

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PESQUEIRAS  
NOS TRÓPICOS

GUILHERME MARTINEZ FREIRE

IDADE, CRESCIMENTO E MORTALIDADE NATURAL DA  
ARRAIA-CURURU (*Potamotrygon wallacei*) DO MÉDIO RIO NEGRO

DISSERTAÇÃO

MANAUS AM  
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS PESQUEIRAS  
NOS TRÓPICOS

IDADE, CRESCIMENTO E MORTALIDADE NATURAL DA  
ARRAIA-CURURU (*Potamotrygon wallacei*) DO MÉDIO RIO NEGRO

Aluno: Guilherme Martinez Freire  
Orientador: Dr. Wallace Paxiúba Duncan  
Co-orientadora: Dra. Maria Lúcia G. de Araújo

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós Graduação em Ciências  
Pesqueiras nos Trópicos **Linha de  
Pesquisa: BIOLOGIA E  
DIVERSIDADE DE RECURSOS  
PESQUEIROS** da Universidade Federal  
do Amazonas como parte dos requisitos  
para a obtenção do título de mestre.

MANAUS AM

2015

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

F866i Freire, Guilherme Martinez  
Idade, crescimento e mortalidade natural da arraia-cururu  
(Potamotrygon wallacei) do médio Rio Negro. / Guilherme Martinez  
Freire. 2015  
33 f.: il.; 31 cm.

Orientador: Wallice Paxiúba Duncan  
Coorientadora: Maria Lúcia Góes de Araújo  
Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Potamotrygonidae. 2. Idade e crescimento. 3. mortalidade. 4.  
dinâmica populacional. I. Duncan, Wallice Paxiúba II. Universidade  
Federal do Amazonas III. Título

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Amazonas, UFAM e o Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, PPGCIPET, pela oportunidade e apoio às minhas atividades para o desenvolvimento do meu trabalho. Especialmente a coordenação do programa que esteve sempre presente e aberta aos alunos.

Agradeço aos meus orientadores, Wallice L. Paxiúba Duncan pelo imenso esforço em me ajudar a entender algo sobre o mundo das arraias e a Maria L. Góes de Araújo pelo treinamento e orientação dos caminhos da dinâmica de populações de elasmobrânquios.

Aos muitos colegas de laboratório e de campo que me ajudaram muito no crescimento do meu conhecimento.

Ao CNPq que me forneceu uma bolsa de estudo, sem a qual não seria possível me dedicar a este trabalho.

Ao laboratório de dinâmica de populações pesqueiras da Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE, especialmente a Dra. Rosangela Lessa que me recebeu durante o período em que aprendia a técnica de processamento do meu material.

Ao laboratório de mamíferos aquáticos, em nome da Dra. Vera da Silva, que sem dificuldade me cedeu o espaço e equipamento para que pudesse trabalhar com meu material.

Aos muitos amigos que contribuíram no andamento deste trabalho com conversas instrutivas.

À minha família e minha esposa, que do meu lado me fizeram mais forte para superar os obstáculos do caminho.

## RESUMO

O estudo de parâmetros de crescimento em elasmobrânquios é de grande importância, principalmente devido às características intrínsecas de crescimento lento, maturação tardia e baixo potencial reprodutivo. Apesar de grande parte dos elasmobrânquios exibirem essas características, algumas espécies de arraias marinhas apresentam crescimento rápido quando comparadas com grandes tubarões. As arraias da família Potamotrygonidae são as únicas totalmente adaptadas ao ambiente dulcícola. Algumas espécies são legalmente exploradas pela pesca ornamental, porém, os pontos de referência do manejo destas espécies não têm conotação biológica e são fortemente influenciados pela demanda. O nosso objetivo foi estimar a taxa de crescimento e mortalidade da arraia cururu (*Potamotrygon wallacei*) na região do Médio Rio Negro. Para estimar os parâmetros da curva de crescimento realizamos contagem de bandas de crescimento em vértebras. Para aumentar o número de dados, foi realizado o retrocálculo para ajustar a curva de von Bertalanffy. Os parâmetros estimados foram usados para estimar a taxa de mortalidade natural pelo método de Jensen e pelo método de Pauly. A taxa de crescimento ( $K$ ) foi estimada em  $0,26 \text{ ano}^{-1}$ , o tamanho máximo teórico estimado foi de 19,8 cm, o tempo quando o tamanho da arraia é igual a zero ( $t_0$ ) foi estimado em -1,4 anos e o tamanho ao nascer estimado em 9,6 cm. A longevidade foi estimada entre 7,0 anos e 13,4 anos pelos métodos de Ricker e Fabens, respectivamente. A mortalidade estimada pelos dois métodos foi de  $0,75 \text{ ano}^{-1}$  e  $0,42 \text{ ano}^{-1}$ . O tamanho explorado pela pesca ornamental (14 cm) representa indivíduos de dois anos, representando os poucos sobreviventes que passaram pela alta taxa de mortalidade nos dois primeiros anos. A exploração da coorte por um ano indica um limite de captura de até 12 cm, incidindo a pesca na faixa etária de maior mortalidade natural minimizando o efeito da pesca.

**Palavras-chave:** Potamotrygonidae, Idade e crescimento, mortalidade natural, peixe ornamental, elasmobrânquio.

## ABSTRACT

The study of growth parameters in elasmobranch is of great importance, mainly due to intrinsic characteristics such as slow growth, late maturation and low reproductive potential. While much of elasmobranch exhibit these characteristics, some species of marine rays show fast growth rate when compared to large sharks. The Potamotrygonidae stingrays family are the only fully adapted to the freshwater environment. Some species are legally exploited for ornamental fish; however, the management of the reference points of these species has no biological connotation and are strongly biased by the demand. Our objective was to estimate the growth rate and mortality of stingray cururu (*Potamotrygon wallacei*) in the Middle Rio Negro region. To estimate growth curve parameters, we realize growth bands count. To increase the number of data, the original data was retrocalculated to adjust the von Bertalanffy curve. The estimated parameters were used to estimate the natural mortality rate by Jensen and Pauly methods. The growth rate (K) was estimated at  $0.26 \text{ y}^{-1}$ , maximum theoretical size estimated 19.8 cm, the time when the size of the ray is zero ( $t_0$ ) is estimated at -1.4 years and size at birth estimated at 9.6 cm. Longevity was estimated between 7 years and 13 years and four months by Ricker and Fabens methods. Estimated mortality by two methods was  $0.75 \text{ yr}^{-1}$  and  $0.42 \text{ yr}^{-1}$ . The size exploited by ornamental fish (14 cm) represents individuals two years, accounting for the few survivors who went through the high mortality rate of the first two years. The exploitation of the cohort for one year indicates a catch limit of up to 12 cm, covering fishing in the age range of most natural mortality, minimizing the effect of fishing.

**Keywords:** Potamotrygonidae, age and growth, natural mortality, ornamental fish, elasmobranch

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa mostrando o local de captura das arraias-cururu (*Potamotrygon wallacei*) no lago Cubá (quadrado). O asterisco indica o município de Barcelos (0°58'23.78"S, 62°55'38.58"W; estado do Amazonas, Brasil) localizado na margem direita do rio Negro..... 6
- Figura 2. Vista dorsal da arraia-cururu (*Potamotrygon wallacei*), uma espécie endêmica da bacia do rio Negro. .... 7
- Figura 3. Secção de uma vertebra com coloração invertida (ponto indica o centro da vertebra, a linha pontilhada indica a marca de nascimento, linhas preenchidas à direita do centro indicam as marcas de crescimento seguintes). .... 8
- Figura 4. A) Relação entre a largura do disco e o peso (linha representa  $P=0.03*LD^3.1$ ) e B) relação entre a largura do disco e o peso log transformados (linha representa  $\text{Log}(P)=\log(0.03)+3.1*\log(LD)$ ). Pontos negros representam machos e pontos brancos representam fêmeas. .... 11
- Figura 5. Percentual de bandas opacas na borda das vertebra de arraia-cururu (barras) e o nível do rio durante o período de coleta (linha tracejada). .... 11
- Figura 6. Relação entre o raio das vertebra e a largura do disco (linha representa  $LD = 4.159 + 0.012*RV$ ). .... 12
- Figura 7. Largura do disco em função da idade A) dados originais e B) dados retrocalculados (baseados na largura do disco estimada pelo raio da vertebra aplicada sob  $LD = 4.159 + 0.012*RV$ ). .... 13
- Figura 8. Modelo de von Bertalanffy ajustado aos dados retrocalculados [ $L_t = 19.8 - (19.8 - 9.6)e^{-0.26t}$ ]. .... 13
- Figura 9. Percentual de sobrevivência de uma coorte ao longo do tempo (linhas representam a mortalidade natural: linha pontilhada = método de Jensen (1996); linha sólida = método de Pauly (1980)). .... 14
- Figura 10. Relação entre o tamanho máximo teórico e a proporção do tamanho ao nascer em relação ao tamanho máximo teórico. 1- *Urotrygon rogersi* (Mejia falla et al., 2014); 2- *Neotrygon kuhlii* (Pierce e Bennett, 2009 e Jacobsen e Bennett, 2010); 3- *Dasyatis dipterura* (Smith et al., 2007); 4- *Neotrygon picta* (Jacobsen e Bennett, 2010); 5- *Neotrygon annotata* (Jacobsen e Bennett, 2010); A- *Paratrygon aiereba* (Araújo, 2011) e C- *Potamotrygon wallacei* (Presente estudo). .... 16





## SUMÁRIO

Introdução .....	1
Objetivos.....	5
Objetivo geral .....	5
Objetivos específicos .....	5
Material e métodos .....	5
Área de estudo .....	5
Método de coleta.....	6
Morfometria e coleta de amostras.....	7
Processamento das vertebrae .....	7
Leitura das vertebrae.....	8
Validação .....	8
Análises de dados .....	9
Relação peso x comprimento.....	9
Relação entre o raio da vertebra e a largura do disco .....	9
Retro-cálculo.....	9
Parâmetro da equação de von Bertalanffy .....	9
Mortalidade natural .....	10
Longevidade .....	10
Resultados.....	10
Relação entre peso e comprimento .....	10
Validação .....	11
Relação entre o raio da vertebra e a largura do disco .....	12
Leitura das vertebrae.....	12
Modelo de von Bertalanffy.....	13
Longevidade e mortalidade natural .....	14
Discussão .....	15

Proposta ao manejo da espécie .....	19
Conclusão .....	20
Referências bibliográficas .....	21

## INTRODUÇÃO

Os elasmobrânquios possuem características biológicas que são críticas para a recuperação de um estoque explorado. A taxa de crescimento, o tempo para alcançar a maturidade e a fecundidade são os fatores mais importantes para a manutenção e recuperação de um estoque atingido pela pesca (FISK *et al.*, 2001; CORTÉS, 2002).

As arraias *Manta* sp. são exemplos extremos de como estas características podem afetar a recuperação de suas populações. As populações destas espécies têm entrado em declínio devido principalmente ao efeito da pesca sobre estas espécies (Marshall *et al.*, 2011). O grande tamanho, a baixa taxa de crescimento e a pequena quantidade de filhotes por gestação influenciam negativamente a taxa intrínseca de crescimento da população (DULVY *et al.*, 2014).

A baixa fecundidade em elasmobrânquios é uma ameaça natural à resiliência deste grupo, uma vez que a retirada de indivíduos pode ser maior que a natalidade. É de importância fundamental o conhecimento da taxa de crescimento para a estimativa do tempo necessário para uma espécie alcançar a maturidade e iniciar a fase reprodutiva (FRISK *et al.*, 2001). A manutenção de indivíduos reprodutivos na população é recomendada para a manutenção e recuperação de estoques de elasmobrânquios que possuem características de baixa fecundidade, principalmente elasmobrânquios de grande porte (FISK *et al.*, 2001).

Além da baixa fecundidade, o tempo necessário para atingir o tamanho reprodutivo é muito longo em algumas espécies e o conhecimento da taxa de crescimento auxilia na estimativa do tempo necessário para atingir este tamanho. São necessários pelo menos oito anos para *Dasyatis dipterura* atingir a maturidade (SMITH *et al.*, 2007). *Dasyatis pastinaca* apresenta o mesmo padrão de maturação tardia, atingindo a maturidade com sete anos de vida (YING AND ISMEN, 2007).

Apesar disto, espécies de menor porte como *Urotrygon rogersi* apresentam características biológicas que favorecem a manutenção e recuperação do estoque explorado, Mejía-Falla *et al.* (2014) encontraram para esta espécie uma taxa de crescimento muito superior à taxa de crescimento de elasmobrânquios de águas quentes (Lessa *et al.*, 2004; Hoening e Gruber, 1990).

Os elasmobrânquios amazônicos são todos Batoidea da família Potamotrygonidae e possuem características biológicas e alimentares que abrangem diversos hábitos. A

fecundidade das espécies destas arraias pode alcançar até 16 indivíduos por gestação (eg. *Potamotrygon scobina*), porém a maior parte apresenta fecundidade média de dois indivíduos por gestação (Charvet-Almeida et al., 2005).

A alimentação deste grupo também apresenta grande variação, A composição alimentar da arraia *Paratrygon aiereba* é fundamentalmente composta de peixes (94,8%) enquanto a arraia *Potamotrygon orbignyi* tem a alimentação fundamentada em insetos (96,4%), já a arraia *Potamotrygon motoro* possui uma alimentação diversificada em crustáceos e peixes (96,5%) e a arraia *Potamotrygon wallacei* “cururu” possui uma alimentação baseada principalmente em crustáceos, insetos e peixes (Shibuya et al., 2009).

Apesar do conhecimento sobre aspectos reprodutivos e alimentares, atualmente pouco se sabe sobre a dinâmica populacional dos potamotrigonídeos amazônicos. Na Amazônia, um estudo sobre a demografia da arraia *Paratrygon aiereba* indicou a relação entre tamanho e taxa de crescimento semelhante às espécies marinhas onde espécies de maior porte apresentam menor taxa de crescimento (ARAÚJO, 2011; FISK *et al.*, 2001). Apesar de este ser o único estudo sobre a demografia de uma espécie de elasmobrânquio amazônico, esta é a maior espécie da Amazônia (ARAÚJO, 2011; ROSA, 1991) e o conhecimento sobre esta espécie pode direcionar estudos posteriores com o mesmo grupo.

Sendo a *P. aiereba* a maior espécie de arraia da Amazônia a relação negativa entre o tamanho máximo e a taxa de crescimento indica que outras espécies tendem a apresentar a taxa de crescimento superior (FRISK *et al.*, 2001). O mesmo padrão pode ser observado para espécies de teleósteos amazônicos (RUFFINO E ISAAC, 1995), mesmo quando há uma variação intraespecífica em função do efeito da pesca ou localidade (CAMPOS *et al.*, 2015; FREIRE E FREITAS, 2013; RUFFINO E ISAAC, 1999; RUFFINO E ISAAC, 1995).

A pesca das arraias amazônicas tem finalidade principalmente ornamental (CHARVET-ALMEIDA *et al.*, 2002). Ainda que em algumas localidades podem ser encontrados registros de pesca para finalidade alimentar (DUNCAN *et al.* 2010), a legislação que regulamenta a pesca de arraias amazônicas permite a comercialização destas espécies apenas para finalidade ornamental (BRASIL, 1998).

No final da década de 90 o Instituto Brasileiro de Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) instituiu uma portaria para regulamentar a exploração de arraias com finalidade

ornamentais no estado do Amazonas por um período experimental de um ano (BRASIL, 1998), esta portaria incluía cotas de exportação para quatro espécies (*Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon wallacei*, *Potamotrygon schroederi* e *Potamotrygon orbgnyi*).

Em 2003 o IBAMA emite uma nova portaria com efeito de dois anos incluindo duas novas espécies (*Potamotrygon henlei* e *Potamotrygon leopoldi*) e expande a autorização ao estado do Pará, condicionando uma nova autorização de exportação à um estudo sobre o efeito da atividade pesqueira sobre as seis espécies listadas (BRASIL, 2003).

Apesar das portarias anteriores especificarem que não é permitida a comercialização de matrizes, não fica definido um tamanho limite para captura destas espécies (BRASIL, 1998; BRASIL, 2003). Em 2005 o Ministério do Meio Ambiente publica uma instrução normativa estabelecendo além das cotas de exportação para exportadores dos estados do Pará e Amazonas, o tamanho máximo permitido à captura e comércio destas espécies (BRASIL, 2005).

A legislação federal brasileira desde 1998 até 2015 autorizou a exportação de quase 70 mil exemplares de arrais do estado do Amazonas, mais de 43 % destes são referentes a arraia-cururu (*Potamotrygon wallacei*) (BRASIL, 1998; BRASIL, 2003; BRASIL, 2005; BRASIL, 2008; BRASIL, 2013; BRASIL, 2014, BRASIL, 2015).

A arraia-cururu (como é chamada localmente) é denominada na legislação como *Potamotrygon* sp., *Potamotrygon* cf. *hystrix* ou *Potamotrygon hystrix* (BRASIL, 2008; BRASIL, 2014; BRASIL, 2015). O tamanho máximo para captura e comercialização desta espécie é de 14 cm (BRASIL, 2005). *Potamotrygon wallacei* “cururu” é uma das espécies mais ameaçadas na Amazônia, principalmente devido à intensa pressão da pesca ao longo dos anos e os pontos de referência estabelecidos sem estudos específicos (ARAÚJO et al., 2004; BRASIL, 2005).

O número de indivíduos estabelecido para exportação da arraia-cururu, assim como das outras espécies de arrais amazônicas foi baseado principalmente na demanda do mercado (ARAÚJO et al., 2004; BRASIL, 2003; BRASIL, 2015). Os pontos de referência foram aplicados sem o conhecimento do efeito da taxa de crescimento e taxa de mortalidade sobre as coortes até alcançar o limite de tamanho estabelecido.

No contexto do esforço de manejo sem conhecimento dos aspectos de crescimento e as ameaças à conservação das espécies, a compreensão sobre a performance de

crescimento é uma importante contribuição à estimativa do tempo necessário para que uma determinada espécie alcance o tamanho limite para ser capturada (CORTÉS, 2002; FISK *et al.*, 2001). A estimativa da taxa de mortalidade natural pode esclarecer a dinâmica de uma coorte ao longo do tempo e inferir sobre possíveis impactos da pesca sobre indivíduos que sofrem menos os efeitos da mortalidade natural (SPARRE E VENEMA, 1992).

Para acessar informações confiáveis sobre a dinâmica de uma população o método usado para gerar as estimativas é de fundamental importância, muitos métodos foram desenvolvidos para acessar este tipo de informação, como a análise de progressão modal (BABEL, 1967), radiocarbono (PASSEROTTI *et al.*, 2010; HAMADY *et al.*, 2014) e análise de microquímica (HALE *et al.*, 2006). Mas o método mais acessível e amplamente utilizado é a contagem de anéis de crescimento nas vertebrae, mesmo considerando as dificuldades intrínsecas no método (CAMPANA, 2013; GOLDMAN, 2005).

Apesar dos vários modelos para descrever a performance de crescimento (DUMAS *et al.*, 2012), o modelo mais utilizado para ajustar ao conjunto de dados é o modelo de crescimento de von Bertalanffy (1938), a forma mais usada do modelo de von Bertalanffy é o modelo que compreende três parâmetros, a taxa de crescimento anual ( $k$ ), tamanho máximo teórico ( $DW_{\infty}$ ) e o tempo quando o peixe tem o tamanho zero ( $t_0$ ).

Esta forma convencional do modelo de von Bertalanffy (1938) não é coerente com o desempenho de crescimento de elasmobrânquios, uma vez que o tempo em que o peixe tem o tamanho zero é irreal para as arrais por que diferente dos teleósteos, elasmobrânquios nascem com um tamanho consideravelmente diferente de zero. Cailliet *et al.* (2006) propuseram a substituição do  $t_0$  pelo do tamanho ao nascer ( $DW_0$ ), que pode ser estimado a partir do retrocálculo dos anéis etários lidos em vértebras ou outra estrutura usada para este fim.

A estimativa dos parâmetros de crescimento é importante para estimar outros aspectos populacionais como longevidade e mortalidade natural (CAMPANA *et al.*, 2001).

Devido ao fato de existirem estudos elucidando os aspectos da dinâmica populacional da *Paratrygon aiereba*, sendo a maior espécie de arraia da região Amazônica, a importância da arraia-cururu (*Potamotrygon wallacei*) na pesca comercial, sendo esta a menos espécie de arraia da região do médio rio Negro. Estudos sobre a idade e crescimento sobre esta espécie irá preencher uma lacuna que poderá auxiliar na

compreensão dos padrões de crescimento de espécies com tamanhos ( $LD_{\infty}$ ) intermediários.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

Avaliar a performance de crescimento e mortalidade natural da arraia-cururu *Potamotrygon wallacei* de uma população do médio rio Negro.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Estimar os parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy;
2. Estimar a longevidade;
3. Estimar a mortalidade natural.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

As coletas foram realizadas no lago Cubá, um lago de ilha que representa 3.6% da área da ilha (~44 km<sup>2</sup>) que compreende 1.6 km<sup>2</sup>. A ilha localiza-se em frente ao município de Barcelos (figure 1) no Rio Negro, o maior tributário do rio Amazonas. O lago Cubá possui características limnológicas compatíveis com parâmetros físico e químicos de água preta (RÍOS-VILLAMIZAR *et al.*, 2014). O pulso de inundação regula muitas formas de vida que dependem diretamente de rios e tributários (Wantzen, 2004), devido à grande variação no nível da água dos rios ao longo do ano, que expõe grande parte da vegetação durante o período da seca e cobre a floresta até a copa das árvores durante o período da cheia. Este processo muda drasticamente a paisagem, produzindo durante a cheia um ambiente mais estruturado e com novas fontes de energia ao ecossistema.

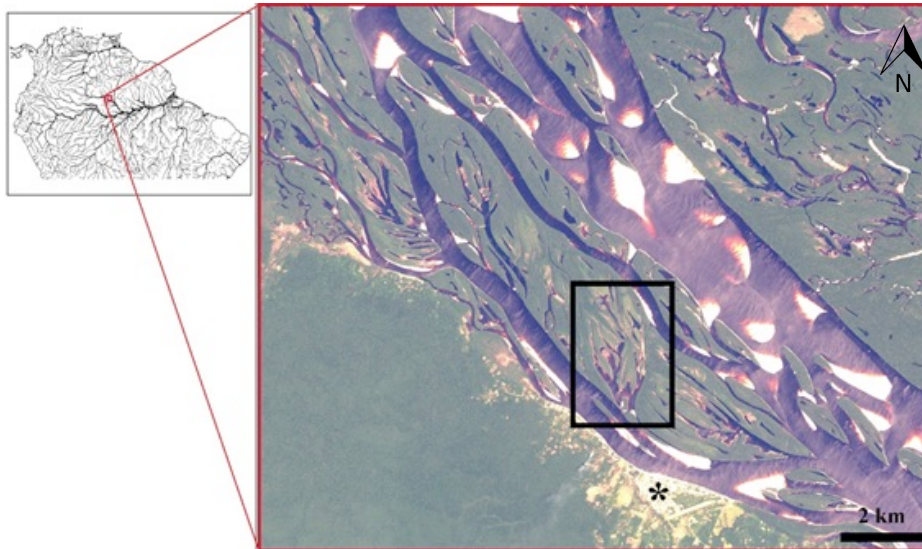


Figura 1. Mapa mostrando o local de captura das arraias-cururu (*Potamotrygon wallacei*) no lago Cubá (quadrado). O asterisco indica o município de Barcelos ( $0^{\circ}58'23.78''S$ ,  $62^{\circ}55'38.58''W$ ; estado do Amazonas, Brasil) localizado na margem direita do rio Negro.

#### MÉTODO DE COLETA

As capturas foram autorizadas pelo Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio, Licença N° xxxxx) e foram realizadas entre dezembro de 2013 e janeiro de 2015 utilizando pequenas embarcações de madeira (2m) durante a noite, auxiliada por lanterna de cabeça e farol manual. O foco de luz nos olhos das arraias é refletido no mesmo sentido permitindo a localização para a captura. Tradicionalmente, a captura da arraia cururu (*Potamotrygon* sp; figura 2) é realizada com o uso de um rapiché (um tipo de puçá) durante a noite devido ao método de visualização. Após a captura as arraias foram mantidas em caixas plásticas até o momento do processamento.



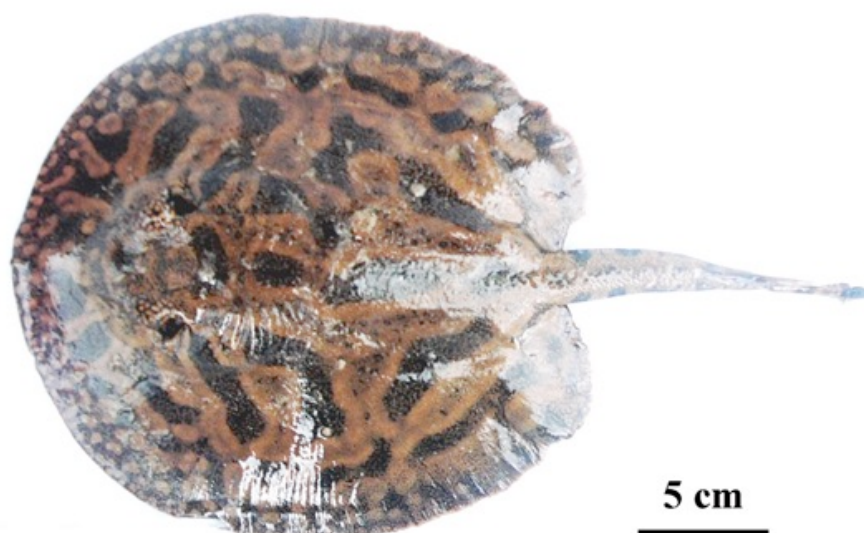


Figura 2. Vista dorsal da arraia-cururu (*Potamotrygon wallacei*), uma espécie endêmica da bacia do rio Negro.

#### **MORFOMETRIA E COLETA DE AMOSTRAS**

Antes do processamento, as arraias foram eutanasiadas em benzocaína (1,0 g l<sup>-1</sup>) e medidas a largura do disco (cm) com acurácia de um milímetro e a massa (g) com acurácia de um grama, a largura do disco foi utilizada para representar o tamanho das arraias pois eventualmente alguns animais capturados possuem a cauda mutilada, além disto é a medida mais usada em estudos com batoidea e pela legislação brasileira (BRASIL, 2005). O sexo foi definido a partir da presença ou ausência de claspers (Machos possuem claspers e fêmeas não). Após a morfometria, pesagem e sexagem, com auxílio de um bisturí uma secção vertebral com pelo menos três vertebrae foi retirada da parte anterior da coluna após o primeiro conjunto de vertebrae fusionadas, que não foi utilizado. As amostras foram mantidas congeladas até o momento do processamento.

#### **PROCESSAMENTO DAS VERTEBRAS**

As vertebrae foram descongeladas e todo tecido adjacente foi removido com auxílio de um bisturi. Cada vertebra foi individualizada e passou por um processo de desidratação com imersão em formol 10%, álcool 70%, água destilada e seca em ambiente à temperatura ambiente (Cada etapa do processo de desidratação durou 24 horas). Cada vertebra, devidamente identificada foi imersa em resina cristal e cortada uma fatia em sentido longitudinal. Os cortes foram feitos com serra metalográfica ISOMET® com

borda diamantada (BUEHLER DIAMOND BLADE, LAKE BLUFF, IL, U.S.A) na região do foco da vertebra com espessura máxima de 1 mm (Figure 3).

As secções cortadas foram polidas em lixa de alta granulometria para melhorar a visualização das bandas de crescimento e então fotografadas com uma câmara de 10.0 Mega pixels acoplada à um estereomicroscópio e aumento de 2X com luz refletida. Para melhorar a qualidade da imagem e facilitar a visualização das bandas de crescimento as fotografias foram feitas com alterações no ângulo da iluminação, com e sem o uso de óleo mineral e foram ajustadas em software de imagem. Para morfometria do raio da vertebra e o raio até cada idade foi usado o software Image J (CAMAPANA, 2013; RASBAND et al., 2011).

#### LEITURA DAS VERTEBRAS

Em cada imagem das vertebrae as bandas de crescimento foram contadas por dois leitores independentes e somente foram usadas nas análises quando houve a concordância entre as duas leituras. As vertebrae foram medidas do foco até a borda (raio da vertebra) e do foco até cada par de bandas completamente formado para representar o raio da vertebra quando a arraia tinha a idade referente a este número de bandas (ver Figura 3).

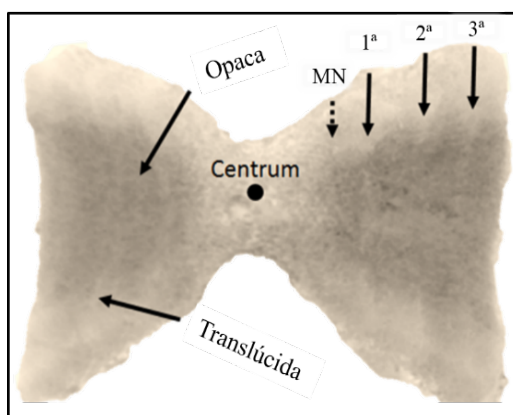


Figura 3. Secção de uma vertebra com coloração invertida (ponto indica o centro da vertebra, a linha pontilhada indica a marca de nascimento, linhas preenchidas à direita do centro indicam as marcas de crescimento seguintes).

#### VALIDAÇÃO

Para estimar o número de anéis (par de bandas) formados por ano, o tipo de banda na borda de cada vertebra foi caracterizado em translúcida ou opaca, bandas opacas indicam um período de crescimento rápido e tecido mais mineralizado enquanto que a

banda translúcida indica um período de crescimento lento e tecido menos mineralizado (CAMPANA, 2001). A proporção de bandas opacas em relação ao número de bandas translúcidas foi plotado contra o período de coleta e o nível do rio para estimar o período em que ocorre a formação dos anéis. Os dados de nível do rio referente ao município de Barcelos foram coletados pela ANA (Agencia Nacional das Águas) e está disponível em <http://www2.ana.gov.br/>.

#### ANÁLISES DE DADOS

As análises estatísticas foram realizadas no software R, conforme descrito abaixo:

##### RELAÇÃO PESO X COMPRIMENTO

A relação entre peso e comprimento foi realizada quando dados de peso estavam disponíveis (Quatro indivíduos sem os dados de peso foram removidos desta análise) e esta relação foi descrita por meio de uma equação de regressão exponencial ( $W=q*LD^b$ ) ( $W$ =peso,  $LD$ =largura do disco,  $q$  e  $b$  são coeficientes da regressão) usando uma regressão linear log ajustada. Foi realizada uma análise de covariância para avaliar o efeito do sexo sobre a relação entre peso e comprimento.

##### RELAÇÃO ENTRE O RAIO DA VERTEBRA E A LARGURA DO DISCO

Para avaliar a linearidade da relação entre o tamanho da arraia e o tamanho da vertebra (estrutura usada para estimar a idade) foi realizada uma regressão linear entre o raio da vertebra e a largura do disco, esta relação pode ser descrita segundo o modelo linear (*largura do disco*) =  $a + b * (\text{raio da vertebra})$ .

##### RETRO-CÁLCULO

Usando a equação ( $(\text{largura do disco}) = a + b * (\text{raio da vertebra até determinada idade})$ ) com parâmetros estimados a partir da relação entre o raio da vertebra e a largura do disco, o raio das vertebra até as bandas identificadas foi utilizado para estimar a largura do disco naquela idade. Este retro-cálculo proporciona um novo par de conjunto de dados de tamanho e número de bandas (referente a idade) que foram utilizados no modelo de von Bertalanffy.

##### PARÂMETRO DA EQUAÇÃO DE VON BERTALANFFY

Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy foram estimados a partir dos dados de idade e tamanho retro-cálculados, a estimativa dos parâmetros foi feita no pacote FSA (fisheries stock assessment) do programa R. Este pacote estima os

parâmetros  $LD_{\infty}$  (tamanho máximo teórico do peixe),  $k$  (taxa anual de crescimento) e  $t_0$  (tempo no tamanho 0) do modelo de von Bertalanffy (1938) ( $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ ).

No entanto, para elasmobrânquios o parâmetro ( $t_0$ ) não tem sentido biológico, pois as arraias são peixes que nascem com um tamanho consideravelmente diferente de 0. Por outro lado, o pacote FSA é capaz de estimar o tamanho ao nascer  $LD_0$  (tamanho do peixe no tempo 0), Segundo Caillet *et al.* (2006) o modelo de von Bertalanffy ajustado a este parâmetro ( $L_t = L_{\infty} - (L_{\infty} - L_0)e^{-kt}$ ) explica melhor o crescimento de elasmobrânquios, principalmente na fase inicial da vida.

#### MORTLIDADE NATURAL

A mortalidade natural ( $M$ ) foi estimada por dois métodos, Pauly (1980), que estima a mortalidade natural a partir de uma equação de regressão múltipla desenvolvida a partir dos parâmetros de crescimento de teleósteos marinhos e a temperatura da água ( $\log M = -0.0066 - 0.279 * \log DW_{\infty} + \log k + 0.4634 * \log T(^{\circ}C)$ ), Apesar da equação ser baseada em teleósteos, ainda assim é um método comparável entre elasmobrânquios. A temperatura da água foi determinada em 28°C. A mortalidade natural também foi estimada a partir do método de Jensen (1996), que assume a mortalidade natural como uma relação direta com a taxa de crescimento ( $M = 1.6 * K$ ).

#### LONGEVIDADE

A longevidade foi estimada por dois métodos: O método de Ricker (1979) estima o tempo necessário para alcançar 95% do tamanho máximo teórico a partir da taxa de crescimento do modelo de von Bertalanffy ( $t_{95} = 5 \frac{\ln(2)}{k}$ ) e o método de Fabens (1965) que estima o tempo para alcançar 99% do tamanho máximo teórico ( $t_{99} = 7 \frac{\ln(2)}{k}$ ).

## RESULTADOS

#### RELAÇÃO ENTRE PESO E COMPRIMENTO

A relação entre peso ( $P$ ) e comprimento ( $LD$ ) foi analisada para 70 indivíduos, a largura do disco variou de 9,8 cm a 27,7 cm (média = 16,7 cm, desvio padrão  $\pm 3,4$  cm) e o peso variou de 41,0 g a 1029,0 g (média = 250,6 g,  $\pm 169,4$  g) para os sexos conjuntamente. A relação log-transformada para os sexos separados não apresentou diferença significativa ( $p = 0,915$ ), então os sexos não foram analisados separadamente e a relação apresentou alta correlação ( $r^2=0,955$ ) e pode ser representada por uma equação exponencial ( $P = 0.03 * LD^{3.1}$ ) como pode ser visto na figura 4.

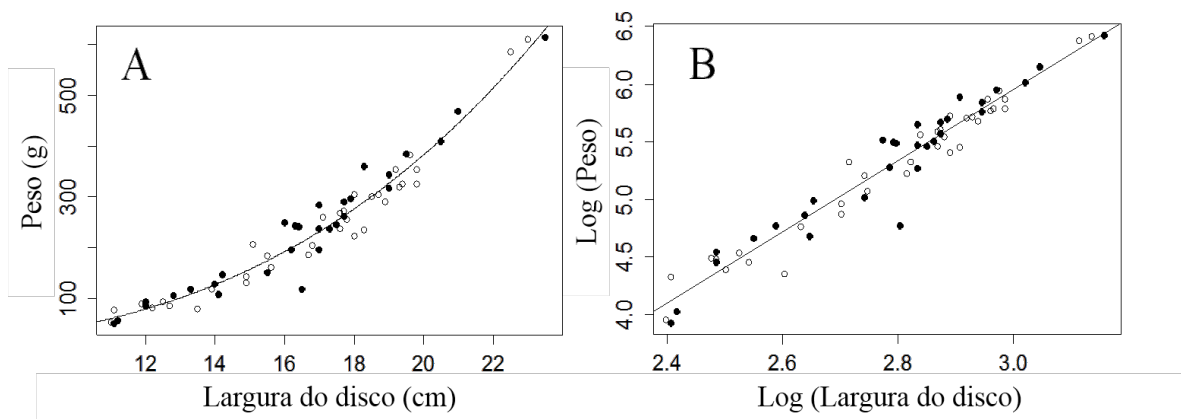


Figura 4. A) Relação entre a largura do disco e o peso (linha representa  $P=0.03*LD^{3.1}$ ) e B) relação entre a largura do disco e o peso log transformados (linha representa  $\text{Log}(P)=\log(0.03)+3.1*\log(LD)$ ). Pontos negros representam machos e pontos brancos representam fêmeas.

### VALIDAÇÃO

A primeira banda formada após a marca de nascimento foi uma banda translúcida, então após a completa formação da segunda banda (banda opaca) pode-se caracterizar um ano completo. O grande percentual de bandas opacas nas amostras durante o período da cheia indica que este é o período em que há o crescimento mais rápido e finaliza o um ciclo de bandas translúcidas e opacas e esta frequência de formação dos anéis mostra tendência de variação junto com a variação do nível do rio na região (Figure 5).

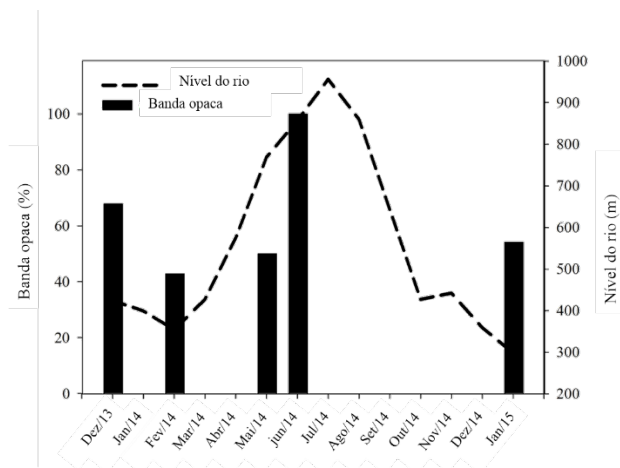


Figura 5. Percentual de bandas opacas na borda das vertebbras de arraia-cururu (barras) e o nível do rio durante o período de coleta (linha tracejada).

### RELAÇÃO ENTRE O RAIÃO DA VERTEBRA E A LARGURA DO DISCO

O total de amostras consiste em 74 arraias com largura do disco (LD) variando entre 9,8 cm e 27,7 cm (média 16,5, cm  $\pm$ 3,4 cm). O raio da vertebra (RV) variou de 469,0 a 1712,0  $\mu$ m (média = 1064,0  $\pm$  258,5  $\mu$ m). A relação entre o raio da vertebra mostrou alta correlação ( $r^2=0.762$ ) e pode ser descrita por uma equação linear ( $LD = 4.159 + 0.012*RV$ ; figura 6).

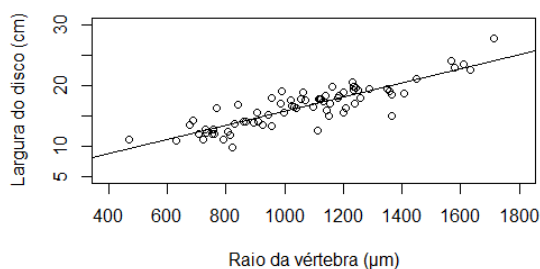


Figura 6. Relação entre o raio das vertebra e a largura do disco (linha representa  $LD = 4.159 + 0.012*RV$ ).

### LEITURA DAS VERTEBRAS

Apesar do conjunto de dados apresentar 74 indivíduos a concordância entre as leituras do primeiro e do Segundo leitor foi de apenas 28 (38%) vertebra. A largura do disco das vertebra em concordância entre os leitores variou de 11,2 a 24,0 cm (média = 16,7  $\pm$  3,5 cm; Figura 7a). O número de anéis lidos nas vertebra em concordância variou de juvenis com apenas um anel completo a indivíduos com até sete anéis completos. Aplicando o retrocálculo sobre a amostra resultou em uma amostra secundária (pseudoreplicação) com 134 larguras do disco em função da idade (Figura 7b).

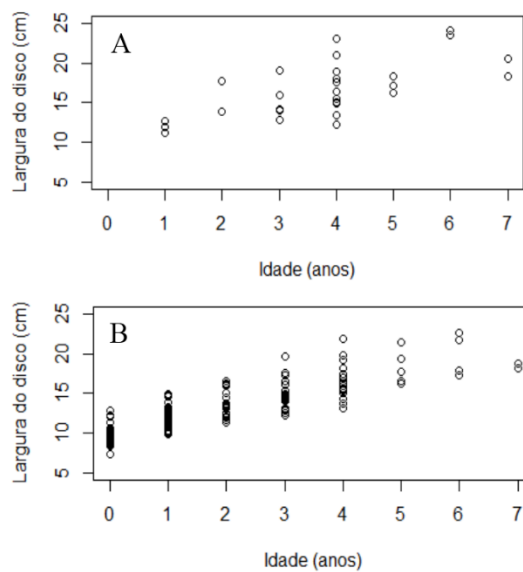


Figura 7. Largura do disco em função da idade A) dados originais e B) dados retrocalculados (baseados na largura do disco estimada pelo raio da vertebra aplicada sob  $LD = 4.159 + 0.012*RV$ ).

### MODELO DE VON BERTALANFFY

O modelo de von Bertalanffy ajustado ao conjunto de dados retrocalculados apresentou a taxa de crescimento anual (k) de  $0,26 \text{ year}^{-1}$  e o tamanho máximo teórico ( $LD_{\infty}$ ) de 19,8 cm e o tamanho com a idade zero ( $LD_0$ ) de 9,6 cm (Figure 8).

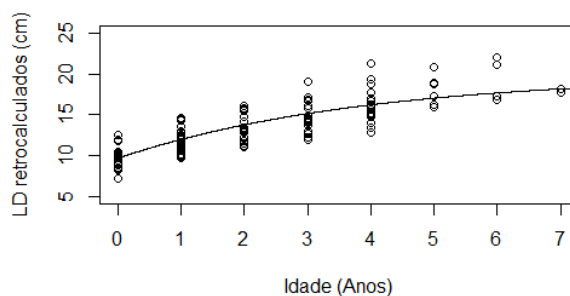


Figura 8. Modelo de von Bertalanffy ajustado aos dados retrocalculados  $[L_t = 19.8 - (19.8 - 9.6)e^{-0.26t}]$ .

## LONGEVIDADE E MORTALIDADE NATURAL

A estimativa de idade em que a arraia cururu atinge 95% do tamanho máximo teórico ( $LD_{\infty}$ ) foi de 13,3 anos (13 anos e 4 meses) e o tempo para atingir 99% do tamanho máximo teórico ( $LD_{\infty}$ ) foi estimado em 18,6 anos (18 anos e 9 meses). A mortalidade natural foi estimada em  $0,75 \text{ ano}^{-1}$  como pode ser visto na figura 9.

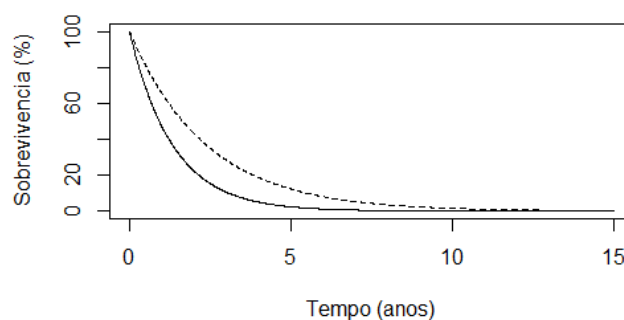


Figura 9. Percentual de sobrevivência de uma coorte ao longo do tempo (linhas representam a mortalidade natural: linha pontilhada = método de Jensen (1996); linha sólida = método de Pauly (1980)).



Tabela 1. Comparação dos parâmetros de crescimento e taxa de mortalidade natural estimadas (M1 é a mortalidade natural estimada pelo método de Pauly (1980) e M2 é a mortalidade natural estimada pelo método de Jensen (1996). Os sexos estão definidos como machos (M), fêmeas (F) e ambos sexos combinados (C).

Espécie	Descrição	Sexo	LD <sub>∞</sub> (cm)	K (year <sup>-1</sup> )	T <sub>0</sub> (years)	LD <sub>0</sub> (cm)	M1 (year <sup>-1</sup> )	M2 (year <sup>-1</sup> )	Fonte
<i>Urotrygon rogersi</i>	Arraia marinha	M	15.5	0.65	-1.14	9.63	1,15	1,04	1
<i>Urotrygon rogersi</i>	Arraia marinha	F	20.1	0.22	-1.14	7.99	0,69	0,35	1
<i>Neotrygon kuhli</i>	Arraia marinha	M	38.1	0.20	-3.51	17	0,62	0,32	2
<i>Neotrygon kuhli</i>	Arraia marinha	F	46.5	0.13	-3.51	17	0,50	0,21	2
<i>Paratrygon aiereba</i>	Arraia de água doce	C	99.0	0.083	-2.34	15.85	0,38	0,13	3
<i>Potamotrygon</i> sp “cururu”	Arraia de água doce	C	19.8	0.26	-1.4	9.6	0.75	0,42	*
<i>Cichla temensis</i>	Ciclídeo de água doce	C	68.0	0.20	0	-	0,58	0,32	4
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	Siluriforme de água doce	C	180.0	0.29	0	-	0,60	0,46	5

1 MEJÍA-FALLA et al. (2012); 2 PIERCE AND BENNETT (2009); 3 ARAÚJO (2011); 4 CAMPOS et al. (2015); 5 RUFFINO E ISAAC (1999) e \* Presente estudo

## DISCUSSÃO

A análise de borda indicou formação anual dos anéis de crescimento seguindo a variação do nível do rio, isto demonstra o efeito do pulso hidrológico sobre o crescimento da arraia-cururu.

Um padrão similar entre a relação do nível do rio e a formação de anéis etários foi encontrado para o *Cichla temensis* do rio Negro, porém para esta espécie a formação do novo anel ocorre durante o período da vazante, isto se mostra coerente, já que o tucunaré (*Cichla temensis*) é uma espécie piscívora e é favorecida quando as áreas de abrigo de suas presas ficam menos acessíveis (CAMPOS et al., 2015).

Ao contrário do tucunaré, a arraia-cururu é uma espécie que se favorece em termos alimentares quando o nível da água alcança a floresta e disponibiliza o acesso a insetos e crustáceos que são a base de sua alimentação (SHIBUYA et al., 2009). A banda de crescimento rápido ocorre de acordo com a disponibilidade de alimento, assim como o tucunaré, porém em períodos distintos.

A *Potamotrygon wallacei* “cururu” é uma espécie exclusivamente dulcícola que habita ambientes com baixa concentração de sais (RÍOS-VILLAMIZAR et al., 2014), sofre o efeito da variação anual do nível do rio (JUNK AND WANTZEN, 2004), principalmente para configurar a estação reprodutiva (CHARVET-ALMEIDA et al., 2005) e acessar o alimento (SHYBUA et al., 2009).

No entanto, Lessa et al. (2004) interpretaram o incremento marginal de uma espécie de tubarão (*Prionace glauca*) como inconclusivo para estabelecer a periodicidade da formação dos anéis etários, ainda que o conjunto de dados tenha apresentado médias diferentes ao longo do ano. Então o baixo conjunto de dados analisados para a arraia-cururu pode apenas sugerir que há uma formação de anéis anual seguindo o pulso de inundação proposto por Junk e Wantzen (2004)

Os elasmobrânquios são conhecidos por terem uma baixa taxa de crescimento (CORTÉS, 2002), o grupo Batoidea não é diferente, a taxa de crescimento intrínseca ( $k$ ) para este grupo está em grande parte abaixo de  $0,2 \text{ ano}^{-1}$  (PIERCE e BENNETT, 2009; YIGIN e ISMEN, 2012; WINTON *et al.*, 2013; SMART *et al.*, 2015). Por outro lado, *Urotrygon rogersi*, *Neotrygon kuhlii*, e *Neotrygon annotata* apresentam rápida taxa de crescimento, acima de  $0,2 \text{ ano}^{-1}$  (PIERCE *et al.*, 2009; JACOBSEN AND BENNETT, 2010; MEJÍA-FALLA *et al.*, 2014), próximo à taxa de crescimento estimada para a arraia-cururu que foi de  $0,26 \text{ ano}^{-1}$ .

Apesar da diferença ecológica entre estas espécies a taxa de crescimento da arraia-cururu não está fora do contexto dos batoidea (tabela 1) principalmente considerando a taxa de crescimento em função do tamanho máximo teórico (Figura 10). A única espécie de arraia amazônica estudada a nível de dinâmica de população e demografia foi a *Paratrygon aiereba* (ARAÚJO, 2011) e a diferença entre a taxa de crescimento destas duas espécies (*Paratrygon aiereba* e *Potamotrygon wallacei*) pode ser devido à diferença entre o tamanho máximo teórico (Figura 10).

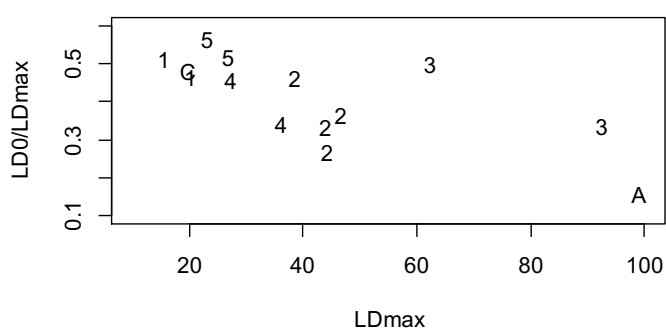


Figura 10. Relação entre o tamanho máximo teórico e a proporção do tamanho ao nascer em relação ao tamanho máximo teórico. 1- *Urotrygon rogersi* (Mejia falla *et al.*, 2014); 2- *Neotrygon kuhlii* (Pierce e Bennett, 2009 e Jacobsen e Bennett, 2010); 3- *Dasyatis dipterura* (Smith *et al.*, 2007); 4- *Neotrygon picta* (Jacobsen e Bennett, 2010); 5- *Neotrygon annotata* (Jacobsen e Bennett, 2010); A- *Paratrygon aiereba* (Araújo, 2011) e C- *Potamotrygon wallacei* (Presente estudo).

A taxa de crescimento da *P. aiereba* é de  $0,08 \text{ ano}^{-1}$ , este valor é referente a uma espécie de crescimento lento (ARAÚJO, 2011), esta é uma espécie com baixa fecundidade uterina e com neonatos com tamanho representando 16 % do tamanho máximo teórico, enquanto que a arraia-cururu (*Potamotrygon wallacei*) é uma das menores espécies e ainda assim possui a fecundidade uterina maior que a *P. aiereba* (CHARVET-ALMEIDA *et al.*, 2005; ARAÚJO, 2011) e tamanho ao nascer representando 49 % do tamanho máximo teórico.

O tamanho máximo teórico e tamanho ao nascer da *U. rogersi* ( $L_{\infty} = 19,36 \text{ cm}$ ,  $L_0 = 9,63 \text{ cm}$ ) são muito próximos aos da *Potamotrygon wallacei* “cururu” ( $L_{\infty} = 19,76 \text{ cm}$ ,  $L_0 = 9,70 \text{ cm}$ ). Apesar das diferenças entre habitats e táticas reprodutivas, sendo que a *U. rogersi* apresenta três picos reprodutivos anuais e a arraia-cururu apresenta um ciclo anual com estações reprodutivas bem definidas (CHARVET-ALMEIDA *et al.*, 2005) estas duas espécies parecem muito próximas em termos de crescimento (MEJÍA-FALLA *et al.*, 2012)

Informações sobre idade e crescimento da menor espécie de arraia amazônica pode contribuir para a compreensão da dinâmica populacional de outros Potamotrygonidae simpátricos, associando as informações a respeito da arraia-cururu (menor espécie) às informações da maior espécie (*P. aiereba*) pode-se encontrar uma tendência que oriente os esforços de manejo sobre outras espécies de arraias (CORTÉS, 2002).

Os parâmetros de von Bertalanffy estimados incrementam o conhecimento e o poder de gestão para esta espécie. No atual cenário, considerando os dados estimados, a arraia-cururu nasce com 9,7 cm e alcança 11,9 cm de largura de disco ao primeiro ano completo, este é um tamanho abaixo do permitido pela legislação atualmente (14 cm), então, a legislação atual permite que a coorte seja explorada durante duas estações de pesca, sem saber o efeito da mortalidade durante estes primeiros anos. Charvet-Almeida *et al.* (2005) relatam o tamanho de maturação ( $LD_{50}$ ) da arraia-cururu (*Potamotrygon wallacei*) de 16 cm de largura de disco, aplicando este tamanho e os parâmetros estimados no modelo de von Bertalanffy é estimado em 3,8 anos (três anos e dez meses) para alcançar o  $LD_{50}$ .

A longevidade na idade em que 95% da coorte atinge o tamanho máximo teórico indica que a coorte sobrevivente até esta idade teria nove anos e meio para continuar a

fase reprodutiva (considerando indivíduos reprodutivamente ativos até a senescência). Considerando o tempo até alcançar 99% do tamanho infinito, os indivíduos sobreviventes teriam 14,8 anos (14 anos e 10 meses).

As estimativas de mortalidade natural apresentaram grande variação entre os dois métodos, com um pior cenário para o método de Pauly (1980) que estimou em  $0,830 \text{ ano}^{-1}$  e o cenário mais otimista ( $0,416 \text{ ano}^{-1}$ ) para o método de Jensen (1996). A mortalidade durante os primeiros anos de vida é maior do que no restante da vida, então os melhores tamanhos para serem explorados são aqueles que estão sofrendo a maior taxa de mortalidade natural, pois assim indivíduos que morreriam naturalmente. Os elasmobrânquios em geral exibem características evolucionárias bem diferentes dos teleósteos e devem ser manejadas de forma apropriada (CORTÉS, 2002; FISK *et al.*, 2001).

Apenas no Brasil são aplicadas leis específicas sobre esta espécie, esta ferramenta de manejo limita o número de indivíduos e o tamanho máximo permitido (BRASIL, 2003, BRASIL, 2008). A pressão de pesca sobre indivíduos mais jovens pode direcionar a taxa de crescimento da população no futuro. Usando o tamanho máximo permitido para captura como um ponto de referência no manejo possibilita que indivíduos que crescem mais rápido passem pela fase de captura mais rápido e transmita esta característica de crescimento rápido para gerações futuras.

No entanto, o aumento da taxa de crescimento pode afetar positivamente a taxa intrínseca de crescimento da população ( $r'$ ), que se refere à resiliência da população (FISK *et al.*, 2001). Infelizmente, a falta de controle sobre essa pesca pode permitir a pesca negativa de fêmeas grávidas para retirada dos embriões neonatos que resistem ao processo de comercialização.

Analisando pela perspectiva do uso sustentável dos recursos, explorando os mais novos, a pescaria atuaria sobre a parcela da população que está sobre maior efeito da mortalidade natural, então indivíduos que naturalmente morreriam são aproveitados para o comércio.

No entanto, o tamanho utilizado como limite para exploração da *Potamotrygon wallacei* “cururu” (14 cm) é muito permissiva, uma vez que permite a captura de indivíduos de até dois anos (a arraia-cururu alcança 13,7 cm até o segundo ano completo). No final do segundo ano, apenas 22,1 % da coorte estaria viva considerando apenas a mortalidade natural estimada por Pauly (1980) e desconsiderando a pressão de pesca.

Sendo assim, o tempo para que uma coorte seja exposta a pesca de modo mais conservativo para a espécie seria de um ano. Segundo o modelo de von Bertalanffy utilizando os parâmetros estimados, no final do primeiro ano a arraia-cururu atinge 11,9 cm de largura de disco e a coorte está com 47,0 % de sobreviventes (desconsiderando a mortalidade por pesca).

A arraia-cururu (*Potamotrygon wallacei*) apresenta alta taxa de crescimento quando comparada com outros elasmobrânquios, este fator possibilita o manejo sustentável da espécie seguindo o princípio de manter indivíduos que já passaram pela fase de alta mortalidade natural (CORTÉS, 2002; FISK *et al.*, 2001)

Apesar da pequena amostra usada para estimar a idade e crescimento da arraia-cururu os resultados parecem muito coerentes com o observado na natureza e com observados na literatura e são importantes à luz do pouco disponível sobre a dinâmica populacional deste grupo na Amazônia.

Smart *et al.* (2013) usando um número amostral pequeno (n=30) discute sobre a qualidade da estimativa de idade aplicando dados retrocalculados e apresenta resultados com grande valor científico utilizando indivíduos com grande distribuição de idades, esta premissa foi atendida nas análises realizadas para *Potamotrygon wallacei*.

Os resultados apresentados são muito importantes para a biologia da conservação da *Potamotrygon wallacei* “cururu”, porém não pode ser considerado como uma verdade absoluta para todas as populações desta espécie. Os métodos utilizados foram aplicados com a finalidade de fornecer qualidade aos resultados e torna-los comparáveis com outros estudos (CORTÉS, 2002; FISK *et al.*, 2001). Estudos sobre aspectos demográficos devem ser realizados para enriquecer a tabela de vida desta espécie, assim como para as outras espécies licenciadas à comercialização.

Apesar do amplo uso de técnicas envolvendo leituras de bandas e anéis de crescimento nas vertebrae, estas técnicas possuem um aspecto subjetivo que pode ter influência sobre a identificação destas marcas. As habilidades dos leitores é outro aspecto subjetivo que pode ter efeito sobre as leituras e o desenvolvimento destas habilidades é importante para melhorar a qualidade dos dados.

#### **PROPOSTA AO MANEJO DA ESPÉCIE**

Para garantir que a pesca seja efetuada durante a fase de maior mortalidade, onde indivíduos que morreriam naturalmente seriam pescados, exercendo menor efeito sobre

as coortes que sofrem menos o efeito da mortalidade natural, o limite de idade para as coortes poderem ser capturadas seria de um ano, referente a aproximadamente 12 cm de largura de disco.

Para minimizar o efeito da pesca negativa e inibir a pesca de fêmeas grávidas para a retirada de embriões, a aplicação de um tamanho mínimo de captura (9,7cm, valor de  $L_0$  estimado) pode ser uma ferramenta eficiente, mediante um sistema de fiscalização eficiente.

## CONCLUSÃO

A arraia cururu (*Potamotrygon wallacei*) é uma espécie de elasmobrânquio crescimento rápido e alta taxa de mortalidade natural, características que são refletidas em seu tamanho máximo teórico como uma espécie de pequeno porte. Apresenta indícios de ser uma espécie com capacidade de recuperar o estoque quando explorado, principalmente devido à condição de rápido crescimento, porém o modelo atual de gestão deve ser adequado para restringir a comercialização de indivíduos menores que o tamanho de nascimento, além do ponto de referência de tamanho máximo permitido à comercialização. A atenção às características identificadas na espécie e o ajuste da legislação de acordo com estas características pode promover uma ferramenta mais eficiente para o uso sustentável da espécie e servirá como balizador para a conservação de outros elasmobrânquios amazônicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. L. G., CHARVET-ALMEIDA, P., ALMEIDA, M. P., E PEREIRA, H. (2004). Freshwater stingrays (Potamotrygonidae): status, conservation and management challenges. Information document AC, 20, 1-6. <http://www.cites.org/common/cttee/animals/20/e20-inf-08.pdf>
- ARAÚJO, M. L. G. (2011) Dinâmica de população e conservação de paratrygon aiereba (Chondrichthyes-Potamotrygonidae) no médio rio Negro, Amazonas. Universidade Federal do Amazonas. Tese de doutorado. 106 pp.
- BABEL, J. S. (1967). Reproduction, life history, and ecology of the round stingray, *Urolophus halleri* Cooper.
- BRASIL, 1998; Portaria IBAMA nº 22-n, de 18 de fevereiro de 1998.
- BRASIL, 2003; portaria IBAMA nº 036 /03-n, de 25 de junho de 2003.
- BRASIL, 2005; Instrução normativa no- 27, de 31 de agosto de 2005
- BRASIL, 2008. Instrução normativa nº204/2008.
- BRASIL, 2011. Instrução normativa nº 1, de 19 de janeiro de 2011
- BRASIL, 2013. Portaria MPA nº 02, de 18 de janeiro de 2013
- BRASIL, 2014. Portaria nº 4, de 16 de janeiro de 2014
- BRASIL, 2015. Portaria no- 36, de 15 de julho de 2015
- CAILLIET, G. M., SMITH, W. D., MOLLET, H. F., E GOLDMAN, K. J. (2006). Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. In Special Issue: Age and Growth of Chondrichthyan Fishes: New Methods, Techniques and Analysis (pp. 211-228). Springer Netherlands.
- CAMPANA, S. E. (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of fish biology*, 59(2), 197-242.
- CAMPANA, S. E. (2013). Age determination of elasmobranchs, with special reference to mediterranean species: a technical manual. Studies and reviews, general fisheries Commission for the Mediterranean, Rome, (94).
- CAMPOS, C. P., FREITAS, C. E. D. C., E AMADIO, S. (2015). Growth of the *Cichla temensis* Humboldt, 1821 (Perciformes: Cichlidae) from the middle rio Negro, Amazonas, BRASIL. *Neotropical Ichthyology*, 13(2), 413-420.
- CHAO, N. L., E PRANG, G. (1997). Project Piaba--towards a sustainable ornamental fishery in the Amazon. *Aquarium Sciences and Conservation*, 1(2), 105-111.

- CHARVET-ALMEIDA, P., ARAÚJO, M. L. G., E ALMEIDA, M. P. (2005). Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the BRASILian Amazon Basin. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 35, 165-171.
- CORTÉS, E. (2002). Incorporating uncertainty into demographic modeling: application to shark populations and their conservation. *Conservation biology*, 16(4), 1048-1062.
- FLORES-ORTEGA, J. R., GODÍNEZ-DOMÍNGUEZ, E., GONZÁLEZ-SANSÓN, G., ROJO-VÁZQUEZ, J. A., CORGOS, A., E MORALES-JÁUREGUI, M. Y. (2011). Feeding habits of three round stingrays (Rajiformes: Urotrygonidae) in the central mexican pacific hábitos alimentarios de tres especies de raya (rajiformes: urotrygonidae) en el pacífico central mexicano. *Ciencias Marinas*, 37(3), 279-292.
- DUMAS, A., LOPEZ, S., KEBREAB, E., GENDRON, M., THORNLEY, J. H., E FRANCE, J. (2013). Selection of growth functions for describing length-at-age relationships in fish species displaying different life history traits: unexpected alternatives to the von Bertalanffy equation and advantages of a pluralistic statistical approach. *Animal Science Reviews* 2012, 101.
- DULVY, N. K., FOWLER, S. L., MUSICK, J. A., CAVANAGH, R. D., KYNE, P. M., HARRISON, L. R., ... E WHITE, W. T. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *Elife*, 3, e00590.
- DUNCAN, W. P., INOMATA, S. O., E FERNANDES, M. N. Comércio de raias de água doce na região do médio rio negro, Estado do Amazonas, Brasil.
- PARDO, S. A., COOPER, A. B., E DULVY, N. K. (2013). Avoiding fishy growth curves. *Methods in ecology and evolution*, 4(4), 353-360.
- FABENS, A. J. (1965). Properties and fitting of the von bertalanffy growth curve. *Growth*, 29(3), 265.
- FRISK, M. G., MILLER, T. J., E FOGARTY, M. J. (2001). Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 58(5), 969-981.
- DEL MAR GIL, M., PALMER, M., GRAU, A., E BALLE, S. (2015). Many Vulnerable or a Few Resilient Specimens? Finding the Optimal for Reintroduction/Restocking Programs. *PloS one*, 10(9), e0138501.
- GOLDMAN, K. J. (2005). 6. Age and growth of elasmobranch fishes. *Management techniques for Elasmobranch fisheries*, (474), 76.
- HAMADY, L. L., NATANSON, L. J., SKOMAL, G. B., E THORROLD, S. R. (2014). Vertebral bomb radiocarbon suggests extreme longevity in white sharks. *plos one*, 9(1), e84006.
- HALE, L. F., DUDGEON, J. V., MASON, A. Z., E LOWE, C. G. (2006). Elemental signatures in the vertebral cartilage of the round stingray, *Urobatis halleri*, from seal beach, California. In special issue: age and growth of chondrichthyan fishes: new methods, techniques and analysis. Springer Netherlands. pp. 317-325.



- HENNINGSSEN, A. D. (2000). Notes on reproduction in the southern stingray, *dasyatis americana* (chondrichthyes: dasyatidae), in a captive environment. *Copeia*, (3), pp. 826–828
- JANSE, M. AND SCHRAMA, J. W. (2010), Reproductive cycle, nutrition and growth of captive blue spotted stingray, *Dasyatis kuhlii* (Dasyatidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 90(2), 353–360.
- JACOBSEN, I. P., E BENNETT, M. B. (2010). Age and growth of *Neotrygon picta*, *Neotrygon annotata* and *Neotrygon kuhlii* from North-East Australia, with notes on their reproductive biology. *Journal of fish biology*, 77(10), 2405-2422.
- JENSEN, A. L. (1996). Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(4), 820-822.
- JUNK, W. J., E WANTZEN, K. M. (2004). The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications-an update. In second international symposium on the management of large rivers for fisheries (pp. 117-149). Food and agriculture organization and Mekong River Commission, FAO regional office for Asia and the pacific.
- LITTLE, L. R., WAYTE, S. E., TUCK, G. N., SMITH, A. D., KLAER, N., HADDON, M., ... E FULLER, M. (2011). Development and evaluation of a cpue-based harvest control rule for the southern and eastern scalefish and shark fishery of Australia. *Ices journal of marine science: journal du conseil*, fsr019.
- MEJÍA-FALLA, P. A., CORTÉS, E., NAVIA, A. F., E ZAPATA, F. A. (2014). Age and growth of the round stingray *urotrygon rogersi*, a particularly fast-growing and short-lived elasmobranch. *Plos one*, 9(4).
- MEJÍA-FALLA, P. A., NAVIA, A. F., E CORTÉS, E. (2012). Reproductive variables of *urotrygon rogersi* (batoidea: urotrygonidae): a species with a triannual reproductive cycle in the eastern tropical pacific ocean. *Journal of fish biology*, 80(5), 1246-1266.
- NG, H. H., TAN, H. H., YEO, D. C., E NG, P. K. (2010). Stingers in a strange land: South American freshwater stingrays (*Potamotrygonidae*) in singapore. *biological invasions*, 12(8), 2385-2388.
- PASSEROTTI, M. S., CARLSON, J. K., PIERCY, A. N., E CAMPANA, S. E. (2010). Age validation of great hammerhead shark (*Sphyrna mokarran*), determined by bomb radiocarbon analysis. *Fishery bulletin*, 108(3), 346-351.
- PAULY, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *journal du conseil*, 39(2), 175-192.
- PIERCE, S. J., PARDO, S. A., E BENNETT, M. B. (2009). Reproduction of the blue-spotted maskray *neotrygon kuhlii* (myliobatoidei: dasyatidae) in South-East Queensland, Australia. *Journal of fish biology*, prince 74(6), 1291-1308.
- RICKER, W. E. (1979). 11 growth rates and models. *Fish physiology*, 8, 677-743.

- RÍOS-VILLAMIZAR, E. A., PIEDADE, M. T. F., DA COSTA, J. G., ADENEY, J. M., E JUNK, W. J. (2014). Chemistry of different Amazonian water types for river classification: a preliminary review. *Water and society* ii, 178, 1117.
- SPARRE, P. V., E VENEMA, S. C. SC (1992) introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO fisheries technical paper, (306.1).
- SMART, J. J., CHIN, A., TOBIN, A. J., SIMPFENDORFER, C. A., E WHITE, W. T. (2015). Age and growth of the common blacktip shark *Carcharhinus limbatus* from Indonesia, incorporating an improved approach to comparing regional population growth rates. *African journal of marine science*, 37(2), 177-188.
- SMITH, W. D., CAILLIET, G. M., E MELENDEZ, E. M. (2007). Maturity and growth characteristics of a commercially exploited stingray, *Dasyatis dipterura*. *marine and freshwater research*, 58(1), 54-66.
- TAYLOR, C. C. (1958). Cod growth and temperature. *Journal du Conseil*, 23(3), 366-370.
- THORSON, T. B., LANGHAMMER, J. K., E OETINGER, M. I. (1983). Reproduction and development of the South American freshwater stingrays, *Potamotrygon circularis* and *P. motoro*. *Environmental biology of fishes*, 9(1), 3-24.
- VON BERTALANFFY, LUDWIG (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. Ii). *Human biology*, 10(2), 181-213.
- WEIGMANN, S., E THIEL, R. (2013). Predicting the spatial distribution of the blue-spotted maskray *Neotrygon kuhlii* (Myliobatiformes, Dasyatidae) on the Australian north and northwest shelf comparing two different methods of habitat modeling. *Journal of ichthyology*, 53(8), 628-640.
- WINTON, M. V., NATANSON, L. J., KNEEBONE, J., CAILLIET, G. M., E EBERT, D. A. (2014). Life history of *Bathyraja trachura* from the eastern Bering Sea, with evidence of latitudinal variation in a deep-sea skate species. *Journal of the marine biological association of the United Kingdom*, 94(02), 411-422.
- YIGIN, C. C., E ISMEN, A. (2012). Age, growth and reproduction of the common stingray, *Dasyatis pastinaca* from the north Aegean Sea. *Marine biology research*, 8(7), 644-653.
- ZAVA, B. (2010). New maximum lengths for the striped smooth-hound *Mustelus fasciatus* (Garman, 1913) (Carcharhiniformes, Triakidae). *Biol. Mar. Mediterr.*, 17(1), 258-259.