

ANÉIS DE CRESCIMENTO EM ESCAMAS E OTÓLITOS DO *Salminus Brasiliensis* (CUVIER, 1816) (PISCES: CHARACIFORMES), NA BACIA DO RIO CUIABÁ, MATO GROSSO, BRASIL

Evelyn Barzotto ¹
Tatiane Arnhold ²
Vinícius B. Correa ³
Lúcia Mateus ^{4*}

RESUMO - Escolher a estrutura mais adequada para estimar a idade e os parâmetros de crescimento em peixes é muito importante para evitar vieses nas inferências biológicas, ecológicas e sobre indicadores do status do estoque, que poderiam levar a estratégias equivocadas ao gerenciar recursos pesqueiros ou tomada de decisão em conservação. Neste estudo, nós comparamos duas estruturas duras, escamas e otólitos, e avaliamos qual é a melhor estrutura para a contagem de anéis de crescimento e estimativa da idade do dourado (*Salminus brasiliensis*) na bacia do rio Cuiabá. As amostragens foram feitas, mensalmente, entre dezembro de 2013 e agosto de 2014. As contagens dos anéis etários foram realizadas por dois leitores independentes (principal e secundário). A concordância entre diferentes leitores para cada estrutura foi avaliada e as leituras do leitor principal foram usadas para avaliar a concordância na contagem entre as estruturas. Escamas e otólitos apresentaram anéis visíveis, com zona opaca e translúcidas alternadas, tornando possível a contagem dos anéis. No entanto, as marcas nos otólitos foram mais visíveis, apresentando maior facilidade na identificação dos anéis e concordância na contagem entre as leituras. Otólitos e escamas não estimam idades médias iguais. Adicionalmente, as escamas tendem a superestimar a idade dos indivíduos mais jovens e subestimar a idade dos mais velhos. Embora as escamas tenham sido muito utilizadas como uma técnica alternativa não letal para leitura de anéis e estimativa de idade nos estudos de crescimento em peixes na América do Sul, os otólitos se mostraram mais vantajosos, para o dourado, por apresentarem anéis mais nítidos.

Palavras-chave: Dourado; Bryconidae; marcas de crescimento; anéis etários.

GROWTH RINGS IN SCALES AND OTHOLITS OF THE *Salminus Brasiliensis* (CUVIER, 1816) (PISCES: CHARACIFORMES), IN THE CUIABÁ RIVER BASIN, MATO GROSSO, BRAZIL

ABSTRACT - Choosing the most appropriate structure for estimating age and growth parameters in fish is very important to avoid biases in biological and ecological inferences and on stock status indicators, which could lead to wrong strategies when managing fishery resources or making conservation decisions. In this study, we compare two hard structures, scales and otoliths, to evaluate which is the best structure for counting growth rings and estimating the age of the dorado (*Salminus brasiliensis*) in the Cuiabá River basin. Samplings were carried out monthly between December 2013 and August 2014. Growth rings counts were performed by two independent readers (main and secondary). Agreement between different readers for each structure was assessed, and the main reader's readings were used to assess concordance in scores between structures. Scales and otoliths presented visible rings, with alternating opaque and translucent zones, making it possible to count the rings. However, the marks on the otoliths were more visible, making it easier to identify the rings and agreement in counting between readings. Otoliths and scales do not estimate equal mean ages. Additionally, scales tend to overestimate the age of younger individuals and underestimate the age of older ones. Although scales have been widely used as an alternative non-lethal technique for reading rings and estimating age in studies of growth in fish in South America, otoliths have proven to be more advantageous for dorado, as they have sharper rings.

Keywords: Dorado; Bryconidae; growth marks; age rings.

¹ Doutora em Ecologia e Conservação da Biodiversidade – Universidade Federal de Mato Grosso. evebarzotto@gmail.com

² Doutora em Ecologia e Conservação da Biodiversidade – Universidade Federal de Mato Grosso. taty.arnhold@gmail.com

³ Graduado em Ciências Biológicas – Universidade Federal de Mato Grosso. vinicius_bc.3@hotmail.com

⁴ Doutora em Zoologia – Unesp/Rio Claro. Professora Titular do Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Laboratório de Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros (LEMARPE). lucia.mateus@ufmt.br

* Autor para correspondência.

INTRODUÇÃO

Estudar o crescimento de peixes significa, basicamente, determinar a relação entre o tamanho do corpo em função da idade (SPARRE; VENEMA, 1997) e estimar parâmetros de crescimento como o tamanho máximo alcançado pelo peixe e o coeficiente de crescimento (velocidade para atingir o tamanho máximo). A estimativa dos parâmetros de crescimento é uma importante ferramenta para avaliação da dinâmica de populações (LAI et al., 1996), essencial para o entendimento dos eventos de ciclo de vida, aspectos comportamentais, conservação e manejo das espécies, uma vez que a sobrevivência e o sucesso reprodutivo estão, frequentemente, relacionados ao tamanho do corpo e idade (KENDALL; FOX, 2002; DMITRIEW, 2011; VINCENZI et al., 2014).

Os principais métodos utilizados para estimar a idade em peixes são: 1) a análise da distribuição de comprimento ao longo do tempo (CAMPANA, 2001; ISLEY; GRABOWSKI, 2007) e 2) contagem de marcas formadas, periodicamente, em estruturas calcificadas (anéis de crescimento) como: escamas, otólitos, vértebras e opérculos. As escamas e os otólitos têm sido as estruturas mais utilizadas ao longo do tempo (STEVENSON; CAMPANA, 1992; CAMPANA, 2001; WRIGHT et al., 2002; MACEINA et al., 2007; GREEN et al., 2009; FARLEY et al., 2013).

As marcas de crescimento, presentes em estruturas calcificadas, são constituídos por duas bandas: uma zona de incremento relacionada ao crescimento rápido e outra de descontinuidade, relativamente, mais estreita, relacionada ao crescimento lento ou ausência de crescimento (WRIGHT et al., 2002; GREEN et al., 2009). A interpretação dos anéis de crescimento em estruturas rígidas é um método direto e mais acurado (CAMPANA, 2001; PANFILI et al., 2009), pois o crescimento dos peixes não é uniforme, apresentando periodicidade, podendo ser mais acelerado em determinadas épocas do ano e lento ou ausente em outras. Essas flutuações são refletidas nas estruturas ósseas, com a formação das marcas de crescimento, e podem ser utilizadas para estimativa da idade dos indivíduos (CAMPANA, 2001; GREEN et al., 2009; PANFILI et al., 2009).

Por outro lado, determinação da idade em peixes de regiões tropicais é um desafio, visto que a periodicidade de formação das marcas de crescimento não é tão evidente quanto em regiões temperadas, onde os padrões de variação sazonal de temperatura e luminosidade são mais distintos (SANTOS; BARBIERI, 1993; GREEN et al., 2009). No entanto, as evidências documentadas na literatura científica sugerem que, nos trópicos, alguns eventos importantes como, reprodução, pluviosidade, temperatura, ciclo hidrológico, fotoperíodo e disponibilidade de alimento, sofrem variação sazonal suficiente para induzir a formação dos anéis possibilitando, assim, a interpretação das marcas e estimativa da idade (ENDAL et al., 2000; BARBIERI et al., 2001; DEI TOS et al., 2009; FEITOSA et al., 2004; PENHA et al., 2004; SILVA; STEWART, 2006; LESSA et al., 2008; SANTANA et al., 2009).

Um dos maiores problemas encontrado para estimar a idade e o crescimento, a partir da análise de marcas de crescimento em estruturas duras, é a seleção da estrutura e técnica mais adequadas. A comparação entre estruturas, como escamas e otólitos, tem sido relativamente comum (BEAMISH; McFARLANE, 1983; CAMPANA, 2001). Grande parcela dos estudos realizados na América do Sul são com escamas (DEI TOS et al., 2010) as quais apresentam baixo custo de amostragem, facilidade na preparação, falta de exigência de equipamentos caros e nenhuma necessidade de sacrificar o peixe (MEGALOFONOU et al., 2003; SILVA; STEWART, 2006). Porém, a confiabilidade da interpretação das marcas de crescimento é questionada devido à formação frequente de "falsos anéis", regeneração, deformidades e reabsorção que podem acometer as escamas (CHANG; MAUNDER, 2012). Os otólitos, pequenos ossículos calcários localizados no ouvido interno dos peixes, são as primeiras

estruturas calcificadas a surgir durante o desenvolvimento do peixe, permitindo assim, estimar a idade e o crescimento desde as primeiras fases de vida, quando as escamas ainda não estão presentes (CAMPANA; NEILSON, 1985), não sofrendo reposição ou reabsorção (GREEN et al., 2009), entretanto, requer o sacrifício do animal e sua preparação é mais trabalhosa e de alto custo, exigindo equipamentos mais sofisticados.

A escolha da estrutura mais adequada é muito importante, pois as informações sobre idade e tamanho são a base para estimativas de parâmetros de crescimento importantes. A imprecisão na estimativa da relação idade-tamanho pode resultar em viés nas inferências biológicas, ecológicas e de estado das pescarias, gerando, conseqüentemente, decisões equivocadas ao gerenciar recursos pesqueiros ou em tomada de decisões de conservação, principalmente, quando se trata de espécies vulneráveis, como é o caso do *S. brasiliensis* em muitas bacias hidrográficas importantes do Brasil, (MARQUES et al., 2002; REIS et al., 2003; ABILHOA; DUBOC, 2004; AGOSTINHO et al., 2007; ROSA; LIMA, 2008).

S. brasiliensis, popularmente conhecido como dourado, é uma espécie piscívora, migradora, com ampla distribuição geográfica no território brasileiro, sendo encontrado, principalmente, na Bacia do Prata (LIMA et al., 2003; FROESE; PAULY, 2015). Está entre as espécies mais populares e desejadas na pesca profissional e esportiva (ZANIBONI-FILHO; SCHULZ, 2003), possui potencial para piscicultura e é bastante apreciado na gastronomia (FRACALOSSO et al., 2002). Nos últimos anos, tem-se observado uma acentuada redução de suas populações na bacia do rio Paraná (AGOSTINHO et al., 2007). Na Bacia do rio Cuiabá a espécie estava entre as 10 mais pescadas no início dos anos 2000 (MATEUS et al., 2004). Porém, desde 2013, sua captura comercial está proibida na porção mato-grossense da bacia do Alto rio Paraguai (Lei estadual Nº 9893/ 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi comparar duas estruturas ósseas: escamas e otólitos do dourado *S. brasiliensis* na bacia do rio Cuiabá em relação a marcação dos anéis de crescimento. Nós comparamos a consistência nas contagens de anéis entre leitores diferentes e para o mesmo leitor em momentos diferentes para avaliar qual é a melhor estrutura para estimativa da idade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O rio Cuiabá é um dos mais importantes tributários da Bacia do Alto rio Paraguai (BAP). Abrange uma área aproximada de 28.732 km², percorrendo 828 km desde sua nascente, no município de Rosário Oeste, até as proximidades do município de Barão de Melgaço (Pantanal Norte, Mato Grosso). Seus principais afluentes são os rios: Coxipó, Aricá-Mirim, Itiquira, Aricá-Açú, São Lourenço e o Manso (onde se localiza a Usina hidrelétrica do Manso), e é subdividida em Alto Cuiabá (região de planalto com alta declividade), Médio Cuiabá (planície com baixa declividade), seguindo até o Pantanal (CAVINATTO et al., 1995).

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é sazonal (Aw), tropical úmido-semiúmido (ALVARES et al., 2013), com épocas do ano bem definidas, estação seca e chuvosa, as quais são determinadas por período de inundação: enchente (outubro, novembro e dezembro), cheia (janeiro, fevereiro e março), vazante (abril, maio e junho) e seca (julho, agosto e setembro), que influenciam diretamente no regime hidrológico (GIRARD et al., 2003; GUIMARÃES et al., 2014).

Amostragem

Os indivíduos foram coletados mensalmente, com auxílio de anzóis, no rio Cuiabá, durante o período de dezembro de 2013 a agosto de 2014. Para cada exemplar foi registrado comprimento padrão (CP; cm) e retiradas escamas e otólitos.

As escamas foram retiradas próximo a região da nadadeira peitoral, lavadas e imergidas em solução de fenol a 10%, para evitar o desenvolvimento de fungos e outros microrganismos, e posteriormente lavadas em água destilada. A montagem das lâminas foi de acordo com a metodologia de Vazzoler (1982), um grupo composto pelas 3 melhores escamas de cada indivíduo foram fixadas entre duas lâminas de vidro presas com fita adesiva por toda a sua extremidade.

As cabeças dos indivíduos foram abertas por uma incisão mediana no sentido longitudinal para a retirada dos otólitos, que posteriormente foram higienizados com água, secos em papel toalha, identificados e etiquetados para armazenamento a seco. Para as análises foram utilizados os otólitos *lapillus*, por apresentarem deposições calcificadas mais nítidas e forma manuseável. Em seguida, os otólitos foram inseridos em moldes de resina transparente (Redelease® Endurecedor SQ-3154 e Redelease® Resina Epoxi SQ-2004), cortados transversalmente utilizando uma serra de corte de precisão (IsoMet Low Speed Saw - Buehler®), aderidos em uma lâmina histológica e polidos com lixas de água de granulação 600, e pó de alumina de 2 e 0,5 µm até visualização do núcleo e macroestruturas.

Leituras dos anéis de crescimento

Após o processamento das estruturas, foram feitas capturas de imagens com uso do programa Leica®, para que os anéis etários das escamas e dos otólitos fossem contados e o raio das estruturas fossem medidos. As capturas de imagens foram feitas sob luz incidente com uso de uma câmera acoplada em um estereomicroscópio.

Foram feitas a contagem de anéis para determinar a idade e em seguida, foram medidos os raios das escamas e dos otólitos como a distâncias entre o núcleo e a extremidade (borda) padronizados no mesmo eixo de medição. As contagens dos anéis etários foram feitas por dois leitores (leitor principal e o leitor secundário), cada um realizou duas leituras independentes para cada estrutura calcificada com intervalos de no mínimo 30 dias (CAMPANA, 2001). Utilizamos as segundas leituras de cada leitor para avaliar a precisão entre diferentes leitores para cada estrutura e identificar aquela que apresenta maior concordância entre leitores. As leituras do leitor principal, considerado o mais experiente, foram usadas para avaliar a concordância entre as estruturas. Para as amostras onde não houve coincidência na contagem em duas leituras, uma terceira leitura foi realizada pelo leitor principal e esta foi retida como a estimativa final do número de anéis em cada estrutura e utilizada nas comparações entre estruturas.

Análise de dados

A precisão das leituras, definida como a reprodutibilidade de repetidas medidas de uma dada estrutura, nos fornece uma valiosa informação sobre a facilidade de se determinar a idade a partir das leituras em uma determinada estrutura. Neste estudo, a reprodutibilidade das leituras dos anéis de crescimento entre os leitores e entre as duas leituras do leitor principal foram avaliadas através do coeficiente de variação (CV), expresso como a razão do desvio padrão sobre a média, definida como:

$$CV_j = 100 \times \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R - 1}}}{X_j}$$

Onde: CV_j é estimativa da precisão da idade para o indivíduo j , X_{ij} a estimativa da idade i do indivíduo j , X_j é a estimativa da idade média do indivíduo j , e R é o número de vezes que a leitura foi feita (CAMPANA, 2001).

Um dos indicadores de que o número de anéis encontrados em uma determinada estrutura é marcador da idade dos peixes, é que o número de anéis deve ser positivamente correlacionado com o tamanho da estrutura, além disso, o tamanho da estrutura deve acompanhar o crescimento do corpo do peixe. Sendo assim, através de correlações lineares, com a estimativa do coeficiente de correlação de Pearson (r), avaliamos se as escamas e otólitos acompanham o crescimento dos peixes e se o número de anéis está correlacionado com o raio das estruturas ósseas.

Por fim, com o objetivo de explicar se a estimativa média de idade (número de anéis) varia entre as estruturas, foi realizado um teste pareado considerando que as escamas e otólitos foram retiradas do mesmo indivíduo.

RESULTADOS

Foram analisadas as escamas e otólitos de 60 indivíduos com o comprimento variando de 31,5 a 67 cm (média=53,9; desvio padrão=7,53).

Ambas as estruturas apresentaram anéis visíveis, com zona opaca e translúcidas alternadas. No entanto, os anéis presentes nos otólitos são mais facilmente observados (Figura 1). As escamas apresentaram muitos anéis secundários que dificultaram a leitura, prejudicando a identificação e contagem dos anéis de crescimento.

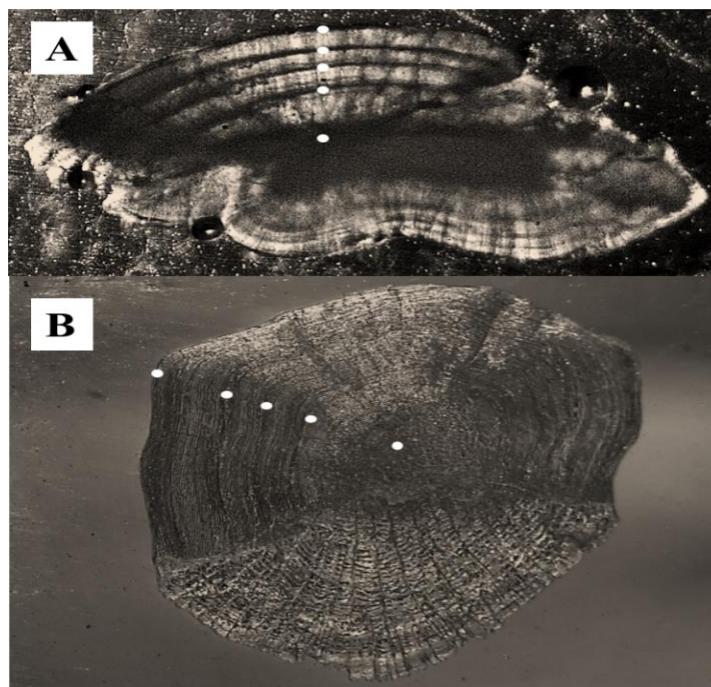


FIGURA 1. Marcações de anéis de crescimento (pontos brancos) em otólito (A) e escama (B) desde o seu foco até o último anel de um indivíduo de *Salminus brasiliensis* com idade estimada em 5 anos.

As marcas nos otólitos foram mais nítidas, tornando a contagem de anéis mais fácil, resultando em um coeficiente de variação entre leitores mais baixo, quando comparados com as escamas, tanto nas comparações entre as leituras realizadas pelo leitor principal quando comparando-se entre leitores (Tabela 1). Para o leitor principal, a variação entre leituras dos otólitos foi menor que 1%, evidenciando que as marcas são de fácil leitura e apresentam uma boa reprodutibilidade. De outro lado, a variação entre leituras na comparação da contagem de marcas nas diferentes estruturas foi superior a 20%, indicando que, para um leitor experiente, a concordância no número de anéis contados para escamas e otólitos é relativamente baixa.

TABELA 1. Coeficiente de variação (%) entre as leituras de anéis de crescimento em escamas e otólitos de *Salminus brasiliensis*.

Estrutura	Leitor principal	Entre leitores
Otólitos	0,92	8,44
Escamas	5,04	20,85
Otólitos x Escamas	20,3	-

Os raios de escamas e otólitos tendem a aumentar com o aumento no tamanho dos peixes. Raios das escamas e dos otólitos estão correlacionados com o comprimento padrão (escamas: $r=0,55$; $p<0,001$; otólitos: $r=0,64$; $p<0,001$), indicando que o crescimento das estruturas acompanha o crescimento do indivíduo. Entretanto, a correlação entre o raio do otólito e comprimento é maior que nas escamas (Figura 2).

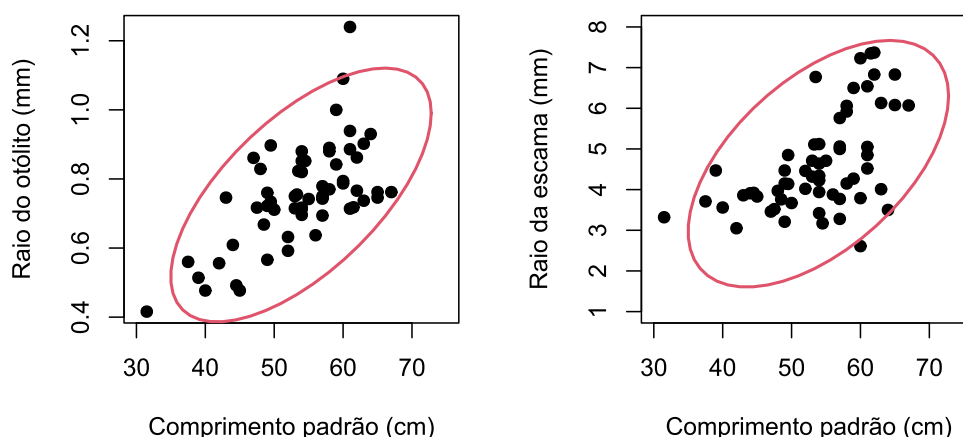


FIGURA 2. Relação entre o raio das escamas e otólitos e o comprimento padrão de *Salminus brasiliensis*.

Encontramos de 1 a 6 anéis nas escamas e de 0 a 5 anéis nos otólitos. A relação entre o número de anéis e o raio das estruturas, também evidenciou uma vantagem para os otólitos que apresentaram um coeficiente de correlação maior para esta relação ($r=0,71$; $p<0,0001$). No entanto, as escamas também tendem a serem maiores à medida que o número de anéis aumenta ($r=0,44$; $p=0,0004$; Figura 3).

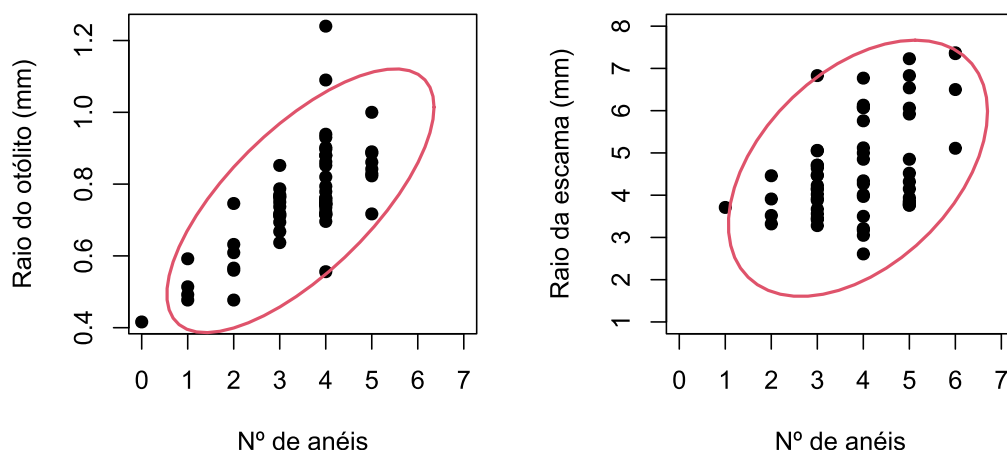


FIGURA 3. Relação entre o raio e o número de anéis de crescimento em otólitos e escamas de *Salminus brasiliensis*.

Otólitos e escamas não estimam idades médias iguais ($t=2,472$; $gl=59$; $p=0,016$). As escamas tendem a superestimar a idade dos indivíduos, principalmente nas idades mais jovens. De outro lado, em peixes mais velhos, as escamas subestimam a idade em comparação com os otólitos (Figura 4).

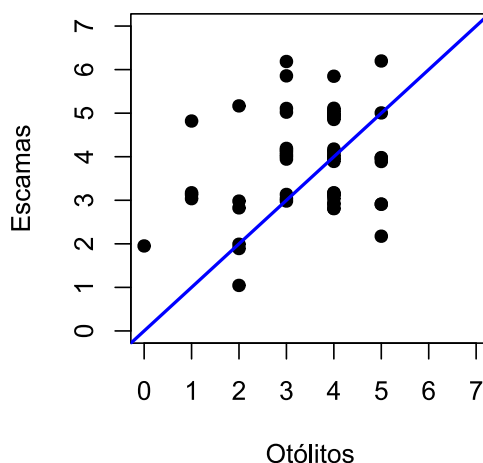


FIGURA 4. Comparação entre o número de anéis de crescimento nas escamas e nos otólitos dos mesmos indivíduos de *Salminus brasiliensis*. A linha azul representa a correspondência esperada nas leituras de 1:1. Pontos acima da linha indicam que a idade foi superestimada pela escama em comparação com os otólitos, enquanto, pontos abaixo da linha indicam a subestimativa da idade pelas escamas.

DISCUSSÃO

A precisão nos estudos de determinação de idade e crescimento através da interpretação e contagem de marcas nas estruturas aumenta quando são analisadas e comparadas diferentes estruturas calcificadas (CASSELMAN, 1983; CAMPANA, 2001), por isso, antes de iniciar um estudo de idade e crescimento é extremamente importante escolher a estrutura a ser analisada, verificando-se qual possibilita melhor visualização das marcas de crescimento (CUTRIM; BATISTA, 2005),

Neste estudo, ambas estruturas apresentaram anéis visíveis. Contudo, pôde-se perceber que o otólito possui anéis mais nítidos e uma relação mais aparente quanto ao seu tamanho e número de anéis etários do que as escamas. Segundo Ashford et al. (2001) os otólitos e as

escamas não resultam na mesma estimativa de idade (números de anéis), sendo que as escamas estimam idades superiores aos dos otólitos, coincidindo com o que observamos no presente estudo. A análise das escamas subestimou a idade do *Salminus brasiliensis* em peixes mais velhos e superestimou em jovens quando comparada com as leituras nos otólitos. Sylvester e Berry (2006) e Hining e colaboradores (2000) observaram que as escamas subestimam a idade do peixe velho. Lozano e colaboradores (2013) também constataram o mesmo em seu estudo com escamas, porém, essa tendência não foi observada em peixes jovens.

Mesmo elegendo a melhor estrutura a ser analisada é importante fazer a validação dos anéis, para obtermos parâmetros imparciais para a equação de von Bertalanffy. Especialmente em regiões onde a variação do clima não é tão distinta, o que pode levar a marcas de aposição fracas (CASSELMAN, 1983; BEAMISH; McFARLANE, 1983; JEPSEN et al., 1999; AMBRÓSIO; HAYASHI, 1997; AMBRÓSIO et al., 2003). Além disso, o processo de estimar a idade incorpora vieses associados à não formação de anéis à medida que o peixe cresce ou a formação de falso anéis, como comumente ocorre nas escamas, e essas distorções podem levar a idades sub ou superestimadas (CAMPANA, 2001; ISELY; GRABOWSKI, 2007). Porém, Dei Tos et al. (2010) em uma análise da literatura revelou que, na América do Sul, a maioria dos estudos não validou ou corroborou a estimativa de idade, provavelmente porque requer a aplicação de dois métodos de estudo (CAMPANA, 2001; ISELY; GRABOWSKI, 2007), para verificar se as estimativas de idade são correspondentes.

Apesar da coleta e preparação de otólitos para análise ser mais trabalhosa requerendo mais atenção, esta estrutura é considerada mais adequadas pois apresentam marcas distintas e interpretações realistas (CASSELMAN, 1983; SWEATMAN; KOHLER, 1991), pois o material depositado em otólitos raramente é alterado ou reabsorvido (CAMPANA; CASSELMAN, 1993). Hammers e Miranda (1991) demonstraram que essa estrutura quase nunca apresenta anéis de crescimento falsos. Portanto, as idades estimadas para o *S. brasiliensis* podem ser mais precisas usando esta estrutura. Isso pode ser verificado pelo baixo coeficiente de variação das contagens de anéis obtidos quando dois leitores realizaram leituras independentes.

No presente estudo, os baixos valores de coeficiente de variação atestam a consistência da leitura dos anéis de crescimento, mostrando que os otólitos e as escamas podem ser usados para estimar a idade e o crescimento de *S. brasiliensis*. Contudo, embora as escamas tenham sido muito utilizadas como uma técnica alternativa não letal para leitura de anéis de crescimento em dourados (BARBIERI et al., 2001; FEITOSA et al., 2004; DEI TOS et al., 2009; ZULIANE et al., 2016) e também a mais usada dentro os estudos de crescimento em peixes na América do Sul (DEI TOS et al., 2010), os otólitos pareceram ser mais vantajosos, pois as marcas de crescimento nessa estrutura foram mais nítidas, possibilitando uma melhor leitura dos anéis. Sendo, assim, recomendamos o uso de otólitos, quando possível, para estimar a idade do *S. brasiliensis* mais adequadamente.

CONCLUSÕES

Os anéis de crescimento estão presentes em escamas e otólitos de *S. brasiliensis*. As marcas de crescimento em otólitos foram mais nítidas e apresentaram maior reprodutibilidade entre leituras quando comparadas com as leituras em escamas. Além disso, o raio dos otólitos apresentou uma correlação positiva maior, tanto com o comprimento do peixe, quanto com a contagem do número de anéis, indicando que otólitos apresentam vantagens em estudos para a estimativa da idade da espécie.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (proc. 406085 / 2012-9) e a Patrícia Luna Rondon e Luzia Lourenço pela ajuda no processamento dos otólitos. Os espécimes foram coletados de acordo com as autorizações legais emitidas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Evelyn Barzotto foi apoiada por uma bolsa de doutorado da CAPES.

REFERÊNCIAS

- ABILHOA, V.; DUBOC, L.F. Peixes. In: MIKICH, S.B.; BERNILS, R.S. (eds.). **Livro Vermelho da fauna ameaçada do Estado do Paraná**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 2004. p. 581-677.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M. **Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 2007.
- ALVARES, C. A.; STAPEZ, J. L. SENTELHAS, P.C. GONÇALVES, L. M. SPAROVEK. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p. 711–728, 2013.
- AMBRÓSIO, A.M.; HAYASHI, C. Idade e crescimento de *Steindachnerina insculpta* (Fernandes Yepes, 1948), (Characiformes, Curimatidae) da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.57, n.4, p. 687-698, 1997.
- AMBRÓSIO, A.M.; GOMES, L.C.; AGOSTINHO, A.A. Age and growth of *Hypophthalmus edentatus* (Spix & Agassiz, 1829) (Siluriformes, Hypophthalmidae) in the Itaipu Reservoir, Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.20, n.2, p.183-190. 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752003000200002>.
- BEAMISH, R.J., McFARLANE, G.A. Validation of age determination estimates: the forgotten requirement. In: PRINCE, E.D.; PULOS, L.M. (Eds.). **Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks**. NOAA Technical Report NMFS 8, U.S. Department of Commerce, Miami, 1983. p. 29–33.
- CAMPANA, S.E.; NEILSON, J.D. Microstructure of fish otoliths. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.42, p. 1014-1032, 1985. <https://doi.org/10.1139/f85-127>
- CAMPANA, S. E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal of Fish Biology**, v.59, p.197 – 242. 2001. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb00127.x>
- CASSELMAN, J.M. Age and growth assessment of fish from their calcified structures — techniques and tools. In: PRINCE, E.D.; PULOS, L.M. (eds.). **Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes, and Sharks**. NOAA Technical Report NMFS 8, Department of Commerce, Miami, 1983. p.1-17.
- CAMPANA S.E., CASSELMAN J.M. Stock discrimination using otolith shape analysis. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.50, n.5, p. 1062-1083, 1993. <https://doi.org/10.1139/f93-123>
- CAVINATTO V. **Caracterização Hidrológica do estado de Mato Grosso**. PRODEAGRO/SEPLAN/FEMA, Cuiabá, MT, 1995.
- CUTRIM, L.; BATISTA, V.S. 2005. Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v.35, n.1, p.85-92, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000100013>

DEI TOS, C.; GOMES, L.C.; AGOSTINHO, A.A. BATISTA, R.R. 2009. Age, growth, mortality and yield per recruit of the dourado *Salminus brasiliensis*, Corumba Reservoir, Goiás State, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.7, p.223-230, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000200014>

DEI TOS, C.; GOMES, L.C.; AMBROSIO, A.M.; GOULART, E. An overview of freshwater fish aging in South America: the science, biases and future directions. **Acta Scientiarum Biological Science**, v.32, n.4, p.323-333, 2010. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v32i4.8664>

DMITRIEW, C.M. The evolution of growth trajectories: what limits growth rate? **Biological Reviews**, v.86, p. 97-116, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2012.00567.X>

ENDAL, H.P.; TARANGER, G.L.; STEFANSSON, S.O.; HANSEN T. Effects of continuous additional light on growth and sexual maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*, reared in sea cages, **Aquaculture**, v.191, p.337-349, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00444-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00444-0)

FARLEY, J.H.; WILLIAMS, A.J.; CLEAR, N.P; DAVIES, C.R; NICOL S.J. Age estimation and validation for South Pacific albacore *Thunnus alalunga*. **Journal of Fish Biology**, v.82, p.1523–1544, 2013. <https://doi.org/10.1111/jfb.12077>

FEITOSA, L. A.; FERNANDES, R.; GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A. A. 2004. Parâmetros populacionais e simulação do rendimento por recruta de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*. 26(3):317-323. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v26i3.1593>

FROESE, R., PAULY, D. 2015. FishBase, World Wide Web electronic publication. Disponível em: <http://www.fishbase.org>. Acessado em 20/09/2015.

FRACALOSSO, D. M.; ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. No rastro das espécies nativas. **Panorama da Aquicultura**, v.12, p. 3–49, 2002.

GUIMARÃES, E., TREVELIN, C.C.; MANOEL, O.S. **Pantanal: paisagens, flora e fauna**. São Paulo, Cultura Acadêmica, 2014, p.80.

GIRARD, P.; DA SILVA, C.J.; ABDO, M. River-groundwater interactions in the Brazilian Pantanal. The case of the Cuiabá River. **Journal Hydrology**, v.283, n.1, p. 57-66, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00235-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00235-X)

GREEN, B.S.; MAPSTONE, B.D.; CARLOS, G.; BEGG, G.A. Introduction to otoliths and fisheries in the tropics. In: GREEN, B.S.; MAPSTONE, B.D.; CARLOS, G.; BEGG, G.A., (eds). **Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology**. Reviews: Method and Technologies in Fish Biology and Fisheries, New York: Springer, 2009.

HINING, K.J.; WEST, J.L.; KULP, M.A.; NEUBAUER, A.D. Validation of scales for estimating age of Rainbow trout from Southern Appalachian streams. **North American Journal of Fisheries Management**, v.20, p. 978–985, 2000. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(2000\)020<0978:VOSAOF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(2000)020<0978:VOSAOF>2.0.CO;2)

HAMMERS, B.E.; L.E. MIRANDA. Comparison of methods for estimating age, growth, and related population characteristics of white crappies. **North American Journal of Fisheries Management**, v.11, p.492-498, 1991. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1991\)011<0492:COMFEA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1991)011<0492:COMFEA>2.3.CO;2)

ISELY, J.J.; GRABOWSKI, T.B. Age and growth. In: GUY, C.S.; BROWN, M.T. (eds). **Analysis and interpretation of freshwater fisheries data**. Bethesda, America Fisheries Society, 2007, p. 187-228.

JEPSEN, D.B.; WINEMILER, K.O.; TAPHORN, D. C.; OLARDE, D.R. Age structure and growth of peacock cichlids from rivers and reservoirs of Venezuela. **Journal of Fish Biology**, v. 55, n.2, p.433-450, 1999. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1999.tb00689.x>

KENDALL, B.E.; FOX, G.A. Variation among individuals and reduced demographic stochasticity. **Conservation Biology**, v.16, n.1, p.109-116, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00036.x>

LAI, H.L.; GALLUCCI, V.F.; GUNDERSON, D.R.; DONNELLY, R.F. 1996. Age determination in fisheries: methods and applications to stock assessment. In: GALUCCI, V.F.;

SAILA, S.B.; GUNDERSON, D.J.; ROTHSCHILD, B.J. (eds). **Stock Assessment: Quantitative Methods and Applications for Small-Scale Fisheries**. New York, Lewis Publishers - CRC Press, 1996, p. 82-178.

LESSA, R., DUARTE-NETO, N., MORIZE, E.; MACIEL, R. Otolith microstructure analysis with OTC validation confirms age overestimation in Atlantic thread herring *Opisthonema oglinum* from north-eastern Brazil. **Journal of Fish Biology**, v.73, p. 1690–1700, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02043.x>

LOZANO, I.E.; VEGH, S.L.; DOMANICO, A.A. ROSL, E. Comparison of scale and otolith age readings for trahira, *Hoplias malabaricus*. **Journal Applied Ichthyology**, v.30, n.1, p. 130-134, 2013. <https://doi.org/10.1111/jai.12317>

MACEINA, M. J.; BOXRUCKER, J.; BUCKMEIER, D. L.; GANGL, R. S.; LUCCHESI, D. O.; ISERMANN, D. A.; JACKSON, J. R.; MARTINEZ, P. J. Current status and review of freshwater fish aging procedures used by state and provincial fisheries agencies with recommendations for future directions. **Fisheries**, v.32, n.7, p.329-340, 2007. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(2007\)32\[329:CSAROF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(2007)32[329:CSAROF]2.0.CO;2)

MARQUES, A.A.B., FONTANA, C.S., VÉLEZ, E., BENCKE, G.A., SCHNEIDER, M. & REIS, E.R. **Lista de Referência da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande Extinção no Rio Grande do Sul**. do Sul. Decreto nº 41.672, de 10 junho de 2002. Porto Alegre: FZB/MCT–PUCRS/PANGEA, p.52. 2002.

MATEUS, L.A.F.; PENHA, J.M.F.; PETRERE, M. Fishing resources in the rio Cuiabá Basin Pantanal do Mato Grosso, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.2, n.4, p. 217-227, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252004000400004>

MOYLE, P.B.; CECH JR, J.J. **Fishes, an introduction to ichthyology**. Upper Saddle River, NJ, USA, Prentic Hall, 2004.

MEGALOFONOU, P.; YANNOPOULOS, C.; DEAN, J.M. The potential use of scales for estimating age and growth of Mediterranean albacore (*Thunnus alalunga*). **Journal Applied Ichthyology**, v.19, p. 189-194, 2003.

PANFILI, J.; TOMÁS, J.; MORALES-NIN, B. Otolith microstructure in tropical fish. In: GREEN BS, MAPSTONE BD, C.G, BEGG GA (eds). **Tropical fish otoliths: information for assessment, management and ecology**. Reviews: methods and technologies in fish biology and fisheries Vol 11. Springer, New York, p. 212–248. 2009.

PENHA, J.M.F.; MATEUS, L.A.F.; BARBIERI, G. Age and growth of the duckbill catfish (*Sorubim cf. lima*) in the Pantanal. **Brazilian Journal Biology**, v.64, n.1, p.125-134, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842004000100014>

REIS, R.E.; KULLANDER S.O.; FERRARIS, J.R.C.J. **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre, Brazil, Editora da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2003, p.729

ROSA, R.S.; LIMA, F.C.T. Peixes Brasileiros Ameaçados de Extinção. pp.1-19. In: MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G.M.; PAGLIA, A.P (eds). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira ameaçada de extinção**. Brasília, Biodiversitas, 2008.

SANTOS, G. B.; BARBIERI, G. Idade e crescimento do “piauí gordura”, *Leporinus piau* Folwer, 1941, na represa de Três Marias (Estado de Minas Gerais) (Pisces, Ostariophysi, Anostomidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.4, p.56-76, 1993.

SANTANA, F.M.; MORIZE, E.; CLAVIER, J.; LESSA, L. Otolith micro and macrostructure analysis to improve accuracy of growth parameter estimation for white mullet *Mugil curema*. **Aquatic Biology**, v.7, p.99–206, 2009. <https://doi.org/10.3354/ab00189>

SILVA, E.; STEWART, D. Age structure, growth and survival rates of the commercial fish *Prochilodus nigricans* (bocachico) in north-eastern Ecuador. **Environmental Biology of Fishes**, v.77, n.1, p. 63–77, 2006. DOI: 10.1007/s10641-006-9055-y

SYLVESTER, R. M.; BERRY, C.R. Comparison of white sucker age estimates from scales, pectoral fin rays, and otoliths. **North American Journal of Fisheries Management**, v.26, p.24–31, 2006. <https://doi.org/10.1577/M04-147.1>

SPARRE, P.; VENEMA, S.C. **Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1: Manual**. Roma, FAO, 1997.

VINCENZI, S.; MANGEL, M.; CRIVELLI, A.J.; MUNCH, S.; SKAUG, H.J. Determining individual variation in growth and its implication for life-history and population processes using the empirical Bayes Method. **PLoS Computational Biology**, v.10, n.9:1-16, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003828>

VAZZOLER, A. E. A. M. **Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes. Reprodução e crescimento**. Brasília: CNPq, 1982.

WRIGHT, P.J.; PANFILI, J.; MORALES-NIN, B.; GEFFEN, J. Types of calcified structures: Otoliths. In: PANFILI, J.; DE PONTUAL, H.; TROADEC, H.; WRIGHT, P. J. (eds). **Manual of fish sclerochronology**. Ifremer-ird. 2002

ZANIBONI-FILHO, E.; SCHULZ, U.H. Migratory Fishes of the Uruguay River. In: CAROLSFELD, J.B.; HARVEY, A.B.; ROSS, C. (eds.). **Migratory fishes of the South America: biology, social importance and conservation status**. Victoria, World Fisheries Trust, 2003, p. 157-194.

ZULIANE, M.S.; AMBRÓSIO, A.M.; FRANCISCO, T.M.; BALBI, T.J.; OKADA, E.K.; GOMES, L.C. Age and growth parameters of the dourado *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1816) from the river Cuiaba, Mato Grosso State, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Science**, v.38, n.1, p. 59-65, 2016. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v38i1.27868>.