

Ultrassonografia veterinária na identificação dos aspectos reprodutivos e estágio de desenvolvimento gonadal em peixes tropicais

Antonia Valcemira Domingos de Oliveira^{1*}, Cristina Sá de Lima¹, Sarah Lima de Oliveira¹, Lucas de Souza Freitas¹, Emerson Carlos Soares², Jerônimo Vieira Dantas Filho^{3,4}, Jucilene Braitenbach Cavali^{1,5}

¹Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal Sustentável na Amazônia Ocidental, Universidade Federal do Acre. ²Centro de Ciências Agrárias, Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática, Universidade Federal de Alagoas. ³Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Rondônia. ⁴Centro Universitário São Lucas de Ji-Paraná, ⁵Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal de Rondônia. *valcemira@hotmail.com

Recebido em: 18/12/2023

Aceito em: 18/10/2024

Publicado em: 30/11/2024

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.6.2-29>

RESUMO

A maioria das técnicas de avaliação da maturidade sexual são extremamente invasivas, prejudicando a saúde e o desempenho reprodutivo dos peixes. Este estudo objetivou em realizar um levantamento de dados sobre a utilização da ultrassonografia veterinária (US) na identificação dos aspectos reprodutivos de peixes tropicais. Trata-se de um estudo descritivo exploratório, de caráter qualitativo, visando à análise, a comparação e o cruzamento de dados entre diversos artigos e literaturas. A pesquisa e coleta de dados foram realizadas de setembro a dezembro de 2022 nas bases bibliográficas: plataformas Google Scholar <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>, Sciamago <https://www.scimagojr.com>, Scielo <https://www.scielo.br/scielo> e Elsevier <https://www.elsevier.com/pt-br>. Foram empregados os descritores “reprodução de peixes de água doce, ultrassonografia em peixes nativos, e avaliação ultrassonográfica em peixes”, para identificação dos trabalhos sobre o tema. A ultrassonografia vem sendo utilizados pelos pesquisadores como ferramenta alternativa aos métodos mais invasivos e complexos, como estratégias para melhorar os índices reprodutivos, na identificação dos aspectos reprodutivos dos peixes, bem como na o estágio de desenvolvimento gonadal, o sexo e a maturidade.

Palavras-chave: Índices reprodutivos. Maturidade sexual. Ultrassonografia.

Veterinary ultrasound in the identification of reproductive aspects and gonadal development stage in tropical fish

ABSTRACT

Most sexual maturity assessment techniques are extremely invasive, harming the health and reproductive performance of fish. This study aimed to collect data on the use of veterinary ultrasound (US) in identifying the reproductive aspects of tropical fish. This is an exploratory descriptive study, of a qualitative nature, aimed at analyzing, comparing and crossing data between different articles and literature. The research and data collection were carried out from September to December 2022 in the bibliographic databases: Google Scholar <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>, Sciamago <https://www.scimagojr.com>, Scielo <https://www.scielo.br/scielo> and Elsevier <https://www.elsevier.com/pt-br>. The descriptors “reproduction of freshwater fish, ultrasound in native fish, and ultrasound evaluation in fish” were used to identify studies on the topic. Ultrasonography has been used by researchers as an alternative tool to more invasive and

complex methods, as strategies to improve reproductive rates, to identify the reproductive aspects of fish, as well as the stage of gonadal development, sex and maturity.

Keyword: Reproductive indexes. Sexual maturity. Ultrasound.

INTRODUÇÃO

A maioria das técnicas de avaliação da maturidade sexual são extremamente invasivas, prejudicando a saúde e o desempenho reprodutivo dos peixes. Elas geram um grande estresse nos reprodutores do plantel, introduzindo patógenos e inibindo a ovulação, sendo ainda métodos ineficientes ao longo do ano, particularmente quando os peixes não estão em período reprodutivo (SOLIS-MURGAS et al., 2011). Até então, a principal técnica empregada se baseia na visualização de caracteres externos como abaulamento da parede celomática e hiperemia e dilatação do poro urogenital (BORELLA et al., 2014). Essas técnicas são muito subjetivas podendo variar de acordo com as características de cada indivíduo acarretando em baixa eficiência em programas de desova induzida. Dessa maneira, estudos acerca da biologia reprodutiva das espécies contribuem para a determinação de normas importantes visando à manutenção dos estoques pesqueiros (NAEVE et al., 2018; KUJAWA et al., 2019).

De acordo com Naeve et al., (2018) para monitorar a maturação em uma população de reprodutores ao longo do tempo, vários indivíduos devem ser sacrificados, o que pode não ser viável quando se trabalha com espécies selvagens ameaçadas de extinção ou valiosos reprodutores cultivados. A ultrassonografia veterinária (US) surge como nova metodologia para estudar a gonadogênese de peixes por ser não invasiva e já foi testada em espécies de peixes selvagens e domesticados, como enguia europeia *Anguilla anguilla* (BUREAU-DU-COLOMBIER et al., 2015), esturjão *Scaphirhynchus platyrhynchus* (COLOBO et al., 2004 ; BRYAN et al., 2007 ; COLOMBO et al., 2007), salmão sockeye *Oncorhynchus nerka* (FROST et al., 2014) e robalo *Morone saxatilis* (BLYTHE et al., 1994; JENNINGS et al., 2005). Dessa forma, a US por ser uma técnica não invasiva, pode ser empregada em animais vivos causando estresse mínimo, o que permite a otimização da detecção do melhor momento de indução à desova.

A metodologia da US não acarreta em perda de reprodutores por infecções secundárias, além de permitir a tomada de decisões em tempo real (NEJADMANSOURI et al., 2016). O método permite a avaliação física do pescado sem a necessidade de abatê-lo. Empregada em pesquisas em todo o mundo, devido ao seu caráter não destrutivo, simples, preciso e informatizado, além de possibilitar a análise de amostras visivelmente opacas sem a necessidade de preparações laboratoriais específicas. A US é tão otimizada no pescado, que vários estudiosos têm comparado a

técnica com a tomografia computadorizada, ambas têm mostrado eficácia no diagnóstico de algumas patologias em peixes (GUMPENBERGER et al., 2004). A US permite avaliação *in vivo* dos aspectos reprodutivos e a tomada de decisão científica em soltura ou amostragem para abate do pescado capturado (CREPALDI, 2008) possibilitando a sexagem e proporção de machos e fêmeas; o estágio de desenvolvimento gonadal e a definição da época de desova em relação a pluviosidade e época de defeso (geralmente, o defeso ocorre de 1º de novembro a 28 de fevereiro). No âmbito reprodutivo pela US determina a qualidade das matrizes através da maturação gonadal e de ovócitos, fases de ovócitos vitelogênicos e índices gonodossomaticos (CREPALDI; ROTTA, 2007).

A avaliação por US provou ser útil como técnica não invasiva para determinar o sexo e a maturidade de muitas espécies comerciais e ecologicamente valiosas, como exemplos salmão coho (*Oncorhynchus kisutch*), truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), salmão do Atlântico (*Salmo salar*), bacalhau (*Cadus morhua*), e entre outras (LOHER; STEPHENS, 2011). No entanto, para desenvolver a US em peixes de água doce nativos da Amazônia, é preciso avaliar a precisão, facilidade, e velocidade de uso de ultrassom para determinar o sexo em condições realistas. Conforme relatos de pescadores e dos estudos científicos, os estoques de tambaqui e surubins estão sobre-explorados. Esses peixes são cada vez menos encontrados pelos pescadores, ou ainda quando encontrados o esforço pesqueiro é significativamente maior (DÓRIA et al., 2016; SOUSA et al., 2017). Por isso, é necessário desenvolver estudos de bioprospecção, com a finalidade de aumentar a capacidade de reposição natural dessas espécies.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a utilização Ultrassonografia veterinária (US) na identificação dos aspectos reprodutivos de peixes tropicais, bem como na o estágio de desenvolvimento gonadal.

METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa de revisão bibliométrica, por meio dos estudos científicos publicados e indexados às plataformas Google Scholar <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>, Sciamago <https://www.scimagojr.com>, Scielo <https://www.scielo.br/scielo> e Elsevier <https://www.elsevier.com/pt-br>. Nas plataformas citadas, foram utilizadas as palavras-chave “reprodução de peixes de água doce, ultrassonografia em peixes nativos, e avaliação ultrassonográfica em peixes tropicais”, para identificação dos trabalhos sobre o tema.

Foram considerados livros e capítulos de livro indexados, provenientes de editora vinculada a uma instituição de ensino superior e com equipe editorial consolidada. Os artigos considerados

foram aqueles de revista com score Qualis no mínimo B2 conforme verificação na Plataforma Sucupira Qualis <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>.

Foi conduzida o método de busca Booleana, que é um tipo de pesquisa que utiliza os operadores AND, OR e NOT na combinação de palavras-chave para adição, alternância ou negação entre os termos (XU et al., 2019). Foram encontrados 1.000 trabalhos na plataforma Catálogo de Teses e Dissertações da Capes 1.200 trabalhos encontrados. Os títulos, resumos e palavras chaves foram analisados, dentre os inúmeros trabalhos encontrados, foram selecionados 40 trabalhos relacionados à sequência didática sobre ultrassonografia em peixes.

A partir da obtenção dos trabalhos, eles foram codificados e categorizados por ano, autor e assunto específico. Esses dados foram armazenados e organizados no software Epi info™, versão 3.5.3 - 2011 (SO: MS-Windows, linguagem de programação C Sharp). Dessa forma, os dados foram transformados em informação apresentada em resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados 40 estudos e analisados, no contexto nacional da aquicultura e tecnologia de alimentos. Os estudos levantados foram destacados dos demais encontrados, porque estão diretamente relacionados ao objetivo proposto. Os estudos apresentam metodologias de aplicação de ultrassonografia veterinária (US) em peixes tropicais. Esses estudos sumarizados abrangem um período de 20 anos de pesquisa e são provenientes de artigos e trabalhos elaborados de diferentes instituições. Esses estudos estão sumarizados em título, autoria, periódico (ou repositório IF) e ano de publicação (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Relação dos artigos científicos selecionados e analisados no contexto da ultrassonografia em peixes tropicais.

Título	Autoria	Periódico/ano
Determination of sex and maturational status of striped bass (<i>Morone saxatilis</i>) using ultrasonic imaging	BLYTHE et al.,	Aquaculture /1994
Use of ultrasound imaging to determine sex of shovelnose sturgeon.	COLOMBO et al.,	North American Journal of Fisheries Management/2004
Diagnostic imaging of a renal adenoma in a Red Oscar (<i>Astronotus ocellatus</i> Cuvier, 1829).	GUMPENBERGER et al.,	Veterinary Radiology & Ultrasound./2004
Use of ultrasound imaging to determine sex of shovelnose sturgeon.	COLOMBO et al.,	North American Journal of Fisheries

		Management//2004
Efficacy of a high- and low-frequency ultrasonic probe for measuring ovary volume and estimating fecundity of striped bass <i>Morone saxatilis</i> in the Savannah River	JENNINGS et al.,	Fisheries Research/2005
A ultra-sonografia na piscicultura.	CREPALDI et al.,	Revista Brasileira de Reprodução Animal/2006
Fertilização e desenvolvimento embrionário: morfometria e análise estereomicroscópica dos ovos dos híbridos de surubins (pintado, <i>Pseudoplatystoma corruscans</i> x cachara, <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>).	FAUSTINO et al.,	Acta Scientiarum. Biological Sciences/2007
Estimation of gonad volume, fecundity, and reproductive stage of shovelnose sturgeon using sonography and endoscopy with application to the endangered pallid sturgeon.	BRYAN et al.,	Journal of Applied Ichthyology/2007
Gonadal development and sex-specific demographics of the shovelnose sturgeon in the Middle Mississippi River	COLOMBO et al.,	Journal of Applied Ichthyology/2007
Ultra-sonografia em surubins (<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>): avaliação de parâmetros reprodutivos e características de carcaça.	CREPALDI	2008
Use of Veterinary Ultrasound to identify sex and assess female maturity of Pacific Halibut in Nonspawning condition.	LOHE; STEPHENS,	North American Journal of Fisheries Management/ 2011
Importance of evaluation of reproductive parameters in native fish	SOLIS-MURGAS et al.,	Revista Brasileira de Reprodução Animal/2011
A review of the use of ultrasonography in fish 323 reproduction.	NOVELO; TIERSCH,	North American Journal of Aquaculture/2012
Gametogênese e o Eixo do hipotálamo-hipófise-gônadas.	BORELLA et al.,	2014
Ultrasound evaluation of the gonadal structure in sex-reversed lewistown trout females	HLIWA et al.,	Aquaculture International/2014
Methods and accuracy of sexing sockeye salmon using ultrasound for captive broodstock management	FROST et al.,	North American Journal of Aquaculture/2014

“Use of ultrasonography in wildlife species.” Fowler’s Zoo and Wild Animal Medicine	HILDEBRANDT; SAR AGUSTY,	Aquaculture International/2015
Evaluation of ultrasound imaging to predict loin eye les in tambaqui.	PERAZZA et al.,	Boletim do Instituto de Pesca/2015
Ultrasonography as a non-invasive tool for sex determination and maturation monitoring in silver les.	COLOMBIER et al.,	Fisheries Research/2015
Biologia reprodutiva do Hassar affinis (Pisces: Siluriformes, Doradidae), Lago de Viana, Baixada Maranhense, Maranhão, Brasil	CANTANHÊDE et al.,	Acta Amazonica/2016
Physicochemical properties and storage stability of ultrasoundmediated WPI-stabilized fish oil nanoemulsions.	NEJADMANSOURI et al.,	Food Hydrocolloids/2016
Biologia, habitat e cultivo do tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> (CUVIER, 1816).	MORAIS; O’SULLIVA N	Scientia Amazonia/2017
Biologia, habitat e cultivo do tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> (CUVIER, 1816).	MORAIS; O’SULLIVAN	Scientia Amazonia/2017
Lack of intermuscular bones in specimens of <i>Colossoma macropomum</i> : an unusual phenotype to be incorporated into genetic improvement programs.	PERAZZA et al.,	Aquaculture/2017
Ultrasound as a noninvasive tool for monitoring reproductive physiology in female Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>).	NAEVE et al.,	Physiological Reports/2018
Use of ultrasonography to determine sex in sexually immature European river lamprey <i>Lampetra fluviatilis</i> (L.).	KUJAWA et al.,	Animal Reproduction Science/2019
In vivo – determination of the fat content in mirror carps (<i>Cyprinus carpio</i>) using ultrasound, microwave and linear measurements	MAAS et al.,	Aquaculture/2019
Effect of ultrasound on physicochemical properties of emulsion stabilized by fish myofibrillar protein and xanthan gum	XIONG et al.,	Innovative Food Science & Emerging Technologies/2019 Brazilian Journal of of Development/2020
Perfil do plantel de reprodutores utilizados na produção de peixes da região dos Carajás, Pará.	CRUZ et al.,	
Ultrasound treatment modified the functional mode of gallic acid on properties of fish myofibrillar protein.	PAN et al.,	Food Chemistry/2020
Mineral composition in commercial cuts of <i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier, 1818) and <i>Arapaima gigas</i> (Schinz, 1822) in ideal weight class	DANTAS FILHO et al.,	Acta Veterinaria Brasilica/2022

for commercialization

Tabela 2 - Relação dos estudos (Boletins, Capítulos de Livro e Tese) selecionados e analisados no contexto da ultrassonografia em peixes.

Título	Autoria	IFES/ano
Avaliação da técnica de ultra-sonografia como indicador de rendimento de carcaça e biometria em surubim (<i>Pseudoplatystoma</i> spp.).	CREPALDI	UFMG/2004
Ultra-sonografia em surubins (<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>): avaliação de parâmetros reprodutivos e características de carcaça.	CREPALDI	UFMG/2008
Gametogênese e o Eixo do hipotálamo-hipófise-gônadas.	BORELLA et al.,	FUNEP/UNESP/ 2014
Uso do ultra-som em programas de reprodução de peixes nativos. Embrapa Pantanal	CREPALDI; ROTTA	Embrapa/2007
Peixes nativos do Rio São Francisco adaptados para cultivo.	CAMPECHE/ et al.,	Embrapa/2011
Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui	STREIT JÚNIOR et al.,	Documento212/ 2012
Manejo de plantel de reprodutores de pirarucu.	LIMA et al.,	Embrapa/2015
Evaluation of ultrasound imaging to predict loin eye area in tambaqui.	PERAZZA et al.,	Instituto de Pesca/2015
Guia de indução hormonal de peixes reofílicos.	DALMASS et al.,	Instituto GIA,/2016
Piscicultura: reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes nativos.	SENAR	SENAR/2017
Management and relationship of environmental factors with reproductive characteristics of silver croaker in cage culture.	BORIE et al.,	Instituto de Pesca/2018
Efeitos da luz natural do dia na reprodução induzida de tambaqui <i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier, 1818)	MUNIZ et al.,	Instituto de Pesca/2018

Dentre as formas utilizadas de determinação do sexo em peixes, a US está se tornando cada vez mais popular como ferramenta alternativa aos métodos mais invasivos e complexos, que podem comprometer a saúde dos peixes, seu bem-estar e o sucesso reprodutivo (MAAS et al., 2019). É uma forma confiável e rápida, amplamente utilizada na determinação do sexo de outras espécies de peixes que não possuem características sexuais secundárias perceptíveis externamente. O

dispositivo pode servir como uma importante ferramenta em programas de seleção e melhoramento genético em que peixes com características zootécnicas superiores podem ser mantidos vivos dentro de um plantel (PAN et al., 2020).

O dispositivo bem administrado é uma forma confiável e rápida, amplamente utilizada na determinação do sexo de outras espécies de peixes que não possuem características sexuais secundárias perceptíveis externamente (NOVELO; TIERSCH, 2012). De acordo com os autores anteriormente citados a ultrassonografia tem sido usada para estudar a reprodução de peixes por quase 30 anos, a mesma fornece acesso visual direto à anatomia interna, e assim é possível monitorar e diagnosticar alterações.

É preciso avaliar a precisão, facilidade e velocidade de uso do ultrassom para determinar o sexo em condições realistas, a maturidade feminina também pode ser avaliada, com especial atenção para identificar indivíduos imaturos no tamanho ou próximo da primeira reprodução (XIONG et al., 2019). Portanto, para cada nova espécie ser avaliada por esse método, é preciso criar parâmetros para avaliação e identificação dos diferentes estádios de maturação sexual.

Hliwa et al., (2014) ao realizarem exames ultrassonográficos em fêmeas de truta arco-íris com sexo invertido, verificaram que a maioria dos peixes (61%) tinha testículos emparelhados e de forma adequada e constataram também que os restantes peixes registraram-se variados ao nível da estrutura dos lóbulos gonadais macroscópicos, bem como da presença ou ausência de ductos espermáticos e confirmaram que a imagem ultrassônica é um método eficiente e preciso para determinar o estado das gônadas de fêmeas maduras de truta arco-íris invertida durante a época de desova.

US em peixes

É usada para avaliação de reprodutores, para a seleção de reprodutores em peixes são observadas características voltadas aos parâmetros reprodutivos e ao rendimento para ganho de peso. O rendimento está atrelado a genética e manejo alimentar (SOLIS-MURGAS et al., 2011). Existem várias técnicas para análise do desenvolvimento e estágio de maturação gonadal e para sexagem de peixes, como: canulação urogenital, concentração lipofosfoprotéica do plasma, concentração vitelogênica, métodos de imuno-aglutinação e radioimunoensaio dos níveis de esteróides no sangue (CREPALDI et al., 2006).

A realização de exames de US é uma prática muito empregada para a realização do diagnóstico sexual de peixes. Entretanto, o sucesso das técnicas de diagnóstico por imagem depende altamente da qualidade do equipamento utilizado para avaliar as características anatômicas do

animal analisado (LIMA et al., 2015). No âmbito reprodutivo a tecnologia de imagens ultrassonográficas pode abordar os parâmetros de rendimento na seleção de machos com maior musculatura. Dentre os principais aspectos que compõem a biologia reprodutiva das espécies de peixes, destacam-se o tamanho de primeira maturação sexual, período reprodutivo e fecundidade (CANTANHÊDE et al., 2016).

As aplicações do ultrassom na piscicultura abrangem as áreas de reprodução animal, diagnóstico de doenças e avaliação de características de qualidade e rendimento de carcaça, com importância relevante nas pesquisas correlatas (NOVELO; TIERSCH, 2012). Visando à manutenção dos estoques pesqueiros, faz-se necessário estudos acerca da biologia reprodutivas das espécies e a o uso da US para determinar o sexo em condições realistas, a maturidade feminina também pode ser avaliada, com especial atenção para identificar indivíduos imaturos no tamanho ou próximo da primeira reprodução. Pois, a avaliação reprodutiva das características de desenvolvimento gonadal das espécies e maturidade ovocitária é de fundamental importância para identificar a fase reprodutiva de espécies.

US no rendimento de cortes comerciais do pescado

A musculabilidade representa precocidade em ganho de tecido (PERAZZA et al., 2015) e é dada pela avaliação da “Area de Olho de Posta”, conhecida como AOL, além de correlacionada aos rendimentos de filé, ventrecha, etc. Sugere-se a aplicação desta técnica especialmente para os reprodutores machos, quando é possível avaliar com mais afinco a musculatura sem interferência do volume da ova ou mobilização de tecidos na época de reprodução.

Os estudos têm sido direcionados à acurada estimativa que correlaciona ($r = 0,61$) a musculatura da secção medial corporal, o número e a distância entre as costelas ao maior rendimento de carne para programas de melhoramento genético (PERAZZA et al., 2015). Considerando a herdabilidade média de 0,16 a peixes de ganho genético anual de 4,971%, estima-se aumentar a média da área muscular de 5,82 cm² na geração parental para 6,687 cm² na F1, e ganhos significativos em quantidade de carne no lombo do tambaqui (PERAZZA et al., 2017), assim como na identificação, através da ultrassonografia, de matrizes sem a presença das espinhas intramusculares “y”, que permitem eficiência de 13% de rendimento de filé no processamento industrial.

De acordo com Dantas Filho et al., (2022) a posta de tambaqui e o lombo de pirarucu foram os cortes que mais atenderam às necessidades mínimas de suprimento mineral e atenderam às necessidades mínimas de suprimento mineral dos consumidores, ao avaliar a composição mineral

em cortes comerciais de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pirarucu (*Arapaima gigas*). Perazza et al., (2015) ao realizarem uma avaliação utilizando US para predição da área de olho de lombo em tambaquis, concluíram que a técnica de ultrassom provou ser um método eficiente para estimar acuradamente a área de olho de lombo (AOL) em tambaqui em futuros programas de melhoramento genético.

US na seleção genética de matrizes

Para a seleção genética utiliza-se a técnica da US na avaliação da precocidade e rendimento gonadal em fêmeas. Dentre os principais aspectos que compõem a biologia reprodutiva das espécies de peixes, destacam-se o tamanho de primeira maturação sexual, período reprodutivo e fecundidade.

No âmbito reprodutivo, pela ultrassonografia, determinam-se a qualidade das matrizes através da maturação gonadal e de ovócitos, as fases de ovócitos vitelogênicos e os índices gonodossomáticos (CREPALDI; ROTTA, 2007). Na reprodução em cativeiro, normalmente, utiliza-se o mecanismo de indução hormonal da desova por meio do emprego de extrato de hipófise de peixes. Entretanto, o sucesso dessa técnica é totalmente dependente da potência hormonal das hipófises adquiridas, sobretudo, da determinação exata do momento do início do protocolo de indução, o qual depende do estágio de maturação gonadal (MUNIZ et al., 2018).

A ausência de dimorfismo sexual no surubim torna difícil sua sexagem e a definição desse estágio de maturação, tornando a reprodução induzida imprecisa e casual, sendo, necessária à adoção de uma técnica confiável, prática não invasiva e não letal para determinação do sexo e do estágio de desenvolvimento das gônadas (FAUSTINO et al., 2008).

US na reprodução de matrizes e reprodutores de tambaqui

A técnica de US é utilizada na reprodução e permite avaliar a qualidade de matrizes, a exemplo verificou-se, que as propriedades utilizam três critérios para a seleção de matrizes: maior estímulo à ovulação e espermição, conformação das gônadas (através de ultrassom nos peixes redondos) e o porte do animal. Este último, utilizado exclusivamente em propriedades que não adquirem seus animais externamente (CRUZ et al., 2020).

Através da US, é possível identificar o pardo músculo sonoro, bastante desenvolvido na maioria dos machos de cianídeos em fase de reprodução, além das estruturas de testículos evidenciadas pelas imagens da ultrassonografia. O músculo sonoro é importante para atrair a fêmea da pescada-amarela e desenvolve-se em sincronia com as gônadas dos machos (BORIE;

BATALHA; CHAO, 2018).

A US é altamente útil para determinar o sexo em enguias migratórias e na realização de biópsia gonadal de alta precisão (KUCHARCZYK et al., 2016). Um método eficiente que é utilizado para avaliar o desenvolvimento gonadal é a ultrassonografia, técnica que já é utilizada em peixes desde a década de 80 utilizado na sexagem e atividade ovariana (HILDEBRANDT; SARAGUSTY, 2015). Os machos, além de não apresentarem o abdômen abaulado, liberam sêmen através de compressão abdominal no sentido crânio caudal e entre as características comportamentais os machos de algumas espécies, quando preparados, emitem sons (ronco) (CAMPECHE et al., 2011). Pesquisa sobre o alabote do Atlântico *H. hippoglossus* demonstrou que a US é um meio eficaz de avaliação do sexo e para avaliação da maturidade e desenvolvimento ovariano (KUJAWA et al., 2019). De acordo com (BOLES et al., 2022) o exame de US detectou alterações na espessura do tecido gonadal tanto no abalone vermelho feminino quanto no masculino antes e após a desova, ou seja, quando o tecido das gônadas era fino ou ausente, isso refletia o abalone feminino com óvulos imaturos e o abalone masculino cheio de espermatóides com poucos espermatozoides maduros presentes.

Metodologias de US adaptadas para peixes de água doce

Crepaldi et al., (2006) ao realizarem trabalhos com o ultra-som em peixes nativos surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), utilizaram um aparelho de ultra-som portátil (ALOKA C.O. LTD. Modelo SSD-500), que apresenta imagens em tempo real, com transdutor plano de 7,5 MHz, na cavidade celomática com os animais vivos imersos na água, e constataram que a maioria dos peixes se encontrava no final da vitelogênese e início da fase final do processo de maturação gonadal durante o período de captura.

Perazza et al., (2015) ao avaliarem a eficiência de dois tipos diferentes de medidas de área de olho de lombo-AOL em tambaqui foi medido usando um portátil MyLab™One VET ultrassom digital (Esaote S.p.a., Florença, Itália) com uma sonda linear retal de 6,0/10, Frequência do transdutor MHz. A sonda foi colocada sobre cada um dos três pontos para gerar imagens transversais do LEA, certificaram que a técnica de ultrassom provou ser um método eficiente para estimar acuradamente a AOL em tambaqui em futuros programas de melhoramento genético. Barreto et al., (2023) ao realizarem um estudo com peixe-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*), com objetivo de padronizar a técnica de exame e descrever os achados ultrassonográficos através de uma varredura abdominal para visualizar e caracterizar os órgãos abdominais, utilizaram um aparelho de ultrassom portátil (Chison 8100) com um transdutor convexo (3,5 e 5,0 MHz),

concluíram ser uma técnica eficiente para avaliação de determinados órgãos abdominais em peixe-boi amazônico.

A técnica de avaliação por US

De acordo com Crepaldi et al., (2006) a US é uma técnica que se baseia na captação dos sons refletidos (ecos) ao passarem por tecidos de impedâncias diferentes, são geradas a partir de ondas de alta frequência, produzidas por vibração de cristais específicos (Cristais Pizeoelétricos) alojados no transdutor do aparelho e enviadas por pulsos elétricos, essas atuam em uma quantidade estreita, mas profunda de tecido, resultando em uma imagem bidimensional de uma pequena fração do local atingido por elas.

As frequências de ondas sonoras utilizadas para diagnóstico por imagem em surubim (*Pseudoplatystoma spp.*) estão entre 3,5 e 7,5 Mhz, sendo que as diferentes aplicações do US na piscicultura estão diretamente relacionadas com a capacidade de reflexão de ondas no tecido do peixe, a composição corporal e a estrutura a ser visualizada (CREPALDI, et al., 2006). Dentre as formas utilizadas de determinação do sexo em peixes, a UV está se tornando cada vez mais popular como ferramenta alternativa aos métodos mais invasivos e complexos, que podem comprometer a saúde dos peixes, seu bem-estar e o sucesso reprodutivo (CREPALDI; ROTTA, 2007).

Ambiente e reprodução de peixes

Os peixes nativos continuam representando um segmento muito importante da piscicultura brasileira. Dentre as diversidades de espécies com destaques para o *Colossoma macropomum* (tambaqui), se destaca devido seu alto valor comercial, e apresentar carne saborosa. Estas características atendem as preferências atuais e futuras do mercado de peixe.

A reprodução de peixes nativos é dependente de alterações ambientais, como o aumento do fotoperíodo; mudanças na qualidade e volume da água; elevação da temperatura; alterações do metabolismo dos peixes devido ao esforço de migração (STREIT JÚNIOR et al., 2012). Ainda de acordo com os autores supracitados essas alterações estimulam a produção de determinados hormônios ligados à reprodução que atuarão no desenvolvimento e na maturação dos gametas (espermatozoides, nos machos e ovócitos, nas fêmeas), bem como na desova e espermição (liberação do sêmen com espermatozoides pelos machos).

No mesmo tempo e local onde ocorre a desova, há a liberação do sêmen pelos machos e a fertilização dos ovos, que são levados pela correnteza. Apenas uma pequena parte deles chegará a eclodir e dar origem a um alevino, porque no ambiente natural existem predadores e podem ocorrer

condições desfavoráveis ao desenvolvimento embrionário e larval (SENAR, 2017). Após a maturação sexual, se inicia o ciclo reprodutivo que é viabilizado com a produção dos gametas, um processo que regulado, por meio dos hormônios produzidos no eixo hipotálamo-hipófise-gônadas que é responsável pelo processo reprodutivo dos peixes e, de outros animais (BORELLA et al., 2014). Em ambiente natural, os peixes nativos migradores completam a maturação dos ovócitos e realizam a ovulação e a desova com o estímulo da migração ascendente (contra a correnteza) (SENAR, 2017).

A época de reprodução inicia no período em que realizam a migração reprodutiva, cardumes de adultos lentamente deixam a várzea na vazante e migram contra a corrente subindo o rio principal e seus afluentes (MORAIS; O'SULLIVAN, 2017). Assim, durante o percurso o ambiente e o estresse ambiental vão estimulando a maturação final das gônadas, criando condições para a liberação dos gametas, caso não haja esse estímulo, não ocorre a desova e os mesmos são reabsorvidos (DALMASS et al., 2016).

A reprodução de peixes nativos é dependente de alterações ambientais, como o aumento do fotoperíodo; mudanças na qualidade e volume da água; elevação da temperatura; alterações do metabolismo dos peixes devido ao esforço de migração (STREIT JÚNIOR et al., 2012). Ainda de acordo com os autores essas alterações estimulam a produção de determinados hormônios ligados à reprodução que atuarão no desenvolvimento e na maturação dos gametas (espermatozoides, nos machos e ovócitos, nas fêmeas), bem como na desova e espermiacão (liberação do sêmen com espermatozoides pelos machos).

CONCLUSÃO

A ultrassonografia vem sendo utilizados pelos pesquisadores como ferramenta alternativa aos métodos mais invasivos e complexos, como estratégias para melhorar os índices reprodutivos, na identificação dos aspectos reprodutivos dos peixes, bem como na o estágio de desenvolvimento gonadal, o sexo e a maturidade, o rendimento para ganho de peso, estimar acuradamente a área de olho de lombo (AOL) em tambaqui em futuros programas de melhoramento genético, avaliar a qualidade de matrizes (maior estímulo à ovulação e espermiacão, conformação das gônadas). Contribuindo de forma efetiva para um diagnóstico preciso dos aspectos reprodutivos de peixes, com isso, os pesquisadores poderão fazer uso desta metodologia em espécies que estão ameaçada em extinção, para a propagação da espécie.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, U. H. A.; RIBEIRO, L. N. COUTINHO, MORAES, L. A.; SOUZA-JÚNIOR, P.; SANTOS SOUSA, C. A.; ABIDU-FIGUEIREDO, M. Abdominal ultrasound in amazonian manatee (*Trichechus inunguis*) (Natterer, 1883). **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e247609, 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.247609>.
- BLYTHE, B.; HELFRICH, L. A.; BEAL, W. E.; BOSWORTH, B.; LIBEY, G. S. Determination of sex and maturational status of striped bass (*Morone saxatilis*) using ultrasonic imaging. **Aquicultura**, v. 125, p. 175–184, 1994.
- BORELLA, M. I.; CHEHADE, C.; COSTA, F. G.; BATLOUNIN, S. R. Gametogênese e o Eixo do hipotálamo-hipófise-gônadas. In: BALDISSEROTTO, B.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (Orgs.). **Biologia e Fisiologia de Peixes Neotrópicos de Água Doce**. 1 ed. Jaboticabal (SP): FUNEP/UNESP. cap. 14. p. 285-306, 2014.
- BORIE, A. M.; BATALHA, S.; CHAO, N. L. Management and relationship of environmental factors with reproductive characteristics of silver croaker in cage culture. **Boletim Instituto de Pesca**, v. 40, n. 2, p. 271-279, 2018.
- BRYAN, J. L.; WILDHABER, M. L.; PAPOULIAS, D. M.; DELONAY, A. J.; TILLITT, D. E. E., ANNIS, M. L. Estimation of gonad volume, fecundity, and reproductive stage of shovelnose sturgeon using sonography and endoscopy with application to the endangered pallid sturgeon. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 23, n. 4, p. 411–419, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.00889.x>.
- CAMPECHE, D. L.; BALZANA, R.; FIGUEIREDO, M.; BARBALHO, F. D. S.; REIS, A. J. MELO. "Peixes nativos do Rio São Francisco adaptados para cultivo." **Embrapa Semiárido-Documentos** (INFOTECA-E), 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/916922/1/SDC244.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- CANTANHÊDE, L. G.; CARVALHO, I. F. S.; SANTOS, N. B.; ALMEIDA, Z. S. Biologia reprodutiva do Hassar affinis (*Pisces: Siluriformes, Doradidae*), Lago de Viana, Baixada Maranhense, Maranhão, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 2, p. 219 – 226, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201503844>
- COLOMBIER, S. B. DU.; JACOBS, L.; GESSET, C.; ELIE, P.; LAMBERT, P. Ultrasonography as a non-invasive tool for sex determination and maturation monitoring in silver eels. **Fisheries Research**, v. 164, p. 50–58, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.10.015>
- COLOMBO, R. E.; GARVEY, J. E.; WILLS, O. S. Gonadal development and sex-specific demographics of the shovelnose sturgeon in the Middle Mississippi River. **Journal of Applied Ichthyology**, v.23, p.420–427, 2007.
- COLOMBO, R. E.; WILLS, P. S.; GARVEY, J. E. Use of ultrasound imaging to determine sex of shovelnose sturgeon. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 24, p.322–326, 2004.
- CREPALDI, D. V. **Avaliação da técnica de ultra-sonografia como indicador de rendimento de carcaça e biometria em surubim (*Pseudoplatystoma* spp.)**. Belo Horizonte. Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. 2004. 39 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.
- CREPALDI, D. V.; TEIXEIRA, E. A.; FARIA, P. M. C.; RIBEIRO, L. P.; SATURNINO, H. M.; MELO, D. C.; SOUSA, A. B.; CARVALHO, D. C. A ultra-sonografia na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 30, n. 3/4, p. 174-181, 2006.
- CREPALDI, D.V.; ROTTA, M. A. Uso do ultra-som em programas de reprodução de peixes nativos. Embrapa Pantanal, **Comunicado Técnico**, v. 62, p. 1-7, 2007.
- CREPALDI, D. V. **Ultra-sonografia em surubins (*Pseudoplatystoma corruscans*): avaliação de parâmetros reprodutivos e características de carcaça**. 2008. 102 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- CRUZ, G. S.; MEDEIROS, N. B. C.; AMARAL, M. C. F.; GONÇALVES, K. L. P.; HAMOY, I. G.; RODRIGUES, M. D. N. Perfil do plantel de reprodutores utilizados na produção de peixes da região dos Carajás, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64298-64304, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-022>,

DALMASS, F. H.; CARRARI, I. F.; CESLA, I. de S.; NOVAKI, M. **Guia de indução hormonal de peixes reofílicos**. Curitiba: Instituto GIA, 2016. 24 p.

DANTAS FILHO, J. V.; PONTUSCHKA, R. B.; ROSA, B. L.; GASPAROTTO, P. H. G.; MARMENTINI, R. P.; JUCILENE CAVALLI. Mineral composition in commercial cuts of *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) and *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) in ideal weight class for commercialization. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 16, p. 172-179, 2022. <https://doi.org/10.21708/avb.2022.16.2.10851>.

DÓRIA, C.; MACHADI, L. F.; SOUZA, S. T. B.; LIMA, M. A. L. A pesca em comunidades ribeirinhas na região do médio rio Madeira, Rondônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 19, n. 3, 2016.

FAUSTINO, F.; NAKAGHI, L. S. O.; MARQUES, C.; MAKINO, L. C.; SENHORINI, J. A. Fertilização e desenvolvimento embrionário: morfometria e análise estereomicroscópica dos ovos dos híbridos de surubins (pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* x cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum*). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 49-55, 2007.

FROST, D. A.; MCAULEY, W. C.; KLUVER, B.; WASTEL, M.; MAYNARD, D.; FLAGG, T. A. Methods and accuracy of sexing sockeye salmon using ultrasound for captive broodstock management. **North American Journal of Aquaculture**, v. 76, n. 2, p. 153–158, 2014. <https://doi.org/10.1080/15222055.2014.886647>.

GUMPENBERGER, M.; HOCHWARTNER, O.; LOUPAL, G. Diagnostic imaging of a renal adenoma in a Red Oscar (*Astronotus ocellatus* Cuvier, 1829). **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 45, n. 2, p. 139-142, 2004.

HILDEBRANDT, T. B.; J. SARAGUSTY "Use of ultrasonography in wildlife species." **Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine; Elsevier BV: Amsterdam, The Netherlands**, v. 8, p. 714-723, 2015.

HLIWA, P.; BAH, M.; KUŹMIŃSKI, H.; DOBOSZ, S.; CIERESZKO, A. Ultrasound evaluation of the gonadal structure in sex-reversed rainbow trout females. **Aquaculture International**, v. 22, p. 89–96, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10499-013-9646-5>.

JENNINGS, C. A.; WILL, T. A.; REINERT, T. R. Efficacy of a high- and low-frequency ultrasonic probe for measuring ovary volume and estimating fecundity of striped bass *Morone saxatilis* in the Savannah River Estuary. **Fisheries Research**, v. 76, n. 3, p. 445–453, 2005.

KUJAWA, R.; NOWOSAD, J.; BIEGAJ, M.; CEJKO, B. I.; KUCHARCZYK, D. Use of ultrasonography to determine sex in sexually immature European river lamprey *Lampetra fluviatilis* (L.). **Animal Reproduction Science**, v. 204, p. 95-100, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.03.009>.

LIMA, A. F.; VARELA, E. S.; MACIEL, P. O.; ALVES, A. L.; RODRIGUES, A. P. O.; TORATI, L. S.; MATAVELLI, M.; BEZERRA, T. A. **Manejo de plantel de reprodutores de pirarucu**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 108 p.

LOHER, T.; STEPHENS, S. M. Use of Veterinary Ultrasound to identify sex and assess female maturity of Pacific Halibut in Nonspawning condition. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 31, p. 1034–1042, 2011.

MAAS, P.; GRZEGRZÓŁKA, B.; KRESS, P.; OBERLE, M.; KREMER-RÜCKER, P. V. In vivo – determination of the fat content in mirror carps (*Cyprinus carpio*) using ultrasound, microwave and linear measurements. **Aquaculture**, v. 512, p. 734359, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734359>.

MORAIS, I. S.; O'SULLIVAN, F. L. A. Biologia, habitat e cultivo do *tambaqui* *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816). **Scientia Amazonia**, v. 6, n. 1, p. 81-93, 2017.

MUNIZ, J. A. S. M.; CASTANHO, M. T. J. A.; SANTOS, A. J. G. Efeitos da luz natural do dia na reprodução induzida de tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 2, p. 205-211, 2018.

NAEVE, I.; MOMMENS, M.; ARUKWE, A.; KJORSVIK, E. Ultrasound as a noninvasive tool for monitoring reproductive physiology in female Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Physiological Reports**, v. 6, n. 9, p. e13640, 2018. <https://doi.org/10.14814/phy2.14167>.

NEJADMANSOURI, M.; HOSSEINI, S. M. H.; NIAKOSARI, M.; YOUSEFI, G. H.; GOLMAKANI, M. T.

- Physicochemical properties and storage stability of ultrasoundmediated WPI-stabilized fish oil nanoemulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 801–811, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.07.011>.
- NOVELO, N. D., TIERSCH, T. R. A review of the use of ultrasonography in fish 323 reproduction. **North American Journal of Aquaculture**, v. 74, p. 169-181, 2012.
- PAN, J.; LIAN, H.; JIA, H.; LI, S.; HAO, R.; WANG, Y. ZHANG, X.; DONG, X. Ultrasound treatment modified the functional mode of gallic acid on properties of fish myofibrillar protein. **Food Chemistry**, v. 320, p. 126637, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126637>.
- PERAZZA, C. A.; MENEZES, J. T. B.; FERRAZ, J. B. S.; PINAFFI, F. L. V.; SILVA, L. A.; HILSDORF, A. W. Lack of intermuscular bones in specimens of *Colossoma macropomum*: an unusual phenotype to be incorporated into genetic improvement programs. **Aquaculture**, v. 472, supl. 1, p. 57-60, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.05.014>.
- PERAZZA, C. A.; PINAFFI, F. L. V.; SILVA, L. A.; HILSDORF, A. W. S. Evaluation of ultrasound imaging to predict loin eye area in tambaqui. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. esp., p. 803-809, 2015.
- SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Piscicultura: reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes nativos**. Brasília: SENAR, 2017. 132 p.
- SOLIS-MURGAS, L. D.; FELIZARDO, V. O.; FERREIRA, M. R.; ANDRADE, E. S.; VERAS, G. C. Importance of evaluation of reproductive parameters in native fish. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 35, n. 2, p. 186-191, 2011.
- SOUZA, R. G. C.; SOUZA, L. A.; FRUTUOSO, M. E.; FREITAS, C. Seasonal dynamic of Amazonian small-scale fisheries is dictated by the hydrologic pulse. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 2, p. 207-221, 2017. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n2p207>.
- STREIT JÚNIOR, D. P.; POVH, J. A.; FORNARI, D. C.; GALO, J. M.; GUERREIRO, L. R. J.; OLIVEIRA, D.; DIGMAYER, M.; GODOY, L. C. **Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui**. Embrapa Meio-Norte, 2012. 30 p.
- XIONG, Y.; LI, Q.; MIAO, S.; ZHANG, Y.; ZHENG, B.; ZHANG, L. Effect of ultrasound on physicochemical properties of emulsion stabilized by fish myofibrillar protein and xanthan gum. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 54, p. 225-234, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.04>