

Lilianne Esther Mergulhão Pirker

DETERMINAÇÃO DA IDADE E CRESCIMENTO DA
PIRAMUTABA *Brachyplatystoma vaillantii* (VALENCIENNES, 1840)
(SILURIFORMES: PIMELODIDAE) CAPTURADA NO ESTUÁRIO
AMAZÔNICO

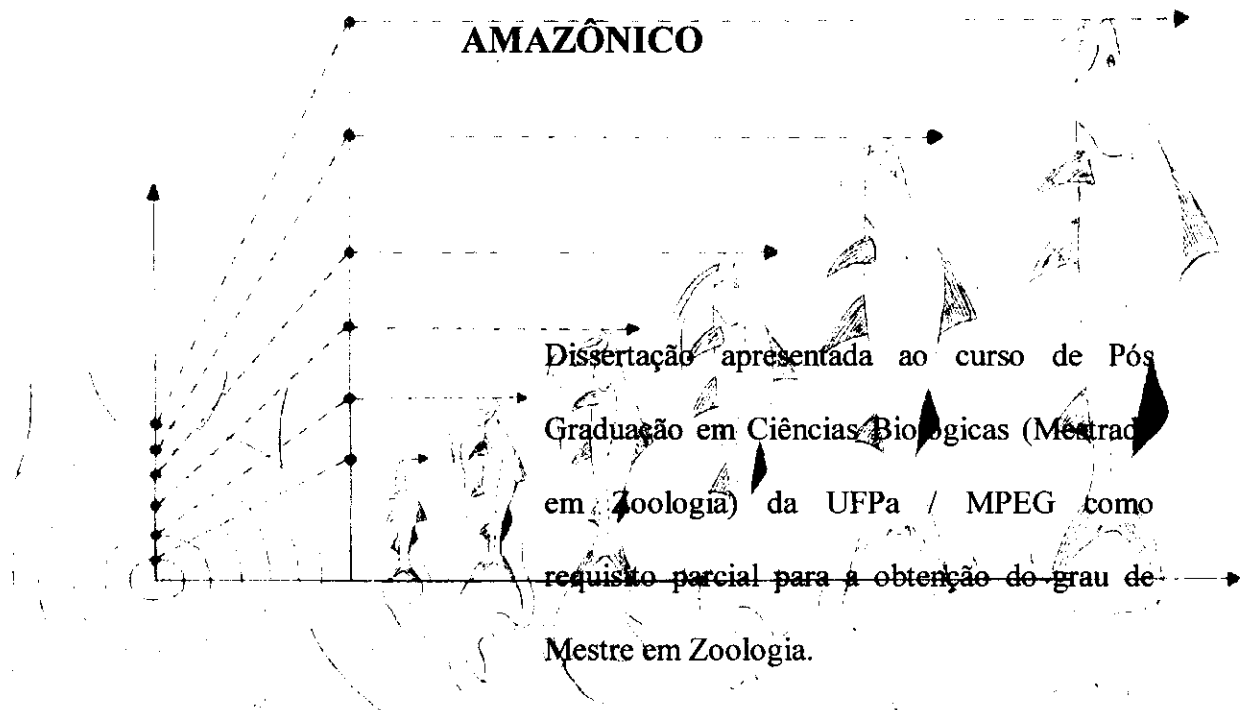
Dissertação apresentada ao curso de Pós
Graduação em Ciências Biológicas
(Mestrado em Zoologia) da UFPa/MPEG
como requisito parcial para a obtenção do
grau de Mestre em Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem

Belém-Pará
2001

LILIANNE ESTHER MERGULHÃO PIRKER

**DETERMINAÇÃO DA IDADE E CRESCIMENTO DA
PIRAMUTABA *Brachyplatystoma vaillantii* (VALENCIENNES, 1840)
(SILURIFORMES: PIMELODIDAE) CAPTURADA NO ESTUÁRIO**



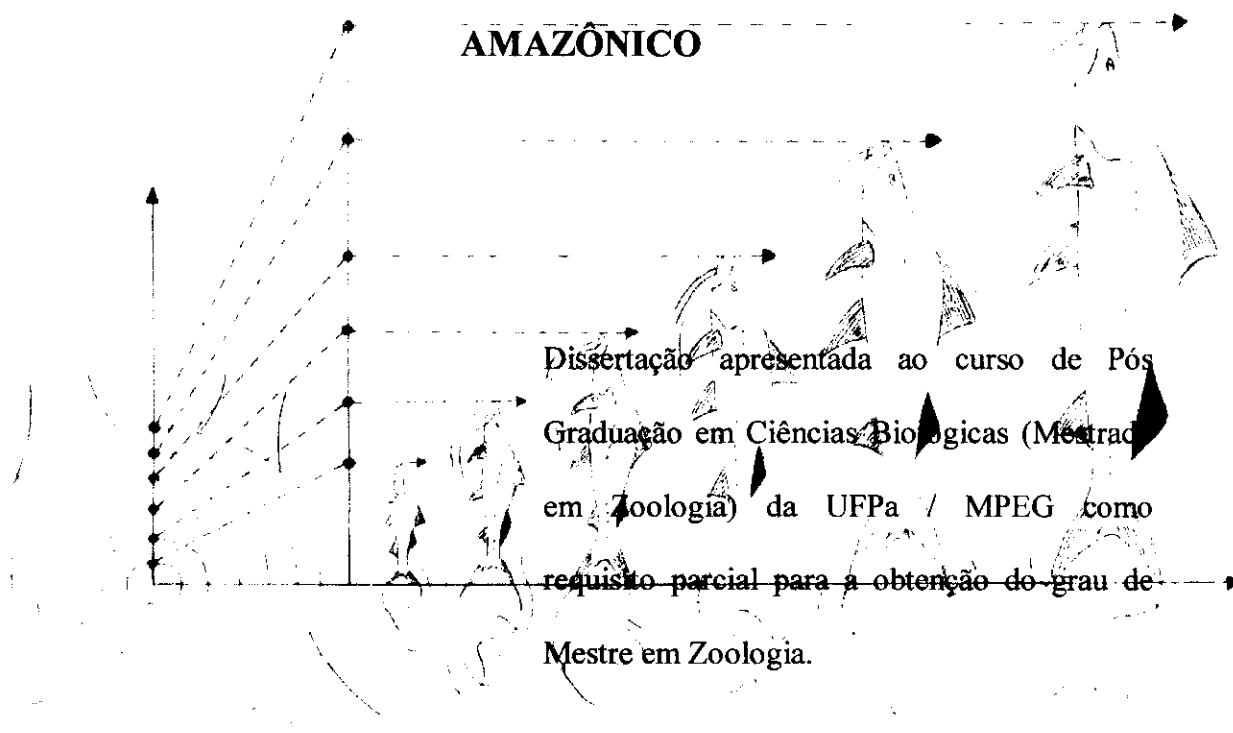
Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem

Belém

2001

LILIANNE ESTHER MERGULHÃO PIRKER

**DETERMINAÇÃO DA IDADE E CRESCIMENTO DA
PIRAMUTABA *Brachyplatystoma vaillantii* (VALENCIENNES, 1840)
(SILURIFORMES: PIMELODIDAE) CAPTURADA NO ESTUÁRIO**



Dissertação apresentada ao curso de Pós
Graduação em Ciências Biológicas (Mestrado
em Zoologia) da UFPa / MPEG como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem

Belém

2001

LILIANNE ESTHER MERGULHÃO PIRKER

**DETERMINAÇÃO DA IDADE E CRESCIMENTO DA
PIRAMUTABA *Brachyplatystoma vaillantii* (VALENCIENNES, 1840)
(SILURIFORMES: PIMELODIDAE) CAPTURADA NO ESTUÁRIO
AMAZÔNICO.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Zoologia do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará (UFPA) e do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Dr. Ronaldo Borges Barthem
Departamento de Zoologia, MPEG

Prof. Dr. Horácio Higuchi
Departamento de Zoologia, MPEG

Prof^a. Dra. Nídia Noemi Fabré
Departamento de Ecologia, UA

Prof^a. Dra. Victoria Judith Isaac
Departamento de Biologia, UFPA

Prof. Dr. Ulisses Galatti
Departamento de Zoologia, MPEG

Belém, 31 de Maio de 2001

“...When we reflect on this struggle, we may console ourselves with the full belief, that the war of nature is not incessant, that no fear is felt, that death is generally prompt, and that the vigorous, the healthy, and the happy survive and multiply”.

Charles Darwin

(The Origin of Species - Chapter: Struggle for Existence)

A memória do meu tio Frederico Mergulhão (Titio), um cientista nato.

AGRADECIMENTOS

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) que me deram a oportunidade de desenvolver este trabalho;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida;

Ao Dr. Ronaldo Borges Barthem pela orientação, formação, críticas e sugestões, confiança e amizade a mim depositados nestes anos;

Aos Doutores Horácio Higuchi, Nídia Noemi Fabr , Victoria Judith Isaac e Ulisses Galatti, pelas críticas e sugestões que contribuíram para o melhoramento da presente dissertação;

A Patrícia Charvet-Almeida pelas fotos, pelos escaneamentos, pelas sugestões, críticas e pela amizade, obrigada;

Ao Maurício Almeida pelas sugestões valiosas e pela amizade;

Aos colegas de Mestrado André Ravetta, Emerson dos Santos, Felipe Diniz, Manuela de Oliveira, Marcos P rsio e especialmente ao Luciano Montag (Miúdo), pela convivência nas disciplinas e durante o curso de Mestrado;

Ao Luís Costa por ter me apresentado o FISAT;

Ao Evaldo Leão pela ajuda com o Corel e pelo auxílio com programas de computação;

A todos os funcionários da Ictiologia, em especial ao Seu Aragão e Dona Luciana;

A secretária da pós-graduação Ana Cristina por ter facilitado as burocracias impostas pela pós-graduação;

A Evelyn Cohen Chermont pela correção do Abstract, pela amizade e por compreender minhas ausências, obrigada;

A minha família e amigos por ter compreendido minhas ausências;

Ao meu pai por me levar todos os dias ao MPEG e por ter agüentado minhas chatices nos momentos mais difíceis quando descarregava em você meu pai, obrigada;

A minha mãe, minha maior fã, que não se cansou de me ouvir falar sobre este trabalho e que continua torcendo por mim. Obrigada mamãe;

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta pesquisa;

E acima de tudo a Deus por ter me dado forças e saúde para prosseguir com este trabalho.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2.	REVISÃO SOBRE A BIOLOGIA E PESCA DA PIRAMUTABA.....	2
3.	MATERIAL E MÉTODOS GERAL	7
	3.1.ÁREA DE ESTUDO.....	7
	3.2.A CAPTURA.....	13
	3.3.A COLETA DE DADOS BIOLÓGICOS	14
4.	DETERMINAÇÃO DA IDADE.....	15
	4.1.INTRODUÇÃO	15
	4.2.MATERIAL E MÉTODOS.....	19
	4.2.1.Seleção das estruturas rígidas.....	19
	4.2.1.1.Acúleos.....	19
	4.2.1.2.Opérculos	22
	4.2.1.3.Otólitos.....	22
	4.2.1.4.Vértebras	23
	4.2.2.Leitura e medição das estruturas rígidas e seus anéis.....	25
	4.2.3.Distribuição de frequências por classes de comprimento.....	27
	4.3.RESULTADOS.....	29
	4.3.1.Escolha da estrutura rígida como indicadora da idade	29
	4.3.2.Estatística dos dados coletados	30
	4.3.3.Relação entre o raio da vértebra (RM) e o comprimento furcal (Lf) .	31
	4.3.4.Determinação da idade através da contagem de anéis etários em vértebras.....	31
	4.3.5.Determinação da idade através do retrocálculo	34

4.3.6.Determinação da idade através da distribuição de frequências dos raios etários	36
4.3.7.Determinação da idade através da distribuição de frequências por classes de comprimento do peixe	37
4.3.8. Distribuição de comprimento dos anéis considerados nítidos.....	38
4.4.DISSCUSSÃO	45
5. CRESCIMENTO DA PIRAMUTABA	52
5.1.INTRODUÇÃO	52
5.2.MATERIAL E MÉTODOS	54
5.2.1.Relação Peso x Comprimento	54
5.2.2.Proporção entre os sexos.....	55
5.2.3.Relação entre o raio da vértebra e o comprimento furcal.....	56
5.2.4.Estimativa das curvas de crescimento	56
5.2.5.Estimativa dos parâmetros das curvas de crescimento.....	57
5.2.6.Índice de performance de crescimento (ϕ).....	59
5.2.7.Estimativa da esperança de vida.....	59
5.3.RESULTADOS.....	60
5.3.1.Relação Peso x Comprimento	60
5.3.2.Proporção entre os sexos.....	62
5.3.3.Relação entre o raio da vértebra e o comprimento furcal do peixe....	63
5.3.4.Estimativa dos parâmetros de crescimento e do índice de performance de crescimento (ϕ)	65
5.3.5.Estimativa da esperança de vida.....	67
5.3.6.Curvas de crescimento em comprimento da piramutaba.....	68

5.4.DISSCUSSÃO	69
6. CONCLUSÕES.....	74
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais características da piramutaba (<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>) que as distinguem das outras espécies do gênero.	4
Tabela 2 - Número de arrastos executados pelo projeto.	9
Tabela 3 - Área, número de blocos e número de estações previstas por cada estrato de profundidade da área de estudo.	9
Tabela 4- Principais características das embarcações utilizadas nas coletas.	13
Tabela 5 - Resumo das características de cada estrutura rígida utilizada na determinação da idade.	30
Tabela 6 - Número total de vértebras extraídas e medidas (1), selecionadas para a contagem e merística de raios (2) e que apresentaram anéis nítidos (3), nos três períodos de coleta.	32
Tabela 7 - Número de anéis observados com os respectivos comprimentos médios (L _f) dos exemplares analisados nos três períodos de coletas.	33
Tabela 8 - Valores mínimos, máximos, médios (mm) e retrocalculados dos raios dos dez primeiros anéis observados nas vértebras de piramutabas que apresentaram anéis nítidos nos três períodos de coleta agrupados.	35
Tabela 9 – Determinação das modas da distribuição de freqüência dos raios dos anéis e a estimativa do comprimento furcal.	37
Tabela 10 - Freqüências de comprimento de 4.244 exemplares de piramutaba coletadas nos dois primeiros períodos (verão de 1996 e inverno de 1997) da pesquisa.	39
Tabela 11 - Idade provável e comprimento médio dos exemplares analisados pelo método da distribuição de freqüências por classes de comprimento.	40

Tabela 12 – Dados das regressões entre o ln do peso total e o ln do comprimento furcal de piramutaba. AX = amplitude da variável independente (comprimento furcal); ln a = valor em ln da constante de regressão; b = valor do coeficiente de regressão; r = coeficiente de correlação e n = número de exemplares.	61
Tabela 13 - Resumo da estatística da relação entre o logaritmo do comprimento furcal e do logaritmo do raio da vértebra.	64
Tabela 14 – Resumo da determinação da idade da piramutaba estimada pelos quatro diferentes métodos: contagem dos anéis em vértebras, retrocálculo, decomposição dos raios dos anéis e distribuição de freqüências por classes de comprimento.	66
Tabela 15 - Parâmetros de crescimento estimados através de: contagem dos anéis nítidos (can), retrocálculo (rc), decomposição dos anéis nítidos (dan) e distribuição de freqüências (df) e índice de performance de crescimento (ϕ) da piramutaba neste trabalho comparando com os resultados estimados por outros autores.	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplar de piramutaba (<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>).....	3
Figura 2 – Área de estudo (Fonte: JICA, 1998).....	10
Figura 3 – Área de estudo dividida em blocos (Fonte: JICA, 1998).	11
Figura 4 – Área de estudo dividida em estratos de profundidade (Fonte: JICA, 1998)..	12
Figura 5 – Método de arrasto em parelha (Fonte: JICA, 1998).....	14
Figura 6 – Balança, molde e resina utilizados para o emblocamento das estruturas rígidas.....	20
Figura 7 – Micrótomo com serra de diamante (Buehler Isomet) utilizado para os cortes das estruturas rígidas.....	21
Figura 8 – Aparelho utilizado para polir os cortes das estruturas rígidas.	22
Figura 9 – Trecho da coluna vertebral da piramutaba de onde suas vértebras foram retiradas para o estudo.	24
Figura 10 – Microscópio biológico NIKON Optiphot X2, sistema de vídeo HITACHI CM-211 de 21” e mouse utilizados na merística das estruturas rígidas.	26
Figura 11 – Método de como os anéis etários e o raio da vértebra foram medidos nas vértebras de piramutaba.	27
Figura 12 – Vértebra de um exemplar de piramutaba de 37 cm que apresentou anéis nítidos.	34
Figura 13 – Gráfico da relação entre o raio do primeiro anel e o número de anéis da vértebra.	36

- Figura 14 - Gráfico da distribuição de freqüências de comprimento do primeiro anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.....40
- Figura 15 - Gráfico da distribuição de freqüências de comprimento do segundo anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.....41
- Figura 16 - Gráfico da distribuição de freqüências de comprimento do terceiro anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.....41
- Figura 17 - Gráfico da distribuição de freqüências de comprimento do quarto anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.....42
- Figura 18 - Gráfico da distribuição de freqüências de comprimento do quinto anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.....42
- Figura 19 - Gráfico da distribuição de freqüências de comprimento do sexto anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.....43
- Figura 20 - Gráfico da distribuição de freqüências de comprimento do sétimo anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.....43
- Figura 21 - Gráfico da distribuição de freqüências de comprimento do oitavo anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.....44

Figura 22 - Gráfico da distribuição de frequências de comprimento do nono anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.....	44
Figura 23 – Relação entre o peso total e o comprimento furcal para o total de exemplares de piramutaba.....	61
Figura 24 – Relação entre o ln do peso total e o ln do comprimento furcal do total de exemplares de piramutaba.....	62
Figura 25 - Gráfico da proporção de machos e fêmeas de piramutaba capturados no estuário amazônico.....	63
Figura 26 – Relação entre o logaritmo do comprimento furcal com o logaritmo do raio da vértebra de piramutaba.....	64
Figura 27 – Curva de crescimento em comprimento da piramutaba estimada através dos quatro diferentes métodos de determinação da idade neste trabalho.	68

RESUMO

Neste trabalho foram analisados exemplares de piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) provenientes de pescarias experimentais no estuário amazônico. Para o estudo de determinação da idade foram analisados acúleos das nadadeiras peitorais e dorsal, opérculos, otólitos (*lapillus*) e vértebras. Da análise destas estruturas rígidas foi concluído que a vértebra é a estrutura mais adequada para determinar a idade da piramutaba, pois esta estrutura apresentou 59% de anéis nítidos e uma boa correlação entre o seu raio e o comprimento furcal do peixe ($r^2 = 0,9889$ e $P < 0,05$). Os anéis etários das vértebras foram validados pelo método da distribuição de freqüências por classes de comprimento. A piramutaba forma dois anéis etários por ano em suas vértebras. A relação entre o peso total e o comprimento furcal da piramutaba descreve seu crescimento como alométrico e a equação que descreve este crescimento é $W_t = 6,1 * 10^{-6} * L_f^{3,1129}$. A proporção sexual de piramutaba verificada não foi de 1:1, onde o número de fêmeas foi superior ao de machos. Foi observado um número máximo de dez anéis nítidos nas vértebras de piramutaba. O modelo de crescimento utilizado neste trabalho foi o de von Bertalanffy para as estimativas das equações de crescimento em comprimento e em peso. Os parâmetros de crescimento (k , t_0 e L_∞) foram estimados através de quatro diferentes métodos: contagem de anéis nas vértebras, retrocálculo, decomposição dos raios e distribuição de freqüências por classes de comprimento. Os parâmetros de crescimento foram: $k = 0,138 \text{ ano}^{-1}$, $t_0 = -0,239$ e $L_\infty = 110,5 \text{ cm}$ (contagem de anéis); $k = 0,119 \text{ ano}^{-1}$, $t_0 = -0,202$ e $L_\infty = 110,5 \text{ cm}$ (retrocálculo); $k = 0,096 \text{ ano}^{-1}$, $t_0 = -0,146$ e $L_\infty = 110,5 \text{ cm}$ (decomposição dos raios) e $k = 0,127 \text{ ano}^{-1}$, $t_0 = -0,236$ e $L_\infty = 110,5 \text{ cm}$ (distribuição de freqüências).

ABSTRACT

The specimens of piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) analyzed in this research were obtained from experimental fisheries in the amazon estuary. For the study of age determination pectorals and dorsal spines, opercules, otoliths (*lapillus*) and vertebrae were analyzed. From the analysis of these structures it was concluded that the vertebrae is the most appropriate bony structure for the age determination of piramutaba. This is so because the vertebrae showed good resolution in annulus (59%), and it also has a significant exponential relationship ($r^2 = 0,9889$ and $P < 0,05$) between the radius of the vertebrae and the fork length of fish. The seasonal rings were validated using length frequency analysis. Two annual rings are formed on the vertebrae of piramutaba. The weight-length relationship seen in piramutaba describes its growth as allometric and the equation that describes its growth is: $Wt = 6,1 * 10^{-6} * Lf^{3,1129}$. The sexual proportion of piramutaba observed was not 1:1, as the number of females was superior to the males. On vertebrae of piramutaba a maximum of ten rings were observed. The von Bertalanffy growth model was utilized in this research to estimate the length and weight equations. The growth parameters (k , t_0 and L_{∞}) were estimated through four different methods: rings reading, backcalculation, rings modal progression and length frequency analysis. The growth parameters were: $k = 0,138 \text{ ano}^{-1}$, $t_0 = -0,239$ e $L_{\infty} = 110,5 \text{ cm}$ (rings reading); $k = 0,119 \text{ ano}^{-1}$, $t_0 = -0,202$ e $L_{\infty} = 110,5 \text{ cm}$ (backcalculation); $k = 0,096 \text{ ano}^{-1}$, $t_0 = -0,146$ e $L_{\infty} = 110,5 \text{ cm}$ (rings modal progression) and $k = 0,127 \text{ ano}^{-1}$, $t_0 = -0,236$ e $L_{\infty} = 110,5 \text{ cm}$ (length frequency analysis).

1. INTRODUÇÃO GERAL

A piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) (Figura 1) é um peixe de porte médio em relação às outras espécies de interesse comercial da família Pimelodidae. Seu tamanho máximo conhecido é de 105 cm e o tamanho médio desembarcado encontra-se entre 40 e 50 cm. Ocorre principalmente ao longo do rio Solimões-Amazonas e em seus tributários de água branca, tendo como hábitat o canal desses rios e a foz amazônica (Barthem & Goulding, 1997).

O presente trabalho visa estudar o crescimento da piramutaba explorada pela pesca industrial na região do estuário amazônico. Para tal, foram empregados dois métodos distintos para determinar a idade dos peixes: o de análise de estruturas rígidas e o de distribuição de freqüências por classes de comprimento. A determinação da idade e a estimativa dos parâmetros de crescimento da piramutaba serão apresentados em capítulos distintos para facilitar a leitura e compreensão.

Os dados obtidos na presente pesquisa foram provenientes do projeto “Estudos dos Recursos Pesqueiros nas Áreas de Foz dos rios Amazonas e Tocantins da República Federativa do Brasil”, realizado pela parceria do governo do Brasil, através do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) com o governo do Japão, através da Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA).

2. REVISÃO SOBRE A BIOLOGIA E PESCA DA PIRAMUTABA

O gênero *Brachyplatystoma* Bleeker, 1862 inclui seis espécies que ocorrem no Brasil, no leste da Colômbia, na Venezuela, nas Guianas, no Peru e na Bolívia. Elas são: *B. vaillantii* (Valenciennes, 1840), *B. flavicans* (Castelman, 1855), *B. filamentosum* (Lichtenstein, 1819), *B. juruense* (Boulenger, 1898), *B. paraense* Steindachner, 1909 e *B. parnahybae* Steindachner, 1908 (Burgess, 1989). Dessas, duas espécies não são encontradas no desembarque dos principais portos da Amazônia, *B. paraense* e *B. parnahybae* (Barthem *et al.*, 1995).

A família Pimelodidae é atualmente dividida em três subfamílias: Heptapterinae (Rhamdiinae), Pimelodinae e Pseudopimelodinae, com mais de 300 espécies, e se distribui na região neotropical (de Pinna, 1998). Destas subfamílias, duas possuem espécies de interesse comercial para a pesca amazônica, como a piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*), a pirarara (*Phractocephalus hemiliopterus*), a dourada (*Brachyplatystoma flavicans*), o filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*), o surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*) e o caparari (*Pseudoplatystoma tigrinum*), da subfamília Pimelodinae, e o jaú (*Zungaro zungaro*), da subfamília Pseudopimelodinae (Barthem & Goulding, 1997). Seus representantes têm como características principais o corpo sem placas, a nadadeira adiposa bem desenvolvida, os acúleos das nadadeiras dorsal e peitorais presentes ou não e a presença de três pares de barbilhões longos, sendo um par na maxila superior e dois pares na maxila inferior ou mentonianos (Burgess, 1989; Nelson, 1994). As principais características que distinguem a piramutaba destas espécies são: cabeça larga, coberta por uma fina camada de pele e focinho fortemente

deprimido; olhos pequenos e dorsolaterais; barbilhões da maxila superior bastante longos; dentes deprimidos e dispostos em bandas na maxila superior e na maxila inferior, sendo que a maxila superior é protuberante; acúleos dorsal e peitorais não encaixados na pele do animal, bem desenvolvidos, mas não muito fortes; nadadeira caudal em forma de furca com os raios laterais longos e filamentosos; base da nadadeira adiposa mais longa que a base da nadadeira anal e a coloração cinza-escuro na região dorsal e claro na região ventral (Burgess, 1989) (Tabela 1).

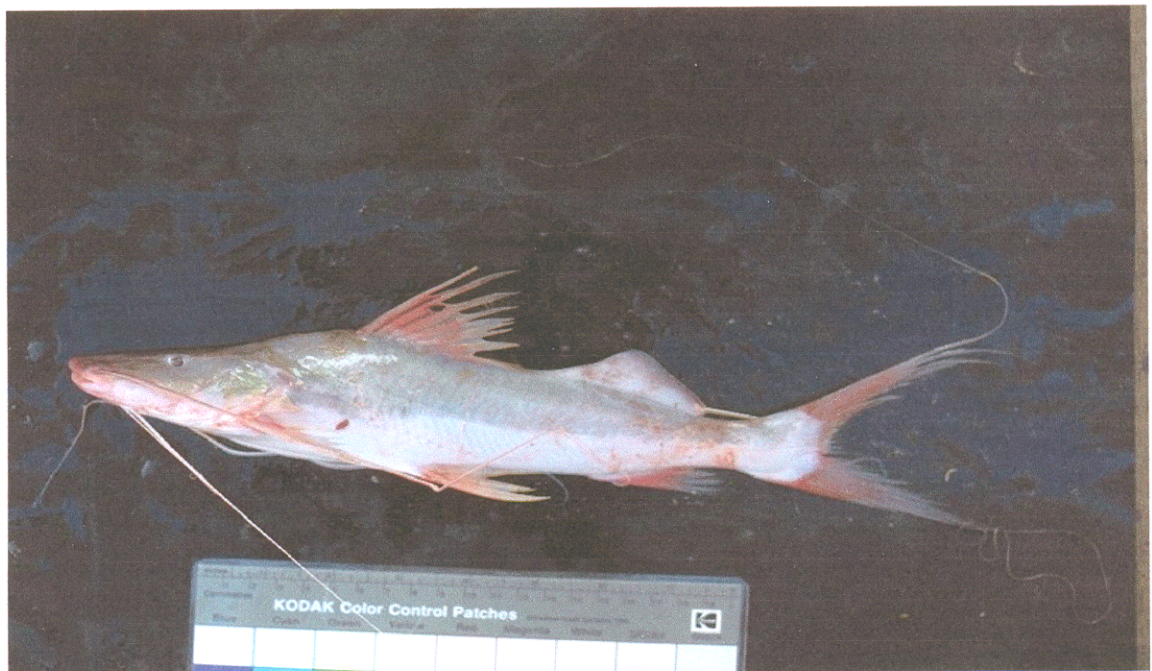


Figura 1 – Exemplar de piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*).

Tabela 1 – Principais características da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) que as distinguem das outras espécies do gênero.

Cabeça	Larga coberta por uma fina camada de pele
Focinho	Fortemente deprimido
Olhos	Pequenos e dorsolaterais
Barbilhões	Da maxila superior são bem longos
Dentes	Deprimidos e dispostos em bandas na maxila superior e inferior, sendo que a maxila superior é protuberante
Acúleos	Não encaixados na pele do animal, bem desenvolvidos, mas não muito fortes
Nadadeira caudal	Forma de furca com os raios laterais longos e filamentosos
Nadadeira adiposa	Base mais longa que a base da nadadeira anal
Coloração	Cinza escuro na região dorsal e claro na ventral

A migração e reprodução da piramutaba são pouco conhecidas. Durante os primeiros meses do ano sua captura fica concentrada no estuário amazônico. A espécie migra rio acima, chegando a percorrer mais de 3.000 km, durante o período de seca, quando a água salobra invade o estuário. Esta migração é acompanhada por pescadores artesanais ao longo de cinco meses. O local específico de desova da espécie não é conhecido. Com base em um exemplar pronto para a desova, coletado próximo a Tefé (2.300 km rio acima), e em diversos exemplares maduros coletados em Leticia, Colômbia, na fronteira com o Brasil, e também pelo fato de esta espécie ser explorada no estuário amazônico por mais de vinte anos e não ter sido observado nenhum exemplar maduro nesta região, parece certo afirmar que a piramutaba desova na

Amazônia ocidental. Sua reprodução parece ocorrer após os três anos de idade, baseado em quatro exemplares coletados, que se encontravam sexualmente maduros e mediam entre 42 e 64 cm, e na sua curva de crescimento (Barthem & Goulding, 1997; IBAMA, 1999).

A piramutaba é uma das espécies de água doce mais exportadas da Amazônia. No Pará, sua exportação já rendeu mais de US\$ 10 milhões para o Estado em 1981 (Banco do Brasil – CACEX, 1980). No Estado do Amazonas, sua captura já ultrapassou as 4.000 toneladas em 1993, sendo que a maior parte desta produção foi exportada por somente um frigorífico (IBAMA, 1999).

A pesca da piramutaba no estuário é feita por dois tipos de frotas: a artesanal e a industrial. A pesca artesanal é feita tanto com redes de emalhar, mais comum, quanto por espinhel. Os barcos utilizados na pesca artesanal são geralmente de madeira, com tamanhos variando de três a 18 m, motorizados e/ou movidos à vela. No entanto, a piramutaba é a única espécie amazônica submetida a um intenso regime de pesca conhecida como pesca industrial. Esta é feita com redes de arrasto de fundo, puxadas por uma parelha de barcos, sendo a maioria de aço e com comprimentos variando de 17 a 29 m (IBAMA, 1999; Barthem, 1990b; Barthem, 2000).

A captura máxima de piramutaba registrada até hoje pela pesca industrial foi de 28.000 t em 1977. A partir desse ano o desembarque desta espécie foi declinando até atingir o seu menor valor histórico de 7.324 t em 1992 (IBAMA, 1999; Barthem, 2000). Barthem & Petrere (1995) avaliaram para os anos de 1984 e 1985 que a piramutaba explorada no estuário amazônico estava sob risco de sobrepesca de crescimento, que a tornaria o único bagre sobreexplorado da Amazônia. No entanto, essa análise considerou o L_{∞} como sendo de 76,7 cm, inferior ao maior comprimento já

medido, que foi de 105 cm, que influenciou na estimativa do coeficiente de crescimento da equação de von Bertalanffy, superestimando-o (IBAMA, 1999).

3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

3.1. ÁREA DE ESTUDO

Os rios Amazonas e Tocantins deságuam na foz amazônica entre os Estados do Pará e Amapá. A foz amazônica apresenta cerca de 300 km de largura, onde no seu centro se localiza a grande ilha do Marajó. Toda esta região é chamada de estuário amazônico e é onde ocorre a mistura das águas doce, proveniente dos rios Amazonas e Tocantins com a água salgada proveniente do oceano Atlântico (Sioli, 1984). O estuário amazônico compreende toda a costa dos estados do Pará e do Amapá. Esta região forma um ambiente aquático complexo onde ocorre uma alta produtividade biológica sustentando uma grande diversidade de peixes que são explorados comercialmente pelas frotas artesanais e industriais (Barthem & Schwassmann, 1994).

O material examinado neste estudo foi obtido em pescarias experimentais realizadas no estuário amazônico, na área compreendida entre as latitudes 2° 30'N e 0° 05'N e nas longitudes 47° 50'W e 50° 30'W, com profundidades variando de cinco a 50 metros (Figura 2).

O clima desta região caracteriza-se por apresentar temperaturas altas e precipitações pluviométricas elevadas durante todo o ano. As médias das temperaturas máximas variam de 33°C a 35°C e as médias das temperaturas mínimas variam de 21°C a 25°C. A pluviosidade média anual nesta região está acima dos 2.500 mm e a frequência média de dias com precipitações é superior a 240 dias (SUDAM, 1984).

Conforme a metodologia empregada para o projeto "Estudos dos Recursos Pesqueiros nas Áreas de Foz dos rios Amazonas e Tocantins da República

Federativa do Brasil”, a área de estudo foi dividida em 1.330 blocos, de intervalos de três minutos de latitude e de longitude cada um, ou aproximadamente três milhas náuticas de cada lado perfazendo um total de 42.200 km² (Figura 3), calculados a partir de cartas náuticas publicadas pela Marinha Brasileira (cartas n^os 40, 200 e 300).

Estes blocos representaram as unidades amostrais ou estações de coleta que foram previamente sorteados para se realizar as pescarias experimentais nos períodos de verão (agosto-setembro) de 1996, inverno (março-abril) de 1997 e verão (agosto-setembro) de 1997 (Tabela 2). Os blocos amostrais foram selecionados e localizados, através de GPS e cartas náuticas, para a amostragem conforme os três estratos de profundidade da área de estudo. A princípio foram estipulados 120 arrastos para cada período de coleta, os quais foram distribuídos de acordo com a área de cada estrato de profundidade. Para o estrato de cinco a dez metros de profundidade que possuía 17.200 km² (41% do total ou 539 blocos) foram previstas 55 estações, para o estrato de dez a 20 metros de profundidade que possuía 15.700 km² (37% do total ou 504 blocos) foram previstas 50 estações e por fim para o estrato de 20 a 50 metros de profundidade que possuía 9.300 km² (22% da área total ou 287 blocos) foram previstas 15 estações de coletas (Tabela 3) (Figura 4).

Este declínio no número de estações previstas é devido ao fato da piramutaba não ocorrer em profundidades maiores que 20 metros, logo foi empregado menos esforço a este estrato (JICA, 1998).

Tabela 2 - Número de arrastos executados pelo projeto.

Estratos	Verão de 1996	Inverno de 1997	Verão de 1997
5 a 10 m	52	55	55
10 a 20 m	47	52	50
20 a 50 m	12	13	15
TOTAL	111	120	120

Tabela 3 - Área, número de blocos e número de estações previstas por cada estrato de profundidade da área de estudo.

Estratos	Área em Km²	Nº de blocos	Nº de estações
5 a 10 m	17.200	539	55
10 a 20 m	15.700	504	50
20 a 50 m	9.300	287	15*
TOTAL	42.200	1.330	120

* Esta área recebeu um fator de ponderação de 0.5, pois neste estrato de 20 a 50 m não é esperado encontrar piramutaba.

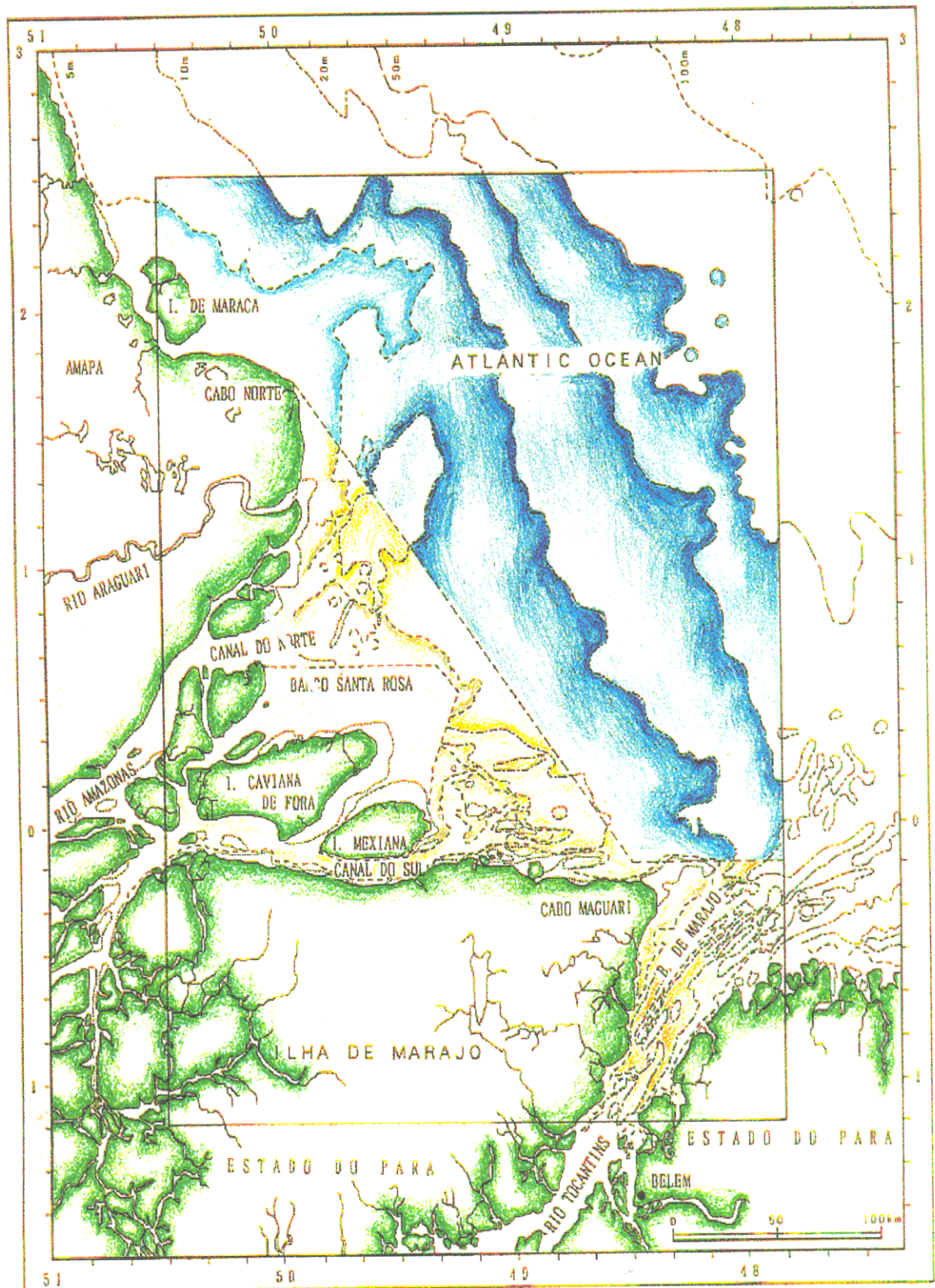


Figura 2 – Área de estudo (Fonte: JICA, 1998).

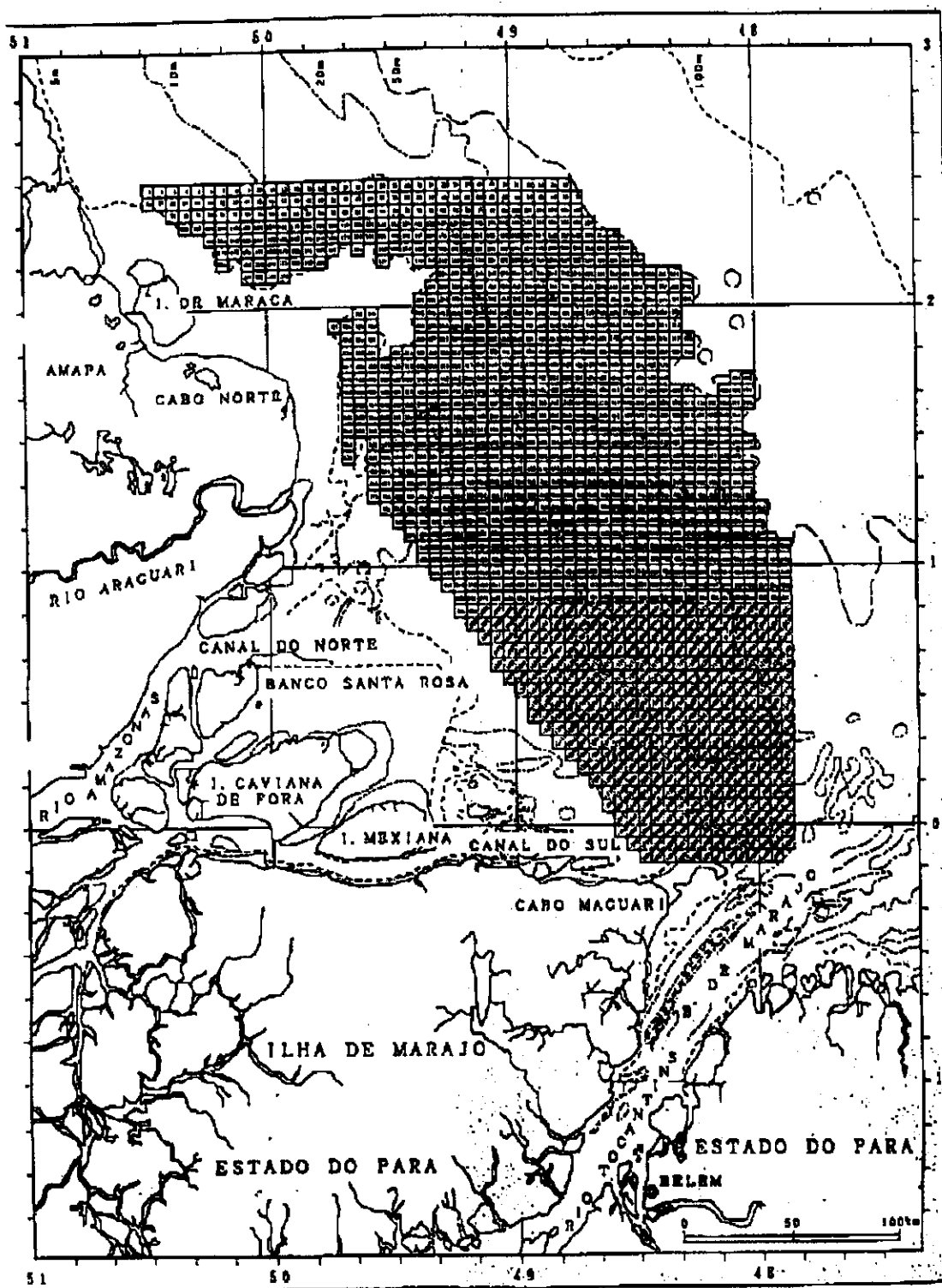


Figura 3 – Área de estudo dividida em blocos (Fonte: JICA, 1998).

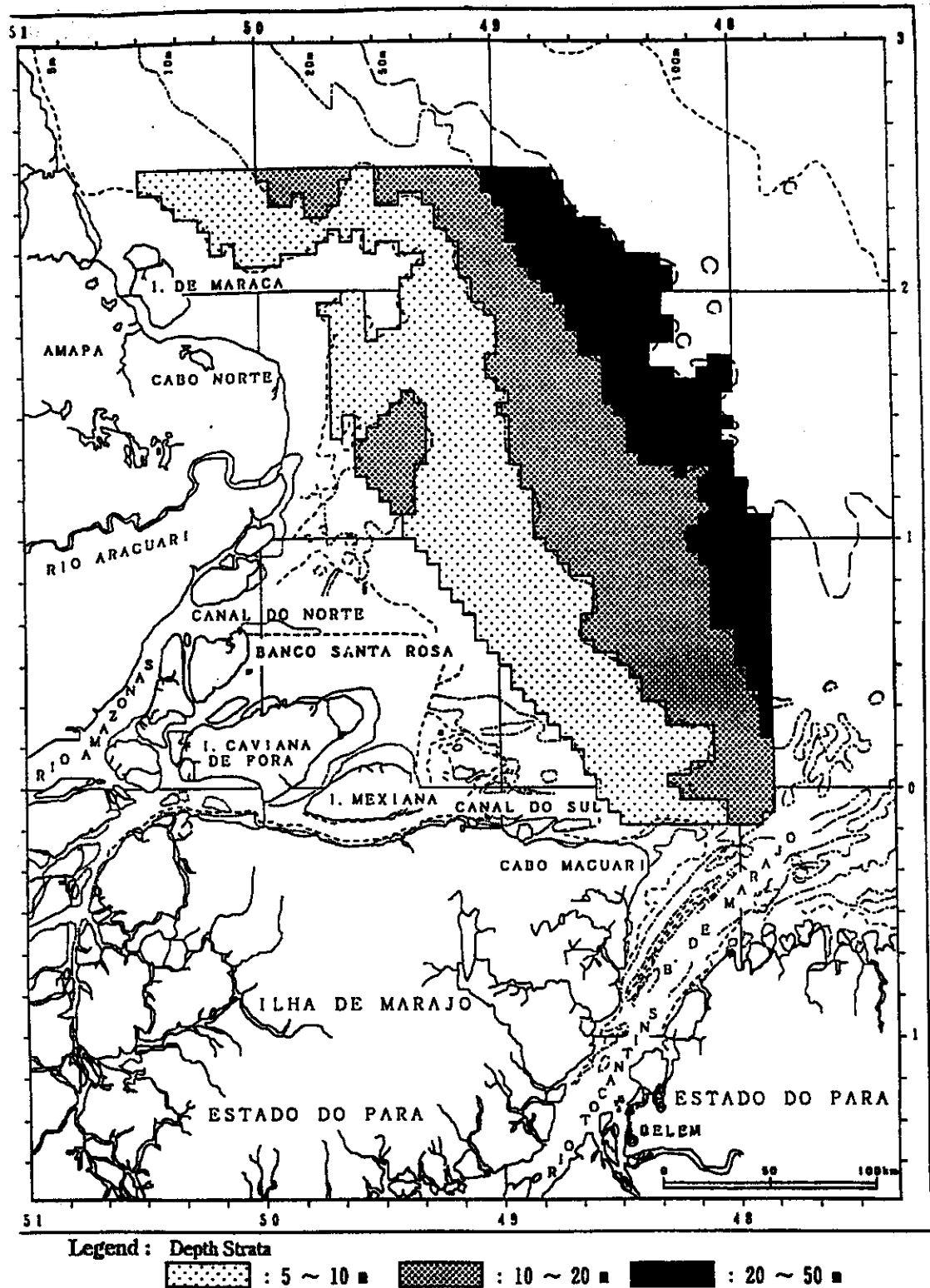


Figura 4 – Área de estudo dividida em estratos de profundidade (Fonte: JICA, 1998).

3.2. A CAPTURA

As pescarias foram realizadas por uma parelha de barcos pertencentes à frota piramutabeira de Belém (Crustamar V e Marilu) (Tabela 4), os quais foram adaptados para esta pesquisa. Estes barcos arrastaram em parelha uma rede de arrasto de fundo sem portas com velocidade estipulada entre dois a três nós (Figura 5). Os arrastos foram realizados contra a correnteza nos intervalos do nascer e do pôr do sol. Cada operação de arrasto durou cerca de ½ hora contando a partir do momento em que a rede chegava ao fundo (JICA, 1998).

Tabela 4- Principais características das embarcações utilizadas nas coletas.

Características	Embarcação 1	Embarcação 2
Nome	Crustamar V	Marilu
Comprimento	22 m	22,45 m
Largura	6,20 m	6,15 m
Profundidade	2,28 m	2,30 m
Número do registro	7153	7392
Tonelagem total	99,364 t	74,988 t
Marca e capacidade do motor	CUMMINS 375 Hp	CUMMINS 350 Hp
Área de viagem	Costa Norte	Costa Norte
Tripulação	sete pessoas	sete pessoas

O total de arrastos realizados ao longo dos três períodos de coleta, ou seja, verão (agosto - setembro) de 1996, inverno (março - abril) de 1997 e verão (agosto - setembro) de 1997 foi de 351 distribuídos de acordo com a área de cada estrato. Cada período de coleta compreendeu três viagens de 15 dias com intervalos de cinco dias,

tempo destinado para o desembarque do material, reparo nos equipamentos e preparação para nova viagem.

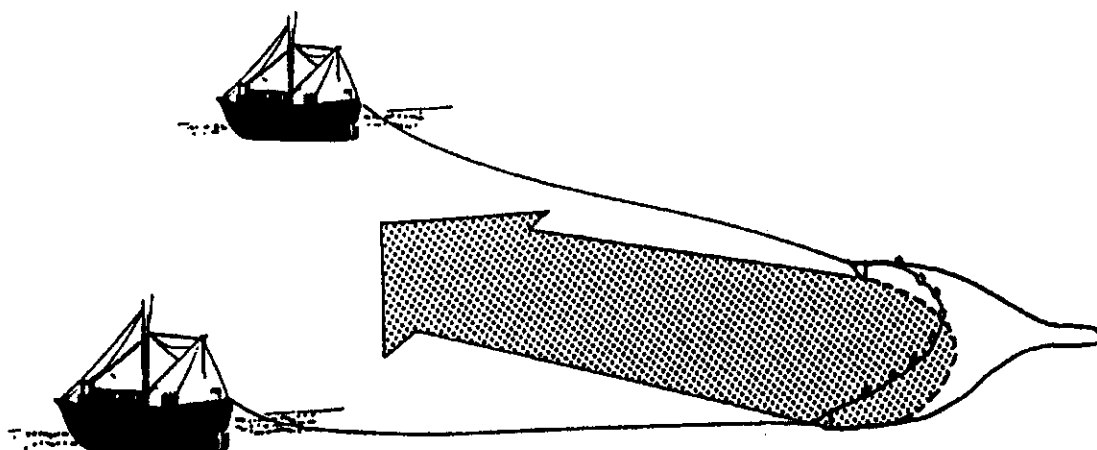


Figura 5 – Método de arrasto em parrelha (Fonte: JICA, 1998).

3.3. A COLETA DE DADOS BIOLÓGICOS

Após cada arrasto, todo o material era despejado no convés, onde era feita a triagem. Quando o número de espécimes de piramutaba era superior a 20, destes, eram separados aleatoriamente 20 exemplares para a extração das estruturas rígidas e os demais medidos o seu comprimento furcal. Por outro lado, quando o número de espécimes era inferior a 20, então, todos estes exemplares eram aproveitados. As estruturas rígidas dos espécimes de maior porte eram extraídas ainda a bordo, onde também se registrava o sexo e as medidas de comprimento furcal e peso total que eram repassadas para uma ficha biológica (Anexo 1). Já os espécimes de menor porte foram todos processados em laboratório.

4. DETERMINAÇÃO DA IDADE

4.1. INTRODUÇÃO

A determinação da idade constitui o primeiro passo para o estudo de crescimento em peixes, pois é a partir dessas informações que vão ser estimados os parâmetros de crescimento utilizados nas avaliações de estoques pesqueiros (Sparre & Venema, 1997). A determinação da idade em peixes é feita através de dois métodos chamados de direto e indireto. O método direto é baseado na leitura de anéis etários que surgem periodicamente nas estruturas rígidas dos peixes, como otólitos, vértebras, escamas, acúleos das nadadeiras, entre outras, e o indireto é baseado na distribuição de frequências por classes de comprimento (Chilton & Beamish, 1982; FAO, 1981; Jearld Jr., 1983; King, 1995).

O método direto é baseado no pressuposto de que os anéis encontrados nas estruturas rígidas dos peixes são uma consequência das mudanças da taxa de crescimento acarretadas por algum fator, biótico ou abiótico. Caso este fator ocorra regularmente, estes anéis, que são formados por bandas alternadas de diferentes densidades, seriam um indicador temporal ou etário (Chilton & Beamish, 1982; FAO, 1981; Jearld Jr., 1983; King, 1995).

O primeiro trabalho realizado com leituras de anéis etários em estruturas rígidas foi realizado em 1759 pelo Reverendo sueco Hans Hederström, a contar anéis em vértebras obtidas em *Esox lucius* (lúcio). Mas foi a partir do final do século XIX que esta técnica foi adotada para se investigar regularmente idade e crescimento em peixes (Ricker, 1975; Jearld Jr., 1983).

Nas regiões temperadas, as marcas de crescimento (anéis etários) estão associadas a mudanças na taxa de crescimento definidas pela diminuição da temperatura. Os peixes desta região apresentam, em geral, marcas bastante nítidas, e a determinação de sua idade passa a ser uma atividade corriqueira nos estudos de dinâmica de população desses estoques. Mas a principal desvantagem do método direto ocorre quando estas marcas são pouco nítidas ou quando os falsos anéis são muito freqüentes. Nestas situações o método torna-se bastante subjetivo e o resultado dependerá da qualidade do aparelho utilizado na leitura dos anéis e, principalmente, da habilidade do leitor em identificar um anel verdadeiro de um falso (Carlander, 1990; Chilton & Beamish, 1982; Fonteles Filho, 1989; Lai *et al.*, 1996; Wootton, 1990).

Os falsos anéis não representam o crescimento propriamente dito do animal, pois são resultantes de algum fator externo não sazonal, como uma escassez de alimento, ou um período de estresse do animal. Estes anéis, na maioria das vezes, não chegam a fechar um círculo completo na estrutura rígida mas são muitas vezes confundidos com os anéis verdadeiros. Este é um fato comum para os peixes de águas tropicais, tendo em vista que os anéis etários são em geral muito tênues por serem resultantes de um processo não tão rigoroso quanto o inverno das regiões temperadas, podendo ter causa biológica, como a reprodução, ou ser uma resposta a condições de períodos de seca e de cheia (Lowe-McConnell, 1998; Panella, 1974; Sparre & Venema, 1997).

O método indireto de determinação da idade é um método que não necessita de um laboratório para analisar as estruturas rígidas e nem de danificar o pescado para extrair vértebras ou otólitos, o que o torna mais prático e de fácil uso. Ele é geralmente utilizado quando os anéis etários não são claros e para estoques de rápido

crescimento e curto período de vida, tendo em vista que as primeiras modas são as mais facilmente identificadas (Chilton & Beamish, 1982). É também chamado de método generalizado de Petersen e é baseado na distribuição de frequências por classes de comprimento. Este método tem sido utilizado desde o século XIX, quando o biólogo dinamarquês John Petersen observou picos (modas) na distribuição de comprimento de *Zoarces viviparus* (Viviparous blenny) e relacionou cada pico a um grupo etário distinto (Jearld Jr., 1983). Este método foi sugerido por Beverton & Holt (1957), para determinar o crescimento do peixe, mas sua validade é baseada numa série de requisitos, como período de desova curto, ausência de seleção pelo aparelho de captura, desova total, inexistência de mistura de indivíduos jovens de diferentes áreas de crescimento. Assim, este método é adequado para populações não estratificadas, com sazonalidade reprodutiva, e com indivíduos apresentando desenvolvimento sem metamorfose. Beamish & McFarlane (1990) consideram este método rápido e de fácil aplicação, entretanto, estes dois autores citam que a principal dificuldade deste método seria a interpretação das idades nas distribuições de comprimentos dos peixes mais velhos.

Tendo em vista as desvantagens destes dois métodos, Sparre & Venema (1997) sugerem, quando possível, utilizar os métodos direto e indireto ao mesmo tempo, com o intuito de comparar os resultados de ambos. Para tal, os autores recomendam obter uma amostra numerosa de indivíduos para analisar a distribuição de frequências por classes de comprimento e uma amostra de menor número para analisar as estruturas rígidas para a leitura de anéis etários.

A determinação da idade do peixe deve ser precedida pela validação do método empregado. O estudo da validação permitiria inferir se o peixe possui realmente

a idade que foi estimada para ele ou se esta foi superestimada ou subestimada (Beamish & McFarlane, 1983; McFarlane & Beamish, 1987; Casselman, 1983). A validação é baseada na determinação da periodicidade da formação dos anéis, ou seja, saber quantos anéis são formados em um determinado período de tempo. Brothers (1987) classificou o estudo da validação em métodos direto e indireto. O método direto seria empregado quando pudéssemos marcar o momento final de dois eventos, por exemplo, ao marcar um peixe através da injeção de tetraciclina e depois recapturá-lo, ou também através da criação em cativeiro, no qual teríamos a informação do tempo decorrido e do número de anéis formados. O método indireto, por sua vez, não dependeria necessariamente da contagem de anéis, mas sim de informação auxiliar, como modelo de crescimento sazonal das estruturas rígidas, forma das estruturas e velocidade de crescimento. Como exemplos, têm-se: análise do incremento marginal, comparação de diferentes estruturas rígidas e leituras, análise do microincremento de otólito, retrocálculo, proporção entre o DNA e o RNA, distribuição de freqüências por classes de comprimento, entre outras (Brothers, 1987).

O objetivo principal deste capítulo é o de determinar a idade da piramutaba capturada no estuário amazônico, utilizando-se os métodos direto e indireto, conforme recomendação de Sparre & Venema, 1997.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se os métodos direto e indireto para determinar a idade da piramutaba e o processo de determinação de idade através do método direto foi dividido nas seguintes fases: (i) selecionar qual (ais) estrutura (s) rígida (s) seria (m) utilizada (s), (ii) identificar e contar o número de anéis etários e (iii) medir os seus raios. A determinação de idade através do método indireto foi baseada na decomposição de modas através do método de Bhattacharya. As amostras foram obtidas durante o projeto “Estudos dos Recursos Pesqueiros nas Áreas de Foz dos rios Amazonas e Tocantins da República Federativa do Brasil”, em que após cada arrasto eram medidos 100 indivíduos e retiradas as estruturas rígidas de 20 exemplares.

4.2.1. Seleção das estruturas rígidas

A estrutura rígida da piramutaba a ser analisada foi definida por um estudo comparativo no qual analisou-se a nitidez dos anéis de quatro estruturas: acúleos, opérculos, otólitos e vértebras. A seguir será descrito o método de extração e processamento de cada uma delas.

4.2.1.1. *Acúleos*

Os acúleos das nadadeiras peitorais e dorsal foram coletados com o auxílio de uma tesoura e armazenados em envelopes de papel, em seguida foram congelados, para posteriormente serem limpos. A limpeza dos acúleos constituiu-se da remoção das partes moles (pele e músculos) com o auxílio de água fervente. A retirada da medula do núcleo dos acúleos foi feita com o auxílio de pinças. Por fim, os acúleos

foram escovados e limpos com água e sabão e estocados secos em envelopes de papel numerados.

Para o emblocamento dos acúleos utilizou-se uma resina termoplástica à base de um monômero de metil metacrilato. Dependendo do tamanho do acúleo utilizado, era feita primeiro uma camada da resina termoplástica, onde o acúleo era colocado e em seguida as demais camadas eram despejadas por cima do acúleo até que este fosse coberto totalmente pela resina (Anexo 2). Quando a resina secasse os moldes contendo os acúleos estavam prontos para serem cortados (Figura 6).



Figura 6 – Balança, molde e resina utilizados para o emblocamento das estruturas rígidas.

Foram feitos uma série de cortes transversais de aproximadamente um milímetro de espessura, utilizando-se um micrótomo com serra de diamante (Buehler

Isomet) (Figura 7). Em seguida estes cortes foram limpos com álcool (70%), ficando prontos para o passo seguinte: o polimento.

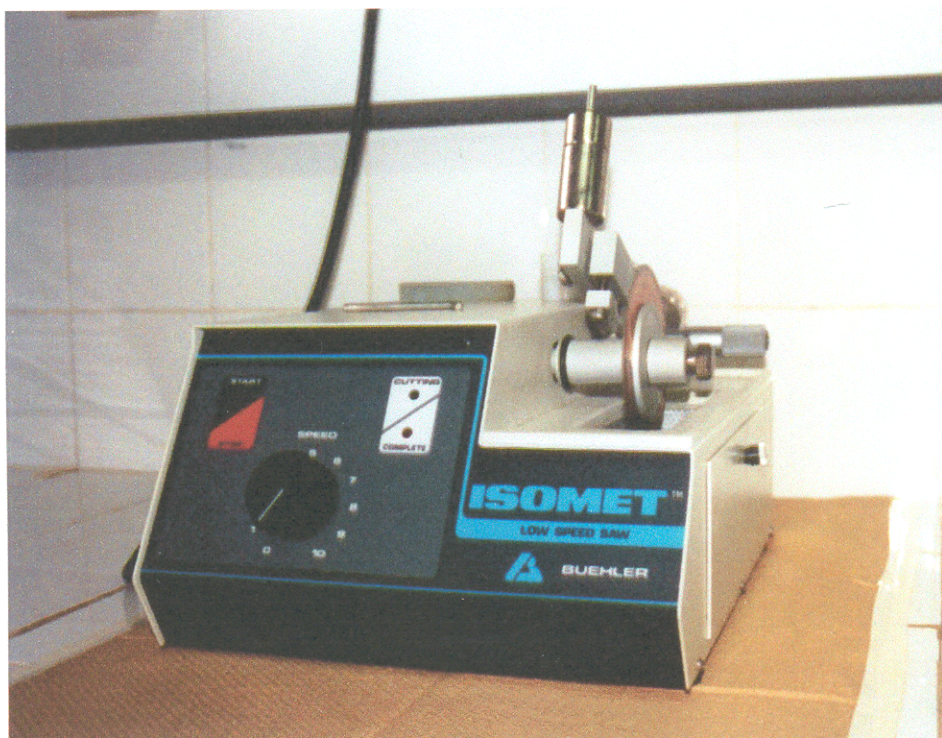


Figura 7 – Micrótomo com serra de diamante (Buehler Isomet) utilizado para os cortes das estruturas rígidas.

Os cortes foram lixados e polidos com três tipos de papéis abrasivos à prova d'água, de números 180, 400 e 600 (numeração correspondente à espessura do papel abrasivo utilizado) utilizando-se um aparelho adaptado para esta finalidade (Figura 8). Estes cortes foram limpos novamente com álcool e montados em lâminas numeradas ficando prontos para a leitura dos anéis.



Figura 8 – Aparelho utilizado para polir os cortes das estruturas rígidas.

4.2.1.2. Opérculos

Os opérculos foram removidos do peixe com o auxílio de um bisturi. O tecido aderido aos opérculos foi removido com o auxílio de pinças e água quente. Evitou-se água fervente, pois a mesma distorceria a estrutura depois que esta esfriasse (Lai *et al.*, 1996). Depois da retirada dos tecidos moles, os opérculos foram escovados e lavados com água fria e sabão. Por fim, foram armazenados secos em envelopes de papel numerados para posteriormente serem analisados.

4.2.1.3. Otólitos

Os teleósteos apresentam três pares de otólitos, os quais estão presentes em três sacos óticos (sáculo, utrículo e lagena) no ouvido interno. O par de otólitos presente no sáculo é chamado de *sagitta*, o par que está presente no utrículo é chamado

de *lapillus* e o da lagena é chamado de *asteriscus* (Lagler *et al.*, 1977). Os otólitos são compostos basicamente por material inorgânico (carbonato de cálcio – CaCO_3) e por material orgânico (uma matriz de fibras colágenas de proteínas) (Degens *et al.*, 1969). O otólito maior em *Brachyplatystoma vaillantii* é o *lapillus*, que foi extraído para a análise.

A coleta do *lapillus* foi feita com o auxílio de tesoura e pinças. Assim que os otólitos foram extraídos do peixe, estes foram lavados com água e acondicionados secos temporariamente em envelopes de papel numerados. Posteriormente os otólitos foram emblocados e cortados com a mesma resina e serra que foram utilizadas para os acúleos.

Cortes transversais foram feitos próximo ao núcleo de cada otólito, com um milímetro de espessura cada corte. Uma série contínua de cortes foi feita para cada par de otólitos e estes cortes foram também lixados e polidos com o mesmo aparelho utilizado para os acúleos das nadadeiras. Em seguida os cortes foram limpos com álcool e montados em lâminas estando prontos para a leitura dos anéis.

4.2.1.4. *Vértebras*

Tendo em vista que as vértebras de um indivíduo variam de tamanho e forma dependendo de sua posição na coluna vertebral, investigou-se não somente a qualidade das marcas etárias encontradas nesta estrutura, como também qual o trecho da coluna que apresentaria uma menor variação no tamanho e forma das vértebras. Para isso, extraiu-se toda a coluna vertebral de alguns exemplares para que o diâmetro de cada vértebra fosse medido e escolhido o trecho que permanecesse de tamanho mais constante.

Depois de definido o trecho, compreendido entre o final da nadadeira dorsal e início da nadadeira adiposa (Figura 9), foram retiradas de sete a dez vértebras com o auxílio de uma tesoura, bisturi e pinças. Estas vértebras foram armazenadas em sacos de papel numerados, em seguida foram congeladas, para posteriormente serem limpas.

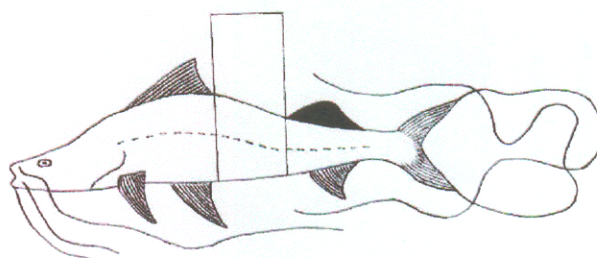


Figura 9 – Trecho da coluna vertebral da piramutaba de onde suas vértebras foram retiradas para o estudo.

A limpeza das vértebras compreendeu a remoção da carne, dos músculos e das gorduras anexas a elas. Utilizou-se água fervente para facilitar a remoção dessas partes moles. Quando as vértebras apresentavam-se limpas, estas eram armazenadas em sacos de papel numerados, para posteriormente serem cortadas, pois ainda apresentavam-se unidas umas às outras. Com o auxílio de um estilete, as vértebras

foram separadas, destas escolheu-se as que se apresentavam em melhor condição, para serem limpas novamente, desta vez utilizando-se água, sabão e uma escova pequena. Quando todo o material estava totalmente limpo, cada vértebra recebeu um número específico. Por fim, cada vértebra foi novamente acondicionada seca em um envelope de papel, ficando pronta para o passo seguinte: a leitura dos anéis etários.

4.2.2. Leitura e medição das estruturas rígidas e seus anéis

Após o processamento das estruturas rígidas, estas foram observadas sob microscópio biológico NIKON Optiphot X2, o qual estava acoplado a um sistema de vídeo HITACHI CM-211, de 21" e mouse (Figura 10). As estruturas foram observadas através de luz refletida e fundo negro.

O raio de cada anel etário (R_i) observado foi medido por meio de uma régua milimétrica, a qual estava acoplada ao charriot do microscópio biológico, com uma unidade mínima de 0,1 mm. Estes foram medidos a partir do núcleo da estrutura utilizada, utilizando sempre um ângulo de 0° do lado direito da estrutura rígida, como pode ser observado na Figura 11. As medidas de cada estrutura rígida (raios de cada anel observado e raio da margem) eram transferidas para uma planilha de leitura (Anexo 3).

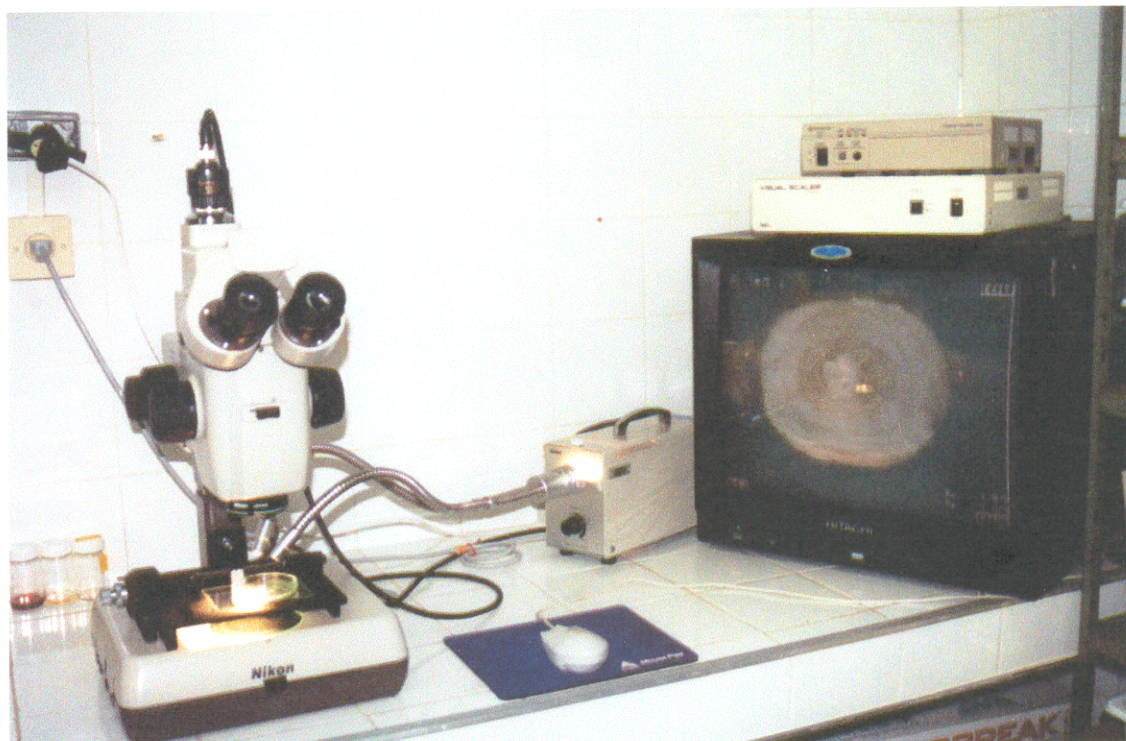


Figura 10 – Microscópio biológico NIKON Optiphot X2, sistema de vídeo HITACHI CM-211 de 21” e mouse utilizados na merística das estruturas rígidas.

Em regiões temperadas, onde o estudo da determinação da idade em peixes constitui tarefa corriqueira nas avaliações dos estoques pesqueiros, os anéis de crescimento apresentam-se de uma maneira quase que constantes. Estes são formados por uma camada de material opaco precedida por uma camada de material translúcido, isto representaria, para os peixes das regiões temperadas, crescimento rápido no verão e crescimento reduzido no inverno, respectivamente (Chugunova, 1963).

Para a piramutaba, obviamente, não se esperou visualizar este padrão de marcação dos anéis etários. O único trabalho feito com leitura de anéis em estruturas rígidas de piramutaba foi o de Barthem (1990a). Entretanto, este autor não descreveu em seu trabalho como as bandas de crescimento foram identificadas como sendo anéis de crescimento. Com isto, o presente trabalho procurou identificar os anéis de

crescimento nas estruturas rígidas de piramutaba sem esperar encontrar um padrão de crescimento definido *a priori*.

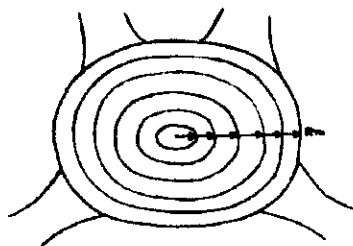


Figura 11 – Método de como os anéis etários e o raio da vértebra foram medidos nas vértebras de piramutaba.

4.2.3. Distribuição de freqüências por classes de comprimento

De cada arrasto foram selecionados aleatoriamente até 100 exemplares para a obtenção de uma amostra dos comprimentos furcais dos peixes capturados naquela estação. Os exemplares foram medidos a bordo por meio de um papel milimétrico à prova d'água, onde o exemplar era colocado em cima deste e onde se perfurava o papel no exato comprimento correspondente do exemplar. As amostras foram separadas pelos três períodos de coleta (verão de 1996, inverno de 1997 e verão de 1997) e os dados de comprimento foram agrupados por intervalos de classes de comprimento de dois centímetros.

A decomposição das modas foi feita através do método de Bhattacharya que está incluído no pacote de programas FISAT (FAO / ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayanilo & Pauly, 1997).

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Escolha da estrutura rígida como indicadora da idade

A Tabela 5 apresenta um resumo das vantagens e desvantagens observadas na análise de cada estrutura rígida analisada.

As lâminas preparadas com os cortes dos acúleos das nadadeiras dorsal e peitorais permitiram a observação dos anéis, entretanto, constatou-se que o centro dos acúleos, por onde a medula passa, é oco, ocultando com isso os primeiros anéis de crescimento. Devido a isso, esta estrutura não foi considerada válida para o estudo de determinação da idade em piramutaba.

Os opérculos não apresentaram anéis visíveis, levando também com isso a reprovação desta estrutura para a determinação da idade em piramutaba.

As lâminas com os cortes dos otólitos permitiram a observação dos anéis etários, entretanto, próximo ao núcleo dos otólitos estes não eram visíveis. Devido a isto e ao fato de os otólitos estarem localizados em cápsulas fortemente ossificadas, dificultando sua extração, também foram reprovados para a determinação da idade em piramutaba.

O trecho da coluna vertebral compreendido entre a décima e a vigésima vértebra apresentou diâmetros relativamente constantes, devido a isso estas vértebras foram às escolhidas para serem retiradas de cada exemplar de piramutaba.

As vértebras analisadas mostraram anéis claramente visíveis. Apesar da dificuldade de extração, do custo e da demanda de tempo em se utilizar vértebras como indicadoras da idade, estas estruturas foram consideradas boas para a determinação da idade em piramutaba e escolhidas para o presente estudo.

Tabela 5 - Resumo das características de cada estrutura rígida utilizada na determinação da idade.

Estrutura	Vantagem	Desvantagem	Diagnóstico
Acúleo	Apresenta anéis nítidos e é de fácil extração	Trabalhoso para bloquear e cortar e o núcleo oco impede a leitura dos primeiros anéis	Não utilizado
Opérculo	Fácil extração e processamento	Não apresenta anéis nítidos	Não utilizado
Otólito	Apresenta anéis visíveis	Difícil extração, trabalhoso para emblocar e cortar e os anéis próximos ao núcleo são pouco nítidos.	Não utilizado
Vértebra	Apresenta anéis visíveis e o processamento é simples	Difícil extração	Utilizada

4.3.2. Estatística dos dados coletados

A pescaria experimental de arrasto de portas coletou 14.252 piramutabas nos 351 pontos de amostras realizadas durante os meses de verão (agosto-setembro) de 1996 e 1997 e os de inverno (março-abril) de 1997. Deste total, foram extraídas as vértebras de 1.029 indivíduos capturados nos três períodos de coleta, os quais também tiveram seus sexos identificados, assim como também o comprimento furcal e o peso total foram anotados. Para os exemplares que foram utilizados na distribuição de freqüências por classes de comprimento, os quais representaram uma amostra de 4.244 indivíduos capturados nos dois primeiros períodos, verão de 1996 e inverno de 1997, apenas os comprimentos furcais foram medidos.

4.3.3. Relação entre o raio da vértebra (RM) e o comprimento furcal (Lf)

Os 1.029 indivíduos cujas vértebras foram extraídas apresentavam comprimento furcal variando de 7,6 cm a 67,0 cm. Os raios das vértebras (RM) de todos estes indivíduos foram medidos sob o microscópio biológico com luz refletida e fundo negro. A relação entre os valores dos RM (raio da margem da vértebra) e os comprimentos furcais (Lf), foi ajustado com base na relação exponencial apresentado na Equação 1. Esta forma de ajuste foi mais adequada que a linear, e os parâmetros da regressão linear $\ln Lf = a + b * \ln RM$ foram: inclinação da reta, 0,7959; interceptação do eixo y, 4,9448; coeficiente de correlação de Pearson= 0,9944, $P < 0,001$, $n = 1007$. Rejeitaram-se 22 vértebras por estarem danificadas.

$$Lf = 140,4428 \times Rm^{0,7959} \quad \text{Equação 1}$$

4.3.4. Determinação da idade através da contagem de anéis etários em vértebras

Das 1.007 vértebras coletadas e examinadas, selecionaram-se 575 para a contagem do número e para a medição dos raios etários. Esta seleção foi feita com base na qualidade e/ou quantidade de vértebras, ou seja, se esta estivesse danificada era rejeitada ou se uma classe de tamanho apresentasse muitos indivíduos se fazia uma seleção das melhores vértebras.

Os indivíduos destas 575 vértebras foram separados por classes de comprimento de intervalos de dois centímetros e os anéis de cada vértebra foram analisados conforme sua nitidez. A análise consistia em identificar e classificar a nitidez

do anel e contar e medir os raios, que foi feito somente por uma pessoa, a autora deste trabalho. Esta análise rejeitou 236 (41%) vértebras que não apresentaram anéis nítidos. Das 339 vértebras (59% restantes), 110 foram coletadas na primeira estação, 156 na segunda estação e 73 da terceira estação (Tabela 6).

Tabela 6 - Número total de vértebras extraídas e medidas (1), selecionadas para a contagem e merística de raios (2) e que apresentaram anéis nítidos (3), nos três períodos de coleta.

Vértebras	Verão de 1996	Inverno de 1997	Verão de 1997	Total
1-Total extraídas e medidas	209	570	250	1.029
2-Contagem e merística de raios	178	257	140	575
3-Anéis nítidos	110	156	73	339

A leitura dos anéis identificou até nove anéis nas vértebras coletadas na primeira e terceira estações e até dez anéis na segunda estação. A Tabela 7 mostra o comprimento médio dos peixes agrupados conforme o número de anéis observados e o período de coleta. A Figura 12 mostra uma vértebra de um exemplar que apresentou anéis nítidos.

Tabela 7 - Número de anéis observados com os respectivos comprimentos médios (Lf) dos exemplares analisados nos três períodos de coletas.

N. Anéis	Verão 1996		Inverno 1997		Verão 1997		Total	
	Freq.	Lf (cm)	Freq.	Lf (cm)	Freq.	Lf (cm)	Freq.	Lf (cm)
1	8	10,0	17	10,3	-	0,0	25	10,2
2	33	14,1	39	12,7	6	8,6	78	13,0
3	15	20,2	13	19,6	12	16,3	40	18,9
4	12	24,3	38	22,6	14	22,9	64	23,0
5	15	31,4	27	31,4	9	29,8	51	31,1
6	10	34,0	9	32,1	15	33,4	34	33,2
7	5	38,4	4	41,9	5	40,4	14	40,1
8	7	41,4	6	45,7	6	45,4	19	44,0
9	5	44,4	3	50,6	2	46,6	10	46,7
10	-	-	-	-	4	54,3	4	54,3
Total	110	30,70	156	33,09	73	31,88	339	32,31

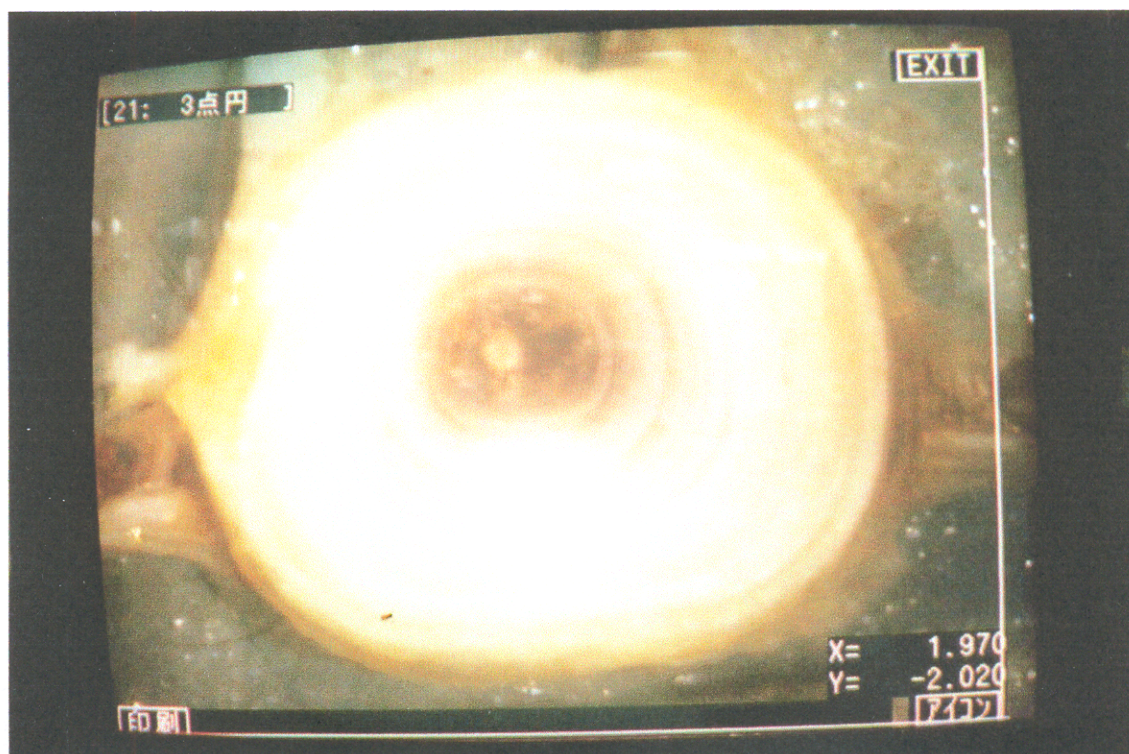


Figura 12 – Vértebra de um exemplar de piramutaba de 37 cm de comprimento furcal que apresentou anéis nítidos.

4.3.5. Determinação da idade através do retrocálculo

Considerando as 339 vértebras com anéis nítidos, foi estimado o tamanho médio dos raios agrupados conforme sua seqüência que se afasta do núcleo (R_i). Com base nos tamanhos dos raios e na relação entre L_f e R_M (Equação 1) foi estimado o comprimento médio do peixe (L_f) no momento em que foi formado cada anel (Tabela 8). No entanto, a relação entre o raio do primeiro anel (R_1) e o número de anéis das vértebras mostrou uma tendência estatisticamente significativa (Figura 13) de o raio aumentar linearmente com o comprimento do peixe ($R_1 = 0,38 + 0,043 * L_f$, $r = 0,62$, $P < 0,001$).

Tabela 8 - Valores mínimos, máximos, médios (mm) e retrocalculados dos raios dos dez primeiros anéis observados nas vértebras de piramutabas que apresentaram anéis nítidos nos três períodos de coleta agrupados.

Anel	Raio do Anel (mm)				Comprimento Retrocalculado
	Méd	Max	Min	n	Lf (mm)
R1	0,59	1,50	0,30	339	92,28
R2	0,86	1,70	0,40	314	122,75
R3	1,23	2,20	0,70	236	165,60
R4	1,60	2,60	0,90	196	204,15
R5	2,12	3,30	1,00	132	255,41
R6	2,52	3,80	1,70	81	293,07
R7	3,13	4,10	2,30	46	348,26
R8	3,64	4,80	2,70	34	392,72
R9	4,12	5,40	3,20	14	433,41
R10	4,88	5,50	4,00	4	495,92

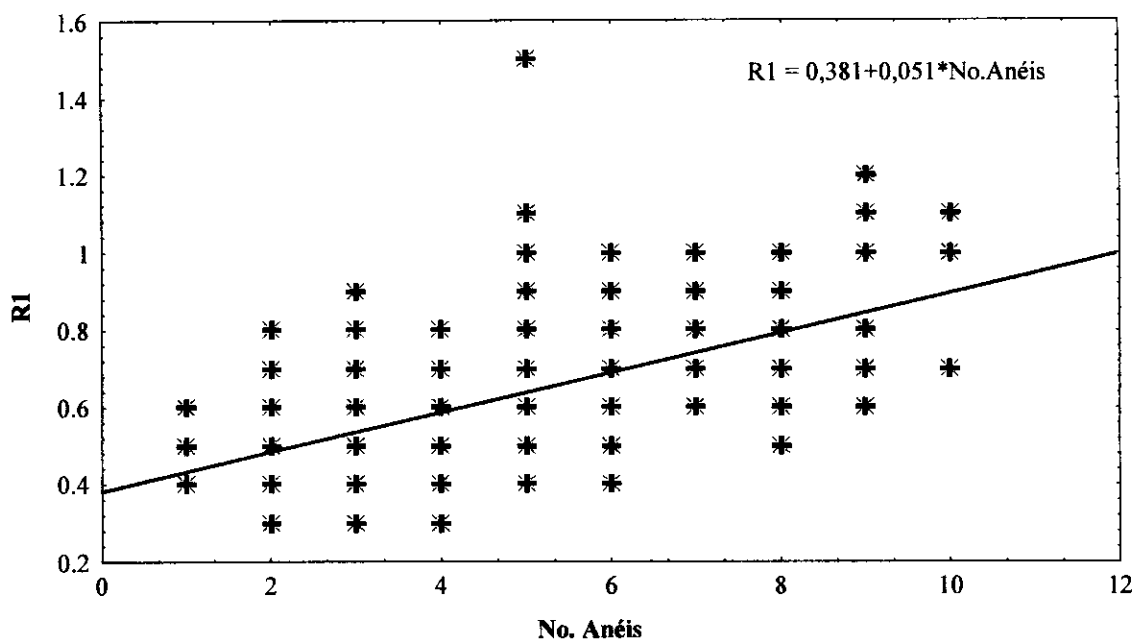


Figura 13 – Gráfico da relação entre o raio do primeiro anel e o número de anéis da vértebra de piramutaba.

4.3.6. Determinação da idade através da distribuição de freqüências dos raios etários

Analisou-se a decomposição de modas dos raios das vértebras dos indivíduos selecionados com anéis nítidos pelo método de Bhattacharya. A decomposição da freqüência dos raios das vértebras foi elaborada considerando cada raio como uma medida independente, mesmo que uma vértebra apresentasse vários raios, cada um seria considerado como se viesse de diferentes peixes. Dessa forma, teríamos as medidas no momento que surge o raio que, teoricamente, seria o mesmo momento para todos os peixes.

O método de Bhattacharya do programa FISAT conseguiu a separação de nove modas para os raios dos anéis nítidos, não sendo capaz de separar as últimas

modas, devido ao pequeno número de indivíduos apresentando dez ou mais anéis. (Tabela 9).

Tabela 9 – Determinação das modas da distribuição de frequência dos raios dos anéis e a estimativa do comprimento furcal.

Decomposição		
Seq. das modas	Raio (mm)	Lf (mm)
1	0,51	82,45
2	0,82	120,11
3	1,19	160,66
4	1,57	200,59
5	2,15	256,86
6	2,46	285,66
7	3,00	334,57
8	3,35	365,45
9	3,70	395,04

4.3.7. Determinação da idade através da distribuição de frequências por classes de comprimento do peixe

As frequências de comprimentos dos dois períodos de coleta (verão de 1996 e inverno de 1997) considerados para esta análise foram decompostas pelo método de Bhattacharya, disponível no pacote de programas FISAT. A amostra do primeiro período consistia de 1.079 indivíduos, com comprimentos variando de três a 59 cm, e a do segundo consistia de 3.165 indivíduos, com comprimentos variando de cinco a 67 cm (Tabela 10).

A decomposição dessas frequências de comprimento permitiu definir sete classes etárias para o ciclo de um ano. Os comprimentos médios de cada classe etária podem ser visualizados na Tabela 11.

4.3.8. Distribuição de comprimento dos anéis considerados nítidos

Foi feita uma distribuição de frequências de cada anel considerado nítido (anéis de um a nove) observados nas vértebras de piramutaba. Constatou-se que as modas de cada distribuição deslocam-se progressivamente a medida em que a distância dos anéis aumenta conforme os anéis se afastam do núcleo da vértebra (Figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22). A distância de uma moda em relação à moda seguinte é menor, conforme o número de anéis aumente e por conseguinte aumente o distanciamento do núcleo da vértebra. Este modelo de marcação dos anéis nas vértebras de piramutaba parece comprovar a queda da taxa de crescimento a medida em que o peixe aumenta de idade.

Tabela 10 - Frequências de comprimento de 4.244 exemplares de piramutaba coletadas nos dois primeiros períodos (verão de 1996 e inverno de 1997) da pesquisa.

Classes de Comprimento (cm)		Frequência	
De (= ou >)	Até (<)	Verão de 1996	Inverno de 1997
3	5	2	0
5	7	0	3
7	9	0	55
9	11	6	124
11	13	12	155
13	15	62	97
15	17	70	90
17	19	57	149
19	21	65	222
21	23	62	294
23	25	45	228
25	27	63	148
27	29	82	149
29	31	61	174
31	33	62	185
33	35	70	180
35	37	82	167
37	39	73	142
39	41	57	138
41	43	52	116
43	45	29	80
45	47	25	93
47	49	17	64
49	51	16	41
51	53	4	37
53	55	3	13
55	57	1	4
57	59	1	6
59	61	0	2
61	63	0	1
63	65	0	4
65	67	0	2
67	69	0	2
Total		1.079	3.165

Tabela 11 - Idade provável e comprimento médio dos exemplares analisados pelo método da distribuição de freqüências por classes de comprimento.

Idade relativa (anos)	Comprimento furcal médio (cm)
1+	10,016
2+	20,629
3+	33,291
4+	43,332
5+	50,761
6+	56,850
7+	63,356

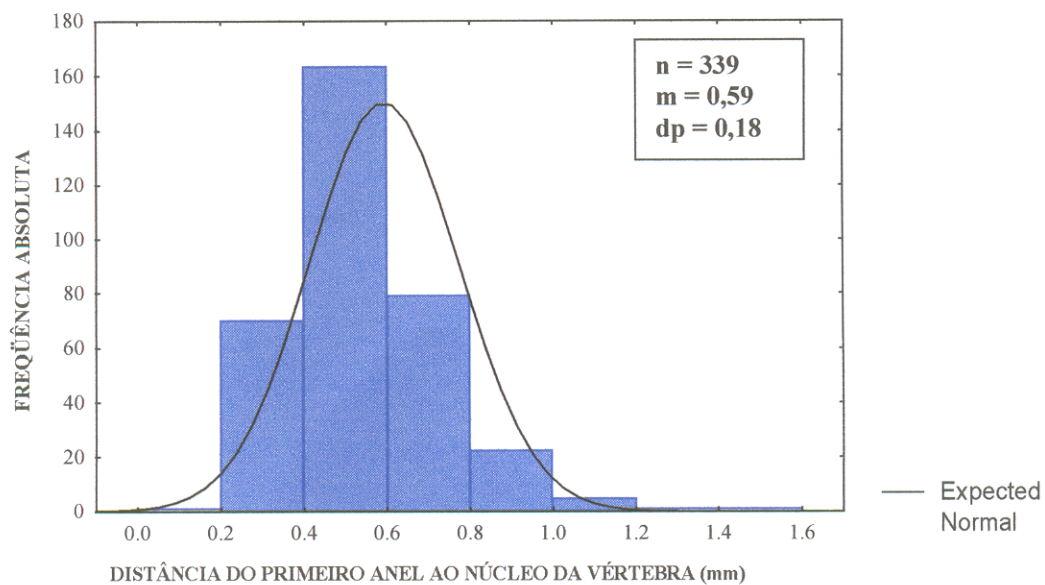


Figura 14 – Gráfico da distribuição de freqüências do comprimento do primeiro anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.

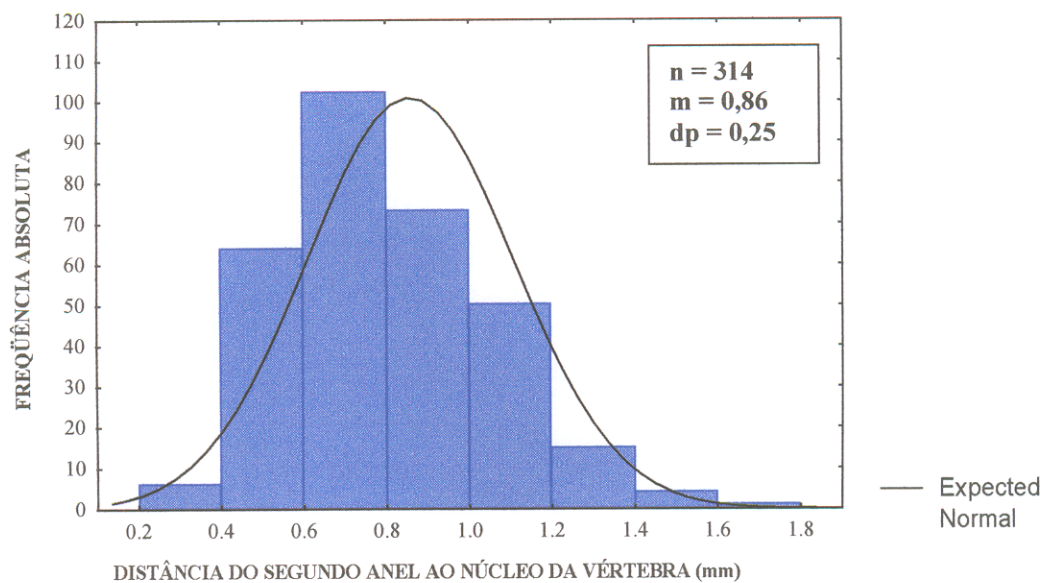


Figura 15 - Gráfico da distribuição de freqüências do comprimento do segundo anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.

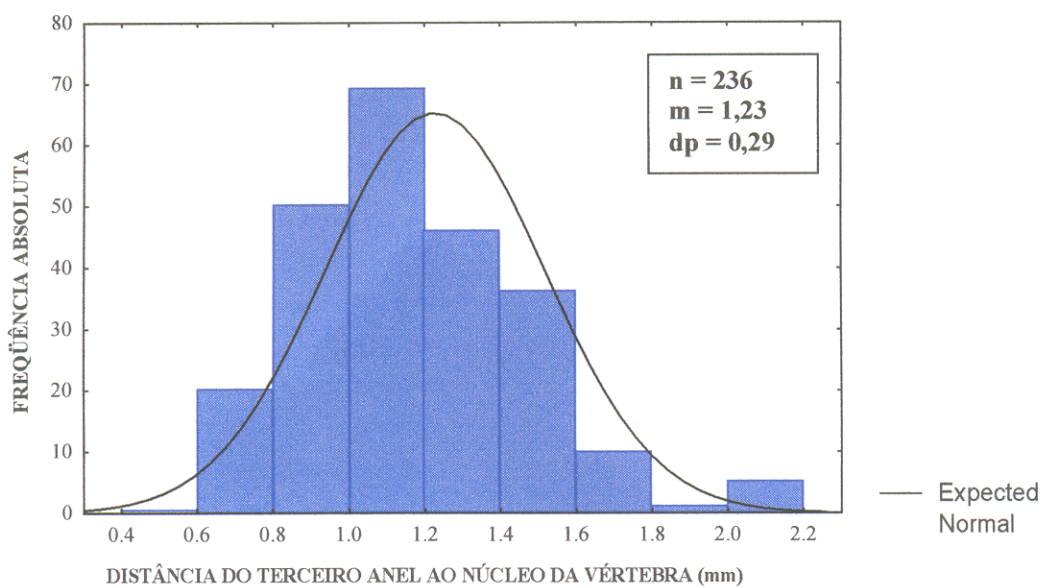


Figura 16 – Gráfico da distribuição de freqüências do comprimento do terceiro anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.

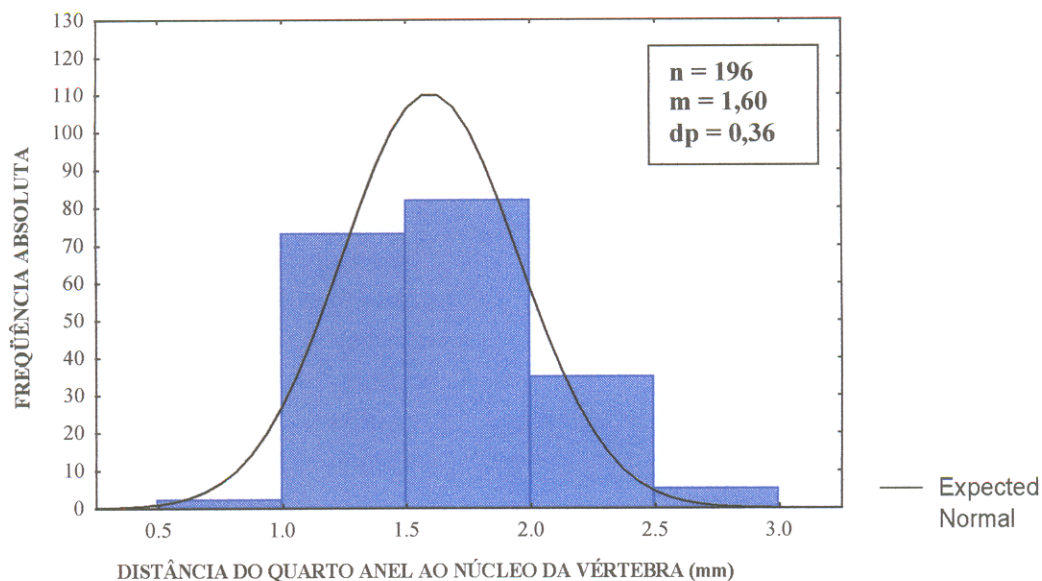


Figura 17 - Gráfico da distribuição de freqüências do comprimento do quarto anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.

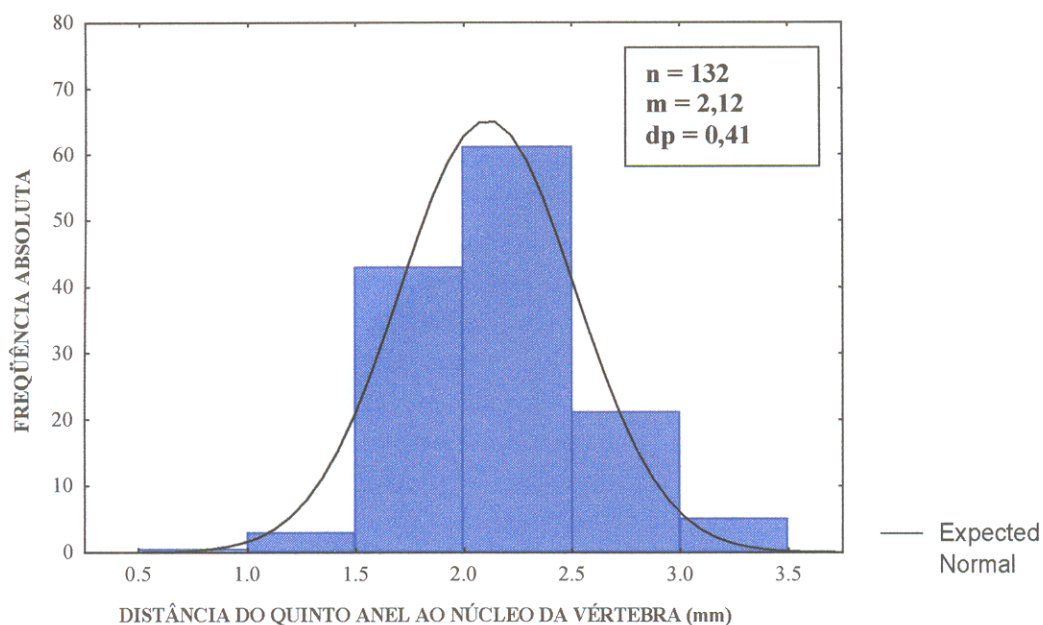


Figura 18 - Gráfico da distribuição de freqüências do comprimento do quinto anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.

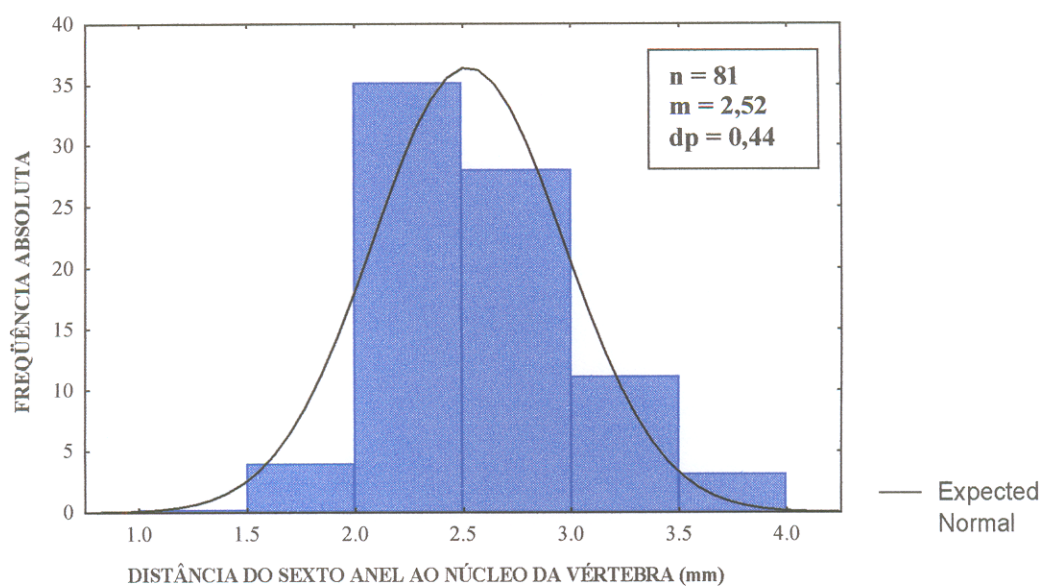


Figura 19 - Gráfico da distribuição de freqüências do comprimento do sexto anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.

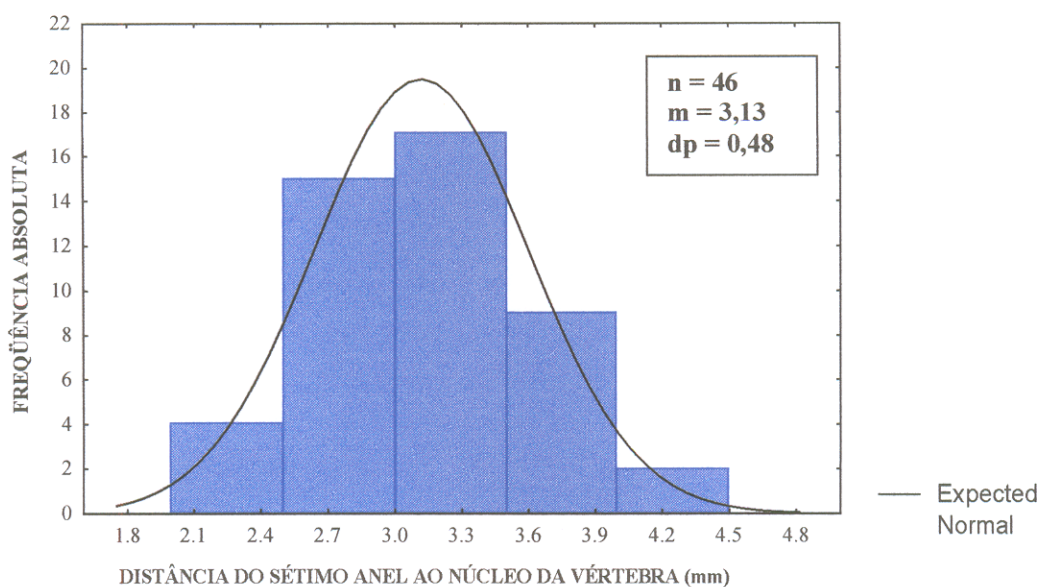


Figura 20 - Gráfico da distribuição de freqüências do comprimento do sétimo anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.

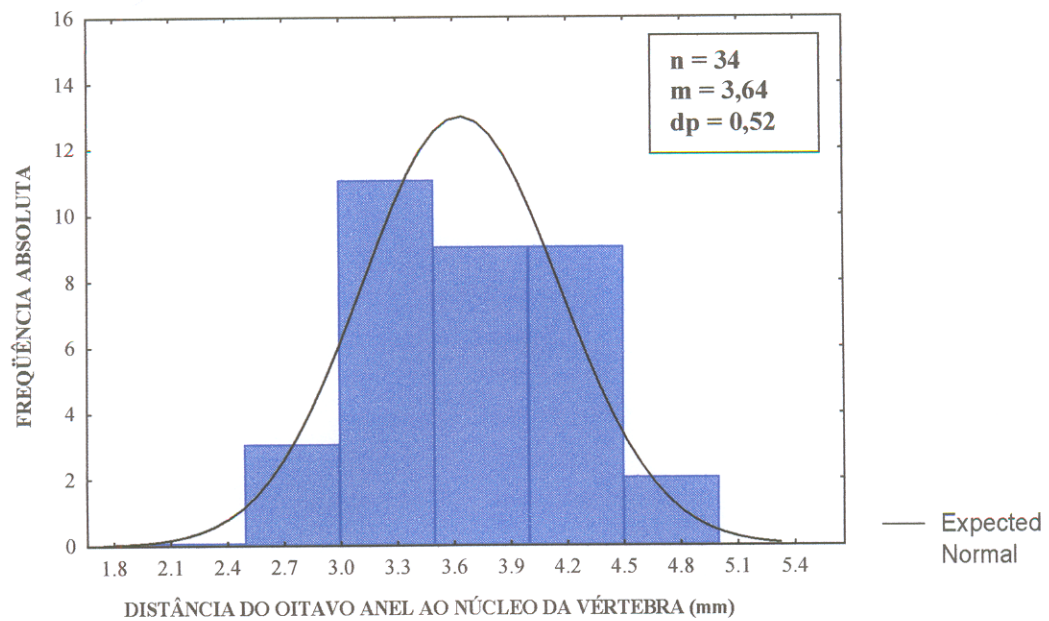


Figura 21 - Gráfico da distribuição de freqüências do comprimento do oitavo anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.

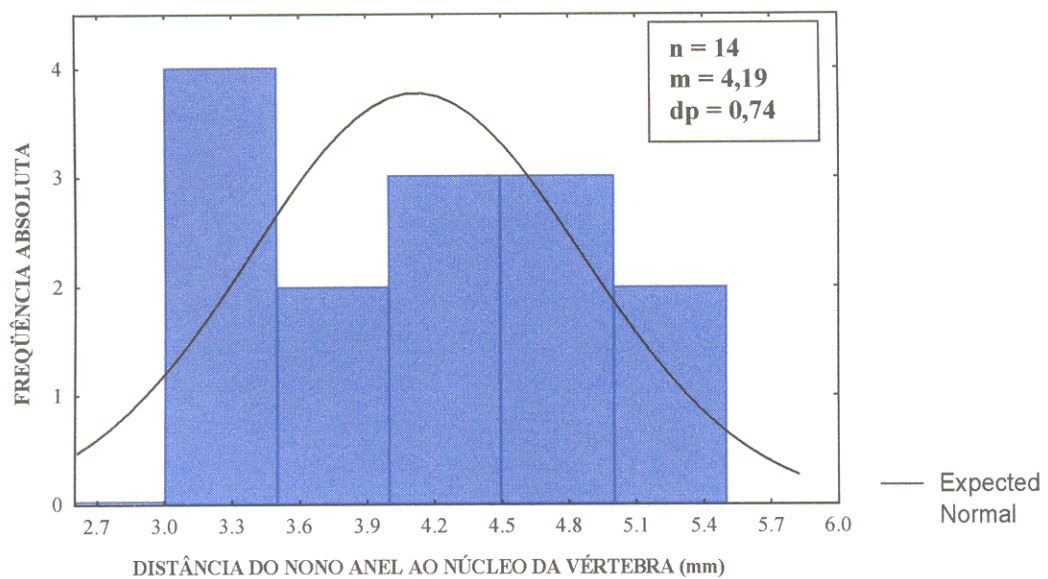


Figura 22 - Gráfico da distribuição de freqüências do comprimento do nono anel com a média (m), desvio padrão (dp) e o número de observações (n), indicando o ajuste à normal, dos anéis nítidos observados nas vértebras de piramutaba.

4.4. DISCUSSÃO

Métodos de determinação da idade em peixes são subjetivos, sujeitos a vários fatores que interferem na precisão da estimativa. Determinar a idade de um peixe constitui tarefa delicada, seja ela determinada através do método direto ou através do método indireto, principalmente nos peixes mais velhos onde suas idades são extremamente difíceis de serem interpretadas (Ricker, 1975).

Em estudos de determinação da idade através do método direto (contagem de anéis etários) é recomendável iniciar o estudo investigando várias estruturas rígidas, para daí, então, escolher qual a melhor que se aplica à espécie em questão (Beamish & McFarlane, 1990; Casselman, 1983). Casselman (1979) aconselha a utilização de várias seções de uma mesma estrutura rígida e a utilização de estruturas rígidas diferentes do mesmo espécime para testar o grau de confiança das estimativas destas idades. Beamish & McFarlane (1990) constataram que a nitidez das marcas de crescimento nos diferentes acúleos do mesmo espécime pode variar de acúleo para acúleo. Um dos pontos importantes no estudo é examinar estruturas rígidas de peixes juvenis com o objetivo de identificar a exata localização do primeiro anel, o qual é considerado o anel mais difícil de ser identificado, e muitas vezes sua localização varia de estoque para estoque (Chilton & Beamish, 1982). Outro ponto que se deve levar em conta é que as estruturas rígidas utilizadas na determinação da idade variam de espécie para espécie nos peixes tropicais. Muitas vezes uma estrutura rígida pode ser adequada para a análise da contagem de anéis em uma determinada espécie e não ser adequada para outra. Villacorta-Correa (1997) conseguiu bons resultados utilizando escamas para a determinação da idade em tambaqui (*Colossoma macropomum*). Já Lózano (1999)

conseguiu bons resultados utilizando as vértebras como estruturas indicadoras da idade para a piracatinga (*Calophysus macropterus*).

Segundo a recomendação de Beamish & McFarlane (1990) e Casselman (1983), este trabalho utilizou quatro estruturas rígidas da piramutaba para a determinação da idade através do método direto (contagem de anéis). Estas estruturas utilizadas foram: acúleos das nadadeiras peitoral e dorsal, opérculos, otólitos e vértebras. A validade da interpretação dos anéis etários nestas estruturas foi testada através da utilização da distribuição de freqüências por classes de comprimento.

Os acúleos das nadadeiras dorsal, anal, peitoral e pélvica têm sido utilizados para a determinação da idade em peixes (Beamish & Chilton, 1977; Beamish, 1981). Embora este método de determinar idade não seja amplamente utilizado, já foram feitos estudos para validar o seu uso e que comprovaram sua acuidade (McFarlane & Beamish, 1987). O presente trabalho utilizou dois acúleos (nadadeiras peitoral e dorsal) para a estimativa da idade em piramutaba e não obteve bons resultados devido ao centro do acúleo ser oco e ocultar com isso os primeiros anéis de crescimento. Barthem (1990a) utilizou os acúleos como estimadores da idade em piramutaba, onde este autor elaborou um método para reconhecer os vestígios dos primeiros anéis à medida que o núcleo oco ia se expandindo e os ia apagando. A crítica deste método é que ele não pode ser usado com muita convicção, tendo em vista que quando os anéis estão inteiros já é difícil de visualizá-los, quando são deformados pelo crescimento oco do acúleo estes se tornam ainda menos nítidos. Além disso, como este autor não comparou seus resultados obtidos na contagem de anéis dos acúleos com os de outras estruturas rígidas, não havia certeza no reconhecimento destes anéis, o que tornou a validade deste método suscetível a contestações.

Em opérculos os anéis são em geral facilmente identificáveis, podendo ser vistos diretamente ou com pouca ajuda de equipamentos especializados na leitura (Lai *et al.*, 1996), tornando-o com isso uma estrutura bastante aplicável para o estudo. Sendo também utilizado devido a sua facilidade de remoção e de processamento demandando com isto pouco tempo gasto em laboratório. Sua forma achatada também favorece a sua utilização para o estudo de determinação da idade (Casselman, 1978). Entretanto, apesar de todas estas vantagens na utilização dos opérculos como indicadores da idade, o presente estudo não obteve bons resultados em piramutaba, devido ao fato de estas estruturas rígidas não apresentarem anéis nítidos.

Os otólitos ainda são as estruturas rígidas mais utilizadas em estudos de determinação da idade, devido à facilidade, na maioria das espécies, de serem coletados e estocados (Hetch, 1980; Williams & Bedford, 1974). Por outro lado, estes autores (Williams & Bedford, 1974) encontraram dificuldades na identificação dos anéis etários em peixes mais velhos, onde os últimos anéis não eram distinguíveis. Muñoz-Sosa (1996) obteve bons resultados trabalhando com otólitos de dourada (*Brachyplatystoma flavicans*) e de filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*), porém este autor não testou a validade das vértebras para a determinação da idade nestas duas espécies. Em piramutaba, entretanto, além do problema da identificação dos primeiros anéis, os quais estavam próximos ao núcleo e por isso não eram nítidos, ainda se teve o problema de extração dos otólitos durante as fases de campo, já que estes eram difíceis de serem retirados dos exemplares de maior porte, ainda a bordo, sendo também extremamente pequenos em piramutaba, dificultando com isso a utilização desta estrutura desde o princípio do trabalho.

As vértebras ainda constituem estruturas rígidas de pouco uso em estudos de determinação da idade em peixes. Os trabalhos de determinação da idade em teleósteos que utilizaram as vértebras como indicadoras da idade foram poucos (Casselman, 1974; Casselman, 1983; Casselman, 1990; Lee *et al.*, 1983). Muitos trabalhos não obtiveram resultados satisfatórios. Villacorta-Correa (1997) não obteve bons resultados na utilização destas estruturas como indicadoras da idade do tambaqui (*Colossoma macropomum*) por ocasião da alta freqüência de marcas acessórias que esta estrutura apresentou. No presente trabalho as vértebras foram consideradas as melhores estruturas rígidas para o estudo de determinação da idade em piramutaba, pois apresentaram uma alta confiabilidade nos resultados, quando comparadas com as outras estruturas rígidas e também pelo fato desta estrutura rígida ter apresentado um bom ajuste linear com o comprimento furcal do peixe.

Nos estudos que utilizaram as vértebras como indicadoras da idade várias técnicas já foram empregadas. Chugunova (1963) utilizou cera para embuti-las e montá-las. Lai & Liu (1979) utilizaram cortes de vértebras em seu trabalho. Lózano (1999) utilizou técnicas de coloração e clarificação. Por outro lado, este trabalho utilizou uma metodologia bem simples como técnica para visualização dos anéis, onde cada vértebra era examinada inteira diretamente sob microscópio utilizando apenas água e sabão para a melhor visualização dos anéis.

O principal empecilho em determinar a idade de peixes tropicais através da contagem de anéis em estruturas rígidas é a formação dos falsos anéis, que são marcas resultantes de mudanças no meio ambiente e nas condições fisiológicas do animal independentes de fatores temporais (Campana, 1983). Os falsos anéis são na maioria das vezes confundidos com os verdadeiros anéis ocasionando com isso uma

estimação da idade errônea. Neste trabalho verificou-se que 59% das vértebras utilizadas no estudo apresentaram anéis nítidos e provavelmente com isso puderam ter sua idade estimada precisamente. Apesar de todas as dificuldades em se trabalhar com determinação da idade de peixes tropicais, o resultado obtido na estimação da idade da piramutaba, utilizando as vértebras como indicadoras da idade, pode ser considerado muito bom e válido para o presente estudo. Foi observado também, que através das médias de comprimento dos anéis nítidos encontrados nas vértebras de piramutaba, um tipo de marcação ocorreu. A distância de um anel para o outro aumentava e em seguida diminuía, ou seja, o primeiro anel se localizava a uma certa distância do núcleo, o segundo anel se localizava a uma distância menor que a distância do primeiro anel ao núcleo, o terceiro anel já se localizava a uma distância maior que a do segundo anel para o primeiro e assim sucessivamente, sendo isto observado até o oitavo anel. Isto poderia indicar que os anéis etários em piramutaba são formados um a cada período do ano (cheia e seca) da região amazônica. Esta hipótese, entretanto, necessitaria ser comprovada e testada, pois um estudo mais detalhado careceria ser feito para sabermos o que levaria a piramutaba, sendo um bagre migrador, a formar estes anéis em períodos do ano diferentes, que é o que parece ocorrer.

Dentre os quatro métodos utilizados para estimar a idade da piramutaba neste trabalho (contagem de anéis em vértebras, retrocálculo, distribuição de frequências dos raios e distribuição de frequências dos comprimentos furcais) os resultados apresentados foram bastante similares, sugerindo uma alta confiabilidade nas estimativas da idade, quando comparamos os resultados dos três primeiros métodos com o quarto método, o qual foi utilizado como método de validação deste trabalho. Isto nos indica, provavelmente, que as marcas de crescimento formadas nas vértebras de

piramutaba são bianuais, tendo em vista a proximidade dos valores de comprimentos médios estimados e o número de anéis observados. Não temos, entretanto, a convicção de afirmar em quais períodos do ano estes anéis são formados, já que as amostragens não foram mensais. Por outro lado, a periodicidade de formação dos anéis etários nas estruturas rígidas dos peixes ainda não está esclarecida (Menon, 1953). Nekrasov (1980) assume que os anéis etários são formados no momento da desova nos peixes tropicais, mas isso ainda não foi comprovado, pois peixes imaturos já apresentam anéis em suas estruturas rígidas. Braga (1997); Lózano (1999); Moreau (1975); Skornyakov, *apud* Nekrasov (1980) também verificaram em seus trabalhos que as marcas de crescimento se formam duas vezes ao ano. Outros autores, entretanto, trabalhando com peixes de águas tropicais afirmam em seus trabalhos que as marcas de crescimento são anuais (Hetch, 1980; Villacorta-Correa, 1987 e 1997). Esta periodicidade varia de espécie para espécie dentro do mesmo hábitat. Barthem (1990a) constatou para a piramutaba que as marcas de crescimento observadas nos acúleos são anuais não corroborando com os resultados obtidos neste trabalho. Esta diferença observada pode ter sido devido este autor não ter feito um estudo comparativo das outras estruturas rígidas possíveis para a determinação da idade e com isto ter estimado a periodicidade de formação das marcas de crescimento de uma forma não precisa.

A estimativa da idade através do retrocálculo calculado a partir da relação entre o raio da vértebra e o comprimento furcal (L_f) do peixe utilizada neste trabalho nos indica ser bastante consistente, devido a explicar 99% da variação dessa relação. Foi verificado que a relação que se aplicou melhor aos dados foi a exponencial, ao invés da linear.

O maior problema observado na contagem de anéis em vértebras no presente trabalho foi o fato de o primeiro anel crescer com a idade do peixe, ou seja, sua medida a partir do núcleo da vértebra aumentava conforme eram examinadas vértebras pertencentes a exemplares maiores. Este distanciamento do primeiro anel pode ter ocorrido devido à dificuldade de se identificar os anéis próximos ao núcleo à medida que o peixe cresce. No entanto, não se pode descartar a hipótese de esta espécie ser selecionada de maneira que os indivíduos que crescem menos rápido não consigam atingir idades avançadas, o que explicaria os valores de R1 maior nos indivíduos mais velhos.

5. CRESCIMENTO DA PIRAMUTABA

5.1. INTRODUÇÃO

O crescimento de um animal pode ser definido como uma mudança no seu tamanho no decorrer do tempo, percebida através do aumento de comprimento ou o de peso (Moyle & Cecch, 1982). Uma outra definição de crescimento seria qualquer mudança no tamanho ou no total de material corporal, que pode ser positiva, negativa, temporária ou por um longo tempo (Busacker *et al.*, 1990).

Fatores exógenos e endógenos regulam a velocidade de crescimento dos peixes. Os fatores exógenos dizem respeito ao meio ambiente, como disponibilidade da comida, temperatura, oxigênio, salinidade, e os endógenos estão relacionados às características genótípicas e ao estado fisiológico do peixe. Como o efeito do comprimento do corpo na velocidade de crescimento e o controle genético de cada indivíduo (Wootton, 1990).

O estudo de crescimento gera informações fundamentais para o manejo de recursos pesqueiros e para o planejamento em aquicultura. A avaliação de estoques pesqueiros que utiliza modelos analíticos tem os parâmetros da curva de crescimento de von Bertalanffy (L_{∞} , k e t_0) como fundamentais para a estimativa de taxas de mortalidade e do valor de Rendimento Máximo Sustentável (MSY) (Sparre & Venema, 1997). Além disso, as taxas de crescimento e a idade da primeira maturação sexual são informações-chaves para a escolha da espécie para a piscicultura (Fonteles Filho, 1989).

As estimativas dos parâmetros de crescimento para a piramutaba foram inicialmente realizadas por Barthem & Petrere (1995) que, com base em leitura de anéis

em acúleos, estimaram os valores de K , t_0 e L_∞ como sendo ($0,217 \text{ ano}^{-1}$, $-0,283$ e $77,28 \text{ cm}$, respectivamente). Barthem & Goulding (1997) reavaliaram os dados de crescimento e sugeriram que estes parâmetros superestimavam o valor de K e subestimava o valor de L_∞ . Esta alteração alteraria de forma expressiva o valor de Z e a caracterizaria com mais intensidade o grau de sobrepesca avaliado para o estoque para os anos de 1984 e 1985 (Barthem, 2000). Com base nestes casos, o refinamento do estudo do crescimento da piramutaba teve um papel de destaque para o seu manejo, apesar de estas análises terem sido feitas com base na determinação de idade através dos acúleos, técnica não recomendada pelo item 4.3.1 do capítulo de determinação da idade da piramutaba.

O presente capítulo tem como objetivos estimar a relação existente entre o comprimento furcal e o peso total da piramutaba, estimar a proporção existente entre machos e fêmeas de piramutaba no estuário amazônico, determinar os parâmetros de crescimento da piramutaba, determinar as curvas de crescimento em peso e em comprimento e obter uma relação significativa entre a estrutura rígida utilizada na determinação da idade e o comprimento furcal do peixe.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Relação Peso x Comprimento

A relação entre o comprimento furcal (Lf) e o peso total (Wt) da piramutaba foi obtida através da Equação 2, onde Wt é o peso do peixe e Lf é o seu comprimento furcal. Os parâmetros 'a' e 'b' que ajustam esta equação foram obtidos pela expressão linear apresentada na Equação 3 e corrigidos pela Equação 4 (regressão geométrica), conforme sugestão de Ricker (1975) para casos em que não existem variáveis dependentes.

$$W = a \times L^b \quad \text{Equação 2}$$

$$\text{Log.}W = \text{Log.}a + b * \text{Log.}L \quad \text{Equação 3}$$

$$\text{Log.}W = u + v * \text{Log.}L \quad \text{Equação 4}$$

Os parâmetros u e v são estimados da seguinte forma:

$$v = \frac{b}{r} \quad \text{Equação 5}$$

(b = coeficiente angular e r = coeficiente de correlação de Pearson obtidos na equação 3).

$$u = \frac{\sum \text{Log}.W - \frac{b}{r} * \sum \text{Log}.L}{n} \quad \text{Equação 6}$$

Foi aplicado o teste t de Student nos valores do parâmetro 'b' para machos e fêmeas separadamente para ver se existem diferenças significativas entre os sexos. E para saber se o valor de b é significativamente diferente de três foi aplicada a estatística t para cada sexo separadamente. Para isto foi utilizada a equação sugerida por Pauly (1984):

$$t = \frac{\text{s.d.}_{(x)}}{\text{s.d.}_{(y)}} \times \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} \times \sqrt{n - 2} \quad \text{Equação 7}$$

Onde: $\text{sd}_{(x)}$ = desvio padrão do logaritmo do comprimento furcal; $\text{sd}_{(y)}$ = desvio padrão do logaritmo do peso total; n = número de observações; r^2 = coeficiente de determinação do logaritmo do comprimento furcal com o logaritmo do peso total e b = coeficiente de regressão do logaritmo do comprimento furcal com o logaritmo do peso total.

5.2.2. Proporção entre os sexos

Para verificar se existem diferenças significativas na proporção entre machos e fêmeas, foi aplicado o teste qui-quadrado às frequências absolutas de machos e fêmeas. E para constatar se existem diferenças significativas entre os comprimentos médios de machos e fêmeas foi aplicado o teste t de Student (Zar, 1999).

5.2.3. Relação entre o raio da vértebra e o comprimento furcal

A relação entre o raio da vértebra (RM), a estrutura rígida escolhida para determinar a idade, e o comprimento furcal da piramutaba (Lf) foi feita considerando RM como variável independente, tendo em vista que Lf é a variável que se deseja estimar. Foi calculada a regressão com os dados não transformados e transformados para avaliar qual que melhor ajusta esta relação.

5.2.4. Estimativa das curvas de crescimento

Existem vários modelos que permitem ajustar os dados de crescimento a uma curva matemática, entretanto, o mais utilizado é o de von Bertalanffy (1938), que por ser ajustável à maioria dos dados sobre crescimento descreve-o satisfatoriamente. Devido a isso, o modelo de von Bertalanffy foi utilizado para descrever o crescimento da piramutaba. Este modelo expressa o comprimento “L” como uma função da idade do peixe, “t”. A equação que descreve este modelo é:

$$L_t = L_{\infty} \left(1 - e^{-k(t-t_0)} \right) \quad \text{Equação 8}$$

Onde: L_t = comprimento na idade t , L_{∞} = comprimento médio que o peixe alcançaria se vivesse indefinidamente, k = coeficiente de crescimento e t_0 = idade teórica do peixe quando seu comprimento é zero.

Para o crescimento em peso a curva de von Bertalanffy foi convertida para a equação abaixo:

$$W_t = W_\infty \left[1 - e^{-k(t-t_0)} \right]^b \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

W_t = peso na idade t , W_∞ = peso médio que o peixe alcançaria se vivesse indefinidamente e b = coeficiente da relação peso *versus* comprimento.

5.2.5. Estimativa dos parâmetros das curvas de crescimento

Vários métodos são utilizados na literatura para a estimação dos parâmetros de crescimento, dentre eles destacam-se o método de Ford-Walford, o método de Gulland e Holt, o método dos mínimos quadrados e o método de von Bertalanffy (Sparre & Venema, 1997). Devido ao fato do método de von Bertalanffy ser mais consistente do que os outros métodos, pois quando se estima um L_∞ razoável o valor de k também será razoável, este método foi o escolhido para este trabalho.

Na estimativa dos parâmetros da curva de crescimento foram utilizados os dados de idade e comprimentos médios obtidos através dos dois métodos de determinação da idade: direto e indireto. Sendo que, para o método direto foram utilizados os dados dos três diferentes tipos de estimação da idade feitos no presente trabalho: contagem de anéis etários em vértebras, retrocálculo e decomposição dos raios dos anéis. Por outro lado, para o método indireto foi utilizado apenas os dados de

distribuição de frequências por classes de comprimento. Todos estes dados foram retirados do Item 4 - Determinação da idade da piramutaba.

A estimativa de L_{∞} e W_{∞} foi obtida através das equações abaixo (Pauly, 1984):

$$L_{\infty} = \frac{L_{\max}}{0,95} \quad \text{Equação 10}$$

$$W_{\infty} = \frac{W_{\max}}{0,86} \quad \text{Equação 11}$$

Onde a estimativa de L_{∞} é feita considerando o comprimento máximo do maior peixe encontrado durante o estudo (L_{\max}) como sendo 95% de L_{∞} . E a estimativa de W_{∞} é feita considerando o maior peso do peixe capturado no estudo (W_{\max}) como sendo 86% de W_{∞} (Pauly, 1984). Entretanto, o presente trabalho considerou o L_{\max} como o comprimento do maior já peixe capturado onde se tem registro na literatura, sendo este valor de 105 cm (Barthem & Goulding, 1997). E para a estimativa de W_{∞} foi utilizada a equação da relação peso *versus* comprimento, onde o comprimento (L) foi substituído pela estimativa de L_{∞} .

As estimativas dos parâmetros k e t_0 foram feitas utilizando a Equação 12 (Petrere, 1983; Barthem, 1990a):

$$- \ln [1 - (Lt / L\infty)] = - kt_0 + kt \quad \text{Equação 12}$$

Onde a idade t é a variável independente. A inclinação da reta é a taxa de crescimento (k), a interseção é $-k.t_0$ e $t_0 = -a / b$ (Sparre & Venema, 1997).

5.2.6. Índice de performance de crescimento (ϕ)

Os parâmetros de crescimento foram comparados com os valores publicados na literatura através do índice de performance de crescimento (Pauly & Munro, 1984), que é dado pela seguinte equação:

$$\phi = \log_{10} k + 2(\log_{10} L\infty) \quad \text{Equação 13}$$

5.2.7. Estimativa da esperança de vida

A esperança de vida (longevidade) foi calculada pelo método de Taylor (Sparre & Venema, 1997), através da Equação 14:

$$A_{0,95} = t_0 + (2,996 / k) \quad \text{Equação 14}$$

Onde: $A_{0,95}$ = esperança de vida, t_0 = idade inicial e k = taxa de crescimento.

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Relação Peso x Comprimento

A relação entre o comprimento furcal e o peso total de piramutaba foi feita inicialmente discriminando os sexos e para os indivíduos de sexo indeterminado. Os coeficientes de inclinação de machos e fêmeas foram testados pelo teste t de Student e não foram significativos ($P < 0,05$, $t = 0,6766$, $GL = 803$). O teste t sugerido por Pauly (1984) mostrou que o coeficiente da regressão da relação peso total e comprimento furcal foi significativamente diferente de três ($P < 0,05$) para fêmeas, machos e para o total de indivíduos, indicando crescimento alométrico para estes indivíduos. Nos exemplares de sexo indeterminado o coeficiente da regressão não foi significativamente diferente de três ($P > 0,05$) indicando crescimento isométrico para estes indivíduos.

Os sexos foram agrupados e a relação entre o comprimento furcal (Lf) e o peso total (Wt) para 1.941 exemplares de piramutaba, de comprimento furcal e peso variando respectivamente entre 44 mm a 690 mm e um grama a 5.160 g, foi calculada (Figuras 23 e 24). Os valores de 'a' e 'b' e os coeficientes de correlação para as fêmeas, para os machos, para os exemplares de sexo indeterminado e para o total de exemplares, podem ser visualizados na Tabela 12. A equação que descreve a relação entre o peso e o comprimento para a piramutaba é descrita abaixo:

$$Wt = 6,1 \times 10^{-6} * Lf^{3,1129}$$

Tabela 12 – Dados das regressões entre o ln do peso total e o ln do comprimento furcal de piramutaba. AX = amplitude da variável independente (comprimento furcal); ln a = valor em ln da constante de regressão; b = valor do coeficiente de regressão; r = coeficiente de correlação e n = número de exemplares.

Sexo	Fêmeas	Machos	Indeterminado	Total
AX	108 - 697	113 - 660	13 - 470	13 - 697
ln a	-12,2976	-12,1717	-11,4082	-12,0053
b	3,1648	3,1443	2,9852	3,1129
r	0,9912	0,9908	0,9785	0,9948
t	84,3963	123,5607	0,7982	15,6167
P	P<0,05*	P<0,05*	P>0,05	P<0,05*
n	460	347	1.134	1.941

* b significativamente diferente de três.

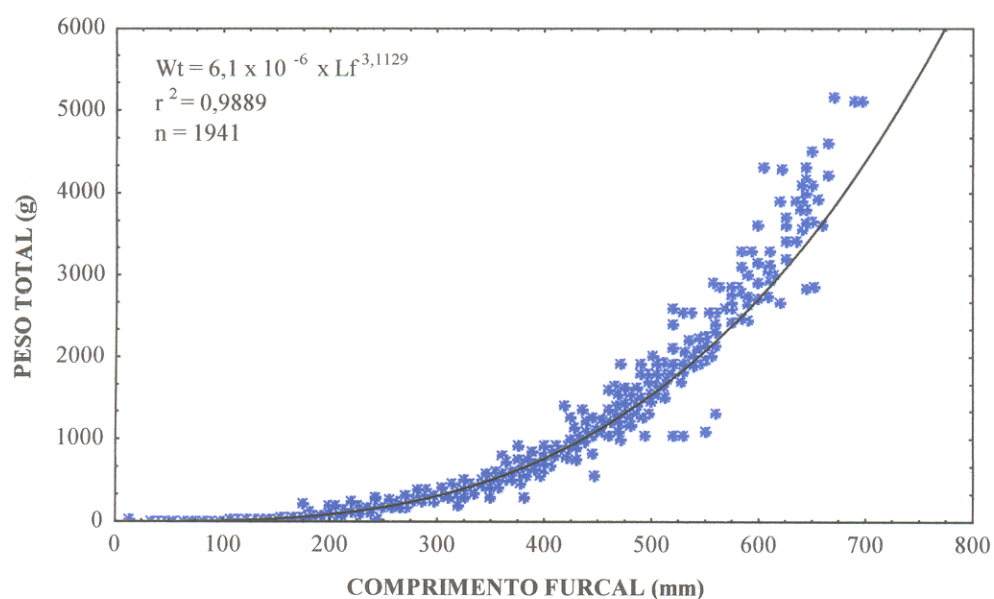


Figura 23 – Relação entre o peso total e o comprimento furcal para o total de exemplares de piramutaba.

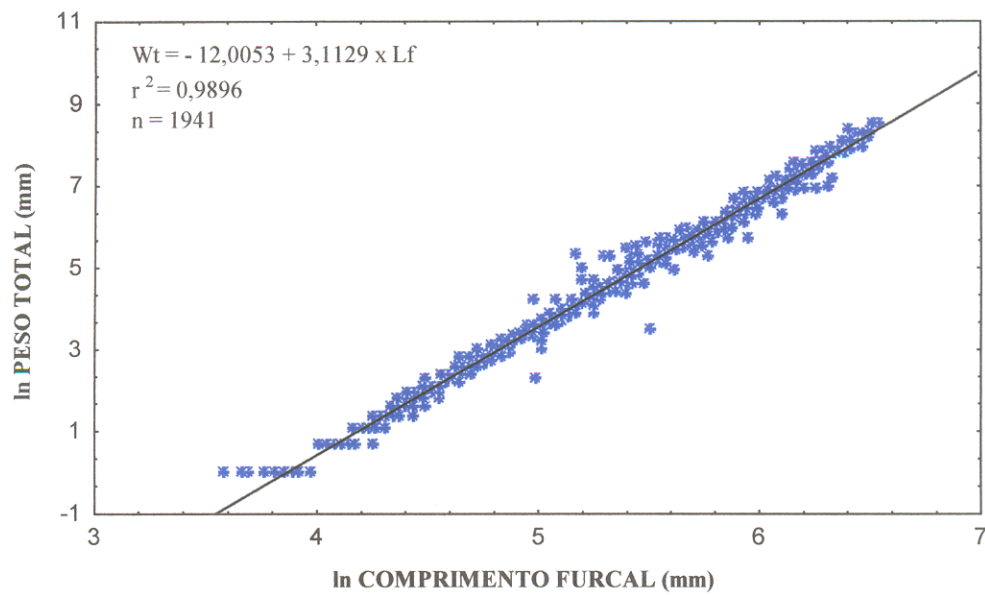


Figura 24 – Relação entre o ln do peso total e o ln do comprimento furcal do total de exemplares de piramutaba.

5.3.2. Proporção entre os sexos

De um total de 807 indivíduos, 460 eram fêmeas e 347 machos. A proporção entre machos e fêmeas é significativamente diferente de 1:1 ($\chi^2=15,82$, $\chi^2_{0,05; 1} = 3,84$; GL=1, $p= 0,000070$). A Figura 25 mostra a proporção de machos e fêmeas utilizada nesta análise. O teste t aplicado aos dados das médias de comprimento revelou que existem diferenças significativas do comprimento furcal entre machos e fêmeas sendo o comprimento das fêmeas superior que o dos machos ($t = 6,66$, GL= 805 e $P<0,05$).

5.3.3. Relação entre o raio da vértebra e o comprimento furcal do peixe

A relação que melhor ajustou o raio da vértebra (RM) e o comprimento furcal (Lf) foi a exponencial. O ajuste entre o logaritmo do comprimento furcal e o logaritmo do raio da vértebra de piramutaba foi obtido discriminando os sexos e para ambos juntos (Tabela 13). O teste t aplicado aos dois coeficientes angulares (machos e fêmeas) mostrou que não existem diferenças significativas entre os sexos ($n = 699$, $GL = 697$, $t = 1,627$ e $P < 0,05$). A relação entre o comprimento furcal e o raio da vértebra de piramutaba para ambos os sexos é apresentada na Figura 26.

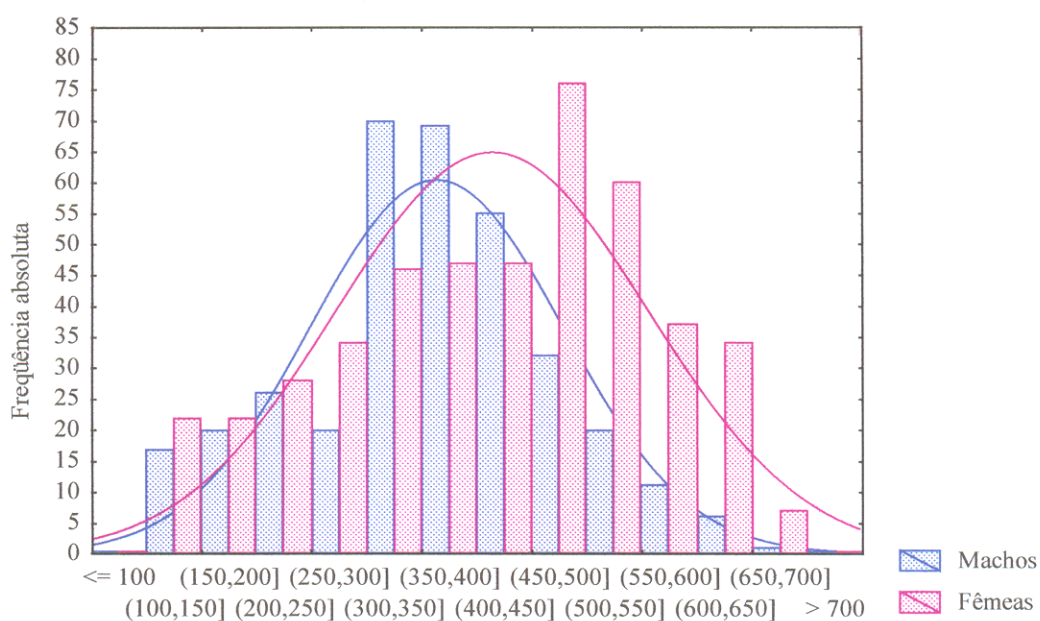


Figura 25 – Gráfico da proporção de machos e fêmeas de piramutaba capturados no estuário amazônico.

Tabela 13 - Resumo da estatística da relação entre o logaritmo do comprimento furcal e do logaritmo do raio da vértebra.

SEXO	b	Sb	Sb ²	r	r ²	n
Fêmeas	0,7549	0,0047	2,209 ⁻⁵	0,9924	0,9848	396
Machos	0,7571	0,0059	3,481 ⁻⁵	0,9910	0,9822	303
Indeterminado	0,8190	0,0098	9,604 ⁻⁵	0,9789	0,9583	308
Total	0,7959	0,0027	7,290 ⁻⁶	0,9944	0,9889	1.007

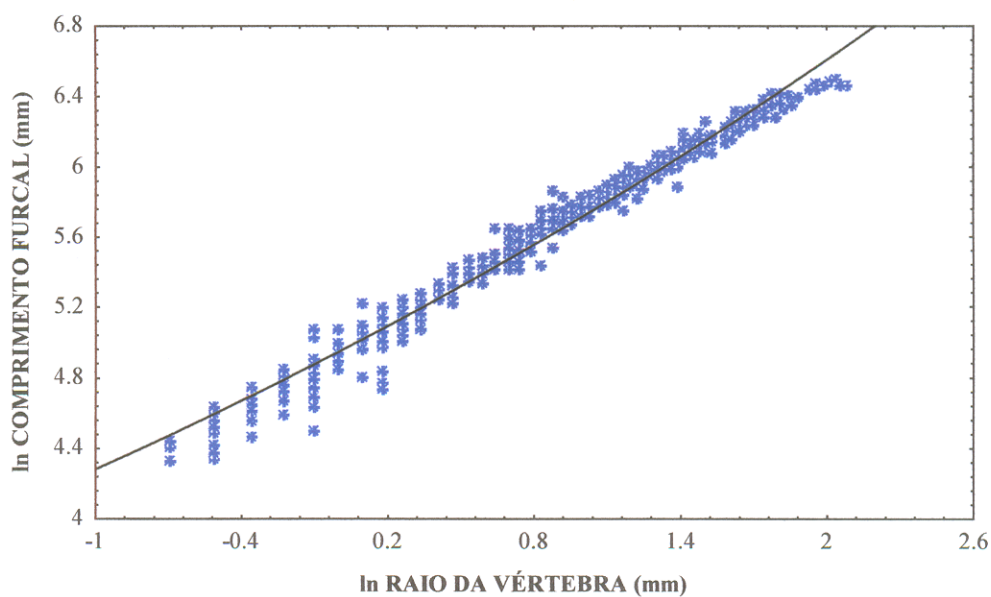


Figura 26 – Relação entre o logaritmo do comprimento furcal com o logaritmo do raio da vértebra de piramutaba.

5.3.4. Estimativa dos parâmetros de crescimento e do índice de performance de crescimento (ϕ)

Os dados de crescimento foram obtidos pelos métodos: (a) contagem do número de anéis considerados nítidos, (b) retrocálculo, (c) decomposição dos raios etários dos anéis considerados nítidos e (d) decomposição das frequências por classes de comprimento. Para isso foram utilizados os dados das Tabelas 7, 8, 9 e 11 do item 4.3 que estão resumidos na Tabela 14.

Os parâmetros de crescimento estimados (L_∞ , k e t_0) estão apresentados na Tabela 15, junto com os parâmetros obtidos por outros autores. O valor de L_∞ foi considerado como sendo o maior comprimento multiplicado por 1/0,95 e o de W_∞ foi estimado a partir de L_∞ e da relação peso e comprimento. Os valores de K neste trabalho variaram de 0,096 a 0,138 e o de t_0 de - 0,239 a - 0,146. O índice de performance de crescimento, o qual compara ao mesmo tempo os valores de K e L_∞ , foi calculado para os diferentes métodos de determinação da idade e comparado com os índices observados por outros autores.

Tabela 14 – Resumo da determinação da idade da piramutaba estimada pelos quatro diferentes métodos: contagem dos anéis em vértebras, retrocálculo, decomposição dos raios dos anéis e distribuição de freqüências por classes de comprimento.

Idade Provável	Contagem de anéis Lf (cm)	Retrocálculo Lf (cm)	Decomposição dos anéis Lf (cm)	Distribuição de freqüências Lf (cm)
1	13,0	12,275	12,01	10,016
2	23,0	20,415	20,06	20,629
3	33,2	29,307	28,57	33,291
4	44,0	39,272	36,55	43,332
5	54,3	49,592	--	50,761
6	--	--	--	56,850
7	--	--	--	63,356

Tabela 15 - Parâmetros de crescimento estimados através de: contagem dos anéis nítidos (can), retrocálculo (rc), decomposição dos anéis nítidos (dan) e distribuição de freqüências (df) e índice de performance de crescimento (ϕ) da piramutaba neste trabalho comparando com os resultados estimados por outros autores.

	L_{∞} (cm)	W_{∞} (g)	K (ano ⁻¹)	t_0	ϕ
Contagem dos anéis nítidos	110,5	13.999,5	0,138	- 0,239	3,227
Retrocálculo	110,5	13.999,5	0,119	- 0,202	3,163
Decompos. dos anéis nítidos	110,5	13.999,5	0,096	- 0,146	3,069
Distribuição de freqüências	110,5	13.999,5	0,127	- 0,236	3,191
Dias-Neto <i>et al.</i> (1981)	71,1	--	0,35	- 0,27	3,248
Barthem & Petrere (1995)	77,28	8.448	0,217	- 0,283	3,112
Barthem & Goulding (1997)	110,5	--	0,10	- 0,829	3,087

O modelo de crescimento de von Bertalanffy para a piramutaba baseado nos quatro métodos pode ser apresentado pelas seguintes expressões:

Contagem dos anéis nítidos

$$L_f = 110,5 [1 - e^{-0,138(t+0,239)}]$$

$$W_t = 13.999,5 [1 - e^{-0,138(t+0,239)}]^{3,1129}$$

Retrocálculo

$$L_f = 110,5 [1 - e^{-0,119(t+0,202)}]$$

$$W_t = 13.999,5 [1 - e^{-0,119(t+0,202)}]^{3,1129}$$

Decomposição dos anéis nítidos

$$L_f = 110,5 [1 - e^{-0,096(t+0,146)}]$$

$$W_t = 13.999,5 [1 - e^{-0,096(t+0,146)}]^{3,1129}$$

Distribuição de frequências

$$L_f = 110,5 [1 - e^{-0,127(t+0,236)}]$$

$$W_t = 13.999,5 [1 - e^{-0,127(t+0,236)}]^{3,1129}$$

5.3.5. Estimativa da esperança de vida

A esperança de vida da piramutaba, estimada a partir da Equação 12 e utilizando os parâmetros de crescimento da Tabela 15 para os diferentes métodos: contagem dos anéis nítidos, retrocálculo, decomposição dos anéis nítidos e distribuição de frequências por classes de comprimento, foram de 21,471 anos; 24,974 anos, 31,062 anos e 23,355 anos, respectivamente.

5.3.6. Curvas de crescimento em comprimento da piramutaba

Na Figura 27 podem ser visualizadas as curvas de crescimento em comprimento da piramutaba obtidas através das equações de crescimento em comprimento pelo método da contagem de anéis etários em vértebras, retrocálculo, decomposição dos anéis nítidos e através do método da distribuição de frequências por classes de comprimento.

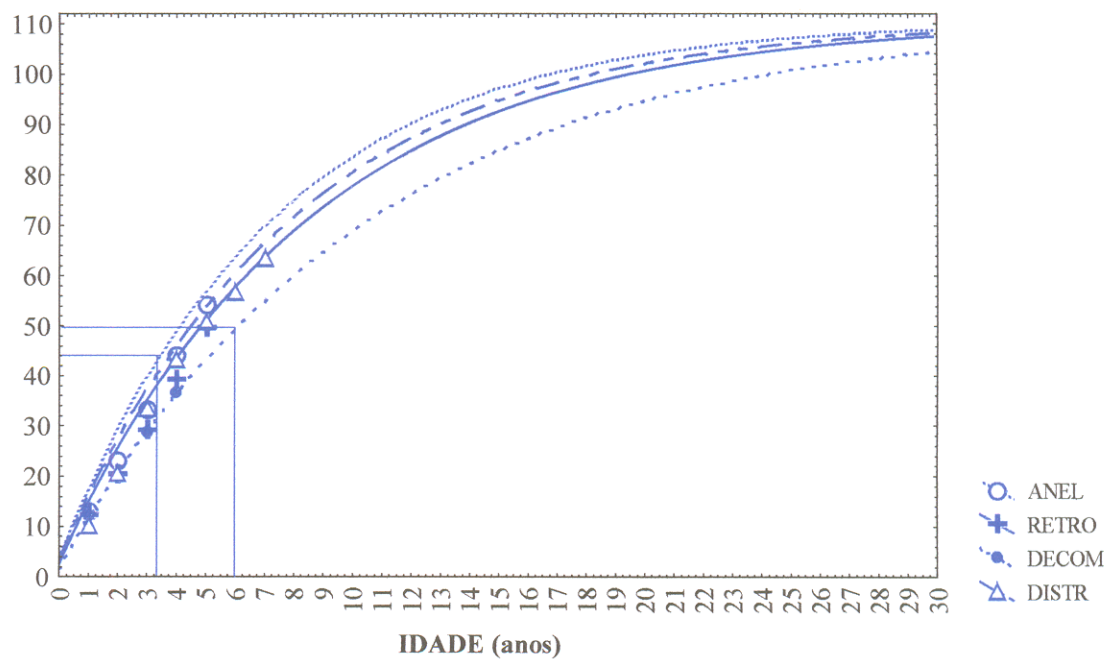


Figura 27 – Curva de crescimento em comprimento da piramutaba estimada através dos quatro diferentes métodos de determinação da idade neste trabalho.

5.4. DISCUSSÃO

A relação exponencial existente entre o comprimento furcal e o peso total da piramutaba para o total de indivíduos, para os indivíduos de sexo feminino e para os indivíduos de sexo masculino descreve o crescimento como sendo alométrico (b difere significativamente de três), condição existente para que seu corpo sofra modificações ao longo do tempo (Ricker, 1975). Para os indivíduos de sexo indeterminado o crescimento foi estimado como sendo isométrico (b não difere significativamente de três). Não há diferenças no crescimento de machos e fêmeas, sendo alométrico. Este resultado corrobora com aquele encontrado por Barthem (1990a).

A hipótese sugerida de que a proporção de machos e fêmeas de piramutabas encontradas no ambiente natural sendo de 1:1 foi rejeitada, sugerindo que o número de fêmeas seja superior ao número de machos no estuário amazônico. Isto pode ter sido devido a uma estratégia reprodutiva ou mais provavelmente a dificuldade de separar os machos dos indivíduos imaturos. O teste t aplicado aos comprimentos furcais de machos e fêmeas mostrou que as fêmeas alcançaram tamanhos superiores que os dos machos. Entretanto, isto não quer dizer que as fêmeas cresçam mais do que os machos, mas sim, que devido ao fato do número de fêmeas ter sido superior que o de machos, por conseguinte, a probabilidade de se encontrar fêmeas maiores do que os machos no estuário amazônico era superior que a de encontrar machos com tamanhos maiores que os das fêmeas.

Pelo fato de a vértebra ter sido a estrutura rígida escolhida para o estudo de determinação da idade da piramutaba (item 4.3.1.), então, esta estrutura foi a

escolhida para a obtenção da relação entre seu raio com o comprimento furcal do peixe. Obteve-se uma boa correlação entre esta estrutura e o comprimento furcal do peixe ($r^2 = 0,9989$ e $P < 0,05$), o que permitiu utilizar esta estrutura rígida para o estudo do retrocálculo.

Os resultados dos parâmetros de crescimento estimados pelos diferentes métodos neste trabalho foram muito parecidos, sugerindo uma grande confiabilidade nestes resultados. Gjøsæter *et al.*, 1984 assegura que quando as curvas de crescimento são similares, isto quer dizer que os resultados obtidos das idades estão corretamente determinados. Foi o que ocorreu neste trabalho com as idades estimadas através da contagem de anéis em vértebras, retrocálculo, decomposição dos raios dos anéis e através da distribuição de frequências por classes de comprimento.

Os valores de k estimados por este trabalho pelos diferentes métodos variam de 0,096 a 0,138 sendo bem menores que o valor de k estimado por Dias-Neto *et al.* (1981) e por Barthem (1990a), entretanto, estes valores podem ser considerados parecidos com o valor estimado por Barthem & Goulding (1997), esta semelhança pode ter sido devido a estes últimos autores terem reavaliado seus dados e terem utilizado o valor de L_{∞} maior que o do estudo anterior. O valor alto de k estimado por Dias-Neto pode ter sido devido a este autor ter utilizado somente em seu estudo a distribuição de frequências por classes de comprimento, que pode ter levado ao erro devido à dificuldade na separação das modas na determinação da idade de indivíduos mais velhos, conseqüentemente superestimando o valor de k .

A estimativa dos parâmetros de crescimento de Barthem & Goulding (1997), utilizando os dados de 1984 e 1985, na qual estes autores avaliaram que a piramutaba estava em estado de ameaça de sobrepesca utilizou os parâmetros muito

parecidos com este trabalho ($k = 0,10 \text{ ano}^{-1}$ e $L_{\infty} = 110,5 \text{ cm}$). Com isto, o estado de sobreexploração da piramutaba se verificou mais grave do que anteriormente se pensava, já que os parâmetros de crescimento são muito parecidos e os dados deste trabalho são de 1996 e 1997, mais de dez anos após a avaliação de sobrepesca de Barthem & Petrere (1995) e de Barthem & Goulding (1997). O tamanho médio desembarcado da piramutaba estimado por Barthem (1990a) para os anos de 1984 e 1985 era de 50,42 cm e 51,68 cm, respectivamente, provavelmente com uma idade de seis anos. Para os anos de 1993, 1994, 1995, 1996 e 1997 o tamanho médio desembarcado foi de 48,2 cm, 44,2 cm, 45,1 cm, 49,9 cm e 42,9 cm, respectivamente (Barthem, Comunicação Pessoal). Para a década de 90 a pesca de piramutaba no estuário capturou indivíduos provavelmente com a metade da idade (três a quatro anos) daquela da década de 80.

Segundo McArthur & Wilson, *apud* Musick (1999) animais que apresentam um valor de k baixo (menor ou igual a 0,10) são considerados vulneráveis. Esta condição se verifica para a maioria dos elasmobrânquios e somente para alguns teleósteos, onde a piramutaba pode estar incluída nesta condição, já que apresentou valores de k baixos, quando comparados com a de outros teleósteos. Por esta razão, a piramutaba pode ser considerada um animal k -estrategista. Segundo Beverton & Holt (1957) existe uma relação inversa entre o valor de k e do comprimento, ou seja, peixes grandes crescem mais lentamente do que peixes pequenos.

Vários são os modelos matemáticos utilizados para ajustar as curvas de crescimento: von Bertalanffy (1938), Taylor (1962), Ursin (1967), Gulland (1976), dentre outros, entretanto, o mais utilizado é o modelo de von Bertalanffy. Isto se deve a este modelo ser o que melhor se ajusta ao crescimento observado na maioria das espécies de peixes (Gulland, 1976) e por isto foi o utilizado neste trabalho.

A esperança de vida da piramutaba estimada através da contagem de anéis em vértebras está em torno dos 21 anos; através do retrocálculo está em torno dos 25 anos; através da decomposição dos anéis está em torno dos 31 anos; e através da distribuição de freqüências por classes de comprimento está em torno dos 23 anos. Estes valores podem ser considerados altos para peixes de água doce. A piramutaba pode ser considerada, então, um animal com crescimento lento e vida longa, o que a tornaria bastante vulnerável, já que com essa característica ela também atingiria a maturidade sexual tardia. Com base nos quatro exemplares de piramutaba coletados sexualmente maduros que mediam entre 42 cm e 64 cm (Barthem & Goulding, 1997; IBAMA, 1999) pode-se afirmar que a piramutaba atinja a maturidade sexual tardiamente para um teleósteo, por volta dos quatro a seis anos. Esta condição a colocaria ainda mais em uma situação de risco. Segundo Parent & Schrini *apud* Musick (1999) o fator mais importante de risco que promoveria a extinção de uma espécie seria a maturidade sexual tardia, sendo os animais k-estrategistas mais vulneráveis.

Entre os peixes de água doce, o valor da taxa de crescimento da piramutaba é muito baixo. Villacorta-Correa (1997) encontrou um valor de k de 0,157 para o tambaqui (*Colossoma macropomum*). Para bagres de água doce, Lózano (1999) encontrou um valor de k de 0,412 para a piracatinga (*Calophysus macropterus*), Isaac *et al.* (1999) encontraram para o surubim-tigre (*Pseudoplatystoma tigrinum*) um valor de k de 0,29. Estes mesmos autores encontraram para a dourada (*Brachyplatystoma flavicans*) e para o surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum*) valores de k de 0,204 e 0,270, respectivamente (Isaac & Ruffino, 1998). Para Taylor (1962) o valor de k poderia ser considerado como um índice de longevidade teórica, onde existiria uma relação

inversa entre os valores de k e L^∞ , ou seja, quanto maiores os valores de k menores os valores de L^∞ .

6. CONCLUSÕES

Este trabalho chegou às seguintes conclusões:

De todas as estruturas rígidas analisadas (acúleos, opérculos, otólitos e vértebras) para a determinação da idade em piramutaba, as vértebras foram consideradas boas indicadoras da idade em piramutaba.

As vértebras de piramutaba mostraram um bom ajuste exponencial entre seu raio e o comprimento furcal do peixe ($r^2 = 0,9889$ e $P < 0,05$).

Provavelmente a piramutaba forma em suas vértebras dois anéis etários por ano.

A relação peso total x comprimento furcal para o total de exemplares mostrou que o crescimento da piramutaba é alométrico, indicando que seu corpo sofre modificações ao longo do tempo (Ricker, 1975). Este resultado corrobora com aquele encontrado por Barthem (1990a).

A equação que descreve a relação entre o comprimento furcal e o peso total de piramutaba é:

$$W_t = 6,1 \times 10^{-6} \times L_f^{3,1129}$$

De acordo com os resultados obtidos pelo teste do χ^2 , a piramutaba não ocorre no estuário amazônico na proporção esperada de 1:1, sendo o número de fêmeas superior ao de machos. Assim como, também, os comprimentos das fêmeas foram superiores aos dos machos, podendo ser devido à seletividade dos aparelhos de pesca, que são menos eficientes para capturar peixes menores ou a dificuldade de separar os machos dos indivíduos imaturos, que representaram parte expressiva dos indivíduos examinados (58%), ou também ao fato de ter havido mais fêmeas do que machos no estuário amazônico fazendo com que a probabilidade de haver fêmeas com comprimentos maiores que machos fosse maior.

As equações que descrevem o crescimento da piramutaba em comprimento são:

$$L_f = 110,5 [1 - e^{-0,138(t+0,239)}] \quad \text{Contagem de anéis}$$

$$L_f = 110,5 [1 - e^{-0,119(t+0,202)}] \quad \text{Retrocálculo}$$

$$L_f = 110,5 [1 - e^{-0,096(t+0,146)}] \quad \text{Decomposição dos anéis}$$

$$L_f = 110,5 [1 - e^{-0,127(t+0,236)}] \quad \text{Distribuição de freqüências}$$

As equações que descrevem o crescimento da piramutaba em peso são:

$$W_t = 13.999,5 [1 - e^{-0,138(t+0,239)}]^{3,1129} \quad \text{Contagem de anéis}$$

$$W_t = 13.999,5 [1 - e^{-0,119(t+0,202)}]^{3,1129} \quad \text{Retrocálculo}$$

$$W_t = 13.999,5 [1 - e^{-0,096(t+0,146)}]^{3,1129} \quad \text{Decomposição dos anéis}$$

$$W_t = 13.999,5 [1 - e^{-0,127(t+0,236)}]^{3,1129} \quad \text{Distribuição de freqüências}$$

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANCO DO BRASIL. CACEX. 1980. Principais produtos exportados pelo estado do Pará. GEP – Secretária de Estado da Fazenda. Coordenadoria de Informações Econômico – Fiscais.
- BARTHEM, R. B. 1990a. **Ecologia e pesca da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*)**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 268 p.
- BARTHEM, R. B. 1990b. Descrição da Pesca da Piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*, Pimelodidae) no Estuário e na Calha do rio Amazonas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, 6 (1): 119-131 p.
- BARTHEM, R. B. 2000. Situação do Manejo das Pescarias dos Grandes Bagres Amazônicos no Brasil, p. 33-56. *In: Informe del Taller Regional sobre Manejo de las Pesquerias de Bagres Migratorios del Amazonas*. Programa de Cooperacion Gubernamental FAO/Noruega. GCP/INT/648/NOR Informe de Campo F-5 (Es).103 p.
- BARTHEM, R. B. & GOULDING, M. 1997. **The catfish connection**. Columbia Press. New York. 144 p.
- BARTHEM, R. B. & PETRERE, M. Jr. 1995. Fisheries and Population Dynamics of the Freshwater Catfish *Brachyplatystoma vaillantii* (Pimelodidae) in the Amazon Estuary. *In: Condition of the World's Aquatic Habitats. Proceedings of World*

Fisheries Congress, Theme 1. Armantrout, N. B. (ed.). Oxford & IBH Publishing Co. PVT. LTD. New Delhi. p. 329-340.

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

BARTHEM, R. B. & SCHWASSMANN, H. O. 1994. Amazon River influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins river estuary, Brazil, 1983-1985. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia**, **10** (1): 119-130.

BEAMISH, R. J. 1981. Use of fin-ray sections to age Walleye Pollock, Pacific Cod, and importance of this method. **Transactions American Fisheries Society**, **110**: 287-299.

BEAMISH, R. J. & D. E. CHILTON. 1977. Age determination of lingcod (*Ophiodon elongatus*) using dorsal ray and scales. **Journal Fisheries Research Board Canadian.**, **34**: 1305-1313.

BEAMISH, R. J. & G. A. McFARLANE. 1983. The Forgotten Requirement for Age Validation in Fisheries Biology. **Transactions American Fisheries Society**, (12): 735-743.

BEAMISH, R. J. & G. A. McFARLANE. 1990. Current trends in age determination methodology, p. 15-42. *In: The Age and Growth of Fishes.* (Summerfelt, R.C. and Hall, G.E., Eds.). Iowa State University Press, Ames, IA. U.S.A. 544 p.

- BEVERTON, R. J. H. & HOLT, S. J. 1957. A review of the life spans and mortality rates in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. **Ciba Found. Colloq. Ageing.**, 5: 142-177.
- BRAGA, M. I. O. 1997. **Idade, crescimento e outros aspectos de la dinâmica populacional do curimatá *Prochilodus nigricans* da Amazônia central.** Dissertação INPA/FUA. Manaus 92 p.
- BROTHERS, E. B. 1987. Methodological approaches to the examination of otoliths in ageing studies. *In: The Age and Growth of Fishes.* (Summerfelt, R.C. and Hall, G.E., Eds.). Iowa State University Press, Ames, IA. U.S.A. 544 p.
- BURGESS, W. E. 1989. **An Atlas of Freshwater and Marine Catfishes. A Preliminary Survey of the Siluriformes.** Neptune City, EUA: T. F. H. Publications, 784 p.
- BUSACKER, G. P.; ADELMAN, I. R. & GOOLISH, E. M. 1990. Growth. *In: Methods for fish biology.* Schreck, C. B. & Moyle, P. B. (eds.). Bethesda, Maryland, USA. **American Fisheries Society.** p. 117-158.
- CAMPANA, S. E. 1983. Calcium deposition and otolith check formation during periods of stress in Coho Salmon *Oncorhynchus kisutch*. **Comp. Biochim. Physiol.**, 75 A: 215-220.
- CARLANDER, K. D. 1990. A history of scale and growth studies of North American freshwater fish, p. 3-14. *In: Age and Growth of Fishes.* R. C. Summerfelt and G. E. Hall (eds.). Second printing. Iowa U.S.A. 544 p.
- CASSELMAN, J. M. 1974. Analysis of hard tissue of pike (*Esox lucius*) (Bagenal, L. T. B., Ed.). **Ageing of Fish. Aquat. Sci.** 60.

- CASSELMAN, J. M. 1978. **Calcified tissue and body growth of northern pike (*Esox lucius*, Linnaeus)**. Ph. D. Thesis, University of Toronto.
- CASSELMAN, J. M. 1979. The esocid cleithrum as an indicator calcified structure. *In: Proc. 10 th Warm Water Workshop* (Duke, J. and Gravel, Y., Eds.) Spec. Publ. N. E. American Fisheries Society., 249-171.
- CASSELMAN, J. M. 1983. Age and Growth Assessment of Fish from Their Calcified Structures - Techniques and Tools. p. 1-18. *In: Proceedings of International Workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes and sharks.* (Prince, E. D. and Pulos, L. M. Eds.). NOAA Technical Report 8, Washington, DC.
- CASSELMAN, J. M. 1990. Growth and relative size of calcified structures of fish. **Transactions American Fisheries Society., 119: 673-688.**
- CHILTON, D. E. & BEAMISH, R. J. 1982. Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station. **Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., (60): 102 p.**
- CHUGUNOVA, N. I. 1963. Age and growth studies in fish. Office of Tech. Serv. Washington, D.C.
- DEGENS, E. T.; DEUSER, W. G. & HAEDRICH, R. L. 1969. Molecular structure and composition of fish otoliths. **Mar. Biol. 2: 105-113.**
- de PINNA, M. C. C. 1998. Phylogenetic Relationships of Neotropical Siluriformes (Teleostei: Ostariophysi): Historical Overview and Synthesis of Hypotheses. *In: Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes.* Malabarba, L. R.; Reis, R.

E.; Vari, R. P.; Lucena, Z. M. S. & Lucena, C. A. S. (eds.). Porto Alegre, Brasil. Editora Universitária – EDIPUCRS. p. 279-330.

DIAS-NETO, J.; JESUS, D. S. & RIBEIRO, R. C. 1981. Relatório do grupo de trabalho da piramutaba. P. 271-301. *In: SUDEPE-PDP Relatório do segundo encontro do grupo de trabalho de treinamento (GTT) sobre avaliação dos estoques.* Tamandaré (PE), de 29 de Junho a 24 de Julho de 1981.

FAO. 1981. Methods of Collecting and Analyzing Size and Age Data for Fish Stock Assessment. **FAO Fish. Circ.**, (736): 104 p.

FONTELES FILHO, A. A. 1989. **Recursos Pesqueiros. Biologia e Dinâmica Populacional.** Imprensa Oficial do Ceará Fortaleza. Ceará-Brasil. 296 p.

GAYANILO Jr., F. C. & PAULY, D. 1997. **The FAO – ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) Reference manual.** *FAO Computerized Information Series*, N° 8 (Fisheries). 262 p.

GJØSAETER, J.; DAYARATNE, P.; BERGSTAD, O. A.; GJØSAETER, H.; SOUSA, M. I. & BECK, I. M. 1984. Ageing tropical fish by growth rings in the otoliths. **FAO Fish. Circ.**, 776, 54 p.

GULLAND, J. A. 1976. **Manual of Methods for Fish Stock Assessment**, Part 1. *Fish Population Analysis*. 4 Ed. FAO, Rome, 154 p.

HETCH, T. 1980. Age, growth, reproduction and mortality of the butter-catfish *Eutropius depressirostris* (Schilbeidae: Pisces) in the Luphephe Uwanedzi Impoundment, Venda (South Africa). **J. Limnol. Soc. Sth. Afr.**, 6 (1): 39-45.

IBAMA, 1999. V Reunião do grupo permanente de estudos sobre a piramutaba: realizada em Belém de 26 a 29 de agosto de 1997 / Instituto Brasileiro do meio

Ambiente e dos Recursos Naturais renováveis, Centro de Pesquisa e Extensão
Pesqueira do Norte do Brasil. Brasília: Ed. IBAMA, 92 p.

ISAAC, V. J.; RUFFINO, M. L. & McGRATH, D. 1998. In Search of a New Approach
to Fisheries Management in the middle Amazon Region. **Fishery Stock
Assessment Models**. Alaska Sea Grant College Program-Ak-SG-98-01. p. 889-
902.

ISAAC, V. J. & RUFFINO, M. L. 1999. Dinâmica populacional do surubim-tigre,
Pseudoplatystoma tigrinum (Valenciennes, 1846) no médio Amazonas
(Siluriformes: Pimelodidae). **Acta Amazônica** 29 (3): 463-476.

JEARLD, Jr. A. 1983. Age Determination. *In*: B. R. Murphy and D. W. Willis, (eds.).
Fisheries Techniques, 2nd edition. **American Fisheries Society**, Bethesda,
Maryland U.S.A.

JICA. 1998. Draft final report for the fishery resources study of the Amazon and
Tocantins River mouth areas in the Federative Republic of Brazil. Sanyo Techno
Marine, Inc. Tokyo. 334 p.

KING, M. 1995. **Fisheries biology, assessment and management**. Fishing News
Books. London. 343 p.

LAGLER, K. F.; J. E. BARDACH; R. R. MILLER & D. R. M. PASSINO. 1977.
Ichthyology. John Wiley & Sons. New York. 506 p.

LAI, H. L. & LIU, H. C. 1979. Age determination and growth of red snapper, (*Lutjanus
sanguinius*) in the north Australian waters. **Acta Ocean. Taiwanica** 10: 160-170.

LAI, H. L.; GALLUCCI, V. F.; GUNDERSON, D. J. & DONNELLY, R. F. 1996. Age
determination in fisheries: methods and applications to stock assessment. *In*:
Stock Assessment: Quantitative methods and applications for small-scale

- fisheries.** Gallucci, V. F.; Saila, S. B.; Gunderson, D. J. & Rothschild, B. J. (eds.). CRC Press, 82-178 p.
- LEE, D. W.; PRINCE, E. D. & CROW, M. E. 1983. Interpretation of growth bands on vertebrae and otoliths of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. p.61-70. *In: Proceedings of International Workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes and sharks.* (Prince, E. D. and Pulos, L. M. Eds.). NOAA Technical Report 8, Washington, DC.
- LOWE-McCONNELL, R. H. 1998. **Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais.** São Paulo, Edusp, 536 p.
- LÓZANO, A. P. 1999. **Idade e crescimento da piracatinga: *Calophysus macropterus*, Lichtenstein, 1819 (Pisces: Pimelodidae), na Amazônia Central.** (Dissertação de Mestrado) INPA/UFAM. Manaus. 87 p.
- McFARLANE, G. A. & R. J. BEAMISH. 1987. Validation of the dorsal spine method of age determination for spiny dogfish, p. 287-300. *In: Age and Growth of Fishes.* R. C. Summerfelt and G. E. Hall (eds.). Second printing. Iowa U.S.A. 544 p.
- MENON, M. D. 1953. The determination of age and growth of fishes in tropical and subtropical waters. **Bombay Nat. Hist. Soc., 51:** 623-635.
- MOREAU, J. 1975. Essai d'interprétation des annuli observés sur les écailles de *Tilapia nilotica* et *Tilapia rendalli* des lacs des hauts plateaux Malgaches II. Observations sur *Tilapia rendalli* au lac Alaotra. **Ann. Hydrobiol. 6 (2):** 93-101.
- MOYLE, P. B. & CECH, J. J. Jr. 1982. **Fishes: An introduction to Ichthyology.** Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 593 p.

- MUÑOZ-SOSA, D. 1996. **Age Structure and Exploitation of Giant Catfish Populations (*Brachyplatystoma* spp.) in the Lower Caqueta River, Colombia.** (Dissertação de Mestrado) New York U.S.A. 100 p.
- MUSICK, J. A. 1999. Ecology and conservation of long-lived marine animals. **Amer. Fish. Soc. Symp.**, **23**: 1-10. Gloucester Point, Virginia, USA.
- NEKRASOV, V. V. 1980. The causes of annulus formation in tropical fishes. **Hydrobiological Journal**, **15** (2): 35-39.
- NELSON, J. S. 1994. **Fishes of the World.** Third Edition. 600 p.
- PANNELA, G. 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. p. 28-39. *In*: T. B. Bagenal (ed.). **Ageing of Fish.**, Proceeding of an International Symposium, Reading, England. Unwim. Brothers Ltd., England. 233 p.
- PAULY, D. 1984. **Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators.** *ICLARM.* Living Aquatic Resources Management, Manila. 325 p.
- PAULY, D & MUNRRO, J. L. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *FISHBYTE*. 2, 21.
- PETRERE, Jr. M. 1983. Yield per recruit of the tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Amazonas State, Brazil. **J. Fish. Biol.**, **22**: 133-144.
- RICKER, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, **191**: 1-382.
- SIOLI, H. 1984. The amazon and its main affluents: Hidrography, morphology of the river courses, and river types. *In*: **The Amazon: Limnology and landscape**

- ecology of a mighty tropical river and its basin.** Sioli, H. (ed.). Dordrecht, The Netherlands. p. 127-165.
- SPARRE, P. & VENEMA, S. C. 1997. **Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais.** Parte 1 – Manual. *FAO Fisheries Technical Paper 306/1 Rev.2*, 404 p.
- SUDAM. 1984. Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira: projeto de hidrologia e climatologia da Amazônia. Belém, 125p.
- TAYLOR, C. C. 1962. Growth equation with metabolic parameters. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, 27: 270-286.
- URSIN, E. 1967. A mathematical model of some aspects of fish growth, respiration and mortality. **Journal Fisheries Research Board Canadian.**, 24, 2355-2453.
- VILLACORTA-CORREA, M. 1987. **Crescimento do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) (Teleostei, Characidae) no baixo rio negro, seus afluentes e no baixo rio Solimões.** (Dissertação de Mestrado) INPA / FUA. Manaus 124 p.
- VILLACORTA-CORREA, M. 1997. **Estudo de idade e crescimento do tambaqui *Colossoma macropomum* (Characiformes: Characidae) no Amazonas Central, pela análise de marcas sazonais nas estruturas mineralizadas e microestruturas nos otólitos.** (Tese de Doutorado) INPA / UFAM. Manaus. 217 p.
- von BERTALANFFY, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. **Hum. Biol.** 10: 181-213.
- WILLIAMS, T. & BEDFORD, B. C. 1974. The use of otoliths for age determination, p. 114-123. *In*: T. B. Bagenal (Ed.). **Ageing of fish.** Proceeding an International

Symposium. Unwim Brothers Limited. The Gresham Press, Old Woking, Surrey, England. 234 p.

WOOTTON, R. J. 1990. **Ecology of teleost fishes**. London-New York, Chapman and Hall. 404 p.

ZAR, J. H. 1999. **Biostatistical Analysis**, 4 ed. New Jersey; Prentice Hall, 718 p.

ANEXOS

ANEXO 2

Records of Specimens for Embedding

Scientific Name: _____ Date: _____

Age Character: _____ Recorder: _____ Sheet No.: _____

7	6	5	4	3	2	1
---	---	---	---	---	---	---

Basement

7	6	5	4	3	2	1
---	---	---	---	---	---	---

1st layer

7	6	5	4	3	2	1
---	---	---	---	---	---	---

2nd layer

7	6	5	4	3	2	1
---	---	---	---	---	---	---

3rd layer

	Plastic powder	Plastic liquid
Basement	3g	1.9g
1 st layer	4g	2.3g
2 nd layer	4g	2.3g
3 rd layer	4g	2.3g
Upper layer	3g	1.9g

