



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS  
MESTRADO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS TROPICAIS

**INFLUÊNCIA DA VAZÃO E DA PRECIPITAÇÃO NA AVALIAÇÃO DO ESTOQUE DE  
PIRAMUTABA *Brachyplatystoma vaillantii* DA COSTA NORTE DO BRASIL**

AKEME MILENA FERREIRA MATSUNAGA

BELÉM

2012



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS  
MESTRADO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS TROPICAIS

INFLUÊNCIA DA VAZÃO E DA PRECIPITAÇÃO NA AVALIAÇÃO DO ESTOQUE DE  
PIRAMUTABA *Brachyplatystoma vaillantii* DA COSTA NORTE DO BRASIL

AKEME MILENA FERREIRA MATSUNAGA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da  
Amazônia, como parte das exigências do Curso de  
Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos  
Tropicais, para a obtenção do título de Mestre.  
Orientador: Professor Dr. Lauro Satoru Itó

BELÉM

2012



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
INSTITUTO SÓCIO AMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS  
MESTRADO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS TROPICAIS

AKEME MILENA FERREIRA MATSUNAGA

INFLUÊNCIA DA VAZÃO E DA PRECIPITAÇÃO NA AVALIAÇÃO DO ESTOQUE DE  
PIRAMUTABA *Brachyplatystoma vaillantii* DA COSTA NORTE DO BRASIL

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 13 de agosto de 2012.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Lauro Satoru Itó – Orientador  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

---

Prof. Dr. Fernando Araújo Abrunhosa – 1º Examinador  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - UFPA

---

Prof. Dr. Israel Hidenburgo Aniceto Cintra – 2º Examinador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

---

Prof. Dra. Kátia Cristina de Araújo Silva – 3º Examinador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

*À minha família: Marlene, Nanáme e Tokinori Matsunaga*

## **Agradecimentos**

Ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

Ao Programa de Apoio e Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI da UFRA e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de estudo.

Ao meu Pai Científico, Adotado, do Coração...enfim, Professor Ivan Furtado Júnior! Pela confiança, paciência e principalmente por acreditar em mim até quando eu mesma não. Hoje, eu afirmo com todas as letras que tenho sim 2 pais: o biológico e o do coração! Não há palavras para descrever minha eterna gratidão por ti. Muito obrigada por TUDO!

Ao Professor Dr. Lauro Satoru Itó por aceitar ser o Orientador.

Aos membros da banca examinadora: Professores Doutores Fernando Abrunhosa, Israel Cintra e Kátia Silva pelas contribuições!

Ao Welinton Oliveira e Leonardo Hamada! O Welinton por toda ajuda disponibilizada na forma como ele podia, sempre prestativo (apesar de mal me conhecer), por aturar minhas perturbações durante o período final do mestrado, e principalmente por me apresentar o Hamada, minha ponte até o Professor Dr. Pierre Fréon, autor do Software Climprod. Obrigada rapazes TI do ICIBE!

Ao Elthon Ferreira pelos mapas aqui apresentados.

À Nilzete Gomes, bibliotecária da UFRA, por toda sua paciência e ajuda na normatização das referências bibliográficas.

## ***Agradecimentos do coração***

Sempre escutei que devemos agradecer somente a quem realmente ajudou na realização do trabalho, e por isso mesmo menciono todas essas pessoas. Pois, de uma forma ou de outra, elas contribuíram de alguma maneira: desde o apoio científico ao apoio pessoal: a amizade de vocês! Ah, essa tão valiosa! Compreendendo minha ausência, suportando meus estresses, escutando meus desabafos, me proporcionando ânimo e força pra continuar. A vitória não é só minha.

À Deus, por tudo o que me fora proporcionado até hoje! Por ter proporcionado conhecer pessoas maravilhosas durante esses dois anos de curso, além da força para vencer mais essa batalha.

À minha família: Marlene, Tokinori e principalmente à Nanáme Matsunaga que esteve, está e sempre estará lá me apoiando e do meu lado! Afinal, apesar de sermos apenas duas fisicamente, **somos três sempre!** Com nossa Mãe olhando lá de cima. Tenho plena certeza de que a felicidade e principalmente o orgulho de ambas foi o mesmo naquela semana em que eu enfim consegui o título de Mestre! *“...O cordão de união não se quebrou...Porque eu estaria fora de teus pensamentos, apenas porque estou fora de tua vista? Não estou longe, somente estou do outro lado do caminho...”* (Oração de Santo Agostinho)

À Ádria Freitas, por TUDO! Nem preciso dizer mais! Tu sabes...Eu sei...Só nós sabemos...

À minha dupla de mestrado Áttila Brandão! Coração, deixaste-me fisicamente no finalzinho do curso, mas sei que a tua presença não é só de corpo, mas é principalmente de pensamento, torcida e de gostar mesmo! Obrigada por todo apoio nesses 2 anos, os quais só fizeram reforçar ainda mais a amizade que começou na graduação e se fortalece cada vez mais.

Aos meus queridos e compreensivos amigos, dentre os quais destaco minhas queridas Danielle Tavares, Luciana Corrêa e Mara Hidaka. Juntas comigo há tantos anos e que mesmo na distância, o reencontro nos parece como se o tempo tivesse parado e não houvesse tido um grande intervalo de tempo entre eles. Obrigada por toda compreensão, e principalmente os risos que me fizeram esquecer tantos problemas!

Ao Ewerton Monteiro por toda a ajuda nesses anos! Sempre prestativo e companheiro. E sempre e sempre lá! Nos momentos de desespero, não só tentando solucionar, mas mostrando que há sim um caminho basta manter a calma. Momentos de descontração foram tantos ao lado do “cidadão jurunense”, só uma coisa a te dizer: “Complicado”!

Ao Edimax Gomes. A convivência direta contigo ocorreu já no meio do meu caminho de mestrado, mas só vem se fortalecendo a cada dia! Em inúmeras vezes escutastes minhas lamentações, riu comigo, alegrou-se comigo, me tira do sério às vezes...mas me fizestes perceber o quanto posso contar contigo e isso é tão valioso!!!

Ao Stephan Almeida, por toda paciência e disponibilidade em ajudar quando inúmeras vezes o procurei.

À Maria e Franci, as meninas do PROPED/UFRA e a D. Osmarina, secretária da Pós-Graduação! Sei que nesses 2 anos perturbei muito vocês rsrs...muito obrigada por toda ajuda!

À Equipe que faz ou já fez parte do LAPEP Laboratório de Prospecção e Estatística Pesqueira, nesses meus anos de mestrado: Bianca Holanda, Ivaniely Furtado, Amanda

Boulhosa, Célio Soares, Paola Gomes, Karlenna Monteiro, Mônica Lobato, Raíssa Ribeiro, Inglison Souza, Jessica Almeida, Deusilene Costa.

À minha Flor, Ligia Begot! Por não esquecer da irmã caçula dela mesmo longe! Por deixar minha vidinha mais meiga, principalmente nos momentos estressantes do mestrado.

Ao casal de amigos que Deus me permitiu conhecer no mestrado e que sou muito grata por terem me aceitado como amiga: Gilmara e Eder Oliveira. A família de vocês é muito especial! O mestrado me proporcionou essa felicidade e saibam que vocês moram em meu coração!

Ao *Coffea arabica*, meu querido café! Por todo companheirismo e madrugadas juntos!

Por lo tanto, desarrollo sustentable, se define como el proceso armonioso que integra el aprovechamiento racional de los recursos, el sentido de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y las acciones institucionales que sean acordes a las necesidades y expectativas de las comunidades involucradas em la actividade pesquera.

R. Barthem; H. Guerra; M. Valderrama

1995

## RESUMO

A produção pesqueira da região da costa norte se desenvolve em função do rio Amazonas e seu fornecimento de nutrientes despejados pelo grande volume de água doce, resultando em alta produtividade especialmente de recursos pesqueiros na região, dentre eles a piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii*, bagre alvo do presente estudo e de grande importância econômica. A variação de deslocamento da pesca desta espécie está intimamente relacionada ao seu comportamento migratório, oscilações do nível das águas, da vazão do rio Amazonas, e o deslocamento da zona de contato entre as águas doce e marinha no estuário pois a sazonalidade apresenta-se como fator determinante na produção pesqueira da região. E o manejo dos recursos pesqueiros se faz necessário tanto pela conservação dos sistemas aquáticos amazônico quanto pela manutenção de uma atividade de destacada importância sócio-econômica para a população tradicional amazônica. Compreender essas relações entre a distribuição dos recursos pesqueiros e os fatores ambientais pode fornecer subsídios para o estabelecimento de medidas de ordenamento, e contribuir para uma exploração racional e sustentável dos estoques. A partir desse pressuposto se analisou a relação entre precipitação e vazão dos rios que deságuam na costa norte sobre a Captura Por Unidade de Esforço - CPUE da pesca da piramutaba *B. vaillantii*, através do software CLIMPROD para aplicação de um modelo de excedente de produção com a incorporação das referidas variáveis ambientais separadamente. Para tal, utilizaram-se dados sobre as produções médias mensais desembarcadas (t) e esforço de pesca (dias de mar) obtidos dos arquivos de controle mensal de desembarque da pesca industrial para o período de 1995 a 2007, disponibilizadas pelo projeto Estatpesca - IBAMA/UFRA; dados de vazões considerando o somatório das médias diárias de cada ano do estudo em m<sup>3</sup>/s; e para precipitações, suas médias totais mensais (mm), ambas disponíveis no portal da Agência Nacional de Águas – ANA.

**Palavras-chave:** *Brachyplatystoma vaillantii*, Captura Por Unidade de Esforço, fatores ambientais, CLIMPROD.

## ABSTRACT

The fish production in the region of the north coast is developed according to the Amazon river and its supply of nutrients discharged by the large volume of fresh water, resulting in especially high productivity of fish resources in the region, including the piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii*, catfish target of this study and of great economic importance. The variation of displacement of this species is closely related to their migratory behavior, fluctuations in water level, flow of the Amazon River, and the displacement of the contact zone between fresh and marine waters in the estuary because seasonality is presented as a factor determinant of fish production in the region. And the management of fisheries resources is necessary both for the conservation of Amazonian aquatic systems and the maintenance of an activity of outstanding socio-economic importance for the Amazonian traditional population. Comprehend the relationship between the distribution of the fishing resources and the environment factors contributes to a rationalist and tenable stocks. From this assumption analyse the relationship between precipitation and river flow that flow into north coast upon CPUE fishing of piramutaba catfish *B. vaillantii* through the software CLIMPROD to the application of a model of excedent production with the incorporation of the environment variables. To this end, were used data above the monthly landed average production (t) and fishing effort (sea days) obtained by the files of monthly control of landing of industrial fishing to a period from 1995 to 2007 available by the project Estatapesca IBAMA/UFRA; data flows considering the sum of the daily averages for each year of study in m<sup>3</sup>/s, and precipitation, their average monthly totals (mm), both available on the website of the Agência Nacional de Águas - ANA.

**KEYWORDS:** *Brachyplatystoma vaillantii*, Catch Per Unit Effort, environmental factors, CLIMPROD.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Capítulo 1

- Figura 1 - Vista lateral da piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840). .... 18
- Figura 2 - Esquema da área de distribuição e migração da piramutaba na bacia amazônica, mostrando as áreas de desova, alimentação e crescimento da espécie.....21

### Capítulo 2

- Figura 1. Localização da área de estudo e área de concentração da atividade pesqueira direcionada à captura de *B. vaillantii* na costa norte do Brasil.....48
- Figura 2. Localização das estações fluviométricas utilizadas na estimativa da vazão.....50
- Figura 3. Localização das estações pluviométricas utilizadas na estimativa da precipitação. .51
- Figura 4. Relação entre a produção (t), o esforço (dias de mar) e a CPUE (t/dia de mar) aplicado à pesca de *B. vaillantii*. ....57
- Figura 5. Relação da produção (t) de *B. vaillantii* com vazão e precipitação. ....57
- Figura 6. CPUE (t/dia de mar) de *B. vaillantii* em relação à vazão e precipitação. ....58

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

Tabela 1. Estações fluviométricas utilizadas no estudo. ....	34
Tabela 2. Estações pluviométricas utilizadas no estudo.....	35

### Capítulo 2

Tabela 1. Valores observados de esforço de pesca, produção, vazão e precipitação durante o período de estudo.....	53
Tabela 2. Correlações entre as variáveis analisadas.....	56
Tabela 3. Principais resultados dos parâmetros de ajuste dos modelos para cada variável ambiental analisada.....	61
Tabela 4. Validação dos principais resultados dos parâmetros de ajuste dos modelos para cada variável ambiental analisada.....	62
Tabela 5. Estimativas do esforço de pesca ótimo e da captura máxima sustentável.....	63

## SUMÁRIO

<b>1 CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	14
1.1 JUSTIFICATIVA .....	16
1.3 HIPÓTESE DO TRABALHO .....	17
1.4 OBJETIVOS .....	17
<b>1.4.1 Objetivo geral</b> .....	17
<b>1.4.2 Objetivos específicos</b> .....	17
1.5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	17
<b>1.5.1 Biologia e pesca da piramutaba</b> .....	17
1.5.1.1 A espécie .....	17
1.5.1.2 Características morfológicas.....	18
1.5.1.3 Distribuição geográfica e habitat.....	18
1.5.1.4 Alimentação.....	19
1.5.1.5 Crescimento .....	19
1.5.1.6 Reprodução .....	20
1.5.1.7 Migração .....	20
1.5.1.8 Frota pesqueira e áreas de pesca.....	22
1.5.1.9 Produção pesqueira durante o período do estudo .....	24
1.5.1.10 A gestão das pescarias da piramutaba .....	25
<b>1.5.2 Parâmetros ambientais</b> .....	27
1.5.2.1 Vazão .....	28
1.5.2.2 Precipitação .....	29
<b>1.5.3 Análise entre os parâmetros ambientais e a abundância do estoque</b> .....	31
1.6 METODOLOGIA.....	33
<b>1.6.1 Área de estudo</b> .....	33
<b>1.6.2 Dados pesqueiros</b> .....	33
<b>1.6.3 Dados ambientais</b> .....	34
1.6.3.1 Vazão .....	34
1.6.3.2 Precipitação .....	34
<b>1.6.4 Aplicação do software CLIMPROD</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	36
<b>2 Influência da vazão e da precipitação na avaliação do estoque de piramutaba</b> <i>Brachyplatystoma vaillantii</i> da costa norte do Brasil.....	44

RESUMO.....	44
ABSTRACT .....	45
Introdução .....	45
Material e métodos .....	48
Área de estudo .....	48
Base de dados .....	50
Dados pesqueiros .....	50
Dados ambientais .....	50
Análise dos dados .....	52
Resultados e discussão .....	53
Produção total desembarcada, esforço de pesca e CPUE .....	53
Análise das variáveis ambientais na produção pesqueira .....	56
Conclusões .....	67
Referências bibliográficas .....	68

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A costa norte do Brasil mostra-se como uma área rica em recursos pesqueiros demersais, demonstrando uma grande diversidade distribuída na plataforma continental, desde o Cabo Orange no estado do Amapá, até a foz do rio Parnaíba divisa dos estados do Maranhão e Piauí. A produção pesqueira da região norte é desenvolvida em função do rio Amazonas que despeja um grande volume de água doce, com elevada quantidade de material de origem terrestre em suspensão que, ao se depositar sobre a plataforma continental da foz daquele rio, faz com que a costa dos estados do Pará e Amapá apresentem alta produtividade, especialmente de recursos pesqueiros na região (BATISTA et al. 2005; MMA/SECIRM/IBAMA, 1996; SANTOS; CÂMARA, 2002).

A influência sobre as águas na plataforma continental norte do grande aporte de água doce do rio Amazonas e do rio Pará (tributário do rio Tocantins) é um fenômeno evidente e acentuado, estabelecendo processos diversos de interação física entre o rio e o oceano, ecológica e biológica dos organismos. O material despejado (água, soluções e partículas) e a expansão de energia (marés, correntes, ondas e ventos) são enormes. Esta situação produz uma série de processos oceanográficos interdependentes e complexos, que exercem uma forte influência sobre a distribuição dos recursos vivos na região (NITTROUER; DEMASTER, 1996).

O fornecimento de nutrientes provenientes dos processos de lixiviação através da descarga do rio Amazonas, favorece significativamente a abundância de crustáceos e peixes na região, dentre eles a piramutaba, *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840), bagre de grande importância econômica. Os processos oceanográficos físicos apresentam um papel fundamental na distribuição, abundância e recrutamento dessa espécie. O ciclo de vida de vários outros bagres de importância econômica também é controlado pela variação sazonal da descarga de grandes rios nos oceanos, responsável pela formação de plumas de água doce sobre as águas do oceano, variações na temperatura das águas e na produção primária, e tipo de substrato (ISAAC; BARTHEM, 1995; SOUSA, 2007).

Os recursos pesqueiros e o próprio ambiente em que vivemos estão em mudanças contínuas em resposta aos vários fenômenos meteorológicos e às atividades humanas. Para compreender o complexo inter-relacionamento dos fenômenos que causam estas mudanças é necessário fazer observações com uma grande gama de escalas temporais e espaciais (SAUSEN, 2005).

Os modelos biológico pesqueiros utilizados na avaliação de estoques são construídos incorporando componentes da dinâmica populacional e/ou frota, sem considerar o ambiente em que se encontram as populações. Podem ser aplicados quando se dispõe de razoáveis estimativas da captura total por espécie e/ou da Captura Por Unidade de Esforço (CPUE) por espécie e o esforço de pesca correspondente para certo número de anos. Os modelos de excedente de produção convencionais empregados na avaliação de estoques utilizam somente uma variável explicativa, normalmente o esforço de pesca (WIFF; QUIÑONES, 2004)

A avaliação das relações entre esforço de pesca e quantificação da captura em cada área são questões de interesse para a gestão pesqueira; e compreender as relações entre a distribuição dos recursos pesqueiros e os fatores ambientais pode fornecer subsídios para o estabelecimento de medidas de ordenamento, e contribuir para uma exploração racional e sustentável dos estoques (MEADEN, 2000; ZAGAGLIA; HAZIN, 2008).

Uma vez que a produção biológica dos recursos é condicionada por um complexo conjunto de fatores bióticos e abióticos, as avaliações dos estoques levam em conta os processos de dinâmica populacional que afetam a biomassa das populações, como estudos das taxas de crescimento, mortalidade natural e por pesca, recrutamento, determinação da abundância, migrações, reprodução, alimentação e outros. Os conhecimentos gerados a partir dessas avaliações abordam a biologia, dinâmica dos recursos, influência do meio físico, desenvolvimento de modelos de avaliação e gestão, avanços tecnológicos para a navegação e localização de recursos, novas tecnologias de pesca e conservação de produtos. Na exploração pesqueira, o conceito de sustentabilidade estava inicialmente associado ao objetivo maior da administração pesqueira que era obter o rendimento máximo sustentável. Posteriormente, ampliou-se esse objetivo incluindo a maximização dos benefícios sociais e econômicos da pescaria (CASTELLO, 2007).

O manejo dos recursos pesqueiros se faz necessário tanto pela conservação dos sistemas aquáticos amazônicos quanto pela manutenção de uma atividade de destacada importância socioeconômica para a população tradicional Amazônica. O sucesso do manejo depende do conhecimento integrado da biologia das espécies exploradas e das características do ambiente onde vivem (BARTHEM; FABRÉ, 2004). Qualquer que seja a forma de incorporação do ambiente nos modelos pesqueiros que ajudem a reduzir a incerteza nas estimações finais de uma avaliação de estoque, é de importância para o manejo sustentável dos recursos. E o presente estudo propõe uma abordagem na qual se incorpora uma variável ambiental ao modelo de excedente de produção, através da utilização do software

CLIMPROD (FRÉON et al. 1993) verificando a influência destes parâmetros ambientais sobre a relação entre capturas e esforço de pesca da piramutaba na costa norte do Brasil.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Os modelos de produção excedente constituem uma das ferramentas matemáticas disponíveis para os estudos de avaliação do nível de exploração dos estoques pesqueiros. A principal característica destes modelos consiste na utilização de poucos parâmetros, obtidos a partir dos dados que são normalmente registrados nas estatísticas de pesca. De modo geral, eles relacionam a captura anual obtida para uma espécie ao esforço pesqueiro que foi empreendido, assumindo que a captura é proporcional a biomassa do estoque. Estes modelos necessitam de uma longa série temporal de dados e a sobreexploração só é detectada após o MSY ter sido ultrapassado (CATELLA, 2004; HILBORN; WALTERS, 1992).

Como os modelos de excedentes de produção com a utilização de variáveis ambientais continuam sendo modelos globais, eles retêm as limitações de tais modelos e requerem outros pressupostos básicos usuais. Apesar de tais restrições, estes modelos apresentam em geral uma solução mais aceitável que os modelos tradicionais, especialmente em áreas tropicais onde os fatores ambientais constituem a influência predominante sobre a produção de espécies de vida curta. Em tais áreas a determinação da idade dos peixes é frequentemente difícil e requer amostragens intensivas e custosas, devido à alta variabilidade de comprimento dos peixes dentro das coortes associadas com um tipo especial de agregação, como no caso de espécies pelágicas pequenas (FRÉON, 1985). Sob tais circunstâncias os métodos analíticos usuais são dificilmente utilizáveis. Ainda que os modelos ambientais de produção não necessitem dados biológicos quantitativos, é necessário possuir um conhecimento mínimo da ecologia da espécie para sua correta utilização (FRÉON, 1988; FRÉON; YÁÑEZ, 1995).

De acordo com Barthem e Fabré (2004) os peixes amazônicos apresentam estratégias notáveis para se adequarem às mudanças sazonais nos diversos ambientes que ocupam. A compreensão destas adaptações é de fundamental relevância para o entendimento da abundância e da composição dos recursos pesqueiros e, conseqüentemente, para a definição de políticas de manejo da pesca. Cabe a comunidade científica ligada às diversas áreas de pesquisa verificar e analisar os parâmetros ambientais que podem estar interferindo na ecologia e hábitos das espécies amazônicas.

### **1.3 HIPÓTESE DO TRABALHO**

Há uma relação entre os parâmetros ambientais de vazão e de precipitação com a Captura Por Unidade de Esforço (CPUE) do estoque de piramutaba *B. vaillantii* da costa norte do Brasil.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo geral**

Utilizar modelos de excedente de produção para avaliar os estoques de piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* da Costa Norte do Brasil com a incorporação de variável ambiental para obter o ajuste que mais se aproxime da realidade.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Aplicar os modelos de excedente de produção utilizando um fator ambiental como variável independente para avaliar os estoques de piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* da Costa Norte do Brasil;
- Testar a influência da precipitação e vazão dos principais rios que deságuam na Costa Norte do Brasil sobre a Captura Por Unidade de Esforço (CPUE).

### **1.5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **1.5.1 Biologia e pesca da piramutaba**

##### **1.5.1.1 A espécie**

Os peixes conhecidos como bagres pertencem à ordem dos Siluriformes, onde merece destaque a família Pimelodidae, na qual pertence a espécie de importância comercial alvo do presente estudo, a piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840) (Figura 1a). É uma espécie de bagre de água doce, migradora e de grande importância para a pesca na bacia amazônica (BARTHEM; GOULDING, 1997).

Figura 1 - Vista lateral da piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840).



Fonte: Laboratório de Prospecção e Estatística Pesqueira – LAPEP/UFRA.

#### 1.5.1.2 Características morfológicas

Peixe de pele, muito conhecido na Amazônia, possui cabeça larga, coberta por uma fina camada de pele e focinho fortemente deprimido; boca terminal; maxila superior protuberante; olhos pequenos e dorsolaterais; barbilhões da maxila superiores bem longos; nadadeira caudal em forma de furca com raios laterais longos e filamentosos; base da nadadeira adiposa mais longa que a base da nadadeira anal, a coloração cinza-escuro na região dorsal e claro na região ventral dentes deprimidos e dispostos em bandas na maxila superior e na maxila inferior. Pode atingir até 105 cm de comprimento e peso máximo de 10 kg (ALONSO; PIRKER, 2005; BARTHEM, 1990a; BARTHEM; GOULDING, 1997; CHAVES et al. 2003; FABRÉ; BARTHEM, 2005).

#### 1.5.1.3 Distribuição geográfica e habitat

A piramutaba ocorre na costa norte do Brasil e possui uma ampla distribuição nas bacias do Norte da América do Sul, existindo registros de sua ocorrência desde a bacia do Orinoco, na Venezuela, até a bacia do rio Parnaíba, na divisa dos estados do Maranhão e Piauí, incluindo as águas interiores das bacias do Orinoco, Amazonas (e seus afluentes de água barrenta, além da foz do próprio rio Amazonas e Pará, entre os rios Gurupi no Maranhão e Oiapoque no Cabo Orange no Amapá); e Tocantins-Araguaia, além de pequenos rios e estuários que deságuam nesta área de costa (CHAVES et al., 2003; IBAMA, 1997; PAIVA, 1997).

É o segundo recurso pesqueiro em importância econômica para pesca industrial na região norte, sendo inferior a pesca de camarões, cuja safra ocorre principalmente durante o período chuvoso. Espécie demersal de águas doce e salobra de baixa salinidade, é mais abundante em profundidades compreendidas entre 5 e 10 metros vivendo em grandes cardumes, não sendo encontradas em áreas profundas mais afastadas da costa, fora das áreas

diretamente influenciadas pelas descargas fluviais (BARTHEM; PETRERE JR, 1995; BARTHEM; GOULDING, 1997a; IBAMA, 1997; PAIVA, 1997).

O estuário amazônico é uma área de alta produção biológica e diversas espécies de animais utilizam este habitat como berçário ou área de crescimento e a piramutaba parece ser uma dessas espécies. Piramutaba de todos os tamanhos são encontrados neste ambiente. Os peixes jovens e adultos são frequentemente encontrados na foz dos rios e estuários, onde a água é carregada com sedimentos com fundo lamacento, nunca nas zonas propensas a inundações. É a única espécie do gênero que forma grandes cardumes, podendo ser capturada aos milhares ao longo da calha do rio Solimões-Amazonas. É muito bem aceita tanto para o consumo local como para exportação, devido seu sabor agradável e boa qualidade nutricional (BARTHEM; GOULDING, 1997; LE BAIL; KEITH; PLANQUETTE, 2000).

#### 1.5.1.4 Alimentação

A espécie apresenta uma dieta quali e quantitativa diferenciada para as diversas fases de seu desenvolvimento. Os indivíduos jovens, de 1 a 3 cm de comprimento zoológico, originados de algum lugar da bacia amazônica, seguem em direção ao estuário e alimentam-se inicialmente de vários organismos, dentre eles: fitoplâncton (Crysophyceae), zooplâncton, larvas de insetos e pequenos crustáceos. Durante sua descida, passam a diversificar mais a sua dieta. Chegam ao estuário no período em que o rio Amazonas avança em direção ao Atlântico e com isso, aproveitam a correnteza para se dispersarem na foz. Nesta etapa, medindo entre 2,1 a 9,8 cm, alimentam-se de pequenos camarões e polichaetas (BARTHEM, 1990a, BARTHEM; GOULDING, 1997).

Já os exemplares acima de 9 cm e até 26 cm de comprimento alimentam-se basicamente de pequenos crustáceos e insetos. Acima de 20 cm de comprimento, começa a ter a presença de peixes em sua dieta e a partir de 30 cm, esta espécie passa a ter uma alimentação mais restrita, basicamente piscívora e ocasionalmente de camarão (BARTHEM, 1990a, 1990b).

#### 1.5.1.5 Crescimento

Barthem (1990a) ao estimar os valores dos parâmetros da equação de crescimento de von Bertalanffy utilizando os anéis de crescimento existentes nos esporões dos peixes e também através da análise das modas das distribuições de comprimento, concluiu que os anéis são formados periodicamente a cada um ano aproximadamente e coincidem com os ciclos hidrológico e migratório da espécie que também são anuais. Verificou também que a

piramutaba pode alcançar até 13,5 anos de vida, quando o indivíduo atinge 95% do tamanho máximo.

A piramutaba apresenta um crescimento lento e começam a ser capturadas pela pesca comercial a partir de 2 anos, sendo que com 3 anos (tamanho variando de 42 a 64 cm) atingem a maturidade sexual começando se reproduzir (BARTHEM, 1990a; PIRKER, 2003).

Barthem (1990a) considera que para a idade de 2 anos o anel se forma de agosto e janeiro, apresentando um crescimento acelerado entre o fim do verão e início do inverno. Tal fato pode ser explicado através do ciclo de deslocamento da zona de contato entre as águas doce e marinha. No final do verão e início do inverno, ocorre o predomínio de água doce no estuário oferecendo alimento em abundância e, entre o fim do inverno e o início do verão, o estuário vai se tornando gradativamente salobro estimulando a migração da espécie rio acima.

#### 1.5.1.6 Reprodução

Barthem e Goulding (1997) determinam a Amazônia Ocidental como a principal área de desova em seu modelo básico de migração da piramutaba. Afirmam que espécimes sexualmente maduros só foram encontradas em frequência relativamente alta no rio Solimões. Pesquisas realizadas pelo Instituto Amazônico de Investigaciones Científicas da Colômbia - SINCHI permitiram constatar a presença de fêmeas em diferentes estágios de desenvolvimento gonadal ao longo do ano. As fêmeas apresentaram-se em início de maturação no início da enchente (setembro-outubro) e a partir de novembro até março, já se encontravam em um estágio mais avançado de maturidade (IBAMA, 1999; RUFFINO, 2005).

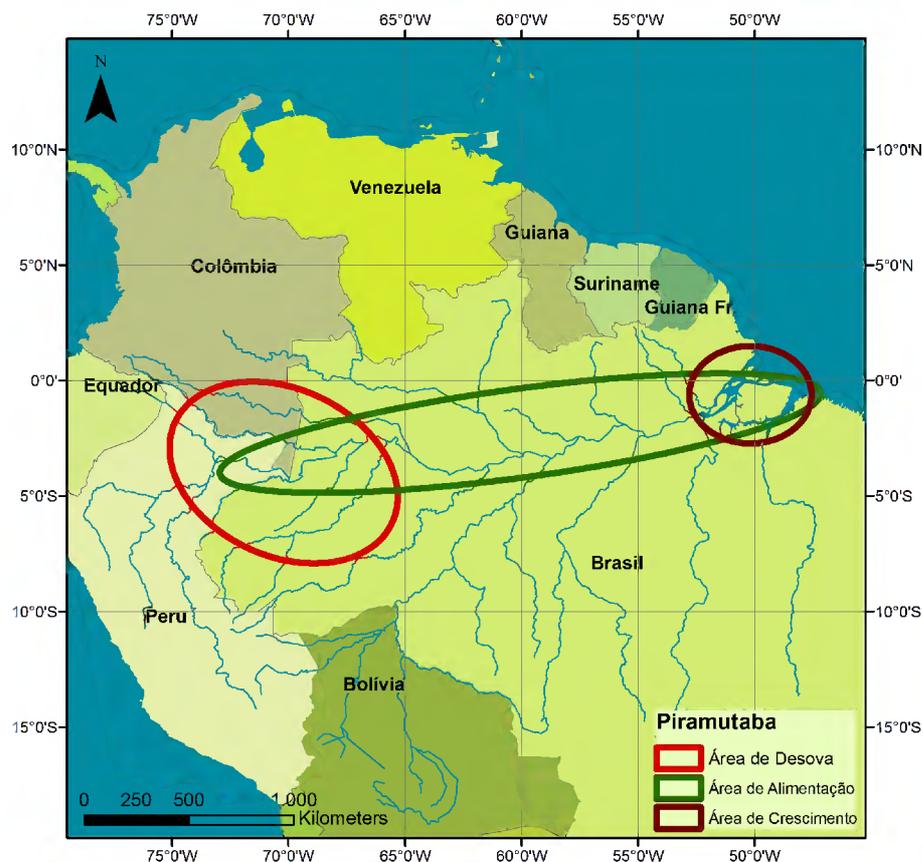
#### 1.5.1.7 Migração

A espécie migra sazonalmente, utilizando diferentes áreas para a reprodução, alimentação e crescimento ao longo do sistema Estuário – Amazonas – Solimões (EAS). É capturada pela frota pesqueira desde Belém, no estuário do rio Amazonas, até Pucallpa, no Peru, aproximadamente 4.500 km a oeste, próximo aos Andes peruanos; tanto pela pesca comercial artesanal, que ocorre em todo o sistema EAS, quanto pela industrial, que é praticada somente no estuário, paralelamente à pesca artesanal. Seu comportamento migratório está diretamente relacionado com as oscilações de nível das águas dos principais rios amazônicos, com o deslocamento da zona de contato entre as águas doce e marinha no estuário e com as mudanças na temperatura (AQUINO, 2004; BARTHEM, 1990a; BARTHEM; GOULDING, 2007; IBAMA, 1999; TORRES et al. 1996).

Estudos já realizados comprovam a existência de um único estoque pesqueiro para a espécie na Amazônia. Foram analisadas sequências de DNA da região controle do DNA mitocondrial, em cinco localidades do eixo Estuário/Amazonas/Solimões e nas regiões do estuário, calha e alto Solimões; e analisado os parâmetros populacionais em indivíduos coletados em pontos distribuídos no sentido norte-sul (calha e tributários da margem esquerda e direita) e a distribuição geográfica da espécie. Foi verificado que esta espécie compõe uma única população migradora na sua calha principal, e por mais que o número de indivíduos de piramutaba diminua quando entra nos tributários, as sua variabilidade genética permanece homogênea (AQUINO, 2004; BATISTA et al. 2005; RODRIGUES, 2009).

A partir de estudos com levantamentos de captura experimental e de dados merísticos e morfométricos, afirma-se que esses peixes são capazes de nadar aproximadamente 4.500 km para completar seu ciclo de vida (Figura 2).

Figura 2 - Esquema da área de distribuição e migração da piramutaba na bacia amazônica, mostrando as áreas de desova, alimentação e crescimento da espécie.



Fonte: Laboratório de Prospecção e Estatística Pesqueira – LAPEP/UFRA. Adaptado de Barthem e Goulding (1997).

Os adultos se reproduzem e desovam na região oeste do rio Amazonas, para depois regressar à região estuarina. Os ovos e larvas são levados passivamente pelas correntes do rio

até a região do estuário amazônico, região onde ocorre o recrutamento inicial e por lá ficam até atingirem 20 cm. A partir de então, os jovens deslocam-se rio acima durante um a dois anos nos grandes rios da Amazônia Central para se alimentar, sendo esta área de alimentação e crescimento durante a fase pré-adulta. Após atingirem uma idade de aproximadamente 2-3 anos e 40 cm de comprimento, quando o nível do rio começa a subir, as piramutabas que vivem na Amazônia Central, formam cardumes e se movem rio acima procurando as cabeceiras para reprodução, reiniciando o ciclo reprodutivo. (BARTHEM; GOULDING, 1997 e 2007).

#### 1.5.1.8 Frota pesqueira e áreas de pesca

A espécie é explorada por dois tipos de frotas pesqueiras: a artesanal difusa e a industrial. A artesanal difusa atua tanto em águas continentais quanto estuarinas, enquanto a frota industrial atua exclusivamente no estuário amazônico (BARTHEM, 1990a,b; BARTHEM et al. 1995; BARTHEM, 2000).

A frota artesanal é composta por barcos de madeira movidos a vela ou a motor, com capacidade para até 70 t de pescado. As embarcações artesanais são encontradas ao longo de toda calha amazônica, tendo como principais portos Manaus, Santarém e o Mercado do Ver-o-peso em Belém. A pesca artesanal é praticada principalmente com rede de emalhar e espinhel. Tanto em estuários quanto na pesca continental, a rede de emalhar é a mais utilizada. Estas são redes de fundo devido ao hábito demersal da espécie, confeccionada pelos próprios pescadores ou compradas as panagens de indústrias em São Paulo, com tamanhos variando entre 400 a 3000 m e tamanho de malha de 12 a 20 cm entre-nós (BRITO, 2005).

A frota pesqueira industrial da piramutaba possui em geral as mesmas características desde a década de 90, equipadas com GPS (Global Positioning System), ecossondas, sonar, radar e guincho. As embarcações atuais são de casco de aço, comprimento variando de 20 m a 22 metros, capacidade de urna entre 35 e 55 toneladas e potência do motor variando entre 325 e 360 HP. Atuam com rede de arrasto em parrelha ou trilheira, onde uma ou duas redes são arrastadas por dois ou três barcos respectivamente operando exclusivamente na foz do rio Amazonas, entre os estados do Pará e Amapá, em profundidades mais rasas que 25 metros. Realizam em média 2,6 viagens por mês, com duração de 7 a 15 dias cada, sendo que são realizados em média 3 arrastos por dia, com duração de 4 a 6 horas cada, e a produção por viagem é de 35 t a 48 t. A tripulação média de é até 7 pescadores, formada por 1 patrão de pesca, 1 motorista, 1 contra mestre ou guincheiro-gelador, 1 cozinheiro e 3 pescadores (AVIZ, 2006; BRITO, 2005; FRÉDOU et al. 2009; ISAAC; BRAGA, 1999; JIMENEZ, 2011).

Barthem (2003) em seu estudo na região da bacia amazônica agrupou as áreas de pesca em categorias de regiões: rio Amazonas, rio Tocantins, delta interno e estuário e costa; sendo que em estudo anterior, Barthem e Petrere (1995) dividiram essas áreas em Norte, correspondendo à costa do Amapá ao norte da foz do rio Araguari; foz amazônica propriamente dita; baía do Marajó; e Salgado, a costa do Pará.

O estuário é o principal habitat explorado pela pesca da piramutaba no estado do Pará, e este ambiente é formado pelo rio Amazonas ao norte e pelo rio Tocantins ao sul. As águas do rio Amazonas chegam à parte sul do Estuário por meio do canal de Breves, que desemboca no rio Pará que é um tributário do rio Tocantins. No ambiente estuarino existe uma extensa zona de mistura ao norte e a leste da ilha de Marajó, na qual a produção de algas é muito grande. As águas dos rios Amazonas e Tocantins fornecem nutrientes, diretamente ou por meio de matéria orgânica, e as águas oceânicas claras permitem a entrada de luz indispensável para a intensa produção de algas. Devido à alta produtividade primária, esta área serve como local de criação de grandes bagres, especialmente a piramutaba e atrai pescarias distintas como: as pescarias artesanais e industriais (BARTHEM; GOULDING, 1997).

As áreas identificadas pelos pescadores industriais e artesanais no estudo de Mourão et al. (2007) coincidem com o descrito por Barthem e Petrere (1995) e Aviz (2006): na época das chuvas, com o deslocamento das águas do rio Amazonas, a piramutaba margeia toda a costa da ilha do Marajó, adentrando rio Pará e chega até o município de Soure, no qual passa a ser capturada em escala industrial e em menor escala pelas pescarias artesanais.

No estudo de Ramos e Pereira (2011), a piramutaba se encontra nos rios Pará, Amazonas e no Estuário que vai até a costa do Amapá. Conforme os pescadores industriais e artesanais, a frota industrial atua na área próxima à costa do Amapá, enquanto que as pescarias artesanais estão mais próximas à costa da ilha do Marajó. As pescarias artesanais são realizadas próximas às ilhas Machadinho e Mexiana, e a noroeste da ilha de Marajó, nos municípios de Chaves e Afuá. De acordo com o relato dos pescadores industriais, a operação da frota pesqueira é realizada no litoral norte entre a Guiana Francesa e a fronteira do Brasil, no estado do Maranhão.

A partir de 1976, a pesca passou a ser proibida na área que vai desde os limites da costa até os limites definidos pelo Paralelo de 00°05'N e o Meridiano de 048°00'W, objetivando eliminar conflitos com os pescadores artesanais e minimizar a captura de indivíduos de pequeno porte e/ou jovens. Em 1987, estabeleceram-se as áreas de restrição à pesca pela Portaria SUDEPE n.º 11/1987, através da proibição da pesca com qualquer tipo de arrasto por embarcações motorizadas a menos de 10 (dez) milhas náuticas da costa dos

estados do Amapá, Pará e Maranhão, bem como no criadouro natural de espécies aquáticas da região estuarina dos rios Amazonas e Pará, na área que vai da costa até os limites definidos pelo Paralelo de 00°05'N e Meridiano de 048°00'W. Segundo Sousa (2007) atualmente a área de captura se estende por cerca de 150 km costa afora, em profundidades que variam de 3 a 20 m.

#### 1.5.1.9 Produção pesqueira durante o período do estudo

A piramutaba é uma das duas mais importantes espécies comerciais de bagres na Amazônia. Estima-se que a captura dos bagres pertencentes ao gênero corresponde a cerca de 80% do total da pesca de bagres e esse esforço de pesca é realizado em três espécies: a piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii*, a dourada *B. rousseauxii* e o filhote *B. filamentosum* (BARTHEM; GOULDING, 2007).

No decorrer do período que compreende a série histórica do presente estudo, o Amazonas e o Pará foram os estados que mais produziram o pescado na região Norte. Os desembarques de piramutaba nesses estados mostraram um pequeno aumento em relação aos anos anteriores, e oscilaram entre 20.000 e 25.000 toneladas, com exceção de um pico em 2006, quando a produção alcançou mais de 28.000 toneladas. E a produção da pesca industrial e artesanal no estuário amazônico atingiu 16.063,50 toneladas em 1999, caiu para 12.010,00 toneladas no ano seguinte e atingiu o pico de produção de 24.701,00 toneladas em 2006 (IBAMA, 2007; RAMOS; PEREIRA 2011).

No Pará, a produção pesqueira mostrou uma grande tendência de crescimento nesse período, indicando que o desembarque efetuado nos frigoríficos do Pará é realizado principalmente pela frota industrial, que utiliza redes de arrasto no estuário amazônico. De acordo com os pescadores industriais, as redes de arrasto contribuem para o maior desembarque da frota industrial da piramutaba. O Pará possuiu uma produção de 62.287,0 toneladas e apresentou um decréscimo de 13,4% em 2007, em relação a 2006. As espécies de peixes que mais contribuíram para este decréscimo foram: a piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) com 20,3%, a dourada (*B. rousseauxii*) com 15,7%, o mapará (*Hypophthalmus marginatus*) com 7,5% e o filhote (*B. filamentosum*) com 7,3%.

A região Norte no ano de 2007 produziu 139.966 toneladas de pescado, com um valor total estimado de R\$ 357.988.790,00 correspondendo a 57,5% da produção da pesca continental do país. Comparada ao ano de 2006, foi a maior produção da pesca extrativa continental do Brasil, apesar de um decréscimo de 5,4%. A produção pesqueira da região norte é desenvolvida em função do rio Amazonas que despeja um grande volume de água

doce, com elevada quantidade de material de origem terrestre em suspensão que, ao se depositar sobre a plataforma continental da foz daquele rio, faz com que a costa dos estados do Pará e Amapá apresentem alta produtividade, especialmente de comunidades do fundo do mar (BATISTA et al. 2005; IBAMA, 2007; SANTOS;CÂMARA, 2002).

#### 1.5.1.10 A gestão das pescarias da piramutaba

No Brasil, as regulamentações específicas da pesca de bagres amazônicos estão limitadas à pesca industrial da piramutaba no estuário. A preocupação em preservar os recursos pesqueiros e evitar o uso de técnicas predatórias para tal atividade é observada no território amazônico desde o período colonial. Incentivos fiscais para a atividade pesqueira foram concedidos a partir de 1966, e nessa mesma época começava a se desenvolver a produção piramutabeira na região norte, devido a atuação da frota industrial. O investimento no parque industrial devido a política de incentivos fiscais abriu espaço para uma nova frota, barcos maiores e tecnologia geral mais avançada, então a pressão intensa exercida por esta frota, além da superposição da zona de operação dos barcos das frotas atuantes na pesca da piramutaba ocasionava sérios conflitos (BARTHEM, 1990; TORRES et al. 1996; VIEIRA, 2005).

Então, a Superintendência de Desenvolvimento da Pesca - SUDEPE estabeleceu a Portaria nº 447/1974 que estabeleceu um limite físico para atuação da frota industrial, através de uma “linha reta imaginária” desde o farol do Cabo Norte (AM) até a ponta da Tijuca (Curuçá/PA) até dentro do estuário. O setor empresarial pesqueiro descontentou-se e pressionou as autoridades competentes para retratação desta linha imaginária, e 2 anos mais tarde foi estabelecido novo limite através da Portaria SUDEPE nº 007/1976, proibindo a operação desta frota ao sul do paralelo 00° 05' N e a oeste do meridiano 48° 00' W, atuando a partir de 3 milhas da costa e fora da área proibida, reservada para pesca artesanal e limitando em 48 o número de embarcações de pesca. Aguçou-se então o conflito entre pescadores artesanais e industriais na foz do rio Amazonas (FURTADO, 1990; TORRES et al. 1996).

A Portaria SUDEPE nº 009/1983 manteve a proibição da pesca de arrasto na área estuarina dos rios Amazonas e Pará, também estabelecendo facultativa a pesca fora da área delimitada como proibida, reduzindo para 44 o número de embarcações de pesca de arrasto, estabelecendo cotas de captura para o ano de 1983 em 21.500 t e caso não fosse alcançado o valor, a cota máxima do ano seguinte corresponderia ao mesmo valor do anterior e dos anos subsequentes, decididos através de investigações de exploração pesqueira. Proibiu também o

uso de redes de arrasto com malhas do saco do túnel inferiores a 100 mm e as demais partes, com tamanho de malhas superiores a esse valor (TORRES et al. 1996).

Posteriormente, a Portaria SUDEPE n.º 11/1987, determinou a proibição da pesca com qualquer tipo de arrasto por embarcações motorizadas a menos de 10 milhas náuticas da costa do Amapá, Pará e Maranhão, bem como no criadouro natural de espécies aquáticas da região estuarina dos rios Amazonas e Pará, na área que vai da costa até os limites definidos pelo Paralelo de 00°05' N e Meridiano de 048° 00'W. A delimitação foi posteriormente alterada pela IN MMA n.º6/2004, passando a ser proibido o exercício da pesca de arrasto industrial na área compreendida entre a linha de costa e a linha imaginária do paralelo de 00°05' N e acima do meridiano de 48°00' W, alterando novamente a limitação do esforço de pesca para no máximo 48 barcos e o mantendo o tamanho mínimo de 100 mm para as malhas dos sacos túneis das redes industriais, cuja validade permanece atualmente (RAMOS; PEREIRA, 2011; TORRES et al. 1996).

A análise e alteração periódica da legislação são alguns dos passos principais para o sucesso do manejo como um todo, pois as características socioeconômicas e ambientais da pesca sofrem mudanças. Fatores determinantes para o sucesso da reprodução dos estoques e do bom desempenho econômico dos agentes da pesca incluem aqueles associados aos fatores ambientais como clima, pulso de inundação, variação na demanda e inovações tecnológicas, dentre outros. Em relação ao clima, cita-se o aquecimento global e conseqüentemente o aumento da temperatura dos sistemas aquáticos e intensificação do fenômeno climático El Niño. O pulso de inundação deveria ser considerado, principalmente, devido à acentuação dos níveis máximo e mínimo do rio afetando o sucesso reprodutivo, a sobrevivência e os desembarques da espécie, além do acréscimo da demanda ocasionado pelo crescimento demográfico e pela necessidade dos empresários de aumentar a lucratividade (RAMOS; PEREIRA, 2011).

Ao considerar o nível de importância da piramutaba e a conseqüente necessidade de ordenamento das pescarias, foi instituído através da Instrução Normativa n.º 5/2002, a proibição da pesca de arrasto na região estuarina dos rios Amazonas e Pará, no período de 1º de outubro a 30 de novembro. Posteriormente, a IN n.º6/2004 delimitou o defeso da piramutaba para o período compreendido entre 15 de setembro a 30 de novembro. Cabe salientar que no ano de 2010 não houve regulamentação do defeso, que havia ocorrido entre 15 de setembro e 30 de novembro de 2009 (IN n.º 06/2009). Excepcionalmente para o ano de 2011, o defeso foi iniciado em 1º de outubro (IN n.º11/2011). (RAMOS; PEREIRA, 2011).

### 1.5.2 Parâmetros ambientais

Como a linha do Equador coincide mais ou menos com o leito principal do rio Amazonas, a bacia amazônica pertence a dois hemisférios climáticos diferentes, o que explica a diferença de períodos de cheias e secas entre os afluentes do norte e do sul. Essas variações importantes de sazonalidade intra-amazônicas terão efeitos específicos sobre o regime dos rios. Assim, a parte meridional se caracteriza com uma estação seca muito forte em junho-julho, e o máximo pluviométrico de dezembro a março. No norte, a quantidade de precipitações é maior, e observa-se uma concentração das precipitações entre abril e outubro (ARAGÓN; CLÜSENER-GODT, 2003; GUYOT, 1993; GUYOT et al. 1999).

A precipitação atmosférica anual é de 2,300 mm, em média, e a descarga média do rio Amazonas no oceano Atlântico é de cerca de 220.000 m<sup>3</sup>/s, o que corresponde a 18% da descarga total de água fresca nos oceanos do mundo (MARENGO, 2007). Mas, nota-se um marcante decréscimo de noroeste para sudoeste. Na costa, a precipitação pluvial é superior a 2200 mm no noroeste diminuindo para 1000 mm no extremo leste. A estação chuvosa é bem definida: 90% da precipitação pluvial ocorre entre janeiro e julho e 10% entre agosto a dezembro. Os meses com chuva mais intensa são março, abril e maio (BRABO et al. 1993).

É fundamental ressaltar que mais da metade destas precipitações voltam para a atmosfera num processo de evapotranspiração que atinge uma média anual de 1.316 mm, variando entre 441 e 1.667 mm (BRASIL, 2003). Ou seja, 50% da água precipitada provêm do vapor de água reciclada (SALATI; MARQUE, 1984). Na maior parte da Amazônia, a umidade se situa por volta de 80%. Março é o mês mais úmido e agosto o menos úmido com uma sazonalidade semelhante a que ocorre com as precipitações (BRASIL, 2003).

A dinâmica das frotas pesqueiras está diretamente relacionada aos circuitos migratórios dos estoques das espécies alvo, que apresentam movimentos sazonais principalmente para reprodução. A determinação do período e local de desova pode explicar as variações na distribuição e disponibilidade dos adultos para a pesca (FURTADO JÚNIOR, 2008).

O principal fator de variação sazonal, na região norte do Brasil, é a salinidade nas áreas costeiras que dependem do ciclo hidrológico, diretamente relacionado a pluviosidade. Com base em INMET (1992), para a pluviosidade podem ser diferenciados quatro períodos: (1) um período chuvoso, de fevereiro a abril; (2) um período de transição das chuvas para o período seco, de maio a julho; (3) um período seco de agosto a outubro e (4) um período de transição do período seco ao período de chuvas, de novembro a janeiro. Esta sazonalidade reflete o efeito do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre a região.

Na região equatorial, os ventos alísios de sudeste e nordeste se encontram na ZCIT que é caracterizada por forte precipitação devido à convecção provocada pelo encontro dessas frentes. A ZCIT tem uma forte variação sazonal, e se encontra mais ao norte nos meses de agosto-setembro, e mais próximo ao equador nos meses de março-abril (MOLINARI et al. 1986).

Também, a região amazônica está submetida à influência do fenômeno El Niño. Agindo na Costa do Peru, do outro lado dos Andes, El Niño repercute na Amazônia com secas prolongadas. Assim ocorre a estiagem em período usualmente úmido, multiplicando os incêndios. Ele mostra a fragilidade do equilíbrio dos ecossistemas frente a variações climáticas (ARAGÓN; CLÜSENER-GODT, 2003).

A vazão das águas do rio Amazonas está correlacionada a uma pluviometria muito influenciada pelas variações das temperaturas de superfície do Oceano Pacífico Tropical e do Oceano Atlântico Tropical. Esta influência do Atlântico Tropical domina durante a ausência do El Niño, como é o caso de 2005 (quando houve a seca nos rios da Amazônia, prejudicando espécies de mamíferos aquáticos, além dos peixes, e a falta de chuva nos leitos dos rios da Amazônia que tornou a situação das cidades ribeirinha caótica). Atualmente a temperatura da superfície de águas superficiais do Atlântico Tropical ultrapassa a média normalmente registrada, com um aumento de 0,5°C a 1°C já desde 2004. As variações da temperatura da superfície do Atlântico norte são vinculadas a uma variabilidade natural do oceano, ao mesmo tempo decadal ou multidecadal (MARENGO, 2007).

A elevada precipitação de chuvas e a intensidade total da radiação solar constituem um importante binômio de maior interação físico-biológica na Amazônia. Também, a floresta amazônica tem um papel fundamental no equilíbrio climático da bacia. Vários estudos mostram que um desmatamento a escala massiva da Amazônia poderia produzir consequências climatológicas e ecológicas irreversíveis (NOBRE et al. 1991).

#### 1.5.2.1 Vazão

A dinâmica anual de descarga dos rios tem sido apontada como o fator chave que caracteriza a sazonalidade da planície e do estuário Amazônico. A oscilação da descarga dos rios causa a alagação das áreas marginais (várzeas) que fornecem grande parte da base energética que sustenta os recursos pesqueiros explorados comercialmente. Além disso, é responsável pelo deslocamento da zona de contato entre as águas oceânicas e costeiras no estuário (ampliando as áreas de água doce do estuário) (BARTHEM; FABRÉ, 2004; VESCOVI, 1997).

Segundo Lentz e Limeburner (1995) o ingresso da enorme vazão fluvial do rio Amazonas na plataforma gera uma pluma de baixa salinidade que se estende por vários quilômetros no sentido noroeste sobre a plataforma. A pluma tem aproximadamente 3 a 10 m de espessura e 80 a 200 km de largura. No encontro da pluma de água doce com a água salgada forma-se uma intensa frente salina a  $\cong 150$  km da foz do rio, que se estende por 400 km ao longo da plataforma entre as isóbatas de 10 e 20 m.

A vazão fluvial não permite o ingresso da água do mar no interior do rio. Isto determina que a cunha salina, os gradientes horizontais de salinidade e a circulação baroclínica ocorram sobre a plataforma. A localização e as variações da frente salina estão associadas ao ciclo quinzenal (sizíguas e quadraturas) da maré e a variação sazonal da vazão fluvial (GEYER; KINEKE, 1995).

#### 1.5.2.2 Precipitação

Segundo NOAA/NCEP (2012), observou-se que para os primeiros anos do período analisado no presente estudo, ocorreu com intensidade moderada, o fenômeno La Niña, que pode ter dentre outros fatores influenciado no aumento da produção do pescado desembarcado uma vez que houve uma tendência de crescimento na produção de *B. vaillantii* para o mesmo período.

Para Sousa et al. (2007), os dados de pesca da espécie alvo do estudo durante o período de enchente do rio (março a maio), mostram que foram capturados 82.180 kg de pescado, enquanto que para o período de vazante o total capturado foi de 75.180 kg. Tais resultados corroboram o trabalho da JICA/MPEG/IBAMA (1998), que constatou que a biomassa capturada da piramutaba é maior no período chuvoso (março a abril), do que no período seco (agosto a setembro).

Uma possível resposta para este fato seria porque a redução da salinidade causada pelo aumento da precipitação e da vazão possibilitou uma maior distribuição dos cardumes na costa e conseqüentemente um aumento nas capturas no segundo semestre. A aproximação dos cardumes da parte mais afastada da costa faz com que eles fiquem mais vulneráveis a atuação da frota pesqueira industrial caracterizando o período de safra da espécie.

Os principais efeitos de episódios do La Niña observados no Brasil (CPTEC, 1998) sobre a Amazônia são a tendências de chuvas no norte e leste da região amazônica. Ainda com relação à Amazônia, a vazão do rio Amazonas no posto de Óbidos e a cota do rio Negro, em Manaus, mostraram valores maiores que a média durante os episódios de La Niña ocorridos em 1975/76 e 1988/89, comparados com valores mais baixos nos anos de El Niño, ocorridos

em 1982/83 e 1986/87. Observa-se que as vazões de outros rios do norte da Amazônia apresentam valores acima da normal durante anos de El Niño, mais nem todos os anos de vazões maiores que a média são anos de La Niña. O sul da Amazônia não mostra associações muito claras com os extremos da Oscilação Sul (MARENGO et al. 1997).

Porém, para o mesmo período, observou-se a ocorrência do fenômeno El Niño com intensidade moderada a forte (SILVA, 2000). Segundo MMA (2006), as águas do Amazonas possuem material em suspensão, diminuindo a penetração de luz e o teor de oxigênio dissolvido, devido ao consumo pela oxidação da matéria orgânica; diferente do que ocorre no nordeste brasileiro onde se identifica uma camada superficial bem misturada, influenciada pela ação dos ventos, registrando um teor elevado de oxigênio dissolvido, em equilíbrio com a atmosfera, apresentando um déficit de nutrientes na camada eufótica que se configura fator limitante para a produtividade primária. Uma menor quantidade de materiais em suspensão teria aumentado a transparência da água e com isso a penetração de luz possibilitando um aumento da produtividade primária que por sua vez teria um efeito positivo em toda a cadeia trófica e por fim aumentar a produtividade pesqueira no segundo semestre.

Costa (2001) observando os totais mensais da precipitação medida durante o El Niño e a média mensal dos anos em que não ocorreu o evento no período de 1900 a 1999 verificou que na primeira metade do ano, que corresponde ao período final da ocorrência do El Niño, os valores médios e os registrados durante o fenômeno, não mostram significativa variação. Na comparação dos totais precipitados, verificou que a precipitação ocorrida durante o El Niño é 12,0% maior do que a média dos anos sem ocorrência desse evento. A segunda metade do ano corresponde ao período do início do El Niño. Nesse período constatou que os totais mensais durante o El Niño são bem menores do que os valores médios dos anos sem a sua ocorrência. O total pluviométrico verificado no período mostrou que a ocorrência do El Niño causou uma diminuição de 63% em relação à média dos anos em que não houve o fenômeno.

O fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) tem como característica marcante estar associado com chuvas intensas na região sul e seca na região nordeste e parte da região norte. Refere-se ao aquecimento anormal das águas superficiais nas porções: central e leste do Oceano Pacífico, nas proximidades da América do Sul, mais particularmente na costa do Peru. A corrente de águas quentes que ali circula, normalmente, em direção sul no início do verão somente recebe o nome do El Niño, quando a anomalia térmica atinge proporções muito elevadas (variando de 4 a 6°C). Enquanto que o fenômeno La Niña, ou episódio frio do Oceano Pacífico, é o resfriamento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. De modo geral, pode-se dizer que La Niña é o oposto do El

Niño, pois as temperaturas habituais da água do mar à superfície nesta região situam-se em torno de 25°C, ao passo que, durante o episódio La Niña, tais temperaturas diminuem para cerca de 22° a 23°C. As águas mais frias estendem-se por uma estreita faixa, com largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do equador, desde a costa Peruana, até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central. (MÁCOLA; EL-ROBRINI, 2004; MARENGO; OLIVEIRA, 1998; SILVA, 2000).

### **1.5.3 Análise entre os parâmetros ambientais e a abundância do estoque**

Sousa (2007) em seu estudo para testar a hipótese de que existe uma correlação entre a distribuição espacial e temporal da piramutaba com parâmetros ambientais, através das análises de regressão múltipla entre a CPUA e os parâmetros ambientais de temperatura da superfície do mar (TSM), corofila-a e vazão do rio Amazonas mostram que a vazão e a temperatura foram os parâmetros que mais se relacionaram com a CPUA.

Para Yañez-Arancibia (1985) a temperatura e/ou salinidade relacionada à pluviosidade e descarga dos rios também influenciam a diversidade das espécies. Neste sentido, o estudo de Sousa (2007) permitiu verificar através de análise estatística multivariada que realmente, os fatores ambientais de Temperatura da Superfície do Mar e vazão do rio Amazonas, apesar de apresentarem grandes variações mensais e diferirem sazonalmente, apresentam uma significativa correlação com os valores de CPUA.

A variação de deslocamento da pesca da piramutaba está intimamente relacionada com seu comportamento migratório, oscilações do nível das águas, da vazão do rio Amazonas, e da temperatura das águas, bem como o deslocamento da zona de contato entre as águas doce e marinha no estuário. Nos períodos de maior descarga do Amazonas, observa-se um aumento da pluma de sedimentos e de água doce em direção ao oceano. Assim, a pesca industrial tende a se distanciar e se espalhar mais em direção a plataforma continental, devido a diminuição da salinidade, e, por conseguinte ocorre um aumento na área de ocorrência da piramutaba, observando-se um elevado valor de CPUA em todas as três áreas de pesca. Na máxima vazão, verificou-se que os parâmetros ambientais começam a se modificar. A temperatura de superfície média é relativamente alta (28,97°C) e a concentração de clorofila-a atinge seu pico, com média de 12,33 mg/m<sup>3</sup>. A CPUA é relativamente alta neste período, provavelmente devido esta oferta de produção primária e aumento da temperatura das águas (SOUSA, 2007).

No entanto, à medida que esta vazão diminui (período de vazante) e a água oceânica tende migrar em direção a foz do Rio, a piramutaba desloca-se em direção ao alto rio Amazonas. Neste caso, a pesca industrial apresenta a mesma tendência, concentrando-se mais

ao longo dos canais do Norte e do Sul, próximo a costa, que é uma área considerada proibida para pesca de arrasto (SOUSA, 2007).

A piramutaba por ser um peixe de água doce, sofre natural influência da salinidade e por isso, ocorrem acentuadas diferenças na sua captura em certos locais de pesca e/ou épocas do ano na área estuarina (BARTHEM; GOULDING, 1997). Uma vez que a safra da espécie ocorre no 1º semestre, correspondente ao período chuvoso na região (JIMENEZ, 2011).

A sazonalidade apresenta-se como fator determinante na produção pesqueira. A maior produção, bem como as maiores médias diárias de desembarque, coincidem com o período das chuvas. Há uma sazonalidade geral na produção da pesca artesanal, associada a mudanças de salinidade nas águas costeiras, sendo que algumas espécies possuem uma época de safra ou maior produtividade. Além disso, no período entre setembro e novembro, as atividades pesqueiras são restringidas por ventos fortes que coincidem com uma queda dos índices de captura. Na maior parte das áreas, isto leva a picos na produção dezembro-janeiro e maio-julho e uma marcante queda em outubro. Há diferenças entre os padrões locais e também entre espécies, sendo as baías e estuários da costa norte mais susceptíveis às mudanças de salinidade (CERDEIRA et al., 2000; ESPÍRITO SANTO, 2002; ISAAC et al., 1996; STRIDE, 1992).

As frotas pesqueiras exploram a sazonalidade da abundância do pescado nas águas interiores, no estuário, na costa e no oceano, em diferentes períodos ao longo do ano, mantendo o fornecimento de pescado regularmente. A pesca no litoral da região norte é realizada com uma grande diversidade de artes e métodos de pesca, que vão desde a linha e o anzol até o uso de grandes e potentes redes de arrasto de fundo. Destacam-se as redes de emalhe simples, com malhas diversas, tecidas em nylon mono e multifilamento, que capturam principalmente bagres e pescadas. Os espinhéis também são bastante usados para a pesca de peixes piscívoros, como o pargo e a gurijuba. As redes de arrasto são utilizadas nas capturas do camarão e da piramutaba (ISAAC; BARTHEM, 1995; ISAAC et al. 2006).

Segundo Espírito Santo (2002) o rendimento pesqueiro apresenta uma variação sazonal que pode estar relacionada com o ciclo hidrológico e os períodos de estiagem e chuvas. O rendimento médio das pescarias depende de vários fatores tais como: tipo de barco, arte de pesca utilizada e local de pesca. A sazonalidade influencia significativamente as relações de esforço/captura. O período de transição à seca destaca-se com os maiores valores de CPUE, enquanto que o de transição às chuvas apresenta os menores valores de CPUE. Tanto as atividades de pesca estuarina quanto a costeira apresentam rendimentos

influenciados pelo ciclo hidrológico. No período chuvoso a região estuarina parece ser mais produtiva que a região costeira.

## **1.6 METODOLOGIA**

### **1.6.1 Área de estudo**

A costa norte do Brasil é caracterizada por uma alta diversidade e abundância de organismos. Este fato se explica pela enorme vazão dos rios e estuários, que promovem a fertilização das águas da plataforma continental; pois a Corrente da Costa Norte do Brasil, que flui para Nordeste apresenta temperatura e salinidade altas e pobres em sais nutrientes. Esta área denominada de estuário do amazônico, onde os rios Amazonas e Tocantins deságuam no oceano Atlântico entre os estados do Pará e Amapá, estende-se na linha da costa dos estados do Amapá, Pará e Maranhão, formando um ambiente aquático complexo com uma alta produtividade biológica, o qual suporta uma biomassa de espécies exploradas por frotas artesanais e industriais. É considerada uma das regiões mais produtivas do país (JICA/MPEG/IBAMA, 1998; OLIVEIRA et al. 2007).

Segundo dados obtidos através do PREPS (Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras) (MPA, 2012) e Jimenez (2011), registraram a área de atuação da frota se estendendo na frente da saída da baía de Marajó, incluindo a região em frente à foz do rio Amazonas, a porção norte do arquipélago do Marajó e a região do Cabo Norte no estado do Amapá. A atividade de pesca, em termos de área de ocupação, foi similar entre os anos, sendo identificada uma grande área de pesca com três concentrações de uso bem marcadas.

### **1.6.2 Dados pesqueiros**

Os dados básicos para o ajuste dos modelos consistiram da série histórica dos dados amostrados anuais de produção e esforço de pesca no período de 1995 a 2007 obtidos através do projeto ESTATPESCA do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA executado pelo Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Norte – CEPNOR e Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.

A unidade de esforço de pesca utilizada foi dias de mar, e as tendências de variação no esforço de pesca para se avaliar o comportamento da atividade pesqueira foram analisadas considerando-se uma periodicidade anual. O índice de Captura Por Unidade de Esforço – CPUE adotado foi calculado com base nos dados de captura em massa amostrados do controle de desembarques (t) da frota industrial, obtendo-se a CPUE expressa em t/dia de mar.

### 1.6.3 Dados ambientais

O estudo utilizou como fatores ambientais para verificação da sua influência sobre o estoque pesqueiro da piramutaba, a precipitação e a vazão dos principais rios que deságuam na costa norte do Brasil.

#### 1.6.3.1 Vazão

Os dados das vazões dos principais rios que deságuam na costa norte do Brasil foram obtidos através do portal da Agência Nacional de Águas – ANA, disponível no Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). Para cada ano do período, foi considerado o somatório das vazões médias diárias do ano em m<sup>3</sup>/s. Essas médias foram calculadas a partir de dados disponíveis registrados pelas estações fluviométricas mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Estado	Estação	Rio	Latitude	Longitude
Amapá	Iratapuru	Iratapuru	0.56	-52.58
Amapá	São Francisco	Jari	-0.57	-52.58
Amapá	São Pedro	Cajari	-0.46	-52.08
Pará	Acará dos Tapajós	Tapajós	-4.88	-56.72
Pará	Altamira (Pcd-Sivam)	Xingu	-3.21	-52.21
Pará	Apalai	Paru de Este	1.22	-54.66
Pará	Arapari	Maicuru	-1.78	-54.40
Pará	Badajós	Capim	-2.51	-47.77
Pará	Barragem Conj.4	Curuá-una	-2.80	-54.30
Pará	Boca do Inferno	Curuá	-1.50	-54.87
Pará	Bom Jardim	Guamá	-1.56	-47.10
Pará	Cachoeira Tracambeua	Moju	-3.51	-49.21
Pará	Óbidos - Linógrafo	Solomões/Amazonas	-1.95	-55.51
Pará	Pacajás	Pacajás	-3.84	-50.63
Pará	Tucuruí	Tocantins	-3.76	-49.67
Pará	Uruara	Pará do Uruara	-3.68	-53.55

Fonte: Agência Nacional de Água – ANA.

#### 1.6.3.2 Precipitação

Com base nos dados obtidos sobre a precipitação em toda a área de influência da pesca na costa norte do Brasil, disponibilizados pelo portal da Agência Nacional de Águas – ANA, disponível no Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (<http://www.inmet.gov.br/portal/>) do Ministério da Agricultura foram calculadas as precipitações médias totais mensais (mm) para

o período de estudo. Essas médias foram calculadas a partir de dados disponíveis registrados pelas estações pluviométricas mostradas na Tabela 2.

Tabela 2. Estações pluviométricas utilizadas no estudo.

Estado	Estação	Município	Latitude	Longitude
Amapá	Bailique (Vila Progresso)	Macapá	0.87	-50.05
Pará	Curuçá	Curuçá	-0.73	-47.85
Pará	Soure (Ilha de Marajó) 82141	Soure	-0.73	-48.52
Pará	Vigia	Vigia	-0.87	-48.11
Pará	Chaves	Chaves	-0.16	-50.00
Pará	Santa Cruz do Arari	Santa Cruz do Arari	-0.66	-49.17
Pará	Afuá	Afuá	-0.16	-50.39
Pará	Mosqueiro	Belém	-1.10	-48.39

Fonte: Agência Nacional de Água – ANA.

#### 1.6.4 Aplicação do software CLIMPROD

CLIMPROD é um sistema especializado que usando o processamento computacional fornece uma descrição estatística e gráfica do conjunto de dados e elabora critérios objetivos baseados no conhecimento prévio da pesca, das espécies e do meio ambiente para auxiliar o usuário a selecionar o modelo correspondente ao seu caso.

O software então se encaixa no modelo para o conjunto de dados usando uma rotina de regressão não-linear, avalia o ajuste com testes paramétricos e não paramétricos, e fornece uma representação gráfica dos resultados e fornece estimativas Jackknife dos parâmetros constantes ‘a’ e ‘b’ de parte da variabilidade da CPUE explicada, e de ‘R<sup>2</sup>’ (FRÉON et al. 1991).

A validação da estabilidade do modelo é feita por um processo de re-amostragem ordenada (Jackknife) quando um ano de cada observação é retirado da série de dados e uma nova regressão é ajustada. Assim em um cenário de 13 anos (1995 a 2007) será possível ajustar 12 regressões (DUCAN, 1978, EFRON; GONGO, 1983).

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, J. C.; PIRKER, L. E. M. Dinâmica populacional e estado atual da exploração de piramutaba e de dourada. In: FABRÉ, N. N.; BARTHEM, R. B. (Org.). **O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas**. Manaus: ProVárzea/IBAMA, 2005. p. 21-28. (Coleção Documentos Técnicos: Estudos Estratégicos).
- AQUINO, K. **Variabilidade genética da piramutaba – *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes: Pimelodidae) no sistema Estuário-Amazonas-Solimões**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva). Manaus: INPA/UFAM, 2004.
- ARAGÓN, L. E.; CLÜSENER-GODT, M. **Problemática do uso global e local da água na Amazônia**. Belém: NAEA/UNESCO, 2003. 504 p. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/3414229/>>. Acesso em: 27 jan. 2012.
- AVIZ, A. Empresas pesqueiras de Icoaraci – Pará: algumas considerações. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v. 2, n. 3, jul./dez. 2006.
- BARTHEM, R. B. **Ecologia e pesca da Piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*)**. 1990. 268 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990a.
- BARTHEM, R. B. Descrição da pesca da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*, Pimelodidae) no estuário e na calha do rio Amazonas. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, Belém, v. 6, n. 1, p. 117-130, 1990b. Série Antropologia.
- BARTHEM, R. B. Situação do Manejo das Pescarias dos Grandes Bagres Amazônicos no Brasil. In: **Informe del Taller Regional sobre Manejo de las Pesquerías de Bagres Migratorios del Amazonas**. Iquitos-Peru: Programa de Cooperación Gubernamental, 2000, p. 33-56. (Informe de Campo F-5 (Es)).
- BARTHEM, R. B. O desembarque na região de Belém e a pesca na foz Amazônica. In: RUFFINO, M. L. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira**. Manaus: IBAMA/ProVárzea, 2003. p. 137-167.
- BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros na Amazônia. In: RUFFINO, M. L. (Org.). **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**. Manaus: IBAMA/ProVárzea, 2004. p. 17-62. v. 01.
- BARTHEM, R. B.; GOULDING, M. **Bagres balizadores: ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos**. Manaus: IPAAM, 1997. 130 p.
- BARTHEM, R. B.; GOULDING, M. **Um ecossistema inesperado: a Amazônia revelada pela pesca**. Belém: Amazon Conservation Association, Sociedade Civil Mamirauá, 2007. 241 p.
- BARTHEM, R. B.; PETRERE-JR., M. Fisheries and Population Dynamics of the Freshwater Catfish *Brachyplatystoma vaillantii* (Pimelodidae) in the Amazon Estuary. In:

ARMATROUT, N. B. (Ed.). **Condition of the World's Aquatic Habitats. Proceeding of World Fisheries Congress, Theme 1.** New Delhi: IBH, 1995. p. 329-340.

BARTHEM, R. B; GUERRA, H.; VALDERRAMA, M. **Diagnostico de los recursos hidrobiologicos de la Amazônia.** 2. ed. Iquitos- Peru: Secretaria Pro Tempore, 1995.

BATISTA, J. S.; AQUINO, K. F.; FARIAS, I. P.; GOMES, J. A. A. Variabilidade genética da dourada e da piramutaba na bacia Amazônica. In: FABRÉ, N. N.; BARTHEM, R. B. (Org.). **O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas.** Manaus: ProVárzea/IBAMA: Estudos Estratégicos, 2005. p. 15-19. (Coleção Documentos Técnicos).

BRABO, J. M.; REPELLI, N. S.; MELL, A. A pré-estação chuvosa do setor norte e do nordeste brasileiro e sua relação com a temperatura dos oceanos adjacentes. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Jaboticabal, v. 8/9, n. 1-1, p. 22-30, 1993.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Água. **Plano Nacional de Recursos Hídricos:** documento base de referência: Minuta. Brasília-DF, 2003.

BRITO, C. S. F. Tendências da produção da pesca continental da piramutaba nos anos de 1991 a 2000. In: OLIVEIRA, G. M. **Pesca e aquicultura no Brasil 1991/2000:** produção e balanço comercial. Brasília: IBAMA, 2005. p. 131-134.

CASTELLO, J. P. Gestão sustentável dos recursos pesqueiros, isto é realmente possível? **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, Rio Grande do Sul, v. 2, n. 1, p. 47-52, 2007.

CATELLA, A. C. **Introdução aos modelos de produção excedente:** uma ferramenta para o manejo pesqueiro. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2004. 27 p. (Documentos, 69).

CERDEIRA, R. G. P.; RUFFINO, M. L.; ISAAC, V. J. Fish catches among riverside communities around Lago Grande de Monte Alegre, Lower Amazon, Brazil. **Fisheries management and ecology**, v. 7, p. 355-374, 2000.

CHAVES, R. A.; SILVA, K. C. A.; IVO, C. T. C.; CINTRA, I. H. A.; AVIZ, J. S. Sobre a pesca da piramutaba, *Brachyplatystoma vaillantii* (valenciennes, 1940) em pescarias da frota industrial no estado do Pará. **Boletim Técnico Científico do Cepnor**, Belém. v. 3, n. 1, p. 163-177, 2003.

COSTA, M. C. **Variabilidade da precipitação pluviométrica e sua associação aos fenômenos do El Niño e La Niña, Belém-PA 1900-1999.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia) – Universidade Federal do Pará, Pará, 2001.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **El Niño especial:** banco de dados Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/elniño/elniño1p.html>>. Acesso em: 27 jan. 2012.

DUNCAN, G. T. An empirical study of jackknife-constructed. Confidence regions in nonlinear regression. **Technometrics**, [on line], v. 20, n. 2, p.123-129, 1978.

EFRON, B.; GONG, G. A Leisurely look at the bootstrap, the Jackknife and cross-validation. **The American Statistician**, Washington, USA, v. 37, n. 1, p. 36-48, 1983.

ESPÍRITO SANTO, R. B. **Caracterização da Atividade de Desembarque da Frota Pesqueira Artesanal de Pequena Escala na Região Estuarina do Rio Caeté, Município de Bragança-Pará-Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) - Universidade Federal do Pará, Pará, 2002.

FABRÉ, N. N.; BARTHEM, R. B. (Org). **O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas**. Manaus: Ibama/ProVárzea, 2005. 114 p.

FRÉDOU, F. L.; MOURÃO, K.; BARBOSA, C.; ALMEIDA, O.; RIVEIRO, S.; THOMPSON, R. Caracterização da pescarias industriais da Costa Norte do Brasil. **Paper do NAEA**, Belém, n. 237, ago. 2009. 33 p.

FRÉON, P. La variabilité des tailles individuelles à l'intérieur des cohortes et des bancs de poissons: II.: application à la biologie des pêches. **Acta Oceanologica**, China, v. 8, n. 1, p. 87-99, 1985.

FRÉON, P. Introduction of environmental variables into global production models. In: WYATT, T.; LARRANETA, M. G. (Ed.). **Long term changes in marine fish populations**. Vigo, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1988. p. 481-528.

FRÉON P., MULLON C., PICHON G. CLIMPROD: a fully interactive expert-system software for choosing and adjusting a global production model which accounts for changes in environmental factors. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE LONGTERM VARIABILITY OF PELAGIC FISH POPULATIONS AND THEIR ENVIRONMENT**, 10, Sendai- Japan: 1991.

FRÉON, P.; MULLON, C.; PICHON, G. **CLIMPROD: Experimental interactive software for choosing and fitting surplus production models including environmental variables**. Computerized Information Series (Fisheries), n. 5. Rome: FAO, 76 p., 1993.

FRÉON, P.; YÁÑEZ, R. E. Influencia del medio ambiente en evaluación de stock: una aproximación con modelos globales de producción. **Investigaciones Marinhas**, Valparaíso Chile, v. 23, p. 25-47, 1995.

FURTADO-JÚNIOR, I. **Influência de fatores ambientais na avaliação de estoques pesqueiros da Costa Norte do Brasil: Amapá, Pará e Maranhão**. Belém, 2008. 87 p. (no prelo).

FURTADO, L. F. Características gerais e problemas da pesca amazônica no Pará. **Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém. v. 6, n. 1, p. 41-93, 1990. (Nova Série Antropol).

GEYER, W. R., KINEKE, G. C. Observations of currents and water properties in the Amazon frontal zone. **Journal of Geophysical Research**, Washington, USA, v. 100, p. 2321-2339, fev. 1995.

GUYOT, J. L. **Hydrogéochimie dès fleuves de l'Amazonie bolivienne**. Collection Etudes et Thèse: Paris, ORSTOM, 1993. 259 p.

GUYOT, J. L.; CALLÈDE, J.; COCHONNEAU, G.; FILIZOLA, N.; GUIMARÃES, V.; KOSUTH, P.; MOLINIER, M.; OLIVEIRA, E.; SEYLER, S.; SEYLER, P. Características hidrologiques du bassin amazonien. Manaus. In: **Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins**. Manaus, 1999.

HILBORN, R.; WALTERS, C. J. **Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics, and uncertainty**. New York: Chapman and Hall, 1992. 503 p.

IBAMA. **Camarão norte e piramutaba**. Brasília: IBAMA, 1997. 148 p. (Coleção Meio Ambiente. Série Estudos de Pesca, 9).

IBAMA. **Reunião do grupo permanente de estudos sobre a piramutaba, 5.**, 1997. Belém 1997. Brasília: IBAMA /CEPNOR, 1999. 92 p. (Coleção Meio Ambiente: Série estudos Pesca, 26).

IBAMA. **Estatística da pesca Brasil: grandes regiões e unidades de federação**. Brasília: IBAMA, 2007.

INMET. **Normas climatológicas: 1961-1990**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 1992. 85 p.

ISAAC, V. J.; BARTHEM, R. B. Os recursos pesqueiros da Amazônia brasileira. **Bol. Mus. Paraense. Emílio Goeldi**, Belém, v. 11, n 2, p. 295-339, 1995. (Série Zoologia).

ISAAC, V. J.; BRAGA, T. M. P. Rejeição de pescado nas pescarias da costa norte do Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, Ceará, n. 32, p. 39-54, 1999.

ISAAC, V. J.; MILSTEIN, A.; RUFFINO, M. L. A pesca artesanal no baixo amazonas: análise multivariada da captura por espécie. **Acta Amazônica**, Manaus, Amazonas, v. 26, n. 3, p. 185-208, 1996.

ISAAC, V. J.; MARTISN, A. S.; HAIMOVICI, M.; ANDRIGUETO FILHO, J. M. (Org.). **A pesca marinha e estuarina do Brasil, no início do século XXI: recursos tecnológicos, aspectos socioeconômicos e institucionais**. Belém: Universidade Federal do Pará – UFPA, 2006. 188 p.

Japan International Cooperation Agency (JICA)/Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG)/ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). 1998. **Draft Final Report for the Fishery Resources study of the Amazon and Tocantins Rivers Mouth Areas in the Federative Republic of Brazil**. Tokyo: Sanyo Tecno Marine, 334 pp.

JIMENEZ, E. A. **A ictiofauna acompanhante da pesca industrial da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) no estuário amazônico**. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) – Universidade Federal do Pará, UFPA, 2011.

LE BAIL, P. Y.; KEITH, P.; PLANQUETTE, P. **Atlas des poissons d'eau douce de Guyane**. Paris: Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle, 2000. 307 p.

LENTZ S. J.; LIMEBURNER, R. The Amazon river plume during AMASSEDS: spatial characteristics and salinity variability. **Journal of Geophysical Research**, Colúmbia, USA, v. 100, p. 2255-2375, fev. 1995.

MÁCOLA, G., EL-ROBRINI, M. **Ilha dos Guarás (Mariteua)**: município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos. Belém: Companhia Docas do Pará, 2004. 35 p. Relatório Final.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Programa REVIZEE**: avaliação do potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva: relatório executivo/MMA. Secretaria de Qualidade Ambiental. Brasília: MMA, 2006. 280 p.

Ministério do Meio Ambiente (MMA)/ Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM)/ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Proposta regional de trabalho para a zona economicamente exclusiva Norte**. Programa nacional de avaliação do potencial sustentável dos recursos vivos na zona economicamente exclusiva: Revizee. Belém: IBAMA, 1996. 97 p.

Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). **Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010**. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br>>. Acesso em: 21 mar. 2012.

MARENGO, J. A. **Caracterização do clima no século XX e Cenários no Brasil e na América do Sul para o Século XXI derivados dos Modelos de Clima do IPCC**. Relatório nº1. São Paulo: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 185 p.

MARENGO, J., NOBRE, C. A., SAMPAIO, G. On the associations between hydrometeorological conditions in Amazonia and the extremes of the Southern Oscillation. In: **Memórias Técnicas, Seminario internacional Consecuencias climaticas e hidrológicas del evento El Niño a Escala Regional y Local**, p. 257-266.. 1997, Quito-Ecuador. Anais... Quito: IPCC, 1997.

MARENGO, J. A., OLIVEIRA, G. S. **Impactos do fenômeno La Nina no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/99**. In: 10º Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1998. Brasília. Anais... Brasília, 1998.

MEADEN, G. Gis in fisheries management. **GeoCoast**, Holanda, v. 1, n. 1, p. 82-101, 2000.

MOLINARI, R. L.; GARZOLI, S. L.; KATZ, E. J.; HARRISON, D. E.; RICHARDSON, P. L.; REVERDIN, G. A synthesis of the First GARP Global Experiment (FGGE) in the equatorial Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, Holanda, v. 16, p. 91-112, 1986.

MOURÃO, K. R. M.; PINHEIRO, L. A.; LUCENA, F. Organização social e aspectos técnicos da atividade pesqueira no município de Vigia – PA. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, Belém, v. 20, p. 39-52, 2007.

NITTROUER, C. A.; DEMASTER, D. J. Sedimentary process on the Amazon Continental Shelf: past, present and future research. **Continental Shelf Research**, Holanda, v. 6, p. 5 – 30, 1996.

NATIONAL OCEANOGRAPHIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA)/ National Centers for Environmental Prediction (NCEP). **National Oceanic and Atmospheric administration**, 2012. Disponível em: <[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)>. Acesso em: 27 jan. 2012.

NOBRE, C. A.; SELLERS, P. J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate Change. **Journal of Climate**, Washington, n. 4, p. 957-988, 1991.

OLIVEIRA, D. M.; FRÉDOU, T.; LUCENA, F. A Pesca no Estuário Amazônico: uma análise uni e multivariada. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 2, n. 2, p. 11-21, maio/ago. 2007. Série: Ciências Naturais.

PAIVA, M. P. **Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil**. Fortaleza: UFC, 1997. 286 p.

PIRKER, L. E. M. Dinâmica populacional e o estado atual da exploração da piramutaba. In: FORSBERG, M. C.; BARROSO, A.; FABRÉ, N. N.; PEREIRA, F.; CUNHA, L. **Seminário de apresentação de resultados: estudo estratégico do PROVARZEA: bases para o manejo da pesca dos grandes bagres migradores**. Manaus: PROVARZEA/MMA/IBAMA/PPG7, p.13-15, 2003.

RAMOS, M. M.; PEREIRA, H. S. Os ambientes, a pesca e a gestão das pescarias da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) no Estuário Amazônico-PA. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v.14, n.1, p. 115-129, jun. 2011.

RODRIGUES, F. C. **Estimativa da variabilidade genética da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) por meio de marcadores moleculares microssatélites e D-loop de quatro localidades da Amazônia diferença entre calhas e tributários**. 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2009.

RUFFINO, M. L. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros na Amazônia**. Manaus: IBAMA, 2005. 135 p.,

SALATI, E.; MARQUES, J. Climatology of the Amazon region. In: SIOLI, H. (Ed.). **The Amazon: liminology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Dordrecht, Holanda: Dr. W. Junk, 1984. p. 85-126.

SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. O estado dos recursos pesqueiros: pesca extrativa e aquicultura. In: SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. (Org.). **GEO Brasil 2002: perspectiva do meio ambiente no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2002. p. 132-147.

SAUSEN, T. M.. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais**. 2005. Disponível em: <<http://www.herbario.com.br/fotomicrografia07>>. Acesso em: 12 nov. 2011.

- SILVA, J. F. **El Nino, O fenômeno climático do século**. São Paulo: Thesaurus, 2000. 135 p.
- SOUSA, G. C. **Sistema de Informação Geográfica (SIG) aplicado ao gerenciamento da Pesca industrial da piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840) na foz do rio Amazonas**. 135 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) - Universidade Federal do Pará - Campus Bragança, 2007.
- STRIDE, R. K. **Diagnóstico da pesca artesanal marinha do Estado do Maranhão**. São Luís, MA: O.D.A./FINEP/UFMA, 1992. 205 p. v. 2
- TORRES, M. F.; SILVA, M. L.; YUIMACHI, N. B. O gerenciamento de estoques pesqueiros: o caso da piramutaba. In: **Políticas pesqueiras nos países amazônicos**. Belém: UNAMAS/UFPA, 1996. (Série Cooperação Amazônica, 17).
- VESCOVI, V. **Amazonas: o rio encantado**. Barcelona, Espanha: Altaya, 1997. (A grande Aventura de Cousteau, 17).
- VIEIRA, E. Legislação e plano de manejo para a pesca de bagres na bacia amazônica. In: In: FABRÉ, N. N.; BARTHEM, R. B. (Org.). **O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões- Amazonas**. Manaus: Ibama/ProVárzea, 2005. 114 p.
- WIFF, R.; QUIÑONES, R. A. Parametrización ambiental en modelos biológico-pesqueros. Una revisión. **Gayana**, Uruguai, v. 68, n.1, p. 111-127, 2004.
- YAÑEZ-ARANCÍBIA, A. The estuarine nekton: why and how an ecological monograph. In: YAÑEZ-ARANCÍBIA, A. (Ed.). **Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: towards an ecosystem interaction**. Mexico: UNAM Press, 1985. p. 1-8.
- ZAGAGLIA, C. R.; HAZIN, F. H. V. Sensoriamento remoto aplicado a pesca. In: SOUZA, R. B. (Org.). **Oceanografia por satélites**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 382 p.

## 1 **2 Influência da vazão e da precipitação na avaliação do estoque de piramutaba**

### 2 *Brachyplatystoma vaillantii* da costa norte do Brasil

3

#### 4 RESUMO

5 Compreender as relações entre a distribuição dos recursos pesqueiros e os fatores  
6 ambientais contribui para uma exploração racional e sustentável dos estoques. A partir  
7 deste pressuposto se analisou a relação entre precipitação e vazão dos rios que  
8 deságuam na costa norte sobre a CPUE da pesca da piramutaba *Brachyplatystoma*  
9 *vaillantii*, através do software CLIMPROD para aplicação de um modelo de excedente  
10 de produção com a incorporação das referidas variáveis ambientais. Foram utilizados  
11 dados amostrados sobre as produções médias mensais desembarcadas (t) e esforço de  
12 pesca (dias de mar) obtidos dos arquivos de controle mensal de desembarque da pesca  
13 industrial para o período de 1995 a 2007, disponibilizadas pelo projeto ESTATPESCA -  
14 IBAMA/CEPNOR/UFRA. As médias dos valores para esforço de pesca, produção e  
15 CPUE para o período de estudo foram respectivamente, 7305,05 dias de mar, 11272,81 t  
16 e 1693,74 t/dias de mar. Os modelos que apresentaram melhor ajuste ao incluir fatores  
17 ambientais foram o linear para vazão e exponencial-linear para precipitação, indicando  
18 que a incorporação de variáveis ambientais contribuem significativamente, cerca de  
19 56% (vazão) e 46% (precipitação), para a explicação da variabilidade da CPUE.  
20 Observou-se ainda uma correlação positiva entre a CPUE e as variáveis em estudo,  
21 assim como entre produção e a precipitação; e positiva entre produção e a vazão.

22 PALAVRAS-CHAVE: captura máxima sustentável, CLIMPROD, variáveis ambientais.

## 1 ABSTRACT

2 Understanding the relationship between the distribution of fish stocks and  
3 environmental factors contribute to a rational and sustainable exploitation of stocks.  
4 From this assumption we analyzed the relationship between rainfall and river flows  
5 falling off the north coast fishery CPUE on the piramutaba *Brachyplatystoma vaillantii*  
6 through CLIMPROD software for application of a surplus production model with the  
7 integration of these environmental variables. We used data sampled on monthly  
8 averages productions landed (t) and fishing effort (days at sea) files obtained from  
9 monthly landing of industrial fisheries for the period 1995 to 2007, provided by the  
10 project ESTATPESCA - IBAMA/CEPNOR/UFRA. Mean values for fishing effort,  
11 production and CPUE for the study period were respectively 7305.05 days at sea,  
12 11272.81 tons, 1693.74 tons/day at sea. The models that showed better adjustment to  
13 include environmental factors were the linear and exponential-linear flow to  
14 precipitation, indicating that the incorporation of environmental variables contribute  
15 significantly, about 56% (flow) and 46% (precipitation), to explain the CPUE  
16 variability. There was also a positive correlation between CPUE and the study variables  
17 and between production and precipitation, and positive between production and flow.

18 **KEYWORDS:** maximum sustainable yield, CLIMPROD, environment variables.

19

## 20 Introdução

21 A costa norte do Brasil caracteriza-se pela apresentação de uma área rica em  
22 recursos pesqueiros demersais, demonstrando uma grande diversidade distribuída na  
23 plataforma continental, desde o Cabo Orange no estado do Amapá, até a foz do rio  
24 Parnaíba divisa dos estados do Maranhão e Piauí (MMA/SECIRM/IBAMA, 1996). É

1 beneficiada pela grande influência do rio Amazonas que, através do fornecimento de  
2 nutrientes procedentes de lixiviação, favorece significativamente a abundância de  
3 recursos pesqueiros na região, dentre eles a piramutaba, *Brachyplatystoma vaillantii*  
4 (Valenciennes, 1840) (Isaac e Barthem, 1995), uma das mais importantes espécies  
5 comerciais de bagres na Amazônia, espécie alvo do presente estudo.

6 A produção pesqueira da região norte é desenvolvida em função do rio  
7 Amazonas que despeja um grande volume de água doce, com elevada quantidade de  
8 material de origem terrestre em suspensão que, ao se depositar sobre a plataforma  
9 continental da foz daquele rio, faz com que a costa dos estados do Pará e Amapá  
10 apresentem alta produtividade, especialmente de comunidades do fundo do mar (Santos  
11 e Câmara, 2002; Batista *et al.* 2005). Como o Amazonas começa a subir, empurrando as  
12 águas salobras de volta ao mar, alevinos, pré-adultos e adultos de piramutaba penetram  
13 no estuário para se alimentar de forma intensiva de poliquetas, bivalves crustáceos e  
14 peixes, onde são fortemente apanhados tanto por frotas de pesca artesanal quanto  
15 industrial (Barthem *et al.* 1991).

16 Os processos oceanográficos físicos apresentam um papel fundamental na  
17 distribuição, abundância e recrutamento dessa espécie. O ciclo de vida de vários outros  
18 bagres de importância econômica também é controlado pela variação sazonal da  
19 descarga de grandes rios nos oceanos (através da formação de plumas de água doce  
20 sobre as águas do oceano), variações na temperatura das águas e na produção primária,  
21 tipo de substrato e a expansão de energia através de marés, correntes, ondas e ventos  
22 (Sousa, 2007).

23 Os peixes amazônicos apresentam estratégias notáveis para se adequarem às  
24 mudanças sazonais nos diversos ambientes que ocupam. A compreensão destas

1 adaptações é de fundamental relevância para o entendimento da abundância e da  
2 composição dos recursos pesqueiros e, conseqüentemente, para a definição de políticas  
3 de manejo da pesca. Cabe à comunidade científica ligada às diversas áreas de pesquisa  
4 verificar e analisar os parâmetros ambientais que podem estar interferindo na ecologia e  
5 hábitos das espécies amazônicas (Barthem e Fabré, 2004).

6 Os parâmetros ambientais se referem ao que tradicionalmente os modelos  
7 biológico-pesqueiros utilizados na avaliação de estoques são construídos, incorporando  
8 componentes da dinâmica populacional e/ou frota, sem considerar o ambiente em que se  
9 encontram as populações. Sem dúvida, os repetidos colapsos das pescarias mundiais  
10 estão levando à generalização dos modelos que incluem componentes ambientais na  
11 avaliação de estoque (Wiff e Quiñones, 2004).

12 A avaliação das relações entre esforço de pesca e quantificação da captura em  
13 cada área são questões de interesse para a gestão pesqueira; e compreender as relações  
14 entre a distribuição dos recursos pesqueiros e os fatores ambientais pode fornecer  
15 subsídios para o estabelecimento de medidas de ordenamento, e contribuir para uma  
16 exploração racional e sustentável dos estoques (Meaden, 2000; Zagaglia e Hazin, 2008).

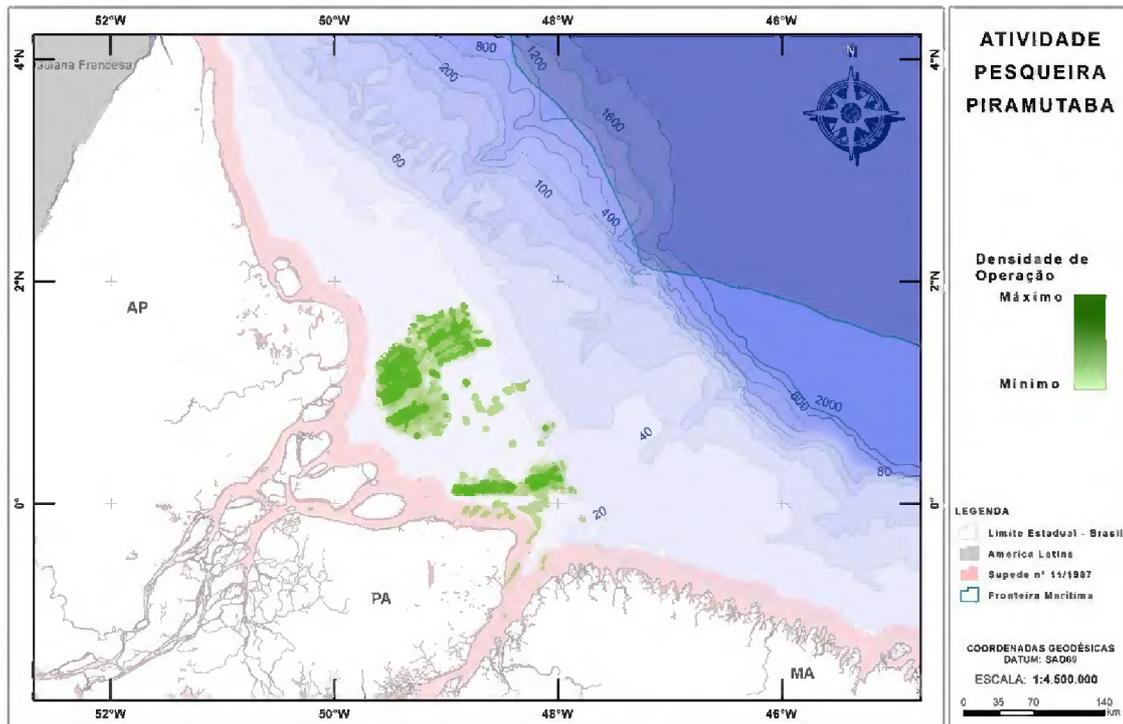
17 Neste contexto o presente trabalho propõe a avaliação do estoque de piramutaba  
18 *B. vaillantii* da costa norte do Brasil, utilizando o software CLIMPROD para selecionar,  
19 ajustar e avaliar um modelo de excedente de produção com a incorporação de um fator  
20 ambiental como variável independente, adicional ao esforço de pesca.

1 Material e métodos

2 Área de estudo

3 A área de estudo se estende na linha da costa dos estados do Amapá, Pará e  
4 Maranhão, denominada de Costa Amazônica, corresponde a área de atuação da pesca  
5 artesanal e industrial na plataforma continental da costa norte do Brasil. Uma vez que as  
6 principais áreas de pesca de *B. vaillantii*, compreendem-se a foz amazônica e áreas afins  
7 (foz dos rios Amazonas e Tocantins e suas baías; pequenos tributários que deságuam do  
8 oceano e zonas próximas à costa) e o canal do rio Amazonas e de seus afluentes de  
9 águas barrentas (Barthem, 2000).

10 Por ser uma das espécies mais abundantes de bagre migrador, é capturada tanto  
11 pela pesca industrial como artesanal, que ocorre em todo o sistema Estuário –  
12 Amazonas – Solimões, quanto pela industrial, que é praticada somente no estuário,  
13 paralelamente à pesca artesanal (Figura 1) (Aquino, 2004). Essa área de captura para a  
14 frota industrial se estende por cerca de 150 km costa afora, em profundidades que  
15 variam de 3 a 20 m, uma vez que ocorria inicialmente em toda a foz dos rios Amazonas  
16 e Pará, em frente à ilha do Marajó (Dias Neto, 1991).



1

2 Figura 1. Localização da área de estudo e área de concentração da atividade pesqueira  
 3 direcionada à captura de *B. vaillantii* na costa norte do Brasil.

4 Fonte: Adaptado de MPA (2012).

5

6 Na Figura 1 se observa a densidade de pontos relacionados à atividade de pesca  
 7 como medida de intensidade de uso da área pela frota que direciona o esforço sobre a  
 8 pesca de *B. vaillantii* a partir dos dados do PREPS (Programa Nacional de  
 9 Rastreamento de Embarcação Pesqueira), sendo identificadas duas grandes áreas de  
 10 pesca preferenciais no estuário amazônico, que consistem nas proximidades da costa do  
 11 estado do Amapá e nas proximidades da Ilha do Marajó no Pará. As áreas de pesca  
 12 estão sob restrição estabelecida pela Portaria SUDEPE n.º 11/1987, a qual determina  
 13 proibição da pesca com qualquer tipo de arrasto por embarcações motorizadas a menos  
 14 de 10 (dez) milhas náuticas da costa dos estados do Amapá, Pará e Maranhão, bem  
 15 como no criadouro natural de espécies aquáticas da região estuarina dos rios Amazonas

1 e Pará, na área que vai da costa até os limites definidos pelo Paralelo de 00°05'N e  
2 Meridiano de 048°00'W. Embora haja a proibição para atuação da frota, ainda há  
3 ocorrência nesta área, provavelmente devido a sua alta produtividade.

4

5 Base de dados

6 Dados pesqueiros

7 Os dados sobre as produções médias mensais desembarcadas e esforço de pesca  
8 foram obtidos dos arquivos de controle mensal de desembarque da pesca industrial para  
9 o período de 1995 a 2007, disponibilizados pelo projeto Estatpesca do Instituto  
10 Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA executado  
11 em parceria com o Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Litoral Norte do Brasil  
12 – CEPNOR e a Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.

13 A unidade de esforço de pesca (f) utilizada foi dias de mar, e as tendências de  
14 variação no esforço de pesca para se avaliar o comportamento da atividade pesqueira  
15 foram analisadas considerando-se uma periodicidade anual. O índice de Captura por  
16 Unidade de Esforço – CPUE (Y/f) adotado foi calculado com base nos dados de captura  
17 em massa do controle de desembarques (t) da frota industrial, obtendo-se a CPUE  
18 expressa em t/dia de mar.

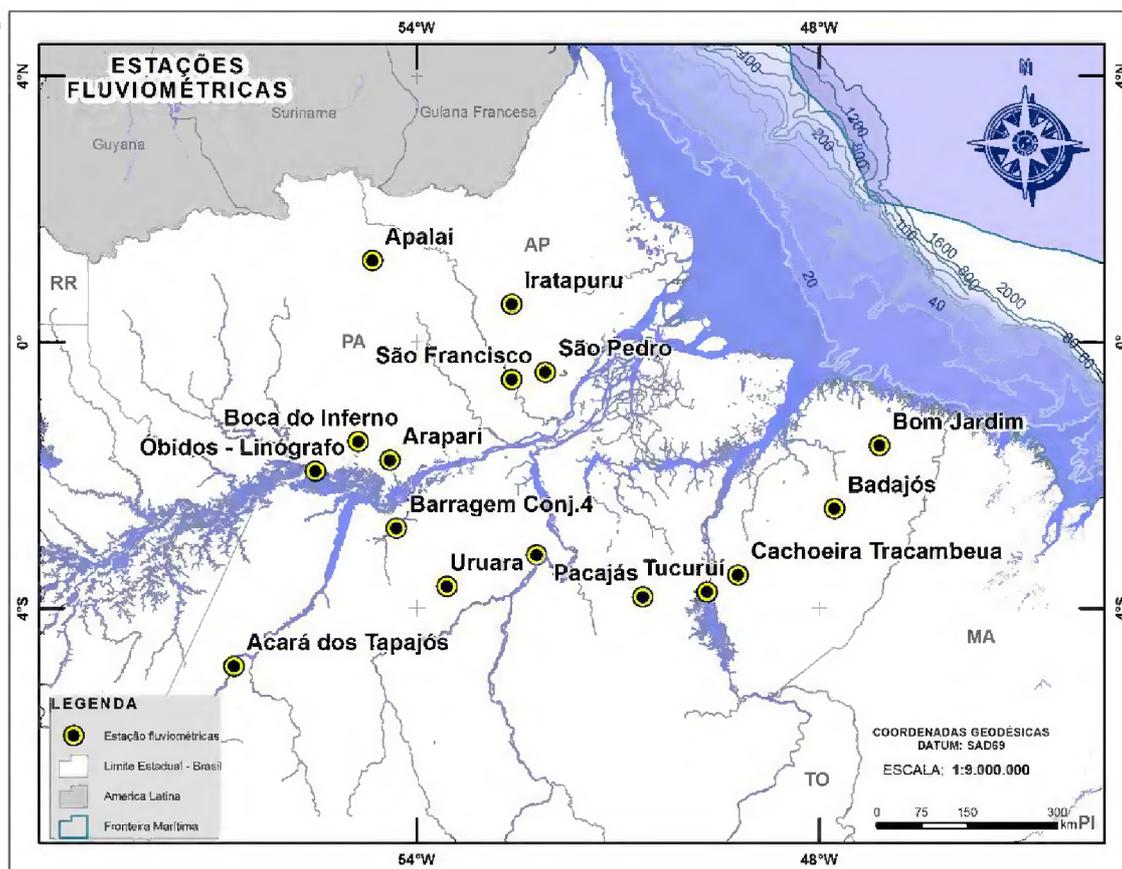
19

20 Dados ambientais

21 As variáveis ambientais a serem testadas para verificação da influência sobre a  
22 CPUE da pesca de *B. vaillantii* foram a precipitação e a vazão dos principais rios que  
23 deságuam na costa norte do Brasil. Os dados ambientais de vazões dos rios foram  
24 obtidos através do portal da Agência Nacional de Águas – ANA, disponível no Sistema

1 de Informações Hidrológicas – HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>). O critério para  
 2 escolha das 16 estações fluviométricas foi sua maior proximidade com a foz dos rios  
 3 (Figura 2).

4

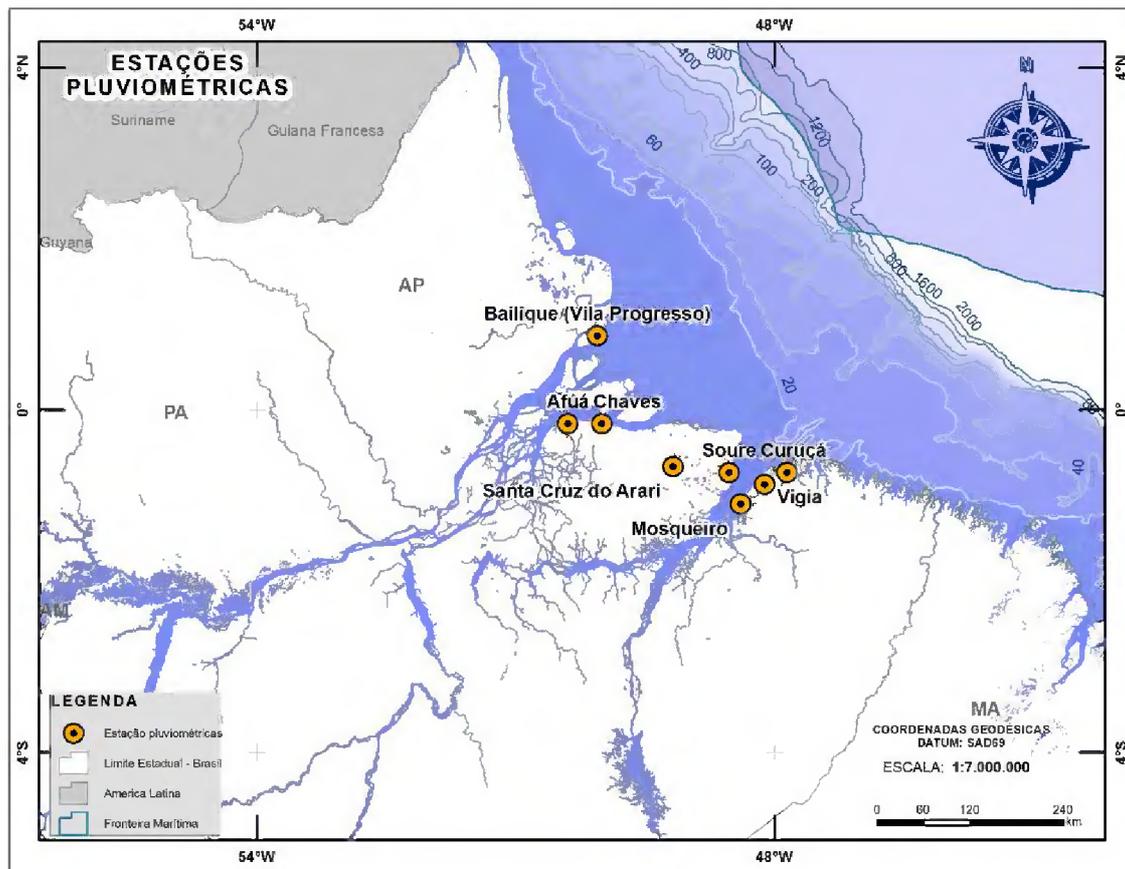


5

6 Figura 2. Localização das estações fluviométricas utilizadas na estimativa da vazão.

7

8 Quanto aos dados de precipitação da região costeira, também foram obtidos no  
 9 portal da Agência Nacional de Águas – ANA, disponível no Sistema de Informações  
 10 Hidrológicas – HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>) e pelo Instituto Nacional de  
 11 Meteorologia – INMET (<http://www.inmet.gov.br/portal/>) do Ministério da Agricultura.  
 12 O critério para escolha das 8 estações pluviométricas foi sua maior proximidade com a  
 13 costa, não estando estas precipitações incorporadas nas vazões dos rios (Figura 3).



1

2 Figura 3. Localização das estações pluviométricas utilizadas na estimativa da  
 3 precipitação.

4

5 Análise dos dados

6 Os dados para o ajuste dos modelos através da série histórica de 1995 a 2007 dos  
 7 dados anuais de produção e esforço de pesca para o desembarque da frota industrial,  
 8 foram utilizados no cálculo do nível ótimo de esforço ( $f_{MSY}$ ) e da captura máxima  
 9 sustentável (MSY) utilizando-se o software CLIMPROD (Fréon *et al.* 1991).

10 As influências da vazão e da precipitação sobre a relação entre captura e esforço  
 11 de pesca foram então exploradas utilizando o software interativo para a escolha e  
 12 adaptação dos modelos de excedente de produção incluindo as variáveis ambientais. O

1 princípio desta abordagem é a incorporação de uma variável ambiental “V” em um  
2 modelo de pesca que relaciona “U” (CPUE) e “E” (esforço):  $U = f(E, V)$ .

3 O modelo é escolhido entre os mais comuns de excedentes de produção: linear  
4 (Schaefer, 1954), exponencial (Garrod e Fox, 1970) ou generalizada (Pella e Tomlinson,  
5 1969). A variável ambiental “V” é incorporada a esta equação de diferentes formas  
6 (linear, exponencial ou quadrática, ou uma combinação desses) de acordo com a sua  
7 possível influência sobre capturabilidade, abundância, ou ambos. CLIMPROD é um  
8 sistema especializado que usando o processamento computacional fornece uma  
9 descrição estatística e gráfica do conjunto de dados e elabora critérios objetivos  
10 baseados no conhecimento prévio da pesca, das espécies e do meio ambiente para  
11 auxiliar o usuário a selecionar o modelo correspondente ao seu caso. O software então  
12 se encaixa no modelo para o conjunto de dados usando uma rotina de regressão não-  
13 linear, avalia o ajuste com testes paramétricos e não paramétricos, fornece uma  
14 representação gráfica dos resultados e fornece estimativas Jackknife dos parâmetros  
15 constantes ‘a’ e ‘b’ de parte da variabilidade da CPUE explicada e de ‘R<sup>2</sup>’ (Fréon *et al.*  
16 1993).

17

18 Resultados e discussão

19 Produção total desembarcada, esforço de pesca e CPUE

20 Durante o período em estudo, que compreende os anos de 1995 a 2007, foi  
21 observado um crescente incremento no esforço de pesca até o ano de 2001, quando  
22 ocorreu redução nos anos seguintes (2002 a 2004). Houve uma recuperação no ano de  
23 2005, quando se observa o maior valor de esforço empreendido na pesca de *B. vaillantii*

1 para o período de estudo. Porém, esse aumento não foi mantido, e assim observou-se  
2 queda nos últimos 2 anos analisados.

3 As médias dos valores para esforço de pesca, produção e CPUE para *B. vaillantii*  
4 nos anos de 1995 a 2007 foram respectivamente, 7305,05 dias de mar, 11.272,81 t e  
5 1.693,74 t/dia de mar, como mostra a tabela 1.

6

7 Tabela 1. Valores observados de esforço de pesca, produção, vazão e precipitação  
8 durante o período de estudo.

Anos	Esforço de pesca (dias de mar)	Produção (t)	Vazão média diária do ano (m <sup>3</sup> /s)	Precipitação Total (mm)	CPUE (t/dia de mar)
1995	3724,48	9431,60	1195,61	2484,27	2532,32
1996	4075,29	11419,00	1315,91	2423,48	2802,01
1997	7426,74	11008,36	1259,25	2147,21	1482,26
1998	7083,58	10127,56	1054,86	2214,58	1429,72
1999	8596,82	12197,00	1317,71	2380,79	1418,78
2000	8472,07	8537,00	1357,88	2596,98	1007,66
2001	9431,64	10142,00	1280,07	2457,97	1075,32
2002	9001,76	11377,50	1284,21	1982,96	1263,92
2003	6957,75	13304,00	1230,20	2018,80	1912,11
2004	4067,53	10142,00	1241,68	2279,96	2493,40
2005	9785,29	10412,50	1187,70	2065,68	1064,10
2006	7594,86	16419,50	1382,31	2130,72	2161,92
2007	8747,86	12028,50	1262,33	2221,36	1375,33
Média	7305,05	11272,81	1259,21	2261,90	1693,74
Desvio padrão	2094,97	1992,18	83,99	193,73	616,70
Coefficiente de variação	28,68	17,67	6,67	8,57	36410,50

9

10 O período analisado foi marcado por constantes oscilações referentes à produção  
11 da espécie, na qual aumentos e reduções intercaladas foram observados, com destaque  
12 para 2006 o qual se obteve a maior produção durante todo o período no valor de  
13 16419,50 t. Uma possível explicação para tal consiste na observação de ocorrência com

1 intensidade moderada a forte do fenômeno La Niña, que pode ter dentre outros fatores  
2 influenciado no aumento da produção do pescado desembarcado uma vez que houve  
3 uma tendência de crescimento na produção da espécie para a série histórica. Uma vez  
4 que a redução da salinidade causada pelo aumento da precipitação e da vazão  
5 possibilitou uma maior distribuição dos cardumes na costa e conseqüentemente um  
6 aumento nas capturas no segundo semestre. A aproximação dos cardumes da parte mais  
7 afastada da costa faz com que eles fiquem mais vulneráveis a atuação da frota pesqueira  
8 industrial caracterizando o período de safra da espécie.

9 Quanto a CPUE, o maior valor do período foi alcançado em 1996, com  
10 2802,01t/dia de mar e a menor em 2000 com 1007,66 t/dia de mar. Pinheiro e Frédou  
11 (2004) analisando a CPUE trimestral para os anos de 2001 e 2002, afirmam que o pico  
12 de abundância desta pescaria, variou entre os anos amostrados. Para o ano de 2001, a  
13 abundância de *B. vaillantii* foi similar para todos os trimestres do ano, mas para o ano  
14 de 2002 a abundância do recurso foi concentrada principalmente no segundo trimestre.  
15 Como o *B. vaillantii* é um peixe de água doce, ocorre apenas em rios e estuários, sendo  
16 mais largamente distribuída durante o período chuvoso. É mais abundante em  
17 profundidades entre 5 e 10 m, não ocorrendo acima de 20 m (JICA/ MPEG/IBAMA,  
18 1998). Nesse estudo, a espécie representou 30,7% e 24,8% da captura total em 2001 e  
19 2002, respectivamente, indicando que esta espécie é o alvo principal da região; e que  
20 sua safra ocorre no período chuvoso (março a abril).

21 Os dados de pesca industrial na análise do ano de 2001 realizado por Sousa *et al.*  
22 (2007), para o período de enchente do rio (março a maio), mostram que foram  
23 capturados 82.180 kg de *B. vaillantii*, enquanto que para o período de vazante o total  
24 capturado foi de 75.180 kg. O trabalho da JICA/MPEG/IBAMA (1998), já havia

1 constatado que a biomassa capturada desta espécie é maior no período chuvoso (março  
2 a abril), do que no período seco (agosto a setembro) para a região.

3 Embora haja a proibição para atuação da pesca industrial, foram registrados nos  
4 anos de 2001 a 2003, 30,60% de lances nesta área dada a elevada produtividade das  
5 mesmas, principalmente nas estações enchente e vazante (Sousa, 2007). A média anual  
6 da captura industrial da espécie em estudo foi em torno de 1.076 t (entre 2001 e 2005), o  
7 que representa cerca de 61% da captura total desta, que também é captura por redes de  
8 emalhar pela frota artesanal (Frédou *et al.* 2009).

9 Em estudo realizado por meio de amostragens a bordo em embarcações da frota  
10 industrial no estado do Pará que operavam em trilheira e/ou quadrilheira, Chaves *et al.*  
11 (2003) constataram que a produção de *B. vaillantii* apresentou uma tendência de  
12 decréscimo com 99.070 kg em 2001 e 32.096 kg em 2002; quanto a CPUE, os valores  
13 para os mesmos anos foram, respectivamente, 42,47 kg/metro de rede-arrasto e 90,07  
14 kg/metro de rede-arrasto.

15

#### 16 Análise das variáveis ambientais na produção pesqueira

17 Com o uso do software CLIMPROD foi incluída a série temporal de capturas  
18 anuais (Y), esforço de pesca total anual (E), CPUE ( $U = Y/E$ ), e as variáveis ambientais  
19 (V) de vazão e precipitação separadamente em cada análise.

20 Para cada inclusão de uma variável ambiental, o software apresentou um modelo  
21 que obteve melhor ajuste: o linear conforme a equação  $U = a \times b + V \times E$  para a  
22 inclusão da vazão e o exponencial-linear conforme a equação  $U = a \times V^{b \times E}$  quando se  
23 adicionou a precipitação como variável. Em ambos os casos: U = CPUE; 'a' e 'b' =

1 parâmetros do modelo; V = variável ambiental (vazão ou precipitação) e E = esforço de  
2 pesca.

3 O modelo proposto para a vazão consiste em um modelo de produção que  
4 executa uma relação linear entre a CPUE e o esforço de pesca “E”, e entre a CPUE e a  
5 variável ambiental ‘V’. Para a precipitação, foi proposto o modelo de produção  
6 multiplicativo combinado, por um lado faz uma relação exponencial entre a CPUE e o  
7 esforço de pesca ‘E’ e por outro lado uma relação linear entre a CPUE e a variável  
8 ambiental ‘V’. Em ambas as análises, supõem-se a variável ambiental influenciar na  
9 abundância do estoque (produção excedente) e não o coeficiente de capturabilidade. A  
10 particularidade destes modelos é a ausência de termo constante na sua equação.

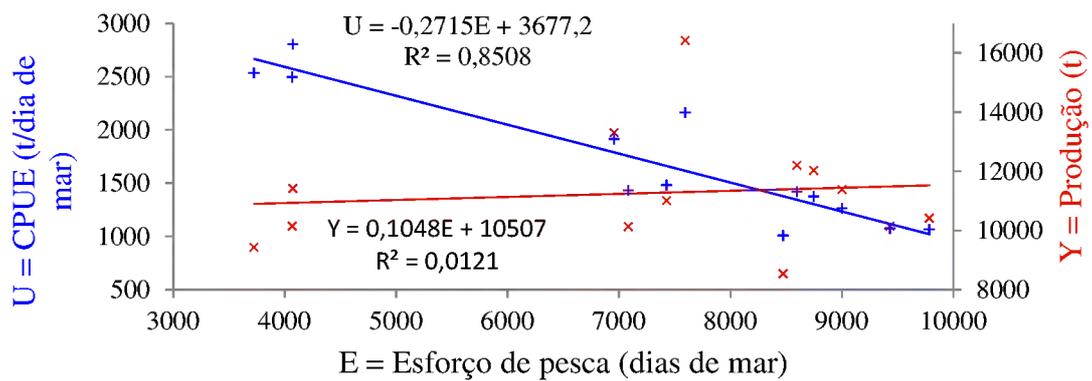
11 A análise de regressão entre as variáveis: esforço de pesca ‘E’ versus produção  
12 ‘Y’; variável ambiental ‘V’ versus produção ‘Y’; esforço de pesca ‘E’ versus CPUE e  
13 variável ambiental ‘V’ versus CPUE é descrita na Tabela 2. Verificando-se uma forte  
14 correlação negativa entre o esforço de pesca e a CPUE.

16 Tabela 2. Correlações entre as variáveis analisadas.

Correlações	Produção	CPUE	Esforço de pesca	Vazão	Precipitação
Produção	1,000000				
CPUE	0,237619	1,000000			
Esforço de pesca	0,110208	-0,922380	1,000000		
Vazão	0,388891	0,060061	0,140650	1,000000	
Precipitação	-0,520405	0,121899	-0,285495		1,000000

17

18 Observa-se uma correlação positiva entre a produção e o esforço de pesca  
19 (Figura 4); positiva entre a produção e vazão e negativa entre produção e precipitação  
20 (Figura 5); e positiva a entre CPUE e as variáveis em estudo (Figura 6).

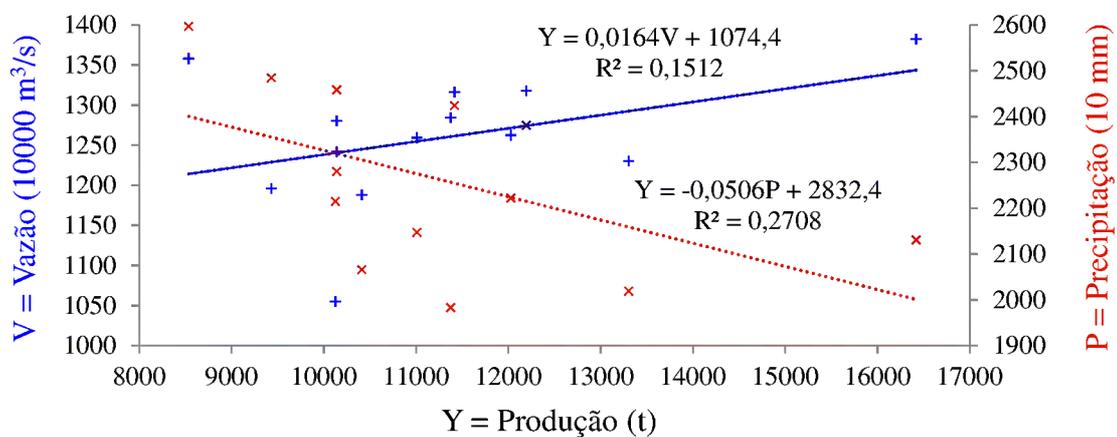


1

2 Figura 4. Relação entre a produção (t), o esforço (dias de mar) e a CPUE (t/dia de mar)  
 3 aplicado à pesca de *B. vaillantii*.

4 As interações entre as variáveis ambientais, produção e CPUE não foram tão  
 5 fortes, mas ainda assim podemos observar uma ligeira correlação, indicando que poderá  
 6 exercer alguma influência, causando alterações na estimativa da abundância do estoque  
 7 capturado pela pesca direcionada à *B. vaillantii*.

8



9

10 Figura 5. Relação da produção (t) de *B. vaillantii* com vazão e precipitação.

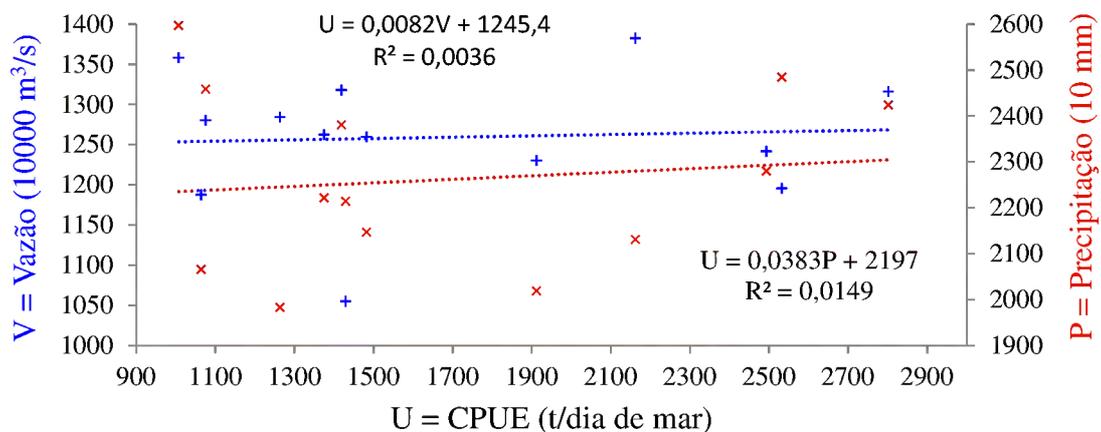
11

12 Sousa (2009) em seu estudo para testar a hipótese de que existe uma correlação  
 13 entre a distribuição espacial e temporal de *B. vaillantii* com parâmetros ambientais,

1 através das análises de regressão múltipla entre a Captura por Unidade de Área (CPUA)  
 2 e os parâmetros ambientais de temperatura da superfície do mar (TSM), corofila-*a* e  
 3 vazão do rio Amazonas mostrou que a vazão e a temperatura foram os parâmetros que  
 4 mais se relacionaram com a CPUA.

5 A hidrografia da região de influência da costa norte do Brasil é marcada pela  
 6 sazonalidade produzida pelo pulso das chuvas, que tem seus efeitos em toda a área, mas  
 7 principalmente no estuário do rio Amazonas. A pluma amazônica, denominação da  
 8 massa de água advinda do interior da bacia amazônica e projetada sobre o oceano  
 9 Atlântico, detecta-se pela redução nas haloclinas a grandes distâncias da costa quando a  
 10 vazão do rio aumenta, durante o período chuvoso (MMA, 2006).

11



12

13 Figura 6. CPUE (t/dia de mar) de *B. vaillantii* em relação à vazão e precipitação.

14

15 Uma característica única dos rios e seus afluentes que abrangem os estados da  
 16 costa norte do Brasil é a influência de sua pluma estuarina que, supostamente se estende  
 17 até além da linha de costa. A intrusão de água doce na plataforma continental, que é  
 18 fortemente influenciada pelas marés e ventos locais, transporta enorme quantidade de

1 sedimentos e nutrientes. Esse enorme aporte fluvial se propaga na plataforma  
2 continental chegando a 300 km de largura em frente à Ilha de Marajó. Esta água  
3 costeira, enriquecida de nutrientes e resultante do encontro das águas do rio Amazonas  
4 com as águas tropicais oceânicas, exerce uma pequena influência sobre a costa do  
5 Amapá e uma grande influência sobre a área adjacente à desembocadura do rio Pará  
6 (Paiva, 2001; Muehe; Sequeira-Garcez, 2005; Fonteles Filho, 2011).

7 Tanto as atividades de pesca estuarina quanto a costeira apresentam rendimentos  
8 influenciados pelo ciclo hidrológico. A temperatura e/ou salinidade relacionada à  
9 pluviosidade e descarga dos rios influenciam a diversidade das espécies (Yañez-  
10 Arancibia, 1985; Espirito Santo, 2002). Neste sentido, o estudo de Sousa (2009)  
11 permitiu verificar através de análise estatística multivariada que realmente, os fatores  
12 ambientais de temperatura da superfície do mar e vazão do rio Amazonas, apesar de  
13 apresentarem grandes variações mensais e diferirem sazonalmente, apresentam uma  
14 significativa correlação com os valores de CPUA.

15 A variação de deslocamento da pesca da espécie está intimamente relacionada  
16 com seu comportamento migratório, oscilações do nível das águas, da vazão do rio  
17 Amazonas, e da temperatura das águas, bem como o deslocamento da zona de contato  
18 entre as águas doce e marinha no estuário. Quando ocorre maior descarga do Amazonas,  
19 observa-se um aumento da pluma de sedimentos e de água doce em direção ao oceano e  
20 assim, a pesca industrial tende a distanciar-se e se espalhar mais em direção a  
21 plataforma continental, devido a diminuição da salinidade, ocorrendo um aumento na  
22 área de ocorrência da *B. vaillantii*, observando-se um elevado valor de CPUA em todas  
23 as áreas de pesca. Na máxima vazão, verificou-se que os parâmetros ambientais  
24 começam a se modificar. A CPUA é relativamente alta neste período, provavelmente

1 devido esta oferta de produção primária e aumento da temperatura das águas (Sousa,  
2 2009).

3 No entanto, à medida que esta vazão diminui (período de vazante) e a água  
4 oceânica tende migrar em direção à foz do rio, a espécie desloca-se em direção ao alto  
5 rio Amazonas. Neste caso, a pesca industrial apresenta a mesma tendência,  
6 concentrando-se mais ao longo dos canais do Norte e do Sul, próximo à costa, que é  
7 uma área considerada proibida para pesca de arrasto (Sousa, 2009). Por ser um peixe de  
8 água doce, *B. vaillantii* sofre natural influência da salinidade e por isso, ocorrem  
9 acentuadas diferenças na sua captura em certos locais de pesca e/ou épocas do ano na  
10 área estuarina (Barthem e Goulding, 1997).

11 Conforme Zagaglia *et al.* (2009) a medida que o volume das chuvas diminui, a  
12 frota piramutabeira industrial desloca suas operações para áreas mais próximas à costa.  
13 No período seguinte ao defeso (15 de setembro a 30 de novembro – IN 06/2004), as  
14 embarcações deslocam-se à área de pesca próximas da costa do Amapá. Afirmam ainda  
15 que no período de chuvas ocorre o aparecimento de outra área com alta densidade de  
16 atividade de pesca, nas proximidades da Ilha de Marajó, concordando com Mourão *et*  
17 *al.* (2007) onde afirmam que, no período de chuvas, com o deslocamento das águas do  
18 rio Amazonas, a *B. vaillantii* margeia toda a costa da Ilha do Marajó, penetra no rio Pará  
19 e chega até Soure (Ilha do Marajó).

20 O estuário é alvo tanto da frota artesanal quanto da industrial, atuantes o ano  
21 todo. Porém, a melhor produção de bagres amazônicos, excluindo os marinhos, se dá no  
22 primeiro semestre do ano, quando as águas do rio Amazonas sobem. Ainda, com base  
23 em dados de captura no estuário, a partir de janeiro as classes de maior comprimento  
24 voltam a ser abundantes, resultado do retorno dos peixes ao estuário (Barthem, 2000).

1            Quanto ao ajuste do modelo, os principais resultados são apresentados a seguir  
 2 (Tabela 3) onde se ressalta o elevado coeficiente de determinação ‘R<sup>2</sup>’, indicando que a  
 3 incorporação da vazão e da precipitação como variáveis ambientais contribuem  
 4 significativamente, cerca de 56% e 46% respectivamente, para a explicação da  
 5 variabilidade da CPUE, permitido o software encaixar o modelo. O baixo valor do  
 6 critério de informação de Akaike indica um bom ajuste desse modelo (Akaike, 1974).

7

8 Tabela 3. Principais resultados dos parâmetros de ajuste dos modelos para cada variável  
 9 ambiental analisada.

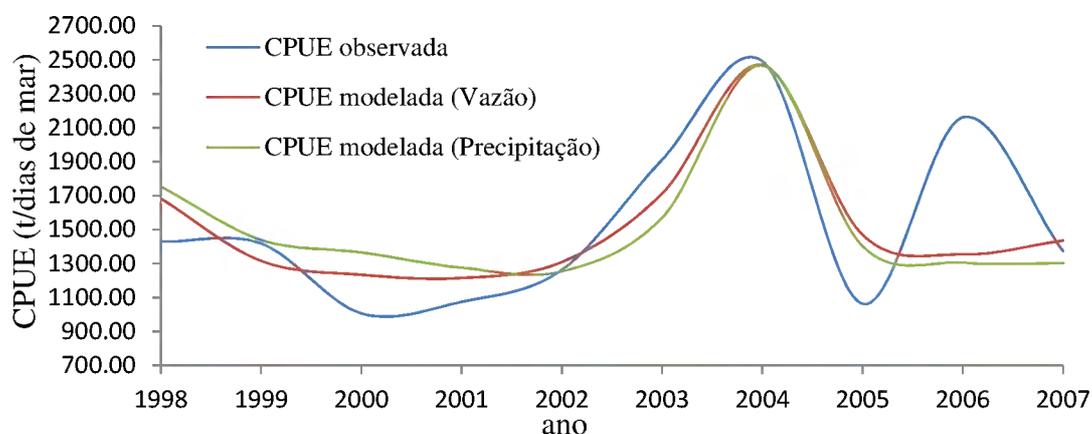
Parâmetros	Vazão	Precipitação
‘a’	0,003265	0,003104
‘b’	-0,000326	-0,000195
Numero de dados usados no ajuste	10	10
Número de graus de liberdade	8	8
Coeficiente de determinação R <sup>2</sup>	0,56	0,46
Critério de informação de Akaike	-8,944917	-6,830379
Variância	0,228640	0,228640
Variância residual	0,100813	0,124551

10

11            A validação dos principais resultados obtida através do processo de re-  
 12 amostragem ordenada “Jackknife” indicando a estabilidade do modelo é apresentada na  
 13 tabela 4. O ajuste do arquétipo para a CPUE modelada em relação a CPUE observada é  
 14 apresentado na Figura 7

- 1 Tabela 4. Validação dos principais resultados dos parâmetros de ajuste dos modelos  
 2 para cada variável ambiental analisada.

Parâmetros	Valor		Desvio Padrão de Jackknife		Jackknife t-relação	
	Vazão	Precipitação	Vazão	Precipitação	Vazão	Precipitação
'a'	0,003265	0,003104	0,000270	0,000719	12,070767	4,314347
'b'	-0,000326	-0,000195	0,000048	0,000036	-6,761077	-5,429979
R <sup>2</sup> convencional	0,56	0,46				
R <sup>2</sup> Jackknife	0,43	0,29				
t – Jackknife	Bom	Bom				



- 6  
 7 Figura 7. CPUE de *B. vaillantii* observada e ajustada ao modelo linear considerando o  
 8 esforço de pesca e incluindo a vazão e a precipitação como variáveis explicativas.

9

- 10 As variáveis ambientais utilizadas influenciam na abundância do estoque. A  
 11 validação Jackknife indica que todos os parâmetros são significativos em nível de 5% e  
 12 que nenhum ano contribui mais que 10% para vazão como variável ambiental

1 explicativa e 20% para precipitação, em qualquer estimação de coeficiente, o que é  
2 relativamente satisfatório.

3 Uma vez que para validação do modelo é realizado o processo de re-amostragem  
4 ordenada (Jackknife) onde um ano de cada observação é retirado da série de dados e  
5 uma nova regressão é ajustada. Quanto mais perto do valor de 100% os valores anuais  
6 são, melhor o encaixe do modelo. Valores anuais superiores a 140% ou inferiores a 60%  
7 invalidam o ajuste do modelo.

8 O esforço de pesca ótimo e a captura máxima sustentável (MSY) foram então  
9 estimados em 6341,67 dias de mar e 12972,35 t respectivamente. A Tabela 5 apresenta  
10 os intervalos de confiança das estimativas. Comparando-se os valores de cada ano com  
11 o MSY, verificou-se que os anos de 2003 e 2006 superaram o rendimento máximo e os  
12 demais anos estiveram próximos do valor deste. Ressalta-se uma manutenção do  
13 esforço elevado ou sua tendência de continuar alto no período de estudo, ultrapassando  
14 o esforço ótimo ao relacionar individualmente cada ano ou com a média destes.

15

16 Tabela 5. Estimativas do esforço de pesca ótimo e da captura máxima sustentável.

Estimativa	Limite inferior 95%	Valor central	Limite superior 95%
Esforço de pesca ótimo (dias de mar)	6039,46	6341,67	6643,88
Captura máxima sustentável (t/dia de mar)	12580,49	12972,35	13364,21

17

18 A partir de séries históricas de dados relativos aos anos de 1972 a 1997, vários  
19 autores realizaram estudos sobre as curvas de rendimento para *B. vaillantii*,  
20 desembarcada pelas frotas atuantes na pesca direcionada à espécie através de modelos  
21 descritivos e analíticos.

1 Durante o período de 1972 a 1975, calculou-se uma produção máxima  
2 sustentável de 20.500 t/ano e um esforço ótimo de 5.900 dias de mar/ano realizado por  
3 Faria e Slack-Smith (1976). SUDEPE/PDP (1979) obtiveram para o período de 1972 a  
4 1978 (sem considerar o ano de 1977) os valores de 24.700 t/ano e 7.100 dias de mar/ano  
5 e para outra série histórica que inclui os anos de 1972 a 1980, calcularam uma produção  
6 ótima de 20.900 t/ano e um esforço ótimo de 5.900 dias de mar/ano. Todos os citados  
7 utilizaram o modelo linear de Schaefer (1954). Bayley e Petrere (1989), analisando o  
8 período de 1975 a 1989 obtiveram como valores para produção máxima de 19.400 t/ano  
9 e esforço ótimo 4.765 dias de mar.

10 Barthem (1990) analisando o desembarque somente da pesca industrial entre os  
11 anos de 1972 e 1981, obteve valores menores que o anteriormente realizado por Dias  
12 Neto *et al.* (1988) e Bayley e Petrere-Jr (1989), para  $MSY$  e  $F_{MSY}$  16.447 t/ano e 3.766  
13 dias de mar respectivamente e estimado através de regressão não linear. Este autor usou  
14 o rendimento por recruta descrito por Ricker (1975) para o estuário e baixo amazonas e  
15 os rendimentos máximos sustentáveis obtidos para redes de arrasto com malhas no saco  
16 túnel de 8,1 e 12,5 cm (medida esticada entre nós opostos) estiveram entre 0,6 e 0,1 e  
17 1,1 e 0,5 kg/recruta, respectivamente, para  $M = 0,5 \text{ anos}^{-1}$  para a pesca industrial.

18 Segundo IBAMA (1994) a produção máxima sustentável recomendada para a  
19 frota industrial com um esforço ótimo correspondendo a 44 barcos seria de 14.732 t.  
20 Nos anos de 1984 e 1985, Barthem e Petrere-Jr. (1995) avaliaram que a *B. vaillantii*  
21 explorada no estuário amazônico estava sob-risco de sobrepesca de crescimento. Na  
22 estimativa de Paiva (1996) para o período de 1975 a 1994, obteve a produção máxima  
23 sustentável de 14.732 t/ano e esforço ótimo de 7.800 dias de mar.

1 IBAMA (1999) analisou a série histórica entre 1975 a 1992 (apenas para a área  
2 de pesca atingida pela frota industrial e em um período em que a atividade pesqueira era  
3 feita exclusivamente por parelhas, com emprego de duas embarcações). Foi então  
4 aplicado o modelo linear de Schaefer (1954) e utilizando como unidade de esforço o  
5 número de barcos. A produção máxima sustentável da espécie m estudo foi de 19.929  
6 t/ano, obtida com um esforço ótimo de 48 barcos.

7 Em uma síntese da situação das principais pescarias marinhas do Brasil, Marrul  
8 Filho (2003) utilizando dados de Dias Neto (1999), cita para a pesca da *B. vaillantii*  
9 analisando uma série histórica de 1977 a 1997, uma captura máxima sustentável  
10 estimada em 20.900 t/ano, maior produção obtida em 1977 com 28.829 t e menor em  
11 1992 com 7.070 t e a produção para o ano de 1997 com 21.558 t.

12 No período entre 2001 e 2007 a captura média foi de aproximadamente 19.300 t  
13 anuais, considerando um esforço de 48 embarcações. A captura industrial da piramutaba  
14 representa cerca de 62% da captura total da espécie (MPA, 2012).

15 O mais recente estudo sobre o estado de exploração atual da *B. vaillantii*  
16 realizado por Alonso e Pirker (2005) no eixo Solimões-Amazonas para a pesca  
17 artesanal, encontraram o valor de rendimento máximo sustentável por recruta de 630  
18 g/recruta, mortalidade por pesca  $F = 0,39 \text{ ano}^{-1}$  e mortalidade por pesca ideal  $F_{\text{ótimo}} =$   
19  $0,30 \text{ ano}^{-1}$ ; constatando que o bagre ainda se encontrava nesse período em estado de  
20 sobrepesca de crescimento como já havia sido encontrado por Barthem e Petreire-Jr  
21 (1995) para final da década de 80.

22 Em síntese, a década de 70 apresentou a produção pesqueira acima da captura  
23 máxima sustentável, na década de 80 houve o maior esforço despendido para a pesca  
24 de *B. vaillantii* da história, caracterizando a sobrepesca do estoque. Com o incremento

1 na frota atuante na pesca industrial, através da introdução do uso de “trilheiras” e  
2 “quadrilheiras” (utilização de três barcos arrastando simultaneamente duas redes)  
3 observou-se uma ascensão no início da década de 90. No último estudo acerca do estado  
4 da exploração da referida espécie em 2005, concluiu-se que o bagre ainda se encontrava  
5 em estado de sobrepesca de crescimento.

6

## 7 Conclusões

8 A piramutaba *B. vaillantii* é uma das espécies de bagres migradores com  
9 importância econômica mais capturada na região. Em função de tal importância, estudos  
10 acerca de seu ciclo de vida e do próprio ambiente, compreendendo a relação e os níveis  
11 de interferência entre eles são importantes para complementar e fortalecer o  
12 conhecimento que já se tem, visando a sua contribuição para sustentabilidade da  
13 pescaria direcionada à espécie.

14 Os modelos que apresentaram melhor ajuste ao incluir uma das variáveis  
15 ambientais foi o linear para vazão e exponencial-linear para precipitação, indicando que  
16 a incorporação dos fatores ambientais citados contribui significativamente para a  
17 explicação da variabilidade da CPUE da espécie. Observou-se ainda uma correlação  
18 positiva entre a produção e vazão e negativa entre produção e precipitação, e positiva a  
19 entre CPUE e as variáveis em estudo.

20 As análises conduzidas neste estudo indicaram que para os dados da série  
21 histórica, o esforço manteve-se superior ao esforço ótimo e houve gradativa queda da  
22 CPUE durante todo o período.

- 1 Referências bibliográficas
- 2 Akaike, H. 1974. A new look at the statistical identification model. *IEEE Transactions*  
3 *on Automatic Control*, 19(6): 716-723.
- 4 Alonso, J.C.; Pirker, L.E.M. 2005. Dinâmica populacional e estado atual da exploração  
5 de piramutaba e de dourada, p. 21-28. In: Fabr , N. N.; Barthem, R. B. (Org.). *O manejo*  
6 *da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões-*  
7 *Amazonas*. ProVárzea, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais  
8 Renováveis, Cole o Documentos Técnicos: Estudos Estratégicos, Manaus, Amazonas.
- 9 Aquino, K. 2004. *Variabilidade genética da piramutaba – Brachyplatystoma vaillantii*  
10 *(Valenciennes, 1840) (Siluriformes: Pimelodidae) no sistema Estuário-Amazonas-*  
11 *Solimões*. Disserta o de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da  
12 Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 76 pp.
- 13 Batista, J.S.; Aquino, K.F.; Farias, I.P.; Gomes, J.A.A. 2005. Variabilidade genética da  
14 dourada e da piramutaba na bacia Amazônica, p. 15-19. In: Fabr , N.N.; Barthem, R.B.  
15 (Org.). *O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no*  
16 *eixo Solimões-Amazonas*. ProVárzea, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos  
17 Recursos Naturais Renováveis, Manaus, Amazonas.
- 18 Barthem, R.B. 1990. *Ecologia e pesca da piramutaba (Brachyplatystoma vaillantii)*.  
19 Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. 268 pp.
- 20 Barthem, R.B.; Ribeiro, M.C.L.B.; Petrere Jr., M. 1991. Life strategies of some long-  
21 distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon basin.  
22 *Biological Conservation*, 55(3): 339-345.
- 23 Barthem, R.B.; Petrere Jr., M. 1995. Fisheries and population dynamics of the  
24 freshwater catfish *Brachyplatystoma vaillantii* (Pimelodidae) in the Amazon estuary,

- 1 p. 329-350. In: Armatrout, N.B. (Ed). *Condition of the World's Aquatic Habitats:*  
2 *Proceeding of World Fisheries Congress, Theme 1.* Oxford & IBH Publishing Co. PVT.  
3 LTD., New Delhi, Índia.
- 4 Barthem, R.B.; Goulding, M. 1997. *Os bagres balizadores: Ecologia, migração e*  
5 *conservação de peixes amazônicos.* Sociedade Civil Mamirauá, CNPq, Brasília. 140 pp.
- 6 Barthem, R.B. 2000. Situação do manejo das pescarias dos grandes bagres amazônicos  
7 no Brasil, p. 37-60. In: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la  
8 Alimentación – FAO. *Informe del taller regional sobre manejo de las pesquerías de*  
9 *bagres migratorios del Amazonas.* Anexo D. FAO, Roma, Itália.
- 10 Barthem, R.B.; Fabr e, N.N. 2004. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros na  
11 Amazônia, p. 11-55. In: Ruffino, M.L. (Org.). *A pesca e os recursos pesqueiros na*  
12 *Amazônia brasileira.* 1 ed. v. 1. Manaus, Amazonas.
- 13 Bayley, P.; Petrere Jr., M. 1989. Amazon fisheries: assessment methods, current status  
14 and management options. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic*  
15 *Science*, 106: 305-98.
- 16 Chaves, R.A.; Silva, K.C.A.; Corr ea Ivo, C.T.; Cintra, I.H.A.; Aviz, J.S. 2003. Sobre a  
17 pesca da piramutaba, *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840) em pescarias da  
18 frota industrial no Estado do Pará. *Boletim Técnico Científico CEPNOR*, 3(1): 163-177.
- 19 Dias Neto, J.; Mesquita, J.X. 1988. Potencialidade e explora o dos recursos pesqueiros  
20 do Brasil. *Ciência e Cultura*, 40 (5): 427-441.
- 21 Dias Neto, J. 1991. A Pesca da Piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*, Val.) na região  
22 Norte do Brasil. *Atlântica*, 13 (1): 11-19.
- 23 Dias Neto, J. 1999. *Gestão dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil.* Trabalho  
24 apresentado para avalia o de conhecimento na disciplina Gestão Ambiental do

- 1 Mestrado em Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília (UnB)/Centro de  
2 Desenvolvimento Sustentável(CDS), Brasília. 22 pp.
- 3 Espírito Santo, R.B. 2002. *Caracterização da atividade de desembarque da frota*  
4 *pesqueira artesanal de pequena escala na região estuarina do Rio Caeté, município de*  
5 *Bragança-Pará-Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará,  
6 Bragança, Pará. 87 pp.
- 7 Farias, F.O.S.; Slack Smith, R.J. 1976. Relatório da reunião do grupo de trabalho para  
8 avaliação preliminar da pesca da piramutaba. *Série Documentos Técnicos*  
9 *SUDEPE/PDP*, 16: 1-28.
- 10 Fonteles Filho, A.A. 2011. *Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos*  
11 *pesqueiros*. Expressão Gráfica e Editora. Fortaleza, Ceará. 464 pp.
- 12 Fréon, P.; Mullon, C.; Pichon, G. 1991. A fully interactive expert-system software for  
13 choosing and adjusting a global production model which accounts for changes in  
14 environmental factors. 10 pp. In: *International Symposium on the Longterm Variability*  
15 *of Pelagic Fish Populations and their Environment*. Sendai, Japan.
- 16 Fréon, P.; Mullon, C.; Pichon, G. 1993. *CLIMPROD: Experimental interactive software*  
17 *for choosing and fitting surplus production models including environmental variables*.  
18 Computerized Information Series (Fisheries). Organizacion de las Naciones Unidas para  
19 la Agricultura y la Alimentacion - FAO, Roma. 80 pp.
- 20 Frédou, F.L.; Mourão, K.; Barbosa, C.; Almeida, O.; Riveiro, S.; Thompson, R. 2009.  
21 Caracterização das pescarias industriais da Costa Norte do Brasil. *Paper do NAEA*, 237.  
22 33 pp.

- 1 Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).  
2 1994. *Camarão Norte e Píramutaba: Relatório das Reuniões dos Grupos Permanentes*  
3 *de Estudos*: GPE. Coleção meio ambiente, Série Estudos Pesca, 9. IBAMA, Brasília.
- 4 Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).  
5 1999. *V Reunião do grupo permanente de estudos sobre a píramutaba*. Coleção Meio  
6 Ambiente, Série estudos pesca, 26. IBAMA/CEPNOR. Brasília. 92 pp.
- 7 Isaac, V.J.; Barthem, R.B. 1995. Os Recursos Pesqueiros da Amazônia Brasileira.  
8 *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, Série Antropologia, 11(2): 295-339.
- 9 Japan International Cooperation Agency (JICA)/Museu Paraense Emílio  
10 Goeldi(MPEG)/ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais  
11 Renováveis (IBAMA). 1998. *Draft final report for the fishery resources study of the*  
12 *Amazon and Tocantins river mouth areas in the Federative Republic of Brazil*. Sanyo  
13 Techno Marine, Tokyo, Japão. 334 pp.
- 14 Marrul Filho, S. 2003. *Crise e sustentabilidade no uso dos recursos pesqueiros*.  
15 IBAMA, Brasília. 148 pp.
- 16 Ministério do Meio Ambiente (MMA)/Secretaria da Comissão Interministerial para os  
17 Recursos do Mar (SECIRM)/ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos  
18 Naturais Renováveis (BAMA). 1996. *Proposta Regional de trabalho para a zona*  
19 *economicamente exclusiva Norte*. Programa nacional de avaliação do potencial  
20 sustentável dos recursos vivos na zona economicamente exclusiva – Revizee. Belém,  
21 Pará. 97 pp.
- 22 Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2006. *Programa REVIZEE: avaliação do*  
23 *potencial sustentável de recursos vivos na zona econômica exclusiva: relatório*  
24 *executivo/MMA*. Secretaria de Qualidade Ambiental. MMA, Brasília. 280 pp.

- 1 Meaden, G. 2000. GIS in Fisheries Management. *GeoCoast*, 1(1): 82-101.
- 2 Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). 2012. *Boletim estatístico da pesca e*  
3 *aquicultura*. Brasil 2010. 129 pp. (<http://www.mpa.gov.br>). Acesso em 21/03/2012.
- 4 Mourão, K.R.M.; Pinheiro, L.A.; Lucena, F. 2007. Organização social e aspectos  
5 técnicos da atividade pesqueira no município de Vigia – PA. *Boletim do Laboratório de*  
6 *Hidrobiologia*, 20: 39-52.
- 7 Muehe, D.; Garcez, D. S. 2005. A plataforma continental brasileira e sua relação com a  
8 zona costeira e a pesca. *Mercator*, 4: 69-88.
- 9 Oliveira, D.M.; Frédou, T. Lucena, F. 2007. A pesca no Estuário Amazônico: uma  
10 análise uni e multivariada. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências*  
11 *Naturais*, 2(2): 11-21.
- 12 Paiva, M.P. 1997. *Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil*. Edições UFC.  
13 Fortaleza, Ceará. 286 pp.
- 14 Paiva, R.S. 2001. *Parâmetros físicos, químicos, biomassa e produção primária do*  
15 *fitoplâncton na plataforma continental amazônica*. Tese de doutorado, USP, São Paulo.  
16 153 pp.
- 17 Pinheiro, L.A.; Frédou, F.L. 2004. Caracterização geral da pesca industrial  
18 desembarcada no estado do Pará. *Revista Científica da UFPA*, v.4  
19 (<http://www.ufpa.br/revistaic>). Acesso em 13/01/2012.
- 20 Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish  
21 populations. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, 191: 382 pp.
- 22 Santos, T.C.C.; Câmara, J.B.D. 2002. O estado dos recursos pesqueiros: pesca extrativa  
23 e aquicultura. p. 132-147. In: Santos, T.C.C.; Câmara, J.B.D. (Org.). *GEO Brasil 2002:*  
24 *Perspectiva do Meio Ambiente no Brasil*. IBAMA, Brasília. 440 pp.

- 1 Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the  
2 management of the commercial marine fisheries. *Inter-American Tropical Tunas*  
3 *Commission Bulletin*, 1(2): 27-56.
- 4 Sousa, G.C.; Souza Filho, P.W.M.; Costa, F.R.; Cintra, I.H.A.; Silva, K.C.A.; Souza,  
5 R.F.C. 2007. Análise espaço-temporal da pesca da piramutaba *Brachyplatystoma*  
6 *vaillantii* (Valenciennes, 1840) na plataforma continental do Amazonas através do uso  
7 de Sistema de Informação Geográfica (SIG). p. 4723-4725. In: *Anais XIII Simpósio*  
8 *Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE, Florianópolis, Santa Catarina.
- 9 Sousa, G.C. 2009. *Sistema de informação geográfica (SIG) aplicado ao gerenciamento*  
10 *da pesca industrial da piramutaba Brachyplatystoma vaillantii (Valenciennes, 1840) na*  
11 *foz do rio Amazonas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará/Campus  
12 Universitário de Bragança, Bragança, Pará. 135 pp.
- 13 SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA PESCA (SUDEPE). 1979.  
14 *Relatório preliminar da reunião do grupo permanente de estudo sobre a piramutaba,*  
15 *SUDEPE/PDP, Brasília. 74 pp.*
- 16 Zagaglia, C.R.; Sanos, R.C.; Brichta, M.; Barbosa, M.G. 2009. Dinâmica espaço-  
17 temporal da frota pesqueira n captura da piramutaba com rede de arrasto no estuário  
18 amazônico com base nos dados do Programa Nacional de Rastreamento de  
19 Embarcações Pesqueiras por Satélite – PREPS. p. 4535-4542. In: *Anais XIV Simpósio*  
20 *Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE, Natal, Rio Grande do Norte.
- 21 Wiff, R.; Quiñones, R.A. 2004. Parametrización ambiental en modelos biológico-  
22 pesqueros: Una revision. *Gayana*, 68(1): 111-127.

- 1 Yañez Arancibia, A. 1985. The estuarine nekton: why and how an ecological. p. 1-8. In:
- 2 Yañez Arancibia, A. (Ed). *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons:*
- 3 *towards an ecosystem interation.* UNAM Press, México.
- 4 Zagaglia, C.R.; Hazin, F.H.V. 2008. Sensoriamento remoto aplicado à pesca. In: Souza,
- 5 R.B. (Org.). *Oceanografia por satélites.* 2 ed. Oficina de Textos, São Paulo. 382 pp.