudal da alça 3 (reto); int<sub>4</sub> - reto; lhd - lobo hepático direito; lhe - lobo hepático esquerdo; r - rim; vb - vesícula biliar.

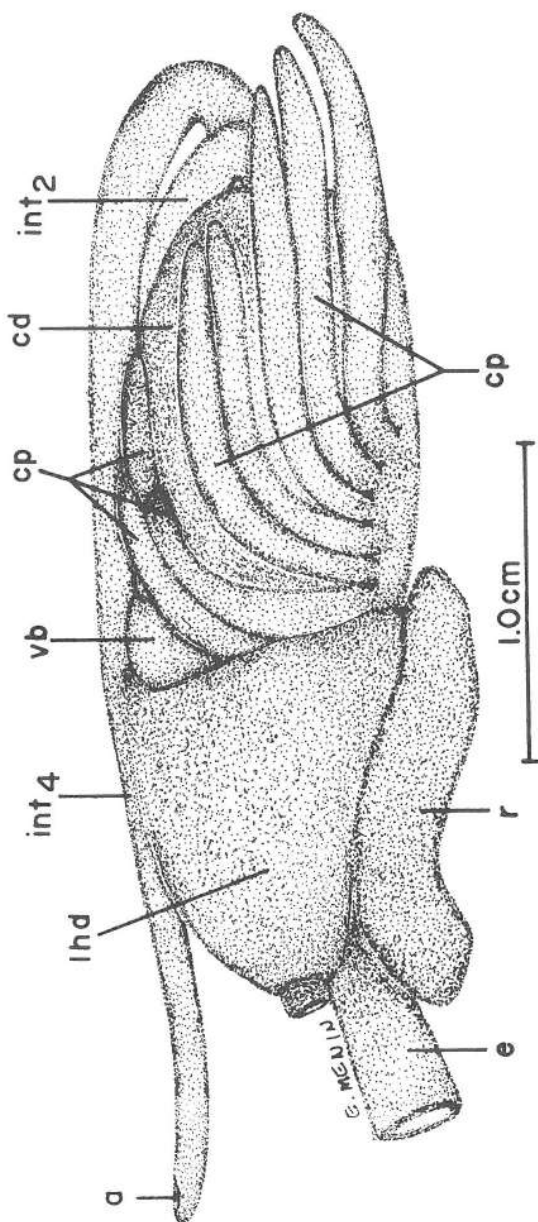


FIGURA 5 - Vista lateral direita do conjunto visceral de *Gymnotus carapo*: a - ânus; cd - região cárdico-gástrica; cp - cecos pilóricos; e esôfago; int<sub>2</sub> - alça 2 do intestino médio, int<sub>4</sub> - reto; lhd - lobo hepático-direito; r - rim; vb vesícula biliar.

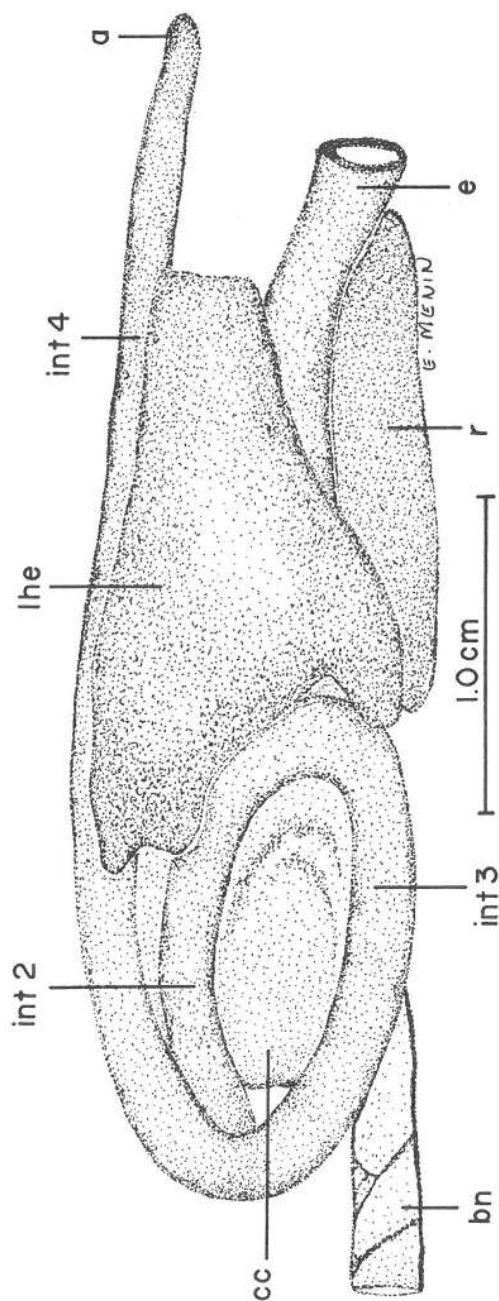


FIGURA 6 - Vista lateral esquerda do conjunto visceral de *Gymnotus carapo*: a - ânus; bn - bexiga natatória; cc - região cecal-gástrica; e - esôfago; int<sub>2</sub> - alça 2 do intestino médio, int<sub>3</sub> - porção cranial da alça 3 (intestino médio); int<sub>4</sub> - reto; lhe - lobo hepático esquerdo; r - rim.



delas encontram-se o esôfago, a porção cranial do reto, o fígado e a vesícula biliar. Além dos órgãos do aparelho digestivo, localizam-se nessa porção os rins, o baço e a câmara anterior da bexiga natatória (Figuras de 3 a 6). Na porção caudal desse conjunto de órgãos podem ser identificados o estômago, as alças do intestino médio e a porção caudal do reto, os cecos pilóricos, a porção caudal do lobo hepático esquerdo e a porção cranial da câmara posterior da bexiga natatória (Figuras de 3 a 6).

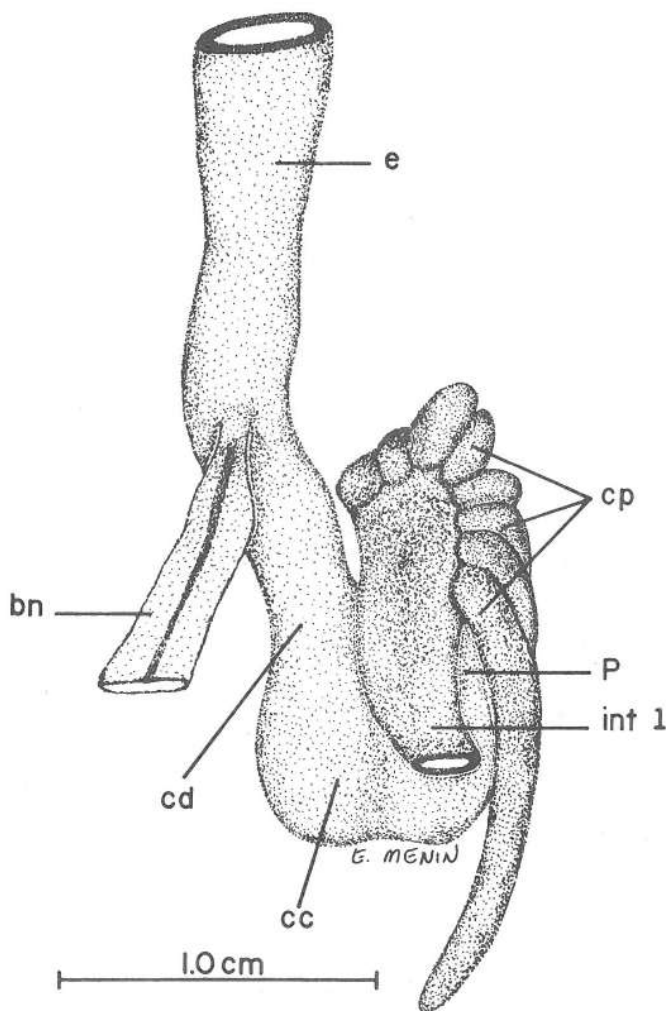


FIGURA 7 - Vista dorsal do intestino anterior de *Gymnotus carapo* (esôfago e estômago) e início do intestino médio: bn - bexiga natatória; cc - região caudal gástrica; cd - região cardíaca gástrica; cp - cecos pilóricos; e - esôfago; int<sub>1</sub> - alça do intestino médio; p - região pilórica gástrica.

O ovário, ímpar, estende-se ao longo da porção tubular da cavidade celomática, acolado à bexiga natatória. Seu tamanho (e, conseqüentemente, a ocupação da cavidade celomática) varia conforme o estágio de maturação. Os testículos, par, ovalados, permanecem, independentemente de seu estágio de maturação, próximos à extremidade caudal do conjunto visceral.

Nas Figuras 2, 10 e 11, a disposição das vísceras, suas relações com a cavidade celomática e as relações desta com a forma do corpo do animal podem ser mais bem estudadas.

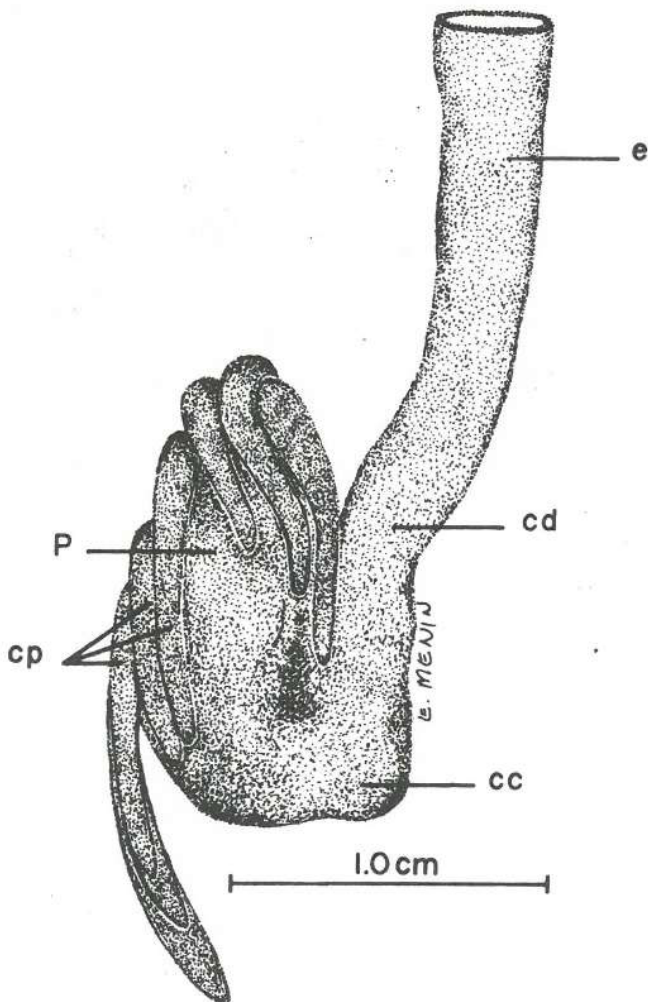


FIGURA 8 - Vista ventral do intestino anterior de Gymnotus carapo (esôfago e estômago) e cecos pilóricos: cc - região cecal gástrica; cd - região cárdica gástrica; cp - cecos pilóricos; e - esôfago; p - região pilórica gástrica.

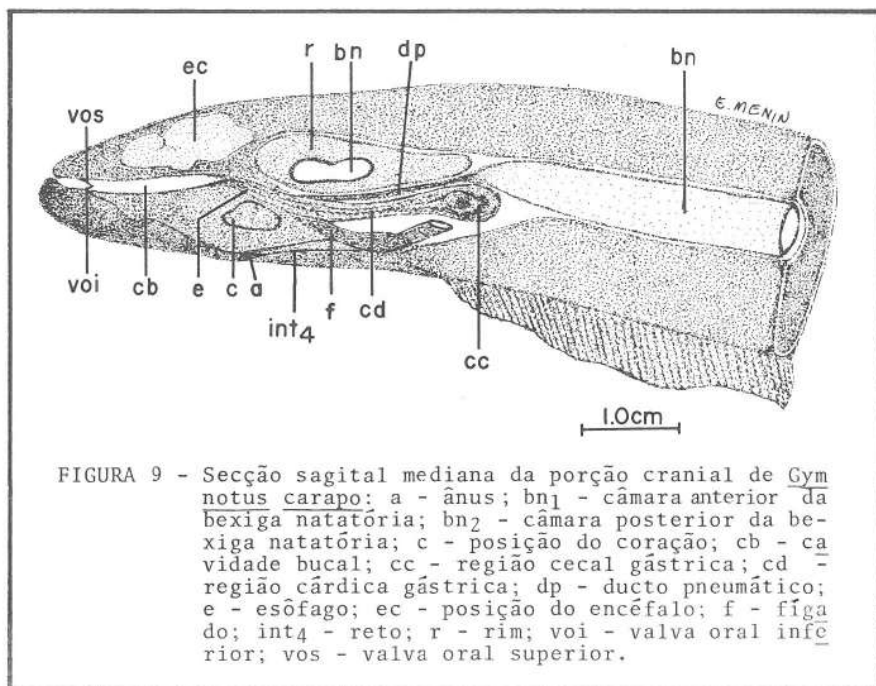
O esôfago de *Gymnotus carapo*, órgão tubular e ligeiramente cônico, com 1,3 cm de comprimento, tem maior diâmetro na sua porção cranial, que se segue à faringe. A luz esofágica é ampla, mesmo quando as paredes do órgão encontram-se contraídas.

Em vistas laterais, direita e esquerda, do conjunto visceral (Figuras 5 e 6) e em secção sagital mediana da porção cranial do corpo (Figura 9), a extremidade cranial deste órgão encontra-se acima da cavidade pericárdica, ao passo que a maior parte do seu comprimento, já na cavidade celomática, está disposta sob a câmara anterior da bexiga natatória. Em vista ventral (Figura 4), o esôfago está coberto pelo fígado, principalmente pelo lobo hepático esquerdo. Em vista dorsal (Figura 3), retirados os rins e a câmara anterior da bexiga natatória, o esôfago dirige-se para o estômago, alojado em um sulco profundo, que ocorre na face dorsal da porção cranial do fígado. Dorsalmente, na extremidade caudal do esôfago, liga-se o ducto pneumático, demarcando externamente a região de transição deste órgão para o estômago (Figuras 3 e 9).

Em secção horizontal mediana do intestino anterior, observa-se que a espessura das paredes esofágicas é aproximadamente constante ao longo do órgão, espessando-se ligeiramente na região de transição para a região cárdica gástrica.

A mucosa esofágica apresenta, no início do órgão, pregas primárias, longitudinais, sinuosas, espessas e largas, separadas entre si por sulcos bem marcados. A espessura e a sinuosidade das pregas primárias diminuem gradativamente em direção aboral. Ao longo do esôfago, entre as pregas primárias ocorrem de uma a duas pregas secundárias, também longitudinais, porém mais estreitas e menos espessas do que as primárias. As pregas primárias do esôfago formam-se pela junção de duas pregas mais estreitas provenientes da porção caudal da faringe.

O estômago cecal, em Y, apresenta três regiões distintas: cárdica, cecal e piló-



rica. A região cárdica, cônica, com 0,8 cm de comprimento, segue-se ao esôfago; a região cecal, em forma de um saco cego, com 0,6 cm de comprimento, é continuada pela região pilórica. Esta, também cônica, porém de diâmetro menor que o da região cárdica, com 0,8 cm de comprimento, precede o intestino médio (Figuras 7 e 8).

Em secção sagital mediana (Figura 9), o estômago dispõe-se sob o ducto pneumático e sob a porção caudal dos rins. Em vista dorsal e ventral do conjunto das vísceras (Figuras 3 e 4), a região cárdica dispõe-se à esquerda na cavidade celomática, lateralmente à região pilórica. A extremidade cranial desta, voltada para o dorso (Figura 7), tem luz e diâmetro muito estreitos, apresentando pronunciada constrição, em virtude da presença de um esfíncter, o esfíncter pilórico. Este marca o limite entre o estômago e o intestino médio.

Na região de transição entre o esôfago e o estômago, as pregas da mucosa

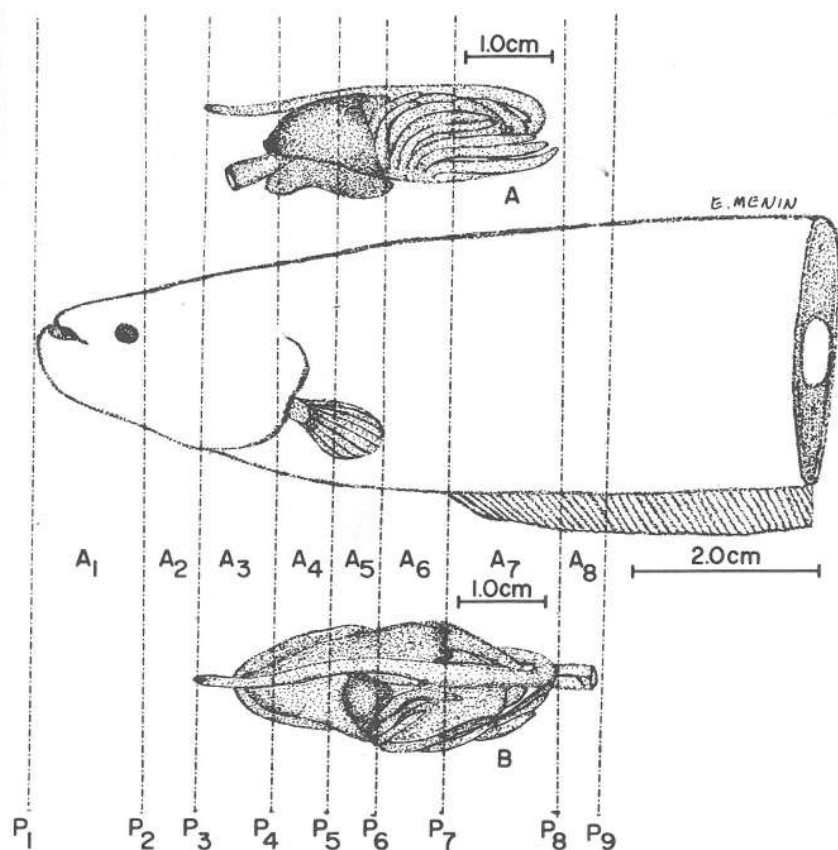


FIGURA 10 - *Gymnotus carapo*. Planos (P1 - P9) indicadores das secções transversais seriadas das quais resultaram os segmentos A1 - A8, ilustrados na figura seguinte. A. Vista lateral direita do conjunto visceral; B. Vista ventral do conjunto visceral.

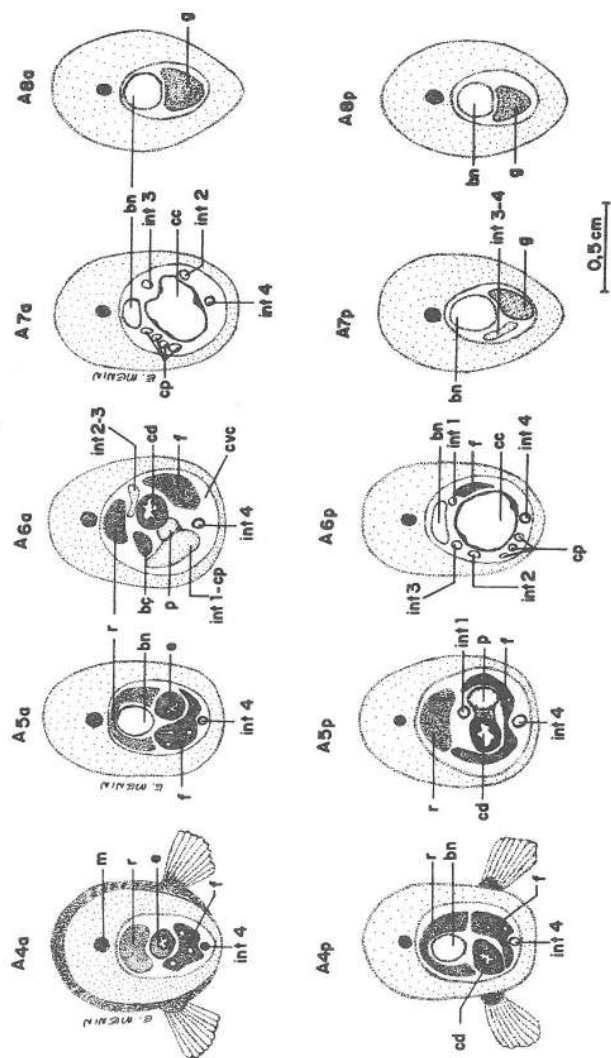


FIGURA 11 - Seções transversais seriadas de um exemplar de *Gymnotus carapo* submetido a jejum de dois dias: A4a - A8a - face anterior dos segmentos A4 - A8; A4p - A8p - face posterior dos segmentos A4; A8; A4p - A8p - face posterior dos segmentos A4 - A8; bç - baço; bn - bexiga natatória; cc - região cecal-gástrica; cd - região cardíaco-gástrica; cp - cecos pilóricos; cvc - cavidade celomática; e - esôfago; f - fígado; g - gonadas; int<sub>1</sub> - início da alça 1 do intestino médio; int<sub>2</sub> - alça 2 do intestino médio; int<sub>3</sub> - alça 3 (intestino médio); int<sub>2-3</sub> - flexão da alça 2 para a alça 3 do intestino médio; int<sub>3-4</sub> - reto; int<sub>3-4</sub> - flexão da alça 3 para a alça 4 do intestino médio; m - medula espinhal; p - região pilórica gástrica; r - rim.



mostram brusca alteração, principalmente na espessura e largura, embora as pregas primárias sejam contínuas às do esôfago. Na região cárdica, as pregas são longitudinais, espessas, largas, paralelas, de bordos arredondados, e aumentam gradativamente de espessura na direção caudal. Na região cecal, as pregas da mucosa são contínuas e semelhantes às da região cárdica, embora ainda mais espessas, mais largas e mais afastadas umas das outras. No fundo cego, reúnem-se e, fazendo um percurso semicircular, dirigem-se para a região pilórica. Nesta, as pregas, que são longitudinais, pouco espessas, estreitas, numerosas e dispostas muito próximas umas das outras, dirigem-se para o esfíncter pilórico.

As paredes gástricas são, na região cárdica, mais delgadas do que as do esôfago e da região cecal. Nesta, as paredes espessam-se gradativamente em direção às da região pilórica, que são muito espessas.

O intestino médio, juntamente com o reto, mede 7,6 cm de comprimento, representando 55,47% do comprimento total do aparelho digestivo.

As alças intestinais apresentam-se dispostas na cavidade celomática segundo um arranjo constante para esta espécie. Em vista ventral (Figura 4), a partir do esfíncter pilórico, o intestino toma direção caudal, seguindo, sob o estômago, até ultrapassar a região cecal (alça 1). Dobra-se, então, dorso-ventralmente e estende-se até a margem caudal do lobo hepático esquerdo, ao mesmo tempo que se afasta do plano sagital mediano, voltando-se para a porção lateral esquerda da cavidade celomática (alça 2). Dobra-se novamente, agora em direção ventro-dorsal, contornando a margem distal do lobo hepático esquerdo, e toma direção caudal, ao mesmo tempo que se inclina gradativamente em direção ao plano sagital mediano (alça 3). Esta alça dispõe-se sob a região cecal e ultrapassa em comprimento a alça 2. No plano sagital mediano, o intestino dobra-se pela última vez, dorso-ventralmente, e toma direção cranial, seguindo linearmente até o ânus, alojado, caudalmente em um sulco na face ventral do lobo hepático esquerdo e, cranialmente, em um sulco ventral na porção cranial do fígado (alça 4).

Uma constrição na região mediana de alça 3 delimita exteriormente o intestino médio. Essa constrição resulta da presença de um esfíncter, o esfíncter ileorretal. Junto com este ocorre uma valva, a valva ileorretal, cônica, cujos bordos livres projetam-se na luz retal. O reto, portanto, compreende a porção caudal da alça 3 e da alça 4.

As alças 1 e 2 e a extremidade cranial da alça 3 (intestino médio) têm paredes delgadas, ao passo que as paredes da porção cranial da alça 3 (final do intestino médio) e do reto são mais espessas. A alça 1 apresenta maior diâmetro na sua porção cranial, na qual se ligam os cecos pilóricos (Figura 7). Em direção caudal, o diâmetro torna-se gradativamente menor, mantendo-se aproximadamente constante ao longo do intestino médio. O diâmetro da porção inicial do reto é maior do que o do intestino médio, porém diminui gradativamente até o ânus.

Na porção cranial da alça 1, as pregas da mucosa, espessas, estão dispostas muito próximas umas das outras, tendo direção predominantemente longitudinal. Na porção caudal desta alça, o padrão longitudinal está mais organizado, sendo as pregas espessas e onduladas. Na alça 2 e na extremidade cranial da alça 3, a mucosa é semelhante à observada na alça 1, porém as pregas da mucosa vão-se adelgaçando gradativamente. Na porção cranial da alça 3 há uma região de transição, na qual as pregas passam de longitudinais para transversais, o que se dá quase bruscamente. Anteriormente ao esfíncter e valva ileorretais, as pregas tornam-se espessas, largas e onduladas, dispostas transversalmente às paredes intestinais. Sendo descontínuas, dão um aspecto felpudo e irregular à mucosa. Esse mesmo padrão ocorre ao longo do reto, porém na porção caudal da alça 4 as pregas são

ainda mais espessas e mostram um padrão irregular, embora ainda transversal. Próximo ao ânus, as pregas tornam-se longitudinais e paralelas, pouco espessas e estreitas.

Os valores médios do comprimento intestinal (intestino médio e reto) e do coeficiente intestinal de cada classe de tamanho considerada neste estudo podem ser obtidos no quadro 1.

Os cecos pilóricos de *Gymnotus carapo* estão dispostos na porção direita da cavidade celomática, recobrimdo a região pilórica e a face lateral direita da região cecal (Figuras 4, 6, 7 e 11). Em número de oito, os cecos pilóricos estão plantados individualmente na porção cranial da alça 1 do intestino médio, estando os três primeiros dispostos mais cranialmente, dirigindo-se para a face ventral do estômago e recobrimdo as faces medial e ventral da região pilórica. Os outros cinco apêndices intestinais têm direção dorso-caudal, recobrimdo a face lateral direita das regiões pilórica e cecal. Nos três primeiros cecos, o comprimento varia de 0,9 a 1,1 cm; nos outros, de 1,1 a 1,5 cm. O comprimento aumenta do primeiro ao oitavo apêndice. O diâmetro é aproximadamente constante ao longo de cada apêndice, sendo eles, no ápice, um pouco mais delgados e arredondados (Figuras 4, 6 e 7).

#### 4. DISCUSSÃO

Nos Siluroidei o esôfago é, geralmente, um órgão curto e o estômago bem distensível. Em *Gymnotus carapo*, espécie carnívora, que se alimenta de larvas de Diptera, ninfas de *Odonata* (50, 53), crustáceos (20) e pequenos peixes (18, 20), o esôfago, relativamente longo e de grande diâmetro, com luz ampla e muito distensível, concorre para o armazenamento do alimento, como observado na maioria dos exemplares capturados. Nestes, além de encontrar-se repleto o estômago, o esôfago, muito distendido, estava preenchido com o alimento até junto à faringe. Possivelmente, esse fato resulta de ter o estômago pequenas dimensões, de serem as regiões cárdica e cecal relativamente pouco distensíveis e de ser restrita a cavidade celomática, não permitindo grande distensão gástrica, como a que ocorre em outros peixes carnívoros.

Assim, podem ser atribuídos ao esôfago desta espécie as funções de conectar a faringe ao estômago, servindo, então, como órgão condutor do alimento, e auxiliar no armazenamento do alimento, enquanto o estômago se encontrar em repleção, funções para as quais concorrem, de modo especial, o seu tamanho e as pregas da mucosa, que permitem a dilatação do órgão durante a passagem e permanência do alimento.

Estômago do tipo cecal pode ser encontrado em muitos Teleostei (11, 34, 41). Segundo LAGLEY *et alii* (34), em espécies onívoras o estômago é sempre do tipo cecal. Entretanto, também em espécies carnívoras tem sido registrada a ocorrência deste tipo de estômago (15, 54), nas quais a região cecal é muito desenvolvida. Embora não tão longa quanto em outros carnívoros, a região cecal é, ainda, a mais ampla região gástrica de *Gymnotus carapo*.

Nesta espécie, as pregas da mucosa das regiões cárdica e cecal gástricas, que contribuem para sua distensão, possibilitando o armazenamento gástrico do alimento, parecem não oferecer obstáculos ao trânsito do alimento. Este é, portanto, mais facilmente conduzido para a região pilórica, que, por sua vez, devido ao fato de ter luz estreita e ser curta e pouco distensível, de apresentar paredes espessas e pregas longitudinais na mucosa, está envolvida no esvaziamento gástrico, possibilitando a transferência ao intestino médio de material ao menos parcialmente digerido, em pequenos volumes. O esfíncter pilórico, além de regular o trânsito do

material alimentar, impede o seu refluxo para o estômago.

A forma e o tamanho da cavidade celomática pouca atenção têm recebido dos pesquisadores (36, 54). Conforme KEAST e WEBB (30), ambas as características desta cavidade estão diretamente relacionadas com a forma do corpo do animal, e esta, por sua vez, com o habitat e com a ecologia alimentar. Segundo AL-HUSSAINI (4), o padrão de enrolamento intestinal depende do comprimento do intestino. Ambos, entretanto, devem ser, conforme BÉRTIN (14), compatíveis com a forma do corpo, com o desenvolvimento da bexiga natatória e com o desenvolvimento muscular. Nos Siluroidei, a cavidade celomática, de modo geral, é mais ampla que nos *Gymnotidae*, distribuídos os órgãos digestivos por toda a sua extensão e desembocando o reto no ânus, na sua extremidade caudal. Em *Gymnotus carapo*, ao contrário, há uma evidente concentração dos órgãos digestivos no primeiro terço da cavidade celomática, e o reto, voltando-se em direção cranial, desemboca no ânus, junto à extremidade cranial desta cavidade. Este fato não somente acarreta o enrolamento das alças intestinais descrito, mas também leva à disposição peculiar dos órgãos digestivos nesta cavidade, ressaltada quando é feito um estudo topográfico. RINGUELET *et alii* (48) sugeriram que a posição das vísceras nos *Gymnotoidei* constitui uma adaptação para proteção. Entretanto, segundo ELLIS (20), a mutilação da região caudal desta espécie é ocasional, visto que seu habitat, seu padrão de coloração, sua natação rápida e o hábito predador lhe servem de proteção.

O padrão de enrolamento das alças intestinais (intestino médio e reto) se mantém nas diferentes classes de tamanho analisadas no presente trabalho. Ainda, pode-se afirmar que o intestino médio e o reto crescem proporcionalmente ao crescimento do corpo do animal, visto que o valor do coeficiente intestinal permanece praticamente constante quando são comparados os valores médios das diferentes classes de tamanho.

Tem havido várias tentativas de correlacionar a natureza do material ingerido com o comprimento do intestino. KAPOOR (29), KHANNA (31) e SASTRY (49) afirmaram que os herbívoros apresentam o intestino mais longo do que o dos onívoros e que nestes últimos o intestino é mais longo do que nos carnívoros. Para AL-HUSSAINI (4), os planctófagos apresentam o intestino mais curto, os herbívoros o mais longo e os carnívoros o de comprimento intermediário, o que foi corroborado por REIFEL e TRAVILL (47). AL-HUSSAINI (5) demonstrou, entretanto, que *Gobio gobio*, uma espécie carnívora, apresenta intestino muito longo.

Para BARRINGTON (11), essas relações dificilmente poderão ser generalizadas, pois, mais do que um fator, parecem ser determinantes do comprimento do intestino. Também para SUYEHIRO (54), a relação entre o comprimento do intestino e a natureza da dieta dificilmente pode ser estabelecida, uma vez que grande número de espécies tem hábitos alimentares onívoros.

KHANNA (31), KHANNA e MEHROTRA (32), KLUST (33) e SASTRY (49), entre outros, procuraram correlacionar o coeficiente intestinal com a natureza do material consumido pelos peixes. BÉRTIN (14) considerou que nos carnívoros o coeficiente intestinal variaria de 0,2 a 2,5; nos onívoros, estaria compreendido no intervalo de 0,6 a 8,0; e nos herbívoros, no de 0,8 a 15,0. Em *Gymnotus carapo*, o coeficiente intestinal apresentou valor médio muito baixo, aproximadamente 0,3, podendo ser a espécie considerada como carnívora, pela escala anterior, nas diferentes classes de tamanho estudadas. A manutenção do valor desse coeficiente indica, portanto, que a natureza da dieta não passa por alterações significativas durante o desenvolvimento do peixe.

Pode-se também levar em consideração que um curto comprimento intestinal

pode ser compensado pela maior complexidade das pregas da mucosa, e, então, o comprimento efetivo do intestino é aumentado, já que a área intestinal é aumentada (5). Alguns pesquisadores tentaram relacionar a complexidade das pregas da mucosa intestinal com o hábito alimentar (Eggeling, 1907), apud ANGELESCU e GNERI, (7), KHANNA e MEHROTRA (32) e SINHA e MOITRA (51, 52). KHANNA e MEHROTRA (32) afirmaram que pregas mais complexas podem ser encontradas nas espécies carnívoras. Em *Gymnotus carapo*, as pregas da mucosa, complexas, seguem o mesmo padrão nas diferentes classes de tamanho analisadas. Assim, não há alterações significativas nesse aspecto durante o desenvolvimento, reforçando a sugestão de que a natureza da dieta não mostra alterações expressivas.

Segundo KHANNA (31), o intestino dos peixes não pode ser diferenciado, externamente, em duodeno, íleo e reto, como o intestino dos outros vertebrados. Vários pesquisadores procuraram subdividir o intestino com base na variação do diâmetro intestinal (5, 19, 35), na posição das várias alças intestinais na cavidade celomática (21) ou, ainda, na presença de constrições e, ou, valvas intestinais (12, 23). Outros pesquisadores estabeleceram os limites dos segmentos intestinais com base na variação do padrão da mucosa intestinal e da espessura das paredes que ocorrem ao longo do intestino (14, 32). Em *Gymnotus carapo*, a característica anatômica que permite designar o último segmento de reto é a presença do esfíncter e valva ileorretais, visto que, já na última porção do intestino médio, as paredes são mais espessas do que as das alças restantes, tão espessas quanto as da porção caudal do reto, e a sua mucosa é semelhante à desta última.

Segundo SINHA e MOITRA (51), as pregas da mucosa intestinal estão relacionadas com o transporte do material em processamento: pregas longitudinais auxiliam o transporte desse material, acelerando-o, ao passo que pregas transversais retardam o seu trânsito, uma vez que atuam como obstáculos à sua passagem. Em *Gymnotus carapo*, nas alças 1 e 2 do intestino médio, o trânsito do alimento deve ser facilitado, portanto, pelas pregas longitudinais, não sendo as anastomoses, delgadas e pouco numerosas, obstáculos à sua passagem. Na última porção do intestino médio e no início do reto, o transporte deve ser mais lento, por causa das pregas da mucosa, transversais e espessas. O esfíncter ileorretal, provavelmente, desempenha funções semelhantes às do pilórico, devendo ser ainda auxiliado pela valva homônima, para evitar o refluxo do alimento, garantindo que o trânsito seja feito em direção aboral. No final do reto, as pregas longitudinais devem auxiliar na expulsão do bolo fecal.

ANGELESCU e GNERI (7) afirmaram que as porções intestinais que apresentam mucosa mais complexa estão envolvidas, de modo especial, com processos absorptivos. Assim, pode-se sugerir que, em *Gymnotus carapo*, a última porção do intestino médio e a porção inicial do reto estejam envolvidas predominantemente nos processos absorptivos.

A disposição, a forma e o número de cecos pilóricos são mantidos nos exemplares das diversas classes de tamanho consideradas no presente trabalho. Estes apêndices intestinais têm originado discussão entre os pesquisadores, não somente quanto à sua função (13, 17, 39, 44, 45, 46), mas também quanto à sua ocorrência (26, 40, 43, 44, 45, 46). Alguns autores acreditam que essas estruturas estejam relacionadas com o regime alimentar (8, 24, 55), ao passo que outros consideram impossível estabelecer essa relação, uma vez que ocorrem tanto nos carnívoros como nos onívoros e nos herbívoros, ou podem estar ausentes nas três categorias de peixes (31, 32, 38). Em *Gymnotus carapo*, pode-se afirmar, com base nas características anatômicas e na posição, que os cecos pilóricos ampliam a área efetiva intestinal.



## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho foi estudada a anatomia funcional do tubo digestivo de *Gymnotus carapo*, espécie carnívora. Ele é constituído de esôfago, estômago, intestino médio e reto; no intestino médio estão presos os cecos pilóricos. As vísceras estão dispostas na porção cranial da cavidade celomática e o reto desemboca no ânus, próximo à região do istmo. O esôfago, relativamente longo e muito distensível, além da condução do alimento ao estômago, cecal e curto, auxilia este último no armazenamento do alimento. Os esfíncteres pilórico e ileorretal, bem como a valva ileorretal, controlam o trânsito do alimento através do tubo digestivo. A área efetiva do intestino médio é ampliada pelas pregas da mucosa e pelos cecos pilóricos. O padrão mais complexo da mucosa na porção caudal do intestino médio e do reto sugere que nesses segmentos predominam os processos absorptivos. O valor médio do coeficiente intestinal (0,3), praticamente constante para todas as classes de tamanho estudadas, indica que, nesta espécie, o crescimento do intestino médio e do reto é proporcional ao crescimento do corpo e que a natureza da dieta não sofre alterações significativas.

## 6. SUMMARY

(FUNCTIONAL ANATOMY OF THE ALIMENTARY TRACT OF *Gymnotus carapo* LINNAEUS, 1758 (SILURIFORMES, GYMNOTOIDEI, GYMNOTIDAE))

The functional anatomy of the alimentary tract of *Gymnotus carapo*, a carnivorous fish, was examined. The digestive tract of this fish is constituted of esophagus, stomach, middle intestine and rectum; pyloric caeca are attached to the middle intestine. The viscerae are localized in the cranial portion of the coelomatic cavity and the rectum ends at the anus, near the isthmus region. The relatively long and very distensible esophagus conducts the food to the short caecal stomach and assists its storage there. The pyloric and ileocecal constrictions, as well as the ileocecal valve, control the passage of food through the digestive tract. Mucous folds and pyloric caeca increase the effective area of the middle intestine. The complexity of the mucosa at the caudal portion of the middle intestine and rectum suggests that absorptive processes predominate in this region. The average value of the intestinal coefficient (0,3) is practically constant for all body size classes indicating that the growth of the middle intestine and rectum, in this species, is proportional to the growth of the body and that there are no significant changes of diet.

## 7. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Sr. João M. Ferreira da Silva, da EPAMIG, a doação dos exemplares.

Agradeço, ainda, à Dr.<sup>a</sup> Olga Martins Mimura, professora do Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo-SP, pelas sugestões, no decorrer deste trabalho, e ao Sr. Márcio Mendes, pelo auxílio nas coletas e na preparação de algumas das peças utilizadas neste trabalho.

## 8. LITERATURA CITADA

1. AL-HUSSAINI, A.H. The anatomy and histology of the alimentary tract of the coral feeding fish *Scarus sordidus* Klunz. *Bull. Inst. Egypte*, 27:349-377. 1945.



2. AL-HUSSAINI, A.H. The anatomy and histology of the alimentary tract of the bottom feeder. *Mulloides auriflame* (Forst.) *J. Morphol.*, 78:121-154. 1946.
3. AL-HUSSAINI, A.H. The anatomy and histology of the alimentary tract of the plankton feeder. *Atherina forskali* (Rupp.) *J. Morph.* 80:251-286. 1947.
4. AL-HUSSAINI, A.H. The feeding habit and the morphology of the alimentary tract of some teleosts living in the neighbourhood of the Marine Biological Station, Ghardaga Red. Sea. *Publ. Mar. Biol. Stat.*, Ghardaga. 5:4-61. 1947.
5. AL-HUSSAINI, A.H. On the functional morphology of the alimentary tract of some fish in relation to differences in their feeding habits. I. Anatomy and histology. *Quart. J. Microscop. Soc.* 90:109-139. 1949.
6. AMLACHER, E. *Manual de enfermedades de los peces*. Zaragoza, Editorial Acribia, 1964. 319 p.
7. ANGELESCU, V. & GNERI, F.S. Adaptaciones del aparato digestivo al régimen alimenticio in algunos peces del rio Uruguay e del rio de la Plata. *Rev. Inst. Invest. Mus. Argent. Cienc. Nat.*, Ciências Zoológicas 1(6):161-272. 1949.
8. BABUSHKIN, P. A comparative morphological description of male rainbow trout (*Salmo irideus*) from different groups. *J. Ichthyol.*, 14:717-726. 1974.
9. BARBIERI, M.C. & BARBIERI, G. Reprodução de *Gymnotus carapo* (Linnaeus, 1758) na Represa do Lobo (SP). Morfologia e Histologia de Testículo. Variação sazonal. (Pisces, Gymnotidae). *Rev. Brasil. Biol.*, 44(2):141-148. 1984.
10. BARBIERI, M.C. & BARBIERI, G. Reprodução de *Gymnotus carapo* (Linnaeus, 1758) na Represa do Lobo (SP). Morfologia e Histologia de Ovário. Variação sazonal. (Teleostei, Gymnotidae). *Rev. Brasil. Biol.*, 45(1/2):3-12. 1985.
11. BARRINGTON, E.J.W. The alimentary canal and digestion in fishes. In: BROWN, M.E. *The Physiology of fishes*. New York, Academic Press, 1957. V. 1, p. 109-161.
12. BELLISIO, N.B. Anatomia e histologia del tracto digestivo de algunos pime-lodidos argentinos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ZOOLOGIA, 2, São Paulo, 1962. *Anais*, São Paulo. USP, 1962. p. 107-123.
13. BERGOT, P. Structure et fonctions des caeca pyloriques. In FONTAINE, M. *Nutrition des Poissons*. Paris, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1981. p. 45-53.
14. BÉRTIN L. Appareil Digestif. In: GRASE, P.P. *Traité de Zoologie*. Paris, Madison, 1958, V. 13, p. 1249-1301.
15. BLAKE, I.H. Studies on the comparative histology of the digestive tube of certain teleost fishes. I. A predaceous fish, the sea-bass, *Centropomus striatus*. *J. Morphol.* 50:39-70. 1930.

16. BLAKE, I.H. Studies on the comparative histology of the digestive tube of certain teleost fishes. III. A bottom feeding fish, the sea-robin, *Prionotus carolinus*. *J. Morphol* 60(1):77-102. 1936.
17. BUDDINGTON, R.K. & DIAMOND, J.M. Aristotle revisited. The function of pyloric caeca in fish. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 83:8012-8014. 1986.
18. BULLOCK, T.H.; FERNANDES-SOUZA, N.; GRAF, W.; HELLINGENBERG, W.; LANGNER, G.; SCHEICH, H. & VIANCOUR, T.A. Aspectos do uso da descarga do órgão elétrico e eletrorrecepção nos Gymnotoidei e outros peixes amazônicos. *Acta Amazônica*, 9(3):549-572. 1979.
19. CHITRAY, B.B. Functional anatomy of the digestive organs of fresh water teleosts. III. Alimentary canal of *Eutropiichthys vacha* (Hgm.) (Siluroidea: Schilbeidae). *Proc. Nat. Acad. Sci. India.* 34B(2):62-72. 1964.
20. ELLIS, M.M. The Gymnotid Eels of Tropical America. *Mem. Carnegie Mus. Pittsburg*, 6(3):109-195. 1913.
21. GAMMON, R.L.; TIEMEIER, O.W. & GIER, H.T. The gross and microanatomy of the digestive tract and pancreas of the channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Trans. Kans. Acad. Sci.* 75(2):141-155. 1972.
22. GIRGIS, S. On the anatomy and histology of the alimentary tract of an herbivorous bottom feeding cyprinoid fish, *Labeo horie* (Cuvier). *J. Morphol.* 90: 317-362. 1952.
23. GODINHO, H. Estudos anatômicos sobre o trato alimentar de um Siluroidei, *Pimelodus maculatus*. *Rev. Bras. Biol.* 27:425-433. 1967.
24. GROOT, S.J. de. Digestive system and sensorial factors in relation to the feeding behaviour of flatfish (Pleuronectiformes). *J. Cons. Perm. Inter. Explor. Mer.*, 32:385-395. 1969.
25. HYKES, O.V. & MORAVEK, Fr. Influence du régime alimentaire sur la longueur de tube digestif des poissons. *C. R. Soc. Biol.* 113(27):1239-1241. 1933.
26. JOHNSON, B.H. The individuality and variation of the pyloric caeca of the Centrarchidae. *Trans. Wis. Acad. Sic.* 15:713-733. 1907.
27. KAPOOR, B.G. The digestive tube of an omnivorous cyprinoid fish, *Barbus stigma*. *JAP. J. Ichthyol.* 6:294-398. 1957.
28. KAPOOR, B.G. The anatomy and histology of the digestive tract of a cyprinoid fish, *Catla catla*. *Ann. Mus. Stor. Nat. Genova*, 70:100-115. 1957.
29. KAPOOR, B.G. The morphology and histology of the alimentary tract of a plankton-feeder *Gadusia chapra*. *Ann. Mus. Stor. Nat. Genova*, 70:8-32. 1957.
30. KEAST, A. & WEBB, D. Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario. *J. Fish. Res.* 23:1845-1874. 1966.

31. KHANNA, S.S. Alimentary canal in some teleostean fishes. *J. Zool. Soc. India*. 13(2):206-219. 1961.
32. KHANNA, S.S. & MEHROTRA. Morphology and histology of the teleostean intestine. *Anat. Anz. Bd. 129*, S. 1-18. 1971.
33. KLUST, G. Über Entwicklung, Bau and Funktion des Darmes beim Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) *Int. Rev. Hydrobiol.* 39:498-536. 1939.
34. LAGLER, K.F.; BARDACH, J.E.; MILLER, R.R. & PASSINO, D.R.M. *Ichthyology*. 2.<sup>o</sup> ed. New York, John Wiley, 1977. 506 p.
35. LAL, M.B.; BHATNAGAR, A.N. & KAILE, R.K. Studies on the morphology and histology of the digestive tract and associated structures of *Chagunius chagunio* (Hamilton). *Proc. Nat. Acad. Sci. India*. 34(2):160-172. 1964.
36. MENIN, E. *Anátomo-histologia funcional comparativa do aparelho digestivo de seis Teleostei (Pisces) de água doce*. São Paulo, USP, 1988. 557 p. (Tese de Doutorado).
37. MENIN, E. Anatomia funcional da cavidade bucofaringeana de *Gymnotus carapo* Linnaeus, 1758 (Siluriformes, Gymnotoidei, Gymnotidae) *Rev. Ceres* 207(36): 422-434.
38. MOHSIN, S.M. Comparative morphology and histology of the alimentary canal in certain groups of Indian teleosts. *Acta. Zool.* 43(1):79-133. 1962.
39. OVERNELL, J. Digestive enzymes of the pyloric caeca and of their associated mesenteric in the cod (*Gadus morhus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 46B:519-531. 1973.
40. PARKER, L.P. Notes on the pyloric caeca of chinook salmon. *Copeia*. 1943(3): 190-191. 1943.
41. PASHA, S.M. KAMAL The anatomy and histology of the alimentary canal of an omnivorous fish, *Mystus gulio*. *Proc. Ind. Acad. Sci.* 59B:211-221. 1964.
42. PASHA, S.M. KAMAL. Anatomy and histology of the alimentary canal of a herbivorous fish. *Tilapia mossambica* (Peters). *Proc. Ind. Acad. Sci.*, 59B:340-349. 1964.
43. RAHIMULLAH, M. On the biology, ecology and bionomics of the fauna of the Hyderabad State (H.E.H. the Nizam's dominions). III. A contribution to the structure and probable functions of the pyloric caeca in the family Ophiocephalidae. *Anat. Anz.* 80:(1/4):10-17. 1935.
44. RAHIMULLAH, M. On the structure and functions of the so called pyloric caeca in two genera of fishes, *Lactarius* and *Osphoronemus*. *Jour. Osmania Univ.*, 9:23-39. 1941.

45. RAHIMULLAH, M. Contributions to our knowledge of the pyloric caeca in three families of freshwater Indian fishes (Ophicephalidae, Notopteridae and Mastacembelidae), together with some remarks on their probable functions. *Proc. Ind. Acad. Sci.* 188:83-86. 1943.
46. RAHIMULLAH, M.A. comparative study of the morphology, histology and probable functions of the pyloric caecum in Indian fishes, together with a discussion on their homology. *Proc. Ind. Acad. Sci.* 21:1-37. 1945.
47. REIFEL, C.W. & TRAVILL, A.A. Gross morphology of the alimentary canal in 10 teleostean species. *Anat. Anz.* 144:441-449. 1978.
48. RINGUELET, R.A.; ARAMBURU, R.H. & ARAMBURU, A.A. *Los peces argentinos de agua dulce*. Buenos Ayres, Comis. Invet. Cient. Prov. Buenos Ayres, Argentina, 1967. 602 p.
49. SASTRY, K.V. Comparative morphology and histology of the alimentary canal in two teleosts fishes. *Folia Morphol. (Prague)* 21(1):31-39. 1973.
50. SAÚL, W.G. An ecological study of fishes at a site in Upper Amazonian Ecuador. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 127:93-134. 1975.
51. SINHA, G.M. & MOITRA, S.K. Functional morpho-histology of the alimentary canal of an Indian freshwater major carp *Labeo rohita* (Ham.) during its different life-history stages. *Anat. Anz.* 138:222-239. 1975.
52. SINHA, G.M. & MOITRA, S.K. Morpho-histology of the intestine in a freshwater major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) during the different life-story stages in relation to food and feeding habits. *Anat. Anz. Bd.* 137S:395-407. 1975.
53. SOARES, M.G.M. Aspectos ecológicos (alimentação e reprodução) dos peixes do igarapé do Porto, Aripuanã, M.T. *Acta Amazônica* 9(2):325-352. 1979.
54. SUYEHIRO, Y. A. study of the digestive system and feeding habits of fish. *Jap. J. Zool.* 10:1-303. 1942.
55. SVETOVIDOV, A. On the correlation between the character of food and the number of pyloric caeca in fishes. *C. B. Ac. Sc. URSS., Leningrad.*, 3(3):67-72. 1934.
56. UIEDA, V.S. Ocorrência e distribuição dos peixes em um riacho de água doce. *Rev. Brasil. Biol.* 44(2):203-213. 1984.