

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE ÁGUA DOCE E
PESCA INTERIOR – BADPI**

**AVALIAÇÃO DO ESTOQUE PESQUEIRO DA CURIMATÃ *Prochilodus
nigricans* (Prochilodontidae) NA REGIÃO DO BAIXO SOLIMÕES POR
MEIO DE DOIS MÉTODOS QUE UTILIZAM BASES DISTINTAS DE
INFORMAÇÃO.**

MICHEL FABIANO CATARINO

**MANAUS - AMAZONAS
2014**

MICHEL FABIANO CATARINO

AVALIAÇÃO DO ESTOQUE PESQUEIRO DA CURIMATÃ *Prochilodus nigricans* (Prochilodontidae) NA REGIÃO DO BAIXO SOLIMÕES POR MEIO DE DOIS MÉTODOS QUE UTILIZAM BASES DISTINTAS DE INFORMAÇÃO.

ORIENTADOR: DR. CARLOS EDUAR DE CARVALHO FREITAS

Tese apresentada a Coordenação do Programa de Pós-graduação em Biologia Aquática e Pesca Interior como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor no curso de Biologia de Água Doce e Pesca Interior do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / INPA.

**MANAUS - AMAZONAS
2014**

Banca examinadora

Henrique dos Santos Ferreira, Dr. (UFAM)

Ronaldo Angelini, Dr. (UFRN)

Jansen A.S. Zuanon, Dr. (INPA)

Ronis da Silveira, Dr. (UFAM)

Bruce Gavin Marshall, Dr. (UFAM)

C357a Catarino, Michel Fabiano



Avaliação do estoque pesqueiro da curimatã *Prochilodus nigricans* (Prochilodontidae) na região do baixo Solimões por meio de dois métodos que utilizam base distintas de informação / Michel Fabiano Catarino; orientador Carlos Edwar de Carvalho Freitas. - Manaus: [s.l.], 2014.

2.08

78p. : il. color.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2023

1. Pesca. 2. Avaliação de estoque pesqueiro. 3. *Prochilodus nigricans*. I. Freitas, Carlos Edwar de Carvalho. II. Título

CDD 597

Sinopse

Esta tese apresenta a avaliação do estoque pesqueiro da curimate *Prochilodus nigricans* na região do médio Solimões por meio de dois modelos que utilizam informações distintas.

Palavras-chave: Avaliação de Estoque, Ecologia pesqueira, Pesca, *Prochilodus nigricans*, PARFISH

ÍNDICE

Capítulo 1

1	Introdução	1
1.1	Biologia geral das espécies de <i>Prochilodus</i> spp.	1
1.2	A pesca da curimatã <i>Prochilodus nigricans</i> na bacia amazônica	3
1.3	Crescimento de <i>Prochilodus nigricans</i> na bacia Amazônica	4
2	Objetivos	6
2.1	Geral	6
2.2	Específicos	6
3	Material e métodos	7
3.1	Área de estudo	7
3.2	Coleta de dados	7
3.3	Método indireto - Comprimento dos peixes	7
3.4	Método direto – leitura de anéis de crescimento em escamas	8
3.5	Determinação do ciclo hidrológico	9
3.6	Análise de dados	9
3.6.1	Distribuição de comprimento	9
3.6.2	Leitura de escamas	10
4	Resultados	10
4.1	Frequência de comprimento	10
4.2	Leitura de escamas	14
5	Discussão	19
5.1	Método direto – leitura de anéis de crescimento em escamas	19
5.2	Método indireto – Frequência de comprimento	23
6	Referências Bibliográficas	26

ÍNDICE

Capítulo 2

1.	Introdução	35
2.	Hipóteses	40
3.	Objetivo Geral	40
3.1	Objetivos Específicos	40
4.	Área de estudo	40
5.	Métodos	40
5.1	Modelo de avaliação de Beverton e Holt	40
5.2	Modelo PARFISH	42
6.	Resultados	49
6.1	Avaliação de estoque - Beverton & Holt	49
6.2	Avaliação de estoque – PARFISH	53
6.2.1	Estado atual do recurso	53
6.2.2	Rendimento Máximo Sustentável	53
7.	Discussão	55
8.	Propostas de conservação para a espécie na região do Baixo Solimões	60
9.	Conclusões	62
10.	Referências	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figuras	Páginas
Figura 1. Localização da área de estudo compreendendo os municípios de Manacapuru e Iranduba.	7
Figura 2. Distribuição de frequência de comprimento de <i>P. nigricans</i> em 2012.	11
Figura 3. Distribuição de frequência de comprimento de <i>P. nigricans</i> em 2013.	11
Figura 4. Distribuição de coortes de <i>P. nigricans</i> para a região do Baixo Solimões no ano de 2012.	12
Figura 5. Distribuição de coortes de <i>P. nigricans</i> para a região do Baixo Solimões no ano de 2013.	12
Figura 6. Curva de crescimento de <i>P. nigricans</i> em 2012.	13
Figura 7. Curva de crescimento de <i>P. nigricans</i> em 2013.	13
Figura 8. Distribuição de frequência de comprimento dos indivíduos utilizados para o estudo de crescimento com escamas.	14
Figura 9. Distância entre as marcas de crescimento	15
Figura 10. Relação entre número de marcas e comprimento padrão de <i>P. nigricans</i>	15
Figura 11. Relação entre o comprimento padrão e o raio total das escamas de <i>P. nigricans</i>	16
Figura 12. Distribuição do incremento marginal relativo do <i>P. nigricans</i>	17
Figura 13. Relação peso comprimento	18
Figura 14. Curva de crescimento em comprimento estimada através de anéis etários de <i>P. nigricans</i> .	18
Figura 15. Variação mensal do nível da água na região do Baixo Solimões durante o período de junho de 2012 a maio de 2013. Períodos hidrológicos definidos por Amadio & Bittencourt, 2007. Fonte: CPRM/201.	24

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figuras	Páginas
Figura 1. Rendimento por recruta de <i>Prochilodus nigricans</i> como uma função da mortalidade por pesca (F) do ano de 2012.	51
Figura 2. Rendimento por recruta de <i>Prochilodus nigricans</i> como uma função da mortalidade por pesca (F) do ano de 2013.	51
Figura 3. Rendimento por recruta de <i>Prochilodus nigricans</i> para dois valores de primeira captura em 2012.	52
Figura 4. Rendimento por recruta de <i>Prochilodus nigricans</i> para dois valores de primeira captura em 2013.	52
Figura 5. Estado atual da biomassa de <i>Prochilodus nigricans</i> na região do Baixo Solimões como uma proporção da biomassa inexplorada. A parte azul escuro no gráfico indica a chance do estoque estar em sobrepesca.	53
Figura 6. Mortalidade por pesca associada ao Rendimento Máximo Sustentável. A parte do gráfico em azul claro indica o intervalo de 90% para o valor de RMS.	54

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabelas	Páginas
Tabela 1. Taxas de mortalidade de <i>Prochilodus nigricans</i> para a região do Baixo Solimões	14
Tabela 2. Número de total de escamas analisadas	14
Tabela 3. Comprimento médio dos peixes e número de marcas nas escamas	17
Tabela 4. Taxas de crescimento e comprimento assintótico estimados para espécies do gênero <i>Prochilodus</i> sp. em várias regiões da América do Sul	20
Tabela 5. Taxas de crescimento e comprimento assintótico de espécies de pequeno, médio e grande porte de importância comercial na Amazônia.	24

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabelas	Páginas
Tabela 1. Locais de origem dos peixes utilizados nesse estudo.	41
Tabela 2. Parâmetros populacionais de <i>Prochilodus nigricans</i> capturada na região do Baixo Solimões entre 2012 e 2013.	50
Tabela 3. Parâmetros populacionais estimados para <i>Prochilodus nigricans</i> na bacia Amazônia.	56
Tabela 4. Valores de mortalidade estimados pelos modelos. LI e LS são referentes aos limites inferior e superior do intervalo estimado pelo modelo PARFISH.	59

Resumo

Esse estudo visou avaliar o estado de conservação do estoque pesqueiro de *Prochilodus nigricans* na região do Baixo Solimões por meio de dois modelos que usam bases distintas de dados. Para aplicar o modelo analítico de Beverton & Holt, 12.246 medidas de comprimento foram registradas entre janeiro de 2012 a dezembro de 2013 nos municípios de Iranduba e Manacapuru. Para aplicar o modelo PARFISH, baseado no conhecimento empírico dos pescadores, 48 entrevistas foram realizadas. O comprimento médio dos peixes foi de $23,5 \pm 2,3$ cm. Os parâmetros estimados foram: comprimento assintótico ($L_{\infty} = 35,7_{2012}$ e $35,6_{2013}$ cm), coeficiente de crescimento ($k = 0,62 \text{ ano}^{-1}_{2012}$, $0,57 \text{ ano}^{-1}_{2013}$), longevidade média ($A_{0,95} = 4,89$ anos), mortalidade natural ($M = 0,65^{-1}_{2012}$ e $0,56^{-1}_{2013}$), mortalidade por pesca ($F = 1,79^{-1}_{2012}$ e $1,94^{-1}_{2013}$), mortalidade total ($Z = 2,45^{-1}_{2012}$ e $2,51^{-1}_{2013}$) e taxa de exploração ($0,73^{-1}_{2012}$ e $0,77^{-1}_{2013}$). O modelo de Beverton & Holt mostrou que o esforço de pesca (F) atual já ultrapassou o Rendimento Máximo Sustentável (RMS), sugerindo que o estoque está em sobrepesca. O modelo PARFISH também indicou estado de sobrepesca, porém o resultado de RMS foi associado a grande incerteza. Concluímos que há necessidade de implementar estratégias de manejo visando a recuperação do estoque nessa região e que o PARFISH pode ser uma ferramenta alternativa na gestão dos recursos pesqueiros na bacia Amazônica.

Apresentação

A disponibilidade de informações sobre a dinâmica populacional de espécies de peixes exploradas comercialmente é essencial para o manejo desses recursos, pois os parâmetros estimados podem ser utilizados em modelos de avaliação de estoque, possibilitando entender de que forma o recurso é afetado pela exploração pesqueira. Nesse sentido, o Capítulo I teve como objetivo estimar os parâmetros de crescimento da curimatã *Prochilodus nigricans* na região do Baixo Solimões.

Os parâmetros foram utilizados no capítulo 2, que teve como objetivo avaliar o estoque da espécie por meio de dois modelos e comparar seus resultados. O primeiro modelo, mais tradicional, requer uma quantidade considerável de dados, tempo e investimento financeiro, e o segundo, baseado no conhecimento empírico dos pescadores, é menos exigente em relação a quantidade de dados e, por isso, demanda menos tempo para ser aplicado e necessita de menos recursos financeiros.

A hipótese testada é que o modelo baseado em conhecimento empírico tem o poder de predição semelhante ao modelo tradicional, podendo, dessa forma ser utilizado como uma ferramenta de manejo de recursos pesqueiros na bacia Amazônica.

1 Introdução

1.1 Biologia geral das espécies de *Prochilodus* spp.

O gênero *Prochilodus* sp. é representado por treze espécies amplamente distribuídas no continente sul americano, a maioria restrita a uma única bacia de drenagem (Castro & Vari, 2004) com altos índices de variabilidade genética dentro das populações (Sivasundar et al., 2001). Possuem corpo alongado e levemente comprimido, com a boca em forma de ventosa, protrátil, com lábios carnudos, sobre os quais numerosos pequenos dentes estão implantados (Castro & Vari, 2004). Esses dentes têm como função a raspagem de matéria orgânica nos substratos aquáticos, principalmente de algas perifíticas, microorganismos e matéria orgânica em decomposição, geralmente depositada no fundo dos rios, possuindo trato digestivo especializado e extremamente eficiente na exploração de itens alimentares primários, conferindo a essas espécies hábitos alimentares iliófagos (Bowen, 1983; Gomes & Agostinho, 1997).

A prevalência desses recursos nos sistemas aquáticos tropicais, principalmente naqueles associados à áreas de inundação, explica a abundância destas espécies na região neotropical (Goulding et al., 1988). Como consequência de seus hábitos alimentares, desempenham um papel significativo no fluxo de energia pois a disponibilizam para os níveis tróficos superiores, como os grandes bagres da família Pimelodidae, outro importante componente na biomassa do sistema e da pesca comercial da Amazônia (Barthen & Goulding, 1997).

O ciclo de vida dos peixes deste grupo está intimamente relacionado ao pulso de inundação, um evento sazonal que alcança amplitude de 10 a 15 metros, ocasionalmente mais (Fink & Fink, 1979; Junk et al., 1989) entre os períodos de seca e cheia, integrando e isolando os diferentes tipos de habitats presentes na planície inundável, o que possibilita complexos movimentos longitudinais e laterais entre o rio e áreas alagáveis pelas espécies migratórias, à procura por ambientes de refúgio, alimentação e de reprodução (Lowe-McConnel, 1989; Junk et al., 1989; Fernandes, 1997; Freitas & Garcez, 2004). A distância percorrida desses movimentos pode variar dependendo da espécie, da localização geográfica, da geomorfologia e da heterogeneidade de habitats disponíveis na bacia (Bonetto et al., 1981; Carvalho & Merona, 1986; Taphorn, 1992; Capeleti & Petrere, 2006 ; Barthen & Goulding, 1997).

No alto e médio rio Paraná, *Prochilodus lineatus* se desloca a uma distância de até 1.200 quilômetros, sendo mais comuns movimentos entre 450 – 500 quilômetros (Capeleti & Petrere, 2006; Bonetto & Pignalberi, 1964; Bonetto et al., 1981; Godoy, 1975), valor semelhante ao registrado no rio Pilcomayo, afluente do médio Paraguai (Bayley, 1973), na bacia do Uruguai (Delfino & Baigun, 1985) e na bacia Amazônica, onde *Prochilodus nigricans* se movimenta de 100 a 400 quilômetros num ciclo hidrológico (Goulding, 1979). A migração reprodutiva ocorre no período da enchente (Goulding, 1979, Loubens & Panfili, 1995, Montreuil *et al.* 2001), quando indivíduos adultos deixam as áreas onde permaneceram durante as águas baixas, normalmente lagos de várzea ou tributários adjacentes ao rio principal, formando cardumes e realizando uma migração descendente até o canal do rio principal (Cordiviola de Yuán, 1992), onde ocorre a desova com a liberação de 140.000 a 200.000 ovócitos de uma só vez (Bonetto & Pignalberi, 1964; Bayley, 1973; Bonetto et al., 1981; Loubens & Panfili, 1995; Sverlij et al., 1998) que derivam pelo rio durante o desenvolvimento embrionário e entram nas partes mais baixas dos afluentes, local onde as larvas eclodem (Araújo-Lima, 1984; Sánchez-Botero & Araújo-Lima, 2001). Nesse ambiente o desenvolvimento é muito rápido e *Prochilodus* atinge a maturidade sexual aos dois anos de idade ou entre 18 – 37 centímetros, dependendo da espécie e da bacia hidrográfica. Durante esse tempo, os jovens permanecem próximos às áreas onde nasceram até atingir tamanho que lhes permitam dar início às migrações reprodutivas (Oliveira, 1997).

Após a reprodução, o estoque parental retorna aos mesmos tributários ou lagos de onde saíram e se dispersa lateralmente por entre a floresta alagada onde permanecem até o final da cheia, aproveitando a farta disponibilidade de recursos alimentares para recuperar a energia gasta com a migração reprodutiva (Cordiviola de Yuán, 1980; Bowen, 1983; Cordiviola de Yuán & Hassan, 1984; Flecker, 1996). No início da vazante, os indivíduos deixam a floresta alagada em direção ao rio principal, de onde novamente realizam uma migração ascendente conhecida como arribação ou piracema, à procura de outros afluentes ou lagos de várzea para colonizar, permanecendo nesses durante a época de águas baixas.

Uma parte da população adulta e jovem fica confinada nos lagos de várzea durante a seca, e outra parte na calha principal do rio (Morgana, 2011). No pico das águas baixas, alguns movimentos rio acima são percebidos, sendo interpretados como

uma continuidade da migração de dispersão por aqueles indivíduos que permaneceram na calha do rio (Goulding, 1979). Em outros casos, parte da população permanece nas áreas de reprodução por longo tempo, não participando dos ciclos migratórios, mantendo um estoque dentro de um espaço vital bastante reduzido (Bonetto et al., 1981).

1.2 A pesca da curimatã *Prochilodus nigricans* na bacia amazônica

A bacia amazônica possui uma área de mais de 7 milhões de quilômetros quadrados, sendo considerada a maior bacia hidrográfica do mundo, responsável por aproximadamente um sexto de toda a água doce do planeta que é descarregada nos oceanos. A idade do ecossistema e a posição na linha do Equador possibilitam a presença de uma enorme diversidade de habitats aquáticos (Junk et al., 1997) que por sua vez comportam a maior riqueza de peixes de água doce do planeta, com cerca de 2.500 espécies descritas atualmente (Reis et al., 2003).

O potencial pesqueiro foi estimado em 900.000 toneladas por ano para a bacia (Bayley & Petrere, 1989), sendo que cerca de 200 espécies são utilizadas para consumo humano e comercialização, das quais pouco mais de uma dezena são responsáveis por 80% do desembarque nos principais centros urbanos localizados ao longo do sistema Solimões-Amazonas (Barthem & Fabr e, 2004, Batista & Petrere, 2003; 2007), principalmente os Chraciformes migradores (Freitas et al., 2007), dos quais a curimatã *Prochilodus nigricans* tem sido uma das mais relevantes desde a década de 70 (Petrere, 1978; a, b; Junk et al., 1989; Batista, 1998; Batista & Petrere, 2003) sendo atualmente considerado o peixe com maior produ o desembarcada atribuível a uma única espécie (Batista et al., 2012).

Sua captura   exercida pelo uso de vários apetrechos de pesca, mas a produ o comercial   feita por meio de redes de cerco “redinha” e redes de espera “malhadeiras” (Batista, 1998; Ruffino, 2004; Batista et al., 2012), aparelhos bastante comuns para a captura de peixes migradores na Amazônia, principalmente por embarca es de médio a grande porte, entre 10 a 24 metros de comprimento. As redinhas são mais usadas nos períodos de enchente e vazante, durante as migra es reprodutivas e dispersivas, quando esses cardumes de *P. nigricans* se deslocam pelos ambientes l nticos e l ticos (Petrere et al., 2007; Batista et al., 2012). Podem ser utilizadas em locais fundos e livres

de obstáculos, tanto nos canais principais dos rios quanto em lagos (Batista, 1998). As malhadeiras, além de serem utilizadas nesses mesmos ambientes, são comumente usadas na floresta alagada, constituindo-se no principal aparelho de pesca de embarcações de pequeno e médio porte (Fernandes et al., 2009).

A distribuição geográfica de *P.nigricans* é restrita à bacia Amazônica (Castro & Vari, 2004), sendo abundante em todo o sistema, principalmente naqueles drenados por tributários oriundos das regiões andinas, ricos em sedimentos e, portanto, bastante produtivos. Essa espécie têm sustentado a pescaria comercial na Amazônia peruana, colombiana, equatoriana e boliviana (Ráez, 1976; Montreuil et al., 1994; Montrevil et al., 2001; Riofrío, 2002, Silva & Stewart, 2006; Loubens & Panfili, 1995) e brasileira (Isaac & Ruffino, 1995; Mota & Ruffino, 1997; Oliveira, 1997; Cetra & Petrere, 2001; Freitas et al., 2007), sendo que alguns indícios de sobrepesca já foram registrados na Colômbia (Montreuil et al.,1994) e na Amazônia central a produção parece estar próximo ao limite sustentável (Freitas et al.,2007).

1.3 Crescimento de *Prochilodus nigricans* na bacia Amazônica

Um dos aspectos fundamentais para a conservação dos recursos pesqueiros é o entendimento da dinâmica populacional das espécies, que compreende o levantamento de informações sobre as mudanças em número de indivíduos, estrutura de comprimento e idade da população ou estoque, além dos fatores que influenciam essas mudanças (Sparre & Venema, 1992).

Dentre os componentes básicos da dinâmica populacional, os parâmetros de crescimento e a mortalidade são frequentemente utilizados como ferramenta para a delimitação de unidades populacionais e incorporação em modelos analíticos para avaliação de estoques. Esses parâmetros têm sido amplamente utilizados para avaliar o efeito de fatores abióticos sobre o tamanho das populações e predizer sobre o estado de conservação das mesmas, tornando-se ferramentas fundamentais na construção de modelos quantitativos que podem reconstituir a história do estoque, permitindo predizer o efeito das medidas propostas para o manejo dos recursos (Sparre & Venema, 1992).

Estudos de crescimento de peixes basicamente determinam a idade em função do comprimento, considerando que existe uma relação entre crescimento e a mortalidade, na qual o primeiro parâmetro contribui para a abundância até atingir a fase de

reprodução e o segundo controla a abundância da mesma (Nikolskii, 1969; Sparre & Venema, 1992). As estimativas de crescimento de uma espécie requerem corretas determinações de idade de seus componentes individuais, podendo ser feitas por meio de distribuições de frequência de comprimento ao longo do tempo, interpretação de marcas de crescimento através de estruturas rígidas, como escamas, otólitos e outras partes duras dos peixes, além de experimentos de marcação e recaptura em ambientes naturais ou artificiais (Bonetto et al., 1981).

Nas regiões tropicais, principalmente nas planícies alagáveis, a formação de anéis de crescimento não são relacionadas à variação brusca da temperatura da água, como nas regiões temperadas, mas sim à sazonalidade do ciclo hidrológico, por isso os parâmetros de crescimento também têm sido estimados indiretamente por meio de frequências de comprimento (Cordiviola de Yuan, 1971; Petrere, 1983; Fallows, 1987; Payne & Harvey, 1989; Isaac & Ruffino, 1995; Mateus & Estupiñán, 2002; Valderrama & Solano, 2004; Campos & Freitas, 2010; Baigúm et al., 2013; Campos e Freitas, 2014; Catarino et al. (no prelo). Entretanto, estudos de crescimento com base em estruturas ósseas também têm sido utilizados para estimar os mesmos parâmetros e aferir sobre o estado de conservação dos estoques pesqueiros (Godoy, 1959; Cordiviola de Yuan, 1971; Villacorta-Correa, 1987, 1997; Fabr e & Saint-Paul, 1998, Vieira, 1999, Oliveira, 1997; Lizama, 2000; Alonso, 2002; Cutrim & Batista, 2005; Silva & Stewart, 2006).

Os dois métodos, o direto e o indireto, oferecem limita es que devem ser consideradas. O modelo direto exige recursos humanos, materiais e infraestrutura que dificultam o uso continuado na avalia o de estoques. Além disso, muitas vezes a leitura dos anéis de crescimento pode ser prejudicada por marcas falsas ou elevado número de escamas regeneradas, muito comuns em peixes tropicais, o que confunde o leitor e pode causar erros nas leituras e conseqüentemente nos parâmetros estimados.

Alternativamente, métodos indiretos baseados em distribui es de frequência de comprimento apresentam melhor rela o custo benefício no sentido de que podem se basear em informa es associadas   estatística pesqueira, reduzindo os custos e permitindo maior sustentabilidade operacional (Cutrim & Batista, 2005). Dessa forma, estimativas indiretas de parâmetros que possam ser incorporáveis a modelos analíticos podem ser mais facilmente obtidas e validadas a partir dos métodos tradicionais baseados em estruturas rígidas.

Por conta da importância social e econômica que *P. nigricans* exerce para as populações ribeirinhas e para o abastecimento de pescado nos centros urbanos da bacia amazônica, estudos de crescimento já foram realizados com a espécie (Montreuil, 2001; Riofrío, 2002; Silva & Stewart, 2006; Loubens & Panfili, 1995; Issac & Ruffino, 1995; Mota & Ruffino, 1997; Oliveira, 1997).

As informações levantadas por esses autores mostram que *P. nigricans* possui uma proporção sexual de 1 macho para cada fêmea, taxa de crescimento (k) elevada, a exceção dos estudos realizados no Equador, variando de 0,17 a 0,52 ao ano, comprimento máximo estimado (L_{∞}) de 34,6 à 68 centímetros, primeira maturação sexual (L_{50}) de 23,4 à 35,5 centímetros, longevidade ($A_{0,95}$) de 6,2 à 8,5 anos, alta taxa de mortalidade natural (M) de $0,47 \text{ ano}^{-1}$ à $0,87 \text{ ano}^{-1}$, mortalidade por pesca (F) de $1,03 \text{ ano}^{-1}$ e mortalidade total (Z) de $0,83 \text{ ano}^{-1}$ à $4,53 \text{ ano}^{-1}$. O comprimento mínimo de recrutamento pesqueiro é de 16 centímetros (Oliveira, 1997), com valores médios variando entre 21,2 à 35,4 centímetros.

Dessa forma, o presente estudo visa estimar os parâmetros de crescimento e mortalidade através de frequência de comprimento e de leituras de anéis de crescimento para a região do baixo Solimões, na área que compreende os municípios de Iranduba e Manacapuru, importantes pontos de desembarque pesqueiro na região da Amazônia brasileira, aumentando o conhecimento sobre a espécie na bacia, gerando parâmetros que podem ser úteis para o entendimento do estado de conservação da espécie na região, subsidiando estratégias de manejo.

2. Objetivos

2.1 Geral

Estimar os parâmetros de crescimento e mortalidade de *P. nigricans* para subsidiar estudos de avaliação dos estoques desta espécie que habitam o baixo rio Solimões

2.2 Específicos

Estimar os parâmetros populacionais k , L_{∞} , M , F , Z e $A_{0,95}$ e a curva de crescimento por meio de métodos diretos e indiretos;

Comparar os resultados entre os dois métodos e com outros valores estimados para a espécie na bacia.

3. Métodos

3.1 Área de estudo

Os municípios de Manacapuru e Iranduba estão localizados a menos de 70 quilômetros da cidade de Manaus, à margem esquerda do rio Solimões e constituem dois dos principais centros de desembarque pesqueiro da sub região denominada por Golçalves & Batista (2008) como Baixo Solimões (Figura 1).

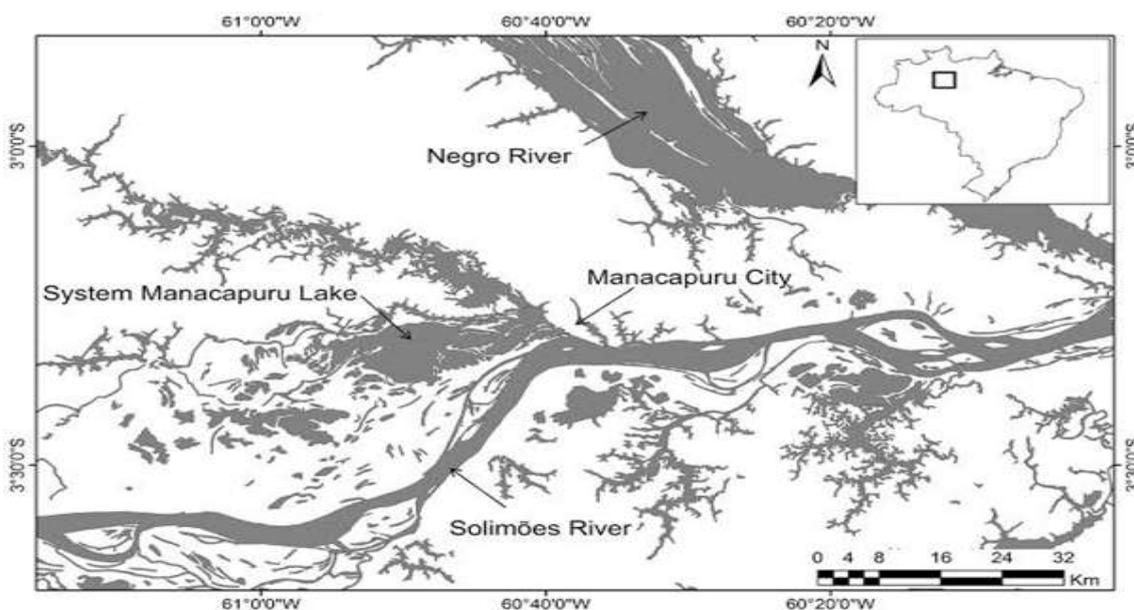


Figura 1. Localização da área de estudo compreendendo os municípios de Manacapuru e Iranduba.

Em Manacapuru o desembarque é feito em vários flutuantes situados à margem da cidade, porém as embarcações de médio a grande porte utilizam o terminal pesqueiro, principal centro de comércio de peixes do município. Em Iranduba também o desembarque é difuso, variando de acordo com a época do ano em função do nível da água.

3.2 Coleta de dados

3.3 Método indireto - Comprimento dos peixes

Os dados de comprimento foram coletados durante 24 meses entre os anos de 2012 a 2013 em ambos os municípios. Aproximadamente 300 medidas de comprimento total (CT), furcal (CF) e padrão (CP) foram realizadas mensalmente em cada localidade utilizando uma fita métrica com escala de 1 centímetro. O peso foi registrado com o auxílio de um dinamômetro, com escalas de 5 a 10 gramas, dependendo do tamanho do indivíduo registrado.

3.4 Método direto – leitura de anéis de crescimento em escamas

Aproximadamente 30 indivíduos foram adquiridos mensalmente no município de Manacapuru, provenientes da pesca comercial exercida na região do baixo Solimões, no período de junho de 2012 a maio de 2013. Os peixes foram transportados para o Laboratório de Ecologia Pesqueira da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), onde as escamas do flanco esquerdo de cada exemplar foram removidas com o auxílio de uma pinça e acondicionadas em envelopes de papel. De cada exemplar também foram registrados os comprimentos e peso, utilizando a mesma escala do método indireto.

A preparação das escamas seguiu o método sugerido por Vazoller (1981), onde as escamas foram triadas macroscopicamente buscando selecionar as que aparentemente tinham as melhores condições de leitura. As escamas selecionadas foram lavadas em água destilada, mergulhadas em solução de Hidróxido de Potássio (KOH) a 4% e limpas com o auxílio de lupa estereoscópica e pincel de cerdas para a retirada de tecidos e muco. Depois foram fixadas em lâminas de vidro para que as leituras fossem realizadas.

Três leituras foram realizadas pelo mesmo leitor e somente consideradas as que coincidiram em relação ao número de marcas. Essas foram fotografadas por uma câmara acoplada à lupa e a melhor imagem foi selecionada para que o registro da distância entre o foco até cada anel de crescimento e entre o último anel e a borda da escamas fosse feita, num ângulo de 90 graus, utilizando o programa AxioVision 2012, versão 6.2. Após analisadas, as escamas foram devolvidas para os envelopes.

A validação dos anéis de crescimento foi feita através da análise do incremento marginal relativo (IMR), por meio da equação $IMR = [(R - R_n)/(R_n - (R_{n-1}))] * 100$, onde R é o raio total que vai do foco à extremidade da escama, R_n é o raio que vai do foco até o último anel e R_{n-1} é o raio que vai do foco até o penúltimo anel (Fonteles-Filho, 2011). O período de formação da marca de crescimento foi considerado como aquele em que houve uma diminuição dos valores modais seguida de um aumento do IMR.

A homogeneidade de variância das médias de IMR foi verificada aplicando o teste de Levene, por meio do programa Statistica 9.0. Para verificar se houve diferença significativa das médias entre os períodos hidrológicos foi utilizada a análise de variância unifatorial (ANOVA).

3.5 Determinação do ciclo hidrológico

Os dados hidrológicos foram cedidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) para o período de janeiro de 2012 a dezembro de 2013 e os critérios para a definição das estações do ciclo hidrológico seguiram a classificação proposta por Bittencourt & Amadio (2007).

3.6 Análise de dados

3.6.1 Distribuição de comprimento

Os dados de comprimento dos peixes nos municípios de Iranduba e Manacapuru foram organizados em planilha, divididos por classes de comprimento de 1 centímetro e considerados como um único conjunto de informações. A partir das distribuições dessas medidas foram estimados o comprimento mínimo (L_{min}), médio (L_{med}) e máximo (L_{max}) de captura.

A relação entre o comprimento e peso foi estimada usando procedimento não linear pelo método de iteração de Levenberg-Marquardt no programa Statistica, versão 9.0, assumindo a fórmula de $W = a \cdot L^b$, onde “W” é o peso, “L” o comprimento, “a” é o fator de condição e “b” é o coeficiente alométrico. O crescimento é considerado isométrico se $b = 3$; alométrico negativo se $b < 3$ e alométrico positivo se $b > 3$. Para verificar se houve diferença entre o valor de b e 3 foi utilizado o teste-t de *Student* (Zar, 1999).

Os parâmetros de crescimento k e L_{∞} foram estimados usando a equação de crescimento de Von Bertalanffy $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ através do programa FISAT (GAYANILLO *et al.*, 1996) disponibilizado pela FAO. O parâmetro t_0 foi considerado zero devido ao tamanho inicial do indivíduo ser desprezível, e porque esse parâmetro não tem conotação biológica, sendo uma correção matemática para o ajuste da curva. A mortalidade natural (M) foi estimada a partir da equação “[$\ln (1-0,95) / A_{0,95}]$ ” (Taylor, 1958), utilizando o cálculo de longevidade $A_{0,95}$ obtida a partir da equação “ $A_{0,95} = t_0 + 2,996 / k$ ”. A mortalidade total (Z) foi calculada usando a equação proposta por KING (1995), empregando a curva de captura linearizada e assumindo que a densidade de estoque diminui proporcionalmente com a idade do peixe. A mortalidade por pesca (F) foi estimada assumindo a diferença $F = Z - M$. A taxa de exploração foi estimada como a razão $E = F / Z$.

3.6.2 Leitura de escamas

Um total de 347 escamas foram lidas, sendo consideradas 114 para as análises. A partir dessas escamas foi feita a correlação entre os comprimentos CT, CF e CP com o número de anéis encontrados para constatar a proporcionalidade entre o tamanho do peixe e a estrutura rígida, sendo o CP a medida melhor ajustada. Para verificar a relação entre o peso (P) e o comprimento padrão (CP), todos os indivíduos registrados foram utilizados.

As modas de tamanho de cada marca foram plotadas em gráficos de distribuição de frequência e verificado os espaçamentos entre as marcas, do foco para a borda da escama. A relação entre o número de cada tipo de marca e o comprimento do peixe também foi verificada.

Os parâmetros de crescimento “k” e “L inf” foram estimados ajustando-se aos dados de comprimento e idade por meio do modelo de crescimento de Von Bertalanffy. A mortalidade natural (M) foi estimada pelo método de Taylor (1958).

Para detectar diferenças nos valores médios mensais do IMR entre os períodos hidrológicos foi utilizada a análise de variância unifatorial (ANOVA). Para confirmar a época de formação das marcas de crescimento foi feita uma distribuição de frequência de ocorrência dos incrementos marginais, agrupando-os em intervalos de classe. O período de formação da marca de crescimento foi considerado como aquele em que houve uma diminuição dos valores modais seguida de um aumento do IMR

4. Resultados

4.1 Frequência de comprimento

Foram amostrados 12246 exemplares de *P. nigricans* considerados como representativos do estoque explorado na região do Baixo Solimões. A amplitude do comprimento foi de 18 a 34 centímetros, sendo pouco frequentes valores maiores que 30 centímetros. O comprimento médio de captura foi de $23,6 \pm 2,33$ e $23,4 \pm 2,36$ para os respectivos anos de 2012 e 2013. O valor modal foi de 24 centímetros e aproximadamente 70 % dos exemplares amostrados estiveram abaixo desse valor. As classes de comprimento mais representadas foram 23, 24 e 25 centímetros (Figuras 2 e 3), sendo a atuação da pesca comercial concentrada em três coortes (Figuras 4 e 5).

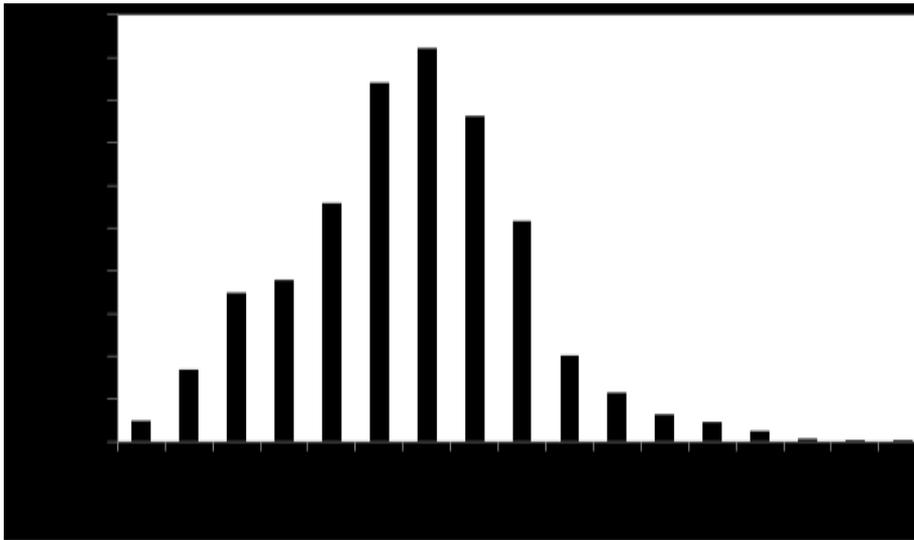


Figura 2. Distribuição de frequência de comprimento de *P. nigricans* em 2012

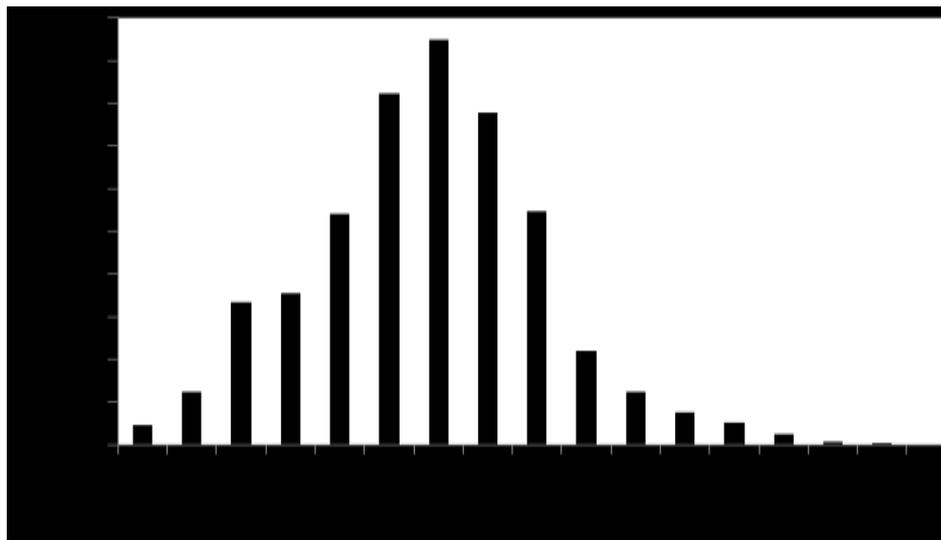


Figura 3. Distribuição de frequência de comprimento de *P. nigricans* em 2013

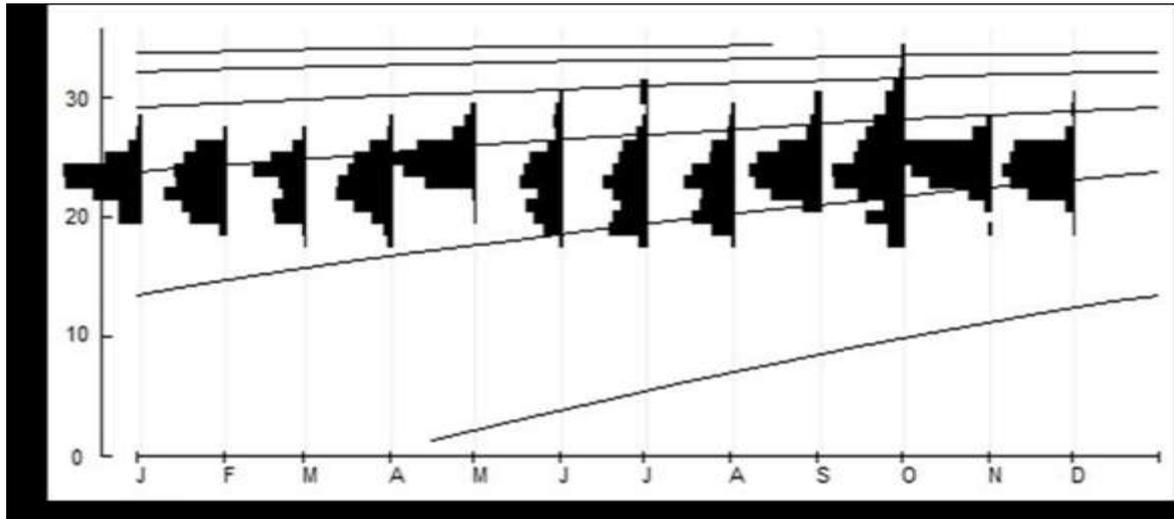


Figura 4. Distribuição de coortes de *P. nigricans* para a região do Baixo Solimões no ano de 2012.

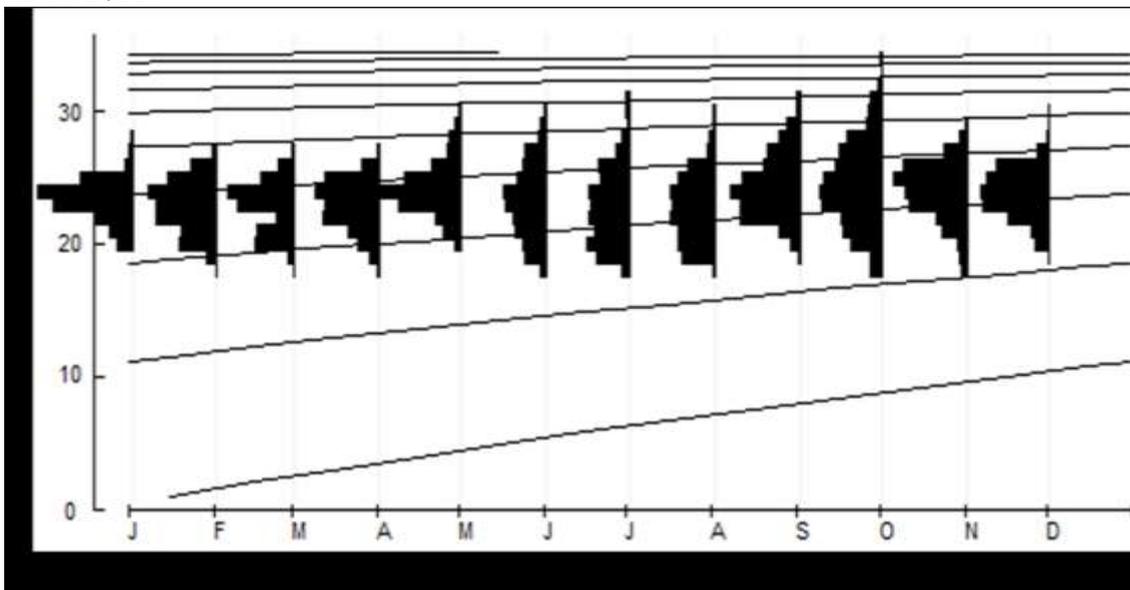


Figura 5. Distribuição de coortes de *P. nigricans* para a região do Baixo Solimões no ano de 2013.

Os parâmetros que descrevem o crescimento de *P. nigricans* permaneceram muito parecidos nos dois anos amostrados. Os valores de L_{∞} e k obtidos via ELEFAN foram 35,7 cm e $0,62 \text{ ano}^{-1}$ para 2012; 35,6 cm e $0,57 \text{ ano}^{-1}$ para 2013 (Figuras 6 e 7). A longevidade calculada sugere que a expectativa de vida da espécie nessa região varia de 4,53 (2012) a 5,25 (2013) anos.

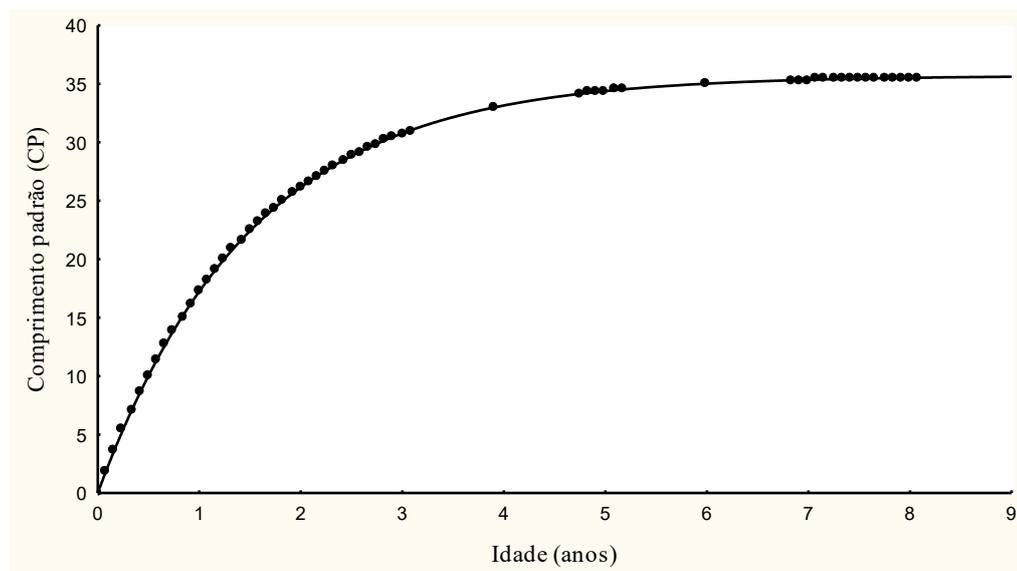


Figura 6. Curva de crescimento de *P. nigricans* em 2012

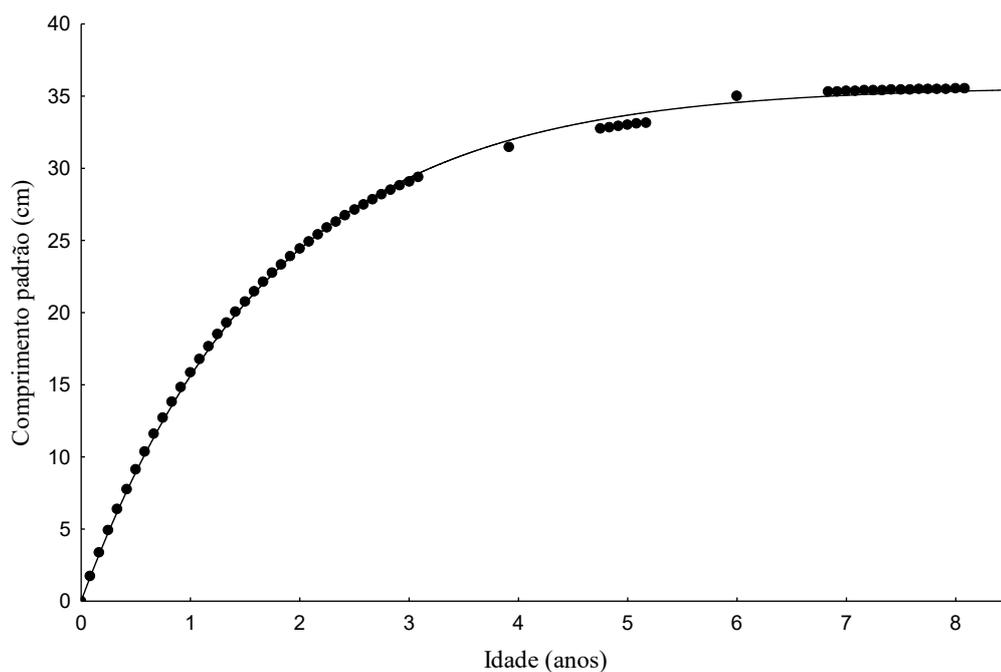


Figura 7. Curva de crescimento de *P. nigricans*

Os parâmetros estimados foram semelhantes entre os anos de 2012 e 2013, porém a taxa de mortalidade natural (M) foi maior em 2012 do que em 2013, ao contrário da mortalidade por pesca (F), da mortalidade total (Z) e da taxa de exploração (E), todas superiores em 2013 (Tabela 1).

Tabela 1. Taxas de mortalidade de *P. nigricans* para a região do Baixo Solimões

Parâmetros	2012	2013
M	0,65. ano ⁻¹	0,56. ano ⁻¹
F	1,79. ano ⁻¹	1,94. ano ⁻¹
Z	2,45. ano ⁻¹	2,51. ano ⁻¹
E	0,73. ano ⁻¹	0,77. ano ⁻¹

4.2 Leitura de escamas

Foram analisadas 311 escamas no período de julho de 2012 a julho de 2013, das quais 113 (36%) foram utilizadas para gerar os parâmetros de crescimento (Tabela 2).

Tabela 2. Número de total de escamas analisadas

Mês	2012						2013					
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Total	20	30	32	31	31	29	16	31	26	35	14	16
Lidas	8	13	9	15	9	16	4	9	9	9	4	8

O comprimento médio dos indivíduos foi de 23,7cm, variando de 18,8 a 28,4 cm (Figura 8).

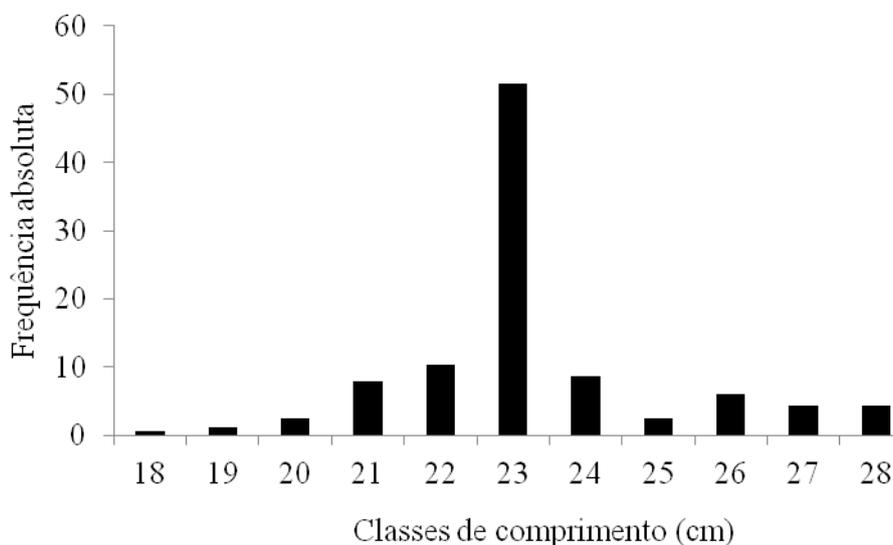


Figura 8. Distribuição de frequência de comprimento dos indivíduos utilizados para o estudo de crescimento com escamas.

Foram identificados até cinco anéis de crescimento. O deslocamento progressivo dos valores modais para a direita indica consistência na formação das marcas (Figura 9).

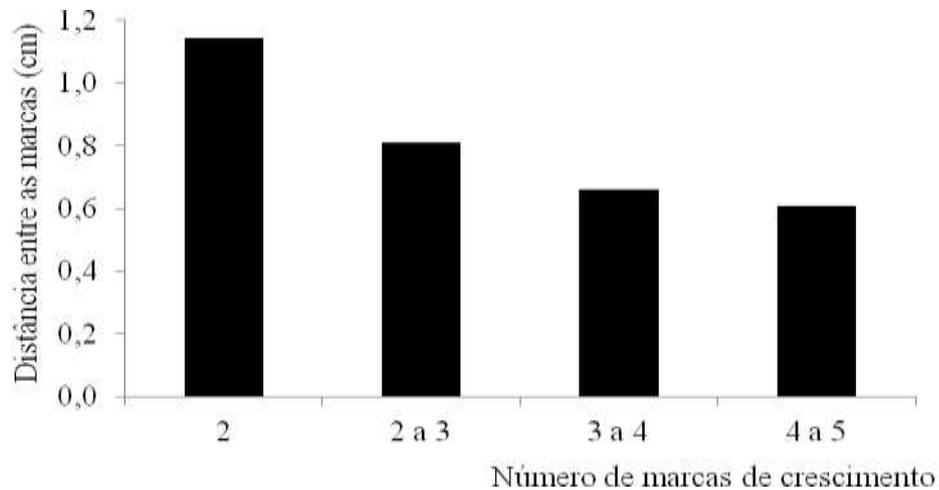


Figura 9. Distância entre as marcas de crescimento

Uma relação positiva entre o número de marcas de crescimento e o comprimento padrão foi observada (Figura 10). O mesmo padrão foi percebido para a relação entre comprimento padrão e o raio total das escamas (Figura 11).

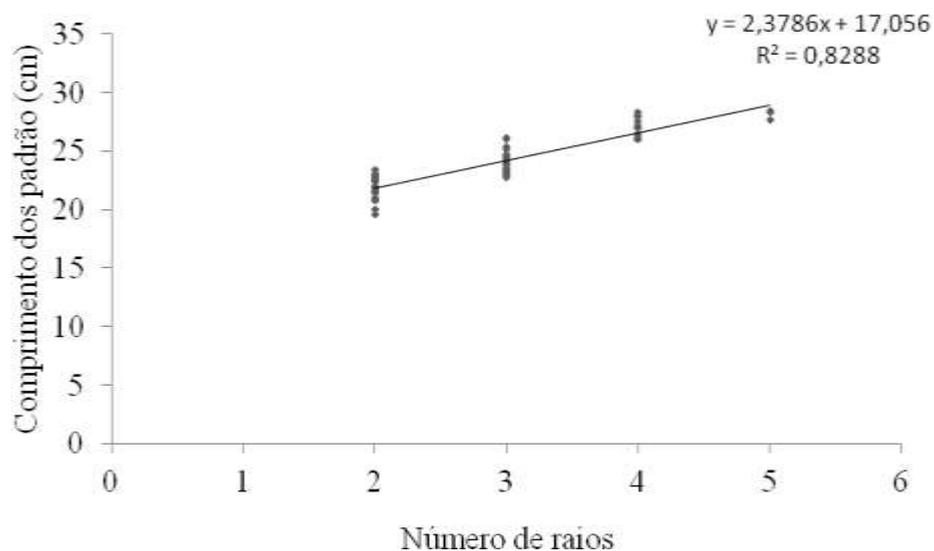


Figura 10. Relação entre número de marcas e comprimento padrão de *P. nigricans*

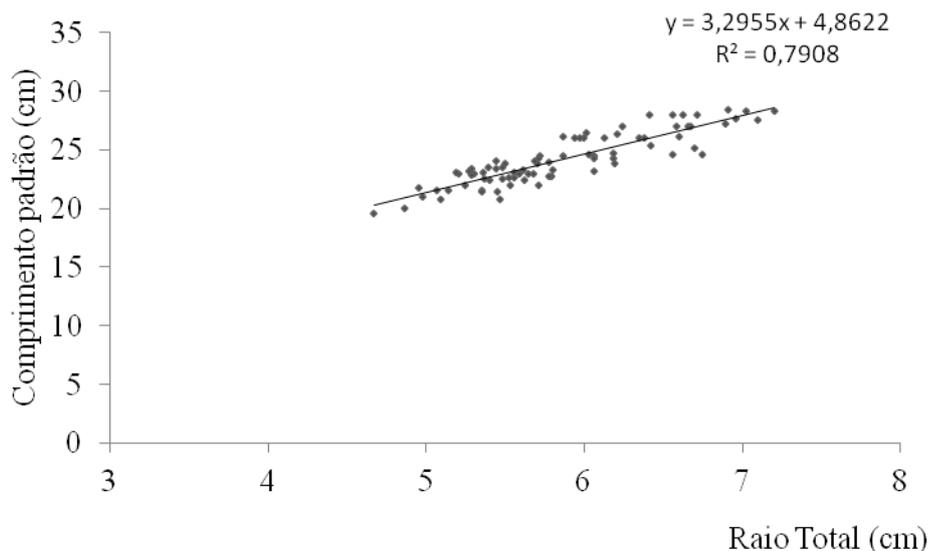


Figura 11. Relação entre o comprimento padrão e o raio total das escamas de *P. nigricans*

A validação foi realizada por meio da análise do incremento marginal relativo (IMR), cuja variação temporal indica a época de formação das marcas de crescimento (Fonteles-Filho, 1989). O período de formação da marca de crescimento foi considerado como aquele em que houve uma diminuição dos valores modais seguida de um aumento do IMR, o que foi verificado nos meses de novembro de 2012 e janeiro de 2013. Esses meses correspondem, segundo Bittencourt & Amadio (2007), aos períodos de extrema seca e início da enchente (Figura 12).

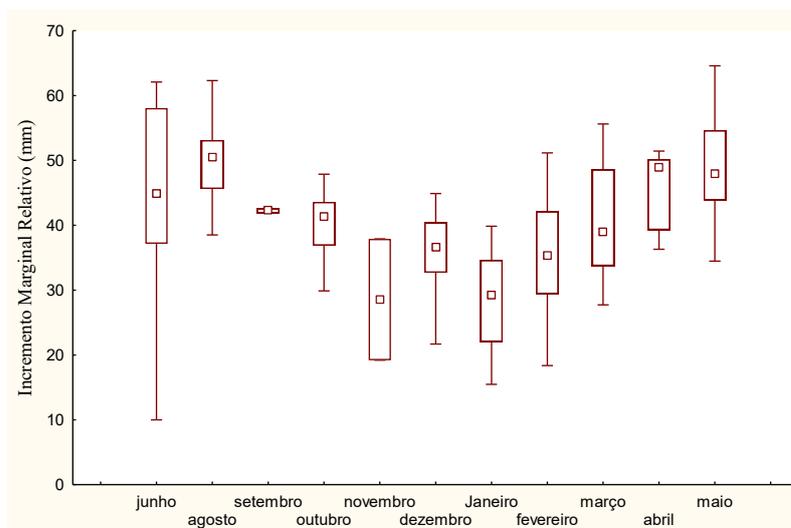


Figura 12. Distribuição do incremento marginal relativo do *P. nigricans*

O ajuste da relação entre o peso o comprimento levou a equação $Pt = 0,0086 * CP^{2,61}$, sendo o coeficiente de correlação (r) calculado em 0,81. O valor do expoente b , verificado por meio do teste-t de *Student*, foi significativamente menor que 3,0 ($t = 25,08$; $p = 0,025$), assumindo crescimento alométrico negativo ($b < 3$) (Figura 13).

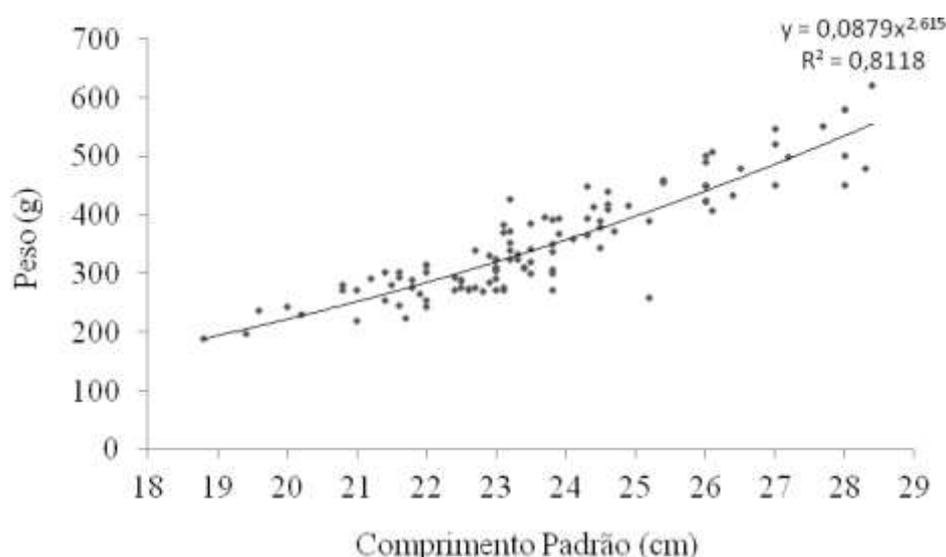


Figura 13. Relação peso comprimento

A partir das leituras dos anéis de crescimento foram identificados de duas a cinco marcas. Assumindo a formação de duas marcas por ano, como observado pelas quedas de IMR, cerca de 80 % dos exemplares analisados não haviam atingido ainda dois anos de idade (Tabela 3).

Tabela 3. Comprimento médio dos peixes e número de marcas nas escamas

Número de marcas	Quantidade	CP médio	Desvio padrão	Frequência (%)
2	38	25,5	1,29	33,6
3	53	27,8	1,3	46,9
4	19	31,9	1,67	16,8
5	3	34,6	0,57	2,7

O ajuste dos comprimentos ao modelo de Von Bertalanffy forneceu os seguintes parâmetros de crescimento: $L_{\infty} = 27,6$ cm e $k = 0,73 \cdot \text{ano}^{-1}$ (Figura 14). A longevidade ($A_{0,95}$) foi estimada em 4,1 anos e a Mortalidade (M) em $0,72 \cdot \text{ano}^{-1}$.

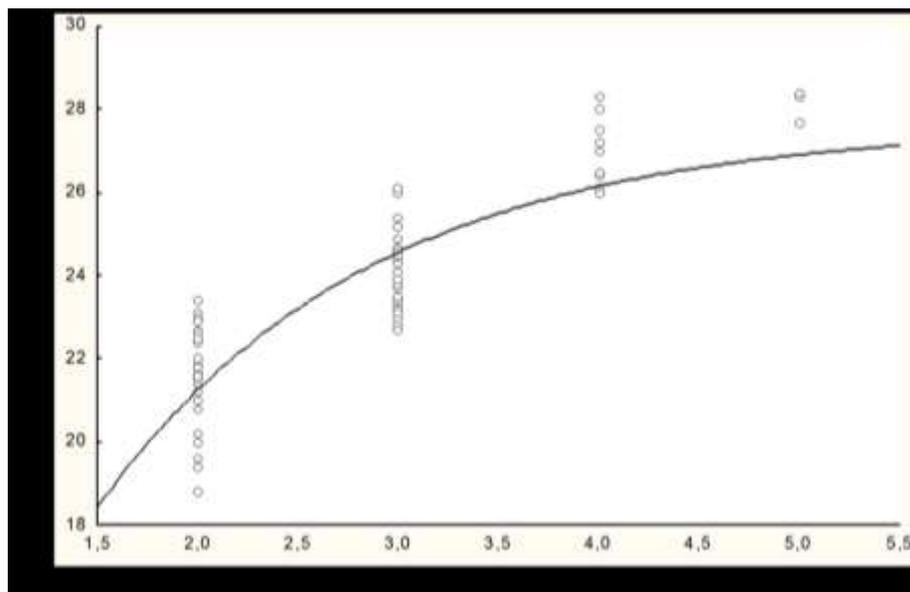


Figura 14. Curva de crescimento em comprimento estimada através de anéis etários de *P. nigricans*.

5. Discussão

O estudo do crescimento de peixes determina a relação entre o tamanho do corpo em função da idade, que por sua vez determina a natureza de suas interações com outros organismos e suas características demográficas. O crescimento e a mortalidade interagem de tal forma que, se o crescimento contribui para a abundância da espécie, fazendo com que ela atinja a fase de reprodução em um dado momento no seu ciclo de vida, por outro lado a mortalidade controla sua abundância (Nikolskii, 1969). Por isso, o uso de modelos que estimam os parâmetros de crescimento e de mortalidade é essencial nos estudos de dinâmica de populações que subsidiam a gestão dos recursos pesqueiros (Sparre & Venema, 1997).

Os parâmetros populacionais são estimados por meio de métodos diretos e indiretos, como a leitura dos anéis de crescimento em estruturas rígidas, como escamas, otólitos, opérculos, vértebras ou raios de nadadeiras, assim como também podem ser estimados por meio de distribuição de frequência de comprimento. A escolha pelo método a ser utilizado é uma decisão que deve levar em consideração a logística disponível para realização do trabalho, a presença de recursos humanos capacitados e a disponibilidade de recursos financeiros, já que ambos os métodos possuem exigências distintas em relação a esses fatores (Sparre & Venema, 1997).

5.1. Método direto – leitura de anéis de crescimento em escamas

Aspectos da dinâmica populacional de *P. nigricans* gerados a partir de estruturas rígidas já foram estudados na Amazônia equatoriana, boliviana e brasileira (Silva & Stewart, 2006; Loubens & Panfili, 1992; Oliveira, 1997). No Equador, os autores compararam os resultados de estudos embasados na leitura de escamas e de otólitos, e concluíram que os otólitos eram estruturas mais adequadas para a determinar a idade de *P. nigricans*. Ao contrário de Loubens e Panfilii (1992) que concluíram que as escamas são mais apropriadas para subsidiar a estimação dos parâmetros de crescimento. Ambos os autores relataram dificuldades na identificação dos anéis em decorrência da alta frequência de escamas regeneradas, provavelmente por conta da presença e abundância, no mesmo ambiente, de espécies lepidófagas representantes dos gêneros *Serrasalmus* spp., *Roeboides* spp., *Exodous* spp. (Sazina, 1983). Já Oliveira (1997), ao estudar *P. nigricans* na Amazônia Central, mostra que, além da regeneração, outro problema é o tipo de marca formada na escama, podendo ser acessória, duplicada, bifurcada ou principal. Montreuil & Tello (1988) utilizaram escleritos diários para estimar a idade, porém os resultados apresentados são inconsistentes com o que já é conhecido sobre o crescimento dessa espécie. De qualquer forma, todos esses autores concordam que a determinação de idade em peixes tropicais tem, nas marcas periódicas de estruturas ósseas, uma boa ferramenta para estimar o crescimento, fato corroborado pelo grande número de estudos que já utilizaram essas estruturas no continente sulamericano (Dei Tos et al., 2010).

No presente estudo o valor estimado para a taxa de crescimento ($k = 0,73 \cdot \text{ano}^{-1}$) ficou fora do que se conhece na literatura para o gênero, que vai de $0,14 \text{ ano}^{-1}$ a $0,61 \text{ ano}^{-1}$ (Godoy, 1959; Bayley, 1973). Da mesma forma, o crescimento assintótico ($L_{\infty} = 27,6 \text{ cm}$) também foi estimado fora da faixa conhecida, que é de 34,3 a 71,3 centímetros (Catarino et al., no prelo; Barbieri et al., 2000) (Tabela 4).

Tabela 4. Taxas de crescimento e comprimento assintótico estimados para espécies do gênero *Prochilodus* sp. em várias regiões da América do Sul

Espécies	Regiões	Autores	Dados	k	L_∞
<i>P. brevis</i>	Ceará	Dourado et al (1971)	Escamas	0,40	52,00
<i>P. lineatus</i>	Argentina	Cordiviola de Yuan (1971)	Comprimento	0,24	62,60
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Payne y Harvey (1989)	Comprimento	0,30	58,50
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Payne y Harvey (1989)	Comprimento	0,40	61,50
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Payne y Harvey (1989)	Comprimento	0,40	59,00
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Payne y Harvey (1989)	Comprimento	0,42	56,10
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Fallows (1987)	Comprimento	0,40	60,00
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Fallows (1987)	Comprimento	0,41	62,00
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Fallows (1987)	Comprimento	0,35	55,80
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Fallows (1987)	Comprimento	0,39	58,80
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Fallows (1987)	Comprimento	0,42	57,50
<i>P. lineatus</i>	R. Pilcomaio	Fallows (1987)	Comprimento	0,40	61,00
<i>P. lineatus</i>	Médio rio Paraná	Cordiviola de Yuan (1971)	Escamas	0,56	47,80
<i>P. lineatus</i>	Médio rio Paraná	Cordiviola de Yuan (1971)	Escamas	0,31	55,50
<i>P. lineatus</i>	Médio rio Paraná	Cordiviola de Yuan (1971)	Opérculo	0,39	51,40
<i>P. lineatus</i>	Médio rio Paraná	Cordiviola de Yuan (1971)	Opérculo	0,21	64,40
<i>P. lineatus</i>	Médio rio Paraná	Bayley (1973)	Escamas	0,61	47,70
<i>P. lineatus</i>	Médio rio Paraná	Bayley (1973)	Escamas	0,53	50,90
<i>P. lineatus</i>	Alto rio Paraná	Lizama (2000)	Escamas	0,17	60,10
<i>P. lineatus</i>	Rio Mogi Guaçu	Godoy (1959)	Escamas	0,14	66,70
<i>P. lineatus</i>	Baixo rio Paraná	Baigúm et al (2013)	Comprimento	0,28	68,30
<i>P. magdalenae</i>	Colômbia	Valderrama & Solano (2004)	Comprimento	0,32	58,10
<i>P. nigricans</i>	Amazônia central	Oliveira (1997)	Escamas	0,46	41,60
<i>P. nigricans</i>	Santarém	Isaac & Ruffino (1995)	Comprimento	0,50	68,00
<i>P. nigricans</i>	Santarém	Isaac & Ruffino (1995)	Comprimento	0,45	58,00
<i>P. nigricans</i>	Baixo Solimões	Catarino et al (no prelo)	Comprimento	0,44	34,60
<i>P. lineatus</i>	Brasil	Barbieri et al. (2000)	Escamas	0,43	63,00
<i>P. nigricans</i>	Equador	Silva & Stewart (2006)	Escamas	0,17	46,20
<i>P. nigricans</i>	Equador	Silva & Stewart (2006)	Escamas	0,20	44,20
<i>P. nigricans</i>	Equador	Silva & Stewart (2006)	Otólitos	0,29	40,00
<i>P. nigricans</i>	Equador	Silva & Stewart (2006)	Otólitos	0,29	39,10

A curva de Von Bertalanffy não mostrou bom ajuste aos dados, principalmente para os indivíduos acima de dois anos e meio de idade, o que nos leva a acreditar que os parâmetros estimados pela leitura de anéis de crescimento em escamas foram imprecisos. No processo de validação das escamas, mais de 64 % tiveram que ser eliminadas pois as contagens independentes dos anéis foram muito diferentes por conta da presença de anéis duplos, falsos e de elevado número de escamas regeneradas,

ocasionando a redução da faixa de comprimento de 18 – 34 centímetros para 18 – 28 centímetros, o que pode ter subestimado os valores dos parâmetros estimados. Essas dificuldades também foram encontradas pelos autores que trabalharam com essa espécie (Silva & Stewart (2006); Loubens & Panfili, 1992; Oliveira, 1997).

A formação de anéis de crescimento de espécies que têm seus ciclos de vida associados à várzea amazônica tem sido relacionada aos movimentos migratórios de dispersão e reprodução, no caso dos Characiformes migradores, como o tambaqui *C. macropomum*, a matrinxã *B. amazonicus*, a curimatã *P. nigricans* e o jaraqui *S. insignis* (Villacorta-Correa, 1987; 1997; Oliveira, 1997; Vieira, 1999). No caso das espécies sedentárias, como o tucunaré *Cichla monoculos*, a alocação de energia para a desova, a construção de ninhos e o cuidado parental têm sido sugeridos como fatores determinantes para a formação de anéis de crescimento (Campos & Freitas, 2014).

O processo de formação de anéis de crescimento em *P. nigricans* é sugerido em detalhes por Oliveira (1997). Com seis a sete meses de idade ocorre a formação do primeiro anel. Embora não esteja claro o motivo, suspeita-se de que seja formado por conta de condições desfavoráveis durante a vazante do rio. O segundo anel é formado com um ano de idade, durante o período da enchente, quando acredita-se que parte da população de juvenis acompanhem os adultos na migração reprodutiva. Novamente na vazante, com um ano e meio de vida, forma-se a terceira marca, atribuída a migração de dispersão, quando parte dos indivíduos jovens sobem o rio principal junto com adultos até o tributário mais próximo. Na enchente subsequente, aos dois anos de idade, ocorre formação da quarta marca. Nessa idade os peixes já estão maduros e já podem realizar a migração reprodutiva. A partir dessa idade, a formação de anéis é relacionada com as migrações de dispersão e reprodução, com um padrão de formação de dois anéis por ano.

Considerando que uma parte da população não realiza esses movimentos migratórios, sejam eles de dispersão ou de reprodução, como sugerido por Oliveira (1997) e observado para a espécie *Prochilodus lineatus* na bacia do rio Paraná (Bonetto et al., 1981), e ainda, que são esses processos que determinam a formação de anéis de crescimento nessa espécie, suspeitamos que nas amostras analisadas haviam indivíduos que, em algum momento de seu ciclo de vida, não realizaram alguma migração, e por consequência, o anel de crescimento não foi formado, o que pode também ter

influenciado na estimação de parâmetros de crescimento fora da faixa conhecida para o gênero.

Apesar dos problemas encontrados com a estimação dos parâmetros, a análise de incremento marginal indicou a formação de duas marcas por ano relativas aos períodos de enchente e vazante, segundo os critérios estabelecidos por (Amadio & Bittencourt & 2007) para períodos hidrológicos na Amazônia (Figura 15), justamente quando a espécie realiza as migrações reprodutivas e dispersivas, o que corresponde ao observado por Oliveira (1997) na Amazônia central, mas difere dos resultados encontrados por Loubens & Panfili (1992) e Silva & Stewart (2006) para as regiões da Bolívia e Equador, respectivamente, que registraram a formação de apenas uma marca por ano. Nessas regiões a formação dos anéis foi relacionada ao período de águas baixas e não aos movimentos migratórios, menos intensos e duradouros nessas regiões de cabeceiras, sugerindo que a espécie possui diferentes estratégias de crescimento na bacia Amazônica, relacionadas principalmente às condições ambientais em que vivem, como tamanho da área alagada e a produtividade do sistema, que na Amazônia Central é maior do que na Amazônia boliviana e equatoriana.

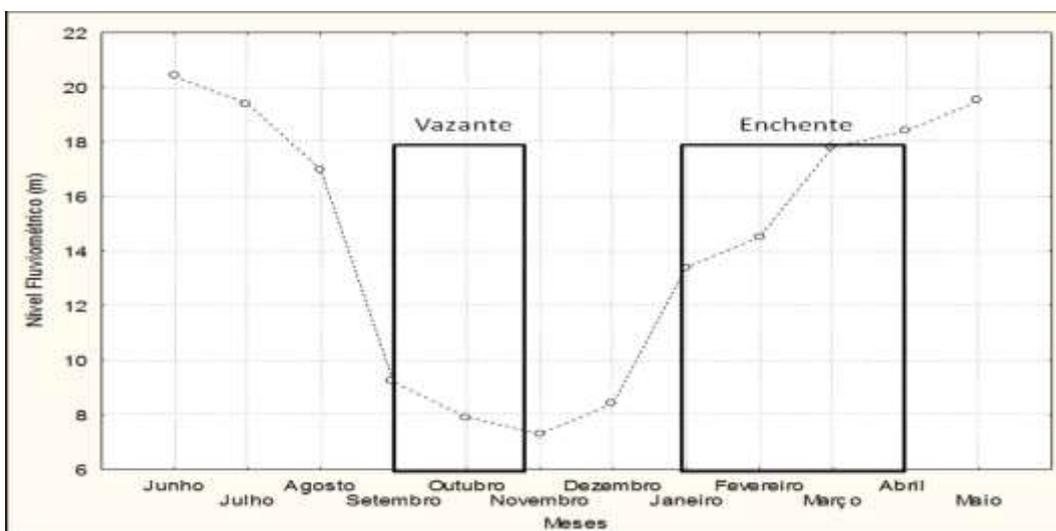


Figura 15. Variação mensal do nível da água na região do Baixo Solimões durante o período de junho de 2012 a maio de 2013. Períodos hidrológicos definidos por Amadio & Bittencourt, 2007. Fonte: CPRM/201.

5.2 Método indireto – Frequência de comprimento

A aplicação de dados de frequência de comprimento para estimar o crescimento de peixes na Amazônia tem ganhado espaço nos últimos anos pelo fato de que esse tipo de dados exige menor custo e menos tempo do que a coleta e processamento de estruturas rígidas, sendo particularmente adequados quando os recursos financeiros são limitados (Sparre & Venema, 1997). Algumas das principais espécies comerciais da Amazônia também já foram estudadas por meio desse método, como as sardinhas *Triportheus* spp. (Prestes et al., 2010), a piranha *Pygocentrus nattereri* (Bevilaqua & Soares, 2010), a matrinhã *Brycon amazonicus* (Santos Filho & Batista, 2009) e a própria curimatã *Prochilodus nigricans* (Isaac & Ruffino, 1995; Catarino et al. (no prelo)). Essas espécies fazem parte de um grupo de peixes de pequeno a médio porte, que possuem altas taxas de crescimento, elevada fecundidade, atingem a maturidade sexual normalmente até os dois anos de idade e vivem por poucos anos. Por conta dessas características, têm sido classificadas como r-estrategistas (Pianka, 1970), e têm sustentado a pesca na região, contribuindo com boa parte da produção pesqueira desembarcada nos portos da bacia Amazônica (Petrere, 1978, Mérona & Bittencourt, 1988; Batista, 1998, Freitas & Rivas, 2007; Batista et al., 2012).

As informações sobre o crescimento de espécies exploradas comercialmente formam uma base de dados susceptíveis de serem incorporadas a outros modelos de avaliação de estoques, da mesma forma que os dados gerados pelas estruturas rígidas, permitindo maior sustentabilidade operacional e contribuindo para a elaboração de medidas de conservação (Nikolski, 1969; Gulland, 1975). Nossos resultados mostram que a exploração pesqueira da curimatã *P. nigricans* ocorreu num amplitude de 18 a 34 centímetros e comprimento médio de 23,5 cm. Essa amplitude está inserida dentro do intervalo observado para a espécie que é de 16 a 49 cm (Oliveira, 1997; Mota & Ruffino, 1997), porém é maior do que a encontrada nessa mesma região há menos de uma década atrás, quando a amplitude foi de 20 a 33 cm (Catarino et al., no prelo). O comprimento médio registrado também foi menor do que os valores já encontrados, sendo 24 cm para a Amazônia Central (Oliveira, 1997), 26 cm para a Amazônia boliviana (Ríofrio, 2002) e 35,4 cm para a região do médio Solimões (Mota & Ruffino, 1997).

O coeficiente de crescimento (k) foi estimado em $0,62_{2012} \text{ ano}^{-1}$ e $0,57_{2013} \text{ ano}^{-1}$, o que representa uma média de $0,59 \text{ ano}^{-1}$, o maior valor registrado para a espécie, que

varia entre $0,17.\text{ano}^{-1}$ a $0,52.\text{ano}^{-1}$ (Silva & Stewart, 2006; Loubens & Panfili; 1995), porém dentro do intervalo ($0,14.\text{ano}^{-1}$ a $0,61.\text{ano}^{-1}$) conhecido para o gênero (Godoy, 1959; Bayley, 1973). O comprimento assintótico (L_{∞}) foi de 35,6 cm, o menor valor já registrado para o gênero, que varia entre 39,1 a 71,3 cm (Silva & Stewart, 2006; Baribiere et al., 2000). Nessa mesma região, há menos de uma década atrás, o valor era bastante semelhante (Catarino et al., no prelo), mas há quase 20 anos atrás era de 41,6 cm (Oliveira, 1997), indicando que houve uma diminuição considerável em menos de duas décadas (Tabela 4).

O comprimento assintótico (L_{∞}) é afetado por fatores como suprimento alimentar e densidade populacional, enquanto que a taxa de crescimento (k) é determinada genética e/ou fisiologicamente (Beverton & Holt, 1957). Existe uma relação inversa entre eles que diz que quanto maior a taxa de crescimento, menor o crescimento assintótico e a longevidade (Ricker, 1975). Essa relação pode ser confirmada por trabalhos realizados na Amazônia com espécies comerciais de médio e grande porte (Tabela 5). Dessa forma, como esperado, a elevada taxa de crescimento de *P. nigricans* justifica o baixo valor de comprimento na região do Baixo Solimões.

Tabela 5. Taxas de crescimento e comprimento assintótico de espécies de pequeno, médio e grande porte de importância comercial na Amazônia.

Nome comum	Espécies	Porte	k	Linf	Autores
Jaraqui	<i>Semaprochilodus taeniurus</i>	Pequeno	0,52	36,00	Vieira, 2003
Jaraqui	<i>Semaprochilodus insignis</i>	Pequeno	0,47	33,00	Vieira, 2003
Sardinha	<i>Triportheus albus</i>	Pequeno	0,86	24,60	Prestes et al., 2010
Sardinha	<i>Triportheus angulatus</i>	Pequeno	0,77	26,70	Prestes et al., 2010
Sardinha	<i>Triportheus auritus</i>	Pequeno	0,65	27,80	Prestes et al., 2010
Piranha	<i>Pygocentrus nattereri</i>	Pequeno	0,63	29,40	Bevilaqua & Soares, 2010
Branquinha	<i>Potamorhina latior</i>	Pequeno	0,65	24,60	Soares et al., 2009
Tucunaré	<i>Cichla monoculus</i>	Médio	0,38	53,50	Soares et al., 2009
Curimatã	<i>Prochilodus nigricans</i>	Médio	0,44	34,60	Catarino et al., no prelo
Curimatã	<i>Prochilodus nigricans</i>	Médio	0,59	35,60	Presente estudo
Matrinxã	<i>Brycon amazonicus</i>	Médio	0,57	51,00	Santos-Filho e Batista, 2009
Mapará	<i>Hypophthalmus marginatus</i>	Médio	0,55	52,60	Cutrim & Batista, 2005
Tambaqui	<i>Colossoma macropomum</i>	Grande	0,16	70,00	Soares et al., 2009
Dourada	<i>Brachyplatystoma roxeauxii</i>	Grande	0,30	140,23	Alonso, 2002
Piramutaba	<i>Brachyplatystoma vailantii</i>	Grande	0,12	110,00	Pirker, 2001
Piraíba	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	Grande	0,11	221,00	Muñoz-Soza, 1996

A variação de crescimento de peixes de água doce tropicais que vivem em áreas fortemente afetadas pelo Pulso de Inundação (Junk et al. 1989) está associada a flutuação sazonal do nível da água, assim como o recrutamento biológico e pesqueiro (Junk et al., 1997; Fabré - Saint-Paul, 1998; Bayley, 1973; Welcomme, 1979; Lowe-McConnel, 1977). O aumento da taxa de crescimento e um baixo valor de L_{∞} de *P. nigricans* podem fazer parte de estratégias adaptativas, associadas às características ambientais particulares das regiões estudadas, como intensidade e duração das enchentes, como já observado para *P. lineatus* na bacia do Paraná (Gomes & Agostinho, 1997). Dessa forma, eventos como o El Niño têm influência direta sobre os estoques de *Prochilodus*, podendo, nos casos de grandes secas, levá-los ao colapso pesqueiro, como já observado na Bolívia (Stassen et al., 2010; Smolders et al., 2000).

Outro fator fortemente relacionado à mudanças na estrutura demográfica, principalmente de espécies comerciais, é a pressão pesqueira. Esse efeito já foi relacionado a muitas espécies marinhas relevantes comercialmente, como os salmões (Ricker, 1981; de Veen, 1976), O bacalhau (Beacham, 1983) e muitas outras unidades populacionais do oceano (Horwood et al., 1986), onde o aumento da pressão pesqueira foi relacionado à diminuição do estoque reprodutor, levando as espécies exploradas a adotar estratégias adaptativas como o crescimento compensatório, definido como a capacidade do organismo crescer a um ritmo mais acelerado do que o normal, para compensar as perdas na população (Rochet, 1998; Mangel & Munch, 2005).

Embora não haja nenhum estudo que mostre que a diminuição do tamanho reprodutivo de peixes na Amazônia esteja ocorrendo, há várias indicações de que o comprimento de algumas espécies esteja diminuindo, como já constatado para o tambaqui, surubim, tucunaré, a piraíba, dourada, piramutaba e curimatã. Sugerimos que a diminuição do tamanho médio da curimatã no Baixo Solimões e principalmente o aumento na taxa de crescimento são fortes indícios de que o crescimento compensatório pode estar ocorrendo, como uma estratégia de adaptação que acreditamos estar relacionada principalmente ao esforço pesqueiro, já que o aumento do mesmo tem ocorrido nessa região nos últimos anos (Batista et al., 2012).

Pela importância que a curimatã representa como recurso pesqueiro, pela sua destacada contribuição no abastecimento de pescado no estado do Amazonas, pela suspeita de que o estoque tem sido impactado pela pressão pesqueira e pela

disponibilidade de parâmetros populacionais, uma avaliação desse estoque deve ser feita com o objetivo de confirmar essas suspeitas e estabelecer limites de referência para que a pesca da curimatã possa atuar de modo sustentável nessa região.

6. Referências Bibliográficas

- ALONSO, J.C. 2002. Padrão espaço temporal da estrutura populacional e estado atual da exploração pesqueira da dourada *Brachyplatystoma flavicans*, Castelnau, 1855 Siluriformes: Pimelodidae), no sistema Estuário-Amazonas-Solimões. INPA/UFAM, Manaus, 217 p.
- ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M. 1984. *Distribuição espacial e temporal de larvas de Characiformes em um setor do rio Solimões/Amazonas próximo a Manaus, AM*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 84pp.
- BARBIERE, G; SALLES, A.F.; CESTAROLLI, M.A. 2000. Análise populacional do curimatã *Prochilodus lineatus*, do rio Mogi-Guaçu, Pirassununga/SP (Characiformes, Prochilodontidae). Boletim do Instituto de Pesca, 26: 137-145.
- BARTHEM, R.; GOULDING, M. 1997. Os bagres balizadores: ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos/ Ronaldo Barthem, Michael Goulding – Tefé, AM: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq. 140 p.
- BARTHEM, R.B. & N.N. FABRÉ. 2004. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros na Amazônia, p. 17-62. In: M.L. RUFFINO (Ed.). A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia. Manaus, IBAMA. 272 p.
- BATISTA, V. S. 1998. *Distribuição, dinâmica da frota e dos recursos pesqueiros da Amazônia Central*. Tese de Doutorado, INPA/UFAM, Manaus, Amazonas. 292.
- BATISTA, V. S.; PETRERE, M. 2007. Spatial and temporal distribution of the fishery resources exploited by the Manaus fishing fleet. Brazilian Journal of Biology, v. 67 n. 4, 651-656 p.
- BATISTA, V. S.; PETRERE, M. 2003. Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas State, Brazil. Acta Amazônica 33 (1): 53-66.
- BATISTA, V.S.; ISAAC, V.J.; FABRÉ, N.N.; ALONSO, J.C.; ALMEIDA, O.T.; RIVERO, S. JÚNIOR, J.N.O.; RUFFINO, M.L. SILVA, C.O.; SAINT-PAUL, U. 2012. Peixes e pesca no Solimões-Amazonas: uma avaliação integrada Brasília: Ibama/ProVárzea. 276 p.

- BAYLEY, P. B. 1973. Studies on the migratory characin, *Prochilodus platensis* Holmberg 1989, Pisces, Characoidei in the River Pilcomayo, South America. *Journal of Fish Biology*, 5: 25-40.
- BAYLEY, P.B. & PETRERE, M. JR., 1989. Amazon fisheries: assessment methods, current status and management options. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106: 385-398 p.
- BEACHAM, T. D. 1983. Variability in median size and age at sexual maturity of Atlantic Cod, *Gadus morhua*, on the Scotian Shelf in the Northwest Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin*, 81: 303–321 p.
- BEVERTON, R. J. H.; HOLT, S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery Investigation*, London, 2(19): 1-533 p.
- BITTENCOURT, M. M. & AMADIO, S. A. 2007. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do Rio Solimões - Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica* 37(2):307-312 p.
- BONETTO, A.A.; M. VÉRON, C.; RÓLDAN, C. 1981. Nuevos aportes al conocimiento de las migraciones de peces en el río Paraná. *Ecosur*, 8:29–40
- BOWEN, S. H. 1983. Detritivory in neotropical fish communities. *Environmental Biology of Fishes*, 9: 137-144. *Brasiliensia*, 16(3): p. 273-280.
- CAMPOS, C. P.; FREITAS, C. E. C. 2010. Curva de crescimento do tucunaré *Cichla monoculus* Spix & Agassiz, 1831 do Lago Grande de Manacapuru, Amazonas, Brasil. *Rev. Bras. Eng. Pesca* 5(1): 1-9 p.
- CAMPOS, C.P. ; FREITAS, C.E.C. 2014. Yield per recruit of the peacock bass *Cichla monoculus* (Spix and Agassiz, 1831) caught in Lago Grande at Manacapuru (Amazonas – Brazil)
- CAPELETTI, A.R.; PETRERE, M. 2006. Migration of the curimatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Pisces, Prochilodontidae) at the waterfall "Cachoeira de Emas" of the Mogi-Guaçu River-São Paulo, Brasil. *Brazilian Journal Biological*, 66:651-659 p.
- CARVALHO, J.L. & MÉRONA, B. 1986. Estudos sobre dois peixes migratórios do baixo Tocantins antes do fechamento da barragem de Tucuruí. *Ammoniuna* 9(4): 595-607 p.
- CASTRO, R. M. C.; VARI, R.P. 2004. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei: Ostariophysi; Characiformes). A phylogenetic and revisionary study. *Smithsonian Contributions to Zoology* No. 622.
- CATARINO, M.F. ; CAMPOS, C.C.; GARCEZ, R. ; FREITAS, C.E.C. 2014.

Dinâmica populacional de curimatã *Prochilodus nigricans* no Lago Grande de Manacapuru, Amazonas. Boletim do Instituto de Pesca (no prelo).

- CETRA, M.; PETRERE M., 2001. Small-scale fisheries in the middle River Tocantins, Imperatriz (MA), Brazil. Fisheries Management and Ecology, vol. 8, no. 2, p. 153-162 p.
- CORDIVIOLA DE YUAN, E. 1980. Campaña limnológica "Keratella F'en el río Paraná Medio: Taxocenosis de peces de ambientes leníticos. Ecología. 4: 103-113 p.
- CORDIVIOLA DE YUAN, E.; ODALNI, N.; OLIVEROS, O. HASSAN, P. 1984. Aspectos limnológicos de ambientes próximos de Santa Fe (Paraná Medio): poblaciones de peces ligadas a la vegetación. Neotrópica 30 (84): 127-139.
- CORDIVIOLA DE YUAN, E. 1992. Fish populations of lentic environments of the Paraná River. Hydrobiologia 237: 159-173.
- CUTRIM, L. & BATISTA, V.S. 2005. Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. Acta Amazon. 35:85-92 p.
- de VEEN, J. F. 1976. On changes in some biological parameters in the North Sea sole. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 37: 60–90 p.
- DEI TOS, C. ; GOMES, L.C. ; AMBRÓSIO, A.M. ; GOULARD, E. 2010. Na overview of freshwater fish aging in South America: the science, biases and future directions. Acta Scientiarum. Biological Sciences. 323 – 333 p.
- DELFINO, R. & C. BAIGÚN, 1985. Marcaciones de peces en el embalse de Salto Grande, Río Uruguay (Argentina–Uruguay). Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, 16(1):85–93 p.
- FALLOWS, J.A. 1987. Some Biological Features of the Rio Pilcomayo Sábalo, *Prochilodus platensis*. O.D.A. Internal Publication, Trinidad, Bolivia.
- FERNANDES, V. L. A.; VICENTINI, R. N.; BATISTA, V. S. Caracterização do uso de malhadeiras pela frota pesqueira que desembarca em Manaus e Manacapuru, Amazonas. Acta Amazonica, v. 39, n. 2, p. 405-414, 2009.
- FINK, W.L. ;FINK, .V. 1979. Central Amazonia and its Fishes. Comparative Biochemistry and Physiology. Portuguese translation in Acta Amazonica, Supl., 8(4):19-42 p.
- FLECKER, A. S. 1996. Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a diverse tropical stream. Ecology 77:1845–1854 p.
- FONTELES-FILHO, A. A.1989. Recursos pesqueiros. Biologia e dinâmica populacional. Fortaleza, Imprensa Oficial do Ceará, 296p.

- FONTELES-FILHO, A. A. 2011. Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, 464p.
- FREITAS, C. E. C. & GARCEZ, R. C. S., 2004. Fish communities of natural canals between floodplain lakes and Solimões-Amazonas River. *Acta Limnológica*
- FREITAS, C. E. C.; NASCIMENTO, F. A. ; SOUZA, F. K. S. 2007. Levantamento do estado de exploração dos estoques de curimatã, jaraqui, surubim e tambaqui. Pp. 76-100. In: ProVárzea (Ed.). O setor pesqueiro na Amazônia: análise da situação atual e tendências do desenvolvimento a indústria pesqueira. IBAMA, Manaus, 122 p.
- GAYANILLO JR., F.C.; P. SPARRE & P. PAULY. 1996. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools - User's manual. Rome, FAO, 126p.
- GODOY, M. P. DE. 1959. The age, growth, sexual maturity, migration, tagging and transplanted of the curimba (*Prochilodus scrofa*, Steindachner 1881), of the Mogi-Guassuriver, São Paulo State, Brazil. *An. Acad. Brasil. Ciênc.* 31(3):447-477.
- GODOY, M.P. de, 1975. Peixes do Brasil, Suborden Characoidei, Bacia do Rio Mogi-Guassu. Piracicaba, Brasil, Editora Franciscana, 4 vols
- GOMES, L. C.; AGOSTINHO, A.A. 1997. Influence of the flooding regime on the nutritional state and juvenile recruitment of the curimba, *Prochilodus scrofa*, Steindachner, in Upper Parana River, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 4(4):263–274 p.
- GOULDING, M., 1979. A ecologia da pesca no rio Madeira. CNPq/INPA. Manaus. 172p.
- GOULDING, M.; M.L. CARVALHO & E.G. FERREIRA. 1988. Rio Negro, rich life in poor water. Hague, Netherlands, SPB Academic Publishing, 200p.
- GULLAND, J. A. 1985. Fish stock assessment. A manual of basic methods, Vol. 1. John Wiley & Sons, England. 223 p.
- HORWOOD, J. W., BANNISTER, R. C. A.; HOWLETT, G. J. 1986. Comparative fecundity of North Sea plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Proceedings of the Royal Society of London B*, 228: 401–431 p..
- ISAAC, V.J. ; RUFFINO, M.L., 1995. Life cycle and biological parameter of several brazilian amazon fish species NAGA. *The ICLARM Quartely*, 4:41-45 p.
- JUNK, W. J. ; BAYLEY, P. B. ; SPARKS. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106: 469-487.

- JUNK, W.J. 1997 The Central Amazon Floodplain: ecology of a pulsing system. Berlin, Springer-Verlag, Ecological Studies 126, 525p.
- LIZAMA, M. A. P. 2000. Estimativa dos parâmetros de crescimento, recrutamento e mortalidade de *Prochilodus lineatus* da planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. Boletim do Instituto de Pesca, v. 26, n. 2, p. 121-128 p.
- LOUBENS, G. ; PANFILI, J. 1992. Estimation de l'âge individuel de *Prochilodus nigricans* (Teleostei, Prochilodontidae) dans le Béni (Bolivie): protocole d'étude et application. Aquat Living Resour 5:41-56 p.
- LOUBENS, G. ; PANFILI, J. 1995. Biologie de *Prochilodus nigricans* (Teleostei: Prochilodontidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). Ichthyol Explor Freshwaters 6:17-32 p.
- LOWE McONNEL, R. H. 1977. Ecology of fishes in tropical waters. Inst. Biol. Stud. Biol. (76): 64 p
- LOWE-MCCONNELL, R.H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo, EDUSP, 584p.
- MANGEL, M. ; MUNCH, S.B. 2005. A life-history perspective on short- and long-term consequences of growth compensation. Am. Nat. 166 (6):155-176 p.
- MATEUS, L.A.F & G.M.B. ESTUPIÑÁN. 2002. Fish stock assessment of piraputanga *Brycon microlepis* in the Cuiabá river basin, Pantanal of Mato Grosso. Brazilian Journal of Biology 62 (1): 165-170p.
- MÉRONA, B. ; BITTENCOURT, M.M. 1988. A pesca na Amazônia através dos desembarques no mercado de Manaus: resultados preliminares. Memoria Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, XLVIII:433-453 p.
- MONTREUIL, V. ; TELLO, J.S. 1988. Determinación de edad em 'boquichico' (*Prochilodus nigricans* Agassiz, Teleostei:Charcoidei) mediante lectura de escleritos em escamas. Folia Amazónica 1:25-45 p.
- MONTREUIL, V., S. TELLO, A. ; RODRIGUÉZ, R. ; ÁGUILA, D. 1994. Rendimiento Máximo Sostenible de la pesquería comercial de boquichico *Prochilodus nigricans*. Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía, pp. 237-244 p.
- MONTREUIL, V. ; GARCIA, A.; RODRIGUEZ, C. 2001. Biología reproductiva de boquichico, *Prochilodus nigricans*, en la Amazonia Peruana. Folia Amazónica 12(1-2):5-13 p.
- MORGANA, M.M. 2011. *Variação Espaço-Temporal em Parâmetros Populacionais de Prochilodus nigricans (TELEOSTEI: Prochilodontidae) na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas. 103 p.

- MOTA, S. Q. ; RUFFINO, M.L. 1997. Biologia e pesca do curimatã (*Prochilodus nigricans* Agassiz, 1829) (Prochilodontidae) no médio Amazonas. *Revista UNIMAR*, vol. 19, no. 2, p. 493-508.
- MUÑOZ-SOSA, D.L. (1996). Age structure and exploitation of giant catfish populations (*Brachyplatystoma* spp.) in the lower Caqueta River, Colombia. Master Thesis. State University of New York (EUA). 100 p.
- NIKOLSKI, G.V. Fish population dynamics. Edinburgh: Oliver E Boyd, 1969. 323p.
- Rijnsdorp, A. D. and van Leeuwen, P. I. 1996. Changes in growth of North Sea plaice since 1950 in relation to density, eutrophication, beam-trawl effort, and temperature. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 1199–1213 p.
- NIKOLSKI, G.V. 1969. Theory of Fish Population Dynamics. Otto Science Publishers, Koenigstein, 317 pp.
- OLIVEIRA, M. I. 1997. *Determinação da idade e aspectos dadinâmica populacional do curimatã Prochilodus nigricans (Pisces; Prochilodontidae) da Amazônia Central*. Dissertação de mestrado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, INPA/FUA, Manaus, Amazonas. 90 p..
- PAYNE, A. I., 1986, A Survey of the rio Pilcomayo sabalo fishery. *Bol. Tec. - Department of Biological Sciences*. Coventry Lancaster Polytechnic, Coventry, UK.
- PAYNE, A. I. ; HARVEY, M. J. 1989. An assessment of the *Prochilodus platensis* Holmberg population in the Pilcomayo river fishery, Bolivia using scale-based and computer-assisted methods. *Aquaculture and Fisheries Management*, 20: 253-248 p.
- PETRERE Jr., M. 1983. Yield per recruit of the tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Amazonas States, Brazil. *Journal of Fish Biology*, v. 22, p. 133-144.
- PETRERE, M. 1978a. Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas. I. Esforço e captura por unidade de esforço. *Acta Amazonica*, 8:439-454 p.
- PETRERE, M. 1978b. Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas. II. Locais e aparelhos de captura e estatística de desembarque. *Acta Amazonica*, 8 (Suplemento 2), 1- 54 p.
- PIANKA, E. R. 1970. On r- and K-selection. *American Naturalist* 104:592-597 p.
- PIRKER, L.E.M. 2001. Determinação da idade e crescimento da piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* (VALENCIENNES, 1840) (SILURIFORMES: PIMELODIDAE) capturada no estuário amazônico. Dissertação de mestrado, UFPa-MPEG (Belém, PA), p. 85.

- PRESTES, L., SOARES, M.G.M., SILVA, F.R.; BITTENCOURT, M.M. 2010. Dinâmica populacional de *Triportheus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus*(CHARACIFORMES: CHARACIDAE) em lagos da Amazônia Central. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 3.
- RÁEZ, V. 1976. Algunos aspectos sobre el Ciclo Biológico, Ecología y Cultivo del "boquichico" *Prochilodus nigricans* Agassiz, 1829 en la zona de Pucallpa. Tesis para optar el grado académico de Bachiller en Ciencias Biológicas. UNMSM. Lima-Perú, 95 p.
- REIS, R. E.; KULLANDER, S. O. & FERRARIS, JR. C., 2003. Check list of the fresh water fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil, 742 p.
- RIBEIRO, M.C.L.B. 1983. *As Migrações dos Jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no Rio Negro, Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 192 p.
- RICKER, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin Fisheries Resources Board Canadian*, 191: 1-382.
- RICHER, W. E. 1981. Changes in the average size and average age of Pacific Salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38: 1636–1656 p.
- RIOFRÍO, J. 2002. Aspectos biométricos y reproductivos de boquichico *Prochilodus nigricans* Agassiz, 1829 (Pisces: Prochilodontidae) en Ucayali, Perú. *Rev Peru Biol* 9(2): 111-115 p.
- ROCHET, M.J. 1998. Short-term effects of fishing on life history traits of fishes. *ICES Journal of Marine Science* 55: 371-391 p.
- RUFFINO, M. L., 2004. *A pesca e o recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*. 1. ed. Manaus: Ibama/ProVárzea, 272 p.
- SÁNCHEZ-BOTERO, J.L. & ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M. 2001. As macrófitas aquáticas como berçário para a ictiofauna da várzea do rio Amazonas. *Acta amazon.* 31(3):437-447p.
- SANTOS FILHO, L. C. & BATISTA, V. 2009. Dinâmica Populacional da Matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. *Zoologia* 26(2). 195 – 203 p.
- SAZIMA, I. 1983. Scale-eating in characoids and other fishes. *Environmental Biology of Fishes*, v. 9, n.2, 87-101 p.
- SILVA, E. A. ; STEWART, D. J. 2006. Age structure, growth and survival rates of the commercial fish *Prochilodus nigricans* (bocachico) in northeastern Ecuador.

Environmental Biology of Fishes 77:63–77 p.

- SIVASSUNDAR, A., ; BERMINGHAM, B. ; ORTÍ, G. 2001. Population structure and biogeography of migratory freshwater fishes (*Prochilodus* : Characiformes) in major South American rivers. *Molecular Ecology* 10(2): 407-417 p.
- SMOLDERS, A. J. P., G. VELDE, van der, ; ROELOFS, J. G. M. Roelofs ; GUERRERO, M. A. 2000. El Niño caused collapse of the Sábalo fishery (*Prochilodus lineatus*, Pisces: Prochilodontidae) in a South American river. *Naturwissenschaften*, 87: 30-32 p.
- SOARES, G.M.S.; SILVA, F.R.; ANJOS, H.D.B.; PRESTES, L.; BEVILAQUA, D.R. CAMPOS, C.P. 2009. Ambientes de Pesca e Ictiofauna do Complexo Lacustre do Lago Grande de Manacapuru: Composição Taxonômica e Parâmetros Populacionais. In: A Pesca na Amazônia Central. Ecologia, Conhecimento Tradicional e Formas de Manejo. Ed. EDUA. Universidade Federal do Amazonas. 378 p.
- SPARRE, P. & VENEMA, S.C.. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper N° 306.1. Rev. 1. Rome, FAO, 376 p.
- SPARRE, P. & VENEMA, S.C. 1997. Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1: Manual. FAO, Roma.
- STASSEN, M. J. M.; VAN DE VEN, M. W. P. M.; VAN DER HEIDE, T.; HIZA, M. A. G.; VAN DER VELDE, G.; SMOLDERS, A. J. P. 2010. Population dynamics of the migratory fish *Prochilodus lineatus* in a neotropical river: the relationships with river discharge, flood pulse, El Niño and fluvial megafan behavior. *Neotropical Ichthyology*, v. 8, n. 1, p. 113-122 p.
- SVERLIJ, S. B.; SHENKE, R. L. D.; LOPEZ, H. L. & ESPINACH-ROS, A. 1998. Peces del rio Uruguay. Montevideo, CARU. 89p.
- TAPHORN, D. C. 1992. The Characiform fishes of the Apure river drainage, Venezuela. *Revista. BioLlania. Edición Especial N° 4.* 537 p.
- TAYLOY, C. C. 1958. Cod growth and temperature. *Journal du Conseil International pour L'exploration de la Mer* 23: 366-370 p.
- VALDERRAMA, M. ; SOLANO, D. 2004. Estado de la poblacion de Bocachic o, *Prochilodus magdolenae* (Pisces: Characiformes), y su manejo en la cuenca del Rio Sinu, Colombia. *Dahlia (Rev. Colomb. Ictiol.)* 7:3-12 p.
- VAZZOLER, A. E. A. 1981. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes: reprodução e crescimento. Brasília, CNPq-Programa Nacional de Zoologia. 108p.

- VIEIRA, E. F. 1999. *Determinação da idade e crescimento do jaraqui de escama grossa (Semaprochilodus insignis) na Amazônia Central*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas. 86p
- VIEIRA, E. F. 2003. *Dinâmica sazonal e inter-anual da estrutura populacional e do impacto da exploração pesqueira do jaraqui escama fina (Semaprochilodus taeniurus) e jaraqui escama grossa (S. insignis) em subsistemas hidrográficos da Amazônia central*. (tese de doutorado) INPA-UFAM 246p.
- VILLACORTA-CORRÊA, M.1987. *Crescimento do matrinxã, Brycon cephalus (Gunther, 1969) (teleostei:Characidae) no baixo rio negro, seus afluentes e no baixo Solimões*. (Dissertação de Mestrado), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas. 124p.
- VILLACORTA-CORRÊA, M.1997. *Estudo de idade e crescimento do Tambaqui Colossoma macropomum Characiformes: Characidae no amazonas central, pela análise de marcas sazonais nas estruturas mineralizadas e microestruturas nos otólitos*. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas. 216p.
- WELCOMME, R.L. 1979. Fisheries ecology of floodplain rivers. London, Longman. 317 p.
- ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.544 p.

1. Introdução

Há pouco mais de um século, a pesca na Amazônia era praticada principalmente pelos ameríndios por meio de canoas de madeira e apetrechos de pesca artesanais com reduzido poder de captura (Veríssimo, 1895). No decorrer do século XX, novas técnicas e apetrechos com maior poder de captura foram incorporados à pesca, ao mesmo tempo em que surgiram embarcações equipadas com caixas de isopor, urnas de gelo e motores a diesel, tornando possível a conservação do pescado por mais tempo e a execução de viagens mais distantes à procura de regiões onde os estoques ainda sofriam pouca pressão da pesca comercial (McGrath et al., 1993). Os principais mercados da região passaram a manter um abastecimento de pescado congelado, tornando secundária a prática de salgar o peixe, até então a principal técnica de conservação. Concomitante, os pescadores se profissionalizaram e a demanda de pescado pelos centros urbanos em crescimento aumentou, induzindo ao aumento da pressão pesqueira sobre os estoques ainda subexplorados da bacia Amazônica (Barthen & Fabré, 2004).

Atualmente cerca de 200 espécies são utilizadas para subsistência dos ribeirinhos e para a comercialização, mas pouco mais de uma dezena representam aproximadamente 80% do desembarque nos grandes centros urbanos ao longo do rio Solimões/Amazonas (Petrere, 1978; Batista, 1998; Barthen & Fabré, 2004), sendo que a composição das capturas varia consideravelmente de acordo com a região (Batista et al., 2012). A exploração comercial tem sido centrada principalmente nos grupos de peixes pertencentes à ordem Siluriformes, conhecidos regionalmente como fera, peixe liso ou bagre, representados por peixes sem escamas e com barbilhões mentonianos, e Characiformes, representados pela maioria dos peixes de escamas que ocorrem no ambiente amazônico (Batista, 1998; Batista & Petrere, 2003).

O estado do Pará e a cidade de Letícia, na Colômbia, se destacam na atividade pesqueira das feras. No estuário paraense, a pesca da dourada *Brachyplatystoma rousseauxii*, da piramutaba *B. vaillantii*, do filhote *Brachyplatystoma capapretum*, do mapará *Hypophthalmus marginatus* e do surubim *Pseudoplatystoma tigrinum* representa mais da metade do desembarque pesqueiro anual (Barthen, 2004; Parente et al., 2005, Batista et al., 2012), enquanto na região do baixo rio Amazonas, são responsáveis por cerca de 35 % do abastecimento da cidade de Santarém (Issac et al.,

2004; Batista et al., 2012). Na região do alto rio Solimões, em Leticia (Colombia), a dourada, piramutaba, a piraíba *Brachyplatystoma filamentosum*, o babão (*Goslinea platynema*) a pirarara (*Phractocephalus hemilioferus*) e a piracatinga (*Calophysus macropterus*), chegam a representar mais de 90 % dos desembarques (Muñoz-Sosa, 1996; Barthem & Fabr e, 2004; Petrere et al., 2004). Algumas dessas espécies realizam migra es anuais que podem chegar a mais de 3000 quilômetros na bacia, aparentemente utilizando as regiões de cabeceira dos tributários de água branca para desovarem (Barthem, 1997). Possuem como características principais baixa taxa de crescimento, maturac o sexual tardia, normalmente após o sexto anos para as espécies de grande porte como a dorada e a piraíba (Muñoz-Soza, 1996; Vásquez et al., 2005; Goulding, 1997), e alta longevidade, podendo chegar a mais de 20 anos de idade (Pirker, 2001; Alonso, 2002).

Nas regiões da Amazônia central, médio e alto rio Amazonas, o desembarque pesqueiro   dominado principalmente pelos Chraciformes, também conhecidos como peixes de escamas, formados por espécies de pequeno a médio porte, com boa aceita o regional como a curimatã (*Prochilodus nigricans*), os jaraquis (*Semaprochilodus insignis* e *S. taeniurus*) e os pacus (*Mylossoma* spp., *Myleus* spp.) que, somados aos arac s (*Leporinus* spp e *Schizodon fasciatus*), a matrinxã (*Brycon amazonicus*) a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e as sardinhas (*Triportheus* spp.), representam mais de 90 % do desembarque pesqueiro (Junk et al., 2007; Freitas & Rivas, 2006; Batista et al., 2012). Ao contrário das feras, possuem como características altas taxas de crescimento (Oliveira, 1997; Prestes et al., 2010; Ribeiro, 1983; Fabr e & Saint-Paul, 1998; Isaac & Ruffino, 1995; Soares et al., 2009), atingindo a maturidade sexual normalmente com um a dois anos de idade (Oliveira, 1997; Sarmiento & Alvarez-León, 2003), vivendo por 3 a 10 anos, dependendo do tamanho da espécie, que pode variar de pouco mais de 20 centímetros, como as sardinhas (Prestes et al., 2010), a mais de 1 metro de comprimento, como o tambaqui (Araújo-Lima & Goulding, 1998).

Essas espécies são razoavelmente bem conhecidas no que se refere   distribuic o, habitats de ocorrência, hábitos alimentares, comportamento migratório e reprodutivo (Goulding, 1979; Barthem & Goulding, 1997) e também quanto a contribuic o no

desembarque pesqueiro (Petrere, 1978; Batista, 1998; Batista & Petrere, 200; Batista et al., 2012), porém, aspectos da dinâmica populacional ainda são escassos. O entendimento desses aspectos, especialmente para espécies exploradas, é fundamental para o sucesso de qualquer plano de manejo e conservação dos recursos pesqueiros (Fonteles-Filho, 1989), pois permite que taxas sustentáveis de exploração sejam estimadas, avaliando os efeitos de fatores abióticos sobre o tamanho da população, predizendo se uma espécie está ou não ameaçada de sobrepesca (Csirke, 1980; King, 1995).

O aumento da pressão pesqueira tem impactado negativamente os estoques de algumas espécies na Amazônia, como a piramutaba *Brachyplatystoma vailantii* (Barthem & Goulding, 1997), os jaraquis *Semaprochilodus insignis* e *S. taeniurus* (Batista, 1998), o surubim *Pseudoplatystoma tigrinum* (Ruffino & Isaac, 1999), a dorada *Brachyplatystoma flavicans* (Alonso, 2002), a piraíba *Brachyplatystoma filamentosum* (Petrere et al., 2004), a curimatã *Prochilodus nigricans* (Freitas et al., 2007), o pirarucu *Arapaima gigas* (Castello et al., 2011), o tambaqui *Colossoma macropomum* (Petrere, 1983; Mérona & Bittencourt, 1988), o barba chata *Pirinampus pirinampu* (Sant'ana et al., 2014) e o tucunaré *Cichla monoculus* (Campos & Freitas, 2014). Essas espécies foram avaliadas utilizando modelos matemáticos que exigem fonte de dados distintas, como os modelos de produção de Shaefer (1954) e o modelo analítico de Beverton & Holt (1957).

O modelo de produção de Shaefer, também conhecido como modelo de ecossistema ou modelo holístico, é baseado no modelo de crescimento logístico e não utiliza termos explícitos para representar parâmetros populacionais como crescimento e mortalidade (Gulland, 1983), sendo que o principal interesse é o excedente da produção disponível para exploração após a renovação do estoque, por meio do recrutamento e do crescimento individual, e a diminuição do estoque, por meio da mortalidade (Quinn & Deriso, 1999; Hilborn & Walters, 1992), buscando estimar o nível ótimo de esforço que produz o máximo rendimento sustentável sem afetar a produtividade do estoque a longo prazo (Sparre & Venema, 1997). Exigem longas séries de dados de captura e esforço, cenário raro na região amazônica em virtude da exigência de alta demanda de recursos financeiros para manutenção de projetos de monitoramento de desembarque em larga escala temporal. Na Amazônia esse modelo já foi aplicado para o tambaqui, jaraqui,

surubim e curimatã (Freitas et al., 2007; Montreuil et al., 1994; Mérona & Bittencourt, 1988).

O modelo de Beverton & Holt, também conhecido como modelo analítico, utiliza parâmetros biológicos de crescimento, mortalidade e idade inicial de captura para representar variações na biomassa e estrutura do estoque capturável. Esse modelo prediz quando um esforço de pesca, em função da mortalidade, consegue produzir sem levar o estoque pesqueiro a um nível insustentável. Esse modelo tem sido preferido pela comunidade científica, haja vista que os dados necessários podem ser levantados em um prazo menor de tempo do que o modelo holístico de Schaefer, o que implica principalmente em um aporte financeiro menor, apesar dos custos para coletar as informações também serem razoavelmente altos. Onde longas séries de dados não são disponíveis, o modelo de rendimento por recruta oferece uma alternativa viável (Holden, 1995).

A exigência desses modelos em relação à logística, custos operacionais, financeiros e capacidade institucional, limita a execução de avaliações de estoques Amazônia. Sem essas informações básicas, o risco de sobrepesca aumenta, resultando na má gestão das pescarias. Como resultado direto dessas limitações, são escassos os estudos destinados a avaliar os estado de exploração dos estoques pesqueiros da Amazônia.

Além das dificuldades para aplicação dos modelos de avaliação, os parâmetros populacionais estimados para essas espécies muitas vezes são extrapolados para outras áreas da bacia onde não foram estudadas, deixando de levar em consideração a existência de várias unidades populacionais e os efeitos diferenciados de pressões antrópicas e ambientais sobre os estoques. Finalmente, os usuários direto dos recursos raramente participam da discussão e tomadas de decisão em relação a esses, sendo desperdiçado, dessa forma, o conhecimento empírico detido pelos pescadores sobre a pesca que praticam, conhecimento esse que, muitas vezes, é a única fonte de informação disponível.

Entretanto esse cenário tem mudado nos últimos anos na região Amazônica. O conhecimento tradicional tem sido incorporado em modelos de cogestão em áreas abertas (Castro & MaGrath, 2003) e em unidades de conservação, além de ser utilizado

para avaliar a eficiência da legislação pesqueira (Doria et al., 2008) e realizar estimativas de abundância do pirarucu *Arapaima gigas* (Castello, 2004)

Como alternativa aos modelos convencionais de avaliação de estoques, o Departamento Inglês para o Desenvolvimento Internacional (Department for International Development - DFID) desenvolveu um programa de avaliação que permite aos interessados participarem do processo de gestão (Wilson et al., 2004). O Participatory Fisheries Stock Assessment (PARFISH) foi desenvolvido para fornecer uma abordagem rápida e participativa para avaliações de estoque, utilizando o conhecimento tradicional dos pescadores e outros usuários, sendo particularmente útil em situações onde faltam recursos financeiros, fornecendo uma estrutura para o desenvolvimento de iniciativas de cogestão (Medley, 2006). O conceito geral do PARFISH é centrado num ciclo adaptativo de aprendizagem, avaliação, planejamento de gestão e implementação (Garaway & Arthur, 2005) onde a participação dos interessados é a chave do processo. A avaliação de estoque e a gestão são baseadas na Estatística Bayesiana e na Teoria da Decisão, tendo sido aplicado experimentalmente em algumas regiões da África e da Índia (Taylor & Medley, 2003; Wakeford et al., 2008), principalmente em áreas com recifes de corais, um dos ambientes de pesca atualmente mais ameaçados do mundo. O PARFISH tem mostrado resultados satisfatórios por meio da indicação do estado atual da pesca. Esse modelo ainda não foi utilizado no Brasil, embora as limitações logísticas e financeiras para trabalhar com avaliação de estoques sejam muito similares aos países pobres onde o programa já foi aplicado.

Diante disso, esse estudo teve como proposta avaliar o estado atual de conservação da curimatã *Prochilodus nigricans*, uma das principais espécies comerciais da Amazônia, por meio dos modelos de Beverton & Holt (1957) e PARFISH, visando verificar se o PARFISH tem o mesmo poder de predição que o modelo convencional, buscando a validação de uma ferramenta alternativa que possibilite que informações preliminares sobre os estoques sejam realizadas em menor tempo e com menor aporte financeiro, adequando-se à realidade da pesca na região e contribuindo como subsídio ao ordenamento pesqueiro por meio do envolvimento direto dos usuários no processo de avaliação e tomada de decisão.

2. Hipóteses

H0 – O estoque de *P. nigricans* na região do baixo Solimões não está sobrexplotado.

H0 – Modelos de avaliação de estoque embasados em parâmetros da dinâmica populacional, como Beverton & Holt, e modelos baseados na opinião de usuários e especialistas, como PARFISH, apresentam capacidade de predição semelhante.

3 Objetivo Geral

Avaliar o estado de conservação da curimatã *Prochilodus nigricans* na região do baixo Solimões.

3.1 Objetivos Específicos

- Avaliar o estado de conservação de *P. nigricans* por meio do modelo de Beverton & Holt;
- Avaliar o estado de conservação do *P. nigricans* por meio do modelo PARFISH;
- Verificar se os modelos possuem mesma capacidade de predição;
- Sugerir propostas de conservação da espécie na região do baixo Solimões.

4. Área de estudo

Os dados utilizados nos modelos de Beverton & Holt e PARFISH foram coletados na mesma área de estudo descrita no capítulo anterior.

5. Métodos

5.1 Modelo de avaliação de Beverton e Holt

A partir de janeiro de 2012 iniciamos o monitoramento do desembarque pesqueiro nos principais portos de desembarque de Iranduba e Manacapuru, finalizando em dezembro de 2013, completando 24 meses de coleta de dados. Mensalmente, aproximadamente 300 medidas de comprimento total (CT), furcal (CF), padrão (CP) e peso (g) foram registradas em cada município no momento em que os peixes foram

desembarcados. Os peixes medidos foram oriundos de alguns dos principais pesqueiros do Baixo Solimões (Tabela 1), provenientes da pesca comercial de pequena escala, caracterizados pelo uso de mais de um apetrecho de pesca e a captura de várias espécies.

Tabela 1. Locais de origem dos peixes utilizados nesse estudo.

Pesqueiros	Latitude (S)	Longitude (O)
Lago Janauacá	3° 22'47.10''	60° 16'10.43''
Lago do Mirití	3° 18'08.18''	60° 35'46.34''
Lago do Manaquirí	3° 25'00.25''	60° 29'10.30''
Lago Preto	3° 14'28.92''	60° 18'02.20''
Lago do Jacaré	3° 39'19.11''	60° 49'28.49''
Ilha da Paciência	3° 17'12.99''	60° 14'20.16''
Ilha do Jucurutú	3° 20'51.74''	60° 12'50.51''
Rio Manacapuru	3° 10'05.32''	60° 50'17.93''
Lago Grande de Manacapuru	3° 18'28.73''	60° 48'53.53''
RDS Piranha	3° 26'23.86''	60° 02'17.39''
Canal do Solimões	3° 35'44.41''	61° 15'23.44''
Canal do Solimões	3° 17'25.52''	59° 59'45.69''

Os parâmetros de crescimento L_{∞} , k e $A_{0,95}$ foram estimados pela equação de Von Bertalanffy. O parâmetro t_0 foi considerado 0 porque o tamanho inicial do indivíduo é negligenciável e porque não tem interpretação biológica. A idade do recrutamento (T_r) e da primeira captura (T_c) foram estimadas usando as seguintes adaptações da equação de Von Bertalanffy (Sparre & Venema, 1997):

$$T_r = t_0 - \left(\frac{1}{k}\right) * Ln * \left[1 - \frac{L_t}{L_{\infty}}\right]$$

$$T_c = t_0 - \left(\frac{1}{k}\right) * Ln * \left[1 - \frac{L_t}{L_{\infty}}\right]$$

O comprimento de primeira captura e o comprimento médio de recrutamento foram estimados assumindo que $L_c = L_r =$ a menor classe de tamanho representada na

amostra (King, 1995; Sparre & Venema, 1997). Os parâmetros “a” e “b” da regressão que caracteriza a relação peso / comprimento foram estimados no programa Statistic, versão 9.0, usando estimação não linear pelo método de interação de Levenberg-Marquardt, por meio da equação $W = a \cdot L^b$, onde W é o peso total e L é o comprimento padrão. A mortalidade natural (M) foi estimada por meio da equação de Taylor (1958) que primeiro estima a longevidade $A_{0,95} = t_0 + (2,996/k)$ para depois estimar a mortalidade $-\ln(1-0,95) / A_{0,95}$. A mortalidade total (Z) foi calculada pela curva de captura linearizada (King, 1995), assumindo que a densidade do estoque diminui a uma taxa proporcional de abundância de cada classe de idade. A idade (t) foi estimada usando a equação $t = -\ln(1-Lt/L\infty) / k$, assumindo que Z representa o declive da regressão. A mortalidade por pesca (F) foi calculada pela diferença entre a mortalidade total e mortalidade natural $F = Z - M$.

A curva de rendimento por recruta foi ajustada para o modelo de Beverton & Holt (1957), como descrito em Sparre & Venema (1997):

$$\frac{Y}{R} = F * \exp[-M * (Tc - Tr)] * W_{\infty} * \left[\left(\frac{1}{Z} \right) - \left(\frac{3S}{Z + K} \right) + \left(\frac{3S^2}{Z + 2K} \right) - \left(\frac{3S^3}{Z + 3K} \right) \right]$$

onde Y / R = rendimento por recruta (g/recruta); F = mortalidade por pesca; M = mortalidade natural; Tr = idade do recrutamento; Tc = idade da primeira captura; W_{∞} = peso máximo teórico; Z = mortalidade total; $S = \exp[-k \cdot (Tc - t_0)]$; k = taxa intrínseca de crescimento; t_0 = parâmetro estimado pela equação de Von Bertalanffy.

Os valores de idade de primeira captura foram modificados para o comprimento mínimo estabelecido pela portaria do IBAMA/GEREX/AM 2001 para obter diferentes cenários de rendimento por recruta.

5.2 Modelo PARFISH

O PARFISH é baseado na estatística bayesiana e permite que informações de várias fontes sejam relevantes para determinação do nível ótimo de controle de um determinado recurso pesqueiro. Os resultados são expressos como probabilidades de eventos não observados, associados a incertezas, utilizando os cálculos anteriores (a priori) que são derivadas dos dados empíricos levantados junto aos pescadores.

O PARFISH utiliza o modelo logístico de crescimento populacional em unidade de biomassa, proposto por Verhulst (Pastor, 2008), para descrever a forma como o estoque se comporta. Modelos individuais são criados para cada fonte de dados e expressos como distribuições de probabilidade (PDF). As PDF de cada modelo são então combinadas para proporcionar uma PDF posterior para cada parâmetro do modelo. Uma vez estimados os parâmetros, associados às incertezas, é possível avaliar o estado atual do estoque. Esses parâmetros podem ser estimados por meio do conhecimento empírico do pescador, da pesca experimental em áreas fechadas e de série de dados sobre captura e esforço, se disponíveis, ou da combinação dessas fontes de informação.

Informações sobre a preferência dos pescadores para diferentes níveis de captura por unidade de esforço também são incorporados na avaliação. Os controles podem ser sobre o esforço aplicado à pesca, sobre cotas de produção ou ainda sobre a restrição da atividade pesqueira em determinadas áreas (áreas fechadas). Os resultados fornecem os níveis de controle que maximizam as preferências dos pescadores, além de indicadores de avaliação como o rendimento máximo sustentável (RMS) e a mortalidade por pesca (F) e das incertezas ao redor desses resultados.

A execução completa do programa é um ciclo de aprendizagem participativa que passa obrigatoriamente por seis estágios:

- 1) Entendimento do contexto local da pescaria que se pretende estudar;
- 2) Divulgação da proposta de avaliação de estoque para grupos potencialmente interessados no recurso;
- 3) Identificação e ajuste das unidades requeridas pelo modelo, coleta e análise dos dados;
- 4) Divulgação, devolução e discussão dos resultados junto aos grupos interessados;
- 5) Consenso sobre as ações de manejo geradas a partir dos dados; elaboração de um plano de ação; divisão de responsabilidades;
- 6) Avaliação do impacto das ações em relação à participação dos usuários e retroalimentação do processo, buscando diminuir as incertezas sobre os resultados já existentes.

Para atender aos objetivos desse estudo, os esforços foram centrados até o terceiro estágio, onde o estado de conservação do estoque da curimatã *P. nigricans* foi estimado, baseado estritamente em dados empíricos levantados por meio de entrevistas junto aos pescadores que moram e atuam nas pescarias da região do Baixo Solimões, mais especificamente nos pesqueiros localizados nos municípios de Iranduba e Manacapuru.

Após o terceiro estágio, onde o estado atual do estoque é estimado, os resultados são divulgados e discutidos entre os grupos usuários até que se chegue a um consenso sobre as ações de manejo que serão adotadas a partir das informações geradas. As responsabilidades são divididas e um plano de ação é criado. Por último, após o período estabelecido no plano, há a necessidade de avaliar o modelo e retroalimentá-lo com outras informações, que podem ser geradas a partir de novas entrevistas, mas também por informações oriundas do monitoramento pesqueiro, ferramenta de coleta de dados incentivada a partir do momento em que se opta em adotar o PARFISH como uma ferramenta de manejo.

5.2.1 Entendimento do contexto das pescarias locais

Apesar da curimatã ser uma das principais espécies exploradas comercialmente na Amazônia, é comum escutar de pescadores experientes que os estoques estão diminuindo, tanto em abundância quanto no tamanho dos peixes.

A região do baixo Solimões é uma das principais áreas de pesca das frotas de embarcações de Manaus, Manacapuru, Iranduba e outros pequenos municípios situados relativamente próximos à capital. Essas regiões historicamente têm sofrido maior pressão pesqueira por estarem próximas a grandes centros urbanos em expansão, com demandas cada vez maiores de pescado (Petrere, 1978; Batista et al., 2012). Naturalmente espera-se que os estoques pesqueiros respondam a essa pressão. Entretanto a situação do estado de conservação da maioria das espécies relevantes comercialmente, dentre as quais a curimatã, é desconhecido.

Nesse cenário, o PARFISH pode ser utilizado como uma ferramenta assistente da gestão, haja vista que atende as condições de inexistência de dados, o que justifica sua aplicação, e a presença de comunidades pesqueiras que detém o conhecimento empírico em relação às modificações sobre esforço e captura ao longo do tempo. Sendo assim, procuramos aplicar o PARFISH para verificar se o mesmo possui poder de predição

similar à avaliação de estoque convencional, buscando avaliar o estado de conservação dessa espécie e validar essa ferramenta de manejo para a região.

5.2.2 Divulgação do projeto

As reuniões foram realizadas a partir de junho de 2012, após a aprovação do Projeto CNPq Universal número 4774562011-1 e posteriormente a partir da emissão do parecer favorável (nº 380.452) do Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). As colônias de pescadores de Manacapuru (Z-9) e de Iranduba (Z-8), assim como as Secretarias de Meio Ambiente desses municípios foram visitadas. Nessas ocasiões, a proposta de aplicação do PARFISH foi apresentada e uma estratégia de coleta de dados foi discutida. Durante a execução de projeto foi necessário continuar a divulgação, haja vista que os pescadores ainda não conheciam a proposta.

5.2.3 Ajuste das informações, coleta e análise dos dados

O PARFISH disponibiliza um material de apoio referente às questões que devem ser aplicadas nas entrevistas para que os dados necessários para rodar o modelo sejam corretamente coletados. Como o programa foi desenvolvido para a pesca marinha, sobretudo a que atua em recifes de corais, adaptações tiveram que ser feitas visando ajustar o modelo para a pesca na região amazônica.

As variáveis requeridas pelo programa são referentes às unidades de captura (gramas, quilos, toneladas), unidades de esforço (dias, meses, número de apetrechos) e unidades de tempo (tempo, ano, fase lunar), sendo necessário defini-las antes de iniciar as entrevistas, e utilizá-las de forma padronizada para todos os entrevistados. Após a definição dessas variáveis, questionamento sobre aspectos da pesca podem ser realizados. Em muitos casos, as perguntas tiveram que ser reformuladas para que as informações quantitativas pudessem ser entendidas pelos pescadores e interpretadas pelo entrevistador. Como a região Amazônica possui uma forte sazonalidade, com quatro períodos hidrológicos distintos nos quais a atividade pesqueira está estritamente relacionada, as perguntas foram ajustadas a esses períodos para que depois pudessem ser reajustadas ao banco de dados do programa. Nesse estudo, determinamos Quilograma como a variável de unidade de captura, Dias de Pesca como a variável de

esforço e Ano como a variável de tempo. Apesar do PARFISH permitir que vários apetrechos de pesca utilizados na pescaria sejam combinados, optamos por realizar os questionamentos se referindo apenas ao apetrecho Malhadeira, haja vista que esse apetrecho é o mais comum entre a pesca artesanal de pequena escala, categoria na qual os pescadores entrevistados se enquadram.

5.2.4 Coleta de dados

Dois tipos de formulários foram aplicados. No primeiro, foram obtidas as seguintes informações utilizadas para avaliação do estoque:

- tempo de envolvimento na atividade pesqueira;
- esforço e captura realizados atualmente e no passado (1 ano);
- esforço, captura mínima e máxima que o pescador poderia conseguir com seus atuais aparelhos de pesca, caso o estoque estivesse inexplorado;
- tempo de recuperação do estado atual do estoque para um estado semelhante ao inexplorado.

No segundo formulário, as informações coletadas foram referentes as preferências dos pescadores, utilizadas no modelo para estabelecer os níveis de controle aplicados à pesca:

- esforço atual de pesca ao longo de um ano;
- CPUE atual;
- CPUE diária mínima onde não valeria mais à pena continuar pescando a espécie;
- CPUE diária máxima com o apetrecho disponível atualmente;
- máximo esforço possível de ser empregado ao longo do ano.

Informações sobre preferência dos pescadores em relação a diferentes cenários de esforço e captura também foram coletadas, já que são exigidas pelo programa, mesmo que não necessariamente utilizadas, como nesse caso. O motivo pelos quais não foram utilizadas foi que o objetivo do estudo foi apenas estimar o estado de conservação da espécie, não sugerir medidas de controle nesse momento. Dessa forma, o detalhamento

de como essas informações foram levantadas não são incorporadas nesse estudo, permanecendo apenas as questões levantadas para a avaliação de estoques. Detalhes podem ser encontrados no material de suporte do programa (Walmsley et al., 2005).

Cada entrevista foi realizada separadamente, após contato prévio com o pescador e explicação sobre a pesquisa. Um total de 48 entrevistas foram consideradas na análise, sendo necessário entre 30 a 60 minutos para sua execução. Praticamente em todas as entrevistas foi necessário refazer as perguntas até que o entrevistado entendesse de fato qual o questionamento. Quando o mesmo conseguia responder, novamente a pergunta era feita e, caso confirmada a resposta, a informação era registrada.

5.2.5 Análise dos dados

A avaliação de estoque é baseada no modelo logístico, proposto por Verhulst (Pastor, 2008), usando biomassa como unidade. Após a inclusão dos dados da pesca no modelo, este passa a ser definido por quatro parâmetros:

- Biomassa atual (B_{now}): tamanho inicial do estoque como uma proporção da biomassa inexplorada (B_{inf});
- Biomassa inexplorada (B_{inf}): capacidade de suporte do estoque; tamanho máximo que o estoque pode alcançar sem a presença da pesca; tamanho do estoque inexplorado;
- Taxa de crescimento (r): a taxa intrínseca de crescimento populacional;
- Capturabilidade (q): proporção retirada da população para cada unidade de esforço, por cada apetrecho de pesca separado. A mortalidade por pesca é calculada como o produto da capturabilidade e esforço, de modo que $F = qf$ (King, 1995).

Para isso, é necessário identificar:

- a variação entre a CPUE do último ano ($qB_t + 1$) e do atual (B_t) para o apetrecho de pesca;
- a variação na taxa de captura do estoque inexplorado (U_l, U_h);
- o tempo de recuperação do estoque (T);
- o esforço total da pesca no último ano ($F_t - 1$).

As taxas de captura são expressas como média:

$$[\hat{q}Bt]j = ([\hat{q}Bt]j) + (\sqrt{N-1} \overline{qBt})/\sqrt{N}$$

onde \overline{qBt} = média de captura na amostra.

Esses valores são utilizados para calcular os parâmetros de cada pescador com base no modelo logístico. A taxa intrínseca de crescimento (r) pode ser calculada através da resolução da equação de projeção não linear:

$$X_1 = X_0 (1 + r (1 - X_0)) \dots X_T = X_{T-1} (1 + r (1 - X_{T-1}))$$

$$X_0 = \frac{\hat{q}Bt}{\hat{q}B\infty}, X_T = \frac{U_1}{\hat{q}B\infty}, \hat{q}B\infty = \frac{U_1 + U_2}{2}$$

X_0 é o estado atual do estoque, definido como B_{now} na equação logística. Com o r definido, a capturabilidade pode ser estimada pela taxa de captura atual e esforço, ajustado pela mudança no estoque devido a produção e captura:

$$\hat{q} = \frac{\left((\hat{q}B_{t-1} - \hat{q}B_t) | S + r \hat{q}B_{t-1} \right) \left(1 - \frac{\hat{q}B_{t-1}}{\hat{q}B\infty} \right)}{f_{t-1} \hat{q}B_{t-1}}$$

Dada a capturabilidade do apetrecho do pescador, o tamanho do estoque inexplorado pode ser encontrado:

$$B\infty = \frac{\hat{q} B\infty}{\hat{q}}$$

As informações sobre cada um dos parâmetros são reduzidas a frequência de parâmetros, que são utilizadas no modelo logístico, que por sua vez trata a biomassa como uma única variável, estimando o valor de referência (Rendimento Máximo

Sustentável-RMS). Esse modelo é descrito como uma equação que descreve como a população muda através do tempo:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t \left(1 - \frac{B_t}{B_\infty}\right) - C_t$$

$$C_{gt} = \left(\frac{F_g}{\sum g F_g}\right) \left(1 - e^{-\sum g F_g}\right) B_t$$

$$F_g = q_g f_g$$

onde:

- B_t = biomassa no tempo t ;
- C_t = todas as capturas combinadas na pesca;
- F_g = mortalidade por pesca;
- q_g = capturabilidade do apetrecho g ;
- f_g = esforço aplicado para o apetrecho g

O estado atual do estoque é definido como a biomassa (B_t) dividida pela biomassa inexplorada (B_∞). Se o estado do estoque ficar abaixo do Rendimento Máximo Sustentável (0,5), o estoque está sobrepescado.

6. Resultados

6.1 Avaliação de estoque - Beverton & Holt

A análise foi baseada nos parâmetros de crescimento e mortalidade, estimados no estudo de crescimento, utilizando os dados de comprimento dos peixes, detalhados no capítulo 1 (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros populacionais de *Prochilodus nigricans* capturada na região do Baixo Solimões entre 2012 e 2013.

Parâmetros	2012	2013
Crescimento assintótico (L_{∞})	35,7	35,6
Coefficiente de crescimento (k)	0,65	0,57
Longevidade ($A_{0,95}$)	4,53	5,25
Mortalidade natural (M) (ano^{-1})	0,65	0,56
Mortalidade por pesca (F) (ano^{-1})	1,79	1,94
Mortalidade total (Z) (ano^{-1})	2,45	2,51
Taxa de exploração (E) (ano^{-1})	0,73	0,77
Idade da primeira captura (t_c) (ano)	1,07	1,23
Idade do recrutamento (t_r) (ano)	1,07	1,23
Peso máximo teórico (W_{∞}) (ano^{-1})	1.102,38	1.093,94

As curvas de rendimento relativo usando esses parâmetros geraram um RMS_{2012} de 193,62 gramas/recruta para uma taxa de mortalidade por pesca (F) igual a $1,27 \text{ ano}^{-1}$, que é menor que o atual nível de exploração ($F=1,79 \text{ ano}^{-1}$) (Figura 1). Em 2013 o RMS_{2013} foi estimado em 195,54 gramas/recruta para uma taxa de mortalidade por pesca ($F = 1,1 \text{ ano}^{-1}$) também menor do que o nível de exploração nesse ano ($F = 1,94^{-1}$) (Figura 2). Segundo o modelo, a sobrepesca de crescimento deve estar ocorrendo, uma vez que a pressão de pesca excede o RMS. Nessa situação, os peixes são capturados antes que possam crescer e atingir um tamanho suficiente para contribuir substancialmente com a biomassa do estoque.

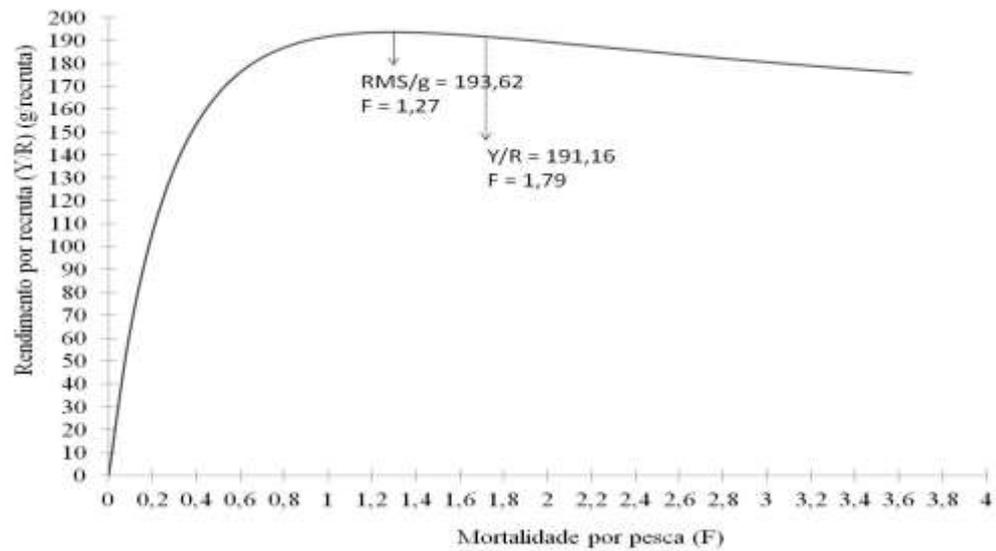


Figura 1. Rendimento por recruta de *Prochilodus nigricans* como uma função da mortalidade por pesca (F) do ano de 2012.

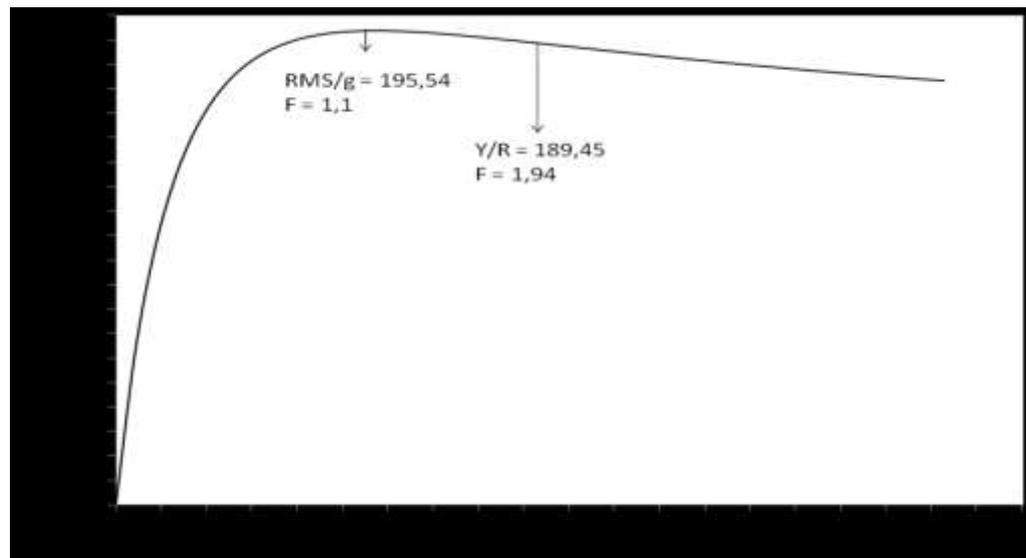


Figura 2. Rendimento por recruta de *Prochilodus nigricans* como uma função da mortalidade por pesca (F) do ano de 2013.

Construindo cenários a partir de mudanças na idade de primeira captura (t_c), para que ela corresponda ao comprimento mínimo estipulado pela Portaria IBAMA/GEREX/AM nº 1 de 13 de março de 2001, em que estabelece em 25 centímetros o tamanho mínimo de captura, e assumindo que os demais parâmetros de rendimento por recruta (mortalidade natural M , coeficiente de crescimento k e

mortalidade por pesca F) permanecem constantes, o modelo prediz que um aumento no comprimento da primeira captura irá permitir um aumento significativo no rendimento por recruta, ainda que mantenha as mesmas taxas de exploração atuais (Figuras 3 e 4).

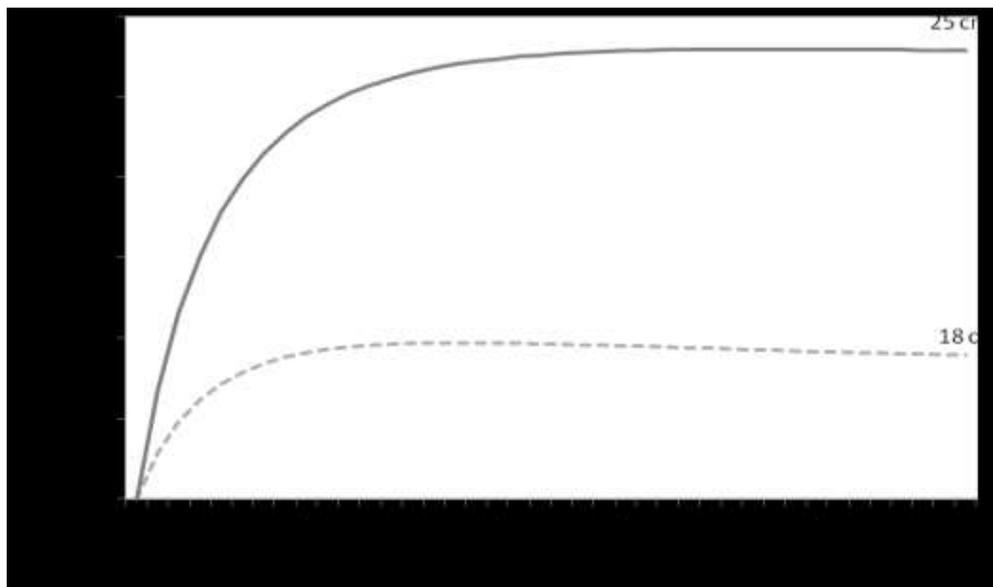


Figura 3. Rendimento por recruta de *Prochilodus nigricans* para dois valores de primeira captura em 2012.

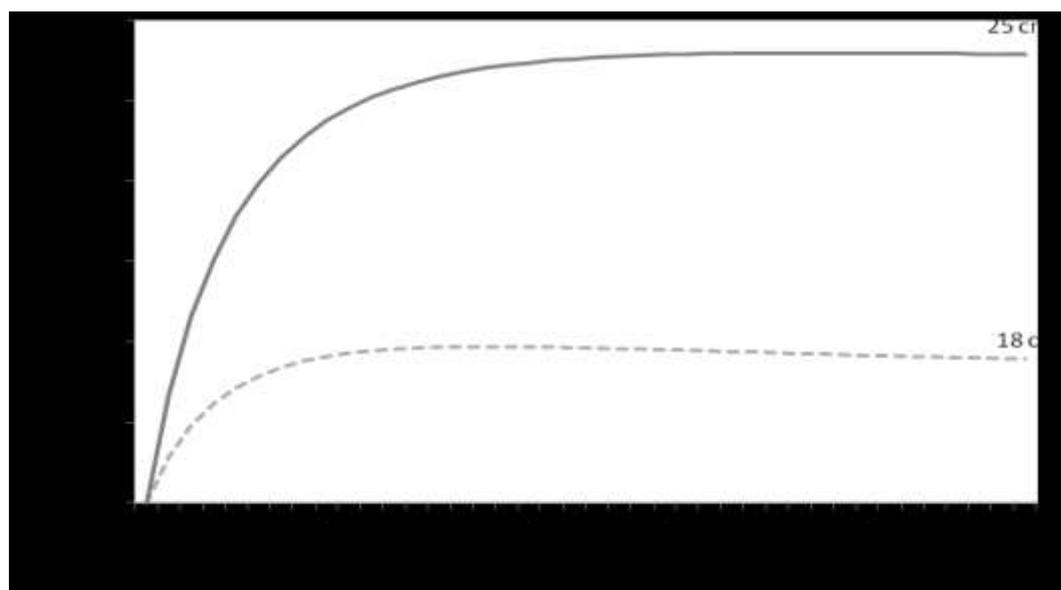


Figura 4. Rendimento por recruta de *Prochilodus nigricans* para dois valores de primeira captura em 2013.

6.2 Avaliação de estoque – PARFISH

6.2.1 Estado atual do recurso

O estado atual da conservação de *P. nigricans* foi calculado por meio de uma distribuição de probabilidade com a realização de 10.000 simulações, utilizando o modelo logístico de biomassa, considerando a biomassa atual como uma proporção da biomassa inexplorada. A ausência de um pico bem definido e a forma da curva mais achatada indicam grande incerteza nos dados, evidenciada pela parte escura do gráfico que mostra que a chance do estoque estar em sobrepesca é de 95 %, associada a um elevado nível de incerteza (0,0922 a 0,4808) (Figura 5).

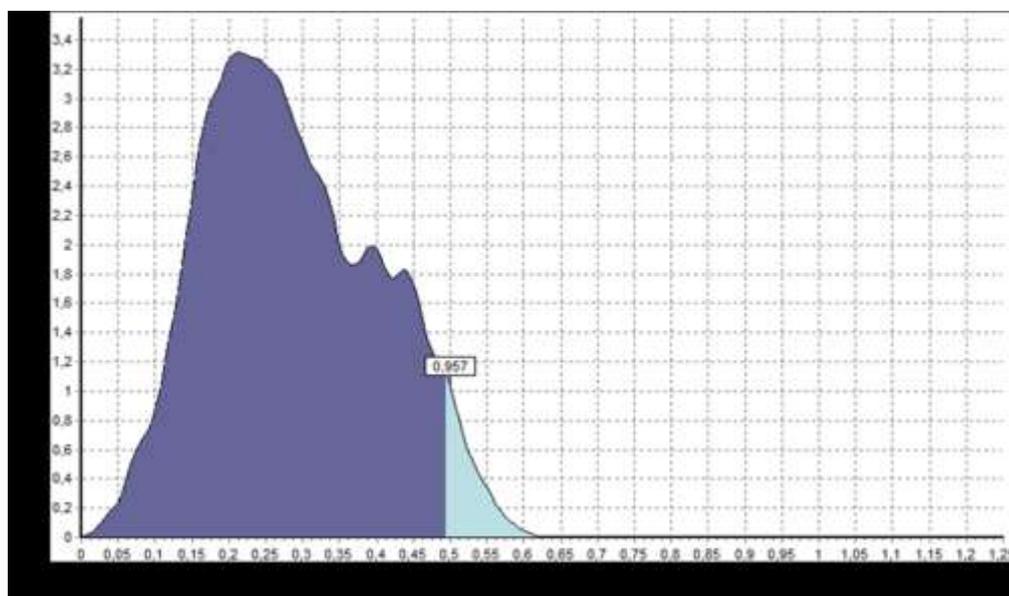


Figura 5. Estado atual da biomassa de *P. nigricans* na região do Baixo Solimões como uma proporção da biomassa inexplorada. A parte azul escuro no gráfico indica a chance do estoque estar em sobrepesca.

6.2.2 Rendimento Máximo Sustentável

O RMS apresentado pelo método do PARFISH foi calculado em 32.200 toneladas (t) anuais, com um intervalo calculado entre 10.700 a 54.300 t. A mortalidade de pesca (F) associado ao RMS foi de $F = 0,38 \text{ ano}^{-1}$, com intervalo de $F = 0,02 \text{ ano}^{-1}$ a $F = 1,45 \text{ ano}^{-1}$ (Figura 6).

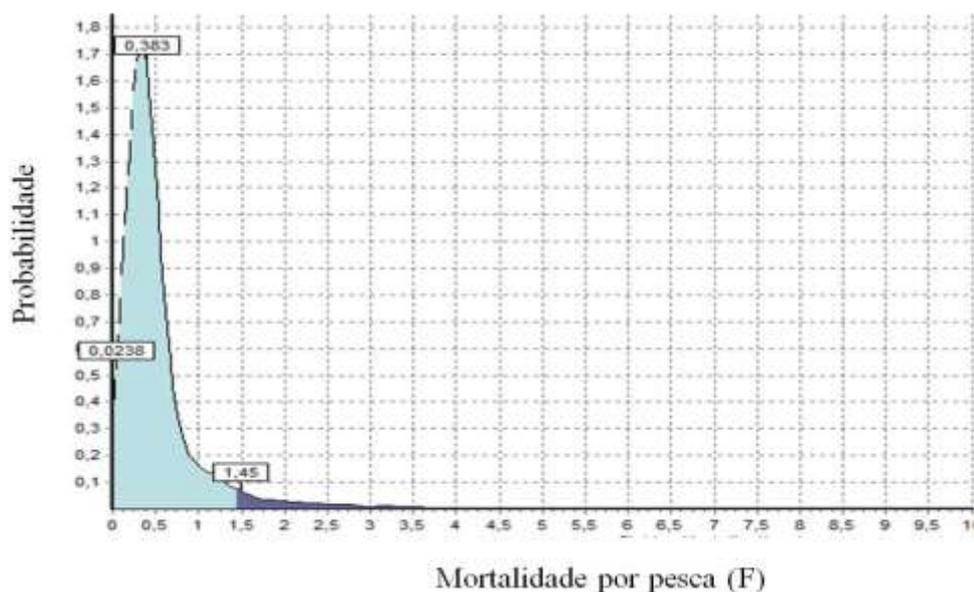


Figura 6. Mortalidade por pesca associada ao Rendimento Máximo Sustentável. A parte do gráfico em azul claro indica o intervalo de 90% para o valor de RMS.

7. Discussão

A compreensão da dinâmica da pesca na Amazônia brasileira ainda representa enorme desafio, tanto para a pesquisa quanto para a gestão dos recursos pesqueiros (Batista et al., 2012), já que as informações sobre a dinâmica populacional de espécies com relevado interesse econômico ainda são escassas.

O reconhecimento das mudanças em número e em composição dos indivíduos numa população ou estoque, e dos fatores que influenciam essas mudanças, são essenciais na gestão (Margalef, 1980; Gulland, 1985; Krebs, 1989), pois permite inferir sobre como o crescimento, recrutamento e mortalidade funcionam e interagem, e estimar taxas sustentáveis de exploração, possibilitando avaliar os efeitos de fatores bióticos e abióticos sobre o tamanho da população e predizer se uma espécie está ou não ameaçada de sobrepesca (Csirke, 1980; King, 1995).

A avaliação de estoque pesqueiro é feita por meio do uso de modelos matemáticos (Quinn & Deriso, 1990; Freitas et al., 2007) que requerem informações sobre idade ou comprimento dos peixes, como os modelos analíticos, ou esforço e produção, como os modelos holísticos (Sparre & Venema, 1997).

Distribuições de frequências de comprimento permitem estimar a idade, o crescimento, a mortalidade e o recrutamento, possibilitando a avaliação de estoques

mediante modelos analíticos como o de Beverton e Holt (Sparre & Venema, 1997), que determina o Rendimento Máximo Sustentável (RMS), uma das principais variáveis de referência para o monitoramento da exploração pesqueira.

Esse modelo tem sido utilizado em importantes regiões pesqueiras do país, como o Pantanal e a Amazônia, sendo os estoques das espécies comerciais como a piraputanga *Brycon microlepis* (Mateus & Estupiñán, 2002), o pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Mateus & Petrere, 2004), o pacu *Piaractus mesopotamicus* (Peixer et al., 2003), a jurupoca *Hemisorubim platyrhynchos* e o jurupensém *Sorubim lima* (Penha, 2003), já avaliados. Na região amazônica, o modelo foi aplicado para o tambaqui *Colossoma macropomum* (Isaac & Ruffino, 1996), para a matrinxã *Brycon amazonicus* (Santos Filho & Batista, 2009), para o tucunaré *Cichla monoculus* (Campos & Freitas, 2014), capararí *Pseudoplatystoma tigrinum* (Ruffino & Isaac, 1999), barba chata *Pirinampus pirinampu*, babão *Brachyplatystoma platynemum* (Sant'anna et al., 2014), piramutaba *Brachyplatystoma vailanti* (Barthem & Petrere, 1995) e dorada *Brachyplatystoma rousseauxi* (Alonso, 2002).

Os resultados dessas avaliações têm sido diversificados. No Pantanal, Mateus & Stupiñá (2002) verificaram que o RMS da piraputanga ainda não havia sido alcançado, da mesma forma a jurupoca, o jurupensém (Penha, 2003) e o pintado (Mateus & Petrere, 2004). Na região Amazônica, Petrere (1983) também não registrou sobrepesca do tambaqui na Amazônia Central, porém Isaac & Ruffino, (1996) encontraram sobrepesca de crescimento no baixo Amazonas durante os anos de 1990. A exceção da matrinxã e do babão, as demais espécies avaliadas na Amazônia estão sobreexploradas.

Apesar da curimatã *P. nigricans* ser a espécie de peixe amazônico com maior potencial pesqueiro (Barthem & Goulding, 2007) e de já terem sido descritos parâmetros populacionais em diferentes localidades na bacia (Tabela 3), nenhuma avaliação de estoque utilizando o modelo de Beverton e Holt ainda sido realizada.

Tabela 3. Parâmetros populacionais estimados para *Prochilodus nigricans* na bacia Amazônia.

Autores	Região	K	L∞	M (ano⁻¹)	Z (ano⁻¹)	F (ano⁻¹)
Isaac & Ruffino, 1995	Baixo Amazonas	0,5	68	0,87	4,53	
Loubens & Panfili, 1995	Bolívia	0,52		0,8		
Oliveira, 1997	Amaz. Central	0,46	41,6	0,47		
Batista, 1998	Amaz. Central			0,47		
Montreuil et al., 2001	Perú					
Riofrío, 2002	Perú					
Silva & Stewart, 2006	Equador	0,18	39,8			
Silva & Stewart, 2006	Equador	0,28	45,7	0,56	0,83	
Silva & Stewart, 2006	Equador	0,29	40			
Silva & Stewart, 2006	Equador	0,29	39,1	0,8		
Catarino et al, no prelo	Baixo Solimões	0,44	34,6	0,47	1,43	1,03

Nesse sentido, o estudo foi desenvolvido numa das principais regiões pesqueiras do estado do Amazonas, o Baixo Solimões, inserido dentro da macrorregião da Amazônia Central, onde mais de 90% do desembarque pesqueiro consiste de espécie migradoras, sendo a curimatã responsável por cerca de 30% da produção total (Barthem & Goulding, 2007). Os resultados obtidos sobre o comprimento assintótico ($L_{\infty 2012}=35,7$ e $L_{\infty 2013}=35,6$), mortalidade natural ($M_{2012}=0,65\text{ano}^{-1}$ e $M_{2013}=0,56\text{ano}^{-1}$) e mortalidade total ($Z_{2012}=2,45\text{ano}^{-1}$ e $Z_{2013}=2,51\text{ano}^{-1}$) estão dentro da amplitude encontrada para essa a espécie na bacia. Entretanto, o coeficiente de crescimento ($k_{2012}=0,65\text{ano}^{-1}$ e $k_{2013}=0,57\text{ano}^{-1}$) e a mortalidade por pesca ($F_{2012}=1,79\text{ano}^{-1}$ e $F_{2013}=1,94\text{ano}^{-1}$) foram os maiores valores já estimados, inclusive para a mesma área de estudo onde a espécie já havia sido amostrada cinco anos atrás (Catarino et al., no prelo) (Tabela 3). Nessa região, o aumento do número de embarcações tem sido registrado nos últimos anos (Batista et al., 2012), o que supostamente pode explicar o aumento nos valores dos parâmetros de crescimento. Estoques explorados comercialmente estão submetidos a mecanismos compensatórios, como aumento nas taxas de crescimento, que por sua vez influencia no alcance da maturidade precoce, com um comprimento mais reduzido (Rochet, 1988; Mangel & Munch, 2005). Embora não seja possível afirmar com precisão qual a participação da pesca em detrimento de outros fatores ambientais, como a intensidade de períodos de seca e enchente, por exemplo, é razoável considerá-la como um dos principais fatores responsáveis, nesse momento, pela diminuição do comprimento de *P. nigricans*.

O modelo de rendimento por recruta é uma abordagem eficiente para a avaliação do estado das unidades populacionais de pesca, representando uma importante ferramenta para a gestão dos estoques explorados comercialmente (Sparre e Venema, 1997), porém sua eficiência tem sido criticada para pescarias multi-específicas devido à complexidade das interações entre as espécies nesses ambientes (Pauly, 1980) e ao fato de não testar hipóteses, definindo apenas pontos de referência.

A curimatã é uma das poucas espécies de médio porte que se alimenta predominantemente de detritos. Junto com os jaraquis *S. insignis* e *S. taeniurus*, dominam o desembarque pesqueiro (Barthem & Goulding, 2007). Pelo fato de consumir um item alimentar que a maioria dos outros peixes não explora, consideramos que essas interações são reduzidas, sendo a aplicação da análise de rendimento por recruta, adequada. A mesma consideração foi feita com o tambaqui *C. macropomum* e o pacu *Piaractus mesopotamicus*, apesar de serem espécies omnívoras (Petreere, 1983; Catella & Petreere, 2007).

As evidências relacionadas ao aumento da taxa de crescimento e à diminuição da longevidade de *P. nigricans* são reforçadas pela análise de rendimento por recruta que estima o estado de sobrepesca do estoque, onde o esforço empregado foi consistentemente maior do que o esforço associado ao RMS nos dois anos amostrados. Esses resultados refutam a hipótese desse estudo de que o estoque pesqueiro de curimatã na região do baixo Solimões não está em estado de sobrepesca.

Nessa região, não só a curimatã foi diagnosticada nesse estado, mas recentemente o tucunaré (*Cichla monoculus*) (Campos & Freitas, 2014) e o tambaqui (em preparação) foram consideradas como sobreexploradas. Essas espécies estão entre as mais importantes para a pesca comercial (Gonçalves & Batista, 2008) e de subsistência das comunidades residentes do baixo Solimões (Garcez et al., 2008), o que chama a atenção para a situação da atividade pesqueira na região.

A simulação do modelo, considerando o tamanho do primeiro recrutamento (t_c) como o tamanho mínimo (25 cm) estabelecido pela Portaria IBAMA/GEREX/AM nº 1 de 13 de março de 2001, sugere que se a pesca da curimatã fosse direcionada à captura de indivíduos desse tamanho, o rendimento seria mais do que o dobro do valor atual, o que sugere que não só o estoque poderia ser recuperado, mas que as capturas seriam mais expressivas em termos de biomassa.

A utilização do modelo de produção de Shaefer tem sido menos frequente na Amazônia em virtude da necessidade de longas séries de dados de desembarque, o que implica necessariamente em altos investimentos financeiros, uma realidade distante da região, uma vez que a maioria das experiências de monitoramento de desembarque pesqueiro foi interrompida com poucos anos de existência.

Na década de 1970, a piramutaba foi avaliada na região do estuário amazônico e os autores concluíram que a espécie não estava sobrexplotada (Bayley & Petrere, 1989). Na década de 1980, o desembarque do tambaqui em Manaus foi analisado por Mérona & Bittencourt (1988), que concluíram que o estoque estava sobrexplotado. Para a curimatã, a sobrepesca também foi evidenciada para a Amazônia Central (Freitas et al., 2007) e Amazônia colombiana (Valderrama & Solano, 2004).

Essas informações têm sido levadas em conta para a gestão dos recursos na Amazônia, porém a efetividade das medidas de manejo aparentemente não tem sido suficiente para a gestão adequada dos estoques, tanto que a participação de algumas espécies no desembarque tem diminuído gradativamente nas últimas décadas, como o tambaqui *C. macropomum* (Petrere, 1978; Batista, 1998; Batista & Petrere, 2003) e o pirarucu *Arapaima gigas* (Castello et al., 2014), substituídos por espécies de rápido crescimento e ciclo de vida curto como a maioria dos Characiformes migradores, nos quais a curimatã está inserida (Petrere, 1978; Batista et al., 2012).

Além das dificuldades de aplicação desse modelo, outro agravante é a falta de monitoramento dos resultados após a elaboração de medidas de manejo, o que obscurece ainda mais a gestão desses recursos. Ao contrário do que ocorre em países desenvolvidos, onde sistemas de monitoramento são mantidos por décadas e as avaliações são repetidas constantemente (Pauly, 2003), na Amazônia nenhuma das espécies foi reavaliada nos mesmos locais onde já foram estudadas.

Esse cenário de dificuldades é muito semelhante aos encontrados em países pobres dos continentes africano e indiano, onde o DFID testou e criou programa PARFISH, que também utiliza o modelo de produção de Shaefer, porém os parâmetros são estimados por meio da estatística bayesiana, permitindo assim incorporar informações de fontes distintas, como séries de dados de esforço e captura e/ou pesca experimental, combinadas com dados empíricos levantados junto a pescadores e outros grupos de usuários interessados na gestão do recurso. Ao contrário do modelo de

Beverton & Holt (1957) que apenas define valores de referência, o PARFISH, além de definir esses valores, também testa hipóteses, já que utiliza probabilidade nas análises.

Assim como no modelo de Beverton & Holt, o estado de sobrepesca também foi estimado para o PARFISH. O resultado da avaliação, expresso como probabilidade, indicou que o estoque tem 95 % de chances de estar sobreexplotado, com um intervalo de incerteza de 0,0922 a 0,4808. Esse resultado indica que o PARFISH apresenta capacidade de predição semelhante ao modelo de Beverton & Holt, porém associado a elevada incerteza.

O Rendimento Máximo Sustentável foi de 32.200 toneladas, com intervalo de 10.700 a 54.300. O valor de RMS foi alto, quando comparado ao calculado para Manaus em 1994, quando o RMS foi estimado em 12.342 toneladas (Freitas et al., 2007). Entretanto, o valor encontrado por esses autores se enquadra dentro do intervalo calculado pelo PARFISH. Da mesma forma, o valor de Mortalidade por Pesca (F) associado ao RMS foi de $0,38 \text{ ano}^{-1}$, menor do que os valores estimados pelo modelo de Beverton & Holt, com intervalo de $0,02 \text{ ano}^{-1}$ a $1,45 \text{ ano}^{-1}$, indicando elevada incerteza no resultado. Porém, os valores estimados pelo modelo de Beverton & Holt também ficaram dentro da faixa estimada pelo PARFISH (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de mortalidade estimados pelos modelos. LI e LS são referentes aos limites inferior e superior do intervalo estimado pelo modelo PARFISH.

Parâmetro	Modelos			
	Beverton & Holt	PARFISH		
F ₂₀₁₂	1,27 ano ⁻¹	LI	0,38	LS
F ₂₀₁₃	1,10 ano ⁻¹	0,02 ano ⁻¹		1,45 ano ⁻¹

Apesar de não existirem experiências com a aplicação do PARFISH na Amazônia, estudos realizados nas ilhas Turks e Caicos, no mar do Caribe, assim como nas ilhas Zanzibar, na república da Tanzânia, África, fornecem a possibilidade de comparações. No Caribe, a avaliação foi conduzida para estimar o estado de conservação da concha *Strombus gigas*, uma espécie de gastrópodo marinho muito apreciado na alimentação. Nessa região, uma série de dados de esforço e captura estava disponível e foi incorporado ao modelo, juntamente com as informações levantadas junto aos pescadores. A avaliação feita utilizando somente as entrevistas indicou estado

de sobrepesca associado a elevada incerteza. A combinação dos dados de entrevistas com a outra fonte de informação confirmou o resultado (Wakeford et al., 2008). De modo similar, duas espécies de pargo (*Etelis oculatus* e *Lutjanus vivanus*) foram avaliadas na África. O modelo estimou que a chance desses estoques estarem sobrexplotados eram menores que 50%, porém também esses dados foram associados a grande incerteza (Wakeford et al., 2008).

A elevada incerteza supostamente atribuiu-se ao fato do reduzido número de entrevistas realizadas. Dessa forma, a redução das incertezas pode ser feita aumentando o número de entrevistados ou incorporando outras fontes de informação no modelo, que podem ser oriundas de série de dados já existentes sobre a pesca local ou levantadas por meio da pesca experimental. Além disso, o monitoramento da pesca após a definição dos níveis de controle deve fornecer novas informações, retroalimentando o modelo, diminuindo a incerteza associada às estimativas e melhorando a gestão do recurso (Walmsley et al., 2005; Wakeford et al., 2008).

O PARFISH faz uso da Teoria da Decisão para modelar resultados de diferentes decisões e destacar a que maximiza a preferência geral dos pescadores, ajudando a determinar o nível de controle que pode ser aplicado à pesca, resultando nas taxas de captura mais preferidas (Walmsley et al., 2005). Pode ser aplicado de forma rápida, a baixo custo fornecendo indicação do estado do estoque estudado, envolvendo diretamente os grupos usuários na discussão e elaboração de estratégias de manejo. Sua aplicação na bacia amazônica pode ser particularmente útil, pois devido às dimensões geográficas, limitações financeiras e logísticas, estudos de estoques pesqueiros na região ainda são escassos. Embora o PARFISH não seja um modelo recomendado para substituir os modelos convencionais, pode representar um ponto de partida no processo de gestão, se configurando numa importante ferramenta de manejo para a bacia amazônica.

8. Propostas de conservação para a espécie na região do Baixo Solimões

Diante dos resultados gerados pelos dois modelos de avaliação, os quais indicaram que o estoque da curimatã *P. nigricans*, na região do Baixo Solimões, encontra-se em estado de sobrepesca, sugerimos algumas medidas de conservação visando não só a recuperação desse importante recurso pesqueiro, mas também o

estabelecimento de uma estratégia de manejo que possa ser utilizada nessa área e replicada a outras regiões da bacia.

Conforme evidenciado pelo modelo de Beverton & Holt, se o comprimento de captura já estabelecido pela medida regulatória (25 cm) fosse respeitado, o rendimento em peso das pescarias seria três vezes maior do que o atual, o que provavelmente proporcionaria a recuperação do equilíbrio do estoque, maximizaria as capturas e agregaria maior valor ao produto. Dessa forma, sugerimos que o setor pesqueiro, assim como os órgãos ambientais e acadêmicos do estado do Amazonas, iniciem uma discussão sobre possíveis estratégias de conservação dessa espécie.

Acreditamos que, por ser a curimatã uma espécie migradora que tem um ciclo de vida associado aos rios e lagos de várzea, e que durante seus movimentos migratórios, sejam eles com finalidades reprodutivas ou dispersivas, são intensamente capturadas nas bocas dos canais que conectam esses ambientes, o respeito à legislação pesqueira, no que tange às normas gerais para o exercício da pesca na bacia Amazônica, se constitua numa importante ferramenta para a conservação da espécie. Mas para que essa ferramenta seja realmente efetiva, não só a fiscalização, mas um programa de divulgação, conscientização e discussão junto aos pescadores deve ser criado, aproximando-os as tomadas de decisão sobre a atividade pesqueira.

Outra sugestão é referente às Unidades de Conservação (UC). Teoricamente os estoques estão protegidos dentro dessas áreas geográficas, mas quando as espécies migradoras foram grandes cardumes e saem para desovar no canal do rio, o que ocorre no período da enchente, as mesmas são intensamente capturadas com grandes redes de cerco, tanto no canal de ligação entre rio e lagos, como na boca do rio. Já existe legislação pesqueira que estabelece um limite de 200 metros de distância da boca do rio para que a atividade pesqueira seja exercida, mas o que na prática não funciona. Dessa forma, sugerimos que, durante o período de reprodução, os órgãos competentes ou responsáveis intensifique a fiscalização para que boa parte do estoque possa sair do sistema de lagos e conseguir se reproduzir, aumentando sua contribuição no recrutamento biológico.

Em relação ao PARFISH, acreditamos que, pelo fato de utilizar o conhecimento tradicional dos pescadores locais como base para a avaliação de estoque e ter um poder de predição semelhante aos modelos convencionais, sendo sua aplicação mais rápida e

barata, a adoção do programa como uma ferramenta de manejo pode ajudar na gestão dos recursos pesqueiros da Amazônia, não só para a curimatã, mas qualquer outra espécie explorada comercialmente. Sugerimos que essa ferramenta seja intensamente divulgada entre os órgãos ambientais e acadêmicos e que vire uma rotina na gestão dos recursos, principalmente em unidades de conservação onde o controle por parte dos grupos usuários é mais eficiente.

9. Conclusões

- O estoque de curimatã está em estado de sobrepesca. Se o tamanho mínimo do comprimento de captura (25 centímetros) for respeitado, o estoque pode se recuperar, com efeito positivo no rendimento por biomassa.
- A aplicação do modelo PARFISH representa uma estratégia alternativa no manejo dos recursos pesqueiros na bacia amazônica, já que torna possível o uso do conhecimento empírico para fazer inferência sobre o estado do estoque. Além disso, incentiva a participação dos pescadores no processo de gestão.

10. Referências bibliográficas

- ALONSO, J.C. 2002. *Padrão espaço temporal da estrutura populacional e estado atual da exploração pesqueira da dourada *Brachyplatystoma flavicans*, Castelnau, 1855 Siluriformes: Pimelodidae), no sistema Estuário-Amazonas-Solimões*. INPA/UFAM, Manaus, 217 p.
- ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; GOULDING, M. 1998. Os frutos do Tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Sociedade Civil Mamirauá/ CNPq/Rainforest Alliance. Brasília, DF. 186 p.
- BARTHEM, R. E GOULDING, M. 1997. Os bagres balizadores: ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos/ Ronaldo Barthem, Michael Goulding – Tefê, AM: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq.. 140 p.
- BARTHEM, R.B. & N.N. FABRÉ. 2004. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros na Amazônia, p. 17-62. *In*: M.L. RUFFINO (Ed.). A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia. Manaus, Ibama, 272 p.
- BARTHEM, R; GOULDING, M. 2007. Um Ecossistema Inesperado: a amazônia revelada pela pesca. Lima, Peru: Amazon Conservation Association; Sociedade Civil Mamirauá, 2007. 241 p.
- BATISTA, V.S.; ISAAC, V.J.; FABRÉ, N.N.; ALONSO, J.C.; ALMEIDA, O.T.; RIVERO, S. JÚNIOR, J.N.O.; RUFFINO, M.L. SILVA, C.O.; SAINT-PAUL, U. 2012. Peixes e pesca no Solimões-Amazonas: uma avaliação integrada Brasília: IBAMA/ProVárzea. 276 p.
- BATISTA, V. S. 1998. Distribuição, dinâmica da frota e dos recursos pesqueiros da Amazônia Central. Tese de Doutorado, INPA/UFAM, Manaus, Amazonas. 292.
- BATISTA, V. S.; PETRERE, M. 2003. Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas State, Brazil. *Acta Amazônica* 33 (1): 53-66 p.
- BAYLEY, P.B. & PETRERE, M. 1989. Amazon fisheries: assessment methods, current status and management options. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106: 385-398 p.
- BEVERTON, R. J. H.; HOLT, S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fishery Investigation*, London, 2(19): 1-533 p.
- CAMPOS, C.P. ; FREITAS, C.E.C. 2014. Yield per recruit of the peacock bass *Cichla monoculus* (Spix and Agassiz, 1831) caught in Lago Grande at Manacapuru (Amazonas – Brazil).
- CAMPOS, C.P. ; FREITAS, C.E.C. 2014. Yield per recruit of the peacock bass *Cichla monoculus* (Spix and Agassiz, 1831) caught in Lago Grande at Manacapuru

- (Amazonas – Brazil). Braz J Biol. 2014 Feb;74(1): 22-30 p.
- CASTELLO, L. ; ARANTES, C.C. ; SARMENTO, F. ; McGRATH, G.2014. Recuperando a pesca do pirarucu no baixo Amazonas, Brasil.
- CASTELLO, L., 2004. A method to count pirarucu *Arapaima gigas*: fishers, assessment and management. North American Journal of Fisheries Management 24, 379-389 p.
- CASTELLO, L; PINNEDO-VASQUEZ, M, ; VIANA, J.P. (2011) Participatory conservation and local knowledge in the Amazon várzea: the pirarucu management scheme in Mamirauá. In: Pinedo-Vasquez M; Ruffino M; Padoch C; Brondízio E (eds) The Amazon varzea: the decade past and the decade ahead. Sears, R Springer-Verlag. pp. 261–176 p.
- CASTRO, F. ; McGRATH, D.G. 2003 Moving toward sustainability in the local management of floodplain lake fisheries in the Brazilian Amazon. Hum Organ;62: 123–3 p.
- CSRIKE, J. 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO,doc. Téc Pesca. Roma, Italia (192): 82 p.
- DORIA, C.R.C. ; ARAÚJO, T.R. ; SOUZA, S.B. ; TORRENTE-VILARA, G. Contribuição da etnoictiologia à análise da legislação pesqueira referente ao defeso de espécies de peixes de interesse comercial no oeste da Amazônia Brasileira, rio Guaporé, Rondônia, Brazil. Biotemas, 21 (2).
- FABRÉ, N.N; SAINT-PAUL, U.1998. Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central Amazonian anostomid *Schizodon fasciatus*. *Journal of Fish Biology*. 53: 1-11. p .
- FONTELES-FILHO, A. A.1989. Recursos pesqueiros. Biologia e dinâmica populacional. Fortaleza, Imprensa Oficial do Ceará, 296 p.
- FREITAS, C. E. C.; NASCIMENTO, F. A. ; SOUZA, F. K. S. 2007. Levantamento do estado de exploração dos estoques de curimatã, jaraqui, surubim e tambaqui. 76-100 p. In: ProVárzea (Ed.). O setor pesqueiro na Amazônia: análise da situação atual e tendências do desenvolvimento a indústria pesqueira. IBAMA, Manaus, 122 p.
- FREITAS, C. E. C.; RIVAS, A. A. F. 2006. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Ocidental Fonte: Ciênc. cult. (São Paulo); 58(3):30-32 p.
- GARAWAY, C.J. ; ARTHUR, R.I. 2005. Adaptive learning: A practical framework for the implementation of adaptive co-management. Lessons from selected experiences in South and Southeast Asia. MRAG Ltd., London, England. 44 p.

- GARCEZ, D. S.; SÁNCHEZ-BOTERO, J. I.; FABRÉ, N. N. 2009. Caracterização das pescarias de subsistência e comercial praticadas por ribeirinhos de áreas de várzea em Manacapuru, Baixo Solimões, Amazonas, Brasil. Boletim Técnico-Científico do Cepnor, v. 9, n. 1, p. 43-65 p.
- GONÇALVES, C. & BATISTA, V.S. 2008. Avaliação do desembarque pesqueiro efetuado em Manacapuru, Amazonas, Brasil. Acta Amazon. 38(1):135-144 p.
- GOULDING, M. 1979. A ecologia da pesca no rio Madeira. CNPq/INPA. Manaus. 172 p.
- GULLAND, J. A. 1885. Fish stock assessment. A manual of basic methods, Vol. 1. John Wiley & Sons, England. 223 p.
- HILBORN, R.; WALTERS, C. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment - choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall. New York e London, 570 p.
- ISAAC, V. J. ; RUFFINO, M. L. 1996. Population dynamics of tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the lower Amazon, Brazil. Fisheries Management and Ecology, 3: 315-333 p.
- ISAAC, V.J. ; RUFFINO, M.L., 1995. Life cycle and biological parameter of several brazilian amazon fish species NAGA. The ICLARM Quartely, 4:41-45 p.
- ISAAC, V.J.; SILVA, C.O.; RUFFINO, M.L. 2004. A pesca no Baixo Amazonas. In: Ruffino, M.L. (Ed.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*. IBAMA/PROVÁRZEA. p. 185-211 p.
- JUNK, W.J. 1997. The Central Amazon Floodplain: ecology of a pulsing system. Berlin, Springer-Verlag, Ecological Studies 126, 525 p.
- KING, M. 1995. Fisheries Biology, Assessment and management. Fishing New Books. Oxford, England. 341 p.
- KREBS, C.J. 1989. Ecological methodology. Harper & Row, New York. 654 p.
- LOUBENS, G. ; PANFILI, J. 1995. Biologie de *Prochilodus nigricans* (Teleostei: Prochilodontidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). Ichthyol Explor Freshwaters 6:17-32 p.
- MAcGRAPH, D. G.; CASTRO, F.; FUTEMMA ; C.; AMARAL, B. D.; CALABRIA, J. 1993. Fisheries and the Evolution fo Resource Mangement on the Lower Amazon Floodplain. Human Ecology. 21 (2). 167-195 p.

- MANGEL, M. ; MUNCH, S.B. 2005. A life-history perspective on short- and long-term consequences of growth compensation. *Am. Nat.* 166 (6):155-176 p.
- MARGALEF, R. 1980. *Ecología*. Ediciones Omega, Barcelona. 504 p.
- MATEUS, L.A.F & G.M.B. ESTUPIÑÁN. 2002. Fish stock assessment of piraputanga *Brycon microlepis* in the Cuiabá river basin, Pantanal of Mato rosso. *Brazilian Journal of Biology* 62 (1): 165-170 p.
- MEDLEY, P.A.H. 2006. ParFish – Participatory Fisheries Stock Assessment. in: D.D. Hoggarth, S. Abeyasekera, R.I. Arthur, et al. (Eds.) *Stock Assessment for Fishery Management – A framework Guide to the Stock Assessment Tools of the Fisheries Management Science Programme (FMSP)*. FAO Fisheries Technical Paper No. 487. FAO, Rome, Italy. 2006. 261 p.
- MÉRONA, B. ; BITTENCOURT, M.M. 1988. A pesca na Amazônia através dos desembarques no mercado de Manaus: resultados preliminares. *Memoria Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, XLVIII:433–453 p.
- MONTREUIL, V. ; GARCIA, A.; RODRIGUEZ, C. 2001. Biología reproductiva de boquichico, *Prochilodus nigricans*, en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica* 12(1–2):5–13 p.
- MONTREUIL, V.; S. TELLO, A. ; RODRIGUÉZ, R. ; ÁGUILA, D. 1994. Rendimiento Máximo Sostenible de la pesquería comercial de boquichico *Prochilodus nigricans*. *Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía*, pp. 237-244 p.
- HOLDEN, S.; KIRKWOOD, G., BRAVINGTON, M.V., 1995. *Catch Effort Data Analysis. The CEDA Package Version 2.01*. MRAG Ltd., London.
- MUÑOZ-SOSA, D.L. (1996). Age structure and exploitation of giant catfish populations (*Brachyplatystoma* spp.) in the lower Caqueta River, Colombia. Master Thesis. State University of New York (EUA). 100 p.
- OLIVEIRA, M. I. 1997. *Determinação da idade e aspectos dadinâmica populacional do curimatã Prochilodus nigricans (Pisces; Prochilodontidae) da Amazônia Central*. Dissertação de mestrado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, INPA/FUA, Manaus, Amazonas. 90 p.
- PARENTE, M. V. 2005. A pesca e a economia da pesca de bagres no eixo Solimões-Amazonas: O manejo da pesca dos grandes bagres Migradores. Manaus: IBAMA, ProVárzea,
- PASTOR, J. 2008. *Mathematical Ecology of Populations and Ecosystems*. Wiley-Blackwell. West Sussex, UK. 329 p.

- 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 p.
- PAULY, D. The future for Fisheries. 2003. *Science*. 302, 1359.
- PEIXER, J., 2003. A seletividade de anzol e o rendimento por recruta do pacu *Piaractus mesopotamicus*(Holmberg, 1887) no Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil. (Dissertação Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 77 p.
- PENHA, J. M. F. 2003. Estrutura e estado de exploração dos estoques dos bagres *Hemisorubim platyrhynchos* e *Sorubim lima* na bacia do rio Cuiabá, Pantanal Matogrossense. Unpublished Ph. D. Dissertation. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 117p.
- PETRERE Jr., M. 1983. Yield per recruit of the tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Amazonas States, Brazil. *Journal of Fish Biology*, v. 22, p. 133-144 p.
- PETRERE, M. 1978a. Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas. I. Esforço e captura por unidade de esforço. *Acta Amazonica*, 8:439-454 p.
- PETRERE, M.; BARTHEM, R. B.; CÓRDOBA, E. A. & GÓMEZ, B. C., 2004. Review of the large catfish fisheries in the Upper Amazon and the stock depletion of piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum* Lichtenstein). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Dordrecht, v. 14, no. 4, p. 403 -414 p.
- PIRKER, L.E.M. 2001. *Determinação da idade e crescimento da piramutaba Brachyplatystoma vaillantii (VALENCIENNES, 1840) (SILURIFORMES: PIMELODIDAE) capturada no estuário amazônico*. Dissertação de mestrado, UFPA-MPEG (Belém, PA), p. 85.
- Portaria IBAMA/GEREX/AM nº 1 de 13 de março de 2001.
- PRESTES, L.; SOARES, M.G.M.; SILVA, F.R; BITTENCOURT, M.M. 2010. Dinâmica populacional de *Triportheus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus* (CHARACIFORMES: CHARACIDAE) em lagos da Amazônia Central. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 3.
- QUINN-II, T. J.; DERISO, R. B. 1999. *Quantitative Fish Dynamics*. New York: Oxford
- RIBEIRO, M.C.L.B. 1983. *As Migrações dos Jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no Rio Negro, Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 192 p.

- RIOFRÍO, J. 2002. Aspectos biométricos y reproductivos de boquichico *Prochilodus nigricans* Agassiz, 1829 (Pisces: Prochilodontidae) en Ucayali, Perú. *Rev Peru Biol* 9(2): 111-115 p.
- ROCHET, M.J. 1998. Short-term effects of fishing on life history traits of fishes. *ICES Journal of Marine Science* 55: 371-391 p.
- RUFFINO, M. L. ; ISAAC, V. J. Isaac. 1999. Dinâmica populacional do surubim-tigre, *Pseudoplatystoma tigrinum* (Valenciennes, 1849) no Médio Amazonas (Siluriformes, Pimelodidae). *Acta Amazonica* 29(3):463–476 p.
- RUFFINO, M. L.; ISAAC, V. J. 1999. Dinâmica populacional do surubim-tigre *Pseudoplatystoma tigrinum* (Valeciennes,1840) no Médio Amazonas (Siluriformes, Pimelodidae). *Acta Amazonica*, 29 (3): 463-476 p.
- SANT'ANNA, I.R.A. ; DORIA, C. ; FREITAS, C.E.C. 2014. Pre-impoundment stock assessment of two Pimelodidae species caught by small-scale fisheries in the Madeira River (Amazon Basin – Brazil). *Fisheries Management and Ecology*.
- SANTOS FILHO, L. C. ; BATISTA, V. 2009. Dinâmica Populacional da Matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. *Zoologia* 26(2). 195 – 203 p.
- SARMIENTO & ALVAREZ-LEÓN, 2003. *Migratory Fishes of South America*. 303 P.
- SCHAEFER, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the SILVA, E. A. ; STEWART, D. J. 2006. Age structure, growth and survival rates of the commercial fish *Prochilodus nigricans* (bocachico) in northeastern Ecuador. *Environmental Biology of Fishes* 77:63–77 p.
- SPARRE, P. ; VENEMA, S.C. 1997. Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1: Manual. FAO, Roma.
- TAYLOR, C.C. 1958. Cod growth and temperature. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 23:366-370 p.
- VALDERRAMA, M. ; SOLANO, D. 2004. Estado de la poblacion de Bocachico, *Prochilodus magdolenae* (Pisces: Characiformes), y su manejo en la cuenca del Rio Sinu, Colombia. *Dahlia (Rev. Colomb. Ictiol.)* 7:3-12 p.
- VÁSQUEZ, A.G. ; NUÑEZ, J. ; DUPONCHELLE, J.R.F.D. 2005. Aspectos reproductivos de dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*, en la Amazonía Peruana.
- VERÍSSIMO, J. A pesca na Amazônia. Rio de Janeiro, Livraria Alves, 1895, 137 p.
- WAKEFORD, R.C. ; WALMSLEY, S.F. ; TRUMBLE, R.J. ; MEDLEY, P.A.H. 2008. Improving management of coral reefs fisheries in data limited situations: Experiences from the ParFish methodology. *Proceedings of the 11th International*

Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008. 5 p.

WALMSLEY, S. ; HOWARD, C.A. ; MEDLEY, P.A.H. 2005. Participatory Fisheries Stock Assessment (ParFish) Guidelines. MRAG Ltd., London, England.

WILSON, D.C. ; NIELSON, J.R. ; DEGNBOL, P. 2004. The Fisheries Comanagement Experience. Accomplishments, Challenges and Prospects. Chapman and Hall, London, England.