

VARIAÇÃO TEMPORAL DA ABUNDANCIA RELATIVA DA PESCADA AMARELA (*Cynoscion acoupa*, LACEPÈDE, 1801) E SUAS RELAÇÕES COM AS ANOMALIAS DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR ESTIMADA POR SENSORES REMOTOS NA REGIÃO DA PLUMA DO AMAZONAS

Jeandria Negreiro Freire¹, Karlenna de Fátima Monteiro Mendes², Eduardo Tavares Paes³

¹Estudante de Pós-Graduação, Universidade Federal Rural da Amazônia(UFRA)-Belém, Avenida Tancredo Neves, nº 2501, bairro Terra Firme, CEP: 66077-830, jeandrianf@gmail.com; ²Estudante de Graduação em Engenharia de Pesca, UFRA-Avenida Tancredo Neves, nº 2501, bairro Terra Firme, CEP: 66077-830, karlenna.monteiro@live.com; ³Professor Doutor da Universidade Federal Rural da Amazônia UFRA-Avenida Tancredo Neves, nº 2501, bairro Terra Firme, CEP: 66077-830, etpaes@gmail.com.

RESUMO

A estimativa abundância da *Cynoscion acoupa*, no período que vai de 1996 a 2007 apresentou uma tendência positiva significativa de crescimento e periodicidades centradas em ciclos de aproximadamente 2 e 4 anos. As principais variações temporais da ATSMs foram de ~2 anos ~4anos. Esses resultados sugerem que as variações espaciais e temporais ATSM influenciam no ciclo de vida da *Cynoscion acoupa*. Os mapas de correlação revelaram correlação significativa no lag de 31 meses ($r = 0,46_{m\acute{a}x}$), no lag de 48 meses ($r = 0,48_{m\acute{a}x}$) e no lag de 51 meses ($r = 0,52_{m\acute{a}x}$) entre a ATSMs. Nesse sentido é possível formular a hipótese de que juvenis e sub adultos de *Cynoscion acoupa* depois de passarem por um período de criação nos estuários dos manguezais das costas do Pará e Maranhão são transportados pela CNB para a região da Pluma do Amazonas na costa do Amapá onde a frota de emalhe atua sobre a população de adultos.

Palavras-chave — Ondeletas, funções ortogonais empíricas, mapas de correlação, ecologia, pesca.

ABSTRACT

The abundance estimative of *Cynoscion acoupa* during 1996 until 2007 showed a significant positive trend of growth and centred frequency of cycles of 2 and 4 years, approximately. The main temporal variations of the SSTAs are 2 and 4 years, approximately. The results suggest that spatial and temporal variations in SSTA influence on life's cycle of *Cynoscion acoupa*. Correlation maps revealed a significant correlation in the 31 month lag ($r = 0.46$ _

(max)), in the lag of 48 months ($r = 0.48$ _max) and in the lag of 51 months $r = 0.52$ _max) among the SSTA. So that it is possible to formulate the hypothesis that juveniles and sub adults of *Cynoscion acoupa* are transported by the BCN to the "Pluma do Amazonas" on the coast of Amapá where the gill fleet acts on the adult population after passing through a breeding period in the mangrove estuaries of the coasts of Pará and Maranhão.

Key words — Wavelet, Empirical orthogonal function, correlation maps, ecology, fishing.

1.INTRODUÇÃO

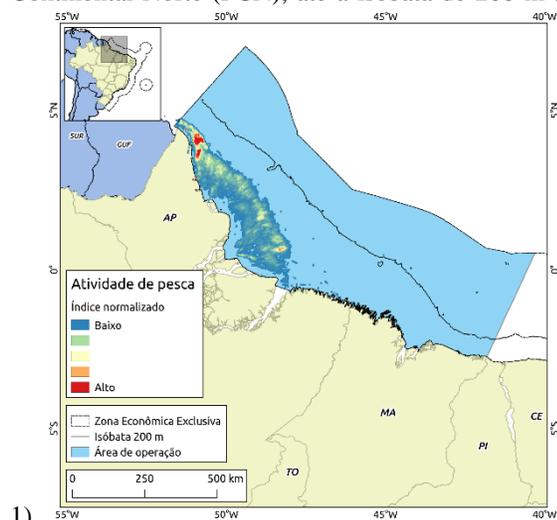
A Zona Costeira Amazônica (ZCA) estende-se desde o Cabo Orange (Amapá) até o Delta do Parnaíba (Piauí). A Plataforma Continental Norte do Brasil (PCNB) está inserida na ZCA e caracteriza-se, principalmente, pela descarga do rio Amazonas que interage com as águas oceânicas estabelecendo uma longa pluma ao longo da costa do Amapá. Nessa região, a principal corrente oceânica que atua é a Corrente Norte do Brasil (CNB) que flui ao longo da quebra da PCNB, sobre o talude, predominantemente no sentido noroeste promovendo o transporte de calor na superfície do mar (TSM) ao longo da plataforma, que, por sua vez, influencia a biologia de espécies de interesse pesqueiro. Dentre os recursos pesqueiros explorados na PCNB, destaca-se a Pescada Amarela, *Cynoscion acoupa*, (Lacepède, 1801), que é explorada principalmente pela frota artesanal de emalhe ao longo da costa do Amapá e Pará (Figura 1).

Na ausência de informações sobre as relações ecológicas que modulam a captura da pescada amarela, este trabalho tem como objetivo determinar as variações temporais da abundância relativa da pescada amarela por um período de 12 anos (1996-2007), com o intuito de verificar tendências, ciclos e suas possíveis relações com a

variabilidade das Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) na PCNB, estimadas por sensores remotos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada entre os paralelos 12° N e 5° S, entre os meridianos 55° e 40° W, compreendendo a área de ocorrência da pescada amarela na Plataforma Continental Norte (PCN), até a isóbata de 200 m (Figura



1). **Figura 1** Área de atuação da frota que realiza a captura da pescada amarela na costa Norte do Brasil, Fonte: Ruffino (com.pes.)

Os dados de estimativa de captura e esforço da pescada amarela foram coletados pelo programa de geração de dados, ESTATPESCA-IBAMA, provenientes da pesca realizada no litoral Norte, abrangendo a região costeira dos estados do Amapá e Pará. As estimativas de captura foram significativamente correlacionadas com o esforço composto entre o comprimento da arte de pesca x dias de mar ($r = 0,84$, $t = 17,8$; $p < 0.01$). Por se tratar de uma pescaria essencialmente comercial em que atua uma frota artesanal, do tipo heterogênea a estimativa de abundância medida pela captura por unidade de esforço (CPUE) foi calcula através da metodologia sugerida por Petreire, 2010[1].

Com o intuito de verificar tendências e identificar a presença de ciclos anuais e interanuais na série mensal de CPUE, a mesma foi submetida ao teste de Mann Kendall e Transformada de Ondeleta de Morlet [2,3].

Os dados de TSM, utilizados neste trabalho foram obtidos entre janeiro de 1993 até dezembro de 2007, derivado de dados históricos globais dos radiômetros AVHRR a bordo dos satélites NOAA em uma resolução de 4 km x 4 km e espacial temporal mensal para a área de estudo. A climatologia foi realizada através da média histórica entre todos os meses de janeiro a dezembro, assim como o desvio padrão dos valores mensais que foram

utilizados posteriormente para realizar o cálculo da anomalia da temperatura da superfície do mar padronizada. A anomalia foi calculada através da seguinte expressão:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{S_x}$$

O “ z ” é a anomalia calculada através da subtração da média (\bar{x}) dos valores gerados dividido pelo desvio padrão (S_x) dos respectivos meses calculados pixel a pixel.

A matriz de ATSM foi submetida a Função Ortogonal Empírica (FOE) para avaliar suas principais variações[3]. O eixo fatorial eixo da FOE foi submetido à Transformada de Ondeleta de Morlet e análise espectral. Através de análises de correlações cruzadas O vetor temporal da CPUE, por sua vez, foi correlacionado com o primeiro eixo da FOE para estimar os *lags* das correlações significativas. Posteriormente foram elaborados mapas de correlação pixel a pixel com a CPUE retendo-se os mapas que apresentaram campos de correlação superiores $r > 0,4$. As análises estatísticas foram realizadas pelo software livre PAST.

3. RESULTADOS

A CPUE apresentou uma tendência positiva significativa de crescimento ($Z=4,6446$; $p=3,4081E^{-06}$). Nos primeiros anos da série, os valores de CPUE flutuaram apresentando um leve aumento entre janeiro de 96 até fevereiro de 98. Em março de 98, a estimativa de abundância mostra uma tendência de diminuição até agosto de 99. A partir de setembro (1999) até janeiro de 2001 os valores cresceram voltando a cair em outubro desse mesmo ano. Após esse período, a CPUE aumentou atingindo o valor máximo que foi observado em toda a série no mês de julho de 2002; a partir de agosto de 2002, os valores da estimativa de abundância diminuíram e voltaram a crescer em março de 2005 (Figura 2).

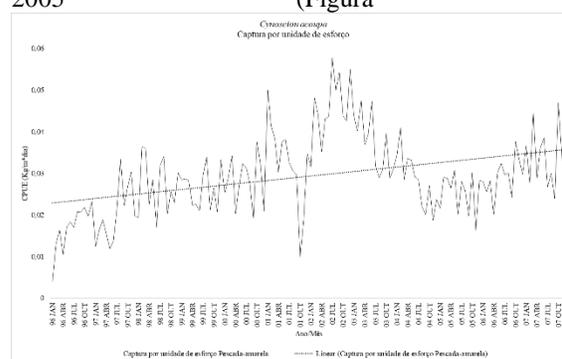


Figura 2 Captura por unidade de esforço da Pescada Amarela. O eixo x concentra ano/mês da CPUE e o eixo y representa os valores da CPUE (Kg/m²*dia)

A análise de Ondeletas da CPUE detectou periodicidades associadas aos picos de maior energia centrados em ciclos de aproximadamente 2 e 4 anos. Os picos localizados com alta energia, para periodicidade de 2 anos ocorrem na série inteira. O ciclo de 4 anos, coincide,

aproximadamente, com o meio da série temporal no ano de 2002 (Figura 3). Por outro lado não se detectou um ciclo anual consistente ao longo da série.

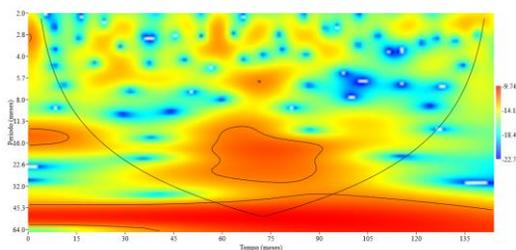


Figura 3. Análise de Ondeleita da CPUE.

Na área de estudo a temperatura da superfície do mar apresenta variação máxima de 32°C e mínima de 28°C, aproximadamente. A ATSM apresentou valores máximos nos anos de 1993, 1995, 1998, 2000, 2003 e 2005. Os menores valores de ATSM concentraram-se no primeiro semestre do ano de 1993 voltando a diminuir nos anos de 1994, 1997, 2001 e 2002. Na Figura 4 estão representados os *loadings* (principal modo de variação temporal) da primeira FOE da matriz de ATSMs.

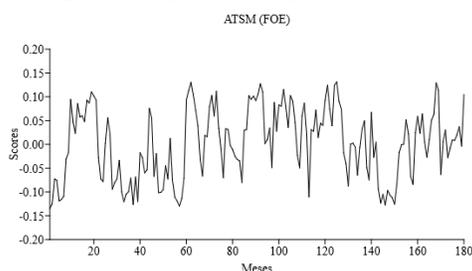


Figura 4. Variação mensal da 1ª componente fatorial da análise da FOE.

As principais variações temporais do primeiro *loading* da FOE das ATSMs ocorreram com picos de maior energia em ciclos de 22,6 meses (~2 anos) e 45 meses (~4anos) bem marcados de acordo com a análise espectral e de Ondoletas (Figura 5)

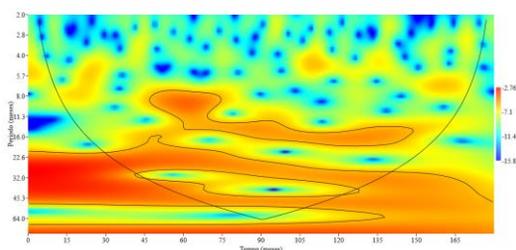


Figura 5. Análise de Ondeleita da FOE da ATSM de 1993 a 2007 com picos de maior energia em ciclos de 22,6 meses (~2 anos) e 45 meses (~4anos) bem marcados.

A correlação cruzada entre a CPUE e o primeiro eixo fatorial da ATSM apresentou valores significativos entre o lag zero até o lag de dezesseis meses. No entanto, os

maiores valores observados foram em -2 meses ($r=0,3374$) e -12 meses ($r=0,4161$). Os mapas de correlação feitos nos lags indicados pela análise anteriormente citada, só apresentaram valores de correlação negativa significativa no lag 2 ($r = -0,44_{min.}$)(figura 7). Os mapas de correlação revelaram correlação significativa no lag de 31 meses($r = 0,46_{máx.}$), no lag de 48 meses($r = 0,48_{máx.}$) e no lag de 51 meses($r = 0,52_{máx.}$) (Figura 6 e 7).

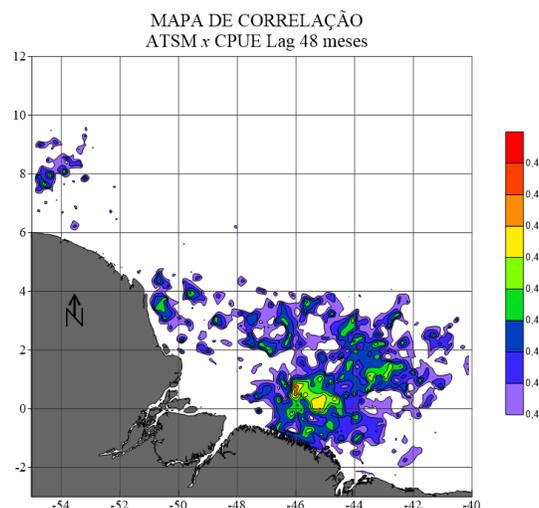


Figure 6. Representação espacial do mapa de correlação cruzada entre a ATSM e o vetor da CPUE no lag de 48 meses

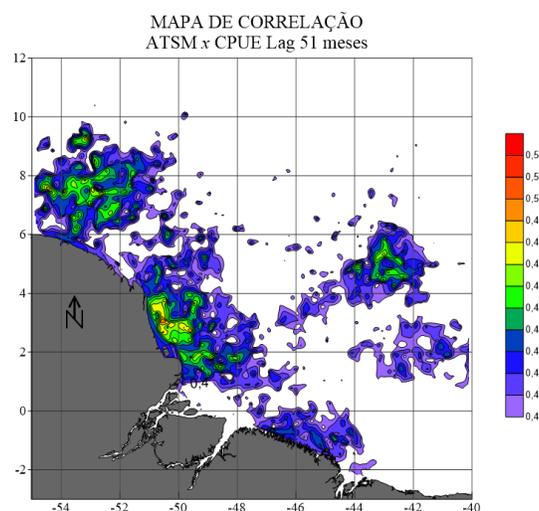


Figure 7. Representação espacial do mapa de correlação cruzada entre a ATSM e o vetor da CPUE lag 51

4. DISCUSSÃO

Os ciclos de 4 e 2 anos detectados pela análise de Ondoletas na CPUE podem estar relacionados aos eventos climáticos como os episódios do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Antártica (AAO) [4], respectivamente, uma vez

que esses fenômenos apresentam periodicidades semelhantes. Por outro lado, estudos recentes [5] demonstraram a influência desses fenômenos climáticos modulando as variabilidades de da temperatura superficial do mar (TSM) na região da Plataforma Norte brasileira. Esses resultados sugerem que as variações espaciais e temporais ATSM influenciam no ciclo de vida da pescada amarela, nesse sentido é possível que juvenis e sub adultos de pescada amarela depois de passarem por um período de criação nos estuários dos manguezais das costas do Pará e Maranhão são transportados pela CNB para a região da Pluma do Amazonas na costa do Amapá onde a frota de emalhe atua sobre a população de adultos. Com o auxílio da literatura sobre a pesca da Pescada Amarela na costa amazônica (Matos e Lucena, 2006 [6]) que forneceu valores de distribuição de frequências de comprimento e uma relação peso-comprimento para a espécie o ano de 2002-2003 e o uso de relações empíricas descritas em Froese et al 2000[7], foi possível estimar os parâmetros de crescimento populacional para a Pescada Amarela e posteriormente estabelecer que 65% da captura comercial da Pescada Amarela nos anos de 2002 3 2003 foi composta de indivíduos de 5 a 6 anos de vida. Nesse sentido, destaca-se o campo de correlação com lag de 48 meses na Figura 7, ou seja, quando os indivíduos teriam de 0 a 2 anos ainda juvenis, estariam sendo transportados por influência da CNB que se aproxima da costa nas proximidades da Baía de São Marcos no Maranhão.

5. CONCLUSÕES

Dessa maneira, de forma inédita, tem-se evidências empíricas de que a região dos vastos manguezais, na sua maioria prístinos, do Litoral Norte brasileiro se comporta como o principal criadouro para as espécies de interesse comercial da região, e que a circulação associada a CNB tem um papel importante para conectar os estratos juvenis da população de Pescada Amarela à região de alimentação dos adultos nas costas leste do Pará e Amapá na região da pluma do Amazonas (Figura 1).

6. REFERÊNCIAS

- [1]. *Catch-per-unit-effort: which estimator is best?* **PETREIRE JR, M. et al.** 2010, Brazilian Journal of Biology, Vol. 70, pp. 483-491.
- [2]. **Gilbert, Richard O.** *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring.* Canadá : s.n., 1987.
- [3]. *A Practical Guide to wavelet analyses.* **Compo, Christopher Torrence and Gilbert P.** January 1, 1998, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. Vol. 79.
- [4]. **Helena Cachanhuk Soares, Douglas Francisco Marcolino Gherardi, Luciano Ponzi Pezzi, Mary Toshie**

[5]. **Kayano, Eduardo Tavares Paes.** Patterns of interannual climate variability in large marine ecosystems. *Journal of Marine System.* 2014.

[6]. *DESCRIÇÃO DA PESCA DA PESCADA-AMARELA, Cynoscion acoupa, DA COSTA DO PARÁ.* **MATOS, Igor Penedo de and LUCENA, Flávia.** Fortaleza : s.n., 2006, Arquivos de Ciências do Mar, pp. 66-73.

[7]. **Froese, R. and Binohlan, C.** Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology.* 2000, Vol. 56.