



LUÍS VASQUEZ GONZALEZ

**ESTUDO DOS EFEITOS DE NOVAS
ESTRATÉGIAS DE PESCA SOBRE OS
PARÂMETROS POPULACIONAIS DOS
GRANDES BAGRES BARBADO (*Pinirampus
pirinampu*) e JAÚ (*Paulicea luetkeni*) EM UMA
APROXIMAÇÃO COMPUTACIONAL**

LAVRAS - MG

2014

LUÍS VASQUEZ GONZALEZ

**ESTUDO DOS EFEITOS DE NOVAS ESTRATÉGIAS DE PESCA SOBRE
OS PARÂMETROS POPULACIONAIS DOS GRANDES BAGRES
BARBADO (*Pinirampus pinirampu*) e JAÚ (*Paulicea luetkeni*) EM UMA
APROXIMAÇÃO COMPUTACIONAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agropecuária, área de concentração em Estatística e Experimentação Agropecuária, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Profa. Dra. Solange Gomes Faria Martins

LAVRAS - MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Vasquez Gonzales, Luis.

Estudo dos efeitos de novas estratégias de pesca sobre os parâmetros populacionais dos grandes bagres Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e Jaú (*Paulicea Luetkeni*) em uma aproximação computacional / Luis Vasquez Gonzales. – Lavras : UFLA, 2014.
83 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.
Orientador: Solange Gomes Faria Martins.
Bibliografia.

1. *P. pirinampu* - Parâmetro de crescimento. 2. *P. luetkeni* - Parâmetro de crescimento. 3. Janela de captura. 4. Pantanal. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 519.5

LUÍS VASQUEZ GONZALEZ

**ESTUDO DOS EFEITOS DE NOVAS ESTRATÉGIAS DE PESCA
SOBRE OS PARÂMETROS POPULACIONAIS DOS GRANDES
BAGRES BARBADO (*Pinirampus pirinampu*) e JAÚ (*Paulicea luetkeni*)
EM UMA APROXIMAÇÃO COMPUTACIONAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agropecuária, área de concentração em Estatística e Experimentação Agropecuária, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 10 de fevereiro de 2014.

Dra. Thelma Sáfydi UFLA

Dr. Onofre Rojas Santos UFLA

Dr. Paulo dos Santos Pompeu UFLA

Dra. Maria do Carmo Pacheco de Toledo Costa UFLA

Dra. Solange Gomes Faria Martins
Orientador

LAVRAS – MG

2014

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as coisas e por sua atenção incondicional: Adão, onde estás? (Genesis 3:9).

À minha mãe Lucinda e a meu pai José, já falecido, por tudo.

À Universidade Federal de Lavras e a todos os integrantes do Departamento de Ciências Exatas, em especial à minha orientadora Solange G. F. Martins pelo seu apoio constante e incansável e à minha colega Giulia S. Bianchini que tanto me ajudou estando sempre presente nas horas difíceis.

À banca examinadora pela contribuição enriquecedora.

Enfim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, participaram deste trabalho.

RESUMO

Nesse trabalho, apresenta-se, por meio de simulações computacionais, os resultados dos efeitos da pesca seletiva sobre os parâmetros biológicos de crescimento: comprimento da primeira maturação, idade da primeira maturação e taxa de crescimento anual, de dois grandes bagres da região pantanal, o Barbado (*Pirirampus pirinampu*) e o Jaú (*Paulicea luetkeni*), em diferentes cenários de pesca. Para isto, foram realizadas simulações computacionais, utilizando o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), adaptados aos parâmetros biológicos de crescimento das espécies citadas, estimados por Mateus e Penha (2007). Nos cenários de pesca, a janela de captura, na qual são estabelecidos, além do tamanho mínimo de captura, também, um tamanho máximo de captura, foi o que produziu melhores resultados sobre os parâmetros de crescimento citados. Esses resultados sugerem adotar políticas adequadas, pois, embora existam cenários mais favoráveis aos parâmetros de crescimento, nem sempre esses são favoráveis à captura.

Palavras-chave: *P. pirinampu*. *P. luetkeni*. Janela de captura. Parâmetro de crescimento. Pantanal.

ABSTRACT

In this work we presented, through computer simulations, the results of the effects of selective fishing over the growth biological parameters: length at first maturation, age at first maturation and annual growth rate, of two large catfish of the swampland region, the Barbado (*Pirirampus pirirampu*) and the Jaú (*Palicea luetkeni*) in different fishing scenarios. In order to do this, we performed computer simulations using the model proposed by Santos, Martins and Pompeu (2012), adapted to the growth biological parameters of the cited species, and estimated by Mateus and Penha (2007). In the fishing scenarios the capturing window, in which we established the minimum as well as the maximum capture size, was that which produced the best results over the cited growth parameters. These results suggest that we adopt adequate policies since, although there are scenarios more favorable to the growth parameters, they are not always favorable for capturing.

Keywords: *P. pirinampu*. *P. luetkeni*. Capture window. Growth parameter. Pantanal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Região do Planalto e Pantanal na Bacia do Alto Paraguai	19
Figura 2	Curva de seletividade	27
Figura 3	Janela de captura (Curva de seletividade)	28
Figura 4	Gráfico da função de von Bertalanffy (Idade vs peso)	40
Figura 5	Gráfico da função de von Bertalanffy (Comprimento vs idade)	41
Figura 6	Curvas de seletividade para a pesca do Jaú, sendo a linha contínua a Estratégia: a) $S_2(L)$, b) $S_3(L)$ e c) $S_4(L)$, e a linha pontilhada a curva logística baseada na legislação vigente, $S_1(L)$	45
Figura 7	Curvas de seletividade adotadas no modelo para pesca do Barbado. (a) $S_1(L)$ (curva logística baseada na legislação vigente), (b) $S_2(L)$, (c) $S_3(L)$ e (d) $S_4(L)$	48
Figura 8	Distribuição de frequência da idade da primeira maturação em intervalos de 1 ano nos cenários (a) (1), (b) (2), (c) (3) e (d)(4)	53
Figura 9	Curvas de sobrevivência do Jaú nos cenários (1) (linha tracejada), (2) (quadrado), (3) (estrela) e (4) (xis)	54
Figura 10	Evolução temporal dos valores médios em <i>tonelada</i> da (a) biomassa (\bar{B}), (b) biomassa desovante (\bar{B}_s) e (c) captura (\bar{C}) do Jaú, nos cenários (1) (círculo), (2) (quadrado), (3) (estrela) e (4) (xis)	57
Figura 11	Evolução temporal dos valores médios: (a) da idade da primeira maturação em <i>ano</i> (\bar{I}_m), (b) da taxa de crescimento em <i>ano</i> ⁻¹ (\bar{k}), (c) do comprimento da primeira maturação em <i>cm</i> (\bar{L}_m), (d) do peso dos indivíduos capturados em <i>kg</i> (\bar{p}) do Jaú, nos cenários (1) (círculo), (2) (quadrado), (3) (estrela) e (4) (xis)	58

Figura 12	Biomassa da população do Barbado normalizada por intervalo de classe no cenário (1) e curva de seletividade (a) $S_1(L)$, (b) $S_2(L)$, (c) $S_3(L)$ e (d) $S_4(L)$, em $t = 200000$	63
Figura 13	Biomassa (B) por intervalo de classe da população de Barbado no (a) cenário (1), (b) cenário (2), (c) cenário (3) e (d) cenário (4), em $t = 300000$	64
Figura 14	Evolução temporal dos valores médios da captura (\bar{C}) em <i>ton</i> do Barbado, nos cenários (1) (círculo), (2) (quadrado), (3) (estrela) e (4) (losango)	65
Figura 15	Evolução temporal dos valores médios (a) da taxa de crescimento (\bar{k}) em ano^{-1} , (b) do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m) em <i>cm</i> , (c) da idade da primeira maturação (\bar{I}_m) em <i>ano</i> e (d) da biomassa (\bar{B}) em <i>ton</i> da população de Barbado no cenário (1) (círculo) e no cenário (4) (estrela)	66
Figura 16	Evolução temporal dos valores médios (a) da taxa de crescimento (\bar{k}) em ano^{-1} , (b) do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m) em <i>cm</i> , (c) da idade da primeira maturação (\bar{I}_m) em <i>ano</i> e (d) da biomassa (\bar{B}) em <i>ton</i> da população de Barbado no cenário (5) (círculo) e no cenário (6) (estrela)	70

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Parâmetros de crescimento para as duas espécies de pimelodídeos (MATEUS; PENHA, 2007), sendo L_{∞} o comprimento assintótico, $\overline{L_m}$ o comprimento médio da primeira maturação, \overline{k} a taxa de crescimento, $\overline{I_m}$ a idade média da primeira maturação e j_0 idade teórica em que o comprimento é zero 22
- Tabela 2 Parâmetros do modelo para o Jaú e o Barbado. N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações deletérias), T (limite de mutações deletérias), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_1 (constante de proporcionalidade do comprimento de maturação), γ (probabilidade de encontro), L_{∞} (comprimento assintótico, em cm), j_0 (idade teórica em que o comprimento é zero, em anos) 43
- Tabela 3 Parâmetros de crescimento do Jaú obtidos, experimentalmente, por Mateus e Penha (2007) e valores médios destes parâmetros obtidos com o cenário (1) ($\overline{L_m}$: comprimento médio da primeira maturação, \overline{k} : taxa de crescimento, $\overline{I_m}$: idade média da primeira maturação) 51

Tabela 4	Valores médios do tamanho da população (\bar{N}), da biomassa (\bar{B}), da captura (\bar{C}), da taxa de crescimento (\bar{k}), do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m), da idade da primeira maturação (\bar{I}_m), do comprimento do peixe capturado (\bar{L}), da biomassa desovante (\bar{B}_s), do peso do peixe capturado (\bar{p}) do estoque do Jaú (<i>Paulicea luetkeni</i>) para uma população sujeita à pesca seletiva nas estratégias $S_1(L)$, $S_2(L)$, $S_3(L)$ e $S_4(L)$ por meio de simulação e o percentual (%) de acréscimo ou decréscimo nos valores médios dos parâmetros biológicos do Jaú obtidos nas simulações das estratégias $S_2(L)$, $S_3(L)$ e $S_4(L)$ comparados aos obtidos na estratégia $S_1(L)$	56
Tabela 5	Parâmetros de crescimento do Barbado obtidos experimentalmente por Mateus e Penha (2007) e valores médios destes parâmetros obtidos com o cenário (1) (\bar{L}_m : comprimento médio da primeira maturação, \bar{k} : taxa de crescimento, \bar{I}_m : idade média da primeira maturação)	61
Tabela 6	Valores médios da biomassa (\bar{B}), da biomassa desovante (\bar{B}_s), da captura (\bar{C}), da captura em número (\bar{C}_n), da taxa de crescimento (\bar{k}), do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m), da idade da primeira maturação (\bar{I}_m) e do comprimento do peixe capturado (\bar{L}), obtidos para a população de Barbado nos cenários (1), (2), (3) e (4), e diferenças percentuais dos valores médios em relação ao cenário (1)	62

Tabela 7	Valores médios da biomassa (\bar{B}), da biomassa desovante (\bar{B}_s), da captura (\bar{C}), da captura em número (\bar{C}_n), da taxa de crescimento (\bar{k}), do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m), da idade da primeira maturação (\bar{I}_m) e do comprimento do peixe capturado (\bar{L}), obtidos para a população de Barbado nos cenários (5), (6), (7) e (8), e diferenças percentuais dos valores médios em relação ao cenário (5)	68
Tabela 8	Diferenças percentuais (%), em relação ao cenário (1), dos valores médios da biomassa (\bar{B}), da biomassa desovante (\bar{B}_s), da captura (\bar{C}), da captura em número (\bar{C}_n), da taxa de crescimento (\bar{k}), do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m), da idade da primeira maturação (\bar{I}_m) e do comprimento do peixe capturado (\bar{L}), obtidos para a população de Barbado nos cenários (5), (6), (7) e (8)	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	17
3	REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1	A Bacia do Alto Paraguai	18
3.2	Características biológicas e importância econômica dos bagres	21
3.3	Legislação atual para pesca	24
3.4	Efeito da pesca seletiva sobre indivíduos maiores	25
3.5	Curvas de seletividade logística e janelas de captura	26
3.6	Modelo Penna	31
3.7	Modelo baseado no indivíduo para pesca seletiva	33
3.8	Modelo de Bertalanffy	36
4	METODOLOGIA	42
4.1	Modelo de pesca seletiva adaptado à biologia e pesca de dois grandes bagres - Barbado (<i>Pinirampus pirinampu</i>) e Jaú (<i>Paulicea luetkeni</i>)	42
4.1.1	CENÁRIOS PARA PESCA DO JAÚ	43
4.1.2	CENÁRIOS PARA PESCA DO BARBADO	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO MODELO DE PESCA SELETIVA APLICADO AO JAÚ (<i>Paulicea luetkeni</i>)	51
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO MODELO DE PESCA SELETIVA APLICADO AO BARBADO (<i>Pinirampus pirinampu</i>)	59
7	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

Os recursos aquáticos não são eternos precisando ser, adequadamente, explorados para ser sustentáveis. Esse pensamento veio a ser sedimentado, após a Segunda Guerra Mundial, com o avanço da biologia pesqueira (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE NATIONS - FAO, 2002).

Denomina-se pesca a união de organismos aquáticos e humanos com três elementos principais: recursos pesqueiros, o ambiente aquático e indivíduos humanos que utilizam esses recursos e o ambiente (ROSS, 1997).

O manejo pesqueiro adequado não é algo fácil, pois envolve uma série de questionamentos, as espécies exploradas tendem a não serem sustentáveis no decorrer da história. (PAULY et al., 2002).

O território do Estado de Mato Grosso do Sul abrange duas bacias hidrográficas e a Bacia do Alto Paraguai (BAP) e nesta segunda está situado o Pantanal. Em cada uma a realidade da pesca tem suas peculiaridades. A Bacia do Rio Paraná foi altamente modificada pela construção de represas o que implica profundas alterações, nas populações naturais de peixes, sobretudo das espécies migradoras, (as mais importantes para a pesca), ao passo que a Bacia do Alto Rio Paraguai foi pouco alterada e, ainda, conserva muito de suas características originais (ADAMOLI, 1989).

Nas últimas três décadas, o Pantanal vem sofrendo agressões pelo homem, praticadas não somente na planície, mas, principalmente, nos planaltos adjacentes. O crescente desmatamento, na região do Pantanal e no Planalto, com a retirada de matas ciliares e a substituição da vegetação natural por pastagens e culturas de grãos, tem afetado, negativamente, as populações de peixes. A situação é, ainda, mais grave, quando se considera que os grandes estoques pesqueiros constituem um dos maiores compartimentos de reserva viva de nutrientes e energia

no Pantanal, garantindo a sobrevivência de inúmeras outras espécies e o equilíbrio do sistema. Os peixes, entre outras funções, atuam como dispersores de sementes e constituem a alimentação básica para muitos componentes da fauna. Nos períodos de seca, a mortalidade dos peixes aumenta: as populações são obrigadas a concentrarem-se nas lagoas e canais permanentes, constituindo presas fáceis para aves e outros animais, além de ficarem, ainda, mais suscetíveis à pressão da pesca (ADAMOLI, 1989).

O turismo pesqueiro está consolidado no Pantanal e atrai cerca de 80 mil pescadores por ano. São desenvolvidas três modalidades principais de pesca: a de subsistência, integrada na cultura regional, que constitui importante fonte de proteína para as populações ribeirinhas; a pesca esportiva, que se tornou o principal atrativo do turismo regional, especialmente no Mato Grosso do Sul; e a pesca profissional, a qual viabiliza a subsistência de pelo menos 3.500 pescadores em toda a região. As espécies de peixes mais capturadas pelos pescadores profissionais que são consideradas espécies nobres são Pintado, Cachara, Jaú, Dourado, Barbado e Pacu. O Curimatá e Piavuçu, que, também, são capturados, possuem um menor valor comercial (ADAMOLI, 1989).

A escassez de políticas e falta de planejamento adequado às especificidades e ao funcionamento do sistema têm sido responsáveis pela redução do estoque pesqueiro, colocando em risco estas atividades (ADAMOLI, 1989).

Os dois grandes bagres de importância para a pesca, dentre outros, no Pantanal são o Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e o Jaú (*Paulicea luetkeni*) os quais pertencem à ordem dos Siluriformes que é representada, basicamente, pelos chamados peixes de couro, cuja principal característica externa é a ausência de escamas sobre o corpo, sendo revestido por uma pele espessa ou coberto, parcialmente ou totalmente, com placas ósseas. Frequentemente possuem três pares

de barbilhões, o primeiro raio da nadadeira dorsal e das nadadeiras peitorais, transformado em acúleo forte e pungente e, salvo algumas exceções, possuem nadadeiras adiposas (BRITSKI; SILIMON; LOPES, 1999).

Estas espécies alcançam tamanhos muito grandes, podendo chegar a mais de 100kg, como no caso do Jaú (GOUDING, 1981) e estão amplamente distribuídos pelos rios da América do Sul (FROESE; PAULY, 2002). Os grandes bagres desempenham um lugar importante na economia das regiões onde ocorrem. O manejo da pesca se torna imprescindível para a manutenção de estoque cuja pesca é fortemente dependente e uma pescaria não adequada acarretará em danos a esse estoque. Para que haja um manejo adequado, faz-se necessária uma avaliação do estado atual dos estoques em interesse citepgouding.

A legislação atual, que permite somente a captura dos peixes maiores e mais velhos, tem levado à redução do tamanho dos peixes, após algumas gerações, em parte em virtude da evolução causada pela atividade pesqueira seletiva. Dessa maneira, há um favorecimento ao genótipo com crescimento mais lento, menor idade para maturação da espécie, o que diminui a produtividade pesqueira (CONOVER; MUNCH, 2002; GARCIA, 2006; LONGHURST; PAULY, 1987). Cabe ressaltar que o declínio dos estoques pesqueiros de espécies comerciais é um fato observado em diversas regiões do mundo (GARCIA, 2006).

O termo crescimento significa mudança de magnitude. Essas mudanças se referem a variações de diversas dimensões físicas como volume, peso ou massa do corpo do organismo como um todo ou em seus vários tecidos em relação ao tempo (WEATHERLEY; GILL, 1987). Os peixes geralmente são sensíveis às mudanças que ocorrem no ambiente, quanto ao seu crescimento, durante o seu ciclo vital. Durante a vida de uma espécie de peixe, existem vários fatores responsáveis pelas variações que ocorrem em seus padrões de crescimento, entre

outros citamos: a reprodução; o suprimento alimentar; o hábito alimentar e as categorias tróficas, às quais os peixes pertencem (GRIMES, 1978).

As estimativas dos parâmetros de crescimento de espécies ou populações ícticas são importantes para uma melhor compreensão do seu ciclo de vida e aspectos comportamentais, como também para a administração e manejo daquelas que se constituem em recursos pesqueiros, por serem indispensáveis para a estimativa da produção (GULLAND, 1977).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de aplicar o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012) a outras espécies de peixes e, com este modelo, estudar os efeitos da pesca seletiva sobre os parâmetros de crescimento de duas espécies de grande importância no Pantanal, o Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e o Jaú (*Paulicea luetkeni*), considerando diferentes cenários para pesca.

2 OBJETIVO

Objetivou-se neste trabalho, por meio de simulações e modelagem computacional, estudar os efeitos da pesca seletiva sobre os parâmetros de crescimento: comprimento da primeira maturação, idade da primeira maturação e taxa de crescimento anual das espécies de dois grande bagres, nativas do Pantanal, Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e o Jaú (*Paulicea luetkeni*), sugerindo manejos de pesca que minimizem os impactos da pesca sobre estes parâmetros levando em consideração a captura.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A Bacia do Alto Paraguai

A Bacia do Alto Paraguai (BAP) pode ser dividida em duas regiões, uma região alta denominada de Planalto e outra região baixa denominada de Pantanal. Ela termina na fronteira entre Brasil e Paraguai, na desembocadura do rio Apa (ALLASIA et al., 2004).

A bacia do Prata é segunda maior bacia da América do Sul e quinta do mundo. O rio Paraguai, o principal rio da bacia do Prata, é o que penetra mais em direção ao centro do subcontinente (CLARKE; TUCCI; COLLISCHONN, 2003).

O Pantanal é temporariamente e parcialmente inundado pelo rio Paraguai e pelos seus principais afluentes todos os anos (Figura 1) (CLARKE; TUCCI; COLLISCHONN, 2003).

No decorrer de enchentes, as áreas inundadas propiciam as vegetações aquáticas, e a vasta variedades de insetos aquáticos fornecem alimentos extra aos peixes. Esse ambiente é de extrema importância ao ecossistema, fornecendo alimentação, reprodução e refúgio dentre muitas espécies aquáticas como os peixes de maior porte e importância comercial. Grande parte dessas espécies de peixes são migradoras a longa distância (AGOSTINHO et al., 1993; LOWER-MCCONNELL, 1987).

Em toda a região é o ritmo ditado pelas águas que rege a vida natural e, também, as atividades humanas que, historicamente, têm sido fortemente influenciadas pelos condicionantes hidrológicos (COSTA, 1999).

O Pantanal é utilizado para a agropecuária e apresenta, também, uma grande importância do ponto de vista ecológico e turístico. A baixa densidade demográfica, aliada às extensas planícies inundáveis, lagos permanentes e tempo-

rários e à regularidade dos pulsos de cheia, constitui um excelente refúgio para a fauna (CLARKE; TUCCI; COLLISCHONN, 2003).

Eventuais alterações da qualidade da água e do regime hidrológico do Planalto podem ter impactos importantes na região do Pantanal. Entre estas alterações deve ser lembrada a alteração do ciclo de pulsos de cheias pela construção de obras hidráulicas como barragens, cujo impacto individual é pouco perceptível, mas que, em conjunto, podem provocar modificações no regime hidrológico (ALLASIA et al., 2004).



Figura 1 Região do Planalto e Pantanal na Bacia do Alto Paraguai

As alterações antrópicas sobre a vegetação natural da bacia, também, podem ter impactos hidrológicos. O Planalto, a partir da década de 1960, passou por profundas modificações, causadas pela ocupação humana, especialmente, a substituição da vegetação original por pastagens e por cultivos agrícolas. Estas alterações podem ter contribuído para a modificação do regime hidrológico e da produção de sedimentos nas bacias dos rios que correm para o Pantanal (BORDAS, 1996).

Nestas últimas décadas, a região, também, sofreu os impactos da variabilidade climática, passando por um período extremamente seco, durante a década de 60 e por um período extremamente úmido a partir do início da década de 1970 (COLLISCHONN; TUCCI, 2001; GALDINHO et al., 1997).

A caracterização de impactos, assim como o desenvolvimento de estudos, são prejudicados pela falta de informação hidrológica. Atualmente, estão em funcionamento na bacia 86 estações fluviométricas e 92 postos pluviométricos, que, em termos de densidade de rede, representa um posto fluviométrico a cada $2.953Km^2$ e um posto pluviométrico a cada Km^2 , que é muito inferior à recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM), que é de um posto a cada $250Km^2$, e é inferior até mesmo à densidade recomendada pela OMM para situações de extrema falta de recursos (um posto a cada $1.000Km^2$).

Os dois grandes bagres importantes para a pesca, dentre outros, no Pantanal são o Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e o Jaú (*Paulicea luetkeni*). Essas espécies estão distribuídas pelos rios da América do Sul e chegam a alcançar tamanhos muito grandes, ultrapassando a marca de $100kg$ como é o caso do Jaú (GOUDING, 1981).

3.2 Características biológicas e importância econômica dos bagres

As duas grandes espécies de bagres, o Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e o Jaú (*Paulicea luetkeni*), dentre outras, são peixes de água doce que pertencem à ordem dos siluriformes que é formada por uma grande diversificação de espécies (BRITO, 2002). São, geralmente, espécies com características migratórias, reproduzindo-se nos leitos dos rios na estação chuvosa. Porém, a história de sua movimentação, dentro e fora do período reprodutivo, é muito pouco relatada (GODINHO; KYNARD; GODINHO, 2007).

O peso e o tamanho mínimo à primeira maturação são variáveis dependentes de fatores, como disponibilidade de alimentos, temperatura da água, ambiente natural ou cativo, entre outros (BRITO, 2002). As áreas de inundação, localizadas abaixo dos locais desova, são, provavelmente, os locais de maior importância para a manutenção e sobrevivência das fases de vida jovem desse peixe. Contudo, a importância do canal do rio como berçário, ainda, não foi avaliada (CAROLSFELD et al., 2003). Após a desova, algumas fêmeas deixam os locais de reprodução para se alimentar, enquanto outras permanecem no mesmo local, até o próximo período reprodutivo (GODINHO; KYNARD; GODINHO, 2007). A dinâmica populacional dos dois grandes bagres em destaque, os quais são de grande importância para a pesca de água doce, foram estudados por Mateus e Penha (2007), para avaliar o estado destes estoques pesqueiros e discutir alternativas de manejo dessas espécies na bacia do rio Cuiabá, Pantanal. Com esse objetivo, foram estimados os parâmetros populacionais de crescimento (L_{∞} , L_m , k , I_m , j_o) das duas espécies de pimelodídeos, o Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e o Jaú (*Paulicea luetkeni*). Nesse estudo, o comprimento assintótico L_{∞} (cm) e a taxa de crescimento k (ano^{-1}) foram estimados pelo método SLCA (Shepherd's Length Composition Analysis) (SHEPHERD, 1987). Considerando os valores estimados

foram obtidos:

- j_o (idade teórica em que o comprimento é zero) pela relação empírica de Pauly (1979)

$$\log(-j_o) = -0,392 - 0,275 \log(L_\infty) - 1,038 \log(k)$$

sendo \log o logaritmo decimal e j_o em anos.

- L_m (comprimento médio da primeira maturação) pela equação empírica de Froese e Binohlan (2000).

$$\log(L_m) = 0,898 \log(L_\infty) - 0,0781.$$

Os valores destes parâmetros de crescimento são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 Parâmetros de crescimento para as duas espécies de pimelodídeos (MATEUS; PENHA, 2007), sendo L_∞ o comprimento assintótico, \bar{L}_m o comprimento médio da primeira maturação, \bar{k} a taxa de crescimento, \bar{I}_m a idade média da primeira maturação e j_o idade teórica em que o comprimento é zero

Espécie	L_∞ (cm)	\bar{L}_m (cm)	\bar{k} (ano ⁻¹)	\bar{I}_m (ano)	j_o (ano)
Barbado	90,6	52,13	0,30	2,09	-0,410
Jaú	172,0	85,0	0,128	4,49	-0,832

Além dos parâmetros de crescimento, Mateus e Penha (2007) estimaram as relações entre o peso e o comprimento para o Barbado e o Jaú, dadas respectivamente, pelas seguintes equações:

$$P(L) = 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot L^{2,945} \quad (3.1)$$

$$P(L) = 5,0 \cdot L^{-6} \cdot L^{3,228} \quad (3.2)$$

sendo $P(L)$ o peso em kg e o L o comprimento em cm.

BARBADO (*Pinirampus pirinampu*)



Características: seu nome é em virtude das barbatanas grandes que apresenta no canto da boca. Peixe de couro com barbilhões longos e achatados e a nadadeira adiposa muito longa, começando

logo após a nadadeira dorsal. Não possui os raios das nadadeiras endurecidos, o que o diferencia de outras espécies de bagres. A coloração é cinza a castanho no dorso e flancos, clareando na região ventral. Pode pesar $12kg$, alcançando cerca de $80cm$ de comprimento total. Sua carne não é muito apreciada pelos pescadores (SANTOS; FERREIRA; ZUANON, 2006).

JAÚ (*Paulicea luetkeni*)



Características: é um dos maiores peixes de couro da região Amazônica e, certamente, da região Neotropical. Considerado o maior dos bagres. A sua cabeça é

bastante ampla e achatada, enquanto que o corpo se afina bastante rapidamente em direção à cauda. Boca bem desenvolvida e nadadeiras peitorais e dorsal com

espinhos. Sua coloração é parda ou verde-azeitona com numerosas manchas escuras e pequenas no corpo, seu ventre esbranquiçado. Pode atingir 1,90m de comprimento e mais de 100kg de peso (SANTOS; FERREIRA; ZUANON, 2006).

3.3 Legislação atual para pesca

Uma maneira de tentar proteger a fauna aquática é minimizar os danos da pesca. Para isso uma tática estabelecida é a regulamentação de cotas e tamanhos mínimos de captura, com a finalidade de proteger os peixes jovens, para que alcancem a maturidade antes da captura.

O comprimento mínimo de uma espécie, permitido para pesca, é estabelecido, considerando os aspectos de crescimento e reprodução dessa espécie, levando em conta, também, a seletividade dos aparelhos de pesca. O tamanho mínimo permitido para pesca varia entre as espécies de peixes e entre as regiões do país, regulamentado por portaria expedida pelo IBAMA (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007). O mais comum é calcular o comprimento em que o indivíduo alcança a maturidade sexual. Um critério muito utilizado é estabelecer o comprimento em que 50% dos indivíduos amostrados são adultos, ou seja, já reproduziram pelo menos uma vez e o restante são imaturos jovens. Esse comprimento é representado por L_{50} (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007; GODINHO; GODINHO, 2003). Vide Anexo: LEI N° 9.893.

Uma vez determinado o L_{50} , é proibida a captura de indivíduos com comprimento menor que o estabelecido, ou seja, os que, provavelmente, ainda, não reproduziram, protegendo, assim, as classes mais jovens da população.

Desta forma esse critério permite que a classe de tamanho adulta seja pescada sem restrições, pois, considerando um dado tamanho, todos os indiví-

duos têm a mesma probabilidade de serem capturados. Por outro lado, a pesca do tipo rede de arrasto, com modelo de seletividade, apresenta elevado poder de exploração sobre os peixes maiores, pois quanto maior o seu comprimento maior é a probabilidade de ser capturado (SANTOS; MARTINS; POMPEU, 2010; SPARRE; VENEMA, 1998).

3.4 Efeito da pesca seletiva sobre indivíduos maiores

Esses modelos populacionais estão sendo desenvolvidos pelos biólogos pesqueiros, com a finalidade de se estimar os parâmetros populacionais, tais como taxas de crescimento e mortalidade, fecundidade, idade da primeira maturação, comprimento máximo alcançado, dentre outros. Nesses modelos populacionais, geralmente, supõem-se que os parâmetros são constantes, ou seja, embora possam variar, não mudam sistematicamente com o tempo (FOGARTY; SISSEWINE; COHEN, 1991).

Por meio de pesquisas, constatou-se que a pressão pesqueira sobre peixes grandes é um problema, uma vez que são removidos os indivíduos grandes e mais velhos do estoque pesqueiro, influenciando, assim, o crescimento, a longevidade, a maturidade e a fecundidade. A redução do tamanho dos peixes, após algumas gerações, em virtude de efeitos da evolução, causada pela atividade pesqueira seletiva, que permite somente a captura dos peixes maiores e mais velhos, é uma realidade. Dessa maneira, há um favorecimento ao genótipo, com crescimento mais lento, menor idade para maturação da espécie, diminuindo, assim, a produtividade pesqueira (CONOVER; MUNCH, 2002; GARCIA, 2006; LONGHURST, 2002). Existem casos bem documentados de relação de tamanho versus idade que diminui em consequência da pesca seletiva ao tamanho. Atualmente, muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de compreender a evolução causada pela

atividade pesqueira (SANTOS, 2008; SANTOS; MARTINS; POMPEU, 2010).

Considerando as condições ambientais como adequadas, o crescimento dos peixes é contínuo, ao longo de sua vida, embora a taxa de crescimento tende a decrescer com a idade. O crescimento dos peixes é muito flexível. Em ambientes distintos à mesma espécie, pode apresentar padrões de crescimento diferentes, alcançando a maturidade em diferentes tamanhos e idades. Outro fator que interfere no crescimento dos peixes são os ambientes sazonais, com alternância entre períodos de crescimento rápido e lento. No período de reprodução, o crescimento em peso, também, tende a aumentar, seja pelo aumento das gônadas seja pela estocagem de reservas para a reprodução (WOOTTON, 1990).

Outra estratégia que abrange não só a proteção dos peixes imaturos jovens, mas também dos peixes adultos acima de um dado comprimento é a janela de captura. Esta estratégia se caracteriza por selecionar indivíduos dentro de um intervalo de comprimento, ou seja, os indivíduos que têm seu comprimento fora do intervalo estariam excluídos da captura, dando a oportunidade para que indivíduos maiores, mais velhos e provavelmente mais produtivos, uma vez que a fecundidade aumenta com o tamanho do peixe, sejam poupados da pesca (BIRKELAND; DAYTON, 2005).

3.5 Curvas de seletividade logística e janelas de captura

A curva de seletividade logística, baseada na legislação de pesca, é dada pela função abaixo:

$$S(L) = \frac{1}{1 + e^{(-\beta_S(L-L_c))}} \quad (3.3)$$

sendo $S(L)$ a probabilidade do indivíduo ser pescado, L o comprimento

do indivíduo, L_c o comprimento em que o indivíduo apresenta 50% de probabilidade de ser capturado e β_S o coeficiente de inclinação da curva de seletividade. Sua representação gráfica vem a seguir, peixes muito grandes (L^*) tem alta probabilidade de ser capturado.

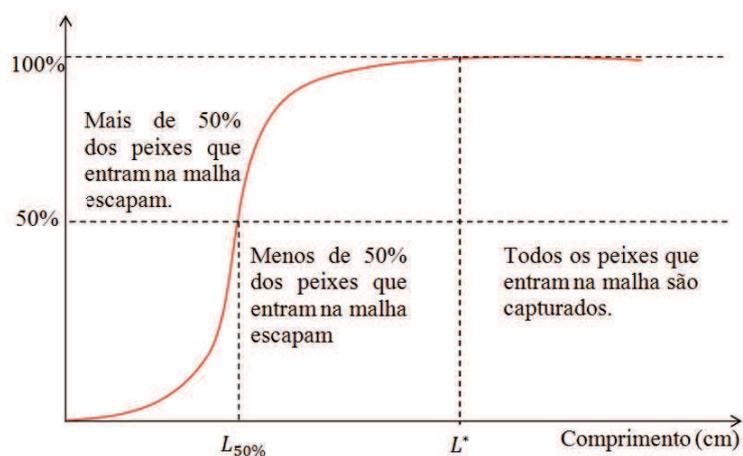


Figura 2 Curva de seletividade

A legislação atual proíbe a captura de peixes jovens que, ainda, não maturaram,, garantindo a abundância do recrutamento de novos cortes nos próximos anos, porém, a viabilidade dos estoques poderá ser afetada, em virtude da perda da variabilidade genética, oriunda da ausência de controle na captura de indivíduos maiores da população (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007).

A função matemática que exprime a janela de captura é obtida pelo produto de duas funções logísticas (SPARRE; VENEMA, 1998) cuja curva está representada a seguir.

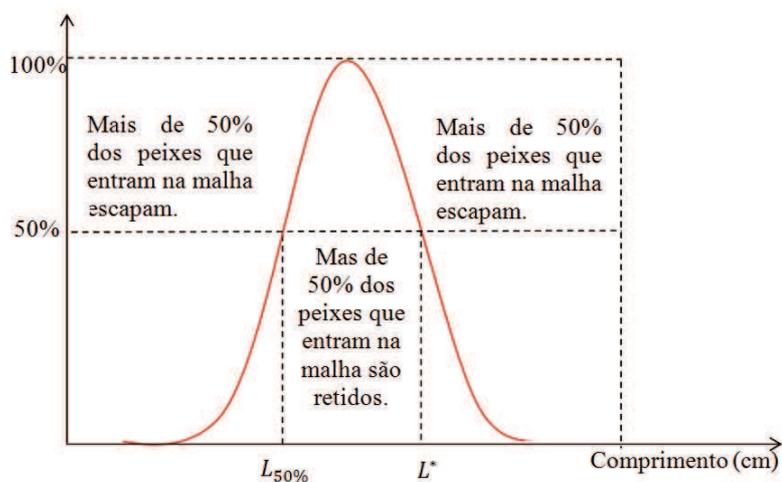


Figura 3 Janela de captura (Curva de seletividade)

A função logística (3.3) pode ser expressa pela função a seguir.

$$S(L)_1 = \frac{1}{1 + e^{(a-bL)}}. \quad (3.4)$$

As relações entre a e b com os comprimentos dos peixes, L_{25} , L_{50} e L_{75} , os quais possuem, respectivamente, 25%, 50% e 75% probabilidade de serem capturados (SPARRE; VENEMA, 1998) são

$$L_{25} = \frac{a - c}{b}, \quad L_{50} = \frac{a}{b} \quad \text{e} \quad L_{75} = \frac{a + c}{b}, \quad (3.5)$$

sendo c uma constante.

Determinando a constante c considerando a expressão (3.4) obtemos:

$$a - bL = \ln \left(\frac{1 - S(L)_1}{S(L)_1} \right). \quad (3.6)$$

Para L_{25} : Substituindo $S(L)_1 = 0.25$ em (3.6) temos $a - bL = \ln(3)$, então por (3.5) temos $c = \ln(3)$.

Por outro lado podemos escrever:

$$a = a \left(\frac{\frac{c}{b}}{\frac{c}{b}} \right) = \frac{ac}{\frac{c}{b}} = \frac{ac}{\frac{a+c-a}{b}} = \frac{\frac{a}{b}c}{\frac{a+c}{b} - \frac{a}{b}}. \quad (3.7)$$

Por (3.5) podemos reescrever (3.7):

$$a = \frac{L_{50} \ln(3)}{L_{75} - L_{50}}. \quad (3.8)$$

Por (3.5) e (3.8) temos:

$$b = \frac{a}{L_{50}} = \frac{\frac{L_{50} \ln(3)}{L_{75} - L_{50}}}{L_{50}} = \frac{\ln(3)}{L_{75} - L_{50}}. \quad (3.9)$$

Substituindo (3.8) e (3.9) em (3.4) temos:

$$S(L)_1 = \frac{1}{1 + e^{a-bL}} = \frac{1}{1 + e^{\left(-\frac{\ln(3)}{L_{75} - L_{50}}(L-L_{50}) \right)}}. \quad (3.10)$$

Fazendo $\beta_S = \frac{\ln(3)}{L_{75} - L_{50}}$ podemos reescrever (3.10)

$$S(L)_1 = S(L) = \frac{1}{1 + e^{(-\beta_S(L-L_{50}))}}. \quad (3.11)$$

Tomando $\beta_S = 0.1$ (SANTOS; MARTINS; POMPEU, 2010) em (3.11):

$$L - L_{50} = 10 \ln\left(\frac{S(L)}{1 - S(L)}\right) \quad (3.12)$$

Uma vez estabelecendo o valor de L_{50} e lembrando que $S(L_{75} = 0.75)$, calcula-se pela expressão (3.12) o valor de L_{75} e, posteriormente, substituindo em (3.8) e (3.9) determina-se a e b.

A função da janela de captura $S(L)$ pode ser obtida pelo produto das funções logísticas $S(L)_1$ e $S(L)_2$ que se seguem (SEPARRE; VENEMA, 1997):

$$S(L) = S(L)_1 S(L)_2 = \frac{1}{1 + e^{a-bL}} \frac{1}{1 + e^{-a+bL}}, \quad (3.13)$$

sendo $S(L)$ a probabilidade de seleção do indivíduo para pesca e L o seu comprimento.

A expressão (3.13) pode ser simplificada utilizando-se da igualdade matemática a seguir.

$$\cosh(L) = \frac{e^L + e^{-L}}{2} \quad (3.14)$$

Façamos $M = a - bL$ então (3.13) pode ser reescrita como:

$$S(L) = \frac{1}{1 + e^M} \frac{1}{1 + e^{-M}}$$

$$S(L) = \frac{1}{2 + e^M + e^{-M}}$$

$$S(L) = \frac{1}{2 + \frac{2(e^M + e^{-M})}{2}}$$

$$S(L) = \frac{1}{2 + 2\cosh(M)}$$

Como a constante c foi determinada para L_{25} , multiplica-se por 4 para obter valor máximo de $S(L)$ igual a 1

$$S(L) = \frac{4}{2 + 2\cosh(M)}$$

$$S(L) = \frac{2}{1 + \cosh(a - bL)}$$

3.6 Modelo Penna

No modelo Penna (1995), na versão assexuada, cada indivíduo de uma população de tamanho $N(t)$, sendo t uma etapa temporal, é representado por uma palavra computacional de 64 bits, a qual é interpretada como o seu "genótipo" e representado por uma tira de bits. Esta palavra contém informações de quando o efeito de uma mutação deletéria estará presente (bit setado em 1) ou não (bit setado em zero), durante a vida do indivíduo, ou seja, uma sequência de 0's e 1's. É assumido que cada bit corresponde a uma "etapa do tempo de vida do indivíduo" (hora, dia, mês, anos etc.) e o mesmo poderá sobreviver no máximo até a idade 63. Assim, a idade é uma variável discreta que varia de 0 a 63 anos. Se na idade i da vida do indivíduo, o i -ésimo bit no "genótipo" for 1, ele sofrerá os efeitos de uma mutação deletéria naquela e em todas as idades seguintes de sua vida, diminuindo a probabilidade do indivíduo permanecer vivo. Um indivíduo permanecerá vivo enquanto o número de mutações deletérias até a sua idade atual for menor que um limiar T .

Exemplo: Suponhamos nas condições $T = 3$, o indivíduo representado abaixo poderá viver no máximo até a idade de 62.

Mutações deletérias:

1

 Ausencia de mutação deletéria:

0

Idade: 63 62 61 60 59 58 57 56 7 6 5 4 3 2 1 0

Indivíduo:

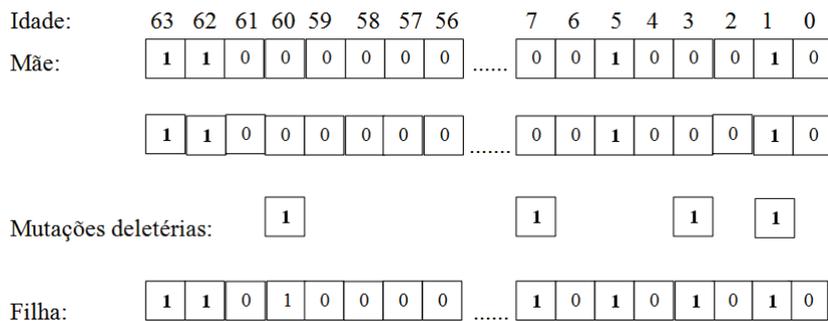
1	1	0	0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	1	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Uma vez que o indivíduo tenha atingido a idade mínima de reprodução R , ele poderá gerar B filhas com dada probabilidade a cada idade adicional. Os "genótipos" das filhas podem ser diferentes do "genótipo" da mãe por M mutações deletérias, ou seja, cada filha receberá o mesmo "genótipo" da mãe, exceto por

M bits. Uma posição da tira é sorteada, caso nessa posição não tenha mutação, passará a tê-la, caso já tenha mutação, permanecerá a mutação.

Exemplo: Suponhamos as condições $T = 3$, $R = 5$ e $M = 4$ (posições 1, 3, 7 e 60)



- Note que a filha, caso consiga, só terá chance de reproduzir uma única vez, pois se tiver sorte viverá até a idade mínima de reprodução, morrendo de acúmulo de mutações. Já a mãe, se sobreviver, terá filhas até aos 62 u.i.

Para manter o tamanho da população dentro dos limites de memória computacional, assim como modelar as restrições ambientais, tais como alimento e espaço, é incluído o fator de Verhulst. A cada etapa temporal, o indivíduo que não morrer por acúmulo de mutações deletérias ou pesca, irá sobreviver com uma probabilidade $P(t) = 1 - \frac{N(t)}{N_{max}}$, sendo $N(t)$ o tamanho da população no tempo t e N_{max} o número máximo de indivíduos que o ambiente suporta.

Após todos os indivíduos terem sido testados para reprodução e morte, uma etapa temporal é concluída.

Resumindo, o modelo Penna trabalha com os seguintes parâmetros:

- $N(0) = n$: tamanho inicial da população;
- N_{max} : capacidade de carga do ambiente;

- M : número de mutações;
- T : limite de mutações deletérias;
- R : idade mínima para reprodução;
- B : número de filhas por indivíduo a cada reprodução.

DIAGRAMA:



3.7 Modelo baseado no indivíduo para pesca seletiva

Com o objetivo de avaliar os efeitos da pesca seletiva que estabelece tamanhos mínimos de captura, sobre os parâmetros de crescimento da espécie *Pseudoplatystoma corruscans*, popularmente conhecida como Pintado, Santos, Martins e Pompeu (2012) fizeram algumas adaptações ao Modelo Penna. Nesse estudo, não se levou em conta possíveis diferenças entre as características de crescimento de machos e fêmeas e, por esta razão, considerou-se a versão assexuada do Modelo Penna. Posteriormente Souza, Martins e Zacarias (2012), utilizando o modelo proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), estudaram os efeitos de diferentes manejos pesqueiros sobre os parâmetros de crescimento desta espécie.

Tendo como base que o crescimento difere de espécie para espécie e até mesmo de indivíduo para indivíduo de mesma espécie, Santos, Martins e

Pompeu (2012) consideraram esta propriedade no Modelo Penna, inserindo um traço fenotípico para cada indivíduo. Desta forma, cada indivíduo passa a ser representado por duas palavras computacionais de 64 bits (tiras), denominadas genótipo computacional e fenótipo computacional. Em conformidade com o modelo Penna, descrito anteriormente, o genótipo computacional expressa o acúmulo de mutações deletérias e o envelhecimento do indivíduo, por sua vez, o fenótipo computacional expressa a característica de crescimento do indivíduo pela taxa de crescimento k , definida pela razão $\frac{\theta}{64\beta_1}$, sendo θ o número de bits setados em 1 no fenótipo computacional (tira) do indivíduo e β_1 limita a taxa de crescimento conforme a biologia da espécie.

A cada etapa temporal, correspondente a um ano, os indivíduos sobreviventes terão, além da idade incrementada de uma unidade, o comprimento (L) e o peso (P) incrementados de acordo com a idade. O crescimento do peixe, em função de sua idade j , foi implementado, segundo o modelo de Bertalanffy (1938), dado pela função:

$$L(j) = L_{\infty}(1 - e^{-k(j-j_o)}), \quad (3.15)$$

sendo $L(j)$ o comprimento em cm , j a idade em anos, L_{∞} o comprimento assintótico (comprimento máximo atingido pelo peixe) em cm , k a taxa de crescimento em $anos^{-1}$ e j_o a idade teórica em que o comprimento é zero (alevinos), em $anos$. O crescimento, em peso, foi definido, segundo Mateus e Penha (2007), pela seguinte equação:

$$P(L) = 1,734 \cdot 10^{-6} \cdot L^{3,335}, \quad (3.16)$$

sendo $P(L)$ o peso em kg e L o comprimento em cm .

Um estágio de grande importância, na dinâmica de populações, é a reprodução. Segundo o modelo Penna, todos os indivíduos tornam-se maduros, quando atingem a idade R (idade mínima de reprodução). Nessa adaptação, a probabilidade do indivíduo tornar-se maturo aumenta com o seu comprimento e, portanto, os indivíduos podem maturar em idades distintas. A probabilidade do indivíduo maturar numa dada idade é dada por $\frac{1}{1 + e^{-\beta_m(L-L_{50})}}$, sendo β_m o coeficiente de inclinação da curva de maturidade, L o comprimento do indivíduo e L_{50} o comprimento a 50% de probabilidade do indivíduo maturar. Para definição de L_{50} supõe-se a proporcionalidade deste parâmetro com o produto da taxa de crescimento do indivíduo (k) pelo comprimento assintótico (L_∞) (HE; STEWART, 2001). Segundo esta suposição, adotou-se $L_{50} = \beta_1 k L_\infty$, sendo β_1 uma constante de proporcionalidade, cujo valor é definido segundo os parâmetros biológicos experimentais.

Ao tornar-se adulto (maturo), o indivíduo irá gerar uma prole cujo tamanho depende do seu peso, segundo a expressão de Sato (1997):

$$b(P) = -0,890137 + 0,191079P, \quad (3.17)$$

sendo $b(P)$ número de descendentes e P o peso do indivíduo em kg . Baseado nesta relação, Santos, Martins e Pompeu (2012) consideraram que a fertilidade depende do peso de acordo com a seguinte equação:

$$b(P) = 1,0 + 2,0(P - P_m), \quad (3.18)$$

sendo P o peso atual do indivíduo e P_m o peso que o indivíduo tem na primeira maturação. Para gerar o genótipo computacional da filha, procede-se da forma já descrita no Modelo Penna (seção 3.6). Em relação ao fenótipo computacional, o

procedimento é o mesmo, diferindo apenas em relação às mutações. Inicialmente é feita uma cópia do fenótipo computacional do genitor. Esta cópia (tira de bits) sofrerá ou não mutações, com uma probabilidade de 50%. Caso não ocorram mutações, o fenótipo computacional do filha é idêntico ao do genitor. No caso de ocorrer mutações, é escolhido, aleatoriamente, desta cópia, um bit. Se o bit escolhido estiver setado em 1, ele passará a ser setado em 0; se estiver setado em 0, ele passará a ser setado em 1. A tira de bits resultante deste processo irá definir o fenótipo computacional do filha.

Além da morte por envelhecimento, por acúmulo de mutações deletérias ou por restrições ambientais (Fator de Verhulst), já presentes no Modelo Penna, o indivíduo poderá morrer em virtude da captura por pesca seletiva. Dessa forma, a cada etapa temporal, os indivíduos são encontrados com uma probabilidade γ e daí capturados com uma probabilidade $S(L)$. A pesca seletiva foi implementada para o Pintado utilizando a curva de seletividade logística, $S(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.1(L-L_c)}}$, em que o tamanho mínimo de captura (L_c), definido pela legislação de pesca local, corresponde ao comprimento com 50% de seletividade.

3.8 Modelo de Bertalanffy

Bertalanffy (1938) desenvolveu um modelo matemático de crescimento individual. Sua aceitação é tanto pela sua simplicidade de equações e parâmetros biológicos envolvidos como também pelas evidências empíricas de que permite ajuste satisfatório ao crescimento observado em muitas espécies de peixes.

Muitas vezes utilizado e extremamente importante em modelos mais complexos, o modelo de von Bertalanffy é um modelo básico na biologia pesqueira.

Para o crescimento de peixe, em função de sua idade j , o modelo de von Bertalanffy é expressado pela função:

$$L(j) = L_{\infty}(1 - e^{-k(j-j_o)}),$$

sendo $L(j)$ o comprimento, j a idade, L_{∞} o comprimento assintótico (máximo obtido pelo peixe), k a taxa de crescimento intrínseco e j_o uma idade teórica em que o comprimento é zero (alevinos).

O modelo de crescimento de Bertalanffy, para peixes, é fundamentado no princípio da alometria que estabelece que, num mesmo indivíduo, a razão entre os crescimentos específicos de seus órgãos são proporcionais. O modelo matemático é dado por

$$\frac{1}{x} \frac{dx}{dj} = k \frac{1}{y} \frac{dy}{dj},$$

sendo: $x, y > 0$ e k constante (taxa de crescimento relativo).

Considerando que o crescimento do peso do peixe é proporcional à área da sua superfície externa (anabolismo) e o decréscimo é proporcional à energia consumida (catabolismo), o que em termos matemático pode ser escrito:

$$\frac{dp}{dj} = \alpha A - \beta p, \quad (3.19)$$

sendo α representa a taxa de síntese de massa por unidade de área (taxa de anabolismo), β representa a taxa de decréscimo de massa por unidade de massa (taxa de catabolismo), A é a área da superfície externa do peixe e p seu peso.

Levando em conta que o peso é proporcional ao volume que é proporcional ao cubo do comprimento $p = k_1 L^3$ e a área é proporcional ao quadrado do comprimento $A = k_2 L^2$ temos:

$$\frac{p}{k_1} = L^3 \rightarrow L = \frac{p^{1/3}}{k_1^{1/3}} \rightarrow A = k_3 (p^{2/3}).$$

Então a equação (3.19) poderá ser reescrita como:

$$\frac{dp}{dj} = \alpha p^{2/3} - \beta p. \quad (3.20)$$

Tomemos $z(j) = [p(j)]^{1/3}$ então $\frac{dz}{dj} = \frac{1}{3}p^{-2/3}\frac{dp}{dj}$. Substituindo em
(3.20)

$$\frac{dz}{dj} = \frac{\alpha}{3} - \frac{\beta}{3}z,$$

Que é uma equação linear de primeira ordem com solução $z(j) = \frac{\alpha}{\beta} + ce^{-\frac{\beta}{3}j}$, sendo c uma constante. Substituindo $p(j)$ na solução:

$$p(j) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3 \left(1 + \frac{\beta}{\alpha}ce^{-\frac{\beta}{3}j}\right)^3.$$

Para $j = 0$ tomemos $p(0) \cong 0$ temos:

$$p(0) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3 \left(1 + \frac{\beta}{\alpha}ce^{-\frac{\beta}{3}(0)}\right)^3 = 0 \Rightarrow c = -\frac{\alpha}{\beta},$$

logo,

$$p(j) = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3 \left(1 - e^{-\frac{\beta}{3}j}\right)^3. \quad (3.21)$$

Analisando:

$$\lim_{j \rightarrow \infty} p(j) = \lim_{j \rightarrow \infty} \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3 + \left(1 + ce^{-\frac{\beta}{3}j}\right)^3 = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3 = p_{\infty}$$

Substituindo $\frac{\beta}{3} = k$ e p_{∞} em (3.21), temos:

$$p(j) = p_{\infty}(1 - e^{-kj})^3, \quad (3.22)$$

esta é a função de von Bertalanffy que nos fornece o peso (p) na idade (j) do peixe.

Determinando a derivada segunda de (3.22) em j , temos:

$$\frac{dp}{dj} = 3kp_{\infty}e^{-kj}(1 - e^{-kj})^2$$

$$\frac{d^2p}{dj^2} = 3k^2p_{\infty}e^{-kj}(1 - e^{-kj})(3e^{-kj} - 1).$$

Considerações:

$$\left\{ \begin{array}{l} j = 0 \\ j \rightarrow \infty \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{dp}{dj} = 0, \quad \left\{ \begin{array}{l} j = 0 \\ j \rightarrow \infty \\ j = \frac{\ln 3}{k} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{d^2p}{dj^2} = 0$$

Podemos, então, concluir que $p(t)$ é uma função crescente, limitada em p_{∞} e $\frac{dp}{dj}$ atinge seu valor máximo em $j = \frac{\ln 3}{k}$, ou seja, $j = \frac{\ln 3}{k}$ é a idade onde ocorre maior variação de peso do peixe $p\left(\frac{\ln 3}{k}\right) = 8/27 = 0.296p_{\infty}$

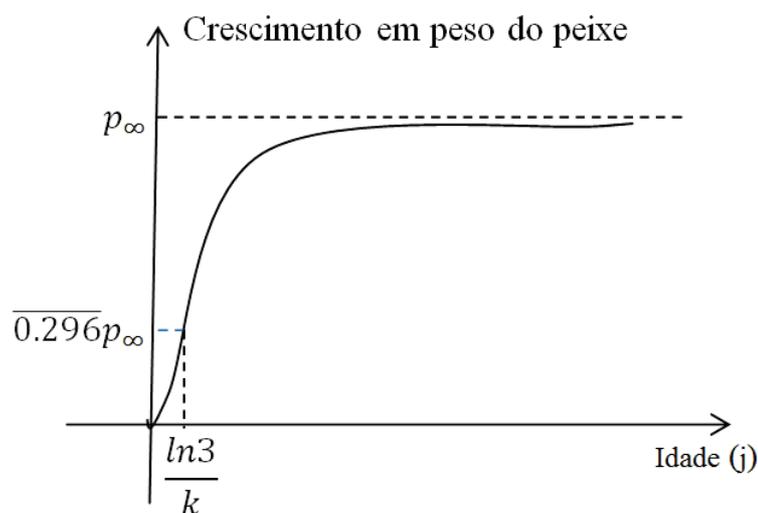


Figura 4 Gráfico da função de von Bertalanffy (Idade vs peso)

Agora retornando às igualdades $p = k_1 L^3$ e $A = k_2 L^2$ e $\frac{dp}{dj} = 3k_1 L^2 \frac{dL}{dj}$, substituindo na equação (3.19) temos:

$$3k_1 L^2 \frac{dL}{dj} = \alpha k_2 L^2 - \beta k_1 L^3.$$

Tomando $\lambda = \frac{\alpha k_2}{3k_1}$ e $k = \frac{\beta}{3}$ temos

$$\frac{dL}{dj} = \lambda - kL,$$

cuja solução é $L(j) = \frac{\lambda}{k}(1 - e^{-kj})$.

Analisando $\lim_{j \rightarrow \infty} L(t) = \lim_{j \rightarrow \infty} \frac{\lambda}{k}(1 - e^{-kj}) = \frac{\lambda}{k} = L_\infty$, o que nos leva à função

$$L(j) = L_\infty(1 - e^{-kj}),$$

esta é a função de von Bertalanffy que nos fornece o comprimento do peixe em função de sua idade (j).

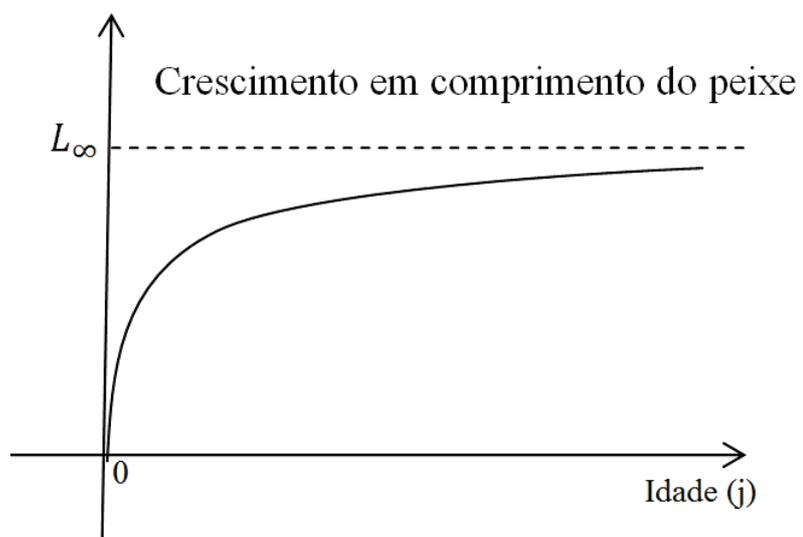


Figura 5 Gráfico da função de von Bertalanffy (Comprimento vs idade)

4 METODOLOGIA

4.1 Modelo de pesca seletiva adaptado à biologia e pesca de dois grandes bagres - Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e Jaú (*Paulicea luetkeni*)

Para avaliar os impactos da legislação de pesca vigente na bacia do rio Cuiabá sobre as características de crescimento do Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e do Jaú (*Paulicea luetkeni*) e poder compará-los com os possíveis impactos de diferentes cenários para a pesca destes dois grandes bagres, adotou-se o modelo de pesca seletiva, proposto por Santos, Martins e Pompeu (2012), levando em consideração as características biológicas das espécies em questão. Para cada espécie, foram considerados diferentes cenários que serão apresentados, detalhadamente, nas próximas seções.

Na ausência de dados experimentais, que relacionem a fertilidade (b) com o peso (P), para o Barbado e para o Jaú, adotou-se a relação $b(P) = 2P$, sendo P o peso em kg do indivíduo. Neste trabalho diferente da relação entre fertilidade e peso, utilizada por Santos, Martins e Pompeu (2012), para o Pintado (equação 3.18) na primeira maturação todos os indivíduos geram o mesmo número de filhas, uma vez o indivíduo maturando, ele gera uma prole que depende unicamente do seu peso atual. Além disso, essa relação proporcionou os melhores parâmetros no modelo caracterizando as populações das espécies estudadas.

Os valores médios de diferentes parâmetros biológicos, tais como idade de maturação ($\overline{I_m}$), comprimento de maturação ($\overline{L_m}$), taxa de crescimento (\overline{k}), biomassa (\overline{B} - peso total dos peixes no ambiente aquático), biomassa desovante ($\overline{B_s}$ - biomassa de indivíduos maduros no ambiente aquático), captura (\overline{C} - peso total dos peixes capturados), captura em número ($\overline{C_n}$ - número de peixes captu-

rados), comprimento médio dos peixes capturados (\bar{L}) e peso médio dos peixes capturados (\bar{p}), foram obtidos considerando-se as últimas 20.000 etapas temporais e cada etapa temporal corresponde a um *ano*. Os valores médios foram a base para comparação dos diferentes cenários de pesca considerados.

Para a implementação do modelo, foram desenvolvidos programas em linguagem de programação C, utilizando-se o compilador GCC. Os parâmetros do modelo assumiram os valores apresentados na tabela 2.

Tabela 2 Parâmetros do modelo para o Jaú e o Barbado. N_{max} (capacidade de carga do ambiente), M (número de mutações deletérias), T (limite de mutações deletérias), β_m (coeficiente de inclinação da curva de maturidade), β_1 (constante de proporcionalidade do comprimento de maturação), γ (probabilidade de encontro), L_∞ (comprimento assintótico, em cm), j_0 (idade teórica em que o comprimento é zero, em anos)

Parâmetros	Jaú	Barbado
N_{max}	300.000	100.000
M	1	1
T	1	1
β_m	0,5	0,5
β_1	3,8	1,6
γ	0,5	0,5 – 0,6
L_∞	172,0	90,6
j_0	-0,832	-0,410

4.1.1 CENÁRIOS PARA PESCA DO JAÚ

Para o Jaú foram considerados quatro cenários para a pesca. Para cada cenário foram realizadas simulações com 100.000 etapas temporais, considerando uma população de $N_0 = 10.000$ peixes. A pesca teve início em $t = 40.000$ com curva de seletividade $S_1(L)$ baseada na legislação de pesca atual (VIDE ANEXO:

LEI N° 9.893, DE 1° DE MARÇO DE 2013 - D.O. 1°03.13). Os diferentes procedimentos adotados em $t = 75.001$ caracterizam os diferentes cenários com suas respectivas curvas de seletividades para a pesca do Jaú.

As equações e os gráficos que definem as curvas de seletividade $S_1(L)$, $S_2(L)$, $S_3(L)$ e $S_4(L)$ e os seus respectivos cenários são os seguintes:

$$S_1(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.4(L-95)}} \quad (4.1)$$

$$S_2(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.4(L-110)}} \quad (4.2)$$

$$S_3(L) = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-0.4(L-95)}}, & \text{se } L \leq 110 \\ 0, & \text{se } L > 110 \end{cases} \quad (4.3)$$

$$S_4(L) = \begin{cases} \frac{2}{1 + \cosh(9,5 - 0.4(L-70))}, & \text{se } L < 93 \text{ e } L > 97 \\ 1, & \text{se } 93 \leq L \leq 97 \end{cases} \quad (4.4)$$

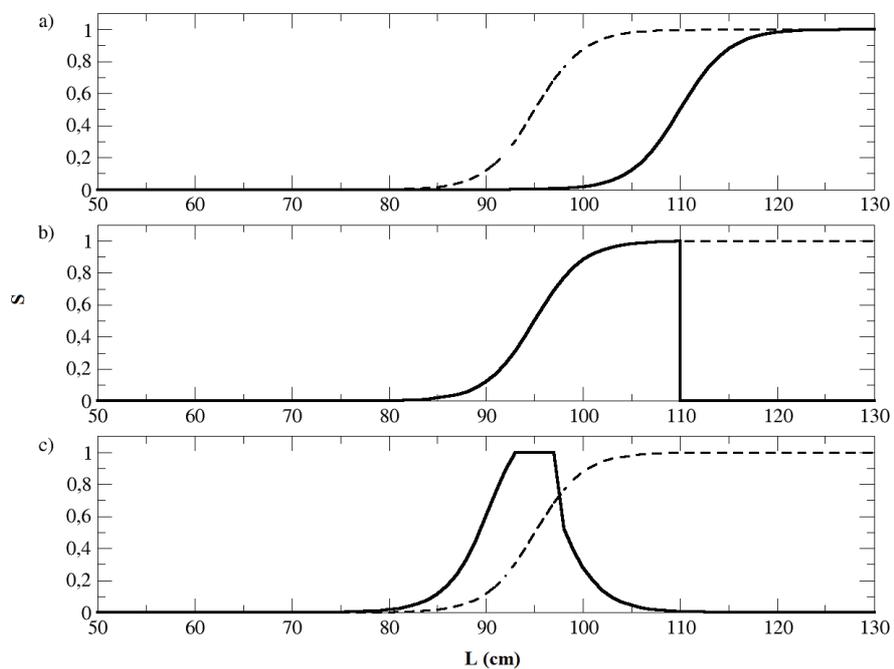


Figura 6 Curvas de seletividade para a pesca do Jaú, sendo a linha contínua a Estratégia: a) $S_2(L)$, b) $S_3(L)$ e c) $S_4(L)$, e a linha pontilhada a curva logística baseada na legislação vigente, $S_1(L)$

- *Cenário (1)* - Durante todo o período de pesca ($t = 40.000$ a $t = 100.000$), foi mantida a curva de seletividade logística $S_1(L)$ que estabelece 95 cm como o comprimento mínimo de captura (Figura 6(a), linha pontilhada) e adotou-se $\gamma = 0,50$, a probabilidade do peixe ser encontrado. Neste caso, o comprimento mínimo de captura corresponde àquele em que a probabilidade de ser pescado é de 50%. Este cenário serviu como referência para comparação de resultados com os demais cenários.
- *Cenário (2)* - Em $t = 75.001$ a curva de seletividade logística $S_1(L)$ foi substituída pela curva de seletividade logística $S_2(L)$ (Figura 6(a), linha contínua), mantendo-se $\gamma = 0,50$. Em $S_2(L)$ o comprimento mínimo de captura teve um aumento de 15%, ou seja, aumentou de 95 cm para 110 cm.
- *Cenário (3)* - Em $t = 75.001$ a curva de seletividade logística $S_1(L)$ foi substituída pela curva de seletividade $S_3(L)$ (Figura 6(b), linha contínua), denominada janela de captura, mantendo-se $\gamma = 0,50$. Em $S_3(L)$, é considerado, além do comprimento mínimo de captura (95 cm), um comprimento acima do qual os peixes não poderão mais ser pescados 110 cm.
- *Cenário (4)*- Em $t = 75.001$ a curva de seletividade logística $S_1(L)$ foi substituída pela curva de seletividade $S_4(L)$ (Figura 6(c), linha contínua), também denominada janela de captura, mantendo-se $\gamma = 0,50$. Em $S_4(L)$, são definidos o comprimento mínimo de captura (90 cm) e o comprimento máximo de captura (98cm), ambos correspondentes a uma probabilidade de captura de 50%.

4.1.2 CENÁRIOS PARA PESCA DO BARBADO

Para o Barbado foram considerados oito cenários para a pesca. Para cada cenário foram realizadas simulações com 300.000 etapas temporais, considerando uma população inicial de $N_0 = 10.000$ peixes. A pesca teve início em $t = 100.001$ (tempo necessário para que a população atingisse uma estrutura etária estável) com curva de seletividade $S_1(L)$, baseada na legislação de pesca atual, sendo a unidade de tempo igual a um ano. Os diferentes procedimentos adotados em $t = 200.001$ caracterizam os diferentes cenários para a pesca do Barbado com suas respectivas curvas de seletividade $S_1(L)$, $S_2(L)$, $S_3(L)$ e $S_4(L)$.

As equações e os gráficos que definem as curvas de seletividade $S_1(L)$, $S_2(L)$, $S_3(L)$ e $S_4(L)$ e os seus respectivos cenários são os seguintes:

$$S_1(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.6(L-60)}} \quad (4.5)$$

$$S_2(L) = \frac{1}{1 + e^{-0.6(L-70)}} \quad (4.6)$$

$$S_3(L) = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-0.6(L-60)}}, & \text{se } L \leq 73 \\ 0, & \text{se } L > 73 \end{cases} \quad (4.7)$$

$$S_4(L) = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-0.6(L-60)}}, & \text{se } L \leq 75 \\ 0, & \text{se } L > 75 \end{cases} \quad (4.8)$$

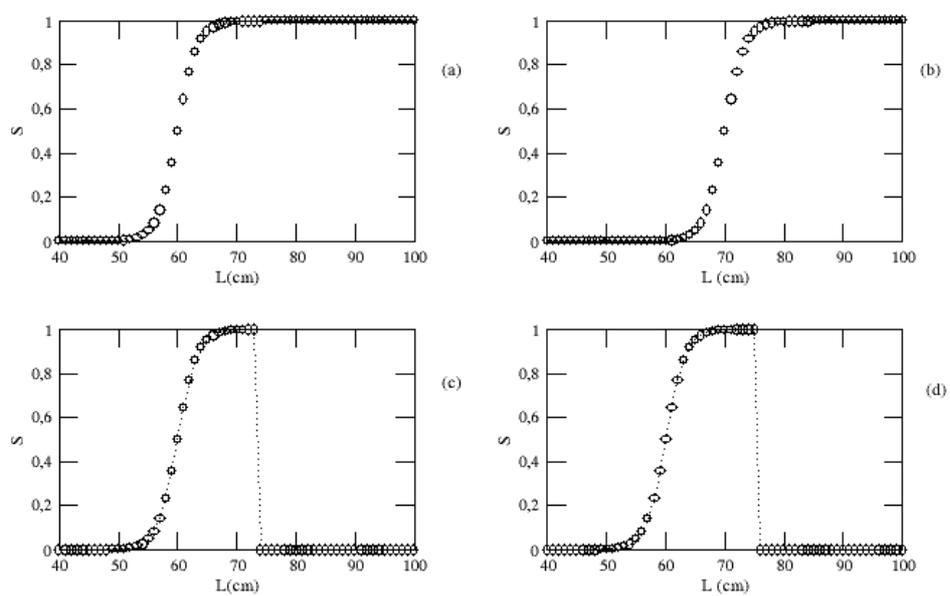


Figura 7 Curvas de seletividade adotadas no modelo para pesca do Barbado. (a) $S_1(L)$ (curva logística baseada na legislação vigente), (b) $S_2(L)$, (c) $S_3(L)$ e (d) $S_4(L)$

- a) *Cenário (1)* - Durante todo o período de pesca ($t = 100.001$ a $t = 300.000$), a seletividade foi definida pela curva logística $S_1(L)$ que estabelece 60 cm como o comprimento mínimo de captura (Figura 7(a)) e, como probabilidade do peixe ser encontrado, adotou-se $\gamma = 0.50$.
- b) *Cenário (2)* - Em $t = 200.001$, a curva de seletividade de pesca $S_1(L)$ foi substituída pela seletividade logística $S_2(L)$ que aumenta o comprimento mínimo de captura de 60 cm para 70 cm (Figura 7(b)). Durante todo o período de pesca considerou-se $\gamma=0.50$.
- c) *Cenário 3* - Em $t = 200.001$, a curva de seletividade de pesca $S_1(L)$ foi substituída pela janela de captura $S_3(L)$ que estabelece, além do comprimento mínimo de captura de 60 cm, o comprimento de 73 cm como aquele acima do qual a captura do peixe é proibida (Figura 7(c)). Durante todo o período de pesca considerou-se $\gamma=0.50$.
- d) *Cenário 4* - Em $t = 200.001$, a curva de seletividade de pesca $S_1(L)$ foi substituída pela janela de captura $S_4(L)$ que estabelece, além do comprimento mínimo de captura de 60 cm, o comprimento de 75 cm como aquele acima do qual a captura do peixe é proibida (Figura 7(d)). Durante todo o período de pesca considerou-se $\gamma=0.50$.
- e) *Cenário 5* - Durante todo o período de pesca ($t = 100.001$ a $t = 300.000$), a seletividade foi definida pela curva logística $S_1(L)$ que estabelece 60 cm como o comprimento mínimo de captura (Figura 7(a)). Em $t = 200.003$, a probabilidade do peixe ser encontrado teve um aumento de 20%, ou seja, γ foi aumentado de 0.50 para 0.60.
- f) *Cenário 6* - Em $t = 200.001$, a curva de seletividade de pesca $S_1(L)$ foi substituída pela seletividade logística $S_2(L)$ que aumenta o comprimento mínimo de

captura de 60 cm para 70 cm (Figura 7(b)). Em $t = 200.003$, a probabilidade do peixe ser encontrado teve um aumento de 20%, ou seja, γ foi aumentado de 0.50 para 0.60.

g) *Cenário 7* - Em $t = 200.001$, a curva de seletividade de pesca $S_1(L)$ foi substituída pela janela de captura $S_3(L)$ que estabelece, além do comprimento mínimo de captura de 60 cm, o comprimento de 73 cm como aquele acima do qual a captura do peixe é proibida (Figura 7(c)). Em $t = 200.003$, a probabilidade do peixe ser encontrado teve um aumento de 20%, ou seja, γ foi aumentado de 0.50 para 0.60.

h) *Cenário 8* - Em $t = 200.001$, a curva de seletividade de pesca $S_1(L)$ foi substituída pela janela de captura $S_4(L)$ que estabelece, além do comprimento mínimo de captura de 60 cm, o comprimento de 75 cm como aquele acima do qual a captura do peixe é proibida (Figura 7(d)). Em $t = 200.003$, a probabilidade do peixe ser encontrado teve um aumento de 20%, ou seja, γ foi aumentado 0.50 para 0.60.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO MODELO DE PESCA SELETIVA APLICADO AO JAÚ (*Paulicea luetkeni*)

Na tabela 3, são apresentados os parâmetros de crescimento, obtidos para o Jaú com o cenário (1) e por Mateus e Penha (2007). Observa-se que o valor adotado, para o parâmetro B1, proporcionou obter com o modelo parâmetros biológicos, bem próximos dos experimentais, caracterizando, adequadamente, uma população de Jaú.

Tabela 3 Parâmetros de crescimento do Jaú obtidos, experimentalmente, por Mateus e Penha (2007) e valores médios destes parâmetros obtidos com o cenário (1) (\overline{L}_m : comprimento médio da primeira maturação, \overline{k} : taxa de crescimento, \overline{I}_m : idade média da primeira maturação)

Parâmetros	\overline{L}_m (cm)	\overline{k} (ano ⁻¹)	\overline{I}_m (ano)
Experimental	85,00	0,128	4,49
Modelo	84,89	0,127	4,68

Na tabela 4, são comparados os valores médios, obtidos em diferentes cenários, com aqueles obtidos no cenário (1). Observa-se no cenário (2) a maior redução da captura (37, 74%) em relação ao cenário (1). Por outro lado, observa-se um aumento de 10, 24% e 10, 90%, na taxa de crescimento e no comprimento de maturação, respectivamente. A redução na captura decorre da escolha de uma curva de seletividade que exclui da pesca a maior parte dos indivíduos da população, uma vez que poucos serão os peixes que atingirão comprimentos acima de 110 cm. Esta seletividade para pesca, embora proporcione um aumento de 24, 07% na biomassa do estoque, pode gerar grandes prejuízos para os pescadores que dependem, economicamente, da pesca. Já no cenário (3), a definição de um comprimento máximo para a captura (110 cm) que exclui da pesca uma porção

pequena da população, ocasiona uma redução de apenas 6,22% na captura e um aumento de 4,52% na biomassa do estoque.

No cenário (4), observa-se o aumento de todos os parâmetros biológicos, exceto o comprimento médio e o peso médio dos peixes capturados, uma vez que os peixes maiores são capturados com uma probabilidade mais baixa. Embora neste cenário os peixes mais jovens tenham uma probabilidade de captura maior do que nas seletividades S_1 e S_3 , observa-se um aumento de 14,09% no comprimento de maturação, 7,62% na idade de maturação e 12,60% na taxa de crescimento. O aumento destes parâmetros biológicos resulta da proteção ainda maior, comparado ao cenário (1), dos indivíduos maiores e, portanto, daqueles que apresentam as maiores taxas de crescimento. Isto permite que os peixes com as maiores taxas de crescimento deixem descendentes na população, permitindo, assim, a preservação dos melhores fenótipos na espécie.

Na figura 8 apresenta-se a distribuição de frequência da ocorrência da idade de primeira maturação. No cenário (1), embora com pouca ocorrência, observam-se indivíduos que maturam com 3 anos, o que não ocorre nos outros cenários. No cenário (4) observa-se um aumento de indivíduos que maturam na idade de 6 anos ainda que a pressão de pesca sobre os peixes menores tenha aumentado. Embora sejam observadas algumas alterações na distribuição de frequência da idade de maturação, a longevidade dos indivíduos não sofre alterações com as mudanças de cenários, contudo ocorre um aumento de sobrevivência nas idades 6 e 7 anos para os cenários (2), (3) e (4) (Figura 9).

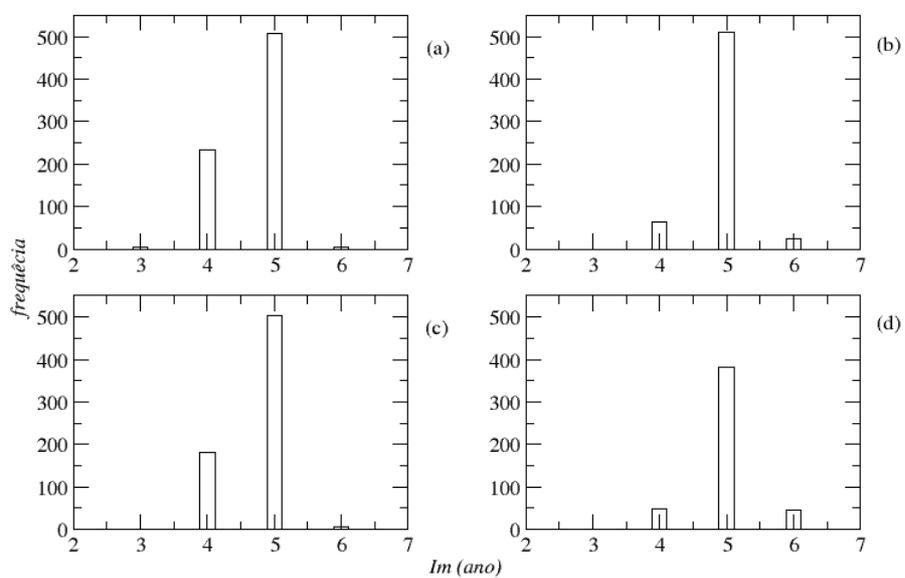


Figura 8 Distribuição de frequência da idade da primeira maturação em intervalos de 1 ano nos cenários (a) (1), (b) (2), (c) (3) e (d) (4)

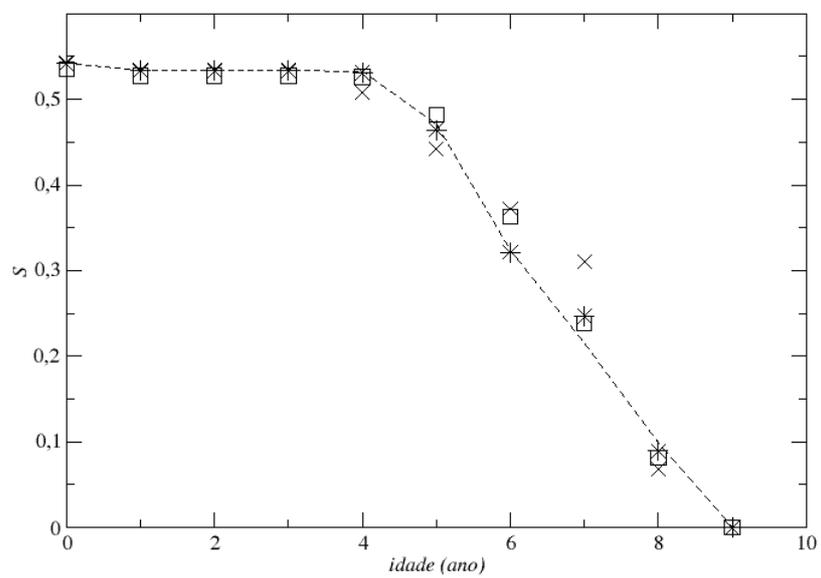


Figura 9 Curvas de sobrevivência do Jaú nos cenários (1) (linha tracejada), (2) (quadrado), (3) (estrela) e (4) (xis)

Nas figuras 10 e 11 apresenta-se a evolução temporal dos valores médios da biomassa, da biomassa desovante, da captura, do peso do capturado e dos parâmetros de crescimento do Jaú. O cenário (4), mais vantajoso dentre os apresentados, leva mais tempo que o cenário (2) para estabilizar, provavelmente, por gerar alterações em grupos de menor e maior tamanho corporal. Um aspecto relevante é que os resultados apresentados foram obtidos considerando-se a dinâmica a longo prazo com a suposição de que os cenários não se alteram com o tempo. Outro aspecto importante é que a estabilização da dinâmica, em todos os cenários, ocorre 200, após a mudança da curva de seletividade, tempo muito grande comparado à expectativa de vida do homem e aos intervalos observados entre mudanças sucessivas nas legislações para a pesca. Isto significa que as vantagens, decorrentes de determinadas estratégias de pesca, para a espécie explorada, poderão não ser detectadas na escala de observação do pesquisador e das comunidades pesqueiras. Por esta razão, estratégias que geram redução na captura e, conseqüentemente, na economia destas comunidades, que são mudanças rapidamente visíveis, poderão sofrer críticas diversas se não estiverem claros os seus efeitos a longo prazo.

Tabela 4 Valores médios do tamanho da população (\bar{N}), da biomassa (\bar{B}), da captura (\bar{C}), da taxa de crescimento (\bar{k}), do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m), da idade da primeira maturação (\bar{I}_m), do comprimento do peixe capturado (\bar{L}), da biomassa desovante (\bar{B}_s), do peso do peixe capturado (\bar{p}) do estoque do Jaú (*Paulicea luetkeni*) para uma população sujeita à pesca seletiva nas estratégias $S_1(L)$, $S_2(L)$, $S_3(L)$ e $S_4(L)$ por meio de simulação e o percentual (%) de acréscimo ou decréscimo nos valores médios dos parâmetros biológicos do Jaú obtidos nas simulações das estratégias $S_2(L)$, $S_3(L)$ e $S_4(L)$ comparados aos obtidos na estratégia $S_1(L)$

Valores Médios	$S_1(L)$	$S_2(L)$	%
	Cenário (1)	Cenário (2)	
\bar{N}	44847	46817	4,39
\bar{B} (ton)	61,00	74,68	24,07
\bar{C} (ton)	5,14	3,20	-37,74
\bar{k} (ano ⁻¹)	0,127	0,140	10,24
\bar{L}_m (cm)	84,89	94,14	10,90
\bar{I}_m (ano)	4,68	4,93	5,34
\bar{L} (cm)	100,30	113,49	13,15
\bar{B}_s (ton)	13,95	18,61	33,40
\bar{p} (kg)	14,66	21,69	47,95
Valores Médios	$S_1(L)$	$S_3(L)$	%
	Cenário (1)	Cenário (3)	
\bar{N}	44847	44989	0,32
\bar{B} (ton)	61,00	63,76	4,52
\bar{C} (ton)	5,14	4,82	-6,22
\bar{k} (ano ⁻¹)	0,127	0,130	2,36
\bar{L}_m (cm)	84,89	86,56	2,00
\bar{I}_m (ano)	4,68	4,72	0,85
\bar{L} (cm)	100,30	99,13	-1,17
\bar{B}_s (ton)	13,95	14,80	6,09
\bar{p} (kg)	14,66	14,04	-0,42
Valores Médios	$S_1(L)$	$S_4(L)$	%
	Cenário (1)	Cenário (4)	
\bar{N}	44847	45130	0,63
\bar{B} (ton)	61,00	78,52	28,72
\bar{C} (ton)	5,14	5,32	3,50
\bar{k} (ano ⁻¹)	0,127	0,143	12,60
\bar{L}_m (cm)	84,89	96,85	14,09
\bar{I}_m (ano)	4,68	4,99	6,62
\bar{L} (cm)	100,30	92,41	-7,87
\bar{B}_s (ton)	13,95	20,54	47,24
\bar{p} (kg)	14,66	11,18	-23,74

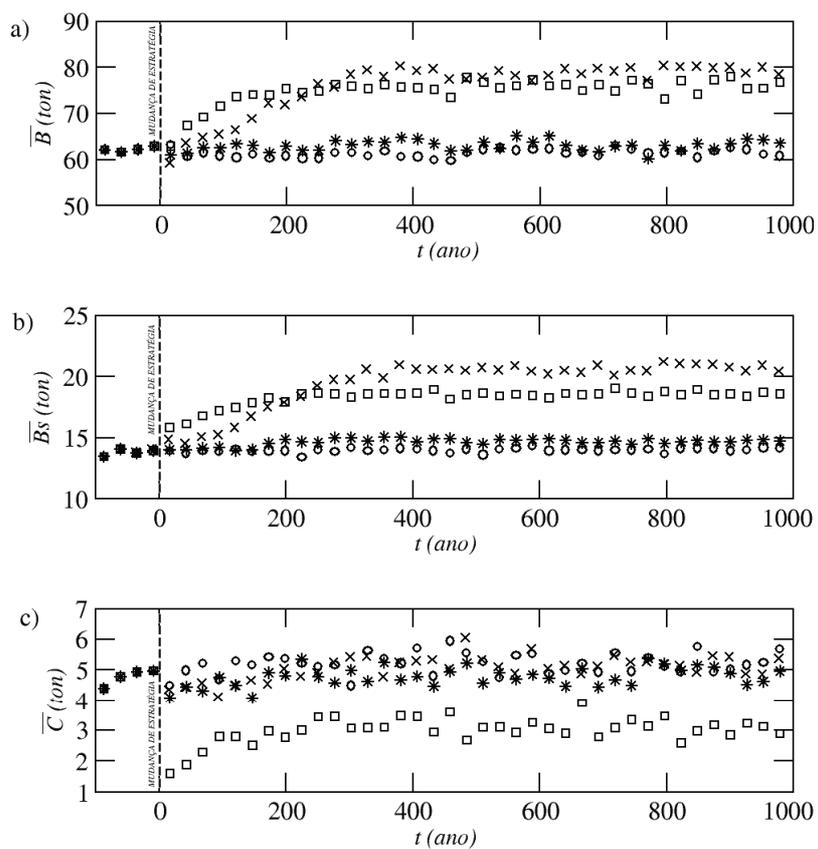


Figura 10 Evolução temporal dos valores médios em *tonelada* da (a) biomassa (\bar{B}), (b) biomassa desovante (\bar{B}_s) e (c) captura (\bar{C}) do Jaú, nos cenários (1) (círculo), (2) (quadrado), (3) (estrela) e (4) (xis)

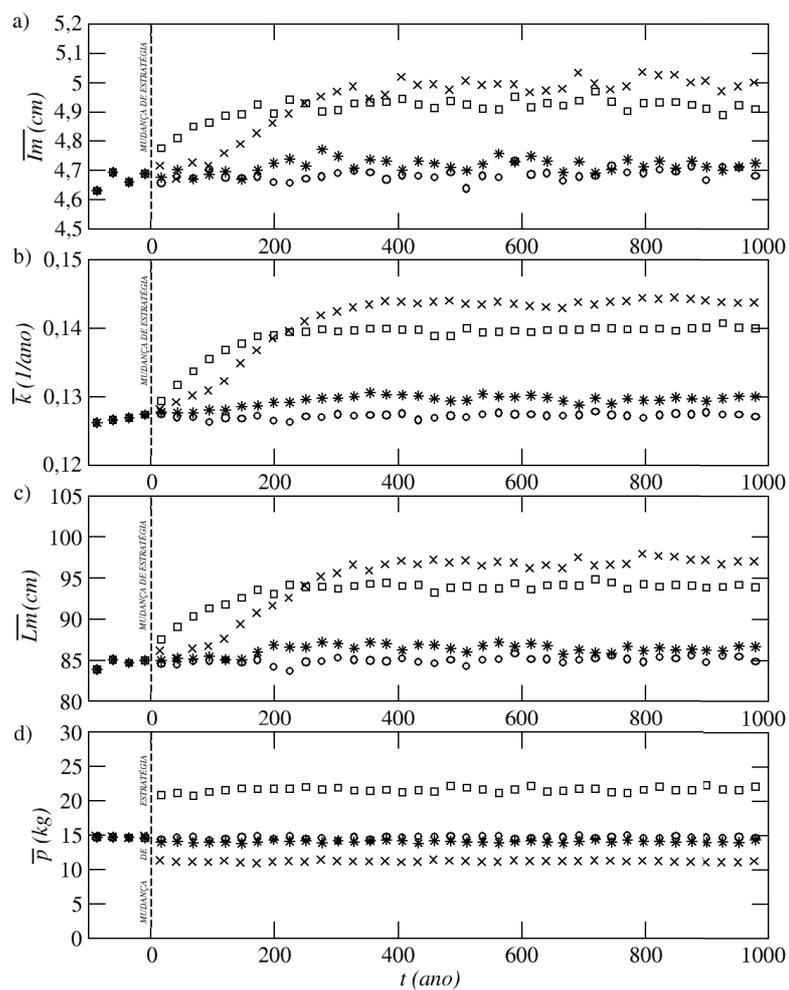


Figura 11 Evolução temporal dos valores médios: (a) da idade da primeira maturação em ano (\bar{I}_m), (b) da taxa de crescimento em ano^{-1} (\bar{k}), (c) do comprimento da primeira maturação em cm (\bar{L}_m), (d) do peso dos indivíduos capturados em kg (\bar{p}) do Jaú, nos cenários (1) (círculo), (2) (quadrado), (3) (estrela) e (4) (xis)

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO DO MODELO DE PESCA SELETIVA APLICADO AO BARBADO (*Pinirampus pirinampu*)

Na tabela 5, são apresentados os parâmetros de crescimento, obtidos para o Barbado com o cenário (1) e por Mateus e Penha (2007). Observa-se que o valor adotado para o parâmetro β_1 proporcionou obter com o modelo parâmetros biológicos bem próximos dos experimentais, caracterizando, adequadamente, uma população de Barbado.

Na tabela 6, são comparados os valores médios obtidos em diferentes cenários com aqueles obtidos no cenário (1). No cenário (2), observa-se o maior aumento na biomassa (22,41%) e, também, a maior redução na captura (40,86%). A redução na captura decorre do aumento no tamanho mínimo de captura, excluindo da pesca os intervalos de comprimento em que se encontra a maior parte dos peixes. Observa-se que a redução na captura ocasionou um aumento na taxa de crescimento (\bar{k}), no comprimento de maturação (\bar{L}_m) e na idade de maturação (\bar{I}_m) dos indivíduos. A estratégia de pesca, adotada no cenário (2), embora seja vantajosa para a espécie, pode ocasionar grandes perdas econômicas para a comunidade pesqueira.

No cenário (3), observa-se, também, um aumento na biomassa (15,41%) e uma redução pequena na captura (8,92%) quando comparada a do cenário (2,22). A taxa de crescimento (\bar{k}), o comprimento de maturação (\bar{L}_m) e a idade de maturação (\bar{I}_m) apresentam aumentos superiores aos observados no cenário (2). No cenário (3), a janela de captura adotada ao excluir da pesca uma pequena porção de indivíduos com comprimento maior que 70 cm gera uma redução na captura, mas permite que os indivíduos de tamanhos maiores deixem mais descendentes na população, favorecendo a permanência de fenótipos que promovem um crescimento mais rápido.

Já no cenário (4), observa-se um aumento na biomassa de 11,69% e uma redução ainda menor na captura. Neste cenário a captura apresenta a menor redução (2%). Os aumentos na taxa de crescimento (\bar{k}), no comprimento de maturação (\bar{L}_m) e na idade de maturação (\bar{I}_m) são um pouco menores do que os obtidos no cenário (3).

Na figura 12, é apresentada a distribuição de frequência normalizada da biomassa, por intervalo de classe, imediatamente antes de alterar a curva de seletividade ($t = 200.000$) e as curvas de seletividade que serão adotadas em $t = 200.001$. Na figura 13, é apresentada a configuração do histograma em $t = 300.000$ em cada um dos cenários. Comparando-se as figuras, observa-se que as janelas de captura promovem o aparecimento de biomassa, em intervalos de classe, com tamanhos superiores a 80 cm.

Nas figuras 14 e 15, apresenta-se a evolução temporal dos valores médios da captura (\bar{C}), do comprimento de maturação (\bar{L}_m), da idade de maturação (\bar{I}_m) e da biomassa (\bar{B}), nos primeiros 50 anos após a alteração da curva de seletividade. Enquanto as alterações em captura são visíveis nos primeiros anos, principalmente pelos pescadores, as mudanças nos outros parâmetros biológicos são pouco visíveis nos primeiros 20 anos. Com o aumento do esforço de pesca, ou seja, uma aumento na probabilidade do indivíduo ser encontrado de 50% para 60%, as mudanças nos parâmetros de crescimento são perceptíveis nos primeiros 10 anos (figura 16).

Tabela 5 Parâmetros de crescimento do Barbado obtidos experimentalmente por Mateus e Penha (2007) e valores médios destes parâmetros obtidos com o cenário (1) (\bar{L}_m : comprimento médio da primeira maturação, \bar{k} : taxa de crescimento, \bar{I}_m : idade média da primeira maturação)

Parâmetros	\bar{L}_m (cm)	\bar{k} (ano ⁻¹)	\bar{I}_m (ano)
Experimental	52,13	0,30	2,09
Modelo	52,10	0,346	2,14

Tabela 6 Valores médios da biomassa (\overline{B}), da biomassa desovante (\overline{B}_s), da captura (\overline{C}), da captura em número (\overline{C}_n), da taxa de crescimento (\overline{k}), do comprimento da primeira maturação (\overline{L}_m), da idade da primeira maturação (\overline{I}_m) e do comprimento do peixe capturado (\overline{L}), obtidos para a população de Barbado nos cenários (1), (2), (3) e (4), e diferenças percentuais dos valores médios em relação ao cenário (1)

Valores Médios	$S_1(L)$	$S_2(L)$	%
	Cenário (1)	Cenário (2)	
\overline{B} (ton)	13,43	16,44	22,41
\overline{B}_s (ton)	7,35	9,83	33,74
\overline{C} (ton)	6,73	3,98	-40,86
\overline{C}_n	2065,76	905,15	-56,18
\overline{k} (ano ⁻¹)	0,346	0,356	2,89
\overline{L}_m (cm)	52,10	54,43	4,47
\overline{I}_m (ano)	2,14	2,23	4,21
\overline{L} (cm)	66,07	73,38	11,06
Valores Médios	$S_1(L)$	$S_3(L)$	%
	Cenário (1)	Cenário (3)	
\overline{B} (ton)	13,43	15,50	15,41
\overline{B}_s (ton)	7,35	7,75	5,44
\overline{C} (ton)	6,73	6,13	-8,92
\overline{C}_n	2065,76	1947,57	-5,72
\overline{k} (ano ⁻¹)	0,346	0,370	6,94
\overline{L}_m (cm)	52,10	55,68	6,87
\overline{I}_m (ano)	2,14	2,25	5,14
\overline{L} (cm)	66,07	65,45	-0,94
Valores Médios	$S_1(L)$	$S_4(L)$	%
	Cenário (1)	Cenário (4)	
\overline{B} (ton)	13,43	15,00	11,69
\overline{B}_s (ton)	7,35	7,46	1,50
\overline{C} (ton)	6,73	6,58	-2,22
\overline{C}_n	2065,76	2054,11	-0,56
\overline{k} (ano ⁻¹)	0,346	0,366	5,78
\overline{L}_m (cm)	52,10	54,86	5,30
\overline{I}_m (ano)	2,14	2,22	3,74
\overline{L} (cm)	66,07	65,79	-0,42

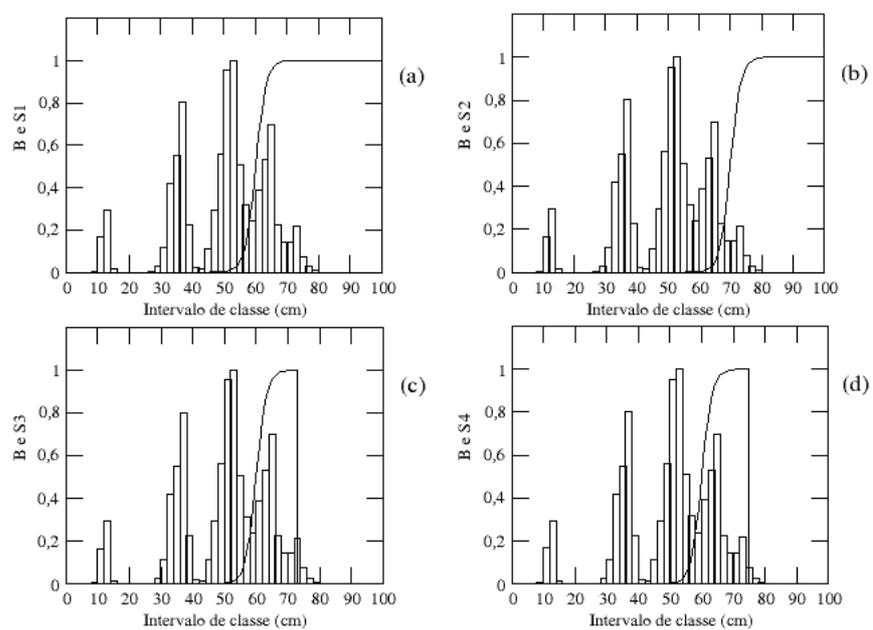


Figura 12 Biomassa da população do Barbado normalizada por intervalo de classe no cenário (1) e curva de seletividade (a) $S_1(L)$, (b) $S_2(L)$, (c) $S_3(L)$ e (d) $S_4(L)$, em $t = 200000$

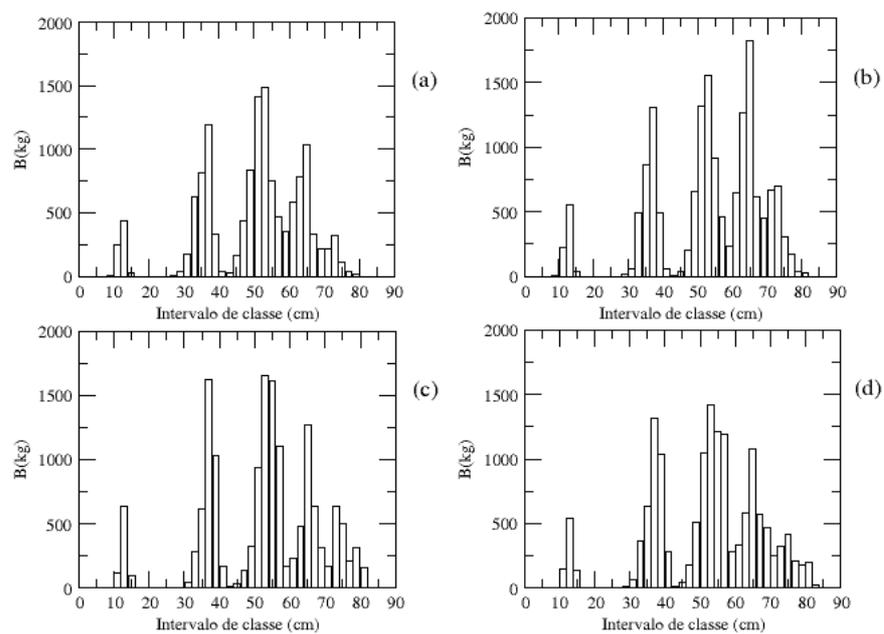


Figura 13 Biomassa (B) por intervalo de classe da população de Barbado no (a) cenário (1), (b) cenário (2), (c) cenário (3) e (d) cenário (4), em $t = 300000$

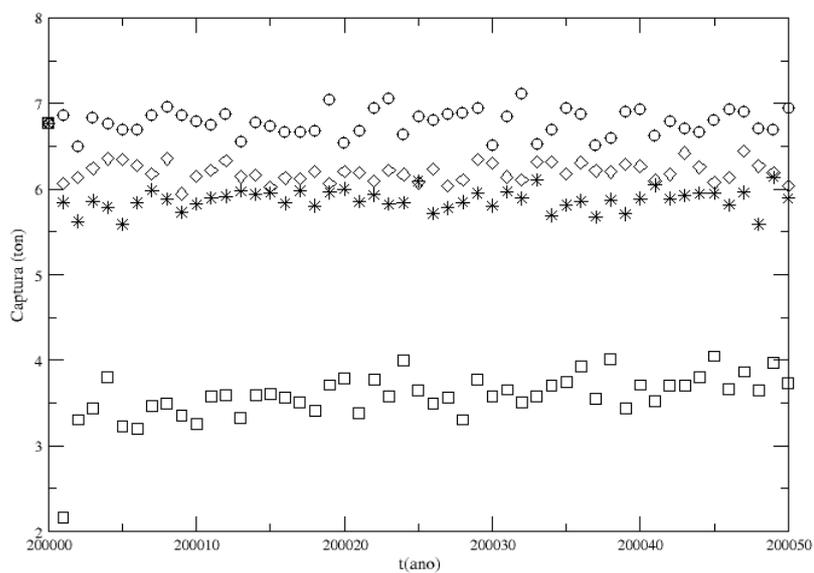


Figura 14 Evolução temporal dos valores médios da captura (\bar{C}) em *ton* do Barbado, nos cenários (1) (círculo), (2) (quadrado), (3) (estrela) e (4) (losango)

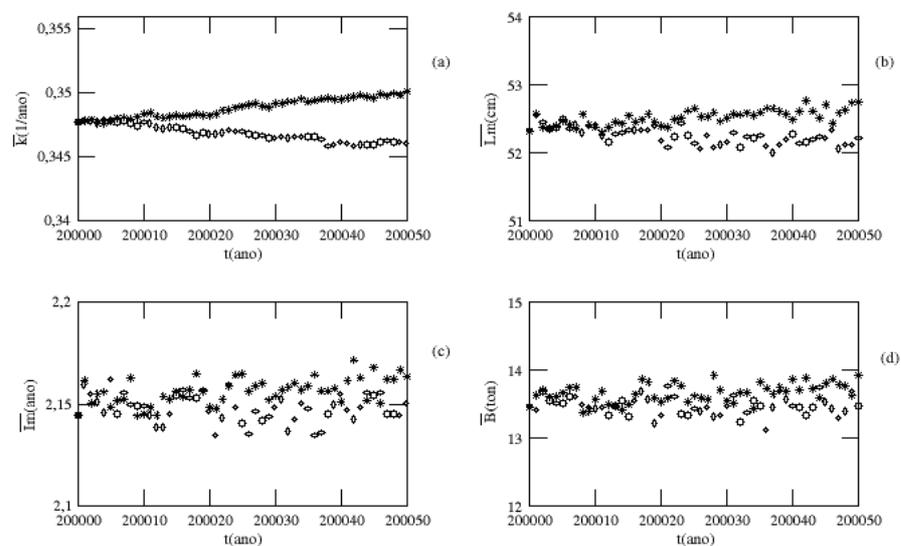


Figura 15 Evolução temporal dos valores médios (a) da taxa de crescimento (\bar{k}) em ano^{-1} , (b) do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m) em cm , (c) da idade da primeira maturação (\bar{I}_m) em ano e (d) da biomassa (\bar{B}) em ton da população de Barbado no cenário (1) (círculo) e no cenário (4) (estrela)

Na tabela 7, são comparados os valores médios dos parâmetros nos cenários (6), (7) e (8) com os obtidos no cenário (5). No cenário (6), todos os parâmetros biológicos aumentaram, em relação ao cenário (5), exceto a captura em peso (\bar{C}) e em número (\bar{C}_n), que apresentaram uma redução de 35,94% e 53,62%, respectivamente. Já nos cenários (7) e (8), todos os parâmetros biológicos foram maiores, exceto a biomassa desovante (\bar{B}_s) no cenário (8). Mesmo com o aumento da probabilidade de encontro (γ aumentou de 0,50 para 0,60 em $t = 200.003$), os cenários, em que as janelas de captura foram adotadas, apresentaram, em sua maioria, os maiores valores médios para os parâmetros biológicos.

Na tabela 8, são apresentadas as variações percentuais nos parâmetros biológicos em relação ao cenário (1). No cenário (5), observa-se a redução em todos os parâmetros biológicos, exceto as capturas em peso (\bar{C}) e em número (\bar{C}_n) que apresentaram um aumento de 2,53% e 6,46%, respectivamente, com o aumento de γ . No cenário (6), todos os parâmetros biológicos aumentaram, exceto a captura em peso (\bar{C}) e em número (\bar{C}_n) que reduziram em 34,32% e 50,62%, respectivamente. Já no cenário (7), todos os parâmetros biológicos aumentaram, exceto a biomassa desovante (\bar{B}_s). Comportamento semelhante foi observado no cenário 8, exceto a biomassa (\bar{B}), que apresentou um decréscimo muito pequeno de 0,45% e no comprimento médio dos indivíduos capturados (\bar{L}) uma queda de 1,18%.

Tabela 7 Valores médios da biomassa (\overline{B}), da biomassa desovante (\overline{B}_s), da captura (\overline{C}), da captura em número (\overline{C}_n), da taxa de crescimento (\overline{k}), do comprimento da primeira maturação (\overline{L}_m), da idade da primeira maturação (\overline{I}_m) e do comprimento do peixe capturado (\overline{L}), obtidos para a população de Barbado nos cenários (5), (6), (7) e (8), e diferenças percentuais dos valores médios em relação ao cenário (5)

Valores Médios	$S_1(L)$	$S_2(L)$	
	Cenário (5)	Cenário (6)	%
\overline{B} (ton)	12,29	15,99	30,11
\overline{B}_s (ton)	6,95	9,53	37,12
\overline{C} (ton)	6,90	4,42	-35,94
\overline{C}_n	2199,22	1020,10	-53,62
\overline{k} (ano ⁻¹)	0,333	0,354	6,31
\overline{L}_m (cm)	50,34	54,06	7,39
\overline{I}_m (ano)	2,10	2,22	5,71
\overline{L} (cm)	65,25	73,04	11,94
Valores Médios	$S_1(L)$	$S_3(L)$	
	Cenário (5)	Cenário (7)	%
\overline{B} (ton)	12,29	14,33	16,60
\overline{B}_s (ton)	6,95	6,95	0,00
\overline{C} (ton)	6,90	7,14	3,48
\overline{C}_n	2199,22	2289,81	4,12
\overline{k} (ano ⁻¹)	0,333	0,356	6,91
\overline{L}_m (cm)	50,34	54,43	8,12
\overline{I}_m (ano)	2,10	2,23	6,19
\overline{L} (cm)	65,25	73,38	12,46
Valores Médios	$S_1(L)$	$S_4(L)$	
	Cenário (5)	Cenário (8)	%
\overline{B} (ton)	12,29	13,37	8,79
\overline{B}_s (ton)	6,95	6,86	-1,29
\overline{C} (ton)	6,90	7,20	4,35
\overline{C}_n	2199,22	2296,68	4,43
\overline{k} (ano ⁻¹)	0,333	0,351	5,40
\overline{L}_m (cm)	50,34	52,34	3,97
\overline{I}_m (ano)	2,10	2,15	2,38
\overline{L} (cm)	65,25	65,29	0,06

Tabela 8 Diferenças percentuais (%), em relação ao cenário (1), dos valores médios da biomassa (\bar{B}), da biomassa desovante (\bar{B}_s), da captura (\bar{C}), da captura em número (\bar{C}_n), da taxa de crescimento (\bar{k}), do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m), da idade da primeira maturação (\bar{I}_m) e do comprimento do peixe capturado (\bar{L}), obtidos para a população de Barbado nos cenários (5), (6), (7) e (8)

Valores Médios	$S_1(L)$ Cenário (5)	$S_2(L)$ Cenário (6)	$S_3(L)$ Cenário (7)	$S_4(L)$ Cenário (8)
\bar{B} (ton)	-8,49	19,06	6,70	-0,45
\bar{B}_s (ton)	-5,44	29,66	-5,55	-6,67
\bar{C} (ton)	2,53	-34,32	6,09	6,987
\bar{C}_n	6,46	-50,62	10,85	11,18
\bar{k} (ano ⁻¹)	-3,76	2,31	2,89	1,44
\bar{L}_m (cm)	-3,38	3,76	4,47	0,46
\bar{I}_m (ano)	-1,87	3,74	4,21	0,47
\bar{L} (cm)	-1,24	10,55	11,06	-1,18

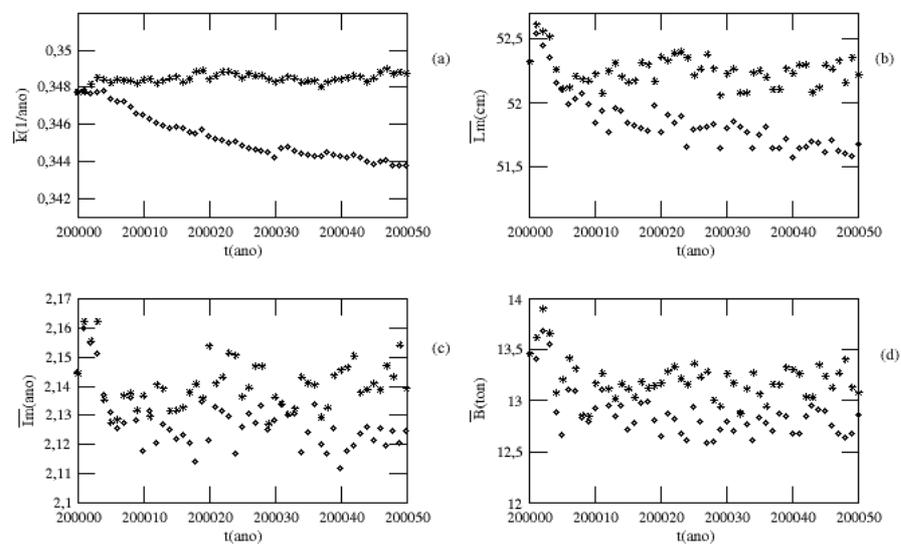


Figura 16 Evolução temporal dos valores médios (a) da taxa de crescimento (\bar{k}) em ano^{-1} , (b) do comprimento da primeira maturação (\bar{L}_m) em cm , (c) da idade da primeira maturação (\bar{I}_m) em ano e (d) da biomassa (\bar{B}) em ton da população de Barbado no cenário (5) (círculo) e no cenário (6) (estrela)

7 CONCLUSÃO

A simulação computacional cada vez mais vem sendo utilizada como ferramenta de grande importância, para estabelecer estratégias de preservação de espécies, uma vez que o estudo de populações no campo é muito difícil, principalmente, tratando-se de espécies aquáticas. Os resultados, obtidos nesse trabalho, apontaram para o problemas dos efeitos da pesca sobre as características de crescimento das espécies Barbado (*Pinirampus pirinampu*) e Jaú (*Paulicea luetkeni*) e, conseqüentemente, sobre os recursos pesqueiros. Estes problemas já haviam sido tratados por Santos, Martins e Pompeu (2012) e Souza, Martins e Zacarias (2012) quando aplicaram o mesmo modelo utilizado neste trabalho à espécie *P. corruscans*.

Os diferentes cenários, para ambas as espécies, Barbado e Jaú, apresentados neste trabalho, mostram mudanças evolutivas na população ao decorrer do tempo. As simulações, apresentadas neste trabalho, reforçam a proposta de definir limites mínimo e máximo de captura, estratégias conhecidas como janelas de captura, para as espécies Barbado e Jaú. Essa estratégia, proposta por Souza, Martins e Zacarias (2012) para o *P. corruscans*, curiosamente foi adotada para a captura daquela espécie nas Bacias Amazônica, Araguaia e Tocantins, por meio da Lei N° 9.794, de 30/07/12. No entanto, em 01/03/13, a Lei N° 9.893 retirou a janela, redefinindo apenas o tamanho mínimo de captura de 85cm. Isto chama a atenção para a necessidade de implementação de janelas de captura baseadas em informações sobre o estoque pesqueiro e de monitoramento para possíveis ajustes na prática. A falta destes cuidados se agrava, principalmente, quando esta estratégia ocasiona uma redução na captura, o que aumenta a necessidade de conscientização da população das comunidades pesqueiras quanto aos benefícios em longo prazo da estratégia adotada.

Para cada espécie, é necessário adotar políticas adequadas e embora existam estratégias de pesca mais vantajosas, muitas vezes, as suas vantagens serão perceptíveis em longo prazo e não poderão ser detectadas na escala de observações das comunidades pesqueiras. Desta forma estratégias que fazem com que a captura seja reduzida poderão sofrer críticas se não estiverem estabelecidos os efeitos benéficos na preservação dos recursos pesqueiros. Como no caso do Jaú, o cenário (4) que se apresentou como o mais vantajoso dentre os demais é o que tem um tempo de estabilização bem longo, na ordem de 200 anos, embora não haja redução na captura existe uma redução no tamanho médio do peixe pescado e conseqüentemente, do seu peso.

REFERÊNCIAS

- ADAMOLI, J. A dinâmica das inundações no Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONOMICOS DO PANTANAL, 1., 1989, Corumbá. **Anais...** Brasília: Departamento de Difusão de Tecnologia, 1989. p. 43-49.
- AGOSTINHO, A. A. et al. Estatificación espacial y comportamiento de *Prochilodus scrofa* em distintas fases del ciclo de vida, em la planície de inundación del alto rio Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brasil. **Hydrobiologie Tropicale**, Paris, v. 26, n. 1, p. 79-90, 1993.
- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUEM, 2007. 501 p.
- ALLASIA, D. G. et al. Modelo hidrológico da bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO DO CENTRO-OESTE DE HIDROLOGIA, 3., 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABRH, 2004. 1 CD-ROM.
- BERTALANFFY, L. V. A quantitative theory of organic growth. **Human Biological**, New York, v. 10, n. 2, p. 181-213, 1938.
- BIRKELAND, C.; DAYTON, P. K. The importance in fishery management of leaving the big ones. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 20, n. 7, p. 356-358, jul. 2005.
- BORDAS, M. P. The Pantanal: an ecosystem in need of protection. **International Journal of Sediment Research**, New York, v. 11, n. 3, p. 34-39, 1996.

BRITO, M. F. G. **Reprodução do surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829) (Pisces:Pimelodidae) do rio São Francisco, na região de Pirapora, Minas Gerais.** 2002. 50 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia de Vertebrados) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. de S.; LOPES, B. S. **Peixes do Pantanal.** Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1999. 184 p.

CAROLSFELD, J. et al. (Ed.). **Migratory fishes of South America.** Victoria: World Fisheries Trust, 2003. 372 p.

CLARKE, R. T.; TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. Variabilidade temporal no regime hidrológico da bacia do Rio Paraguai. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 201-211, jan./mar. 2003.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação hidrológica de grandes bacias. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 95-118, jan./mar. 2001.

CONOVER, D. O.; MUNCH, S. B. Sustaining fisheries yields over evolutionary time scales. **Science**, New York, v. 297, n. 5578, p. 94-96, 2002.

COSTA, M. F. **História de um país inexistente:** o Pantanal entre os séculos XVI e XVIII. São Paulo: Kosmos, 1999. 277 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE NATIONS. **The State of food and agriculture.** Rome, 2002. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y6000e/y6000e.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2013.

FOGARTY, M. J.; SISSEWINE, M. P.; COHEN, E. B. Recruitment variability and the dynamics of exploited marine populations. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 6, n. 8, p. 241-246, Aug. 1991.

FROESE, R.; BINOHLAN, C. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. **Journal of Fish Biology**, London, v. 56, n. 4, p. 758-773, Apr. 2000.

FROESE, R.; PAULY, D. (Ed.). **Fishbase**. Disponível em: <<http://www.fishbase.org>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

GALDINO, S. et al. Evolução do regime hidrológico na planície do baixo curso do rio Taquari, Pantanal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 1997. 1 CD-ROM.

GARCIA, I. C. B. **Influência da pesca seletiva sobre o comprimento médio de maturação em populações de dourado (*Salminus brasiliensis*), piraputanga (*Brycon hilarii*) e curimatá (*Prochilodus lineatus*) no Rio Miranda, MS**. 2006. 46 p. (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2006.

GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. **Água, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. 468 p.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B.; GODINHO, H. P. **Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil**. Disponível em: <<http://www.sfrancisco.bio.br>>. Acesso em: 10 set. 2012.

GOUDING, M. **Man and fisheries on an Amazon frontier**. The Hague: W. Tunk, 1981. 137 p.

GRIMES, C. B. Growth and length-weight relationship of vermilion snapper, *Rhomboplites aurorubens*, from North Carolina and South Carolina waters. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, v. 107, p. 454-456, 1978.

GULLAND, J. A. **Fish population dynamics**. New York: J. Wiley, 1977. 422 p.

HE, J. X.; STEWART, D. J. Age and size at first reproduction of fishes: predictive models based only on growth trajectories. **Ecology**, Durham, v. 82, n. 3, p. 784-791, 2001.

LONGHURST, A. Murphy's law revisited: longevity as a factor in recruitment to fish populations. **Fisheries Research**, New York, v. 56, n. 2, p. 125-131, 2002.

LONGHURST, A. R.; PAULY, D. **Ecology of tropical oceans**. New York: Academic, 1987. 407 p.

LOWER-MCCONNELL, R. L. **Ecological studies in tropical fish communities**. London: Cambridge University, 1987. 382 p.

MATEUS, L. A. F.; PENHA, J. M. F. Dinâmica populacional de quatro espécies de grandes bagres na bacia do rio Cuiabá, Pantanal norte, Brasil (Siluriformes, 47 Pimelodidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Cuiabá, v. 24, p. 87-98, mar. 2007.

PAULY, D. **Theory and management of tropical multispecies stocks**. Manila: ICLARM, 1979. 35 p. (Studies and Reviews, 1).

PAULY, D. et al. Towards sustainability in world fisheries. **Nature**, London, v. 418, p. 689-695, Aug. 2002.

PENNA, T. J. P. A Bit String model for biological aging. **Journal of Statistical Physics**, New York, v. 78, n. 5/6, p. 1629-1633, Mar. 1995.

ROSS, M. R. **Fisheries conservation and management**. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 374 p.

SANTOS, G.; FERREIRA, E.; ZUANON, J. **Peixes comerciais de Manaus**. Manaus: Provárzea/IBAMA-INPA, 2006. 100 p.

SANTOS, R. V. R. **Simulação dos efeitos da pesca seletiva sobre as características de crescimento do surubim *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Pimelodidae)**. 2008. 91 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SANTOS, R. V. R.; MARTINS, S. G. F.; POMPEU, P. S. An individual-based model for selective fishing applied to Pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Pimelodidae). **Physica A**, London, v. 391, n. 21, p. 5112-5120, Nov. 2012.

SATO, Y. et al. Indução experimental da desova do surubim *Pseudoplatystoma corruscans*. In: MIRANDA, M. O. T. (Ed.). **Surubim**. Belo Horizonte: IBAMA, 1997. p. 69-79.

SHEPHERD, J. G. A weakly parametric method for estimating growth parameters from length composition data. In: PAULY, D.; MORGAN, G. R. (Ed.). **Length based methods in fisheries research**. Penang: ICLARM, 1987. p. 113-119.

SPARRE, P.; VENEMA, S. C. **Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais**. Roma: FAO, 1998. 404 p. (Documento Técnico Sobre as Pescas, 306/1).

SOUZA, A. A.; MARTINS, S. G. F.; ZACARIAS, M. S. An individual-based model applied to the study of different fishing strategies of Pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829). **BioSystems**, London, v. 110, n. 1, p. 51-59, 2012.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. **The biology of fish growth**. London: Academic, 1987. 443 p.

WOOTTON, R. J. **Ecology of teleost fishes**. London: Chapman & Hall, 1990.
430 p.

ANEXOS



ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE SERVIÇOS LEGISLATIVOS

LEI Nº 9.893, DE 1º DE MARÇO DE 2013 - D.O. 1º.03.13.

Autor: Lideranças Partidárias

Modifica dispositivos da 9.096, de 16 de janeiro de 2009, alterada pela Lei nº 9.794, de 30 de julho de 2012, e dá outras providências.

A ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MATO GROSSO, tendo em vista o que dispõe o Art. 42 da Constituição Estadual, aprova e o Governador do Estado sanciona a seguinte lei:

Art. 1º O Parágrafo único do Art. 9º da Lei nº 9.096, de 16 de janeiro de 2009, alterado pela Lei nº 9.794, de 30 de julho de 2012, passa a vigorar com a seguinte redação:

“**Art. 9º** (...)”

Parágrafo único As atividades de fiscalização, no todo ou em parte, poderão ser delegadas, por meio de Convênios, entre a Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA e outras entidades governamentais.”

Art. 2º O Art. 17 da Lei nº 9.096, de 16 de janeiro de 2009, alterado pela Lei nº 9.794, de 30 de julho de 2012, passa a vigorar com a seguinte redação:

“**Art. 17** É permitido ao portador da Carteira de Pescador Amador uma cota de captura e transporte de até 5 kg (cinco quilogramas) e um exemplar.

§ 1º O produto decorrente da pesca não poderá ser comercializado.

§ 2º Será permitido ao pescador amador, no ato da fiscalização, optar por ser fiscalizado por Cotas Individuais ou considerar a Cota de Grupo, que será igual à soma das Cotas Individuais.”

Art. 3º O *caput* do Art. 21 da Lei nº 9.096, de 16 de janeiro de 2009, alterado pela Lei nº 9.794, de 30 de julho de 2012, passa a vigorar com a seguinte redação:

“**Art. 21** O pescador profissional poderá capturar até 125 Kg (cento e vinte e cinco quilogramas) semanalmente e transportar todo o pescado armazenado acompanhado da Declaração de Pesca Individual - DPI.”

Art. 4º O § 1º do Art. 23 da Lei nº 9.096, de 16 de janeiro de 2009, alterado pela Lei nº 9.794, de 30 de julho de 2012, passa a vigorar com a seguinte redação:

“**Art. 23** (...)”

§ 1º Excetua-se das exigências do *caput* deste artigo o estoque de até 125 Kg (cento e vinte e cinco quilogramas) de pescado para comercialização ou utilização final, mantida a exigência da Guia de Controle de Pescado ou Nota Fiscal ou DPI.

(...)”

Art. 5º O *caput* do Art. 28 da Lei nº 9.096, de 16 de janeiro de 2009, alterado pela Lei nº 9.794, de 30 de julho de 2012, passa a vigorar com a seguinte redação:

“**Art. 28** Ficam estabelecidas as medidas mínimas e máximas para a captura de peixes no Estado de Mato Grosso conforme os Anexos desta lei.”

Art. 6º O Art. 43 da Lei nº 9.096, de 16 de janeiro de 2009, alterado pela Lei nº 9.794, de 30 de julho de 2012, passa a vigorar com a seguinte redação:



ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE SERVIÇOS LEGISLATIVOS

“Art. 43 Aplica-se o período de defeso (piracema) para a captura de peixes nativos explorados para fins ornamentais e de aquariofilia e iscas vivas.”

Art. 7º Os Anexos I, II, III e IV da Lei nº 9.096, de 16 de janeiro de 2009, alterados pela Lei nº 9.794, de 30 de julho de 2012, passam a vigorar com a seguinte redação:

ANEXO I
BACIA DO PARAGUAI

Nome	Nome Científico	Medida Mínima	Medida Máxima
Barbado	<i>Pinirampus pinirampu</i>	60 cm	Indeterminada
Cachara	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	83 cm	112 cm
Chimburé	<i>Schizodon borellii</i>	25 cm	Indeterminada
Curimbatá	<i>Prochilodus lineatus</i>	38 cm	Indeterminada
Dourado	<i>Salminus brasiliensis</i>	PROIBIDO	
Jaú	<i>Zungaro zungaro</i>	95 cm	Indeterminada
Jurupensem	<i>Sorubim lima</i>	35 cm	Indeterminada
Jurupoca	<i>Hemisorubim plathyrynchos</i>	40 cm	Indeterminada
Pacu	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	46 cm	57 cm
Pacupeva	<i>Mylossoma paraguayensis</i>	20 cm	Indeterminada
Piau	<i>Leporinus ssp.</i>	25 cm	Indeterminada
Piavussu	<i>Leporinus macrocephalus</i>	38 cm	Indeterminada
Pintado	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	90 cm	115 cm
Piraputanga	<i>Brycon hilarii</i>	30 cm	Indeterminada

ANEXO II
BACIAS AMAZÔNICA, ARAGUAIA - TOCANTINS

Nome	Nome Científico	Medida mínima
Bicuda	<i>Boulengerella cuvieri</i>	60 cm
Cachorra	<i>Hydrolycus armatus</i>	60 cm
Caparari	<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	88 cm
Pacu Caranha	<i>Myloplus torquatus</i>	45 cm
Pacu Prata	<i>Myleus ssp.</i>	30 cm
Curimbatá	<i>Prochilodus nigricans</i>	30 cm
Dourada	<i>Brachyplatystoma flavicans</i>	80 cm
Matrinchã	<i>Brycon spp.</i>	35 cm
Pintado	<i>Pseudoplatystoma ssp.</i>	85 cm
Piraiba/Filhote	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	PROIBIDO
Pirapitinga	<i>Piaractus brachipomus</i>	45 cm
Pirarara	<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	95 cm
Trairão	<i>Hoplia</i>	60 cm
Jaú	<i>Zungaro zungaro</i>	95 cm



ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE SERVIÇOS LEGISLATIVOS

ANEXO III
DAS CABECEIRAS DO ARAGUAIA-GO
ATÉ ANTÔNIO ROSA-MT E PARQUE NACIONAL DO ARAGUAIA-TO

Nome	Nome Científico	Medida Mínima
Pirarucu	<i>Arapaima gigas</i>	150 cm
Surubim/Pintado	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	75 cm
Tucunaré	<i>Cichla spp.</i>	35 cm
Curimbatá	<i>Prochilodus nigricans</i>	30 cm
Pescada	<i>Plagioscion spp.</i>	40 cm
Filhote/Piraiba	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	100 cm
Pirarara	<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	95 cm
Bargada	<i>Sorubimichthys planiceps</i>	80 cm
Barbado	<i>Pimirampus pirinampu</i>	60 cm
Mandubé/Fidalgo	<i>Ageneiosus brevifilis</i>	35 cm
Matrinchá	<i>Brycon spp.</i>	38 cm
Piau-cabeça-gorda	<i>Schizodon fasciatum</i>	30 cm
Caranha/Pirapitinga	<i>Colossoma macropomum</i>	45 cm
Apapa	<i>Pellona castelnaeana</i>	40 cm
Curvina	<i>Pachyrus schomburgkii</i>	50 cm
Aruaná	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	50 cm
Cachorra	<i>Hydrolycus armatus</i>	60 cm
Jaú	<i>Zungaro zungaro</i>	95 cm
Piau-Flamengo	<i>Leporinus fasciatus</i>	25 cm

ANEXO IV
NA BACIA ARAGUAIA-TOCANTINS (FORMADORES, AFLUENTES, LAGOS, LAGOAS, RESERVATÓRIOS)

Nome	Nome Científico	Medida Mínima
Pirarucu	<i>Arapaima gigas</i>	150 cm
Surubim/Pintado	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	75 cm
Tucunaré	<i>Cichla spp.</i>	35 cm
Curimbatá	<i>Prochilodus nigricans</i>	30 cm
Mapara	<i>Hypophthalmus edentatus</i>	29 cm
Pescada	<i>Plagioscion spp.</i>	40 cm
Jaú	<i>Zungaro zungaro</i>	95 cm



ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE SERVIÇOS LEGISLATIVOS

Art. 8º Ficam revogados o § 3º do Art. 17 e o Parágrafo único do Art. 43 da Lei nº 9.096, de 16 de janeiro de 2009, alterado pela Lei nº 9.794, de 30 de julho de 2012.

Art. 9º Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

Palácio Paiaguás, em Cuiabá, 1º de março de 2013.

as) SILVAL DA CUNHA BARBOSA
Governador do Estado