

Uso de dados de sensores remotos no prognóstico da pesca do bonito listrado na costa sudeste-sul brasileira

Fabício Sanguinetti Cruz de Oliveira¹
Douglas Francisco Marcolino Gherardi¹
José Luiz Stech¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - 12227-010 - São José dos Campos – SP, Brasil
{fabricio, stech, douglas}@dsr.inpe.br

Abstract. Information obtained from orbital sensors have been used in oceanography and fisheries studies due the possibility of acquiring synoptic information of relevant geophysical variables with a high repetition rate. Skipjack tuna is an epipelagic species, which favors the use of remote sensing data from the ocean surface layer to assist the detection of potential areas of capture. The present work investigates the region between 23° and 35° S of latitude with a 1° x 1° resolution centered at the continental shelf break, aiming at the establishment of a relation between bayesian estimates of catch variability and sea surface temperature gradients, chlorophyll-a concentration, wind speed, and Ekman pumping derived from orbital sensors. Regression analyses and generalized additive models will be used to assess the influence of the studied geophysical variables on the reported tuna catch.

Palavras-chave: remote sensing, bayesian model, skipjack tuna, geophysical variables, sensoriamento remoto, modelo bayesiano, bonito listrado, variáveis geofísicas.

1. Introdução

O bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis*, é uma espécie pelágica cosmopolita que pertencente ao grupo dos atuns. Assim como os demais atuns, o bonito-listrado possui uma estreita relação entre a sua distribuição espacial e a temperatura da água do mar (Dizon *et al.*, 1978), ocorrendo em águas com temperatura variando entre 18 e 22° C (Matsuura, 1982). Por causa da sua ampla distribuição espacial, influenciada pela temperatura da superfície do mar (TSM) é possível estudá-los com o uso de sensoriamento remoto orbital. Através do uso de dados orbitais sinóticos em meso e grande escalas, com alta resolução temporal, é possível acompanhar a evolução espaço-temporal das variáveis geofísicas que influenciam na distribuição de espécies pelágicas. Alguns trabalhos demonstraram a existência de uma correlação entre os dados de captura (CPUE) e a temperatura de superfície do mar (TSM) (Evans *et al.*, 1980; Sund *et al.*, 1980). Apesar desta relação já ter sido documentada por alguns autores, outros estudos contestam a existência de qualquer relação entre a CPUE e a TSM (Power e May, 1991; Andrade e Garcia, 1999; Andrade, 2003). Segundo Laurs *et al.* (1984) pode haver uma relação mais estreita com os gradientes de temperatura gerados pela presença de frentes térmicas do que com a TSM isoladamente. O presente trabalho busca estabelecer uma relação estatística entre a variabilidade da captura do bonito-listrado e variáveis geofísicas tais como concentração de clorofila-*a*, TSM e campo de vento, obtidos por sensores remotos orbitais, sendo as duas últimas na forma de gradientes de TSM e bombeamento de Ekman, respectivamente.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo encontra-se inserida na região sub-tropical do Atlântico Sul, entre as latitudes de 23° a 35° S, próximo à quebra da plataforma continental (**Figura 1**). A dinâmica de superfície do mar nesta região está associada à presença da Corrente do Brasil, com seus meandramentos seguidos de vórtices e também à variabilidade sazonal da região da Convergência Subtropical do Atlântico Sul.

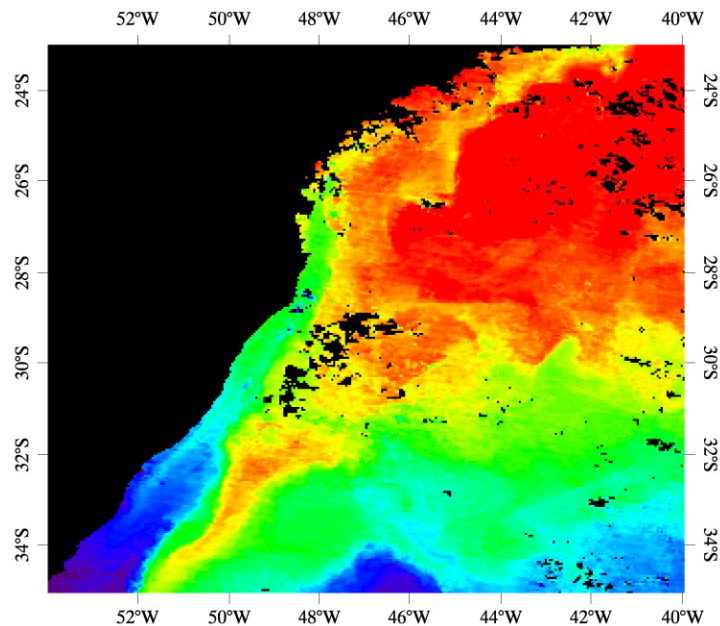


Figura 1 – Imagem MODIS de TSM, representando a área de estudo

Os dados de pesca correspondem ao período de 1996 a 2002. Foi utilizada a CPUE (captura por unidade de esforço) como índice de abundância relativa, em termos do peso total capturado por 8 dias de pesca e resolução espacial de $1^\circ \times 1^\circ$. Em razão da similaridade entre as embarcações e o número de pescadores por embarcação, não houve normalização dos dados. As variáveis ambientais obtidas por sensoriamento remoto foram TSM (MODIS-Terra), concentração de clorofila-*a* (SeaWiFS-SeaStar) e direção e intensidade do vento na superfície do mar (SeaWinds-QuickScat) na resolução espaço-temporal similar aos dados de pesca. Inicialmente os dados foram agrupados em duas grandes áreas, ao norte de 28° S e ao sul de 28° S. Os dados de CPUE foram divididos em uma base histórica (1996- 2001) e um ano de validação (2002). Através de um modelo bayesiano de probabilidade a priori (Clark, 1990), foram obtidas estimativas de captura futuras, utilizando a base histórica para extrair os parâmetros do modelo e o ano de 2002 para validar estas estimativas. O modelo usa como estimador da taxa de captura esperada a taxa de captura atual, que por adaptação corresponde a CPUE obtida. Serão feitas análises de regressão entre as variáveis geofísicas e a CPUE, assim como sua estimativa futura.

3. Resultados Preliminares

O modelo bayesiano de probabilidade a priori assume que os dados de pesca possuem uma distribuição gama. Desta maneira foi realizado um teste de aderência (Kolmogorov-Smirnov), isolado por área, selecionando pontos aleatórios para evitar a autocorrelação espacial dos dados, num total de 100 pontos por área. Os valores obtidos da estatística K-S para as áreas 1 e 2 foram 0,070 e 0,063, respectivamente, estando abaixo do valor crítico de 0,136 ($\alpha=0,05$). Como critério para melhor representar a captura histórica nas diferentes áreas, foram testadas, as denominadas, médias ponderadas (*MP*) e a somas ponderadas da CPUE (*SP*).

$$MP = \frac{\sum X_t}{\sum Y_t}, \quad SP = \frac{\sum X_a / Y_a}{\sum Y_t}$$

onde X_t é CPUE total; Y_t o número de quadrículas totais; X_a a CPUE anual e Y_a o número de quadrículas anuais. A *MP* apresentou uma melhor correlação com a estimativa de captura ($R^2=0,50$). Das variáveis geofísicas foram extraídos os gradientes numéricos para TSM (∇T).

$$\nabla T = \frac{\partial T}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \hat{j}$$

onde $\partial T/\partial x$ e $\partial T/\partial y$ são as diferenças na direção x e y , respectivamente.

Além disso foi calculado o bombeamento de Ekman (w), a partir dos dados de direção e velocidade do vento na superfície.

$$w = \frac{\nabla_k \times \tau}{\rho f}$$

onde τ é a tensão de cisalhamento do vento, ρ a densidade da água do mar ($1,028 \text{ kg.m}^{-3}$) e f o parâmetro do Coriolis.

A partir das análises de regressão e de um modelo GAM (Generalized Additive Models) se tentará determinar a influência relativa das variáveis geofísicas sobre o comportamento dos dados de captura e suas respectivas estimativas.

Referências Bibliográficas

- Andrade, H. A. The relationship between the skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) and seasonal temperature variability in the south-western Atlantic. **Fisheries Oceanography**, v.12, n. 1, p. 10-18, 2003.
- Andrade, H. A.; Garcia, C. A. E. Skipjack tuna fishery in relation to sea surface temperature off the southern Brazilian coast. **Fisheries Oceanography**, v. 8, n. 4, p. 245-254, 1999.
- Castro, B. M. **Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo**. São Paulo, 248p. Tese (Livre Docência) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 1996.
- Clark, C. W. **Mathematical bioeconomics: The optimal management of renewable resources**, 2 ed. John Wiley and son, Inc., 1990. 400p.
- Dizon, A. E.; Brill, R. W.; Yen, H. S. H. Correlations between environment, physiology and activity and effects on thermoregulation in skipjack tuna. In: Sharp, G. D.; Dizon, A. E. (Ed.). **The physiological ecology of tunas**. New York: Academic Press, 1978. 233-259p.
- Evans, R.H., McLain, D.R.; Bauer, R.A. Atlantic skipjack tuna: influences of the environment on their vulnerability to surface gear. **Collec. Vol. Sci. Pap. ICCAT**. SCRS/79/80. n. 9, p. 264-274, 1980.
- Hazin, F. H. V. **Fisheries oceanographical studies on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic Ocean**. Tóquio. 286p. Tese (Doutorado) – Universidade de Pesca de Tóquio, 1993.
- Laur, R.M., Fiedler, P.C.; Montgomery, D.R. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. **Deep-Sea Research**. v. 31, p. 1085-1099, 1984.
- Matsuura, Y. Perspectiva da pesca de bonitos e atuns no Brasil. **Ciência e Cultura**, v.34, n.3, p.333-339, 1982.
- Matsuura, Y.; Andrade, H. A. Synopsis of biology of skipjack tuna population and related environmental conditions in Brazilian waters. **Collec. Vol. Sci. Pap. ICCAT**. SCRS/99/66. p.395-401, 2000.
- Power, J.H.; May, L.N. Jr. Satellite observed seasurface temperatures and yellowfin tuna catch and effort in the Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**. v. 89, p. 429-439, 1991.
- Sund, P.N., Blackburn, M.; William, F. Tunas and their environment in the Pacific Ocean: a review. **Oceanography and Marine Biology**. Annual Review. v. 19, p. 443-512, 1981.