



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA

**Ultrassonografia na avaliação reprodutiva de *Macrodon ancylodon*
(TELEOSTEI: SCIAENIDAE)**

Jéssica Milena Santos Andrade

Orientador: Prof. Dr. José Ribamar de Souza Torres Júnior

Universidade Federal do Maranhão

São Luís – MA

2024

Jéssica Milena Santos Andrade

**Ultrassonografia na avaliação reprodutiva de *Macrodon ancylodon*
(TELEOSTEI: SCIAENIDAE)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção de Grau em Bacharel em Oceanografia

Orientador: Prof. Dr. José Ribamar de Souza Torres Júnior

São Luís – MA

2024

Jéssica Milena Santos Andrade

Ultrassonografia na avaliação reprodutiva de *Macrodon ancylodon*
(TELEOSTEI: SCIAENIDAE)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção de Grau em Bacharel em Oceanografia

Orientador: Prof. Dr. José Ribamar de Souza Torres Júnior

Aprovada em: 18 de julho de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Ribamar de Souza Torres Júnior (Orientador)

Prof. Dr. Antônio Carlos Leal de Castro (UFMA)

Prof. Dra. Paula Verônica Campos Jorge Santos (UFMA)

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Santos Andrade, Jéssica Milena.

Ultrassonografia Na Avaliação Reprodutiva de Macrodon
Ancylodon teleostei: Sciaenidae / Jéssica Milena Santos
Andrade. - 2024.

33 p.

Orientador(a): José Ribamar de Souza Torres Junior.

Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão,
São Luís, 2024.

1. Ultrassom. 2. Sciaenidae. 3. Pescadinha-gó. 4.
Reprodução. 5. I. Souza Torres Júnior, José Ribamar de.
II. Título.

DEDICATÓRIAS

Não há maior exemplo de dedicação do que a nossa família. Aos meus queridos familiares que tanto admiro e amo, dedico os frutos do meu esforço neste caminho.

AGRADECIMENTOS

Pela Universidade, que me ensinou que o maior triunfo é transformar sonhos em realidade, mesmo que o caminho seja pontuado por dúvidas e desafios.

Agradeço aos professores que me acompanharam ao longo do curso e que, com empenho, se dedicam à arte de ensinar.

Ao professor e orientador José Ribamar de Souza Torres Júnior, pela orientação acadêmica, apoio, paciência e confiança.

Aos meus pais, meu profundo agradecimento por serem a base sólida sobre a qual construí meus sonhos, oferecendo suporte incondicional em cada passo desta jornada.

Agradeço a todos, minha família, parentes e amigos que com seu incentivo me fizeram chegar à conclusão do meu curso e começo de uma nova carreira.

Aos meus queridos amigos, quero agradecer o apoio, força, amor e assistência inabalável. Particularmente ao Felipe Oliveira, meus sinceros agradecimentos por sempre estar presente com palavras de encorajamento, força e apoio.

Para minha namorada, cuja paciência e compreensão foram as luzes guias nos momentos mais escuros da minha jornada acadêmica, minha gratidão é tão profunda quanto o nosso amor.

Àqueles que, direta ou indiretamente, influenciaram minha trajetória, minha mensagem de agradecimento pela contribuição significativa em minha formação pessoal e acadêmica.

RESUMO

Esta pesquisa propõe explorar o potencial da ultrassonografia como uma ferramenta eficaz e inovadora na avaliação do desenvolvimento gonadal de *Macrodon ancylodon*, investigando suas aplicações, limitações e implicações para o manejo e conservação da espécie. Dezenove espécimes de *M. ancylodon* foram adquiridos em mercado local localizado na cidade de São Luís, Maranhão, Brasil. Foram realizadas avaliações ultrassonográficas, com o auxílio de um aparelho de ultrassonografia equipado com transdutor multifrequencial linear. Os espécimes foram dissecados para confirmação de resultado de maturação gonadal em escalas macroscópica e microscópica sob preparação histológica de lâminas coradas com Hematoxilina Eosina. De acordo com a nomenclatura estabelecida por Lowerre-Barbieri (2011), os estágios de maturação das gônadas foram caracterizados microscopicamente, sendo eles: imaturo, em maturação e maduro. A ultrassonografia se mostrou um método eficaz e não invasivo para determinação e monitoramento da maturação reprodutiva em *M. ancylodon* desde as fases vitelogênicas iniciais da maturação, mas principalmente na fase de vitelogênese completa, madura ou pré desova, uma vez que os órgãos reprodutivos são indistinguíveis em animais imaturos.

Palavras-chave: Ultrassom. Sciaenidae. Pescadinha-Gó. Reprodução.

ABSTRACT

This research aims to explore the potential of ultrasonography as an effective and innovative tool to evaluate gonadal development in *Macrodon ancylodon*, and also to investigate its applications, limitations and implications for the management and conservation of the species. Nineteen specimens of *M. ancylodon* were obtained at a local market located in the city of São Luís, Maranhão, Brazil. Ultrasonographic evaluations were performed using an ultrasound device equipped with a linear multifrequency transducer. The specimens were anatomically dissected to confirm the result of gonadal maturation on macroscopic and microscopic views under histological Hematoxylin-Eosin-stained preparation. According to Lowerre-Barbieri (2011), the gonad maturation stages were characterized microscopically as immature, maturing and mature. Ultrasonography proved to be an effective and non-invasive method for determining and monitoring reproductive maturation in *M. ancylodon* from the initial vitellogenic to the complete or mature vitellogenesis phase (pre-spawning), since the reproductive organs are indistinguishable in immature animals.

Keywords: Ultrasound. Sciaenidae. King Weakfish. Reproduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplar de <i>M.ancylodon</i>	15
Figura 2. Ultrassom Mindray®, Modelo Z5Vet, Digital Ultrasonic Diagnostic Imaging System, Brasil.....	16
Figura 3. Dissecção do espécime para remoção de gônada.....	17
Figura 4A. Desidratação séries em álcool.....	17
Figura 4B. Inclusão de gônadas em parafina.....	17
Figura 4C. Corte dos blocos em micrótomo.....	17
Figura 4D. Coloração em Hematoxilina-Eosina.....	17
Figura 4F. Microscópio binocular Zeiss.....	17
Figura 5. Perspectivas anatômicas e ultrassonográficas dos cortes transversal (A), longitudinal ventral (B) e longitudinal lateral (C) das gônadas dentro da cavidade celomática em espécime de <i>M. ancylodon</i> . Ov = ovário; CC = cavidade celomática; PG = poro genital; MAV = musculo abdominal ventral (ventrecha); MD = musculo dorsal; CV = coluna vertebral.....	19
Figura 6A. Fotografia da anatomia macroscópica das gônadas de <i>M. ancylodon</i> em fase imatura.....	21
Figura 6B. Fotomicrografia dos ovários de <i>M. ancylodon</i> em fase imatura.....	21
Figura 6C.D. Imagem ultrassonográfica em corte transversal do ovário de <i>M. ancylodon</i> em fase imatura. OD = ovário direito; OE = ovário esquerdo; nu = nucléolos.....	21
Figura 7A . Fotografia da anatomia macroscópica das gônadas de <i>M. ancylodon</i> em fase de maturação inicial.....	22
Figura 7B Fotomicrografia dos ovários de <i>M. ancylodon</i> em fase inicial de vitelogênese (em maturação inicial)	22

Figura 7C.D. Imagem ultrassonográfica em corte transversal dos ovários de <i>M. ancylodon</i> em fase inicial de vitelogênese (em maturação inicial). OD = ovário direito; OE = ovário esquerdo; VTG1= ovócitos com vitelogênese lipídica inicial.....	22
Figura 8 A. Anatomia macroscópica das gônadas de <i>M. ancylodon</i> em fase de vitelogênese intermediária.....	24
Figura 8B.C. Fotomicrografia dos ovários de <i>M. ancylodon</i> em fase de vitelogênese intermediária (lipídico-protéica)	24
Figura 8D. Imagem ultrassonográfica do ovário de <i>M. ancylodon</i> em fase de vitelogênese intermediária representada em corte transversal. OD = ovário direito; OE = ovário esquerdo; VTG2 = ovócitos com grânulos de lipídios não-corados e grânulos de proteínas acidófilos evidentes (vitelogênese lipídico-proteica)	24
Figura 9 A. Anatomia macroscópica das gônadas de <i>M. ancylodon</i> em fase madura.....	25
Figura 9B.C. Fotomicrografia dos ovários de <i>M. ancylodon</i> em fase de vitelogênese completa.....	25
Figura 9D.E Imagem ultrassonográfica em corte transversal dos ovários de <i>M. ancylodon</i> em fase madura. OD = ovário direito; OE = ovário esquerdo; VTG3 = ooplasma apresentando gotas lipídicas grandes, em coalescência ou já em hidratação/hialinização parcial ou total (vitelogênese completa); H = hidratação/hialinização ovocitária; FPO = folículos pós-ovulatórios.....	25

SUMÁRIO

1 Introdução	12
2 Objetivos	13
2.1 Geral.....	13
2.2 Específicos	13
3 Fundamentação teórica	14
4 Metodologia	15
5 Resultados	18
6 Discussão	26
7 Considerações Finais.....	28
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1 Introdução

A ultrassonografia é uma técnica que permite identificar estruturas moles em diversas profundidades do organismo de maneira não invasiva. Essa técnica baseia-se na captação dos sons refletidos (ecos) ao passarem por tecidos de impedâncias diferentes (GRIFFIN; GUINThER, 1992).

A identificação do sexo e a avaliação eficiente e não invasiva do estágio de maturidade gonadal dos peixes são importantes para o desenvolvimento de estratégias de manejo nos programas de reprodução na aquicultura para produção e conservação de espécies. O uso da ultrassonografia está se tornando cada vez mais popular na avaliação dos aspectos reprodutivos dos peixes, uma alternativa aos outros métodos mais invasivos e complexos que podem comprometer a saúde e o sucesso reprodutivo (MOGHIM et al., 2002; WILDHABER et al., 2005). É uma forma confiável e rápida, amplamente utilizada na determinação do sexo de espécies de peixes que não possuem características sexuais secundárias perceptíveis externamente (ROTTA; MARQUES, 2007), bem como na avaliação do estágio de maturação de ovócitos (REIMERS et al., 1987; ORTENBURGER et al., 1996).

Como método não-letal e não invasivo, a ultrassonografia também tem sido aplicada com sucesso na determinação do sexo, no desenvolvimento gonadal e monitorização em peixes desde a década de 1980, e o seu custo continuou a diminuir juntamente com uma melhor portabilidade (Brizendine et al., 2018).

As imagens obtidas por intermédio de ultrassom, além da identificação sexual, permitem visualizar, para algumas espécies, o estágio de desenvolvimento dos ovócitos, podendo-se até prever com relativa segurança o período de desova, como geralmente ocorre no cultivo de esturjões (*Acipensersturio*) na Rússia (HURVITZ, 2007) e também foi descrito recentemente por nosso grupo de pesquisa para a espécie estuarina *Sciades herzbergii* (Carvalho, 2024).

O *Macrodon ancylodon* popularmente conhecida como Pescadinha-Gó é uma espécie de peixe marinho pertencente à família *Sciaenidae*, cuja característica padrão é o par de dentes caninos da maxila superior muito desenvolvidos e com ponta em forma de seta (FIGUEIREDO; MENEZES, 1980). Apresenta destacada abundância e importância econômica local na costa Maranhense. É um peixe costeiro, demersal, que habita ambientes de substratos arenosos e

lamosos (FIGUEIREDO; MENEZES, 1978). Comum em ambiente com substrato inconsolidado com profundidades que variam de 25 a 60m (CERVIGÓN et al., 1993).

É uma espécie de importância comercial no Brasil (HAIMOVICI et al., 1996, ISAAC; BRAGA, 1999), particularmente no estado do Maranhão (SERPA, 2004, MOURÃO et al., 2009) onde ocupa a terceira posição comercial com desembarques de 6,9% do total de peixes capturados no estado (ALMEIDA et al., 2000; ALMEIDA et al., 2009).

Sob o ponto de vista reprodutivo, o *M. ancylodon* apresenta-se como espécie dióica, com fecundação externa e sem dimorfismo sexual aparente, ou seja, não se consegue distinguir machos ou fêmeas pela aparência externa do corpo (SANTOS, 2007). Segundo SANTOS (2007), uma diferença anatômica entre os sexos, não associada às gônadas, pode ser notada. Em espécimes do sexo masculino existem os “músculos sônicos” uma camada de tecido muscular, os quais revestem a cavidade abdominal e são usados no processo de vocalização que os machos exibem no período reprodutivo. Os demais referenciais anatômicos que apontam o dimorfismo sexual, são restritos às gônadas (Santos, 2007).

Sendo assim, este trabalho visa ampliar as informações acerca da reprodução da espécie *M. ancylodon*, além de contribuir com dados que auxiliarão no desenvolvimento de estratégias para o manejo e conservação da espécie.

2 Objetivos

2.1 Geral

Avaliar a ultrassonografia como método para determinação sexual e avaliação da maturação gonadal em *Macrodon ancylodon*.

2.2 Específicos

- Identificar os estágios de maturação gonadal através da análise macroscópica ultrassonográfica;
- Realizar análise histológica gonadal;
- Estabelecer relação entre as imagens ultrassonográficas e anatômicas macro e microscópicas com o estágio maturacional.

3 Fundamentação teórica

A ultrassonografia tem sido amplamente utilizada na avaliação não invasiva de órgãos internos e estruturas biológicas em diversas espécies animais, incluindo peixes. Segundo Boles et al. (2023) a ultrassonografia é uma tecnologia bem reconhecida usada para avaliar a condição reprodutiva das gônadas com precisão e de forma não letal em peixes cultivados e selvagens.

O uso da ultrassonografia na identificação do sexo de peixes é uma técnica que data dos anos posteriores a 1980. Pela primeira vez, Martin et al. em 1983 utilizaram a ultrassonografia para identificar os sexos em 20 peixes vivos (salmão prateado) (Martin & Rommens, 1983). Posteriormente, Reimers et al. em 1987 utilizaram a técnica em trutas arco-íris e salmões atlânticos (Reimers et al., 1987), e vários outros tipos de estudos foram conduzidos nessa área até 1993, quando Reimers et al. utilizaram o ultrassom como parte de uma técnica para identificar a maturidade sexual em salmões atlânticos cultivados e expressaram expectativa de que essa técnica pudesse reestruturar a reprodução artificial de peixes e trazer mais benefícios para os produtores (Reimers et al., 1993). A ultrassonografia também foi utilizada na identificação sexual de *Acipenser gueldenstaedtii persicus* e, depois, em *Acipenser stellatus* (Moghimi et al., 2002; Vajhi et al., 1999). Esses pesquisadores relataram acurácia de 97,2% na identificação sexual (Moghimi et al., 2002).

Conforme Novelo et al., 2012, o método revolucionou as técnicas para obter informações anatômicas internas em peixes sem perda biológica (Novelo & Tiersch, 2012). A ultrassonografia pode substituir a amostragem por biópsia tradicional e os métodos cirúrgicos, evitando assim os potenciais efeitos adversos de lesões nas gônadas e mortalidade (Du et al., 2017).

Estudos recentes demonstraram que as imagens ultrassonográficas fornecem uma ferramenta poderosa que biólogos, gerentes e pesquisadores pesqueiros podem usar para aprender mais sobre o ciclo reprodutivo dos peixes, mesmo em locais remotos. O método minimiza o estresse dos peixes, o que é importante no manejo de espécies ameaçadas ou em perigo (Brizendine et al., 2018).

De acordo com Moghim et al. (2002) e Albers et al. (2013), a tecnologia de ultrassom tem sido usada com sucesso para avaliar a maturação das gônadas de várias espécies de peixes, incluindo aqueles que são cultivados ou ameaçados de extinção. A aplicação da ultrassonografia na reprodução de peixes também se beneficia de avanços na tecnologia de imagem, como a

melhoria na resolução espacial e na capacidade de penetração, que permitem a visualização de estruturas pequenas e profundas no corpo dos peixes.

A ultrassonografia mostra-se como uma técnica não invasiva com resultados excelentes, podendo ser aplicada para acompanhamento reprodutivo e diagnóstico de afecções por meio da avaliação anatômico-topográfica dos órgãos, além de auxiliar na biopsia guiada por ultrassom (BORTOLINI et. al., 2013)

Portanto, esta pesquisa propõe explorar o potencial da ultrassonografia como uma ferramenta eficaz e inovadora na avaliação gonadal de *M. ancylodon*, investigando suas aplicações, limitações e implicações para o manejo e conservação da espécie.

4 Metodologia

Espécimes e ultrassonografia

Dezenove espécimes de *Macrodon ancylodon* (Figura 1) foram adquiridos em mercado local localizado na cidade de São Luís, Maranhão, Brasil. Após transporte em gelo para laboratório, foram realizadas avaliações ultrassonográficas, com o auxílio de um aparelho de ultrassonografia (Mindray®, Modelo Z5Vet, Digital Ultrasonic Diagnostic Imaging System, Brasil; Figura 2) equipado com transdutor multifrequencial linear de 6-8 MHz. Com o espécime mergulhado em água, foi realizado o escaneamento da cavidade celomática, a partir do poro urogenital, no sentido caudo-cranial para detecção do estágio maturacional gonadal. Durante a varredura, com o transdutor posicionado na região lateral do corpo do espécime, o foco da propagação do feixe ultrassônico foi direcionado em dois sentidos, transversal e longitudinal, a fim de facilitar a localização e visualização das gônadas. Em seguida foi realizada a biometria dos peixes: comprimento total (Ct), que corresponde à ponta da extremidade cranial até o término da nadadeira caudal e comprimento padrão (Cp), da ponta da extremidade cranial até a última vértebra caudal.



Figura 1. Exemplar de *M.ancylodon*



Figura 2. Ultrassom Mindray®, Modelo Z5Vet, Digital Ultrasonic Diagnostic Imaging System, Brasil.

Análises macroscópica e histológica

Todos os espécimes foram dissecados para confirmação de resultado de maturação gonadal, por meio da abertura da cavidade celomática e exposição das gônadas (Figura 3). Foram definidos os estágios de maturação macroscópica a partir do grau de turgidez, coloração, vascularização e comprimento das gônadas em relação ao espaço ocupado na cavidade celomática (VAZZOLER, 1996). Foram seccionados fragmentos das gônadas para a análise microscópica. Os fragmentos foram fixados em solução de Bouin (75 mL de solução saturada de ácido pícrico, 20 mL de formaldeído a 37-40% e 5 mL de ácido acético glacial) por 24 horas e, em seguida, desidratadas em séries crescentes de álcoois, diafanizados em xilol (Figura 4A), impregnados e submersos em blocos de parafina (Figura 4B), seccionados em cortes de 2 a 5 μm no micrótomo modelo LUPETEC (Figura 4C), e corados em lâminas com Hematoxilina-Eosina (HE) segundo a rotina histológica (Figura 4D), (YOSHIDA,1964).

De acordo com a nomenclatura estabelecida por Lowerre-Barbieri (2011), o estágio de maturação das gônadas femininas foi caracterizado microscopicamente por meio de um microscópio binocular (Figura 4F), sendo eles: imaturo, em maturação, maduro, esvaziado



Figura 3. Dissecção do espécime para remoção de gônada

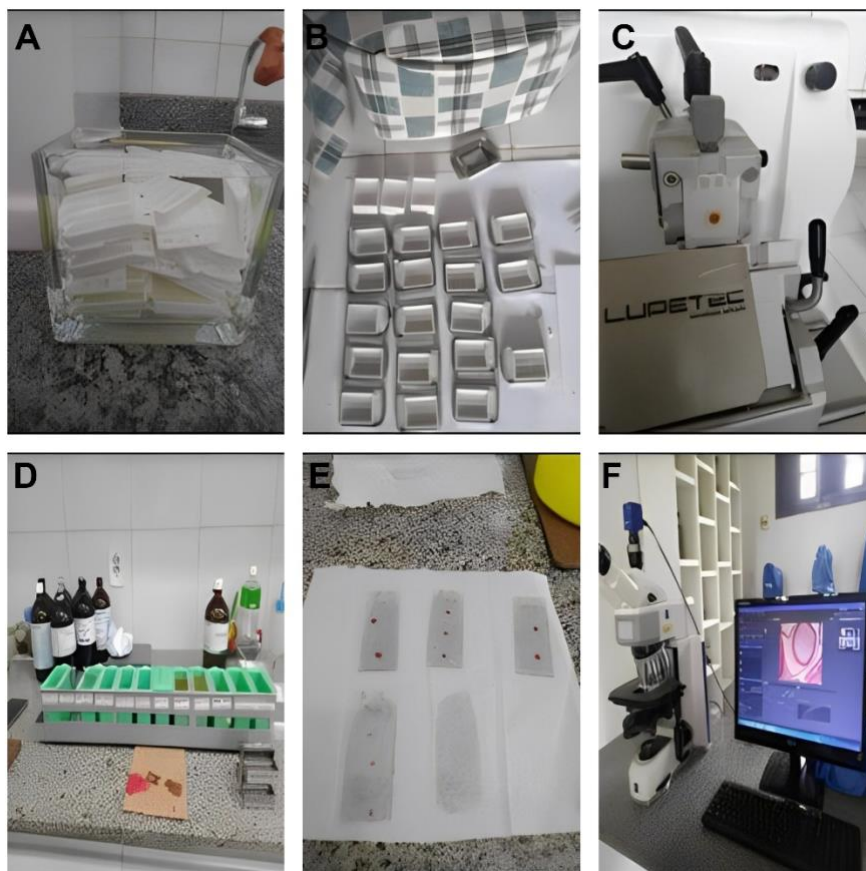


Figura 4. (A). Desidratação séries em álcool (B). Inclusão de gônadas em parafina (C). Corte dos blocos em micrótopo (D). Coloração em Hematoxilina-Eosina (E). Lâminas coradas em H-E (F). Microscópio binocular Zeiss.

5 Resultados

Os espécimes de *M. ancylodon* estudados apresentaram comprimento corporal total mínimo de 31 centímetros e máximo de 35.3 centímetros. Já o peso obteve um mínimo de 200 gramas e um máximo de 490 gramas.

Na figura 5 estão ilustradas as perspectivas anatômicas macroscópica e ultrassonográfica da cavidade celomática de *M. ancylodon*, abordando a localização topográfica das gônadas em cortes transversal e longitudinal.

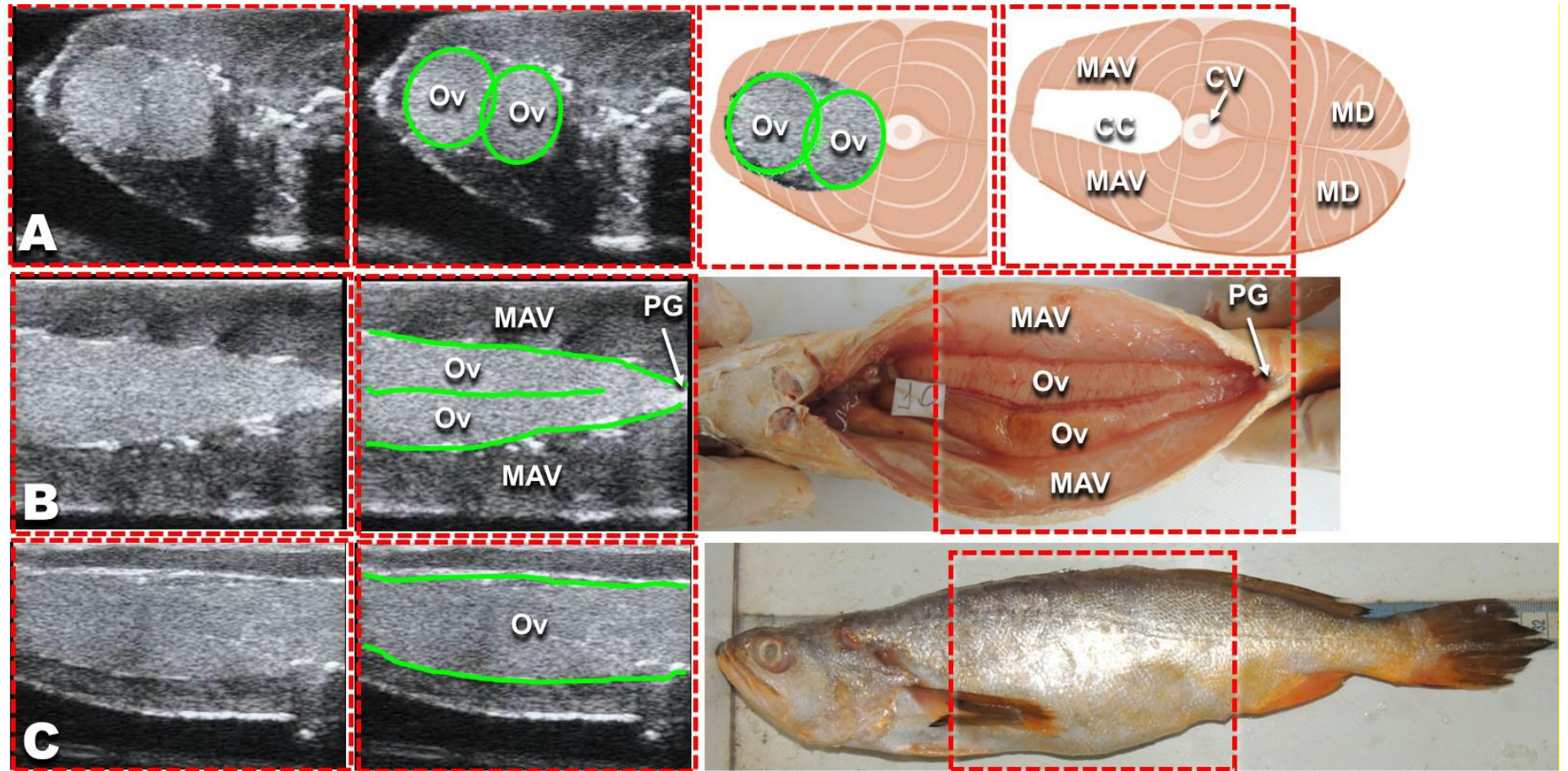


Figura 5. Perspectivas anatômicas e ultrassonográficas dos cortes transversal (A), longitudinal ventral (B) e longitudinal lateral (C) das gônadas dentro da cavidade celomática em espécime de *M. ancylodon*. Ov = ovário; CC = cavidade celomática; PG = poro genital; MAV = músculo abdominal ventral (ventrecha); MD = músculo dorsal; CV = coluna vertebral.

Conforme apresentados nas figuras de 5 a 8 adiante, foram identificados quatro estágios maturacionais, sendo eles: imaturo, em maturação inicial, em maturação intermediária e maduro.

Em indivíduos imaturos, o exame ultrassonográfico demonstrou inconsistência na acurácia de detecção das gônadas, devido as dimensões reduzidas desta estrutura dentro da cavidade celomática. Conforme ilustrado na figura 6A, percebe-se que, anatomicamente, os ovários são pálidos, translúcidos, alongados e delgados, com aspecto filamentosos, sem evidência de ovócitos em seu interior.

Na vista ultrassonográfica, percebe-se que os ovários ocupam pouco espaço na cavidade celomática, com diâmetro entre 36-37mm, e com pouca definição de limitação topográfica em relação a outros órgãos intracavitários (figura 6C, 6D). Sob o aspecto histológico, os ovários imaturos de *M. ancylodon* apresentam predominância de ovócitos com grandes nucléolos espalhados pelo núcleo celular (alvéolos perinucleolares). As células germinativas se apresentam agrupadas em estruturas primárias, nas quais as oogônias também são visíveis, ambas organizadas em lamelas e marcadamente basófilas, com predominância característica da cor azul, indicativa da impregnação pelo corante hematoxilina, cuja afinidade é maior em celular imaturas (figura 6B).

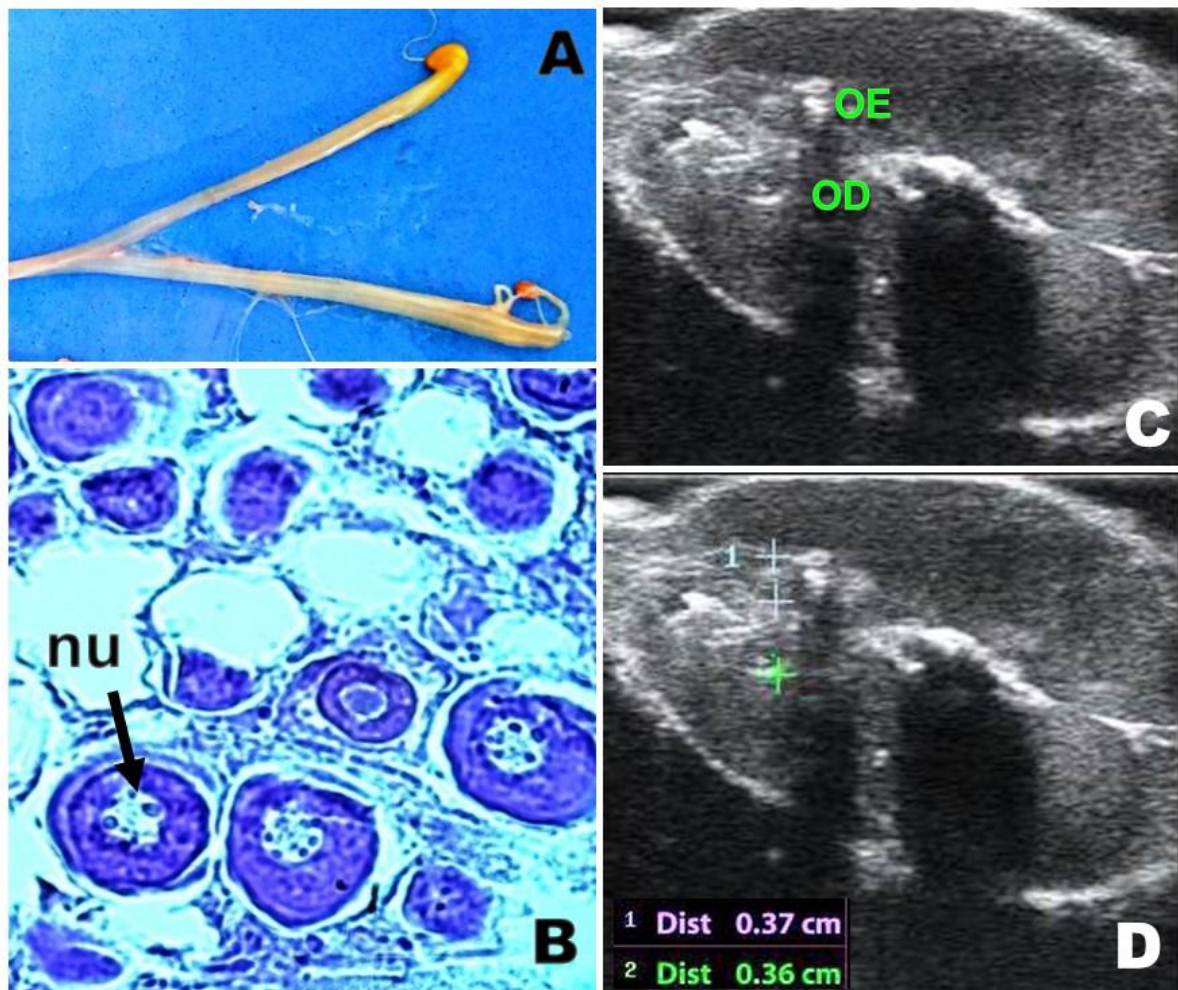


Figura 6. (A). Fotografia da anatomia macroscópica das gônadas de *M. ancylodon* em fase imatura; (B) Fotomicrografia dos ovários de *M. ancylodon* em fase imatura; (C/D) Imagem ultrassonográfica em corte transversal do ovário de *M. ancylodon* em fase imatura. OD = ovário direito; OE = ovário esquerdo; nu = nucléolos.

Através da ultrassonografia foi possível identificar com clareza e acurácia desde indivíduos cujo desenvolvimento ovocitário se encontra a partir da fase de vitelogênese inicial (em maturação inicial) até indivíduos cujos ovócitos se encontram em fase de vitelogênese completa (maduros). Anatomicamente, os ovários de espécimes em fase de maturação inicial são cilíndricos e mais volumosos em seu diâmetro, com discreta vascularização e tonalidade amarelo-esbranquiçada a marmórea (figura 7A). Ao exame ultrassonográfico, o estroma ovariano demonstra aspecto geral hiper ecogênico circunscrito, permeado por ovócitos com aparência em forma de pequenos pontos negros ou anecóicos circunscritos, sendo possível estimar que os ovários ocupam em torno de 50% da cavidade celomática e alcançam 88 a 89 mm de diâmetro, aproximadamente (Figura 7C, 7D).

Em complementação à visualização ultrassonográfica, identificou-se através da análise histológica que, na fase de maturação inicial, observa-se dentro dos ovários a presença de numerosos nucléolos na margem periférica do núcleo e o citoplasma já apresentando gotas citoplasmáticas de lipídios, não-coradas, organizadas ao redor do núcleo, característica marcante de uma célula em vitelogênese inicial lipídica (figura 7B). O aspecto de coloração geral dos ovócitos tende para uma transição dos tons azulados da hematoxilina para o tons róseo-avermelhados da eosina, no citoplasma e principalmente na membrana plasmática, devido a estes adotarem padrão acidófilo durante sua transição maturacional.

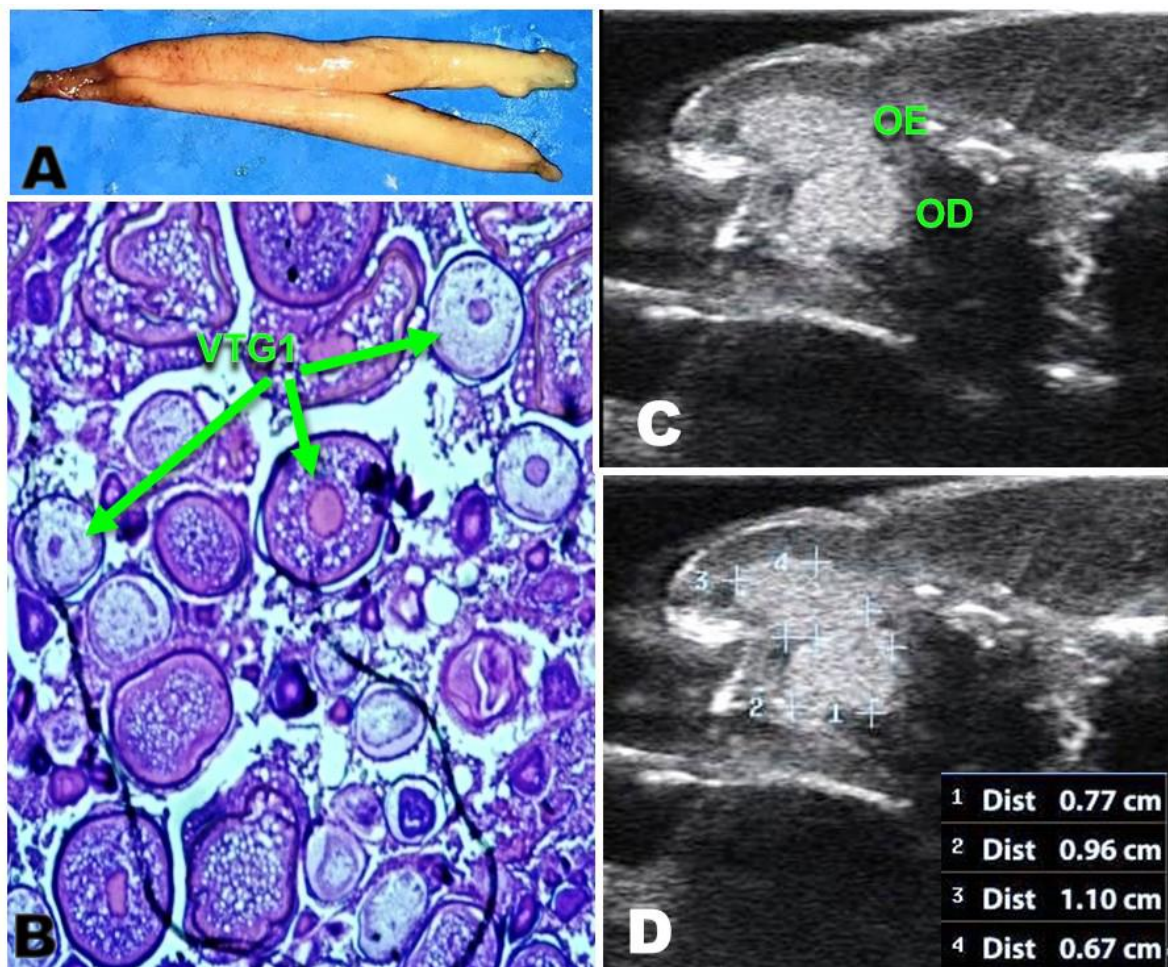


Figura 7. (A). Fotografia da anatomia macroscópica das gônadas de *M. ancylodon* em fase de maturação inicial; (B). Fotomicrografia dos ovários de *M. ancylodon* em fase inicial de vitelogênese (em maturação inicial). (C/D) Imagem ultrassonográfica em corte transversal dos ovários de *M. ancylodon* em fase inicial de vitelogênese (em maturação inicial). OD = ovário direito; OE = ovário esquerdo; VTG1= ovócitos com vitelogênese lipídica inicial.

Na fase seguinte, chamada de vitelogênese intermediária, ramificações sanguíneas se estabelecem (neovascularização) e, macroscopicamente, se pode perceber que os ovários aumentam de volume, tornando-se gradativamente mais firmes e com coloração amarelada mais intensa (figura 8A).

Foi possível detectar diminuição na ecogenicidade ultrassonográfica devido ao aumento no conteúdo vitelínico fluido dentro dos ovócitos. Nesta fase, os ovários podem ocupar de $\frac{1}{2}$ a $\frac{2}{3}$ da cavidade celomática e já apresentam em torno de 90 mm de diâmetro (Figura 8D, 8E).

A característica microscópica mais marcante de ovócitos em vitelogênese intermediária é a predominância de ovócitos em vitelogênese lipídico-protéica avançada, de caráter predominantemente acidófilo, além de raros ovócitos pré-vitelogênicos (Figura 8B, 8C).

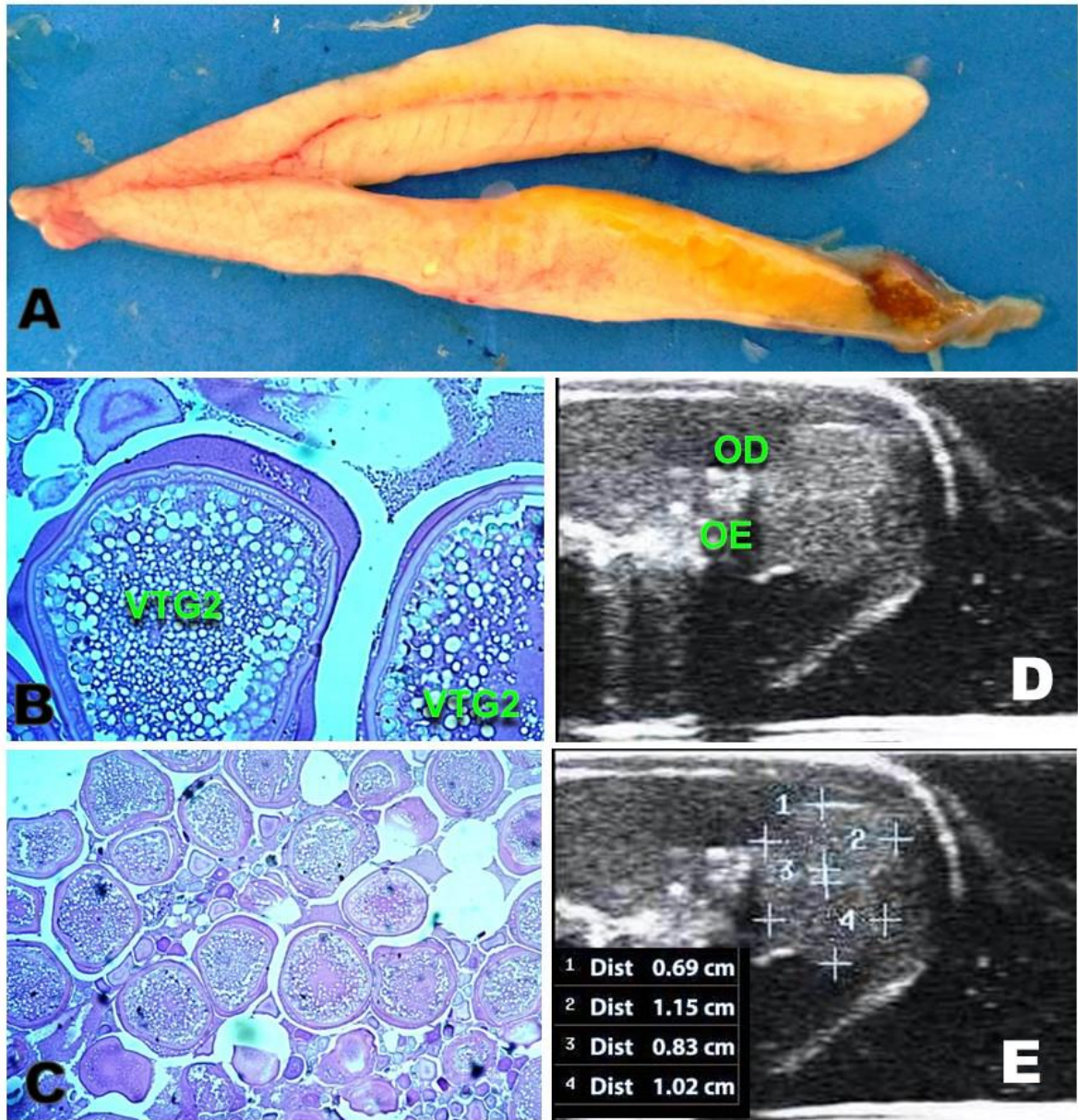


Figura 8. (A). Anatomia macroscópica das gônadas de *M. ancylodon* em fase de vitelogênese intermediária; (B/C) Fotomicrografia dos ovários de *M. ancylodon* em fase de vitelogênese intermediária (lipídico-protéica); (D/E) Imagem ultrassonográfica do ovário de *M. ancylodon* em fase de vitelogênese intermediária representada em corte transversal. OD = ovário direito; OE = ovário esquerdo; VTG2 = ovócitos com grânulos de lipídios não-corados e grânulos de proteínas acidófilos evidentes (vitelogênese lipídico-proteica).

A vista macroscópica do estágio maduro é caracterizada pelo maior tamanho das gônadas comparadas aos estágios anteriores, intensa coloração amarelo-avermelhada, consistência túrgida que caracteriza repleção, com numerosos ovócitos visíveis a olho nu de coloração amarela-opaca e/ou translúcidos, com intensa rede de vascularização capilar (figura 9A). Na vista ultrassonográfica, observa-se ovários de contornos ecogênicos bem definidos que

se destacam por ocupar quase que totalmente ($>2/3$) a cavidade celomática, com diâmetro variando de 140 a 166 mm (figura 9D, 9E).

As figuras 9B e 9C revelam grande predominância de vitelo no ooplasma, caracterizando vitelogênese completa, com gotas lipídicas grandes não-coradas, em coalescência ou já em hidratação/hialinização parcial ou total. Também se observam folículos atrésicos e corpos foliculares pós-ovulatórios, remanescentes da eliminação de ovócitos maduros. O tom róseo-avermelhado predomina em todo o campo histológico, confirmando o padrão acidófilo do tecido gonadal maduro.

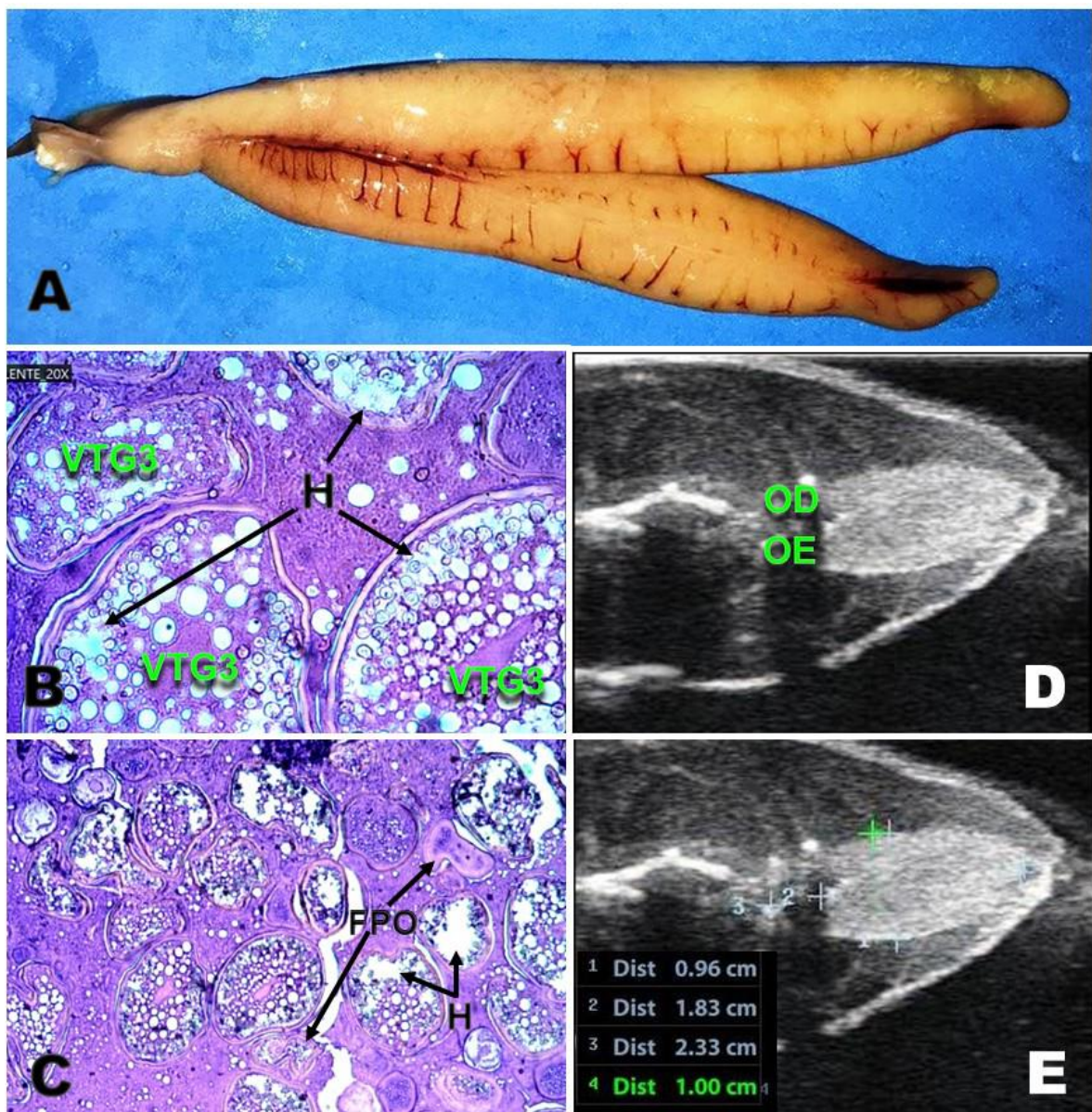


Figura 9. (A). Anatomia macroscópica das gônadas de *M. ancylodon* em fase madura; (B/C) Fotomicrografia dos ovários de *M. ancylodon* em fase de vitelogênese completa; (D/E) Imagem ultrassonográfica em corte transversal dos ovários de *M. ancylodon* em fase madura. OD = ovário direito; OE = ovário esquerdo; VTG3 = ooplasma apresentando gotas lipídicas

grandes, em coalescência ou já em hidratação/hialinização parcial ou total (vitelogênese completa); H = hidratação/hialinização ovocitária; FPO = folículos pós-ovulatórios.

6 Discussão

Tal qual em nosso estudo, uma série de outras pesquisas foram realizadas em diferentes espécies, obtendo resultados e interpretações similares aos obtidos por nossa equipe de pesquisa no uso do método ultrassonográfico para avaliação reprodutiva de *M. ancyloдон* (TELEOSTEI: SCIAENIDAE).

Um estudo realizado com *Oreochromis niloticus* mostrou que foi possível obter imagens proeminentes de ovários pares, indicando a ultrassonografia como uma ferramenta útil para detecção de ovários maduros (Nzeh et al. 2012). Já na espécie *Anguilla anguilla* (enguia prateada), os resultados foram ainda mais animadores, nos quais, a ultrassonografia resultou em 100% de sucesso na determinação do sexo em indivíduos maduros e a massa ovariana estimada pela ultrassonografia foi fortemente correlacionada com a massa ovariana real ($R^2 = 0,97$), muito embora os autores tenham relatado que peixes de tamanho intermediário não são facilmente sexados (Du Colombier et al., 2015). Assim como em nossa pesquisa, nas enguias prateadas com comprimento inferior a 40 cm, as gônadas não eram evidentes no exame. Por outro lado, naquelas com mais de 50 cm, as gônadas pareciam claramente cinzentas e granuladas, as extremidades dos órgãos eram fáceis de detectar e os contornos eram geralmente óbvios nas imagens transversais (Du Colombier et al., 2015).

Segundo Turaeva et al. (2024), o diagnóstico ultrassonográfico mostrou que as gônadas do bagre *Clarias gariepinus* em estágio de maturidade completa apresentam diferentes padrões de ecogenicidade a depender da estrutura-alvo da imagem, tendo sido observada parte superior ovariana isoecóica, preenchida por inclusões hiperecóicas de alta densidade na forma de ovócitos, além de áreas hipoeecóicas de baixa densidade ao longo de toda a extensão da parte medial inferior das gônadas. Os resultados desta pesquisa também permitiram aos autores concluir que o diagnóstico ultrassonográfico das gônadas dos peixes pode ser realizado de forma contínua, pois além de ser indolor, é um procedimento altamente informativo, permitindo a tomada de decisões tais como seleção de indivíduos para reprodução, estimulação hormonal e fertilização cientificamente sólidas.

Sob o ponto de vista prático, Arashiro (2021) usou a ultrassonografia para obter dados biométricos ovarianos (comprimento, largura e área) em fêmeas de *Pseudopimelodus mangurus*, *Pimelodus maculatus* e *Prochilodus lineatus*, no qual estabeleceu critérios para a seleção reprodutiva, pois obteve diferença significativa no peso ($P = 0,011$), largura ($P = 0,001$) e área dos ovários ($P = 0,000$) entre fêmeas que desovaram e que não desovaram, sendo eficiente também para evidenciar a iminência da desova.

Com base nas imagens longitudinais, observou-se em *Prochilodus brevis* que ajustes para menos na frequência do transdutor ultrassonográfico (12MHz) permitem melhor acurácia na identificação da época reprodutiva em peixes de espécies menores do que outras examinadas na maioria dos estudos. Seguindo este critério, foi possível observar que tanto ovários quanto testículos apresentaram maiores dimensões na época reprodutiva quando comparados à época não-reprodutiva, sendo observadas maiores variações no tamanho dos ovários (Salmito-Vanderley et al., 2023).

Em outro estudo anterior realizado por nosso grupo de pesquisa, a ultrassonografia também se mostrou um método eficiente em *S. herzbergii* na identificação de indivíduos com desenvolvimento ovocitário em fase vitelogênica (em maturação) ou ovócitos já maduros. Na vitelogênese inicial (lipídica) foi possível distinguir, pela ultrassonografia, ovócitos como pequenos pontos negros ou anecóicos circunscritos dentro dos ovários. (Carvalho, 2024). Inconsistências na avaliação ultrassonográfica das gônadas em estádios iniciais de maturação em peixes já foram descritas em variadas espécies, podendo ser atribuídas às reduzidas dimensões desses órgãos ou mesmo à variação no conteúdo celular e tecidual durante esta fase maturacional (CREPALDI; ROTTA, 2007).

Contextualizando pesquisas anteriormente citadas, corroboradas pelas informações obtidas neste estudo, se pode considerar a ultrassonografia um método eficiente para avaliação reprodutiva em *M. ancyloдон*, por ser um método não invasivo, indolor, simples, rápido e já utilizado com sucesso em outras diversas espécies de peixes com alta acurácia (MATTSON, 1991; NOVELO; THIERSCH, 2012).

7 Considerações Finais

A ultrassonografia se mostrou um método eficaz e não-invasivo para determinação e monitoramento da maturação reprodutiva em *M. ancylodon* desde as fases vitelogênicas iniciais da maturação até a pré-desova, uma vez que os órgãos reprodutivos são fracamente distinguíveis em animais imaturos.

Além disso, a não-invasividade da ultrassonografia permite avaliações repetidas ao longo do tempo sem causar estresse significativo aos peixes, o que é essencial para estudos longitudinais e programas de manejo sustentável. A capacidade de realizar diagnósticos em tempo real também contribuiu para a tomada de decisões rápidas em operações tanto em centros aquicultura quanto em ambientes naturais, melhorando a eficiência dos processos de reprodução assistida e promovendo avanços significativos na pesquisa científica e no manejo sustentável de recursos aquáticos.

Embora alguns desafios técnicos ainda precisem ser superados, como a adaptação dos equipamentos de ultrassom para diferentes espécies e a interpretação precisa das imagens obtidas, os benefícios potenciais da ultrassonografia na avaliação do estágio de maturação gonadal em peixes superam suas limitações.

Portanto, recomenda-se a continuidade de pesquisas que explorem ainda mais as aplicações da ultrassonografia em diferentes espécies de peixes, investigando a sua eficácia em condições variáveis de ambiente e avaliando seu potencial para contribuir com estratégias integradas de conservação e manejo pesqueiro.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albers, J. L., Wildhaber, M. L., and DeLonay, A. J. (2013). Gonadosomatic index and fecundity of lower Missouri and middle Mississippi river endangered pallid sturgeon estimated using minimally invasive techniques. *J. Appl. Ichthyol.* 29 (5), 968–977. doi: 10.1111/jai.12231

ALMEIDA, Z.S. Os recursos pesqueiros marinhos e estuarinos do Maranhão: Biologia, Tecnologia, Estado da Arte e Manejo. Tese de doutorado. Universidade Federal do Pará, 2009.

ALMEIDA, Z.S., CASTRO, A.C., PAZ, A.C., BARBOSA, N., RIBEIRO, D., RAMOS, T. Diagnóstico da pesca artesanal no litoral do Maranhão. Relatório Técnico. RECOS-MGP-MA, 63 pp. Projeto RECOS, São Luís. 2000.

ARASHIRO, Dilberto Ribeiro. Seleção de fêmeas de *Pseudopimelodus mangurus*, *pimelodus maculatus* e *Prochilodus lineatus* aptas à reprodução através da ultrassonografia. (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – Unesp – Campus de Botucatu, 2021.

Barreto, Uiara Hanna Araújo. "Ultrassonografia abdominal em peixe-boi amazônico (*Trichechus inunguis*): padronização da técnica e achados ultrassonográficos." (2015).

Boles, Sara E., et al. "Determination of gonad reproductive state using non-lethal ultrasonography in endangered black (*Haliotis cracherodii*) and white abalone (*H. sorenseni*)." *Frontiers in Marine Science* 10 (2023): 1134844.

BORTOLINI, Z.; MATAYOSHI, P.M.; SANTOS, R.V.; DOICHE, D.P.; MACHADO, V. M. V.; TEIXEIRA, C. R.; VULCANO, L.C. Casuística dos exames de diagnóstico por imagem na medicina de animais selvagens - 2009 a 2010. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v .65, n .4, p. 1247-1252, 2013.

Brizendine, M. E., Ward, D. L., & Bonar, S. A. (2018). Effectiveness of ultrasonic imaging for evaluating presence and maturity of eggs in fishes in remote field locations. *North American Journal of Fisheries Management*, 38, 1017–1026

CARREIRO, Carlos Riedel Porto. Inovações tecnológicas na sexagem, manejo reprodutivo e crescimento do pirarucu, *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822),(Actinopterygii, Arapaimidae) cultivado no Centro de Pesquisas em Aquicultura Rodolpho von Ihering (CPA) do DNOCS, Pentecoste, Estado do Ceará. 2012.

CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A. J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIERS, J. M.; ROBAINA, G. & RODRÍGUEZ, B. Field guide to the commercial marine and brackish-water resources of the northern coast of South America. Roma, FAO. 1993. 513p.

CHAGAS, Jumma Miranda Araújo; NINHAUS-SILVEIRA, Alexandre; VERÍSSIMO-SILVEIRA, Rosicleire. Ciclo testicular de *Devario aequipinnatus* (teleostei, cyprinidae): um potencial modelo biológico em experimentação animal. Boletim do Instituto de Pesca, v. 42, n. 4, p. 765-779, 2016.

CREPALDI, D. V.; ROTTA, M. A. Uso do ultrassom em programas de reprodução de peixes nativos. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2007. 6p.

CREPALDI, DANIEL VIEIRA. "ultra-sonografia em surubins (*pseudoplatystoma caruscans*): avaliação de parâmetros reprodutivos e características de carcaça." (2008).

DA FONSECA, FLAVIO AUGUSTO LEAL; DE CASTRO, ANTONIO CARLOS LEAL. "Dinâmica da nutrição da pescada-gó *macrodon ancylodon* (bloch & schneider, 1801) (teleostei: sciaenidae), na costa do estado do maranhão. boletim do laboratório de Hidrobiologia", v. 13, n. 1, 2000.

DU COLOMBIER, Sarah Bureau et al. Ultrasonography as a non-invasive tool for sex determination and maturation monitoring in silver eels. **Fisheries Research**, v. 164, p. 50-58, 2015.

DU, Hao et al. Gender and gonadal maturity stage identification of captive Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, using ultrasound imagery and sex steroids. *General and Comparative Endocrinology*, v. 245, p. 36-43, 2017.

FERREIRA, PEDRO EMIDIO LEITE MORAES. "ultrassonografia modo-b como uma ferramenta não invasiva para determinação sexual e avaliação da maturação gonadal em *prochilodus brevis* (characiformes, prochilodontidae)." (2019): 53-53.

FIGUEIREDO, JL DE; MENEZES, NAÉRCIO AQUINO. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: Teleostei. Universidade de São Paulo, 1980.

FIGUEIREDO, JOSÉ LIMA; MENEZES, NAÉRCIO AQUINO. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil, 2: Teleostei (1). Universidade de São Paulo, 1978.

GRIFFIN, P. G., AND O. J. GINTHER. "Research applications of ultrasonic imaging in reproductive biology." *Journal of animal science* 70.3 (1992): 953-972.

HAIMOVICI, M. MARTINS A.S., VIEIRA, P.C. Distribuição e abundância de peixes teleósteos demersais sobre a plataforma continental do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 56: 27-50. 1996.

HLIWA, PIOTR, ET AL. "Ultrasound evaluation of the gonadal structure in sex-reversed rainbow trout females." *Aquaculture International* 22.1 (2014): 89-96.

Irayana Fernanda da Silva Carvalho, I. F. S. Aspectos ecomorfológicos e ultrassonográficos da reprodução em *Sciades herzbergii* (Teleostei: Ariidae). Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA), Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

ISAAC V.J., BRAGA Y.M. Rejeição de pescado nas pescarias da região norte do Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, 32: 39-54. 1999.

KUCHERKA, W. D.; KHAN, I. A. Sex steroids for gender identification in red drum, *Sciaenopsocellatus*. *World Aquaculture*. v. 38, p. 53–65, 2007.

KUJAWA, ROMAN, ET AL. "Use of ultrasonography to determine sex in sexually immature European river lamprey *Lampetra fluviatilis* (L.)." *Animal reproduction science* 204 (2019): 95-100.

LOWERRE-BARBIERI, S.K.; GANIAS, K.; SABORIDO-REY, F.; MURUA, H.; HUNTER, J.R. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods. 2011. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p.71-91, 2011.

Martin, R. W., Myers, J., Sower, S. A., Phillips, D. J., & McAuley, C. (1983). Ultrasonic imaging a potential tool for sex determination of live fish. *North American Journal of Fisheries Management*, 3, 285–264.

MATTSON, N. S. A new method to determine sex and gonad size in live fishes by using ultrasonography. *Journal of Fish Biology*, v. 39, n. 5, p. 673-677, 1991.

Moghim, M., Vajhi, A. R., Veshkini, A., and Masoudifard, M. (2002). Determination of sex and maturity in *Acipenser stellatus* by using ultrasonography. *J. Appl. Ichthyol.* 18, 325–328. doi: 10.1046/j.1439-0426.2002.00423.x

MOURÃO, K.R.M, FRÉDOU, F.L., ESPÍRITO SANTO, R.V., SILVA, A.M., FRÉDOU T., ISAAC V. Sistema de produção pesqueira pescada amarela-*Cynoscion acoupa* Lacèpede (1802): um estudo de caso no litoral nordeste do Pará-Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35: 497-511. 2009.

Novelo, Noel D., and Terrence R. Tiersch. "A review of the use of ultrasonography in fish reproduction." *North American Journal of Aquaculture* 74.2 (2012): 169-181.

NZEH, G. C. et al. Role of Ultrasound in Evaluation of the Presence of Ovaries in *Oreochromis niloticus* (L). **World**, v. 4, n. 5, p. 436-438, 2012.

ORTENBURGER, A. I.; JANSEN, M. E.; WHYTE, S. K. Nonsurgical videolaproscopy for determination of reproductive status of the arctic charr. *Canadian Veterinary Journal*, v. 37, p. 96–100, 1996.

PERAZZA, Caio Augusto et al. Avaliação da utilização de ultrassonografia para predição da área de olho de lombo em tambaquis. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 41, n. especial, p. 803-809, 2015.

QUEIROZ, Érika Mirelly Santana de. Desenvolvimento ovocitário e gonadal do *parachromis managuensis* (Günther, 1867) (osteichthyes, cichlidae) em um lago da região neotropical. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

RADAEL, M. C.; FOSSE, P. J.; SILVA, R. M.; FOSSE FILHO, J. C.; ANDRADE, D. R.; VIDAL JUNIOR, M. V. Descrição morfológica dos ovários do peixe *Melanotaenia boesemani* em atividade reprodutiva. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 36, n. 09, p. 893- 900, 2016.

REIMERS E.; LANDMARK P.; SORSDAL T.; BOHMER E.; SOLUM T. Determination of salmonids sex, maturation and size: An ultrasound and photocell approach. *Aquaculture Magazine*, Nov./Dec, p. 41-44, 1987.

Reimers, E., Kjørrefjord, A. G., & Stavostrand, S. M. (1993). Compensatory growth and reduced maturation in second sea winter farmed Atlantic salmon following starvation in February and March. *Journal of Fish Biology*, 43(5), 805–810.

SANTOS, N. B. Biologia reprodutiva de peixes cianídeos capturados nas proximidades dos terminais portuários do Pará e Maranhão. Master's Thesis, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

SALMITO-VANDERLEY, Carminda Sandra Brito et al. Use of B-mode ultrasonography for sex determination and maturation monitoring in *Prochilodus brevis* (Steindachner 1875). *Revista Ciência Agronômica*, v. 54, p. e20228631, 2023.

SERPA S.S. Análise comparativa da pesca de curraleme dois municípios da Ilha de São Luís. Monografia de Graduação, Universidade CEUMA, São Luís, 45 pp. 2004.

SOUSA, Mauro Roberto Miranda de. Pesca e análise da abundância relativa da pescada gó *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider, 1801). 2021.

Turaeva, E. E. et al. Ultrasound examination of the gonads of the african clary catfish in industrial aquaculture. *Fish Breeding and Fisheries*, n. 3, 2024; DOI:10.33920/sel-09-2403-03

Vajhi, A. R., Moghim, M., Veshkini, A., & Masoudifard, M. (1999). Sex and determination in the *Acipenser persicus* by using ultrasonography. 26th World Veterinary Congress, Lyon, France.

VAZZOLER, A. E. A. M. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática*. Maringá, PR: EDUEM, 1996.

YOSHIDA, H.O. Skipjack tuna spawning in the Marquesas Islands and Tuamotu Archipelago. *Fishery Bulletin*, v. 65, p. 479-488, 1964.