

# **CRESCIMENTO DO BONITO LISTRADO (*Katsuwonus pelamis*) E UM MÉTODO PARA A CORREÇÃO DE VÍCIOS DECORRENTES DA VASCULARIZAÇÃO CENTRAL DOS ESPINHOS DAS NADADEIRAS DORSAIS**

**ANDRADE, H. A.; ABREU-SILVA, J. L. & M. DUARTE-PEREIRA**

**Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar,  
Rua Uruguai, 458. CEP 88303 - 202. Itajaí - SC, Brasil**

## **RESUMO**

Espinhas da nadadeira dorsal são freqüentemente usados em estudos da idade e do crescimento de tunídeos. No entanto, existem tecidos vasculares na região central dos espinhos que dificultam a estimativa do número de incrementos de crescimento. Alguns incrementos de crescimento podem ser consumidos à medida que o organismo e a área vascularizada crescem. Dessa forma as estimativas de idade podem ser viciadas (i.e. subestimativas). No presente trabalho propomos métodos para atenuar os vícios nas estimativas de idade de atuns, e mostramos uma aplicação do mesmo para o caso do bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*), que é um dos principais recursos pesqueiros mundiais. As estimativas de crescimento obtidas com o uso de nosso melhor método corretivo ( $L_{\infty} = 97,9$  cm;  $k = 0,14$  por ano;  $t_0 = -0,071$  anos;  $r^2 = 0,71$ ) foram bem diferentes das estimativas obtidas com dados não corrigidos ( $L_{\infty} = 80,6$  cm;  $k = 0,25$  por ano;  $t_0 = -1,94$  anos;  $r^2 = 0,27$ ). Se os resultados do método corretivo são tomados como mais confiáveis que os demais, a opinião científica atual sobre o ciclo de vida do bonito deveria ser revista. O bonito teria maior ciclo de vida, alcançaria maiores comprimentos, e cresceria mais lentamente do se poderia deduzir baseado nos procedimentos tradicionais. Os modelos de regressão múltipla são uma boa ferramenta para a correção de estimativas de idade, quando é difícil a identificação dos incrementos de crescimento em parcelas da estrutura de aposição (e.g. espinho) analisada.

**Palavras Chave:** Crescimento, Vascularização, *Katsuwonus pelamis*

## **SKIPJACK TUNA (*Katsuwonus pelamis*) AND A METHOD TO REDUCE BIASES CAUSED BY CENTRAL BLOOD VASCULARIZATION IN THE DORSAL SPINES**

### **ABSTRACT**

The dorsal spines are often used in studies on the age and growth of tuna. However, there are vascular tissues in the central area of the spines that make difficult the estimation of the number of growth increments. Some growth increments are missed as the organism and as the central vascular tissue grows. Therefore the age estimations can be biased (i.e. underestimation). In this work we propose methods to minimize the biases in the age estimation of tunas, and we show an application for the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), which is a very important fishery resource. The growth estimations using the best corrective method ( $L_{\infty} = 97,9$  cm;  $k = 0,14$  por ano;  $t_0 = -0,071$  anos;  $r^2 = 0,71$ ) were very different from that gathered by not trying to minimize the biases ( $L_{\infty} = 80,6$  cm;  $k = 0,25$  por ano;  $t_0 = -1,94$  anos;  $r^2 = 0,27$ ). If the results from the corrective method are more reliable than the others, the scientific opinion on the skipjack life history should change. The skipjack would have a longer life history, reaches larger sizes, and grows slower than

one could deduce relying on the traditional estimation procedure. The multiple regressions are good tools to correct aging estimates, when it is difficult to identify growth increments in a part of the aposition structure (e.g. spine) being analyzed.

**Keywords:** Growth, *Katsuwonus pelamis*

## INTRODUÇÃO

O bonito listrado, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) é migratório e possui ampla distribuição, ocorrendo em todos os oceanos tropicais e subtropicais. Devido à quantidade desembarcada e ao valor comercial, o bonito atualmente é um dos principais recursos pesqueiros no mundo (FAO, 2002).

O manejo de recursos pesqueiros depende primordialmente de conhecimentos sobre a dinâmica populacional das populações exploradas que permitam que avaliações da biomassa do estoque possam ser feitas. Entretanto, no caso do bonito listrado capturado no sudoeste do Atlântico Sul, a despeito de sua importância para a indústria pesqueira brasileira (Andrade, 1998), não há estimativas de crescimento disponíveis no momento. As únicas estimativas existentes correspondem a dados de vinte anos atrás (Vilela & Castello, 1990).

As estimativas de idade em peixes são normalmente obtidas a partir da contagem de incrementos de crescimento, usualmente denominados de anéis, depositados em alguma estrutura óssea do organismo. A estrutura óssea usada com maior frequência para o estudo de teleósteos são os otólitos (Campana, 2001). No entanto, no caso dos tunídeos, a coleta do otólito é difícil e o uso do espinho da nadadeira dorsal se tornou comum (e.g. Cayré *et al.*, 1986; Chur & Zharov, 1986; Vilela & Castello, 1991).

Apesar de haver uma série de trabalhos em que houve sucesso no uso do espinho para a estimativa da idade, algumas dúvidas permanecem em virtude da existência de uma região central vascularizada nesta estrutura. À medi-

da que o espinho cresce com a deposição de novas camadas, a vascularização central também aumenta e dificulta a identificação dos anéis iniciais depositados na área central (Vilela & Castello, 1991). O consumo de anéis na região central introduz vícios nas estimativas dos parâmetros de crescimento, uma vez que as idades seriam subestimadas para peixes em que a vascularização é muito ampla. Portanto neste trabalho são propostos novos procedimentos para corrigir/minimizar os vícios gerados pela vascularização, e ao final são apresentados parâmetros de crescimento mais acurados para o bonito listrado. A obtenção de parâmetros de crescimento mais realistas deve propiciar que análises mais elaboradas, visando o manejo do estoque, possam ser realizadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Amostragem*

As amostras de espinhos de bonito listrado foram obtidas a partir das capturas comerciais da frota de vara e isca viva que operou no sul e sudeste brasileiro, e que realizou desembarques nos municípios de Itajaí e Navegantes no Estado de Santa Catarina (Figura 1), onde é desembarcada 65% da produção nacional. Portanto a amostragem nestes dois portos é representativa da parcela do estoque oeste explorada no Atlântico Sul. Durante as amostragens foram tomadas medidas de peso total em gramas e comprimento total em centímetros e também foi coletado o primeiro espinho da primeira nadadeira dorsal de 312 indivíduos entre maio de 1995 e novembro de

1996 (Tabela 1). Para incluir indivíduos com comprimentos menores que o tamanho comercial foi também realizada uma amostragem de uma parcela da captura considerada como “rejeito” da pescaria no ano de 1997. Esse rejeito de pesca foi obtido mediante negociação com mestres de algumas embarcações. Não há registro do mês de procedência dessas amostras.

### Processamento dos Espinhos

Após a coleta os espinhos foram congelados, limpos de forma que restasse somente o tecido ósseo e conservados em álcool a 70%. Os espinhos limpos foram então incluídos em resina plástica transparente. O bloco de resina foi cortado com uma serra circular de baixa rotação (ISOMET), dotada de lâmina diamantada. Em cada espinho foram efetuados cortes transversais paralelos na porção posterior ao cõndilo basal para a produção de duas fatias com 1mm e 0,8mm de espessura, respectivamente. As secções obtidas foram montadas em lâminas de microscopia com cola Enthelan (Merck) e observadas em uma lupa estereoscópica (aumento 14,7X, e quando necessário, 33X), conectada a um sistema de

Tabela 1 - Número de indivíduos utilizados para estimativa da idade, conforme o ano e mês. A amostra de 1997 corresponde ao rejeito de pesca.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1995	--	--	--	--	21	26	50	9	--	18	--	--	124
1996	17	13	16	15	15	20	13	--	8	9	27	--	153
1997													35
Total													312

análise de imagens (Image-Pro Plus). As imagens dos cortes foram então armazenadas em arquivos digitais.

Sob luz incidente em um fundo escuro, as secções dos espinhos mostram uma sequência alternada de bandas opacas (claras) e translúcidas (escuras) (terminologia proposta por Casselman, 1983), uma região central vascularizada, e um núcleo às vezes pouco visível. O par de bandas, opaca mais translúcida, é normalmente denominado de anel ou incremento de crescimento.

Para as contagens de anéis e a tomada de algumas medidas de distância no espinho foi utilizado um sistema de análise de imagens. Foram medidos a altura do corte e os diâmetros do espinho e da área vascularizada (Figura 2 a).

A divisão das medidas de diâmetro DE e DV por 2 resulta diretamente em estimativas do raio do espinho (RE) e da vascularização (RV), úteis para a análise pretendida (ver abaixo item referente a vascularização). A medida HC (altura do espinho) foi útil para a estimativa um índice para categorização dos cortes dos espinhos segundo seu formato, alongado ou não. A busca por esse índice foi motivada pela grande variedade de formatos dos espinhos (Figura 2 b), o que poderia vir a influenciar a quantidade de anéis não visíveis na área vascularizada.

### Verificação e Validação

Uma avaliação das fontes de erros em estruturas de deposição pode ser realizada pela comparação de leituras independentes (Campana & Jones, 1992; Campana, 2001). Portanto cada espinho foi analisado por dois leitores independentes, sendo que a contagem

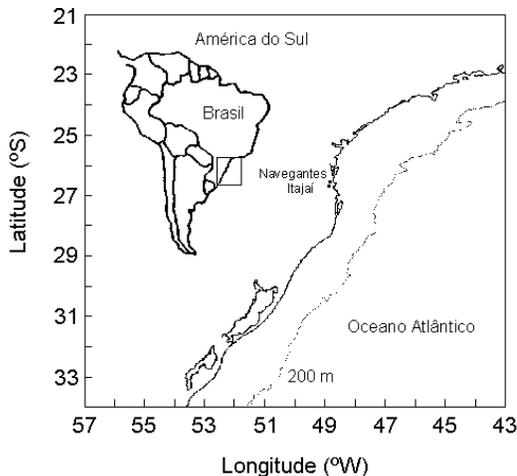


Figura 1 - Área de pesca usualmente explotada pela frota de vara e isca viva que realiza desembarques em Itajaí e Navegantes (SC).

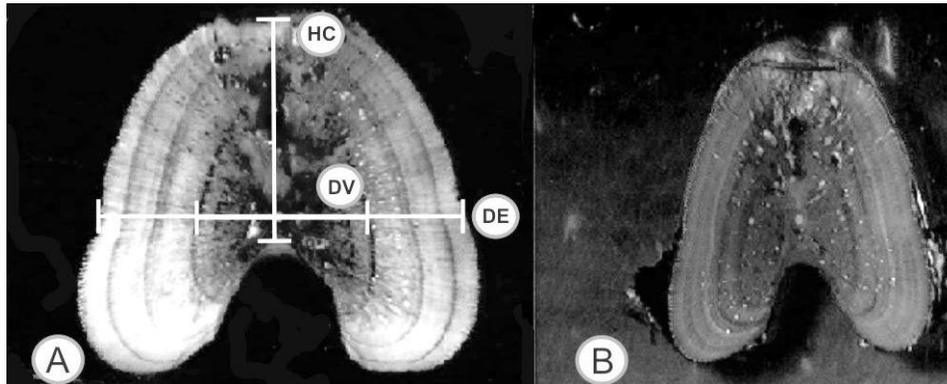


Figura 2 - Cortes transversais de espinhos de bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) alongados no sentido horizontal (A) e no sentido vertical (B). As medidas indicadas no corte da esquerda são: (HC) altura do corte, (DV) diâmetro da área vascularizada e (DE) diâmetro do espinho.

dos anéis foi realizada somente na área não vascularizada (Figura 2). O coeficiente de variação (CV) (Chang, 1982) foi utilizado como critério para a verificação da precisão das leituras na área não vascularizada e do nível de concordância entre os dois leitores.

A periodicidade e a época de formação dos anéis de crescimento foram investigadas através da análise da variabilidade temporal na dominância de bordas opacas e translúcidas nos cortes dos espinhos. Esse método simples tem sido utilizado amplamente para validar anéis como índices de idade em adultos (Geffen, 1992). Para utilização desse método os dados foram agrupados por mês e então foram calculadas as frequências percentuais dos tipos de borda. Caso ocorra uma alternância ao longo do ano, ou seja, um período dominado por bordas translúcidas e outro por bordas opacas, então haveria indicativos de que há formação de um anel por ano.

#### *Vascularização e Estimativa do Número de Anéis*

Três abordagens diferentes foram utilizadas no tratamento dos dados para a estimativa do número de anéis de cada espinho: a) sem correção, b) regra de proporção simples, e c) modelo de regressão múltipla. Nos dois últimos procedimentos são aplicados métodos

para a correção/minimização dos vícios introduzidos pela vascularização.

a) Sem correção: É considerado que não há anéis na área vascularizada, o que significa assumir que qualquer leitor é capaz de fazer uma contagem razoavelmente precisa, mesmo com a presença da vascularização. Nesse caso o total de número de anéis do espinho (NAT) seria equivalente ao número de anéis lidos na área legível (NAL), fora da área vascularizada.

b) Regra de proporção simples: É considerado que há anéis de difícil visualização dentro da área vascularizada, mas que os padrões de deposição (número de anéis por raio) na área vascularizada e legível, são similares. Portanto para cada espinho o número de anéis na área vascularizada (NAV) seria

$$(1) \quad NAV = NAL / RL * RV$$

onde RV é o raio da área vascularizada e RL, é o raio da área legível, dado por

$$(2) \quad RL = RE - RV$$

O número total de anéis no espinho seria finalmente a soma do número de anéis li-

dos na área legível com o número de anéis estimados para a área vascularizada

$$(3) \quad \text{NAT} = \text{NAL} + \text{NAV}$$

c) Modelo de regressão múltipla: É considerado que há anéis de difícil visualização dentro da área vascularizada e faz-se uso de algum modelo para fazer predições sobre a quantidade de anéis dentro da região afetada pela vascularização. Para tanto a primeira etapa seria a estimativa das variáveis independentes (i.e. explicativas), que auxiliariam na predição do número de anéis dentro da área vascularizada. Nós levamos em conta as variáveis RL, RE e ainda uma terceira denominada de índice de formato (IF) dada por

$$(4) \quad \text{IF} = \text{HC}/\text{RE}$$

onde HC é a altura do corte do espinho como mencionado anteriormente. Quanto maior o valor de IF, mais alongado é o espinho no sentido vertical (Figura 2).

A próxima etapa seria o ajuste de um modelo para se fazer previsões sobre o número de anéis lidos (NAL) (variável resposta) em função das diversas variáveis explicativas consideradas (i.e. RE, RL e IF). O modelo linear utilizado é dado por

$$(5) \quad \log(\text{NAL}) \sim (\text{RL} + \text{RE} + \text{IF})^2 + \varepsilon$$

Foi usada uma transformação logarítmica de NAL com o objetivo de aproximar a distribuição da variável resposta a uma distribuição normal. Portanto assumimos que  $\varepsilon$  é uma variável aleatória normal com média zero e variância  $\sigma^2$ . O símbolo “^2” em (5) é um indicativo de que além dos efeitos isolados das diferentes variáveis explicativas (e.g. RE), também foram consideradas as interações de segunda ordem entre as variáveis.

O AIC (“Akaike Information Criterion”) (Akaike, 1974) foi utilizado como critério para a seleção das variáveis que seriam relevantes.

Nesse procedimento o ponto inicial é o cálculo do AIC para o modelo completo (com todas as variáveis explicativas e interações). Posteriormente, são feitos testes com a exclusão subsequente de diferentes interações e variáveis. Caso o AIC calculado depois da exclusão seja menor do que o do modelo completo, a interação ou variável explicativa testada é definitivamente excluída do modelo. O procedimento se repete até que não haja mais exclusões e um modelo final seja eleito (McCullagh & Nelder, 1989). O modelo eleito é então utilizado para se fazer previsões sobre o número de anéis consumidos na área vascularizada.

Houve um momento no passado na vida do peixe em que o espinho todo tinha o diâmetro da área vascularizada somente. O problema se resume então a estimar o número de anéis esperados para um espinho hipotético com o diâmetro total equivalente ao da área vascularizada de hoje. Para tanto utilizamos o modelo ajustado (5) e assumimos que o raio do espinho hipotético (RE’) e da área legível no passado (RL’) são iguais ao raio da área vascularizada de hoje (RV) [RE’ RL’ = RV]. O índice de formato no passado (IF’) é tomado como equivalente ao índice atual (IF). Ao final nossa predição com as variáveis RE’, RL’ e IF’ seria uma aproximação do número de anéis esperados para um espinho do tamanho da área vascularizada de hoje, que é também uma estimativa do número de anéis dentro da área vascularizada. O modelo na forma preditiva seria:

$$(6) \quad \log(\text{NAV}) \sim (\text{RL}' + \text{RE}' + \text{IF}')^2 + \varepsilon$$

Desta forma a estimativa do total de anéis (NAT) esperado para o espinho pode ser obtida novamente pelo uso da equação 3.

#### *Estimativa dos Parâmetros de Crescimento*

Os parâmetros de crescimento foram obtidos através do ajuste do modelo de von Bertalanffy (1938) tradicionalmente usado para peixes, incluindo o bonito listrado (Shabotiniets,

1968 *apud* Wild & Hampton, 1991; Chur & Zharov, 1983; Cayré *et al.*, 1986; Vilela & Castello, 1991) e outros tunídeos (Megalofonou, 2000; Megalofonou *et al.*, 2003). O modelo é descrito por:

$$(7) \quad L(t) = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}) + \varepsilon$$

onde  $L(t)$  é o comprimento total na idade  $t$ ,  $L_{\infty}$  (é o comprimento assintótico,  $k$  é a constante que representa a taxa com a qual o peixe alcança o comprimento assintótico e  $t_0$  é o intercepto no eixo da variável independente (i.e. idade),  $\varepsilon$  é novamente uma variável aleatória normal com média zero e variância  $\sigma^2$ . Os coeficientes  $L_{\infty}$ ,  $k$  e  $t_0$  foram estimados por iteração pela minimização do logaritmo da verossimilhança.

## RESULTADOS

### *Distribuição de Frequência de Comprimento*

Os 312 peixes amostrados apresentaram comprimentos de 29,9 a 75,3 cm. No entanto foram mais representativos os comprimentos compreendidos entre 55 e 65 cm (Figura 3). Os indivíduos com comprimento inferior a 40 cm correspondem a amostra do rejeito de pesca. No restante da amostra, proveniente das capturas comerciais, não há evidências de

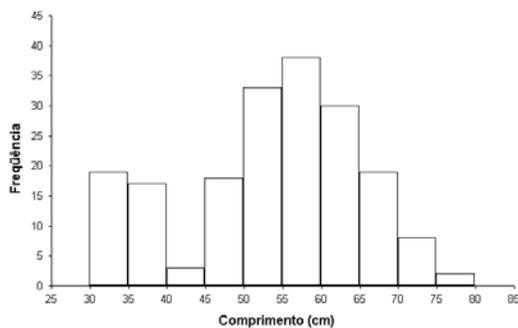


Figura 3 - Distribuição de frequência de comprimento do bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) amostrado a partir de capturas realizadas na costa sul e sudeste do Brasil.

modas ou de assimetria na distribuição de frequência de comprimento.

### *Padrão de Leitura, Verificação e Validação*

Não há uma consistência quanto às espessuras das bandas depositadas nos espinhos das nadadeiras dorsais. Não há uma tendência sistemática de aumento ou diminuição na largura das bandas, seja no sentido núcleo-borda, ou mesmo no sentido inverso. Apesar dessas grandes variações, na maioria dos casos ficou evidente que as bandas opacas são normalmente mais largas.

Na verificação das leituras, em 76% dos casos não houve discordância entre os leitores ( $CV=0$ ) (Figura 4). Os resultados da análise da variação percentual do tipo de borda indicam que há uma tendência (mais evidente em 1996) de que bordas translúcidas sejam depositadas de maio a outubro, enquanto que bordas opacas são dominantes no verão (Figura 5). Dada essa alternância, a hipótese mais plausível é a de que haja a formação de um anel por ano. No entanto há diferenças interanuais marcantes na magnitude das dominâncias. Por exemplo, a dominância de bordas translúcidas entre maio e junho de 1995 é menos marcada que em 1996 (Figura 5).

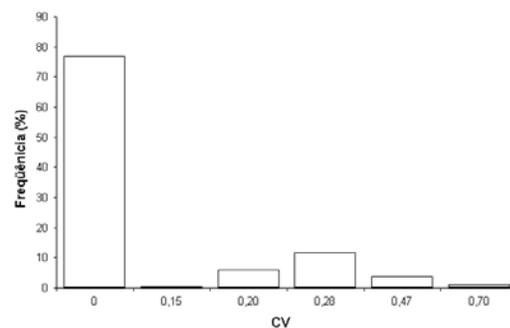


Figura 4 - Distribuição de frequência dos coeficientes de variação (CV) estimados para as leituras dos espinhos do bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*) capturado no sul e sudeste do Brasil.

### Modelo de Regressão Múltipla para a Vascularização

Os procedimentos de correção e tratamento dos dados e do problema de vascularização “a” e “b” (ver itens anteriores) são diretos, enquanto que o procedimento “c” depende primordialmente do ajuste de um modelo de regressão múltipla e da seleção de variáveis explicativas apropriadas. No processo de seleção dessas variáveis, realizado através do uso do AIC, apareceram indícios de que o efeito isolado do raio da área legível (RL) é relevante, enquanto que os efeitos do raio do espinho (RE) e do índice de formato do espinho (IF) separadamente, não foram muito marcados (Tabela 2). No entanto as interações entre RL e RE, e entre RE e IF são importantes para a explicação das variações no número de anéis, portanto RE e IF foram mantidos no modelo em virtude da importância das interações em que estão envolvidos.

Após a eliminação das variáveis explicativas de efeito pouco significativo, ficou evidente que o ajuste do modelo é somente razoável, dado o baixo coeficiente de determinação obtido ( $r^2 = 0,41$ ). No entanto o resíduo do modelo é aproximadamente normal ( $p = 0,216$  - teste de Shapiro), e há uma homocedasticidade. Portanto, fica evidente que é adequada a suposição de que a variável resposta tem distribuição log-normal, ainda que o  $r^2$  tenha sido baixo.

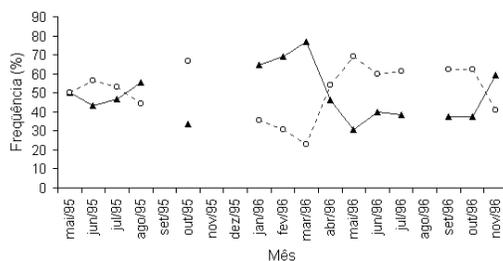


Figura 5 - Variação percentual do tipo de borda nos cortes dos espinhos: opaca (linha contínua com triângulos) e translúcida (linha tracejada com círculos vazados).

### Estimativa dos Parâmetros de Crescimento

Uma comparação gráfica entre os comprimentos dos peixes e o número de anéis estimados a partir dos três procedimentos metodológicos para a correção da vascularização é apresentada na figura 6. Note que a variância dos dados torna-se mais alta caso seja empregado o procedimento de correção via uma regra de proporção (b), enquanto que a correção com o uso de um modelo de regressão múltipla (c) resulta nas menores variâncias. As estimativas do comprimento assintótico ( $L_{\infty}$ ) e do intercepto no eixo da variável independente ( $t_0$ ) foram maiores no caso do uso do modelo de regressão múltipla (Tabela 3). No entanto, a estimativa da curvatura representada por (k) obtida a partir deste último procedimento foi a menor. O ajuste do modelo derivado da regressão múltipla é muito superior aos demais, caso o coeficiente de determinação seja o critério levado em consideração.

## DISCUSSÃO

A ausência de um padrão sistemático na deposição das bandas (constância nas espessuras) foi evidente também em outros estudos, incluindo investigações realizadas no sudoeste e também em outras áreas do Atlântico (Antoine et al., 1982; Cayré, 1979; Vilela & Castello, 1991). Apesar das variações nas espessuras de deposição das bandas, é evidente que as bandas claras e opacas são mais espessas, o que é o esperado dado que elas estão geralmente associadas a períodos em que há um crescimento mais acelerado (Castanet, 1977 *apud* Cayré & Diouf, 1981; Gaikov *et al.*, 1980; Megalofonou, 2000). Se as bandas opacas são realmente tomadas como indicativo de períodos em que há crescimento acelerado, o verão seria a estação em que ocorreria esse maior crescimento.

A consistência de dominância da espessura da banda opaca, e também o contraste significativo de cores entre essa banda e a

Tabela 2 - Análise de variância do modelo de regressão múltipla com o número de anéis tomado como variável resposta, e com os raios da área legível (RL) e do espinho (RE) e também o índice do formato do espinho (IF) como variáveis explicativas. O símbolo “:” é utilizado para denotar interações entre variáveis explicativas e “GL” representa graus de liberdade.

Modelo	Variância	GL Residual	Variância Residual	F	p
nulo		186	154,588		
RL	58,822	185	95,767	117,01	< 2E-16
RE	0,22	184	95,547	0,438	0,509
IF	0,346	183	95,2	0,689	0,408
RL:RE	2,605	182	92,595	5,181	0,024
RE:IF	1,603	181	90,993	3,188	0,076

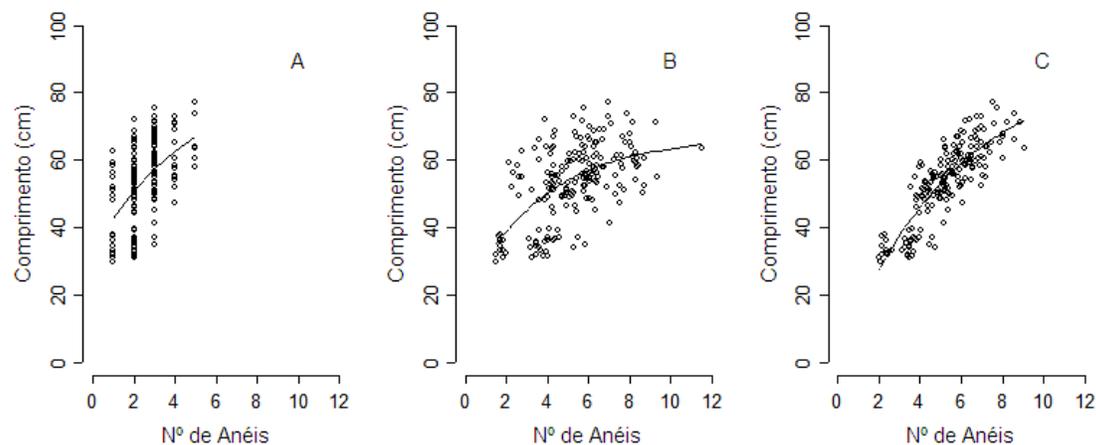


Figura 6 - Comparação dos resíduos e dos valores ajustados. A linha tracejada representa um modelo linear para a relação entre as variáveis no modelo de regressão múltipla.

translúcida, levaram a uma grande concordância entre as leituras. Dessa forma, as estimativas de anéis podem ser consideradas precisas, como evidenciado pela dominância de estimativas reduzidas para os coeficientes de variabilidade.

A hipótese de formação de um anel por ano é a mais provável, mas não é definitiva, pois há alguma variação interanual na dominância de bordas opacas e/ou translúcidas. A princípio essa dificuldade que encontramos na validação poderia ser atribuída ao tamanho amostral relativamente reduzido (n=312). No entanto, Vilela & Castello (1991) também enfrentaram problemas na validação apesar de disporem de um tamanho amostral

maior, mas acabaram tomando a hipótese de formação de um anel por ano como a mais provável.

A formação de dois anéis de crescimento por ano em tunídeos só parece ser plausível nos casos em que a espécie realiza longas migrações (i.e. *Thunnus alalunga*), em virtude do estresse bioenergético (Bard & Compeán-Jimenez, 1980; Compeán-Jimenez & Bard, 1983). No entanto, no caso do bonito, que aparentemente não perfaz migrações tão longas, não há motivação para a adoção de hipóteses com a formação de dois ou mais anéis por ano. Portanto, apesar dos nossos resultados sobre a validação não terem sido conclusivos, nós tomamos a concordância dos indicativos obti-

Tabela 3 - Estimativas de parâmetros do modelo de crescimento de von Bertalanffy para as bases de dados geradas a partir dos três procedimentos utilizados para tratamento do problema de vascularização.

	Sem correção		Regressão Múltipla		Regra de Proporção	
	Estimativa	Erro Padrão	Estimativa	Erro Padrão	Estimativa	Erro Padrão
L?	80,69	24,65	97,93	15,07	67,06	6,52
k	0,25	0,24	0,15	0,05	0,26	0,11
to	-1,94	1,61	-0,07	0,45	-1,36	1,20
r <sup>2</sup>	0,27		0,71		0,34	

dos até então (i.e. Vilela & Castello, 1991; o presente trabalho) como argumento suficiente para a adoção da hipótese de que há a formação de um anel por ano.

A grande variação quanto ao formato dos cortes dos espinhos (i.e. alongados verticalmente ou horizontalmente) leva naturalmente à dúvida sobre se os diferentes formatos seriam indicativos de há peixes com diferentes taxas de crescimento. Peixes com espinhos alongados verticalmente teriam padrões de crescimento diferentes de peixes com espinhos alongados horizontalmente? Soma-se a essa dúvida a colocação de Cayré (1979), de que o uso do espinho deveria ser limitado a estudos localizados, uma vez que as taxas de crescimento poderiam ser diferentes para parcelas distintas das populações. Dessa forma é natural a dúvida sobre se peixes com espinhos de diferentes formatos seriam provenientes de diferentes "parcelas" da população. Neste trabalho não há dados suficientes (baixo tamanho amostral caso a análise de cada grupo de espinho fosse feita separadamente) para a investigação dessas questões. No entanto, recomenda-se que estudos futuros sejam realizados para esclarecer essas dúvidas, relevantes para a avaliação e o manejo do estoque de bonito no oeste do Atlântico.

As estimativas de idade e dos parâmetros de crescimento obtidos neste trabalho sem o uso de qualquer correção para a área vascularizada foram similares às estimativas pretéritas obtidas também sem correção para o sudoeste do Atlântico (Vilela & Castello, 1991). Portanto, as leituras em si foram con-

cordantes com àquelas obtidas em outros estudos, o que indica uma consistência.

Apesar de nos trabalhos pretéritos não ter sido feita qualquer correção em virtude da vascularização, a importância da questão já vem sendo reconhecida desde o início da década de 1990 (e.g. Vilela & Castello, 1991). De fato, as correções são relevantes e interferem fortemente nas estimativas de idade e consequentemente os parâmetros de crescimento. Entre os dois métodos corretivos que usamos, sem dúvida nenhuma o de maior interesse é o derivado do modelo de regressão múltipla, pois nesse caso o coeficiente de determinação foi maior. O método da regra de proporção simples não resultou em nenhuma melhoria do ajuste, seja no que diz respeito ao coeficiente de determinação, ou no que tange às estimativas dos parâmetros (i.e. valores pouco realista de  $L_{\infty}$  e  $t_0$ ).

Caso fosse tomado como mais realista a abordagem derivada do modelo de regressão linear, haveria modificações profundas nas concepções atuais da comunidade científica sobre a dinâmica populacional do bonito, as quais estão calcadas na abordagem tradicional (sem correção). Os resultados derivados do modelo de regressão múltipla indicam que o bonito teria um ciclo de vida não muito curto, comprimento assintótico superior, e taxa de crescimento (e.g. curvatura do modelo de crescimento) menor do que a indicada pelos métodos tradicionais para o sudoeste do Atlântico (i.e. Vilela & Castello, 1991; abordagem sem correção no presente trabalho). Essas diferenças têm implicações importantes, pois populações que

tem as características descritas acima normalmente devem ser manejadas sob um regime de esforço de pesca reduzido, ao contrário do que seria o indicado para estoques com ciclo de vida curto e taxas de crescimento maiores.

Apesar de serem bem diferentes dos resultados obtidos com a abordagem tradicional, os resultados da regressão múltipla são biologicamente realistas. Os comprimentos assintóticos e as taxas de crescimento estimadas via regressão múltipla são similares a alguns valores obtidos para outros oceanos como os Pacíficos Ocidental (Anonymous, 1976; Joseph & Calkins, 1969), Central (Matsumoto *et al.*, 1984) e Oriental (Uchiyama & Strusaker, 1981). Dado que as estimativas são biologicamente plausíveis e que o coeficiente de determinação obtido foi alto, concluímos que o método de regressão múltipla é promissor. Portanto, é aconselhável o uso de métodos similares ao sugerido neste trabalho em qualquer avaliação de idade a partir de estruturas de aposição vascularizadas. As implicações de erros em estimativas de idade e de parâmetros de crescimento para o manejo pesqueiro são grandes demais para serem relegadas a um segundo plano. Finalmente, fica como recomendação o aperfeiçoamento desse novo método que estamos propondo. Em particular seria desejável que fossem avaliadas outras variáveis explicativas e também outros modelos de estimação (não só os lineares) na busca de coeficientes de determinação mais elevados para o modelo preditivo. Isto aumentaria o grau de acurácia das estimativas do número de anéis da área vascularizada.

## REFERÊNCIAS

- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical identification model. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19:716-723.
- Andrade, H. A. 1998. A produção da pesca industrial em Santa Catarina. *Not. Téc. FACIMAR*. 2: 1-16.
- Antoine, I.; Cayré, p. & J. Mendoza. 1982. Étude de la croissance du listao (*Katsuwonus pelamis*) de l'Atlantique au moyen des rayons de la nageoire dorsale. Mise au point d'une méthodologie-resultats préliminaires. *ICCAT Coll. Vol. Sci. Pps.*, 17(1):195 - 208.
- Anonymous. 1976. Rapport du groupe de travail sur le listao Atlantique (in French and English). *Inst. Sénégalaise Recher. Agri. ORSTOM*: 91p.
- Bard, F. X. & G. Compeám-Jimenez. 1980. Consequences pour l'évaluation du taux d'exploitation du germon (*Thunnus alalunga*) Nort Atlantique d'une courbe de croissance déduite de la lecture de la lecture des sections de rayons épinaux. *ICCAT, Collective Volume of Scientific Papers 9*: 365 - 375.
- Campana, S. E. & C. M. Jones. 1992. Analysis of otolith microstructure data. In: Stevenson, D. K. e Campana, S. E. *Otolith Microstructure Examination and Analysis. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 117*. p. 73 - 100.
- Campana, S. E. 2001 Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish Biol.*, 59: 197 - 242.
- Casselmann, J. M. 1983. Age and growth assessment of fish from their calcified structures - Techniques and tools. *NOAA Tech. Rep. 8 NMFS*: 1 - 17.
- Cayré, P. 1979. Determination de l'age de listaos, *Katsuwonus pelamis* débarqués a Dakar. *Note préliminaire. ICCAT Col. Vol. Sci. Pps.*, 8(1): 196 - 200.
- Cayré, P. & T. Diouf. 1981. Croissance de la thonine *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) établié à partir des coupes transversals du premier rayon de la nageoire dorsale. *ICCAT Col. Vol. Sci. Pps.*, 15(2): 337 - 345.
- Cayré, P.; Fonteneau, A. & M. H. S. Veira. 1986. Analyse des données de marquages et

- recaptures de listao (*Katsuwonus pelamis*) réalisés par le Sénégal et la République du Cap-Vert. In: P. E. K. Symons, P. M. Miyake, and G. T. Sakagawa. Proceedings of the ICCAT Conference on the ISYP, p. 309-316.
- Chang, W. Y. B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1208 - 1210.
- Chur, V. N. & V. L. Zharov. 1983. Determination of age and growth of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Scombridae), from the southern part of the Gulf of Guinea. *J. Ichthyol.*, 23 (3): 53 - 67.
- Compeán-Jimenez, G. & F. X. Bard. 1983. Growth increments on dorsal spines of eastern atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, and their possible relation to migration patterns. NOAA Tech. Rep. 8, NMFS, pp. 77 - 86.
- FAO. 2002. Yearbook of Fishery Statistics 2001. Capture production - Annuaire de statistiques des pêches 2001. Captures - Anuario de estadísticas de pesca. Capturas. Vol. 92/1.
- Gaikov, V. V.; Chur, N.; Zharov, V. L. & Y. P. Fedoseev. 1980. On age and growth of the Atlantic bigeye tuna. ICCAT Coll. Vol. Sci. Pps., 9(2): 294 - 302.
- Geffen, A. J. 1992. Validation of Otolith Increment Deposition Rate. In: D. K. Stevenson & S. E. Campana. Otolith Microstructure Examination and Analysis. *Can. Sp. Fish. Aquat. Sci.* 117: 101-113.
- Joseph, J. E. & T. P. Calkins. 1969. Population dynamics of the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) of the eastern Pacific Ocean. *Inter - Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 13 (1): 1 - 273.
- Matsumoto, W. M.; Skillman, R. A. & A. E. Dizon. 1984. Synopsis of biological data on skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*. U. S. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS Circ., 451; 1 - 92.
- McCullagh, P. & J. A. Nelder. 1989. Generalized Linear Models. Chapman and Hall, New York. 513pp.
- Megalofonou, P. 2000. Age and growth of Mediterranean albacore. *J. Fish Biol.* 57 (3): 700 - 715.
- Megalofonou, P.; Yannopoulos, C. & J. M. Dean. 2003. The potential use of scales for estimating age and growth of Mediterranean albacore (*Thunnus alalunga*). *J. Appl. Ichthyol.*, 19 (4): 189 - 194.
- Uchiyama, J. H. & P. Struhsaker. 1981. Age and growth of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) 1758 (Pacific Ocean). *FAO, Fish. Rep.*, 6 (2): 695 - 748.
- Vilela, M. J. A. & J. P. Castello. 1991. Estudio de la Edad y del Crecimiento del Barrilete (*Katsuwonus pelamis*) en la Region Sur y Sudeste de Brasil. *Frent. Mar.* 9(Sec. A): 29 - 35.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II). *Human Biol.* 10: 181 - 213.
- Wild, A. & J. Hampton. 1991. A Review of the Biology and Fisheries for Skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the Pacific Ocean. *FAO Fish. Tech. Pps.* 2(336/2):1-51.