

ESTUDOS SOBRE ESTRUTURA, CICLO DE VIDA E COMPORTAMENTO DE *SARDINELLA BRASILIENSIS* (STEINDACHNER, 1879), NA ÁREA ENTRE 22°S E 28°S, BRASIL.
2. DETERMINAÇÃO DA IDADE INDIVIDUAL E CRESCIMENTO DOS OTÓLITOS*

Anna Emília A. de M. VAZZOLER^{1**}, Carmen Lúcia Del Bianco ROSSI-WONGTSCHOWSKI² & Francisco Manoel de Souza BRAGA³

^{1,2} Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

³ Instituto de Biociências, UNESP, "Campus" de Rio Claro

Synopsis

Otoliths can be used as a reliable character for the assessment of individual age of S. brasiliensis from Brazilian coast (22°S-28°S). Well defined growth rings are present and may be used as age indicators. The otolith growth parameters would seem to indicate that there are four distinct patterns along the area, suggesting that the species, in the region studied, is divided into distinct groups.

Introdução

Estudos sobre crescimento em peixes devem ser embasados em avaliações, as mais seguras possíveis, da idade individual.

Existem vários métodos indiretos que permitem estimar os parâmetros da equação de crescimento; o mais usado é o de Petersen (Beverton & Holt, 1957), baseado na análise de distribuições de frequência de comprimentos na população, ao longo do tempo. Este método, entretanto, para ser válido pressupõe uma série de requisitos (período de desova curto; ausência de seleção pelo aparelho de captura; desova total; inexistência de mistura de indivíduos jovens de diferentes áreas de crescimento) que não são verdadeiros para *Sardinella brasiliensis*. Sabe-se que esta espécie tem período de desova prolongado, que as trainas são seletivas e que ocorre mistura de jovens provenientes de distintas áreas (Besnard, 1950; Vazzoler & Vazzoler, 1965; Vazzoler & Phan, 1976; Rossi-Wongtschowski, 1977; Vazzoler et al., 1980; Rossi-Wongtschowski, Vazzoler & Braga, 1982).

Os estudos sobre o crescimento de *S. brasiliensis* no Brasil (Richardson et al., 1959; Santos & Frantzen, 1965; Rijavec et al., 1977; Matsuura, 1977) foram baseados em avaliações prelimina-

res da idade através de escamas e no método de Petersen.

Torna-se, assim, necessário estabelecer critérios definidos para a avaliação da idade individual em *S. brasiliensis*, para revisão dos estudos sobre crescimento.

Em estudo anterior (Rossi-Wongtschowski, Vazzoler & Braga, 1982), ficou estabelecido que os otólitos são mais adequados para leitura do número de anéis que as escamas e foram definidos e caracterizados os anéis periódicos de crescimento.

Neste trabalho, analisou-se a periodicidade e a época de formação dos anéis de crescimento e estimou-se as taxas de crescimento dos otólitos.

Material e métodos

Os critérios de coleta e de tratamento das amostras estão descritos em trabalho anterior (Rossi-Wongtschowski, Vazzoler & Braga, 1982). A área total estudada (22° - 28°S) foi subdividida, do mesmo modo, em 4 regiões: I - 22° - 23°S; II - 23° - 25°S; III - 25° - 26°S Cananéia-Paranaguá); IV - 26° - 28°S.

Os dois otólitos (Sagitta) do par são muito semelhantes entre si, tendo sido sempre utilizado para exame o otólito esquerdo; nos casos de quebra ou de os anéis não se apresentarem suficientemente nítidos, complementava-se a análise com o otólito direito. Os otólitos foram examinados sob estereomicroscópio Wild M-5, imersos em álcool a 70%, sob

* Realizado com apoio financeiro da FAPESP, CNPq e OEA.

** Atualmente no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA.

Publ. nº 544 do Inst. oceanogr. da USP.

luz incidente, contra fundo negro.

Foram examinados otólitos dos 4.751 pares coletados, anotando-se a aparência de seu bordo, se opaco ou hialino. Após exame destes otólitos (Rossi-Wongtschowski, Vazzoler & Braga, 1982), foram selecionados 1220 pares pela nitidez dos anéis, lido o número de anéis e tomadas as seguintes medidas, ao longo do eixo ântero-posterior, sob estereomicroscópio Wild M-5, com auxílio de ocular micrométrica:

- a - raio do otólito (R): distância do núcleo ao bordo;
 - b - raio de cada anel (r_i): distância do núcleo a cada anel de crescimento (início da zona hialina).
- O padrão de formação dos anéis (periodicidade) foi analisado, utilizando-se a metodologia descrita por Matsuura (1961, *in* Caldwell, 1978):
- a - calculou-se os valores médios do raio do otólito (\bar{R}) por classe de comprimento de 10 mm, para cada região;
 - b - a esses dados foram ajustadas equações de reta (Tab. I, Figs 1-4);
 - c - a partir dessas equações, estimou-se os valores do raio do otólito (\hat{R}) por classe de comprimento, para cada região;
 - d - calculou-se, a seguir, o fator de correção $f = \hat{R}/\bar{R}$, por classe de comprimento, para cada região;
 - e - as medidas individuais de r_i foram corrigidas usando-se os fatores de correção e calculou-se os valores médios de r_i por classe de comprimento;

Tabela I - Parâmetros das retas de regressões entre o raio do otólito (μm) e classes de comprimento total do peixe (mm), por região

Região	N	A_x (mm)	b	a	r
I	91	75-235	0,16	6,04	0,99
II	272	75-235	0,16	5,51	0,99
III	135	75-185	0,17	4,30	0,99
IV	224	75-225	0,17	5,31	0,99

N = número de exemplares

A_x = amplitude da variável x

b = estimador do coeficiente angular da reta de regressão

a = estimador do coeficiente linear da reta de regressão

r = coeficiente de determinação

mento, bem como seus respectivos desvios-padrão e intervalos de confiança (Figs 1-4).

A época de formação dos anéis de crescimento, em cada região, foi estimada através de dois métodos, para garantir maior consistência dos resultados:

- 1 - pela análise da variação mensal do índice de crescimento marginal, expresso por:

$$G = \frac{R - r_n}{R - r_{n-1}}, \text{ sendo } r_n \text{ e } r_{n-1}, \text{ respectivamente, os raios do último e penúltimo anéis de crescimento (Matsuura, 1961, } \textit{in} \text{ Caldwell, 1978). Para esta análise, foram utilizados os otólitos com 4 anéis, por serem os melhor representados nas quatro regiões (Fig. 5);}$$

2 - pela análise das distribuições de frequência mensal de otólitos com bordo hialino (Fig. 6).

Para estimar os parâmetros de crescimento dos otólitos em cada região, foram calculados os valores médios do raio de cada anel para a classe etária correspondente (Tab. II). A esses dados, ajustou-se a equação de von Bertalanffy (Beverton & Holt, 1957), estando os valores dos parâmetros amostrados na Tabela III e as curvas de crescimento representadas na Figura 8 A,B,C,D.

Resultados

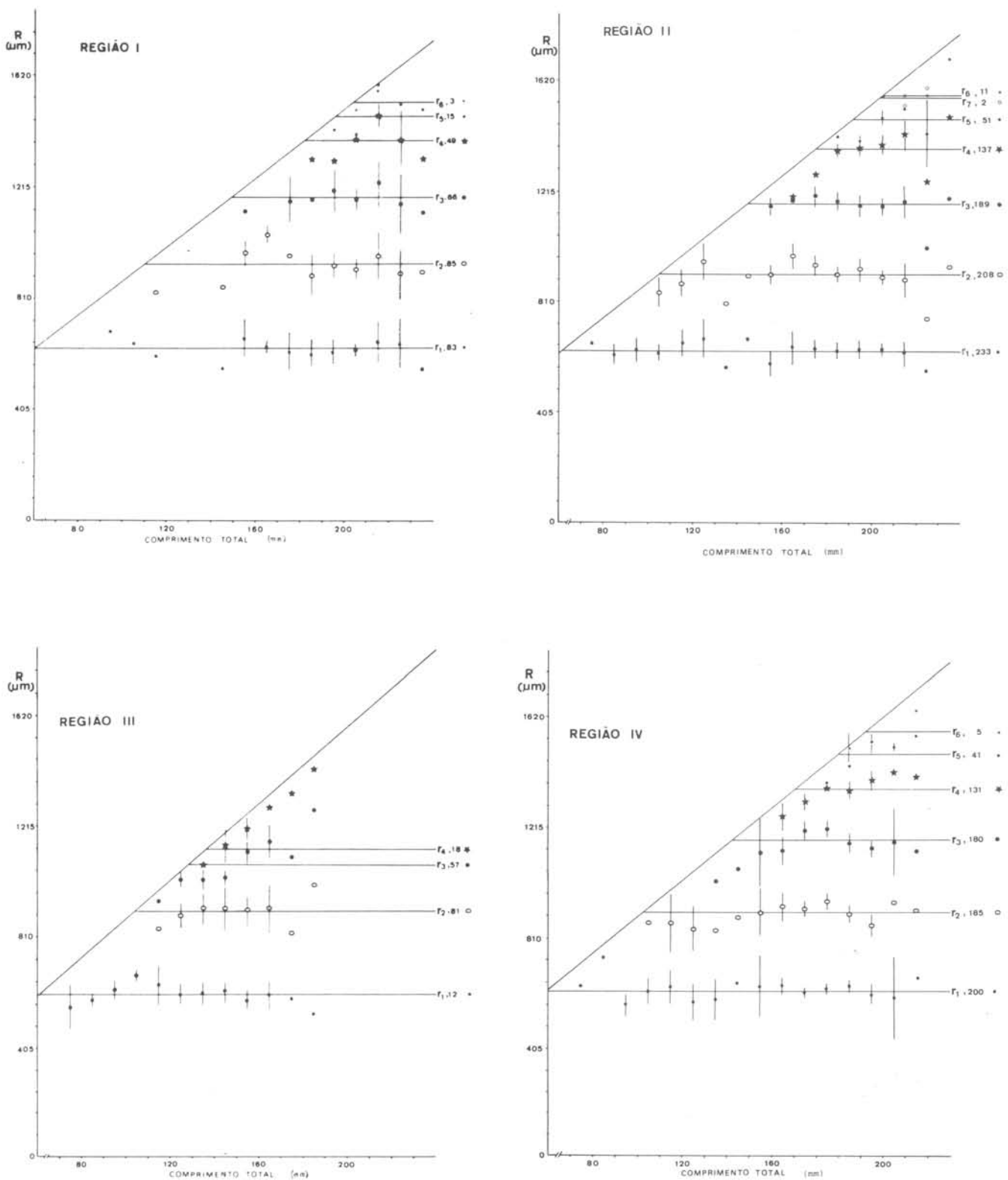
Nas Figuras 1-4, observa-se que a dependência entre as variáveis raio do otólito e comprimento total do peixe é linear (Tab. I). Os valores médios dos r_i por classe de comprimento mostram tendência linear paralela ao eixo da abscissa, o que comprova que os anéis formam-se em posições determinadas nos otólitos, independentemente do comprimento do peixe e do número de anéis no otólito. Esse fato permite afirmar que

Resultados

Tabela II - Valores médios dos raios de cada anel (μm) por classe etária, por região

Tabela II - Valores médios dos raios de cada anel (μm) por classe etária, por região

Região	Anel						
	1	2	3	4	5	6	7
I	621,00	927,69	1183,70	1389,40	1515,86	1552,50	-
II	627,41	907,76	1168,77	1377,59	1515,97	1668,60	1660,50
III	606,83	920,14	1105,58	1242,00	-	-	-
IV	622,94	907,55	1170,22	1367,42	1512,96	1587,60	1660,50



Figs 1-4. Representação grãfica da relação entre raio do otólito (R) e comprimento do peixe, e correspondência dos anéis (r_1 a r_7), para as regiões I, II, III e IV, respectivamente. As barras verticais representam os intervalos de confiança das médias dos raios dos anéis (r_i), por classe de comprimento. Os números ao lado dos r_i indicam o número de otólitos medidos (Nos pontos onde não se apresentou o intervalo de confiança, o número de exemplares foi inferior a 5).

os anéis apresentam um padrão temporal regular de formação; ou seja, que, realmente, são periódicos.

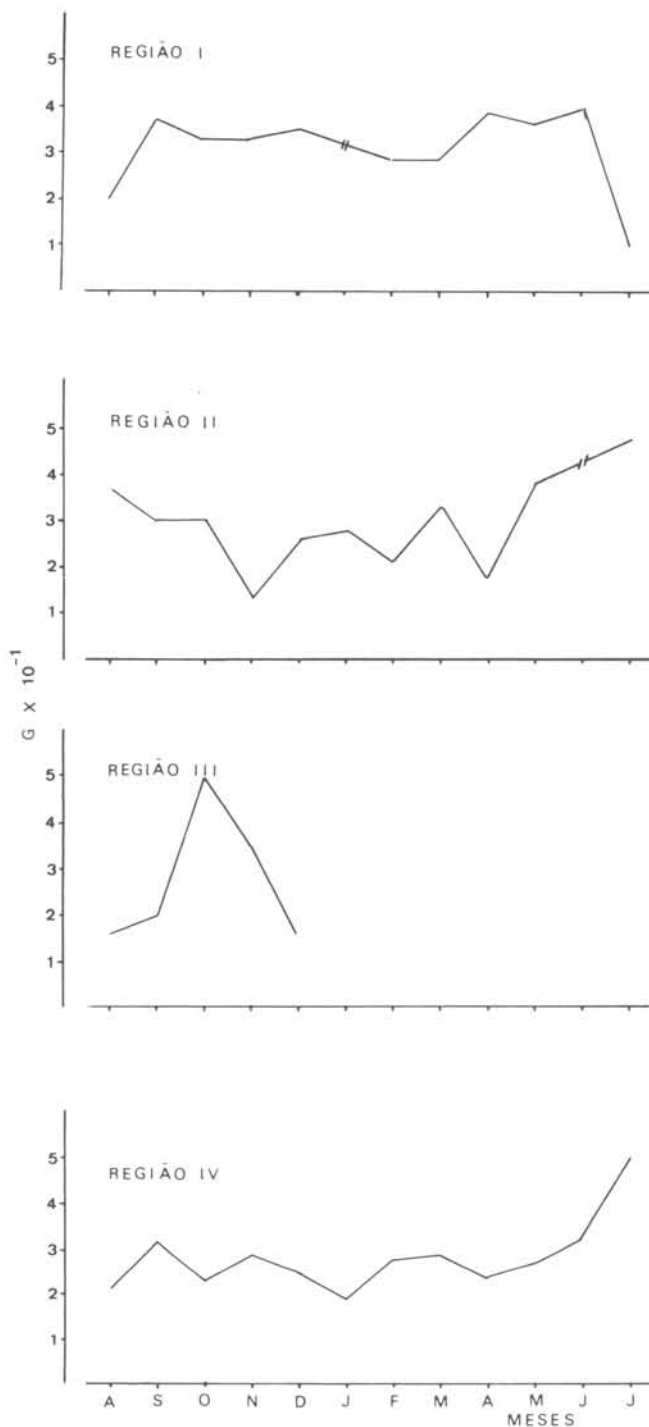


Fig. 5. Variação mensal do índice de crescimento marginal (G) de otólitos de *Sardinella brasiliensis*, por região, para exemplares com 4 anéis. Nos pontos onde o gráfico está interrompido, não foram amostrados exemplares com 4 anéis.

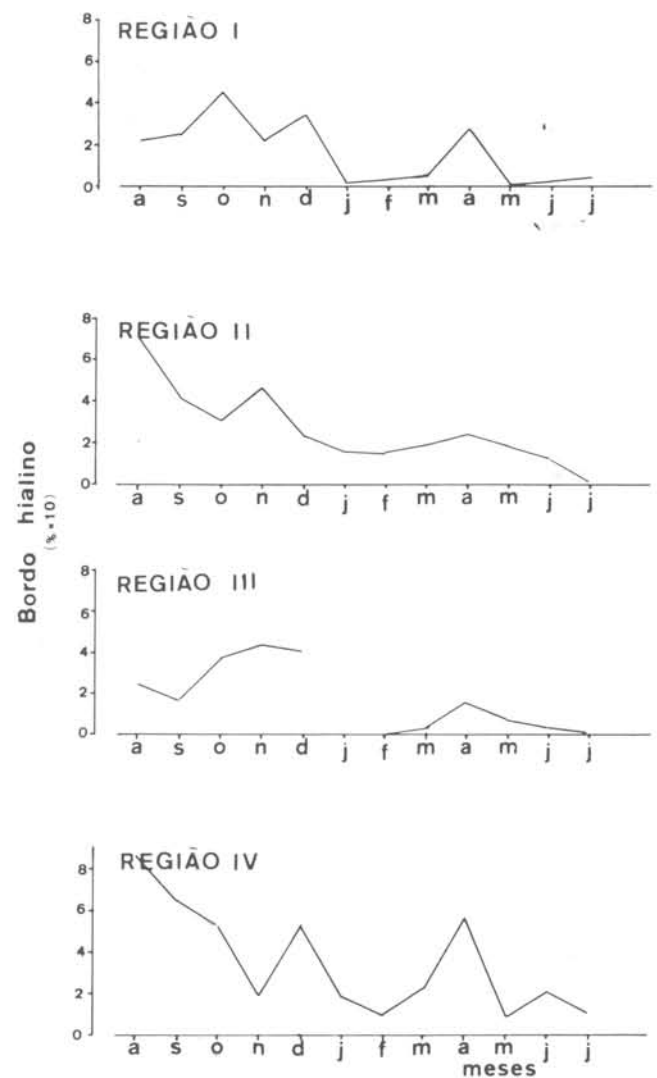


Fig. 6. Variação da frequência mensal de otólitos de *S. brasiliensis* com bordos hialinos, por região.

Tabela III - Parâmetros da equação de crescimento dos otólitos, por região

Região	L^{∞} (μM)	k	t_0
I	1748,10	0,37	-0,49
II	1943,13	0,31	-0,58
III	1426,68	0,49	-0,59
IV	1882,83	0,30	-0,80

L^{∞} = assíntota do raio do otólito

k = taxa de crescimento

t_0 = idade inicial

A análise da variação mensal do índice de crescimento marginal dos otólitos (Fig. 5) mostra ocorrer queda acentuada nos valores a partir dos meses de junho e julho, estendendo-se por períodos diferentes, nas distintas regiões, em função da duração e pico do período de desova. Sabe-se que existem áreas principais de desova, ao norte e sul da área de ocorrência da espécie, sendo, as desovas, assíncronas (Matsuura, 1971, 1977; Rossi-Wongtschowski, 1977). Na região I, a desova é prolongada, estendendo-se de outubro a abril e apresentando intensidade máxima em novembro-dezembro; na região II, o período vai de novembro a fevereiro, com pico em janeiro-fevereiro; na região IV, tem duração bem limitada, durante janeiro-fevereiro (Vazzoler *et al.*, 1980). Na região III (estuarino-lagunar) não ocorre desova. Os indivíduos dessa área são provindos das regiões II e IV (Richardson & Sadowski, 1960; Rossi-Wongtschowski, 1977).

Analisando-se a frequência mensal de ocorrência de otólitos com bordos hialinos, por região (Fig. 6), verifica-se que a maior frequência foi constatada em outubro para a região I, agosto para a II, novembro para a III e agosto para a IV. Essas distribuições apresentam-se polimodais, provavelmente, em função do prolongado período de desova e do aparecimento de marcas que refletem outros eventos fisiológicos; assim, a moda que ocorre em todas as regiões no mês de abril (período pós-desova) pode refletir a formação de marcas hialinas causadas pela desova.

A defasagem verificada entre os períodos de maior crescimento marginal e maior frequência de otólitos com bordos hialinos deve-se ao fato destes tornarem-se visíveis apenas quando o crescimento se reinicia.

Em função de tais resultados, pode-se admitir que os anéis formam-se no início de agosto, em todas as regiões.

Associando-se as informações sobre pico de desova em cada região e época de formação do anel (Fig. 7), pode-se estimar a idade de *S. brasiliensis* quando aparece o primeiro anel de crescimento nos otólitos, como sendo de 8 meses para a região I e de 6 meses para as regiões II e IV. O intervalo entre os anéis subsequentes é o de um ano.

Assim, com base nos resultados apre-

sentados, pode-se afirmar que a idade individual para *S. brasiliensis* pode ser estimada com segurança através do número de anéis de crescimento dos otólitos.

As curvas de crescimento dos otólitos mostram que estes apresentam taxas distintas entre regiões, durante o período de vida (Fig. 8A,B,C,D). Ocorre inter-

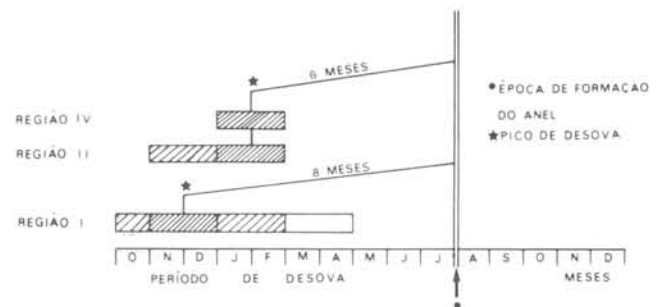


Fig. 7. Representação gráfica da duração e picos do período de desova, por região, e da época de formação do anel de crescimento (A graduação do hachurado indica a intensidade de desova).

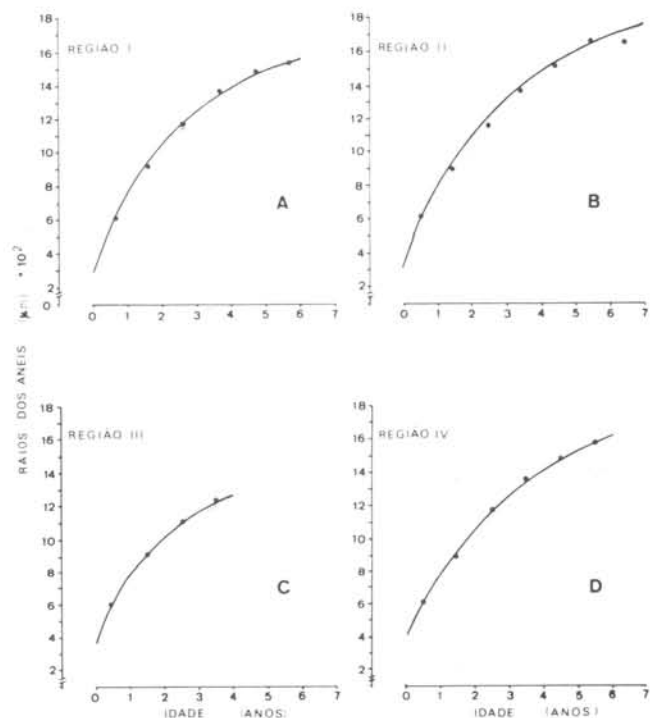


Fig. 8. Curvas de crescimento de otólitos de *S. brasiliensis*, por região: A, 22-23°S; B, 23-25°S; C, 25-26°S; D, 26-28°S. (•) valores observados; (—) curva ajustada.

secção das curvas entre o primeiro e o segundo ano de vida; na fase inicial, os otólitos da região IV apresentam a taxa mais elevada e os da I a mais baixa, sendo, os da II e III, intermediários. A partir do segundo ano de vida, a relação altera-se: os da região II passam a apresentar a taxa mais elevada, seguidos, respectivamente, pelos das regiões IV, I e III (Fig. 9).

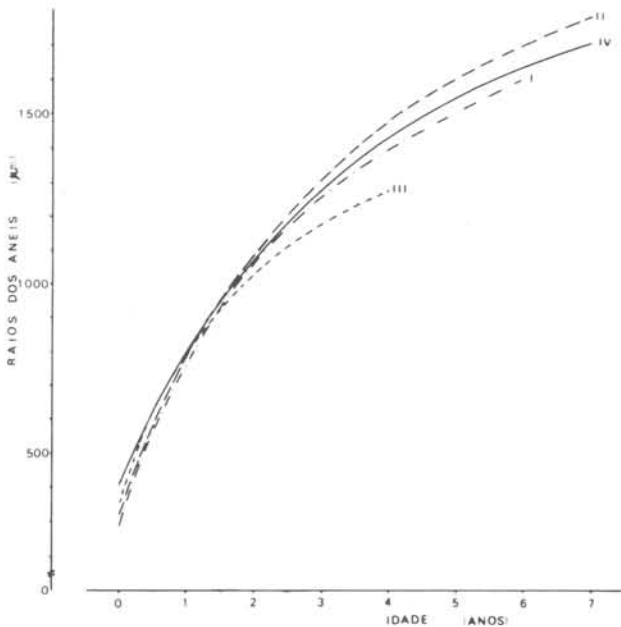


Fig. 9. Esquema comparativo das curvas de crescimento de otólitos de *S. brasiliensis*, por região.

Discussão

Os otólitos são usados na avaliação da idade individual de peixes desde o início deste século e, desde então, há intensa discussão sobre as causas que determinam a formação das zonas opacas e hialinas (Blacker, 1969; Dannevig, 1955; Irie, 1960; Mina, 1968; Mugiya, 1964; Pannella, 1971; Simkiss, 1974). Apesar do problema não estar esclarecido até o presente, há evidências de que essas zonas refletem variações no crescimento dos otólitos, o qual sofre influências tanto de fatores fisiológicos (condição do peixe) como ambientais (principalmente temperatura e disponibilidade de alimento).

A variação na proporção de deposição de grãos de microcristais de CaCO_3 (aragonita) e de matéria orgânica na superfície do otólito, em função desses fatores, durante o ano, influencia a

transmissão e reflexão da luz, determinando zonas opticamente diferentes, estabelecendo a alternância das zonas opacas e hialinas.

No caso de *S. brasiliensis*, o crescimento marginal é mínimo em junho-julho (inverno) e as zonas hialinas tornam-se evidentes na primavera, quando a atividade metabólica aumenta, alterando-se a razão de deposição de matéria orgânica e aragonita. No inverno, a temperatura da água atinge seu mínimo nessa área (Leinebö, 1969), sendo a disponibilidade de alimento, de modo geral, mais baixa, ocasionando queda na atividade fisiológica.

A validade da determinação da idade individual de *S. brasiliensis* através do número de anéis de crescimento dos otólitos fica estabelecida pela comprovação da existência de relação linear entre raio do otólito e comprimento do peixe, da periodicidade anual e da época de formação desses anéis, obedecendo padrões bem definidos (Caldwallader, 1978; Habib, 1977; Liew, 1974; Williams & Bedford, 1974).

As diferenças constatadas nos parâmetros de crescimento dos otólitos, entre regiões, devem refletir variações nas condições ambientais como disponibilidade de alimento (Goitein, 1978) e temperatura (Kawakami de Resende, 1979), ao longo da área, bem como diferenças inerentes às populações (Vazzoler & Phan, 1976; Rossi-Wongtschowski, 1977, 1978). Trout (1954) também constatou distintas taxas de crescimento dos otólitos para duas populações de bacalhau do Mar de Barents.

Assim, para *S. brasiliensis*, os otólitos são estruturas válidas para a determinação da idade individual e para a caracterização de populações, não só pelas diferenças morfológicas e morfométricas (Rossi-Wongtschowski, Vazzoler & Braga, 1982), como também por apresentarem distintas taxas de crescimento.

Resumo

Analisou-se a validade da determinação da idade individual de *S. brasiliensis* através do número de anéis de crescimento de otólitos de exemplares coletados na área da costa brasileira entre 22°S (RJ) e 28°S (SC). Foi comprovada a existência de relação linear entre raio do otólito e comprimento do peixe, periodicidade anual e época de formação dos

anéis (agosto), obedecendo a padrões definidos. Estimou-se parâmetros de crescimento dos otólitos ao longo da área estudada, estabelecendo-se quatro padrões distintos, que contituem mais um subsídio na caracterização das populações que existem na área.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os elementos que integram a equipe que desenvolveu os trabalhos de campo e laboratório, durante a realização do Projeto BIONEC/MEGALOSAR; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Organização dos Estados Americanos (OEA), pelo apoio financeiro; à Bel. Dirce de Paulo e Silva Mendes, pelo auxílio na análise dos dados e elaboração dos gráficos.

Referências bibliográficas

- BESNARD, W. 1950. Nota preliminar sobre uma particularidade de *Sardinella aurita* Cuv. & Val., da costa brasileira. Bolm Inst. paul. oceanogr., 1(1):69-80.
- BEVERTON, R. J. H. & HOLT, S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Invest., London, Ser. II, 19:i-533.
- BLACKER, R. W. 1969. Chemical composition on the zones in cod (*Gadus morhua* L.) otoliths. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 33(1):107-108.
- CALDWALLADER, P. L. 1978. Age, growth and condition of the common river galaxias, *Galaxias vulgaris* Stokell, in the Glentui River, Canterbury, New Zealand. Fish. Res. Bull. N. Z., (17):9-35.
- DANNEVIG, E. H. 1955. Chemical composition of the zones in cod otoliths. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 21(1):156-159.
- GOITEIN, R. 1978. *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879): estudo sobre alimentação nas regiões de Ubatuba (23°26'S), Santos (24°02'S) e Cananéia (25°01'S), Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 43p.
- HABIB, G. 1977. Age and growth of the pupperfish *Uranostoma richiei* (Plectognathi: Lagocephalidae) from Lyttelton Harbour. N. Z. J. mar. freshw. Res., 11(4):755-766.
- IRIE, T. 1960. The growth of the fish otolith. J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ., 3(1):203-229.
- KAWAKAMI DE RESENDE, E. 1979. Estudo da distribuição, biologia e bionomia de *Syacium papillosum* (L., 1758), na plataforma continental brasileira entre Cabo Frio (23°S) e Torres (29°21'S). Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 198p.
- LEINEBÖ, R. 1969. Study of coastal water on the Brazilian shelf at latitude 25°S. Contrções Inst. Oceanogr., Univ. S Paulo, sér. Ocean. fís., (11):1-14.
- LIEW, P. K. L. 1974. Age determination of American eels based on the structure of their otoliths. In: Bagenal, T. B., ed. - The proceedings of an International Symposium of the Ageing of Fish. The University of Reading, on 19 and 20 July, 1973. Surrey, England, Unwin Brother, p.124-136.
- MATSUURA, Y. 1971. A study of the life history of Brazilian sardines, *Sardinella aurita*. I. Distribution and abundance of sardine eggs in the region of Ilha Grande, Rio de Janeiro. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 20:33-60.
- . 1977. O ciclo de vida da sardinha-verdadeira (Introdução à oceanografia pesqueira). Publção esp. Inst. oceanogr., S Paulo, (4):1-146.
- MINA, M. V. 1968. A note on a problem in the visual qualitative evaluation of otolith zones. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 32(1):93-97.
- MUGIYA, Y. 1964. Calcification in fish and shell-fish - III. Seasonal occurrence of a prealbumin fraction in the otolith fluid of some fish, corresponding to the period of opaque zone formation in the otolith. Bull. Jap. Soc. scient. Fish., 30(12):955-967.
- PANNELLA, G. 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical

- patterns. Science, N. Y., 173:1124-1126.
- RICHARDSON, I. D. & SADOWSKI, V. 1960. Note on the sampling of sardine (*Sardinella allecia*) at Cananéia, State of São Paulo, Brazil. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 6(1):87-97.
- _____; VAZZOLER, G.; FARIA, A. DE & MORAES, M. N. DE. 1959. Report on sardine investigations in Brazil. Proc. World Sc. Meet. Biol. Sardines and Related Species. F. A. O., vol. III. Exp. Paper nº 13: 1051-1079.
- RIJAVEC, L.; JABLONSKI, S.; SIMON, A. S. C. B.; RODRIGUES, L. F. & PIRES, M. R. Q. 1977. Contribuição ao conhecimento da biologia e dinâmica da sardinha (*Sardinella brasiliensis*) em águas brasileiras. (Resultados preliminares). PDP/Doc. Ocas., 24:1-28.
- ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. 1977. Estudo das variações da relação peso total/comprimento total em função do ciclo reprodutivo e comportamento de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) da costa do Brasil entre 23°S e 28°S. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 26:131-180.
- _____. 1978. *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879): estudo sobre a estrutura da espécie na área entre 23°S (RJ) e 28°S (SC), Brasil. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, 2 vols.
- _____; VAZZOLER, A. E. A. de M. & BRAGA, F. M. de S. 1982. Estudos sobre estruturas, ciclo de vida e comportamento de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre 22°S e 28°S, Brasil. 1. Morfologia dos otólitos. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 31(2):57-76.
- SANTOS, E. P. dos & FRANTZEN, F. M. 1965. Growth of sardines - quantitative aspects. Anais Acad. bras. Ciênc., 37 (supl.): 360-362.
- SIMKISS, K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. In: Bagenal, T. B., ed. - The proceedings of an International Symposium of the Ageing of Fish. The University of Reading, on 19 and 20 July, 1973. Surrey, England, Unwin Brother, p.1-12.
- TROUT, G. C. 1954. Otolith growth of the Barents Sea cod. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer, (136): 89-102.
- VAZZOLER, A. E. A. de M. & PHAN V. N. 1976. Electrophoretic patterns of eye-lens proteins of *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) off Brazilian coast. Revue Trav. Inst. Pêches marit., 40(3/4):781-786.
- _____. & VAZZOLER, G. 1965. Relation between condition factor and sexual development in *Sardinella aurita* (Cuv. & Val. 1847). Anais Acad. bras. Ciênc., 37 (supl.): 353-359.
- _____; † ZANNETI-PRADO, E. M.; VAZZOLER, G.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. & BRAGA, F. M. de S. 1980. *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879): estudos sobre estrutura e comportamento através de métodos bioquímicos e sobre ciclo de vida das populações na área entre 22°S e 28°S, Brasil. Relatório científico apresentado à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, agosto de 1980, 164p. (Proc. 77/0087, 78/0398, 78/1281, 79/1194).
- WILLIAMS, T. & BEDFORD, B. C. 1974. The use of otoliths for age determination. In: Bagenal, T. B., ed. - The proceedings of an International Symposium of the Ageing of Fish. The University of Reading, on 19 and 20 July, 1973. Surrey, England, Unwin Brother, p.114-123.

(Manuscrito recebido em 13/Abr./1982;
aceito em 24/Nov./1982)