



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociência
Departamento de Oceanografia
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia

Igor Da Mata Oliveira

**Distribuição e abundância relativa do agulhão
branco (*Tetrapturus albidus* Poey, 1860)
capturado no oceano Atlântico.**

Recife, (2012)

Igor Da Mata Oliveira

**Distribuição e abundância relativa do agulhão
branco (*Tetrapturus albidus* Poey, 1860)
capturado no oceano Atlântico.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Travassos.

Recife, (2012)

Catálogo na fonte

Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

O48d

Oliveira, Igor da Mata.

Distribuição e abundância relativa do agulhão branco (*Tetrapturus albidus* Poey, 1860) capturado no oceano Atlântico / Igor da Mata Oliveira.
- Recife: O Autor, 2012.

xiv, 105 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Travassos.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2012.

Inclui Referências Bibliográficas e Anexos.

Universidade Federal de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia

Distribuição e abundância relativa do agulhão branco
(*Tetrapturus albidus* Poey, 1860) capturado no oceano
Atlântico.

Igor Da Mata Oliveira

**Tese submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em
Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco e aprovada em
31 de julho de 2012.**

Banca Examinadora:

Dr. Paulo Eurico Pires Travassos (Orientador/UFRPE)

Dr. Fábio Hissa Hazin (UFRPE)

Dra. Flávia Lucena Frédou (UFRPE)

Dr. Francisco Marcante Santana da Silva (UAST/UFRPE)

Dr. Thierry Frédou (UFRPE)

Suplentes:

Prof. Dr. Ralf Schwamborn (UFPE)

Prof. Dr. Paulo Guilherme de Oliveira (UFRPE)

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Paulo Travassos, pela oportunidade de desenvolver esse trabalho e pela orientação.

A CAPES, pela concessão de bolsa nos anos iniciais de doutorado.

A Maria Fernanda Cabral, por seu carinho e companheirismo, que me garantiram toda a tranquilidade para concluir esse trabalho em todos os lugares que passamos.

A Humberto Hazin, por fornecer os dados e pela orientação.

A Fábio Hazin, pela orientação, disposição e apoio.

A Raul Garcia pela contribuição.

Ao Prof. Luiz Carlos Molion (UFAL), pelas considerações sobre meteorologia.

Ao Ministério da Pesca e Aquicultura pela utilização dos dados da Estatística Pesqueira da frota atuneira brasileira.

Aos Observadores de Bordo da frota atuneira brasileira.

A todos os membros da banca examinadora.

SUMÁRIO

Lista de figuras
Lista de tabelas
Lista de abreviaturas

Resumo

Abstract

Introdução geral.....	13
Hipótese.....	16
Objetivos.....	16
Objetivos gerais.....	16
Objetivos específicos.....	16
Referências bibliográficas.....	16

Capítulo 1. Biologia, pesca e manejo do agulhão branco capturado no oceano

Atlântico.....	19
Introdução	20
Material e métodos.....	21
Resultados e discussão.....	22
Ecologia.....	22
Descrição e evolução das capturas de agulhão branco no oceano Atlântico.....	25
Distribuição do esforço de pesca e das capturas de agulhão branco com espinhel.....	28
Capturas de agulhão branco com espinhel no oceano Atlântico por país.....	30
Descrição e evolução das capturas brasileiras de agulhão branco com espinhel.....	33
Evolução das capturas brasileiras de agulhão branco com espinhel, associadas às principais medidas de manejo adotadas.....	35
Considerações finais.....	37
Referências.....	38

Capítulo 2. The influence of environmental and spatio-temporal factors on the relative abundance of white marlin (*Tetrapturus albidus*) Poey 1860 in the tropical and subtropical western.....

.....	42
Introduction.....	43
Material and methods.....	44
Fishing and environmental data.....	44
Statistical analysis.....	46
Results.....	48
Discussion.....	50
References.....	55

Capítulo 3. Distribuição e abundância do agulhão branco *Tetrapturus albidus* capturado no oceano Atlântico sudoeste.....

.....	61
Introdução.....	62
Material e métodos.....	63
Resultados.....	64
Discussão.....	70
Agradecimentos.....	73
Referências.....	74

Capítulo 4. Distribuição espaço temporal do agulhão branco <i>Tetrapturus albidus</i> por composição de comprimentos no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste.....	76
Introdução.....	77
Material e métodos.....	78
Resultados e discussão.....	78
Referências.....	90
Comentários conclusivos.....	92
Referências	95
Anexos.....	104

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. Desenho do agulhão branco (*Tetrapturus albidus*).

CAPÍTULO 1. BIOLOGIA, PESCA E MANEJO DO AGULHÃO BRANCO CAPTURADO NO OCEANO ATLÂNTICO

Figura 1. Distribuição hipotética do agulhão branco no oceano Atlântico sul, baseada nos trabalhos de La Monte (1955), Ueyanagi *et al.* (1970), Mather *et al.* (1975), Nakamura (1985), Arfelli *et al.*, (1986), Hazin (1993), Souza *et al.* (1994), Antero-Silva *et al.* (1994) e Oliveira (2006).

Figura 2. Registro de captura (t) de agulhão branco no oceano Atlântico, por categoria de pesca, no período 1999-2010). Linha horizontal representa média anual de captura da espécie para o mesmo período (795 t).

Figura 3. Distribuição do esforço da pesca total com espinhel (1999-2010) em n° de anzóis por todas as frotas que operam no oceano Atlântico.

Figura 4. Distribuição das capturas (kg) de agulhão branco (1999-2010) com espinhel por todas as frotas que operam no oceano Atlântico.

Figura 5. Ranking das capturas totais (em toneladas) de agulhão branco capturado com espinhel no Atlântico, por país, no período 1999-2010 (*NEI-ETRO = capturas efetuadas na zona tropical leste do Atlântico associadas a grupo de países não identificados) (Fonte: Tarefa I – ICCAT).

Figura 6. Participação brasileira na captura total de agulhão branco com espinhel no Atlântico entre 1999 e 2010.

Figura 7. Capturas totais (t) anuais do agulhão branco na pesca com espinhel realizada pela frota brasileira e número de embarcações.

CAPÍTULO 2. THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL AND SPATIO-TEMPORAL FACTORS ON THE RELATIVE ABUNDANCE OF WHITE MARLIN (*Tetrapturus albidus*) POEY 1860 IN THE TROPICAL AND SUBTROPICAL WESTERN ATLANTIC.

Figura 1. Study area, showing the distribution of longline sets done by Brazilian longline fleet, from 1980 to 2008.

Figura 2. Joint effect of variables latitude and longitude on the catches rates of *T. albidus* made by Brazilian longline fleet from 1980 to 2008, with high concentrations of

the species (in red). The scale value represents the joint influence of independent variables latitude and longitude on the dependent variable (CPUE of white marlin).

Figura 3. Effects of Month, Sea Surface Temperature and Depth of Mixed Layer (partial residual) in CPUE of *T. albidus* caught by the Brazilian longline fleet (1980-2008). Dotted lines indicate the confidence interval at 95%.

CAPÍTULO 3. DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DO AGULHÃO BRANCO *Tetrapturus albidus* CAPTURADO NO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE.

Figura 1. Área de estudo da distribuição e da abundância relativa do agulhão branco capturado pela frota espinheleira brasileira - oceano Atlântico Tropical e Subtropical Sudoeste, dividido em 3 subáreas, conforme Oliveira, 2006.

Figura 2. Distribuição espacial do esforço de pesca da frota espinheleira brasileira por trimestre, no período entre 1996 e 2008.

Figura 3. Distribuição espacial das capturas do agulhão branco e da posição média da isoterma de 25°C no período entre 1996 e 2008, por trimestre.

Figura 4. Distribuição de frequência de comprimento de machos e fêmeas de agulhão branco capturados na área 1, entre 2004 e 2008.

Figura 5. Distribuição de frequência de comprimento de machos e fêmeas de agulhão branco capturados na área 2, entre os anos de 2004 e 2008.

Figura 6. Distribuição de frequência de comprimento de machos e fêmeas de agulhão branco capturados na subárea 3, entre os anos de 2004 e 2008.

CAPÍTULO 4. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DO AGULHÃO BRANCO *Tetrapturus albidus* POR COMPOSIÇÃO DE COMPRIMENTOS NO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL E SUBTROPICAL OESTE

Figura 1. Médias do comprimento mandíbula inferior-furca (MIF cm) de fêmeas e machos do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, capturado no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste pela frota espinheleira arrendada no Nordeste do Brasil entre 2005 e 2010.

Figura 2. Frequência de comprimentos mandíbula inferior-furca (MIF cm) de machos e fêmeas do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, capturado no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste pela frota espinheleira arrendada no Nordeste do Brasil entre 2005 e 2010.

Figura 3. Frequência de comprimento mandíbula inferior-furca (LJFL cm) de agulhões brancos capturados pela frota atuneira arrendada do Nordeste do Brasil, entre 2005 e 2010, por trimestre.

Figura 4. Média mensal do comprimento mandíbula inferior-furca (MIF cm) do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, capturado no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste pela frota espinheleira arrendada no Nordeste do Brasil, entre 2005 e 2010.

Figura 5. Média anual do comprimento mandíbula inferior-furca (MIF cm) do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, capturado no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste pela frota espinheleira arrendada no Nordeste do Brasil, entre 2005 e 2010.

Figura 6. Médias de comprimento mandíbula inferior furca (MIF cm) de adultos de agulhão branco medidos a bordo da frota brasileira atuneira arrendada no Nordeste do Brasil por faixas de latitude.

Figura 7. Médias de comprimento mandíbula inferior furca (MIF cm) de juvenis de agulhão branco medidos a bordo da frota brasileira atuneira arrendada no Nordeste do Brasil por faixas de latitude.

Figura 8. Frequência de indivíduos juvenis e adultos de agulhão branco medidos a bordo da frota brasileira atuneira arrendada sediada no Nordeste do Brasil por faixas de latitude.

Figura 9. Frequência de juvenis e adultos de agulhão branco medidos a bordo da frota brasileira atuneira arrendada no Nordeste do Brasil por faixas de latitude, por trimestre.

Figura 10. Distribuição dos locais de captura de juvenis e adultos de agulhão branco *Tetrapturus albidus* no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste, amostrados pela frota espinheleira brasileira, de 2005 a 2010, por trimestre, plotados na resolução 0,01x0,01°.

Figura 11. Distribuição dos locais de captura de juvenis e adultos de agulhão branco *Tetrapturus albidus* no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste, medidos pela frota espinheleira brasileira, de 2005 a 2010, por trimestre, plotados na resolução 5 x 5°.

Figura 12. Interpolação do comprimento (MIF, cm) de agulhão branco *Tetrapturus albidus* no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste, capturados pela frota espinheleira brasileira, de 2005 a 2010, por trimestre.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1. BIOLOGIA, PESCA E MANEJO DO AGULHÃO BRANCO CAPTURADO NO OCEANO ATLÂNTICO

Tabela 1. Registro de captura (t) de agulhão branco no oceano Atlântico, por categoria de pesca, no período 1999-2010.

Tabela 2. Capturas totais (t), dos agulhões e do agulhão branco capturado com espinhel pelágico no Atlântico entre 1999 e 2010.

Tabela 3. Capturas de agulhão branco em relação ao total capturado pela frota brasileira com espinhel entre 1999 e 2010.

Tabela 4. Registro de captura (t) de agulhão branco capturado pelo Brasil, por categoria de pesca, no período 1999-2010.

CAPÍTULO 2. THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL AND SPATIO-TEMPORAL FACTORS ON THE RELATIVE ABUNDANCE OF WHITE MARLIN (*Tetrapturus albidus*) POEY 1860 IN THE TROPICAL AND SUBTROPICAL WESTERN ATLANTIC

Table I. Approximate significance of smooth terms. “Chi.sq” is the Chi-square test and the significance of which variable in the model. The number of * represents the significance level of which variables over the white marlin CPUE rates in the tropical western Atlantic.

LISTA DE ABREVIATURAS

ICCAT – International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas

SCRS – Standing Committee for Research and Statistics

RMS – Rendimento Máximo Sustentável

SST – *Sea Surface Temperature*

DML – Depth Mixture Layer

COZIGAM – Constrained and Unconstrained Zero Inflated Generalized Additive Model

MIF – Comprimento Mandíbula inferior-furca

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo analisar as capturas, a distribuição e a abundância relativa do agulhão branco (*Tetrapturus albidus*) no oceano Atlântico. Para que se promova um manejo efetivo dessa espécie altamente migratória, se faz necessário um melhor conhecimento sobre sua ecologia, especialmente no que se refere à sua distribuição e abundância associadas às mudanças sazonais do ambiente pelágico oceânico. Para tal, foram utilizados dados de pesca (captura e esforço), ambientais (temperatura da superfície do mar - SST e profundidade da camada de mistura - DML) e de biometria (comprimento mandíbula-inferior-furca). Como índices de abundância, foi utilizada também a CPUE (Captura por Unidade de Esforço), em termos do nº de indivíduos/100 anzóis. Esses dados foram agrupados em bancos de dados e analisados. Como ferramentas estatísticas, foram utilizados o modelo COZIGAM (*Constrained Zero-Inflated Generalized Additive Model*), mapas e gráficos para análise da evolução e da relação das capturas e frequências de comprimento com fatores ambientais, espaciais e temporais. Para análise da distribuição por classes de comprimento, foram classificados indivíduos jovens e adultos (comprimento de 1ª maturação sexual de 147 cm). O espinhel pelágico responde por mais de 90% das capturas em peso de agulhão branco. No entanto, a espécie representa apenas 0,37% das capturas com espinhel no Atlântico. O Brasil é o segundo país que mais captura agulhão branco em peso, devido a abundância da espécie no lado oeste do Atlântico sul ao longo do ano. A espécie representa, em média, 2,2% em peso do total das capturas brasileiras com espinhel. Nos últimos anos, com a diminuição da frota que opera espinhel e o aumento da prática de soltura de indivíduos vivos, os desembarques vêm diminuindo significativamente e o Brasil, desde 2008, vem respeitando à sua cota de captura para a espécie. Todas as variáveis utilizadas (latitude-longitude, mês, temperatura da superfície do mar e profundidade da camada de mistura) foram altamente significativas ao modelo COZIGAM desenvolvido, o que sugere uma alta correlação das mesmas com a CPUE da espécie. O elevado efeito positivo sobre as capturas em altas temperaturas (28°C) e baixa DML (80 m) podem representar fenômenos de soerguimento da termoclina, o que causaria uma compressão dos indivíduos dentro dessa camada, na qual é predominantemente exercido o esforço da pesca com espinhel, aumentando a vulnerabilidade da espécie. O esforço de pesca se concentra principalmente na região equatorial, onde também são observadas as maiores capturas. Os resultados confirmam uma maior concentração da espécie na área de estudo no 3º e 4º trimestres do ano. No 4º trimestre, foi observada maior concentração próxima à região sudeste do Brasil, acompanhando o deslocamento da isoterma de 25° C. Na costa sul, as maiores taxas de captura foram obtidas no 1º trimestre, especialmente na área situada entre 25°-30oS e 035-040o W, a qual é mencionada por diversos autores como uma importante área de desova no Atlântico Sul. Esses resultados confirmam uma tendência de realização de uma migração no sentido N-S ao longo da costa brasileira, do 3º ao 1º trimestre do ano. A distribuição de tamanho por trimestres sugere um padrão cíclico da migração de adultos e juvenis de agulhão branco. Adultos ocorreram em toda a área, mas com concentrações mais elevadas na faixa entre 0 e 5° N (1º trimestre), e ao largo das costas sudeste e sul do Brasil (3º e 4º trimestres). Juvenis foram mais abundantes na faixa de 5oS a 5oN, especialmente no 1º trimestre do ano, as quais parecem constituir importantes áreas para o desenvolvimento da espécie. Os dados de comprimento dos exemplares amostrados indicam que mais de 80% dos agulhões brancos capturados e embarcados pela frota espinheleira brasileira, apresentam tamanho superior ao comprimento de 1ª maturação sexual estimado para a espécie (de 139 cm para machos e 147 para fêmeas).

Palavras chave: captura, esforço, comprimento, espinhel, marlin branco, movimentos migratórios.

Abstract

The distribution, relative abundance and catches of white marlin (*Tetrapturus albidus*) in the Atlantic ocean were analyzed. In order to promote an effective management of this highly migratory species, it is necessary a better understanding of their ecology, especially large-scale movements performed. We used fisheries (catch and effort), environmental (sea surface temperature - SST and depth of the mixed layer - DML) and biometrics data (low-jaw fork length). CPUE (Catch Per Unit Effort) was used to as an abundance index, in terms of number of individuals caught/100 hooks. This data was grouped in databases and analyzed. As statistical tools we used the COZIGAM model (Constrained Zero-Inflated Generalized Additive Model), maps and graphs for analysis of the evolution and the relationships between catches-length frequency data and environmental, spatial and temporal factors. To analyze the distribution of length classes were used a classification of juveniles and adults (length of 1st sexual maturity of 147 cm MIF). Longline fisheries accounts for more than 90% of the white marlin catches in weight. However, this represents only 0.37% of longline catches in the Atlantic. Brazil is the second country that catches more white marlin, due to the species abundance on the west side of the South Atlantic through the year. The specie represents 2.2% of the total volume caught by the brazilian longline fleet. In recent years, landings have declined significantly due to the decrease in the longline fleet and increased release of live individuals, and Brazil, since 2008, comes to respecting the catch quota for specie. All variables used (latitude, longitude, month, sea surface temperature and depth of mixed layer) were highly significant for the COZIGAM model developed, which suggests a high correlation with the CPUE specie indices. The high positive effect on catches at high temperatures (28°C) and low MLD (80 m) may represent thermocline uplift phenomena. This would cause a compression of the individuals within this layer, where is applied the most longline fisheries effort, increasing, thus, the vulnerability of the specie. The fishing effort is concentrated mainly in the equatorial region, which also have the largest catches. The results confirm a higher concentration of the species in the study area in the 3rd and 4th quarters of the year. In the 4th quarter, there was a higher concentration off southeastern brazilian coast, which seem following the displacement of the 25°C isotherm. On the south coast, the highest catch rates were obtained in the 1st quarter, especially in the area between 25°S and 30°S with 035°W and 040°W, which is mentioned like an important spawning area in the South Atlantic by many authors. These results confirm that the specie are migrating in the N-S along the Brazilian coast, from the 3rd to the 1st quarter of the year. The size distribution by quarters suggests a cyclic pattern of adult and juvenile white marlin migrations. Adults occurred throughout the area, but has higher concentrations in the range between 0 and 5° N (1st quarter) and off southern and southeastern coast of Brazil (3rd and 4th quarters). Juveniles were more abundant in the 5°N a 5°S range, especially in the 1st quarter of the year, which seem to be important areas for the development of the species. The data length of sampled specimens indicate that more than 80% of the white marlin caught by the brazilian longline fleet, is under the size of the 1st sexual maturity estimated for the species (of 139 cm for males and 147 for females).

Keywords: catch, effort, length, longline, white marlin, large-scale movements.

INTRODUÇÃO GERAL

Os agulhões são grandes migradores pelágicos que habitam os oceanos tropicais e subtropicais. Pertencem à família Istiophoridae, cujas espécies são capturadas como fauna acompanhante na pesca de atuns (*Thunnus* sp.) e espadarte (*Xiphias gladius*) com espinhel, os quais constituem os principais recursos pesqueiros oceânicos capturados em todo o mundo (ICCAT, 1999, 2001, 2004). São consumidos em muitos países, principalmente em nações costeiras de zonas do Caribe e da África Ocidental (ICCAT, 2001), onde apresentam elevada importância socioeconômica através da pesca artesanal (ICCAT, 1999). Além disso, os mesmos têm sido amplamente capturados pela pesca esportiva nos três oceanos, na qual constituem as presas mais valorizadas (Nakamura, 1985). No entanto, a maior importância dos agulhões é, sem dúvida, ecológica, como predadores oceânicos.

Mesmo como fauna acompanhante da pesca com espinhel, porém, estão sujeitos a uma intensa pressão pesqueira, aspecto agravado pela sua natureza oceânica e altamente migradora, a qual os torna vulneráveis à exploração pela frota espinheleira de vários países que operam neste oceano (ICCAT, 2006).

Por estas razões, a avaliação e o manejo de seus estoques só são possíveis através da ação de organizações regionais de ordenamento pesqueiro (OROP), as quais congregam esforços conjuntos de várias nações. No oceano Atlântico, esta tarefa cabe à Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT - *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*), da qual o Brasil é membro desde a sua criação em 1966, no Rio de Janeiro (ICCAT, 2007a).

Com o objetivo de melhor conhecer a biologia das espécies da família Istiophoridae para fins de conservação de seus estoques, desde 1987 a ICCAT vem desenvolvendo o Programa de Investigação Intensiva sobre os Agulhões (*ICCAT Enhanced Research Program for Billfish - ERPB*), incluindo trabalhos de genética, levantamento das características de seus habitats, idade e crescimento, distribuição e abundância e biologia reprodutiva (ICCAT, 1986).

Além disso, em 2005, a ICCAT, por decisão do seu Comitê Permanente de Pesquisa e Estatística (SCRS), criou o Subcomitê de Ecossistemas com o objetivo de

integrar um Enfoque Ecosistêmico das Pescarias (EEP) no âmbito da ICCAT e avaliar o impacto relativo dos diferentes fatores abióticos e bióticos, incluindo fenômenos climáticos e oceanográficos, impactos humanos, pesca dirigida e incidental, depredação, competição, poluição e outros, que afetam a abundância, distribuição e migração das diferentes espécies.

Nesse contexto, como contribuição brasileira ao ERPB, o desenvolvimento de pesquisas sobre os agulhões faz-se necessário para uma melhor compreensão da ocupação do ambiente pelágico oceânico e sobre a atividade de pesca de atuns que incide sobre estas espécies ao largo da costa do País, gerando informações suscetíveis de promover um adequado manejo de seus estoques.

O agulhão branco (Figura 1), como grande peixe pelágico, migrador de longa distância, é também uma espécie especialmente influenciada pelos diversos fatores abióticos do ambiente em que vive, cujos efeitos podem ser observados diretamente na distribuição espaço-temporal da espécie (Ueyanagi *et al.*, 1970; Mahon & Mahon, 1986; Brill *et al.*, 1993; Hazin, 1993; Brill & Lutcavage, 2001; Oliveira, 2006).

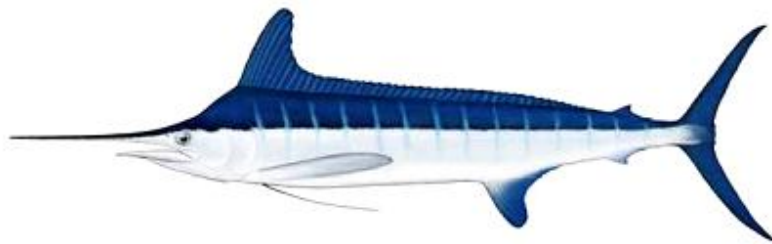


Figura 1. Desenho do agulhão branco (*Tetrapturus albidus*). Fonte: Arocha & Ortiz (2006).

Sendo assim, a presente tese visou suprir as lacunas desta área do conhecimento para o oceano Atlântico sul, estudando-se a relação entre a heterogeneidade espacial das capturas de agulhão branco e a variação sazonal das condições ambientais, de forma a se compreender como elas interferem no ciclo migratório, e consequentemente na capturabilidade da espécie pelo espinhel pelágico.

Sabe-se que os animais aquáticos, especialmente os grandes migradores pelágicos, apresentam uma elevada sensibilidade às variações das condições ambientais,

em comparação aos animais terrestres (Laevastu & Hela, 1970). Isso decorre do tipo de respiração e consequente troca de calor com o meio ao qual estão submersos (Schmidt-Nielsen, 1976). Por essa razão, modificações no regime climático e oceânico exercem influência determinante sobre os estoques pesqueiros, interferindo, inclusive na sua distribuição espaço temporais.

Portanto, as variações sazonais das principais espécies estão associadas ao ciclo anual da temperatura da superfície do mar. No entanto, muito pouco é conhecido sobre as influências de outros parâmetros oceanográficos, dentre as quais, a profundidade da camada de mistura, que é provavelmente um dos mais importantes para a pesca praticada com espinhel pelágico.

Segundo Fonteneau, (1998), a pesca atuneira com espinhel apresenta como característica principal uma variação bem definida no tempo e no espaço, a qual está diretamente ligada à forte variabilidade sazonal de suas condições hidroclimáticas. Variações sazonais e interanuais do meio ambiente condicionam a concentração das principais espécies de atuns e afins em um determinado setor durante uma determinada época do ano, quando as condições oceanográficas são favoráveis à reprodução ou à alimentação dessas espécies.

Nesse contexto, se faz necessário que se desenvolvam linhas de pesquisa voltadas para o aperfeiçoamento dos processos de ordenamento e conservação, através de uma abordagem ecossistêmica na avaliação dos recursos pesqueiros, na qual o meio ambiente seja considerado e analisado em conjunto, avaliando a sua distribuição e abundância, com consequentemente definição de áreas e épocas de maiores capturas, suas flutuações de acordo com a dinâmica do ambiente oceânico e o tamanho dos indivíduos capturados.

Diante disso, a proposta do presente trabalho foi apresentar uma análise da distribuição e abundância do agulhão branco, influenciadas pela variabilidade oceânica ao largo da costa do Brasil, reunindo informações que permitam identificar os parâmetros responsáveis pelo padrão de distribuição espaço-temporal da espécie.

HIPÓTESE

- As variações sazonais das condições oceânicas determinam respostas associadas na distribuição e abundância do agulhão branco no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste.

OBJETIVOS

Objetivos Gerais

Determinar a distribuição, abundância e faixas de comprimento do agulhão branco capturado em relação às variações sazonais do ecossistema pelágico do oceano Atlântico tropical e subtropical oeste.

Objetivos específicos

- o Analisar a pesca e as capturas da espécie por aparelho de pesca e frota operante no oceano Atlântico;
- o Avaliar o padrão de distribuição espaço-temporal do agulhão branco e seus níveis de abundância, em relação às variações do oceano ao largo da costa brasileira;
- o Analisar a influência de variáveis ambientais sobre a distribuição e abundância do agulhão branco capturado no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste;
- o Avaliar a distribuição dos tamanhos dos indivíduos capturados em relação à fase de vida;

Referências

BRILL, R. W., HOLTS, D. B., CHANG, R. K. C., SULLIVAN, S., DEWAR, H. AND CAREY, F. G. 1993, **Vertical and horizontal movements of striped marlin (*Tetrapturus audax*) near the Hawaiian Islands, determined by ultrasonic telemetry, with simultaneous measurement of oceanic currents**. Marine Biology, 117: 567-574.

BRILL, R. W.; LUTCAVAGE, M. 2001, **Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments**. American Fisheries Society Symposium, 25: 179-198.

FONTENEAU, A. Introduction aux problèmes des relations thons-environnement dans l'Atlantique. In : Beckett, J. (ed.) - **Proceeding of the ICCAT Tuna Symposium**, Part 1, Punta Delgada, 1998, p. 275-317.

HAZIN, F. H. V. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean. **Tese de Doutorado**, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, 1993. 286 p.

ICCAT Program of Enhanced Research for Billfish Proposal. Appendix 6 to Annex 12. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madri, nov. 1986. 233-235.

ICCAT Report of the Standing Committee on Research & Statistics (SCRS): WHITE MARLIN (*Tetrapturus albidus*) Executive Summary. Madri: ICCAT, out. 1999. 4 p.

ICCAT Report of the fourth ICCAT billfish workshop. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, 2001, v. 53, 375 p.

ICCAT Informe del Comité Permanente de Investigación y Estadísticas: Aguja blanca. Madrid: ICCAT, 4-8 de out. 2004. p.78-85.

ICCAT ICCAT Mannual - Capítulo 2.1.7: White marlin. International Commission for the Conservation Atlantic Tunas. Aroucha e Ortiz eds. 1ª edição, Madri, 2006. p. 129-141.

ICCAT Basic texts. Conference of Plenipotentiaries on the Conservation of Atlantic Tunas. Rio de Janeiro, May 1966. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, 2007a. 5th Revision. 117 p.

LAEVASTU, T.; HELA, I. **Fisheries Oceanography**. Fishing News Books Ltd. London, 1970. 238p.

MAHON, R.; MAHON, S. Seasonality and migration of pelagic fishes in the eastern Caribbean. **FAO Expert Consultation on Shared Fishery Resources in the Lesser Antilles**. Mayaguez, Porto Rico, 273 p, 1986.

NAKAMURA, I. FAO species catalogue: Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. n.125. v.5. **FAO Fishery Synopsys**. Roma, 65 p. 1985.

OLIVEIRA, I. M. R. P. Pesca, distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do agulhão branco *Tetrapturus albidus* Poey 1860 capturado pela frota espinheleira

brasileira. **Dissertação de Mestrado** em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2006. 130 p.

SCHMIDT-NIELSEN, K. Fisiologia Animal. **Ediciones Omega S.A.** Barcelona, 499p. 1976.

UEYNAGI, S.; KIKAWA, S.; UTO, M.; NISHIKAWA, Y. **Distribution, spawning, and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean.** Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory, n. 3, p. 15-55, 1970.

Capítulo 1. Biologia, pesca e manejo do agulhão branco no oceano Atlântico

Resumo

O agulhão branco do Atlântico *Tetrapturus albidus* pertence à família Istiophoridae, sendo capturado em pescas esportivas, artesanais e industriais. O presente trabalho apresenta um levantamento das informações disponíveis sobre a biologia, seguida de uma análise de dados da pesca e as principais medidas adotadas para o manejo da espécie. Foram analisados dados de captura obtidos das Tarefas I e II da Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT) e do Banco Nacional de Dados da Pesca de Atuns e Afins no Brasil do Ministério da Pesca e Aquicultura (BNDA/MPA), no período de 1999 a 2010. Nesse período, foram capturadas 9.500 t de agulhão branco no oceano Atlântico por todas as artes de pesca, com o espinhel pelágico respondendo por mais de 90% dessas capturas. No entanto, a espécie representa apenas 0,37% das capturas com espinhel no Atlântico. O Brasil é o segundo país que mais captura agulhão branco no Atlântico em peso, devido a abundância da espécie no lado oeste do Atlântico sul ao longo do ano. O agulhão branco representa em média 2,2% em peso do total das capturas brasileiras com espinhel. Nos últimos anos, com a diminuição do número de embarcações que operam com espinhel e o aumento da prática de soltura de indivíduos vivos, os desembarques vêm diminuindo significativamente e o Brasil, desde 2008, vem respeitando à sua cota de captura estabelecida pela ICCAT para a espécie (52 t), indicando resultados positivos das medidas nacionais e internacionais de manejo adotadas.

Palavras-chave: marlins, captura, artes de pesca, espinhel.

Abstract

The Atlantic white marlin *Tetrapturus albidus* (family: Istiophoridae) is captured by artisanal, industrial and sport fisheries. This paper presents a survey of the available information on the ecology, followed by an analysis of fisheries data and the main measures adopted for the management of the species. We analyzed data obtained by Task I and II of the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT) and the National Data of Tuna Fisheries of Ministry of Fisheries and Aquaculture (BNDA/MPA) between 1999 and 2010. During this period, 9,500 t of white marlin were caught in the Atlantic Ocean by all gears, with pelagic longline accounting for over 90% of these catches. However, the species represents only 0.37% of longline catches in the Atlantic. Brazil is the second country that capture more white marlin in the Atlantic ocean in weight, certainly due to abundance of the species on the west side of the South Atlantic through the year. The white marlin is on average 2.2% by weight of the total catch Brazilian longline. In recent years, with the decrease in the number of longline vessels operating and increased release of live individuals, landings have declined significantly. Since 2008, Brazil has been respecting their quota catch established by the ICCAT for the specie (52 t), indicating positive results of national and international management measures adopted.

Key words: marlins, catches, fishing gears, longline.

Introdução

A pesca de larga escala de atuns e afins no Atlântico teve início em 1956, a partir de embarcações japonesas baseadas no porto de Recife que operavam com espinhel pelágico (Antero-Silva *et al.*, 1994). Embora esta pescaria seja direcionada para a captura de atuns e espadarte, outras espécies também são capturadas acidentalmente como fauna acompanhante, como tubarões e agulhões (família Istiophoridae).

Os agulhões, ou marlins, são consumidos em muitos países, principalmente em nações costeiras do Caribe e da África Ocidental (ICCAT, 2001). Além de serem capturados pelo espinhel, como fauna acompanhante, os agulhões também são capturados como alvo em pescas artesanais e na pesca esportiva em diferentes localidades, ocorrendo em grande abundância ao longo de toda a costa do Brasil (Arfelli *et al.*, 1986; Antero-Silva *et al.*, 1994).

Por estas razões, a avaliação e o manejo de seus estoques só são possíveis através da ação de organizações regionais de ordenamento pesqueiro (OROP), as quais congregam esforços conjuntos de várias nações. No oceano Atlântico, esta tarefa de fazer a gestão das pescarias e conservar os estoques das espécies exploradas, incluindo a fauna acompanhante como os agulhões, cabe à Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT - *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas*), da qual o Brasil é membro desde a sua criação em 1966, no Rio de Janeiro (ICCAT, 2007a).

O agulhão branco *Tetrapturus albidus* é uma espécie endêmica do oceano Atlântico e mares adjacentes, habitando águas tropicais e subtropicais (Nakamura, 1985; Mather *et al.*, 1975; ICCAT, 2004). Juntamente com os agulhões negro (*Makaira nigricans*) e vela (*Istiophorus albicans*), constituem as principais espécies de agulhões capturados no oceano Atlântico. A preocupação da ICCAT se deve à elevada pressão pesqueira a qual os estoques dessas espécies vêm sendo submetidos, promovendo uma importante redução de suas biomassas nos últimos anos. Além da inegável relevância ecológica dos agulhões, as diferentes espécies possuem grande apelo conservacionista, com elevada pressão de várias ONGs e do próprio setor da pesca esportiva oceânica

internacional, que defendem a conservação dos seus estoques. Por esses motivos, a redução da mortalidade por pesca do agulhão branco no Atlântico tem sido um desafio importante para a ICCAT (ICCAT, 2002; ICCAT, 2006).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo levantar informações sobre a biologia, a pesca e o manejo do agulhão branco no Atlântico, analisando e caracterizando a evolução das capturas da espécie nos últimos anos, por diferentes frotas e artes de pesca, fazendo referencia às medidas adotadas para sua conservação e sustentabilidade da atividade pesqueira.

Material e métodos

No presente trabalho foram utilizados dados de captura e esforço da ICCAT e do Banco Nacional de Dados da Pesca de Atuns e afins (BNDA) no Brasil, no período de 1999 a 2010, para se avaliar as capturas da espécie.

A ICCAT mantém mais de 2 GB de informações em várias bases de dados, as quais podem ser acessadas através do seu site (<http://www.iccat.es/en/accesingdb.htm>). Entre elas, as informações de captura anual nominal por espécie, aparelho de pesca, região e bandeira, as quais compõem a chamada Tarefa I. Esses dados são gerados por dados de desembarque total, inspeção nos portos e estimativas. Já a distribuição espaço-temporal do esforço de pesca e das capturas por espécie, país e tipo de pescaria foi obtida na Tarefa II, e são coletados a bordo. A responsabilidade pela comunicação dessas informações de capturas e desembarques de cada bandeira (frota) é de cada um dos países-membros da ICCAT.

O Banco Nacional de Dados da Pesca de Atuns e Afins (BNDA) é mantido pelo "Subcomitê Científico de Atuns e Afins", que acessora o "Comitê Permanente de Gestão de Atuns e Afins" (CPG), do Ministério da Pesca e Aquicultura do Brasil. Esse banco de dados contém informações por lance de pesca de espinhel da frota brasileira, composta por embarcações nacionais e estrangeiras arrendadas, desde 1978.

Os referidos bancos de dados são gerados pelo preenchimento de mapas de bordo (BNDA) e por desembarque total, e foram utilizados para se analisar as capturas do agulhão branco realizadas com espinhel e por outras artes de pesca no oceano Atlântico, em especial pela frota brasileira, em relação aos volumes totais de captura.

Também foi realizada, através de levantamento bibliográfico, uma análise das principais informações sobre a biologia, a pesca e as principais medidas de manejo para o agulhão branco no Atlântico, associando-as ao histórico das capturas.

Resultados e discussão

Biologia

Os agulhões ou marlins, como são também conhecidos, pertencem à Ordem Perciformes e à família Istiophoridae. São grandes migradores oceânicos pelágicos, que habitam águas tropicais e, sazonalmente, águas subtropicais de todos os oceanos (Mather *et al.* 1975; Nakamura, 1985). Os agulhões estão entre as maiores e mais rápidas espécies de teleósteos nos oceanos, realizando grandes migrações, por vezes, transoceânica (ICCAT, 2006).

São predadores ativos e vorazes, usando seu rostro prolongado para atacar suas presas. São predados ocasionalmente por grandes peixes oceânicos, como tubarões, atuns, cavalas, dourado e agulhões adultos, especialmente nas suas fases mais jovens (Nakamura, 1985).

O agulhão branco *Tetrapturus albidus* ocorre exclusivamente no Atlântico, se distribuindo por quase todo o oceano tropical e subtropical, desde 45°N até 45°S, no lado oeste e 35°S, no lado leste (Ueyanagi *et al.* 1970; Nakamura, 1985).

A espécie atinge um comprimento total máximo de 280 cm e 82 kg de peso (Nakamura, 1985), chegando até 12 anos de idade. Segundo Nakamura (1985), o tamanho do agulhão branco do Atlântico capturado por espinheleiros comerciais varia de 130 a 210 cm de comprimento (a maioria em torno de 165 cm). Seu peso médio de captura se situa em torno de 20-30kg (ICCAT, 2004). Estudos recentes realizados no Atlântico Sudoeste estimaram o comprimento de 1ª maturação sexual ($L_{50\%}$) em torno de 146,0 cm para as fêmeas e 138,5 cm para machos (comprimento mandíbula inferior-furca - MIF) (Oliveira *et al.*, 2007 e Pinheiro, 2010). Já no Atlântico central oeste, Arocha & Bárrios (2009) encontraram um $L_{50\%}$ de 160,5 cm para as fêmeas.

A espécie não apresenta dimorfismo sexual, embora diversos autores mencionem que as fêmeas atingem maiores comprimentos que os machos, podendo igualmente alcançar pesos maiores que os machos de um mesmo tamanho (De Sylva & Davis, 1963; Ueyanagi *et al.*, 1970; Nakamura & Rivas, 1972 *apud* Mather *et al.*, 1975;

Lenarz & Nakamura, 1974; Goodyear & Arocha, 2001). Tais diferenças, contudo, tendem a desaparecer em grandes comprimentos (maiores que 173 cm de comprimento zoológico) (De Sylva & Davis, 1963; Mather *et al.*, 1975; Lenarz & Nakamura, 1974).

O agulhão branco do Atlântico é considerado uma espécie solitária, embora também possa formar pequenos grupos (ICCAT, 1999) de 5 a 12 peixes, de acordo com o tamanho ou sexo, em várias estações do ano (Nakamura, 1985). De uma maneira geral, agrupam-se em grandes cardumes apenas em épocas de reprodução (Mather *et al.* 1975; Nakamura, 1985).

O agulhão branco alimenta-se de uma grande variedade de peixes, crustáceos e cefalópodes (ICCAT, 2006). Garcia de los Salmones *et al.* (1989), em estudo realizado na costa central da Venezuela observou que a espécie se alimenta principalmente de lulas e escombrídeos, assim como de clupeídeos, carangídeos e gempilídeos, além de juvenis de espécies tipicamente costeiras. Vaske Jr. *et al.* (2004) analisaram 120 estômagos na região Nordeste do Brasil e concluíram que *Brama brama* é o mais importante item alimentar na dieta de *T. albidus*, seguido pela lula *Ornithoteutis antillarum*, com ambos compondo 67,2% da dieta da espécie e se constituindo, portanto, nos seus principais recursos alimentares. Segundo os mesmos autores, o reduzido tamanho do estômago força o predador a se alimentar constantemente, em pequenas quantidades e várias vezes ao dia, proporcionando energia para migração, devido a constante ingestão de alimento.

Estudos indicam que a distribuição espaço-temporal do agulhão branco é fortemente influenciada por fatores ambientais (Hazin, 1993; Brill *et al.*, 1998; Brill & Lutcavage, 2001; Oliveira, 2006). A espécie é encontrada principalmente acima da termoclina, em profundidades de até 100 m, com temperaturas de superfície acima de 22°C (Mahon & Mahon, 1972 *apud* Nakamura, 1985; ICCAT, 2006). Indivíduos maiores podem mergulhar em águas mais profundas em latitudes maiores, adaptando-se a temperaturas mais frias (Domingo *et al.*, 2012).

Segundo ICCAT (2006), as necessidades de oxigênio dissolvido dos marlins ainda são pouco conhecidas. No entanto, Prince & Goodyear (2006) propuseram que a concentração de oxigênio mínima é de 3,5 ml/l, definindo-o como o limite hipóxico para estas espécies. Essa afirmação foi parcialmente sustentada através de medidas de consumo de oxigênio de juvenis de agulhão vela, que indicaram que esta espécie tem o consumo de oxigênio e taxas metabólicas elevadas, compatíveis com as de atuns tropicais (Idrisi *et al.* 2002; Brill, 1996 *apud* ICCAT, 2006).

Atuns e marlins são os únicos peixes teleósteos heterotérmico. Trocadores de calor vasculares em contracorrente nos corpos e cabeças da maioria das espécies mantêm as temperaturas internas superiores às do ambiente, permitindo que estes peixes explorem uma ampla área oceânica (Brill & Lutcavage, 2001 *apud* Boyce *et al.*, 2008)

O agulhão branco é amplamente distribuído por todo o Atlântico. Segundo Ueyanagi *et al.* (1970), Mather *et al.* (1975) e Nakamura (1985), o agulhão branco do Atlântico está densamente distribuído de maio a outubro no Golfo do México, na costa da Flórida e Nordeste do Brasil. De novembro a abril, a espécie se concentra no sul do Brasil até a Argentina. Também ocorre no Mar do Caribe, Mar Mediterrâneo, além de registros de alguns indivíduos entre Grã-Bretanha e França. No Brasil ocorre ao longo de toda a costa, sendo mais frequente na costa nordeste. A figura 1 mostra as regiões de maior concentração da espécie ao longo do ano, baseada nos trabalhos de La Monte (1955), Ueyanagi *et al.* (1970), Mather *et al.* (1975), Nakamura (1985), Arfelli *et al.*, (1986), Hazin (1993), Souza *et al.* (1994), Antero-Silva *et al.* (1994) e Oliveira (2006).

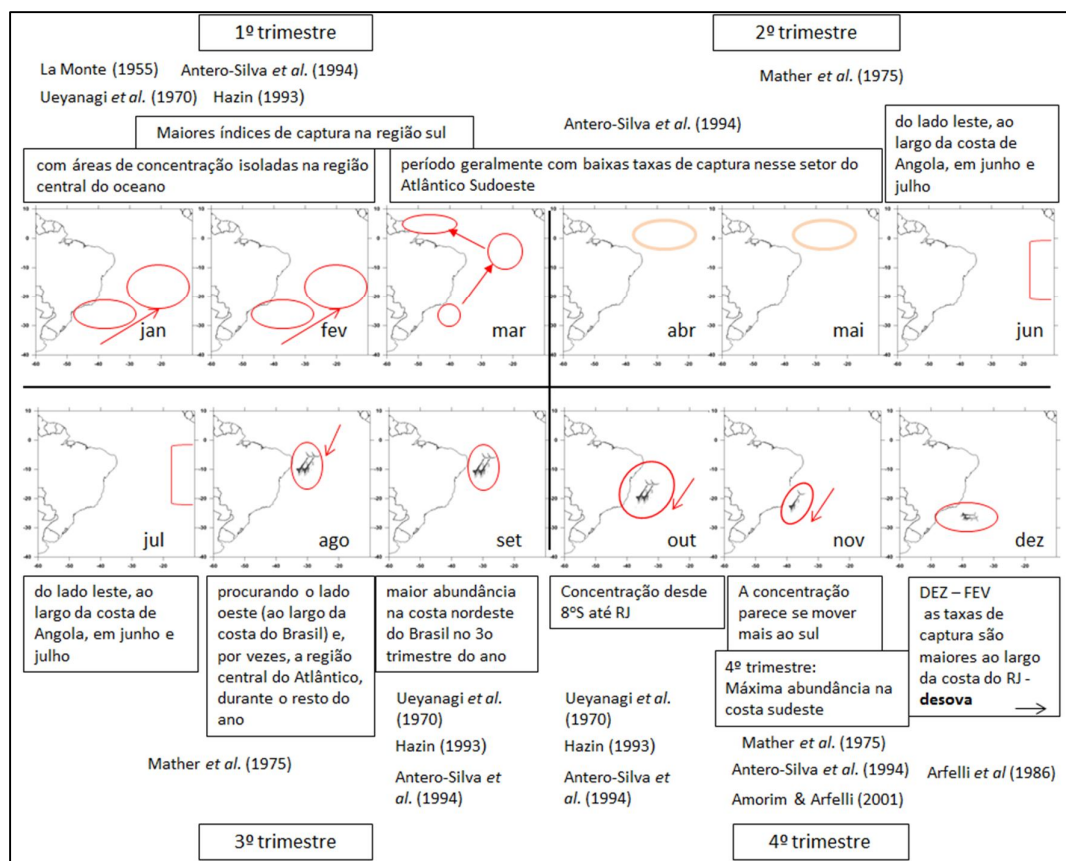


Figura 1. Distribuição hipotética do agulhão branco no oceano Atlântico sul, baseada nos trabalhos de La Monte (1955), Ueyanagi *et al.* (1970), Mather *et al.* (1975), Nakamura

(1985), Arfelli *et al.*, (1986), Hazin (1993), Souza *et al.* (1994), Antero-Silva *et al.* (1994) e Oliveira (2006).

Costumam se concentrar em região de frentes oceânicas e perto de quebras da plataforma continental, bancos oceânicos e *canyons* submarinos para fins de alimentação (Nakamura 1985; Oliveira, 2006). No Atlântico sul, pesquisas indicam que a espécie desova ao largo da costa sudeste do Brasil (25° - 26° S e 45° W) de dezembro a março (Arfelli *et al.*, 1986; ICCAT, 2009). No entanto, as preferências de habitat do agulhão branco são pouco conhecidas em comparação com os atuns.

Descrição e evolução das capturas de agulhão branco no oceano Atlântico

Segundo a ICCAT, no período de 1999 a 2010 foram capturadas 9.543,75 t de agulhão branco no Atlântico (média = 795 t/ano), dos quais 90,5% (8.638,8 t) foram capturadas com espinhel pelágico (Tabela 1 e Figura 2).

Tabela 1. Registro de captura (t) de agulhão branco no oceano Atlântico, por categoria de pesca, no período 1999-2010.

Arte de pesca	Código internacional	Captura WHM (t)	%
Espinhel pelágico	LL	8638,80	90,518
Outras artes de superfície	OTHER SURF.	870,65	9,123
Corrico	TR	379,25	3,974
Rede de emalhar	GN	284,34	2,979
Aparelho não informado	U.N.	122,85	1,287
Vara e isca viva	BB	65,12	0,682
Cerco	P.S	16,01	0,168
Arte de superfície não classificada	SU	1,41	0,015
Arpão	HP	1,05	0,011
Linha de mão	TL	0,36	0,004
Tresmalhos + armadilhas	TN + TP	0,26	0,003
Pesca Esportiva	SPORT (HL + RR)	34,25	0,359
Total		9543,70	100,000

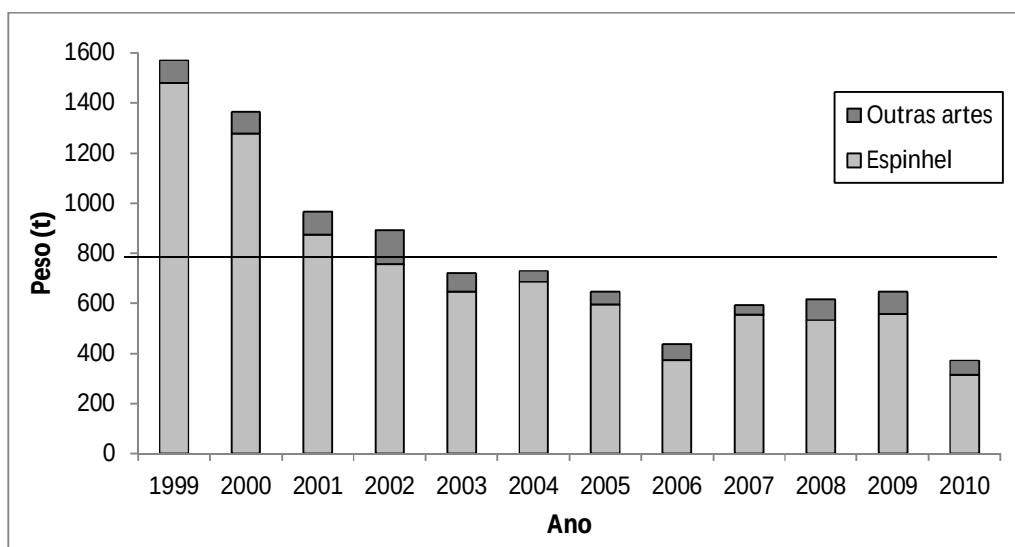


Figura 2. Registro de captura (t) de agulhão branco no oceano Atlântico, por categoria de pesca, no período 1999-2010). Linha horizontal representa média anual de captura da espécie para o mesmo período (795 t).

Tendo em vista que a espécie, em geral, ocupa o mesmo habitat e apresenta basicamente os mesmos hábitos alimentares das espécies alvo (atuns e espadarte), as suas capturas por espinhel devem continuar significativas. Além disso, as elevadas capturas da espécie com espinhel são resultado da vasta distribuição do esforço de pesca desse aparelho, especialmente no lado oeste do Atlântico, devido às condições oceanográficas dessa região, onde o agulhão branco também se concentra na maior parte do ano.

Outras artes de superfície capturaram 870,7t de agulhão branco (9,1% do total para o período). Entre estas artes, destacam-se as capturas com corrico e rede de emalhar, realizadas por países da África equatorial (São Tomé e Príncipe, Costa do Marfim, Gabão, Gana, Libéria e Togo) e do Caribe (Venezuela, Trinidad e Tobago e Santa Lúcia), além da França. Segundo a ICCAT (2011), dada a importância recente de parte das capturas oriundas da pesca artesanal, e para aumentar a probabilidade de recuperação das unidades populacionais do agulhão branco, a Comissão deverá considerar regulamentos que controlem ou reduzam a mortalidade gerada por estas pescarias.

Em seguida, observamos a participação das capturas com vara e isca viva, realizadas predominantemente pelo Brasil (65 t), e com cerco, por França, Espanha e

Estados Unidos, que juntas respondem por menos de 1% do volume de agulhão branco capturado no período. Artes de pesca não classificadas (Brasil e Portugal), arpão e linha de mão (Canadá), tresmalhos (França) e armadilhas (Portugal), juntas, responderam por apenas 16 t (1,8% do agulhão branco capturado no período).

A pesca esportiva (representada por corrico esportivo e vara e molinete) representa apenas 0,4% das capturas de agulhão branco no Atlântico (34,25t) (Tabela 2).

Em se tratando de espinhel pelágico, tal arte de pesca registrou um volume de captura total, para todas as espécies registradas, da ordem de 2.307.000t entre 1999 e 2010 (aproximadamente 192.250 t/ano em média) para todas as frotas que operam no Atlântico. Os agulhões representam pouco mais de 2% desse volume capturado, com o agulhão branco participando com 0,4% das capturas com espinhel no Atlântico (Tabela 2).

Tabela 2. Capturas totais (t), dos agulhões e do agulhão branco capturado com espinhel pelágico no Atlântico entre 1999 e 2010.

Ano	Captura total (t) com espinhel	Captura total (t) de agulhões com espinhel	Captura total (t) de WHM com espinhel
1999	215.510,51	5.492,82	1.478,25
2000	223.806,92	5.419,85	1.276,61
2001	197.477,67	4.377,88	872,76
2002	174.597,87	3.796,04	756,06
2003	192.340,86	3.630,25	646,09
2004	186.050,41	3.160,37	685,15
2005	176.800,09	3.549,79	593,97
2006	175.055,64	2.947,14	373,38
2007	197.250,45	3.987,92	553,48
2008	186.059,20	4.151,39	532,16
2009	187.685,74	3.893,47	557,40
2010	194.340,76	3.145,99	313,48
Média	192.248,01	3.962,74	719,90
Total	2.306.976,12	47.552,91	8.638,79
%	100	2,06	0,37

Avaliações de estoque realizadas pela ICCAT (ICCAT, 2005; ICCAT, 2007b), estimaram um rendimento máximo sustentável (RMS) do agulhão branco no Atlântico,

em torno de 960 t (600 - 1.320 t). Como podemos observar, as capturas de agulhão branco com espinhel tem sido inferiores a 1.000t desde 2001. No entanto, também foi observada uma queda nas capturas totais (todas as espécies), como consequência da diminuição do esforço de pesca. Segundo ICCAT (2009), durante o período de 2001-2004, índices de abundância da pesca com espinhel de alguns países sugerem que o declínio na abundância do agulhão branco têm sido, pelo menos parcialmente revertido, enquanto outros sugerem que a abundância continuou a declinar. A confirmação de uma dessas tendências só poderá ser confirmada com pelo menos mais quatro ou cinco anos de dados.

Distribuição do esforço de pesca e das capturas de agulhão branco com espinhel

Os países que operam com espinhel pelágico no oceano Atlântico reportaram à ICCAT (Tarefa II) um esforço de pesca total de 2.231.157.651 anzóis entre 1999 e 2010, capturando 2.665.316 kg de agulhão branco (Figuras 3 e 4). No 1º trimestre, foi observado o maior esforço (651.067.833 anzóis), ocasionando maiores capturas em peso da espécie neste período (927.921,75 kg), principalmente ao longo da faixa equatorial e ao largo da costa Nordeste do Brasil (Figuras 3A e 4A).

No 2º trimestre do ano, a distribuição de esforço de pesca (545.532.830 anzóis) se concentrou mais ao norte dessa região, estendendo-se até 30° N, mais próxima da costa africana. Também foi observada uma importante concentração do esforço de pesca ao sul do Brasil, ao largo da costa uruguaia e nordeste da Argentina (Figura 3B). A distribuição das capturas de agulhão branco acompanhou esse padrão, sendo capturados 504.366,1 kg da espécie nessa época do ano (Figura 4B).

No 3º trimestre foram registrados os menores esforços de pesca (504.391.328 anzóis) e menores capturas da espécie (483.949,1 kg) ao longo do ano (Figuras 3C e 4C). O esforço de pesca se concentrou principalmente próximo às águas oceânicas da África equatorial, enquanto que as principais capturas foram registradas bastante próximas à costa nordeste do Brasil, entre 5° N e 5° S, especialmente na região da

cadeia de Fernando de Noronha, no mar do Caribe e ao largo da região Sudeste/Sul do Brasil.

No 4º trimestre, o esforço de pesca (530.039.329 anzóis) foi concentrado principalmente na região central do oceano Atlântico, estendendo-se desde a Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil até a região equatorial da África (Figura 3D). As capturas de agulhão branco (749.079 kg) foram as segundas mais elevadas em peso ao longo do ano, e se concentraram, mais uma vez, ao largo da costa Nordeste do Brasil, mais ao sul da concentração observada no trimestre anterior, estendendo-se até a região central do Atlântico Sul (Figura 4D).

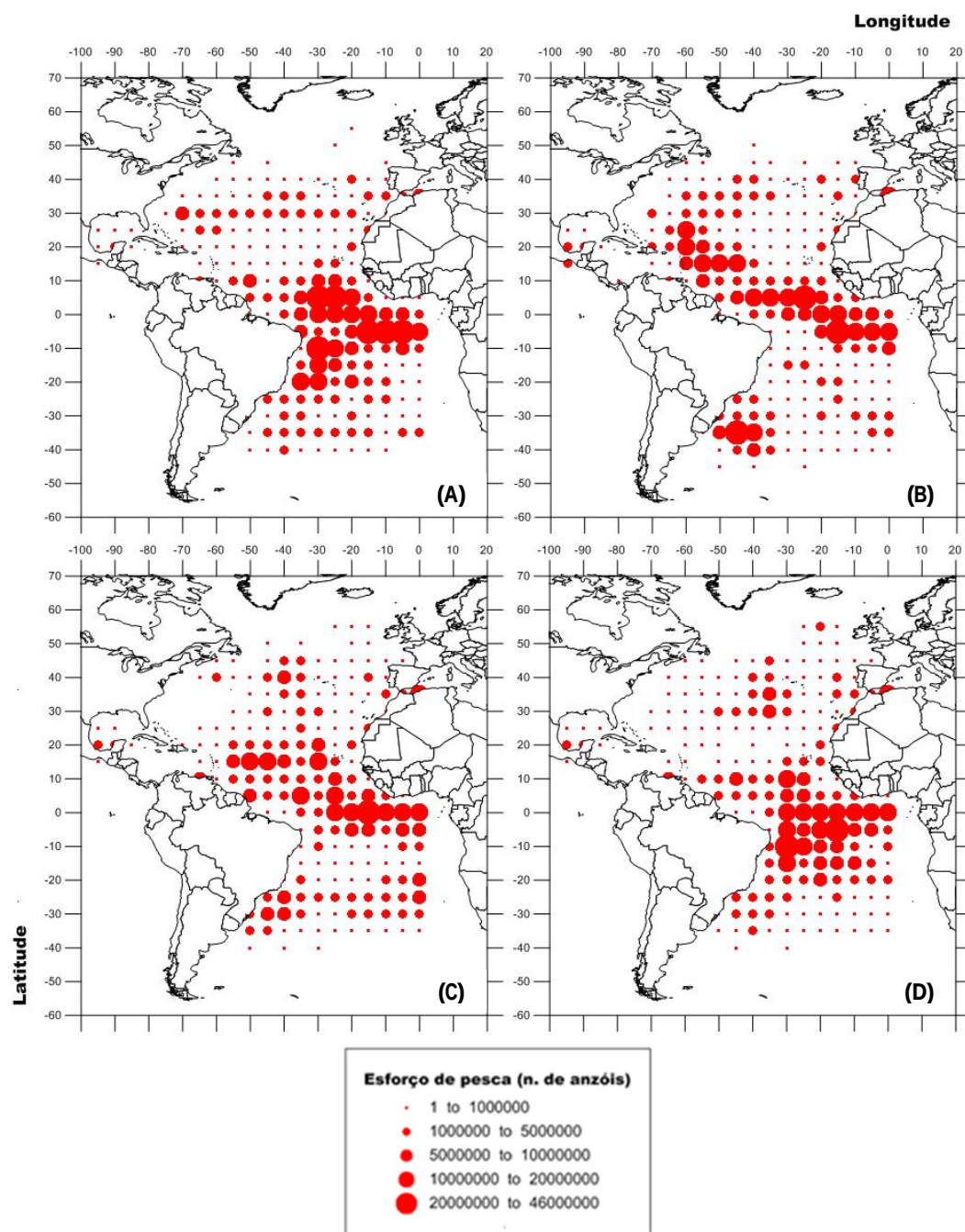


Figura 3. Distribuição do esforço da pesca total com espinhel (1999-2010) em n^o de anzóis por todas as frotas que operam no oceano Atlântico.

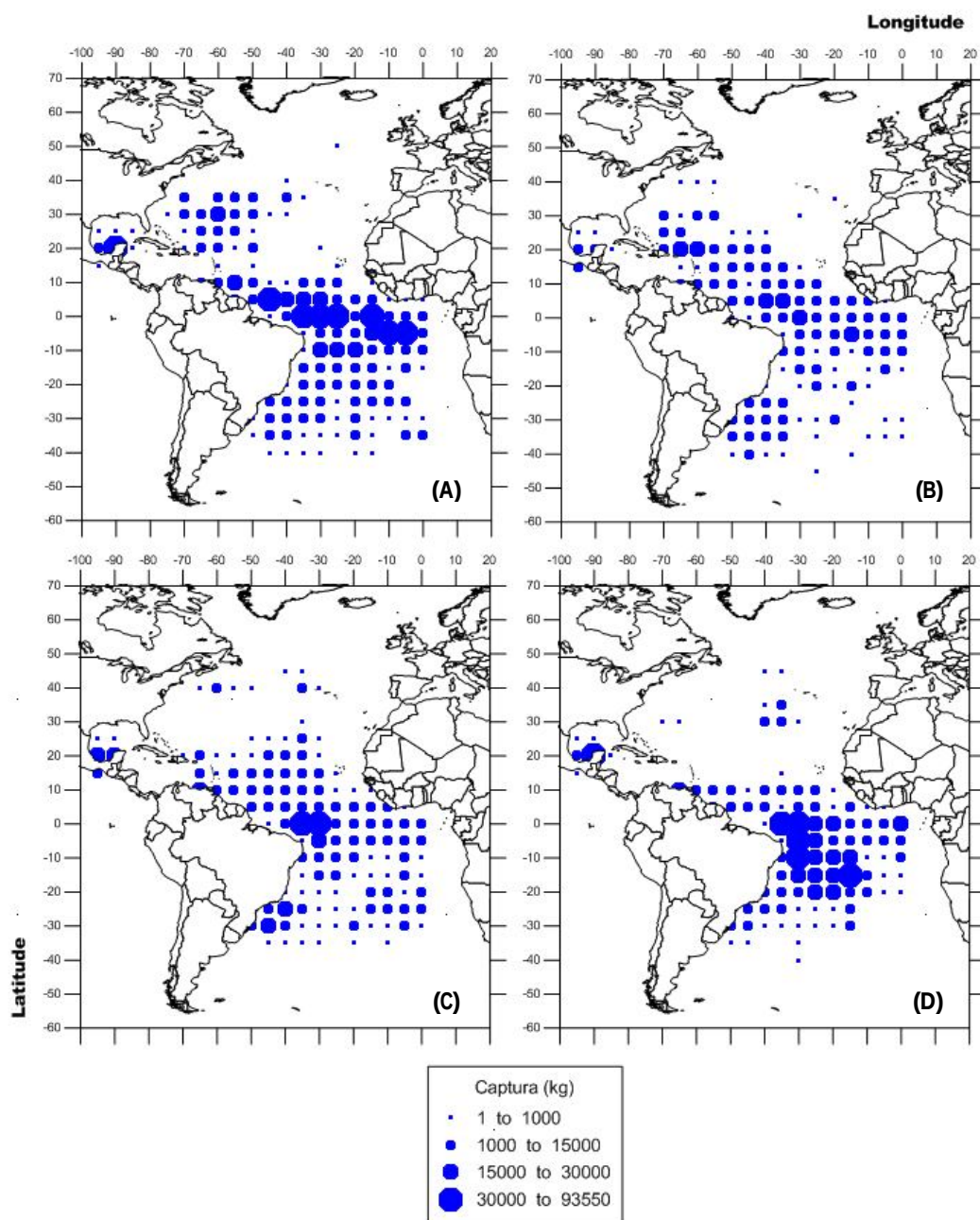


Figura 4. Distribuição das capturas (kg) de agulhão branco (1999-2010) com espinhel por todas as frotas que operam no oceano Atlântico.

Capturas de agulhão branco com espinhel no oceano Atlântico por país

Historicamente o Brasil tem contribuído com parcelas bastante significativas das capturas da espécie no Atlântico, sendo, portanto, um dos principais responsáveis pela mortalidade por pesca dessa espécie. No período de 1999 a 2010, o país respondeu por

17% das capturas de agulhão branco realizadas com espinhel no oceano Atlântico, se apresentando como o segundo país a capturar mais agulhão branco neste oceano com este método de pesca, ficando atrás apenas de China Taipei (Figura 5). A elevada participação brasileira dos agulhões nas capturas da frota brasileira de atuns está associada, em grande parte, à maior concentração da espécie no Atlântico oeste tropical, ao largo da costa do país, onde essa frota atua.

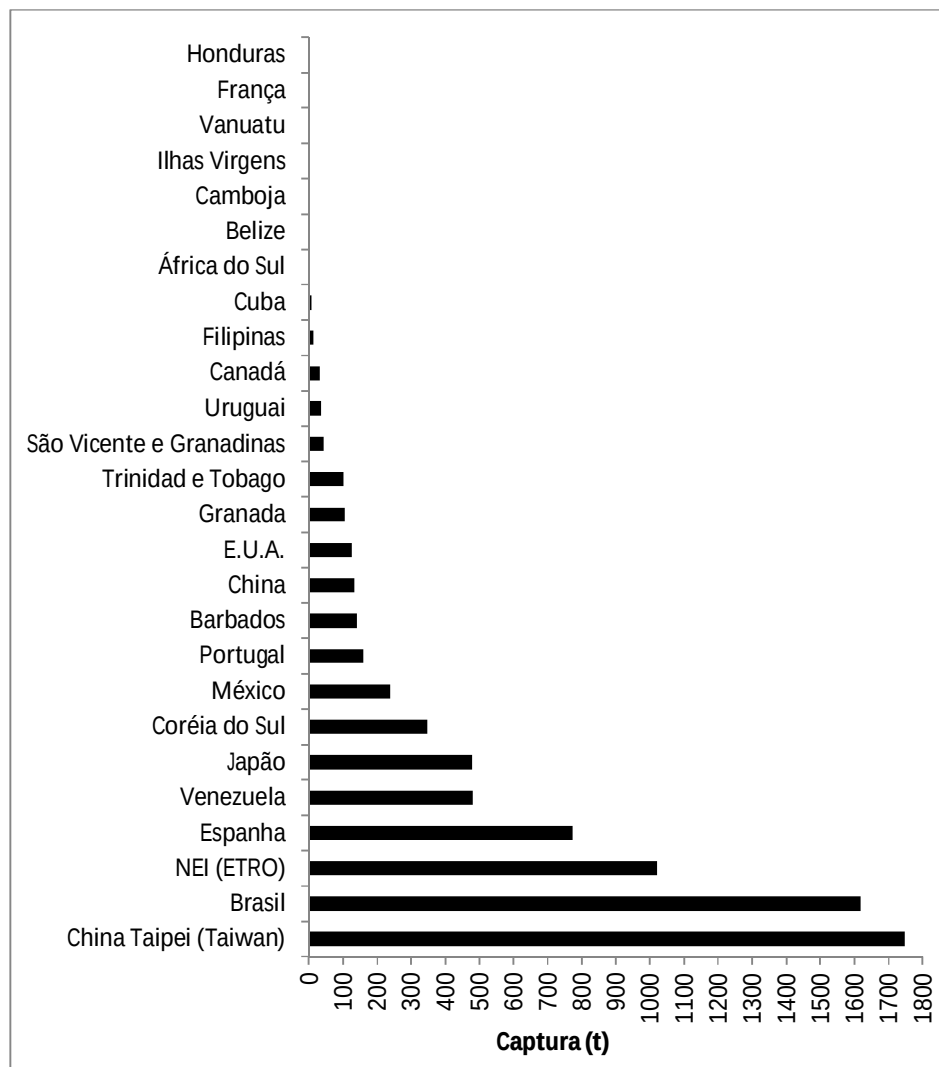


Figura 5. Ranking das capturas totais (em toneladas) de agulhão branco capturado com espinhel no Atlântico, por país, no período 1999-2010 (*NEI-ETRO = capturas efetuadas na zona tropical leste do Atlântico associadas a grupo de países não identificados) (Fonte: Tarefa I – ICCAT).

Descrição e evolução das capturas brasileiras de agulhão branco com espinhel

Para o mesmo período supracitado, o Brasil foi responsável pela captura de 1.728 t da espécie, dos quais 93,6% (1.617 t) foram realizadas com espinhel (Tabela 3).

Tabela 3. Registro de captura (t) de agulhão branco capturado pelo Brasil, por categoria de pesca, no período 1999-2010.

Arte de pesca	Captura WHM (t)	%
Espinhel pelágico	1617,65	93,57
Vara e isca viva	65,00	3,76
Arte não classificada ou não informada	45,85	2,65
Pesca Esportiva	0,23	0,01
Total	1728,73	100,00

A pesca de vara e isca viva foi responsável por 3,76% do volume de agulhão branco capturado pelo Brasil no período (o equivalente a 65 t).

Capturas brasileiras da espécie, realizadas por artes de pesca não classificadas ou não informadas (frotas sediadas em Itaipava, Natal e Rio de Janeiro), compuseram 2,65% (cerca de 46 t), enquanto que a pesca esportiva no Brasil capturou apenas 0,0135% das capturas brasileiras de agulhão branco (0,233t) (Tabela 3).

A elevada participação do Brasil nas capturas de agulhão branco do Atlântico com espinhel apresentou grande variação no período 1999-2010 (Figura 6). Em 2002, o Brasil foi responsável por mais de 45% dessas capturas, maior índice registrado até então. Já em 2009, essa participação foi de apenas 5,7%. Essa flutuação está associada às oscilações do esforço de pesca em quantidade de barcos que compõem a frota espinheleira brasileira a cada ano, principalmente no que se refere ao número de barcos estrangeiros arrendados.

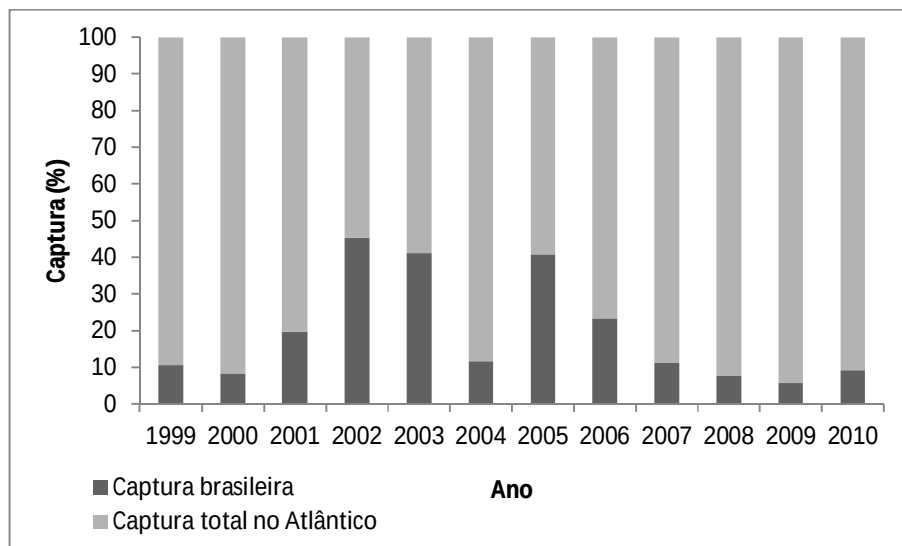


Figura 6. Participação brasileira na captura total de agulhão branco com espinhel no Atlântico entre 1999 e 2010.

No entanto, o agulhão branco representa, em média, apenas 2,2% do total das capturas em peso realizadas pela frota espinheleira brasileira (Tabela 4).

Tabela 4. Capturas de agulhão branco em relação ao total capturado pela frota brasileira com espinhel entre 1999 e 2010. (Fonte: Tarefa I – ICCAT).

Ano	Captura total (t) frota brasileira com espinhel	Captura total WHM (t) com espinhel	% WHM espinhel
1999	13.108	158	1,2
2000	18.693	106	0,6
2001	23.041	172	0,7
2002	15.979	342	2,1
2003	14.524	266	1,8
2004	9.573	80	0,8
2005	15.090	243	1,6
2006	11.149	87	0,8
2007	10.744	63	0,6
2008	8.348	41	0,6
2009	7.694	32	0,7
2010	12.293	29	0,3
Total	146.655	1.618	-
Média	12.221	135	2,2

Evolução das capturas brasileiras de agulhão branco com espinhel, associadas às principais medidas de manejo adotadas

Diante da necessidade de diminuição das capturas de agulhão branco, a ICCAT adotou as recomendações 95-12 (1995) e 96-09 (1996) voltadas para promover a soltura voluntária de agulhões branco capturados vivos por embarcações comerciais e esportivas (ICCAT, 2005).

A Recomendação 00-13 da ICCAT, voltada para a conservação dos agulhões branco e negro entrou em vigor em julho de 2001, estabeleceu quotas de captura por país (52 t/ano para o Brasil), uma redução do Rendimento Máximo Sustentável (33% do volume desembarcado em 1999), um comprimento mínimo de captura de 168 cm de mandíbula inferior-furca e a obrigatoriedade de liberação dos indivíduos vivos no momento do embarque.

O Brasil, em 2001, respondeu por uma captura de 172 t de agulhão branco, correspondendo a 3,3 vezes sua quota. No ano seguinte, as capturas atingiram 342 t, o que corresponde a quase sete vezes a quota. Em 2003, o Brasil respondeu pela captura de 266 t de agulhão branco, correspondendo a mais de 5 vezes o limite estabelecido. Apenas a partir de 2008 as capturas nacionais de agulhão branco foram inferiores à quota definida pela ICCAT (Figura 7).

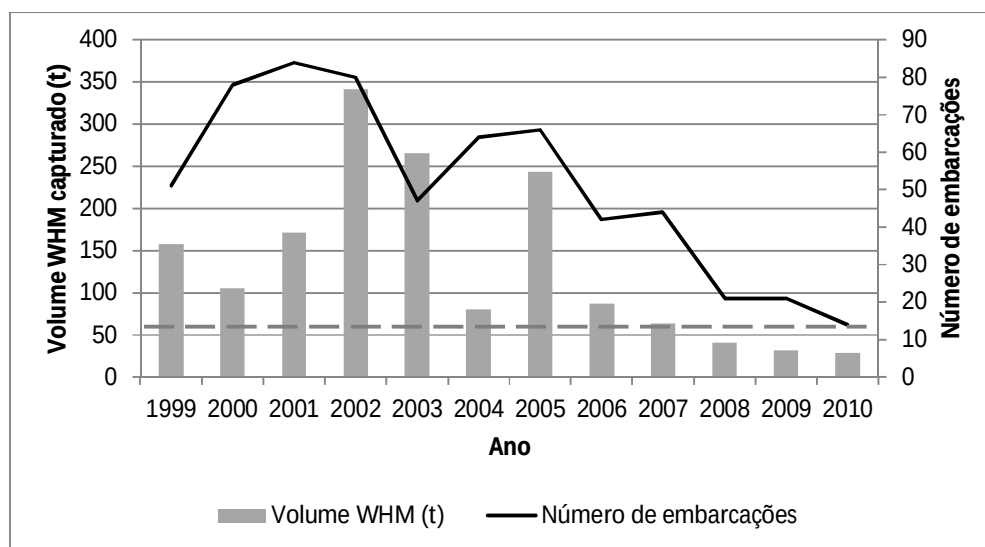


Figura 7. Capturas totais (t) anuais do agulhão branco na pesca com espinhel realizada pela frota brasileira e número de embarcações. A linha tracejada representa a quota do Brasil.

Em resposta às recomendações da ICCAT e aos altos índices de captura da espécie pela frota atuneira nacional, a então SEAP/PR (Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República, atual MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura) publicou a Instrução Normativa N°. 11, de 11 de Novembro de 2004, proibindo até 31 de dezembro de 2005 a comercialização no mercado interno, bem como a exportação, de agulhões branco e negro (*Makaira nigricans*) capturados em águas jurisdicionais brasileiras e em alto mar. Em 2004, as capturas brasileiras de agulhão branco caíram para 80 t, mas esta queda está provavelmente associada à diminuição do esforço de pesca em número de barcos da frota nacional e arrendada, e não diretamente ao cumprimento da normativa. Em 1999, a frota espinheira brasileira contava com 51 embarcações, passando a possuir, entre 2000 e 2002, entre 78 e 84 embarcações (nacionais e arrendadas). Com a saída de barcos arrendados junto à Espanha, sediados em Cabedelo (PB) e Natal (RN), observou-se uma redução brusca da frota, que caiu para 47 embarcações em 2003, fazendo com que a produção nacional da pesca com espinhel também caísse, e com ela, logicamente, as capturas de agulhão branco. Em 2004 e 2005 a referida frota voltou a crescer, impulsionada pela chegada de embarcações chinesas, arrendadas por empresas de Recife (PE), passando a contar com 64 e 66 embarcações, respectivamente. Com a saída dessas embarcações, após esse período (2006-2010), foi observado, portanto, uma redução da frota (passando de 44 em 2006 para 14 unidades em 2010), com consequente diminuição gradual das capturas de agulhão branco com espinhel (Dados do BNDA).

Em 14 de junho de 2005, a então SEAP/PR publicou a Instrução Normativa N°. 12, por meio da qual a comercialização no mercado interno foi proibida por tempo indeterminado, podendo ser revista e analisada diante dos resultados das avaliações sobre o estado de exploração dos agulhões branco e negro, bem como das recomendações técnicas emanadas do Subcomitê Científico do Comitê Permanente de Gestão de Atuns e Afins (CPG). Além disso, determinou que os agulhões que porventura fossem desembarcados, deveriam ser obrigatoriamente doados à instituições científicas, hospitalares, penais e outras com fins beneficentes, não devendo ser, portanto, comercializados.

Em 2005, as capturas brasileiras de agulhão branco voltaram a aumentar, atingindo 245 t, sendo, portanto, 4,6 vezes maior que a sua quota. A partir de então, têm-se observado uma diminuição progressiva das capturas de agulhão branco realizadas pela frota espinheira brasileira a cada ano. Em 2006, o Brasil capturou 87 t de um total de 387 t, 63 t de um total de 553 t em 2007, 41 t de um total de 532 t em 2008 e 32 de 557t de agulhão branco capturado por espinhel no Atlântico em 2009 (ICCAT, 2011). Em 2010, foram capturados 313 t de agulhão branco no Atlântico, dos quais 29 t foram realizados pelo Brasil (dados Tarefa I ICCAT). Portanto, nos últimos anos, com a diminuição do número de embarcações da frota que opera com espinhel e o aumento da prática de soltura de indivíduos vivos pela frota brasileira, os desembarques vem diminuindo significativamente no Brasil desde 2008, quando, pela primeira vez, as capturas ficaram abaixo da quota estabelecida para o país (Figura 7).

Considerações finais

No que se refere à evolução temporal da abundância do estoque, de acordo com Oliveira (2006) e Hazin *et al.* (2007), os índices de abundância do agulhão branco capturado pela frota brasileira apresentaram um declínio contínuo no período de 1980 a 2000, passando a exibir, a partir de então, uma maior estabilidade. No entanto, as avaliações de estoque mais recentes realizadas pela ICCAT indicam que o estoque do agulhão branco no Atlântico segue sofrendo sobrepesca (Snodgrass *et al.*, 2011). Lamentavelmente, o ordenamento eficaz dessa espécie é dificultado pelo alto grau de incerteza na avaliação do estoque (ICCAT, 2007b), sendo a ausência de dados de captura e informações mais precisas sobre seu ciclo de vida, as principais fontes de incerteza (Drew *et al.*, 2006).

Diante disso, a Comissão recomenda que se promovam melhorias no monitoramento do sucesso na sobrevivência dos indivíduos liberados, dos desembarques realizados pelas frotas artesanal e industrial e na atualização dos índices padronizados de abundância relativa (CPUE), especialmente das maiores frotas que operam no Atlântico, assim como na realização de pesquisas que apótem mais informações sobre a biologia da espécie (ICCAT, 2009). Sendo o Brasil um dos países que mais capturam agulhão branco no Atlântico, esforços devem ser despendidos no

sentido de contribuir com uma estatística pesqueira de melhor qualidade, assim como também com o aporte de novas informações acerca da biologia da espécie, principalmente no que se refere à idade e crescimento, reprodução, alimentação, migração e ocupação do habitat pelágico.

Referências

ANTERO-SILVA, J. N., AMORIM, A. F., LESSA, R. P. T., HAZIN, F. H. V., ARFELLI, C. A. **White marlin (*Tetrapturus albidus*) fisheries off Brazilian coast from national and leased longliners fleet.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, 41: 189-198, 1994.

ARFELLI, C. A., AMORIM, A. F., GALHARDO-AMADO, J. C. **Analysis on *Tetrapturus albidus* Poey (1861), caught off South and Southeast of Brazil (1971-1984).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, 25: 202-217, 1986.

AROCHA, F.; BÁRRIOS, A. **Sex ratios, spawning seasonality, sexual maturity, and fecundity of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic.** Fisheries Research 95: 98-111, 2009.

BOYCE, D. G.; TITTENSOR, D. P.; WORM, B. **Effects of temperature on global patterns of tuna and billfish richness.** Marine Ecology Progress Series, 355: 267-276, 2008.

BRILL, R. W.; LUTCAVAGE, M. **Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments.** American Fisheries Society Symposium, 25: 179-198, 2001.

BRILL, R. W.; LOWE, T. E.; COUSINS, K. L. **How water temperature really limits the vertical movements of tunas and billfishes - it's the heart stupid?** In: International Congress on Biology of Fish. Anais. Towson University, Baltimore: American Fisheries Society, 4p. 1998.

DE SYLVA, D. P.; DAVIS, W. P. **White marlin: *Tetrapturus albidus*, in the middle Atlantic bight, with observations on the hydrography of the fishing grounds.** Copeia, 81-89. 1963.

DREW, K.; DIE, D.; AROCHA, F. **Current Efforts to Develop an Age And Growth Model of Blue Marlin (*Makaira Nigricans*) and White Marlin (*Tetrapturus Albidus*).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, 59(1), 274-281, 2006.

DOMINGO, A.; FORSELLEDO, R.; PONS, M. **Análisis de la captura, distribución y composición de tallas del aguja blanca, *Tetrapturus albidus*, observada en la flota de palangre uruguayo (1998-2010).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, 68(4): 1397-1407, 2012.

GARCIA DE LOS SALMONES, R.; INFANTE, O.; ALIO, J. J. **Reproduccion y alimentacion de los peces de pico, *Istiophorus albicans*, *Tetrapturus albidus* y *Makaira nigricans*, em la costa central de Venezuela.**). International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, 30: 436-439, 1989.

GOODYEAR, C. P.; AROCHA, F. **Size composition of blue and white marlins taken in selected fisheries in the western north Atlantic.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, 53: 249-257, 2001.

HAZIN, F. H. V. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean [**Tese de Doutorado**]. Tóquio, 286p. Tokyo University of Fisheries, 1993.

HAZIN, F. H. V.; HAZIN, H. G.; TRAVASSOS, P.; OLIVEIRA, I. M. **Standardized catch per unit of effort of white marlin, *Tetrapturus albidus*, and blue marlin, *Makaira nigricans*, caught by brazilian tuna longline fleet.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, 60(5): 1652-1662, 2007.

ICCAT **Report of the Standing Committee on Research & Statistics (SCRS): WHITE MARLIN (*Tetrapturus albidus*)** Executive Summary. Madri: ICCAT, out. 1999. 4 p.

ICCAT **Report of the fourth ICCAT billfish workshop.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, 2001, v. 53, 375 p.

ICCAT **Report of the 2002 ICCAT White Marlin Stock Assessment Meeting.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Collective Volume of Scientific Papers Madrid: ICCAT, 2003. v. 55. p. 350-452.

ICCAT **Informe del Comité Permanente de Investigación y Estadísticas:** Aguja blanca. Madrid: ICCAT, 4-8 de out. 2004. p.78-85.

ICCAT **Compendium Management Recommendations and Resolutions adopted by ICCAT for the Conservation of Atlantic tunas and tuna-like species.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, out. 2005, 197p.

ICCAT **ICCAT Mannual** - Capítulo 2.1.7: White marlin. International Commission for the Conservation Atlantic Tunas. Aroucha e Ortiz eds. 1^a edição, Madri, 2006. p. 129-141.

ICCAT **Basic texts.** Conference of Plenipotentiaries on the Conservation of Atlantic Tunas. Rio de Janeiro, May 1966. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, 2007a. 5th Revision. 117 p.

ICCAT **Report of the Standing Committee on Research & Statistics (SCRS):** BUM/WHM. Executive Summary. Madri: ICCAT, 2007b. p. 75-82.

ICCAT **Report of the Standing Committee on Research & Statistics (SCRS) for the Biennial Period, 2008-2009.** Executive Summary. Capítulo 8.6 Blue marlin and white marlin. Madri: ICCAT, 2009. p. 91-101.

ICCAT Report for biennial period, 2010-11 PART I (2010) - Vol. 3. **Annual Reports International Commission For The Conservation Of Atlantic Tunas.** Madrid, 2011, 254 p.

LA MONTE, F. R. **A review and revision of the marlins, genus Makaira.** *Bulletin American Museum of Natural History*, 107: 323-358, 1955.

LENARZ, W.H.; NAKAMURA, E.L. Analysis of length and weight data on three species of billfish from the western Atlantic ocean. In: SHOMURA, R. S.; WILLIAMS F. (Eds.). **Proceedings of International Billfish Symposium: Species Synopses, 9-12 aug 1972.** Kailua-Kona, Hawaii: NOAA Technical Report NMFS, 1974. p.121-125.

MATHER, F. J. III; CLARK, H. L. E MASON, J. M. JR. Synopsis of the Biology of the white marlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1861. In: SHOMURA, R. S. e WILLIAMS F. (eds.). **Proceedings of International Billfish Symposium: Species Synopses, 9-12 aug. 1972.** Kailua-Kona, Hawaii: NOAA Technical Report NMFS. 55-94. 1975.

NAKAMURA, I. FAO species catalogue: Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. n.125. v.5. **FAO Fishery Synopsys.** Roma, 65 p. 1985.

OLIVEIRA, I. M. R. P. Pesca, distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do agulhão branco *Tetrapturus albidus* Poey 1860 capturado pela frota espinheleira brasileira. **Dissertação de Mestrado** em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2006. 130 p.

OLIVEIRA, I. M.; HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P.; PINHEIRO, P. B.; HAZIN, H. G. **Preliminary results on the reproductive biology of the white marlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1960, in the western equatorial Atlantic ocean.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, 60(5): 1738-1745, 2007.

PINHEIRO, P.B. Biologia dos agulhões negro (*Makaira nigrican* Lacepède, 1802) e branco (*Tetrapturus albidus*, Poey 1860) capturados no oceano Sul e equatorial. **Tese de doutorado** em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010. 145 p.

PRINCE, E.D.; C.P. GOODYEAR. **Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fish.** Fish. Oceanogr., doi:10.1111/j.1365-2419.2006.0ehold999.x. 2006.

SNODGRASS, D.; ORBENSEN, E. S.; HOOLIHAN, J. P.; PRINCE, E. **The U.S. Conventional tagging database updates for Atlantic white marlin (1954-2008).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, 66(4), 1760-1766, 2011.

SOUZA, R. C., LESSA, R. P. T. & HAZIN, F. H. V. **First observations on reproductive biology of billfishes (*Tetrapturus albidus*, *Istiophorus albicans* and *Tetrapturus pfluegeri*) in southwestern equatorial Atlantic (Brazil).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, 42(2): 329-334, 1994.

UEYNAGI, S.; KIKAWA, S.; UTO, M.; NISHIKAWA, Y. **Distribution, spawning, and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean.** Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory, n. 3, 15-55, 1970.

VASKE, Jr., T.; VOOREN, C. M.; LESSA, R. P. **Feeding habits of four species of *Istiophoridae* (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil.** Environmental Biology of Fishes, v. 70, p. 293-304, 2004.

Capítulo 2. The influence of environmental and spatio-temporal factors on the relative abundance of white marlin (*Tetrapturus albidus*) Poey 1860 in the tropical and subtropical western atlantic.

Abstract

The present study examines the influence of spatial, temporal and environmental factors on the distribution and relative abundance of white marlin (*Tetrapturus albidus*), using the package COZIGAM (Unconstrained and Constrained Zero-Inflated Generalized Additive Model Analysis), with CPUE as the dependent variable. Data from the Brazilian tuna longline fleet from 1980 to 2008 (n= 57,215 fishing sets) operating in the Tropical and Subtropical Western Atlantic Ocean were used. All variables used (month, latitude, longitude, sea surface temperature and depth of mixed layer) were significant for the developed model. The most influential factors on white marlin CPUE were: geographical coordinates and month. The specie showed greater abundance throughout brazilian coast, and especially in the area located between 20-30°S and 035-040°W, which corresponds to an important spawning area in the South Atlantic Ocean. The effect of the variable month was highly positive between July and October (3th and 4th quarter of the year). The data also indicate that the white marlin concentrates preferentially in water temperatures around 28°C. The depth of the mixed layer also appears to have been a factor of considerable influence on catches, showing high positive effect on CPUE in values between 75 and 110m. The results indicate that white marlin presents important shifts along the brazilian coast, which is directly associated with seasonal variations in pelagic environment.

Key words: SST, DML, distribution, marlin, COZIGAM.

Resumo

O presente estudo analisa a influência de fatores espaciais, temporais e ambientais sobre a distribuição e abundância relativa do agulhão branco (*Tetrapturus albidus*), utilizando o pacote COZIGAM (*Unconstrained and Constrained Zero-Inflated Generalized Additive Model Analysis*), com a CPUE como variável dependente. Foram utilizados dados da frota espinheleira brasileira de 1980 a 2008 (n = 57.215 lances de pesca) que opera no Oceano Atlântico Tropical a Subtropical oeste. As análises indicam que todas as variáveis testadas foram altamente significativas para o modelo COZIGAM. As variáveis mais significativas para o modelo foram: coordenadas geográficas e mês. A espécie apresentou elevada abundância em toda a costa brasileira, especialmente na área situada entre 20-30°S e 035-040°W, o que corresponde a uma zona de desova importante no Oceano Atlântico Sul. O efeito da variável mês foi altamente positiva entre julho e outubro (3º e 4º trimestres do ano) nessa área. Os dados também indicam que o agulhão branco concentra-se preferencialmente em águas com temperaturas em torno de 28°C. A profundidade da camada de mistura também parece ter uma influência considerável sobre as capturas, mostrando efeito positivo sobre a CPUE em profundidades entre 75 e 110m. Os resultados indicam que o agulhão branco realiza importantes migrações ao largo da costa brasileira, os quais estão diretamente associados às variações sazonais do ambiente pelágico.

Palavras-chave: TSM, profundidade da termoclina, distribuição, marlin, COZIGAM.

Introduction

One of the main characteristics of the tuna longline fisheries in the Atlantic Ocean is a well-defined seasonal pattern in catches, which is directly linked to the variability of oceanographic conditions. The spatial and temporal changes in the concentration of the main target species is largely related to the fluctuation of environmental variables that may provide more favorable conditions for reproduction or feeding (Fonteneau 1998). The influence of such oceanographic variations on fishing activities, however, is not strictly limited to seasonal changes. Inter-annual fluctuations have also been observed in the Atlantic Ocean, many of which are related to climatic phenomena, such as the “El Niño-Southern Oscillation” (ENSO). The anomalous rise in sea surface temperature and changes in thermocline structure, wind stress and current speed are clear indicators of the exceptional nature of this climatic event, which occurs in the Pacific Ocean (Enfield & Mayer 1997, Nicholson 1997), with repercussions in the Atlantic. These factors directly influence the distribution, relative abundance and reproduction of fisheries resources, especially pelagic species, such as white marlin, that perform large migrations. Little is known, however, on the influence of these phenomena on highly migratory fish stocks in the Atlantic Ocean. Although relatively less intense than the phenomena observed in the Pacific, the hydro-climatic anomalies of the Atlantic Ocean appear to have significant effects on the fisheries resources of this ocean as well (Fonteneau 1998).

A number of studies on behavior and/ or temporal fluctuations have related environmental parameters to the distribution of pelagic species (Carey & Robison 1981, Sund *et al.* 1981, Carey 1990, Carey & Scharold 1990). However, analyses relating environmental parameters on catches or population dynamics of resources are scarce (Bigelow *et al.* 1999) or even non-existent in certain areas, such as in the equatorial and Southwestern Atlantic Ocean (Hazin *et al.* 2004). Until recently, the lack of such studies was due in part to the unavailability of environmental data that could be properly compared with fisheries information. However, with the development of satellite technology this is no longer a limitation. Nonetheless, the inclusion of environmental parameters in analyses of fishing performance and population dynamics of fisheries

resources remains complex (Backus 1986). Furthermore, analysis tools often assume a linear relationship between fishing performance and environmental variables, which is often not the case.

To overcome such difficulties, a number of authors have applied Generalized Additive Models (GAM) to investigate the relationships between the environment and relative abundance of different fish species (Bigelow *et al.* 1999, Arocha & Ortiz 2003, Zagaglia 2003, Guyomard *et al.* 2004, Hazin 2006, Oliveira 2006). GAMs are semi-parametric extensions of Generalized Linear Models (GLM) (Hastie & Tibshirani 1990), with the assumption that the dependent variable is affected in some way by each of the independent variables considered in the model, in a non-parametric form.

The white marlin, as large pelagic fish, long-distance migrant, is also especially influenced by abiotic factors, whose effects can be observed directly in the spatial-temporal distribution of the specie (Ueyanagi *et al.* 1970; Mather *et al.* 1975; Mahon & Mahon, 1986; Hazin, 1993; Brill & Lutcavage, 2001; Oliveira, 2006).

In this study, the relative influence of various spatial (latitude and longitude), temporal (month) and environmental (sea surface temperature and depth of mixed layer) factors on white marlin catch rates by the Brazilian tuna longline fishing fleet operating in the Atlantic Ocean was examined.

Material and methods

Fishing and environmental data

In the present study, catch data from fishing logbooks of 57,215 longline sets done by the Brazilian tuna longline fleet, including both national and chartered vessels, from 1980 to 2008, were analysed. The longline sets were distributed along a wide area of the equatorial and South Atlantic Ocean (**Fig. 1**), with data being available in a resolution of 1° latitude x 1° longitude, per fishing day.

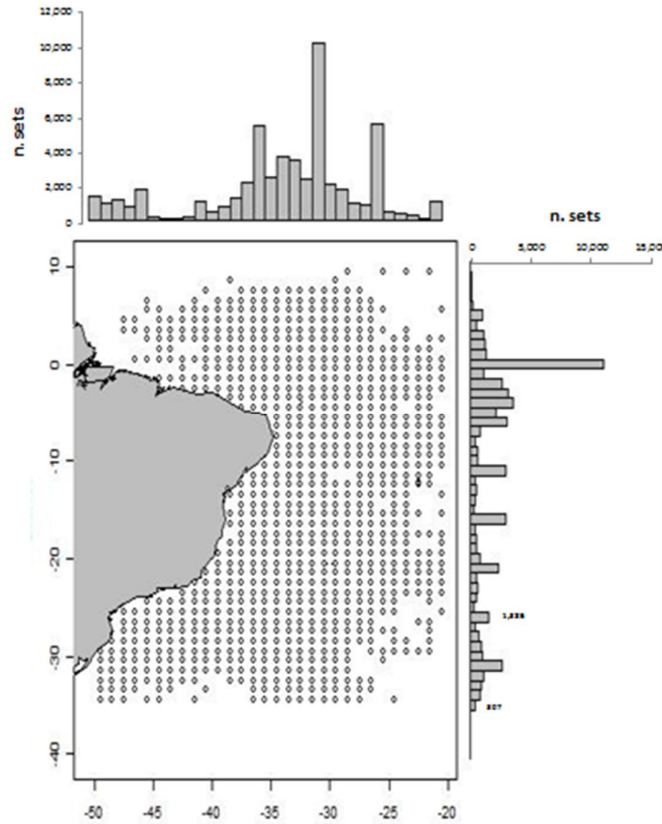


Fig. 1. Study area, showing the distribution of longline sets done by Brazilian longline fleet, from 1980 to 2008.

Catch rates were expressed as the nominal catch per unit effort (CPUE), as the number of fish/1,000 hooks. The covariates selected for the analysis were: a) month; b) latitude and longitude; c) sea surface temperature- SST ($^{\circ}\text{C}$); d) depth of mixed layer- DML (m).

SST data were generated from the information collected by the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) sensor on board the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) satellites. This data set is produced and distributed by the Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PODAAC) of the Jet Propulsion Laboratory (JPL)/ National Aeronautics and Space Administration (NASA) in the Hierarchical Data Format (HDF). The SST data were provided in a regular grid of 9 km. From the 15-year monthly mean SST time series, a climatological Q mean SST value was calculated for each month of the year.

The Depth of the Mixed Layer (DML) was obtained from the simulations of International Research Institute for Climate and Society. DML is defined through the threshold method with a finite difference criterion from a near-surface reference value.

A linear interpolation between levels is then used to estimate the exact depth at which the difference criterion is reached. The reference depth is set at 10 m to avoid a large part of the strong diurnal cycle in the top few meters of the ocean. The chosen temperature criterion is 0.2°C absolute difference from surface (DT). The fixed criterion in density is 0.03 kg/m³ difference from surface (de Boyer Montégut *et al.* 2004). Ultimately, the fleet strategy was defined in Hazin *et al.* (2010).

These data, with an original resolution of 0.5° x 0.5°, were used to construct data bases of 1°x1° resolution, by month, year, latitude and longitude, which were then matched with the fisheries data bases.

These environmental variables were selected for their likely functional relevance to the variation in the distribution of the species caught. Water temperature determines the rate of metabolic processes, decisively influencing reproduction and feeding migrations. DML affects the catchability of the longline gear and is a good indicator of the variability of these catches when associated to the fishing depth of this gear (Goñi & Arrizabalaga 2005, Bigelow *et. al.* 1999, Bigelow *et. al.* 2006, Hazin 2006, Hazin *et al.* 2010).

Statistical analysis

A generalized additive model (GAM) (Hastie and Tibshirani, 1990) is a generalized linear model with a linear predictor involving a sum of smooth functions of covariates (Wood, 2006), widely used in applied statistics, especially for modeling nonlinear effects of the covariates in scientific and quantitative studies. Unfortunately, GAMs cannot be directly applicable for regression analysis with zero-inflated data due to the excess of zeroes, very common in ecological analysis (Liu & Chan, 2010).

Due to the very large proportion of sets with zero catches of white marlin (86%), stemming from its bycatch nature in this fishery, the Constrained Zero-Inflated Generalized Additive Model (Liu & Chan, 2010) was used to assess the relative influence of the environmental and operational factors described above. A COZIGAM assumes the response variable Y_i is distributed from a zero-inflated 1-parameter exponential family with covariate x_i . More specifically, Y_i comes from a regular exponential family distribution $f(x_i)$ with probability π_i and equals zero with probability $1 - \pi_i$, with the further assumption that the probability of non-zero-inflation π_i is related

to the regular mean response or its smooth components (see Liu 2009). For more details about COZIGAM, see Liu & Chan (2010).

The general formulation used in the present study is expressed as follows:

$g(\mu_i) = X_i^* \theta + f_1(x_{1i}) + f_2(x_{2i}) + f_3(x_{3i}, x_{4i}) + \dots$, where $\mu_i \equiv E(Y_i)$ and $Y_i \sim$ some exponential family distribution. Y_i is the response variable; X_i^* is a row of the model for parametric model components; θ is the corresponding parameter vector, and f_j are smooth functions of the covariates x_k . The exponential family of distributions includes many distributions that are useful for practical modelling (Wood, 2006).

The non-linear effects of the model were adjusted by smoothing “Spline” functions (*natural cubic*). A cubic spline is a curve, made up of sections of cubic polynomial, mathematically defined by two or more control points, joined together so that they are continuous in value as well as first and second derivative's. The points at which the sections join are known as the knots of the spline. For a conventional spline, the knots occur wherever there is a datum. COZIGAM use mgcv package (Wood, 2008) for generalized additive models using a penalized regression splines that estimates the number of knots interactive penalized least squares (Wood, 2006; Liu & Chan, 2010). A step-wise regression procedure was used to determine the set of systematic factors and interactions that significantly explained the observed variability. The number of additional parameters associated with the added factor minus one corresponds to the number of degrees of freedom in the χ^2 test (McCullagh & Nelder 1989). Final selection of explanatory factors was conditional to the χ^2 significance.

A partial residual that shows the relative effect of the x_j variable over the dependent variable of interest can be calculated, considering that the remaining variables have already been considered in the model. According to Neter *et al.* (1989), the plot of the partial residuals tends to show the nature of the relationship between the independent variables and the residuals, which were determined for each significant variable. The relative influence of each effect was judged on the basis of the values normalized with respect to the standard deviation of the partial residuals. The partial residual plots also contain the 95% confidence intervals, as well as tick marks on the abscissa showing the location of data points.

Results

There was a high correlation between SST and latitude ($r = 0.80$), yet the inflated variance was less than 5, indicating that there was no collinearity between these variables, despite the high correlation observed (Zuur 2007). They were, therefore, kept in the model.

The analysis indicates that all variables tested in the final model were highly significant to the model developed by COZIGAM ($p < 0.001$), suggesting a high correlation between the catch rate of white marlin and these variables. The most significant variables to the model were: latitude:longitude (Chi.sq = 2605.6) and month (844.7), and then, DML (324.6) and SST (155.0) (Table I).

Table I. Approximate significance of smooth terms. “Chi.sq” is the Chi-square test and the significance of which variable in the model. The number of * represents the significance level of which variables over the white marlin CPUE rates in the tropical western Atlantic:

variables	edf	Est.rank	Chi.sq	p-value
s(lng,lat)	28.636	29	2605.6	<2e-16 ***
s(month)	8.922	9	844.7	<2e-16 ***
s(sst)	8.503	9	155.0	<2e-16 ***
s(dml)	8.793	9	324.6	<2e-16 ***

The association between partial residues for all factors and indices of relative abundance for the general model (Figs. 2 and 3) indicates that the variables latitude and longitude had a positive effect on the catch rate of white marlin: throughout all northeast and southeast Brazilian coast; around 10°S and from 020° to 025° W; and between 20° and 30° S and 020° to 040° W.

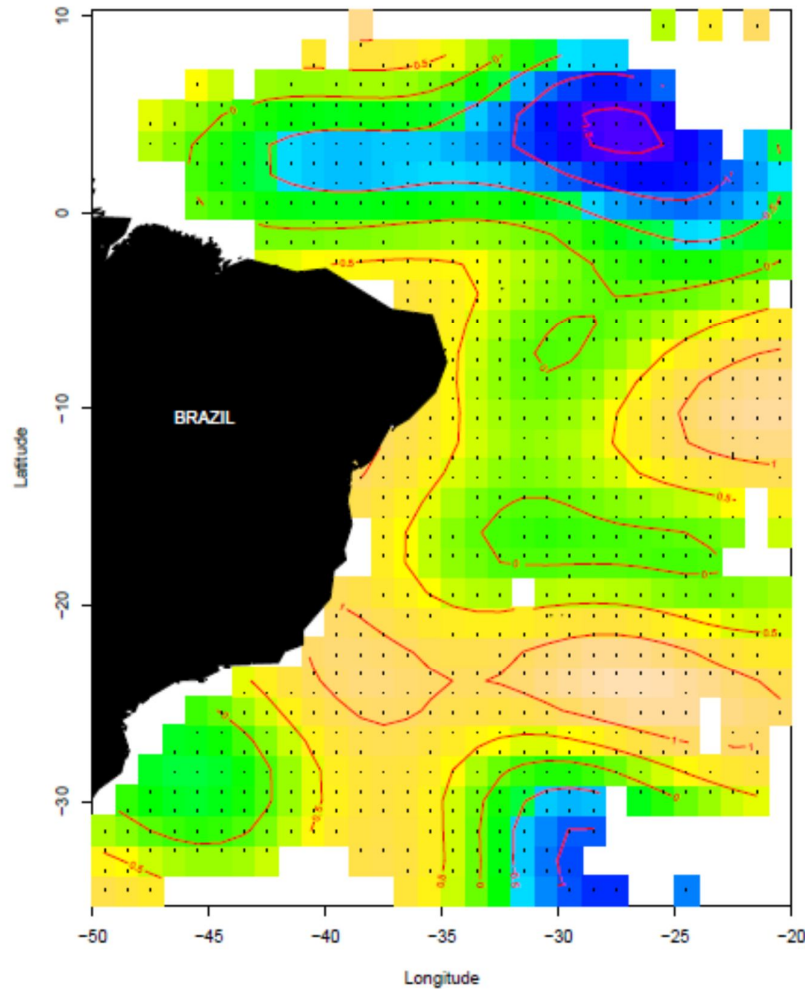


Fig. 2. Joint effect of variables latitude and longitude on the catches rates of *T. albidus* made by Brazilian longline fleet from 1980 to 2008, with high concentrations of the species. The scale value represents the joint influence of independent variables latitude and longitude on the dependent variable (CPUE of white marlin).

The variable month showed a clear variation, showing a positive effect on the catch of white marlin between months 4 and 11, with higher values in months 7 and 10. The effect of sea surface temperature on the catch of white marlin was positive around 28°C. The depth of the mixed layer had maximum positive effect on catches from 80 to 110m (Fig. 3).

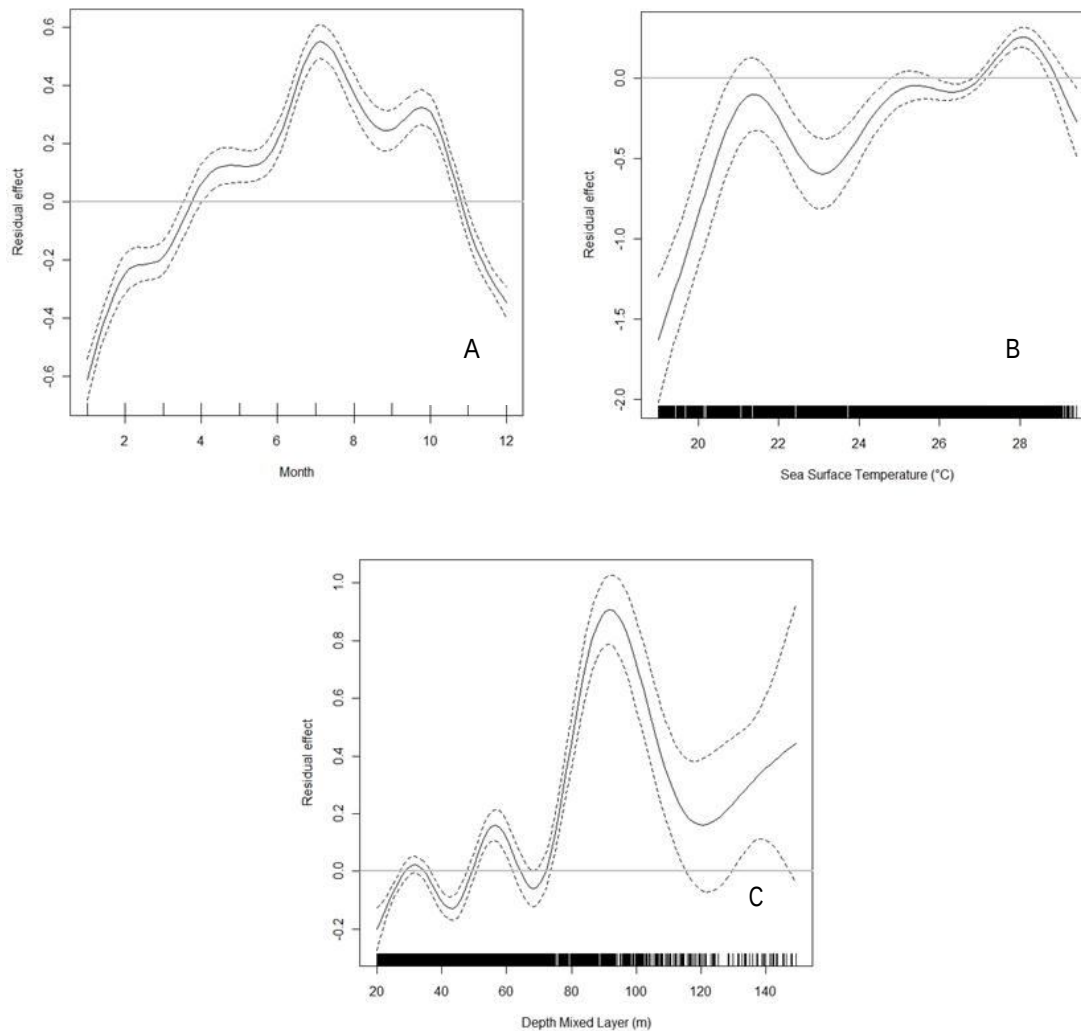


Fig. 3. Effects of Month (A), Sea Surface Temperature (B) and Depth of Mixed Layer (C) (partial residual) in CPUE of *T. albidus* caught by the Brazilian longline fleet (1980-2008). Dotted lines indicate the confidence interval at 95%.

Discussion

According to Ueyanagi *et al.* (1970), the distribution of white marlin in the Atlantic Ocean varies seasonally, reaching higher latitudes in both hemispheres during the warmer seasons. Based on a detailed analysis of catch data from operations of the Japanese longline fleet in the Atlantic Ocean, the same authors observed a denser concentration of white marlins, in the Southern Hemisphere, along the coast of Brazil (from Pernambuco to Sao Paulo), during the spring and summer (September to March). According to the same authors, the abundance of white marlin caught by longline

fisheries is maximum in the southeast coast of Brazil during the fourth quarter of the year, while in the south coast the highest catch rates are obtained in the first quarter. According Antero-Silva *et al.* (1994), the white marlin has a greater abundance on the northeast coast of Brazil in the third quarter. In the present study, the influence of month on white marlin catch rates was highest between July and October (late third and early fourth quarter) throughout the study area, corresponding to what was described by this authors and Mather *et al.* (1975), in which the species is most abundant in the tropical west Atlantic in the middle of the 3rd and 4th quarters of the year.

The variables latitude and longitude had a high positive effect on white marlin catches especially in the zone between 20°-30°S and 035°-045°W. Previous studies have reported spawning of white marlin in this area (25° to 26°S and around 045°W) from December to March off southern Brazil (Ueyanagi *et al.* 1970; Mather *et al.* 1975, Hazin 1993, Antero-Silva *et al.* 1994, ICCAT 2009). Although the species are not a target of the longline fishery, the increment effect of the spatial variables on CPUE indices in this area may be explained by this mentioned concentration for spawning.

According to Mather *et al.* (1975), the distribution of white marlin is controlled primarily by the needs of food and spawning, and secondarily by environmental conditions. Some authors suggest that the white marlin spawns in early summer performing, soon after, a post-spawning feeding migration (Robins 1974, Ueyanagi *et al.* 1970). However, the influence of environment on its behavior is still little known, although the water temperature seems to play a key role in its distribution (Mather *et al.* 1975; Boyce *et al.* 2008).

In this study, not only the temperature, but all variables used in the model were highly correlated with *T. albidus* catches made by the Brazilian longline fleet. The inclusion of environmental variables contributed significantly to the best fit of the model, probably because many species, especially the highly migratory ones, have a life cycle closely related to environmental conditions (Bigelow *et al.* 1999, Guyomard *et al.* 2004, Sharp 1978, Laurs *et al.* 1984, Maul *et al.* 1984, Podesta *et al.* 1993, Hinton & Deriso 1998). Bartoo and Coan (1989) *apud* Hazin (2006) also refer to the importance of including environmental processes in models of population dynamics, although these are often ignored or treated as stationary (Guyomard *et al.* 2004).

According to Nakamura (1985) and Mahon and Mahon (1986), the white marlin are usually found in waters with sea surface temperature above 22°C, while according to Ovchinnikov (1971), that states the optimum temperature for the white marlin in the

Atlantic Ocean is 24°C. ICCAT (2011) mentioned a recent study in which the highest CPUE values of the specie were obtained in areas with sea surface temperature (SST) between 20 and 24°C, although the data were only from 30° to 37°S. Prince *et al.* (2005), in a study done near the Caribbean Sea, on marlins monitored with PSATs tags (pop-up satellite archival tag), reported that they remain most of the time in temperatures from 28 to 30°C. Depth distribution inferred from PSAT data obtained in the northwestern Atlantic has also indicated that white marlins spend most of the time in warm waters, near the surface (<25 m) (Horodysky *et al.*, 2005; Prince *et al.* 2005; ICCAT 2006).

In the tropical Atlantic Ocean, the sea surface temperature shows a clear seasonal variation. During the month of February (summer in the southern hemisphere), the western tropical Atlantic waters have high temperatures (> 27°C) with the isotherm of 28°C enveloping virtually the entire northeast coast of Brazil. In August (3rd quarter), however, the same isotherm is located around 5°N (the coast of French Guiana), spreading throughout the entire Caribbean Sea, while the southern sector of the study area remains with temperatures under 25°C (Merle 1978, Valentin 2007, Hazin 2009).

In this study, the effect of sea surface temperature on the catch rates of white marlin was positive at temperatures around 28°C, a sea surface temperature very close to that found in the study area (tropical and in western Atlantic subtropical summer) (Hastenrath & Merle 1986, Campos 1995). According to Boyce *et al.* (2008) marlins, sailfish and small tropical tuna species appeared to possess a higher tolerance for warmer waters and a lower tolerance for colder waters. While temperature preferences for tuna species were centered around the mean tolerance, those for most marlins and sailfishes (Istiophoridae) were skewed towards the warm end of the mean tolerance distribution. For white marlin, the total range tolerance obtained was 20 to 29°C, with means between 21.33 and 27.57°C, which corresponds with the present results.

The whole western tropical of the Atlantic Ocean is characterized by a permanent thermocline. Within this general area, the equatorial waters from 4° N to 20° S are mainly under the influence of the South Equatorial Current, which is a broad west-flowing current that extends from the surface to a depth of 100 m (Mayer *et al.*, 1998). Its depth, however, shows a well-marked seasonal cycle, being deeper in winter (Hastenrath & Merle 1986), as well as a geographical variation, deepening with increasing latitude and longitude.

According to Campos (1995), the seasonal variation of SST off the coast of southeastern Brazil is much more pronounced in the first 200m of depth. In the oceanic region, during summer, the mixed layer is much shallower, with a well-marked seasonal thermocline between 50 and 100m. During winter, however, the seasonal thermocline disappears, with the mixed layer extending then from the surface to 100m.

The white marlin is found primarily above the thermocline, in places with depths less than 100m (Nakamura, 1985). Prince *et al.* (op. cit.), studying the pattern of vertical movement of the white marlin, noted that the species dives to depths of 100-200m or more, but remains in these depths less than 10% of the time, showing a preference for surface waters up to 25m. Because of this, depth of the mixed layer also appears to be a factor of considerable influence on the white marlin catches. Oliveira (2006) also observed a significant influence of the DML on catches of white marlin in the area between 05°N and 10°S, with maximum effect around 75m using GAM, according with the results obtained here, in which this variable showed positive effect on the CPUE values between 75 and 100m.

The results also showed that the environmental variables SST and DML tested in the COZIGAM model presented a positive effect on white marlin catch rate under conditions comparable with those found in the study area, during the same seasons.

The high positive effect on catch at high temperatures and low depths of mixed layer may represent uplifts of the thermocline phenomena, which would cause a compression of the individuals within that layer, which in that is exercised, predominantly, the longline fishing effort, increasing the vulnerability of the specie by the fishing gear.

Tunas and marlins are unique heterothermic teleost fish. Vascular countercurrent heat exchangers in the bodies and heads of most species maintain internal temperatures higher than those of the environment, allowing these fish to explore a wide variety of ocean habitats (Brill, 1994; Brill & Lutcavage, 2001; Boyce *et al.*, 2008). Marlins and sailfishes are predominantly epipelagic, remaining largely within the upper mixed layer (Brill *et al.*, 1993 *apud* Brill & Lutcavage, 2001), with occasional dives as deep as 200 m (Block *et al.*, 1992). As visual predators, billfishes maintain their brains (and eyes) at elevated temperatures in order to hunt in colder waters, and are unable to tolerate extremely cold temperatures for extended periods (Boyce *et al.* 2008).

Due to this high metabolism, marlins have high oxygen demands (Brill, 1996). However, dissolved oxygen requirements for marlins are poorly known. What is known

is that Prince & Goodyear (2006) proposed that the minimal oxygen concentration for billfish is 3.5 ml/l, defining it as the hypoxic threshold for these species (ICCAT, 2006).

The vertical oxygen distribution concentration, has a high value on the surface (due of the atmosphere and plants supplies) and a decrease in depth, where no supply of the atmosphere and has less light available for photosynthesis. A remarkable consequence of dissolved oxygen is the occurrence, in most of the ocean, a layer of minimum oxygen concentrations, in depth of a few hundred meters, near the thermocline. The concentration of oxygen in the sea below the thermocline decreases drastically due to an intense respiratory activity of bacteria and little mixing with other water layers (Pickard & Emerey, 1990). In certain areas, however, situations of critical concentration of dissolved oxygen may occur as in the case of minimal layer of dissolved oxygen present at the end of the thermocline. In some locations, for example in the Gulf of Guinea, a more intense upwelling may bring the concentration of dissolved oxygen to levels below 0.5 ml / l or 10% saturation. But in general, the dissolved oxygen levels in oceanic regions are sufficiently high, and do not has a great influence on distribution pattern of fish, particularly in the pelagic domain (Laevastu & Hayes, 1980).

Although, studies indicate regional declines in oceanic dissolved oxygen and vertical expansion of the oxygen minimum zone (OMZ), which would be influenced by global warming (Bop *et al.*, 2002; Bograd *et al.*, 2008; Oschile *et al.*, 2008; Stramma *et al.* 2008; Stramma *et al.* 2009 *apud* Stramma *et al.* 2011). This shoaling OMZ may restrict the usable habitat of billfishes (and tunas) to a narrow surface layer. Considering that the upper 100m is the most common depth at which longline hooks are set, habitat compression phenomenon can increases vulnerability to surface fishing gear for billfishes and their preferred prey, which tend to be compressed together in the oxygenated narrow surface mixed layer habitat above thermocline (Prince & Goodyear, 2006; Prince *et al.* 2010; Stramma *et al.* 2011).

Already Worm & Tittensor (2011) alerts to significant range reductions, loss habitat and declines range size of large pelagic predators (tuna and billfish species) which results more fragmented distribution, reducing gene flow and dispersal among population. Although, Stramma *et al.* (2011) states that high catch rates in habitat-compressed areas can fasely signal and overly optimistic population condition for both target and by-catch species, but this phenomenon should be taken account for management decisions.

Climate models predict that increasing greenhouse gases in the atmosphere will change our climate. However, the range of observations available to assess these model predictions is limited (Matear, *et al.* 2000). Studies that analyze time series concentration distribution of dissolved oxygen in the oceans are needed to confirm this phenomenon, (which are conditioned by an improvement in obtaining these data) and subsequent monitoring of its impact on large pelagic fishes. In turn, it yet requires best understanding of environmental effects, which may also be useful in separating the effects of then from the effects of fishing, the factors responsible for distribution patterns (Boyce *et al.* 2008), through pop-up satellite archival tags studies, to provide a monitoring horizontal and vertical habitat use of white marlin.

The results indicate that white marlin presents important shifts along the brazilian coast, which is directly associated with seasonal variations in pelagic environment.

References

- Antero-Silva, J. N., Amorim, A. F., Lessa, R. P. T., Hazin, F. H. V. & Arfelli, C. A. 1994. White marlin (*Tetrapturus albidus*) fisheries off Brazilian coast from national and leased longliners fleet. **International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers**, Madrid, 41: 189-198.
- Arocha, F. & Ortiz, M. 2003. Standardized catch rates for blue marlin (*Makaira nigricans*) and white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the venezuelan pelagic longline fishery off the Caribbean sea and the western central Atlantic. **International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers**, Madrid, 55(2): 649-659.
- Backus, R. H. 1986. Biogeographic boundaries in the open ocean. In: Pelagic Biogeography, **UNESCO Tech. in Marine Science**, 49: 9-13.
- Bigelow, A. K., Boggs, C. H., He, X. 1999. Environmental effects on swordfish and blue sharks catch rates in the US. North Pacific longline fishery. **Fisheries Oceanography**, 8: 178-198.
- Bigelow, K., Musyl, M. K., Poisson, F. & Kleiber, P. 2006. Pelagic longline gear depth and shoaling. **Fisheries Research**, 77: 173–183.
- Block, B. A., Booth, D. T., Carey F. G. 1992. Depth and temperature of the blue marlin, *Makaira nigricans*, observed by acoustic telemetry. **Marine Biology**, 114:175–183.

- Boyce, D. G., Tittensor, D. P., Worm, B. 2008. Effects of temperature on global patterns of tuna and billfish richness. **Marine Ecology Progress Series**, 355: 267-276.
- Brill, R. W. 1994. A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement models and stock assessments. **Fisheries Oceanography**, 3:204–216.
- Brill, R. W. 1996. Selective advantages conferred by the high performance physiology of tunas, billfishes, and dolphin fish. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology*, 113: 3-15.
- Brill, R. W., Lutcavage, M. E., 2001. Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments. **American Fisheries Society Symposium**, 25:179–198.
- Campos, E. J. D. 1995. Estudos de circulação oceânica no Atlântico tropical e na região oeste do Atlântico subtropical sul. **Tese de livre docência**. Instituto Oceanográfico USP. 114 p.
- Carey, F. G. 1990. Further Acoustic Telemetry Observations of Swordfish. . In: Stroud, R.H.s (Ed.), **Proceedings of the 2nd International Billfish Symposium**, Planning the Future of Billfishes, Research and Management in the 90s and Beyond. National Coalition for Marine Conservation, Inc. Marine Recreational Fisheries Kalia-Kona, Hawaii, USA, pp. 103-122.
- Carey, F. G. & Robison, B. H. 1981. Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. **Fisheries Bulletin**, 79: 277-292.
- Carey, F. G. & Scharold, J. V. 1990. Movements of blue sharks (*Prionace glauca*) in depth and course. **Marine Biology**, 106:329-342.
- de Boyer Montégut, C., G. Madec, A. S. Fischer, A. Lazar & D. Iudicone (2004), Mixed layer depth over the global ocean: an examination of profile data and a profile-based climatology, *J. Geophys. Res.*, 109, C12003. [doi:10.1029/2004JC002378](https://doi.org/10.1029/2004JC002378).
- Enfield, D. & Mayer, D. 1997. Tropical Atlantic sea surface temperature variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. **Journal of Geophysical Research**, 102(C1): doi: 10.1029/96JC03296. issn: 0148-0227.
- Fonteneau, A. 1998. Introduction aux problèmes des relations thons-environnement dans l'Atlantique. In : Beckett, J. (ed.) - **Proceeding of the ICCAT Tuna Symposium**, Part 1, Punta Delgada, 275-317.

- Goñi, N. & Arrizabalaga, H. 2005. Analysis of juvenile North Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*) catch per unit effort by surface gears in relation to environmental variables. **ICES Journal of Marine Science**, 62: 1475–1482.
- Guyomard, D., Desruisseaux, M., Poisson, F., Taquet, M. & Petit, M., 2004. GAM analysis of operational and environmental factors affecting swordfish (*Xiphias gladius*) catch and CPUE of the Reunion Island longline fishery, in the South Western Indian Ocean. **Report IOTC-2004-WPB-08 of the fourth session of the IOTC working party on billfish. Mauritius; 27 September–1 October 2004, 38 p. Indian Ocean Tuna Commission**, Victoria, Seychelles.
- Hastenrath, S. & Merle, J. 1986. Annual Cycle of Subsurface Thermal Structure in the Tropical Atlantic Ocean. **Journal of Physical Oceanography**, 17: 1518-1538.
- Hastie, T., Tibshirani, R. 1990. **Generalized additive models**. UK: Chapman and Hall, London.
- Hazin, F. H. V. 1993. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean. **Doctoral Thesis**, Tokyo University of Fisheries. Tokyo. 286 p.
- Hazin, F. H. V. (eds.) 2009. **Meteorologia e Sensoriamento Remoto, Oceanografia Física, Oceanografia Química e Oceanografia Geológica**. Programa REVIZEE – SCORE Nordeste. Fortaleza: Editora Martins e Cordeiro. 248 p.
- Hazin, H. G., Hazin, F. H. V. & Travassos, P. 2004. **Relatório final do Programa REVIZEE**, 250 p.
- Hazin, H. G. 2006. Influência das variáveis oceanográficas na dinâmica populacional e pesca do espadarte, *Xiphias gladius* Linnaeus 1758, no Oceano Atlântico Oeste. **Tese de doutorado** em Ciências do Mar, Universidade do Algarve. Faro, Portugal. 277 p.
- Hazin, H. G., Hazin, F., Travassos, P. & Fredóu, T. 2010. Standardized CPUE series of blue marlin caught by brazilian tuna longline fisheries in the southwestern Atlantic Ocean (1980 – 2008). **International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers**, Madrid, Spain, SCRS/ 2010/049. n. 56(4), p. 1725-1734.
- Hinton, M. G. & Deriso, R. B. 1998. Distribution and stock assessment of swordfish, *Xiphias gladius*, in the eastern Pacific Ocean from catch and effort data standardized on biological and environmental parameters. In: Barrett, I., Sosa-Nishizaki, O., Bartoo, N.s (Eds.), *Biology and fisheries of swordfish, Xiphias gladius*. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) **Technical Report NMFS** (National Marine Fisheries Service), 142 p.
- Horodysky, A.Z., D. Kerstetter, R.J. Latour and J.E. Graves. 2005. Habitat utilization and vertical movements of white marlin (*Tetrapturus albidus*) released from

- commercial and recreational fishing gears in the western North Atlantic Ocean: inferences from short-duration pop-up satellites tags (PSATs). **International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers**, Madrid, Spain, SCRS/2005/034.
- ICCAT, 2006. **ICCAT Manual**. Aroucha and Ortiz eds. 1st Edition (January 2010).
- ICCAT, 2009. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. **Report of the 2008 ICCAT Executive Summary BUM/WHM**. Madrid: 2009. 91-101.
- ICCAT, 2011. Report for biennial period, 2010-11 PART I (2010) - Vol. 3 **Annual Reports International Commission For The Conservation Of Atlantic Tunas**. Madrid, Spain. 254 p.
- Laevastu, T. e Hayes, M. L. 1981. **Fisheries Oceanography and Ecology**. Fishing News Books Ltd. London. 200 pp.
- Laur, M.R., Fiedler, P.C. & Montgomery, D.R., 1984. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. **Deep-Sea Research**, 31: 1085-1099.
- Liu, H. 2009. Semiparametric regression analysis of zero-inflated data. **PhD dissertation**, University of Iowa, 2009. 110p. <http://ir.uiowa.edu/etd/308>.
- Liu, H. & Chan, K. 2010. Introducing COZIGAM: An R Package for Unconstrained and Constrained Zero-Inflated Generalized Additive Model Analysis. **Journal of Statistical Software**. Available in: <http://www.jstatsoft.org/>.
- Mahon, R. & Mahon, S. 1986. Seasonality and migration of pelagic fishes in the eastern Caribbean. **FAO Expert Consultation on Shared Fishery Resources in the Lesser Antilles**. Mayaguez, Puerto Rico: 273 p.
- Matear, R. J., Hirst, A. C. & McNeil, B. I. 2000. Changes in dissolved oxygen in the Southern Ocean with climate change. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**. American Geophysical Union. 1: Issue 11. November 2000. DOI: 10.1029/2000GC000086.
- Mather, F. J. III, Clark, H. L. & Mason, J. M. Jr. 1975. Synopsis of the Biology of the white marlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1861. In: SHOMURA, R. S. e WILLIAMS F. (eds.). Proceedings of **International Billfish Symposium: Species Synopses**, 9-12 aug. 1972. Kailua-Kona, Hawaii: **NOAA Technical Report NMFS**, 55-94.
- Maul, G. A., Williams, F., Roffer, M. & Sousa, F. 1984. Variability in Gulf of Mexico longline bluefin tuna catches, 1979–1980, in relation to environmental conditions studied using ships and satellites. **Oceanology**, 7: 469–479.

- Mayer, D. A., Molinari, R. L., and Festa, F. G. 1998. The mean and annual cycle of upper layer temperature fields in relation to Sverdrup dynamics within the gyres of the Atlantic Ocean. **Journal Geophysical Research**, 103: 545–566.
- Merle, J. 1978. Atlas hydrologique saisonnier de l’océan Atlantique intertropical. **Travaux et Documents de l’ORSTOM**, Paris, (82), 184 p.
- Sharp, G. D. 1978. Behavioral and physiological properties of tunas and their effects on vulnerability to fishing gear. In: Sharp, G.D., Dizon, A.E.s (eds.), **The physiological ecology of tunas**. Academic Press, New York, 397–449.
- Mccullagh, P. & Nelder J. A. 1989 **Generalized linear models**. 2nd ed. - Monographs on statistics and applied probability. London: Chapman and Hall, 532 p.
- Nakamura, I. 1985. FAO species catalogue: Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. n.125. v.5. **FAO Fishery Synopsys**. Roma. 65 p.
- Neter, J., Wasserman, W., Kutnr, M. H. 1989. **Applied linear regression models**. IRWIN, USA, 667 p.
- Nicholson, S. E. 1997. An analysis of the ENSO signal in the tropical Atlantic and western Indian oceans. **International Journal of Climatology**, 17: 345–375.
- Oliveira, I. M. R. P., 2006. Pesca, distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do agulhão branco *Tetrapturus albidus* Poey 1860 capturado pela frota espinheira brasileira. **Dissertação de Mestrado** em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 115 p.
- Ovchinnikov, V. V. 1971. **Swordfishes and Billfishes in the Atlantic Ocean**. MILLS, H. (Trad) Jerusalém: Program for Science Translation. 77 p.
- Pickard, G. L. & Emery, W. J. 1990. **Descriptive Physical Oceanography - an Introduction**. Pergamon Press. Oxford. 320 pp.
- Prince, E. D., Cowen, R. K., Orbesen, E. S., Luthy, S. A., Llopiz, J. K., Richardson, D. E. & Serafy, J. E. 2005. Movements and spawning of white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira nigricans*) off Punta Cana, Dominican Republic. **U.S. Fishery Bulletin** 103: 659-669.
- Prince, E. D., Goodyear, C. P. 2006. Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fish. **Fisheries Oceanography**, doi:10.1111/j.1365-2419.2006.oehold999.x.
- Prince, E. D., Luo, J., Goodyear, C. P., Hoolihan, J. P., Snodgrass, D., Orbesen, E. S., Serafy, J. E., Ortiz, M. & Schirripa, M. J. 2010 Ocean scale hypoxia-based habitat compression of Atlantic istiophorid billfishes. **Fisheries Oceanography**. 19:6, 448–462.

- Podestá, G. P., Browder, J. A. & Hoey, J. J. 1993. Exploring the association between swordfish catch rates and thermal fronts on U.S. longline grounds in the western North Atlantic. **Continental Shelf Research**, 13: 253-277.
- Robins, C. R. 1974. Summer concentration of the white marlin, *Tetrapturus albidus*, west of the strait of Gibraltar. In: SHOMURA, R. S. e WILLIAMS, F. (eds.) Proceedings of **the International Billfish Symposium**. Part 2. Review and Contributed Papers. sect 3. 9-12 ago. 1972. Kailua-kona, Hawaii: **NOAA Technical Report NMFS SSRF-675**. 164-174.
- Stramma, L., Prince, E. D., Schmidtko, S., Luo, J., Hoolihan, J. P., Visbeck, M., Wallace, D. W. R., Brandt, P. & Körtzinger, A. 2011. Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes. **Natural Climate Change**, 2: 33-37.
- Sund, P. N., Blackburn, M. & Williams, F. 1981. Tunas and their environment in the Pacific Ocean: a review. **Oceanography Marine Biology – An Annual Review**, 19: 443–512.
- Ueynagi, S., Kikawa, S., Uto, M. & Nishikawa, Y. 1970. Distribution, spawning, and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean. **Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory**, 3: 15-55.
- Valentin, J. L. (eds.) 2007. Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA ao Cabo de São Tomé, RJ). **Série Documentos REVIZEE-SCORE Central**, 2. Brasília: MMA. 168 p.
- Wood, S. N. 2006. **Generalized Additive Models, An Introduction with R**. Chapman and Hall, London.
- Wood, S. N. 2008. Fast stable direct fitting and smoothness selection for generalized additive models. Royal Statistical Society. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (StatisticalMethodology).V.70, Issue3:495–518.DOI: 10.1111/j.14679868.2007.00646.x.
- Worm, B., Tittensor, D. P. 2011. Range contraction in large pelagic predators. **PNAS**. 108, n.29: 11942-11947.
- Zagaglia, C. R., 2003. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas à pesca de atuns no Atlântico Oeste Equatorial. **Tese de Mestrado**. INPE, São José dos Campos, São Paulo, 183 p.
- Zuur A.K., Ieno E.N. & Smith G.M. 2007. **Analysing Ecological Data**. New York: Springer. 672 p.

Capítulo 3. Distribuição e abundância do agulhão branco *Tetrapturus albidus* capturado no oceano Atlântico sudoeste.

Resumo

No presente trabalho foram analisados dados de captura e esforço do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, no período de 1996 a 2010, com o objetivo de analisar a distribuição, a abundância da espécie capturados pela frota atuneira brasileira que opera com espinhel no sudoeste do Atlântico. Esses dados foram agrupados e analisados por trimestre. Os dados de temperatura da superfície do mar foram obtidos através do PODAAC/NASA, dos quais foram calculadas as médias trimestrais da posição da isoterma de 25° C, para o mesmo período e plotadas juntamente com as capturas em mapas. Por fim, foram analisados dados de biometria da espécie (comprimento mandíbula inferior–furca - MIF), obtidos de coletas realizadas por observadores de bordo, do período de 2004 a 2008, para machos e fêmeas, por subárea. No total, foram capturados 19.136 agulhões brancos em 44.713 lances de espinhel. O esforço de pesca se concentrou principalmente na região equatorial, onde também foram observadas as maiores capturas. Os resultados confirmam uma maior concentração da espécie na área de estudo no 3º e 4º trimestres do ano. No 4º trimestre, foi observada maior concentração próximo à região sudeste do Brasil, acompanhando o deslocamento da isoterma de 25° C. Esses resultados confirmam uma tendência de realização de uma migração no sentido N-S ao longo da costa brasileira, do 3º ao 1º trimestre do ano. Os dados de comprimento dos exemplares amostrados indicam que mais de 80% dos agulhões brancos capturados e embarcados pela frota espinheleira brasileira, apresentam tamanho superior ao comprimento de 1ª maturação sexual estimado para a espécie (de 139 cm para machos e 147 para fêmeas).

Palavras chave: marlim branco, frota atuneira brasileira, captura, esforço, MIF.

Abstract

In the present study, we used effort and capture data of white marlin *Tetrapturus albidus*, between 1996-2010, to analyze the distribution and abundance of the specie caught by the tuna Brazilian longline fleet in southwest Atlantic. This data were grouped and analyzed by quarter. The temperature data from the sea surface were obtained from PODAAC / NASA. Then we calculated the quarterly average of the 25 ° C isotherm position for the same period, and plotted in the maps with the catches. Finally, we analyzed length data (lower jaw fork length - LJFL), obtained from samples collected by observers on board, in the 2004 to 2008 period, for males and females, by subarea. Overall 19,136 white marlins were captured in 44,713 longline sets. The effort was focused mainly on the equatorial region, which also showed the highest catches. The results confirm a higher concentration of the species in the study area on the 3rd and 4th quarters of the year. In the 4th quarter, there was a higher concentration near the southeastern region of Brazil, following the displacement of the isotherm of 25 ° C. This result confirms the displacement made by the specie in the N-S direction along the Brazilian coast, from the 3rd to the 1st quarter. The data length of sampled specimens indicate that more than 80% white marlins captured and boarded by longline Brazilian

fleet have size greater than the length of first sexual maturation estimated for specie (139 cm for males and 147 for females).

Key words: white marlin, brazilian longline fleet, captura, esforço, LJFL.

Introdução

O agulhão branco *Tetrapturus albidus* é uma espécie que ocorre exclusivamente no Atlântico, se distribuindo por quase todo este oceano, desde 45°N até 45°S, no lado oeste, e de 45°N a 35°S, no lado leste (Nakamura, 1985). Normalmente encontrado em águas com temperatura da superfície do mar acima de 22°C (Nakamura, 1985 e Mahon & Mahon, 1986), a espécie é alvo da pesca esportiva em todo o Atlântico e da pesca artesanal de subsistência, particularmente em países da África e do Caribe. Além dessas modalidades de pesca, o agulhão branco também é submetido a uma forte pressão pesqueira como fauna acompanhante da frota atuneira que opera com espinhel, tendo como espécies-alvo as albacoras (*Thunnus* sp.) e o espadarte (*Xiphias gladius*) (ICCAT, 1999, 2001, 2004). Atualmente, a ICCAT (*International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna*) considera a existência de um único estoque de agulhão branco no Atlântico, motivo pelo qual a realização de pesquisas sobre a ecologia da espécie por parte dos diferentes países pesqueiros vem sendo incentivada no intuito de gerar informações que contribuam para a sua conservação e para o desenvolvimento de uma pesca responsável.

Apesar da grande importância socioeconômica e ecológica do agulhão branco, porém, pouco ainda se conhece sobre a sua biologia, em particular sobre a sua dinâmica de ocupação do ambiente pelágico oceânico, principalmente no que se refere à sua distribuição e abundância associadas a fatores ambientais, como a temperatura da água. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a dinâmica da distribuição espaço-temporal e da abundância do agulhão branco no oceano Atlântico sudoeste, relacionando-a à variabilidade do ambiente, representada pela temperatura da superfície do mar (TSM).

Material e métodos

A área de estudo foi delimitada previamente pela distribuição das capturas da espécie efetuadas pela frota atuneira brasileira no oceano Atlântico (10° N e 50° S) e dividida em 3 subáreas, conforme influência da latitude sobre a abundância do agulhão branco, obtida por Oliveira (2006) (Figura 1).

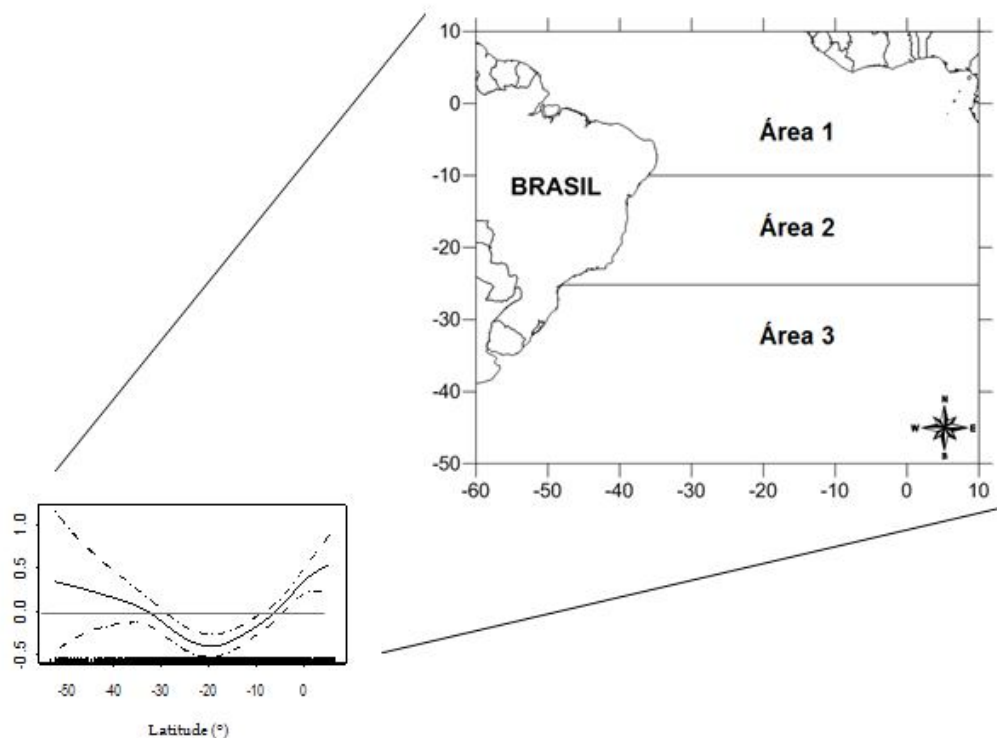


Figura 2. Área de estudo da distribuição e da abundância relativa do agulhão branco capturado pela frota espinheira brasileira - oceano Atlântico Tropical e Subtropical Sudoeste, dividido em 3 subáreas, conforme Oliveira, 2006.

No presente trabalho foram analisados dados de captura e esforço de pesca provenientes da frota espinheira brasileira (barcos nacionais e arrendados), a qual operou no Atlântico Oeste Tropical. Estes dados foram obtidos do Banco Nacional de Dados da Pesca de Atuns e Afins (BNDA), do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Os dados de temperatura da superfície do mar (TSM) foram obtidos do *Physical Oceanography Distributed Active Archive Center*, do *Jet Propulsion Laboratory*, da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*).

Os dados de esforço de pesca, captura e média da temperatura da superfície do mar (TSM) foram agrupados e plotados em uma resolução de 5° x 5° de latitude e longitude, por trimestre, no período entre 1996 e 2010, a fim de se verificar a relação entre o padrão de distribuição espaço-temporal da espécie em relação ao deslocamento sazonal da isoterma de 25°C, a qual foi tomada como referência, baseado em estudos de Hazin (1993) e Oliveira (2006). Também foi calculada e plotada a CPUE (Captura por unidade de esforço), como índice de abundância relativa, calculada em termos do número de indivíduos capturados por 100 anzóis, para cada trimestre do ano.

Os dados de comprimento (mandíbula inferior-furca - MIF) dos peixes embarcados foram coletados pelo Programa Nacional de Observadores de Bordo (PROBORDO), do MPA, no período de 2004 a 2008. A distribuição de frequência de comprimento do agulhão branco foi analisada por sexo e área (conforme Oliveira *op. cit.*), calculando-se, também, as porcentagens de indivíduos adultos acima do comprimento de primeira maturação sexual ($L_{50\%} = 147$ cm MIF) de machos e fêmeas (sugerido Oliveira *et al.*, 2007).

RESULTADOS

No total, foram capturados 19.136 agulhões brancos em 44.713 lances de espinhel, realizados pela frota atuneira brasileira entre 1996 e 2010. A distribuição do esforço de pesca, apresentou uma alta concentração na faixa equatorial, especialmente entre 30° e 40° W, sendo essa concentração mais elevada no 1º trimestre. No 2º, 3º e 4º trimestres, podemos observar uma distribuição mais ampla do esforço, apresentando nesses dois primeiros, três áreas distintas de maior ocupação pela frota, além da alta concentração equatorial supracitada: ao largo das costas nordeste (entre 0° e 5° S), central (entre 10° e 20° S) e sul (entre 25° e 30° S) (Figura 2).

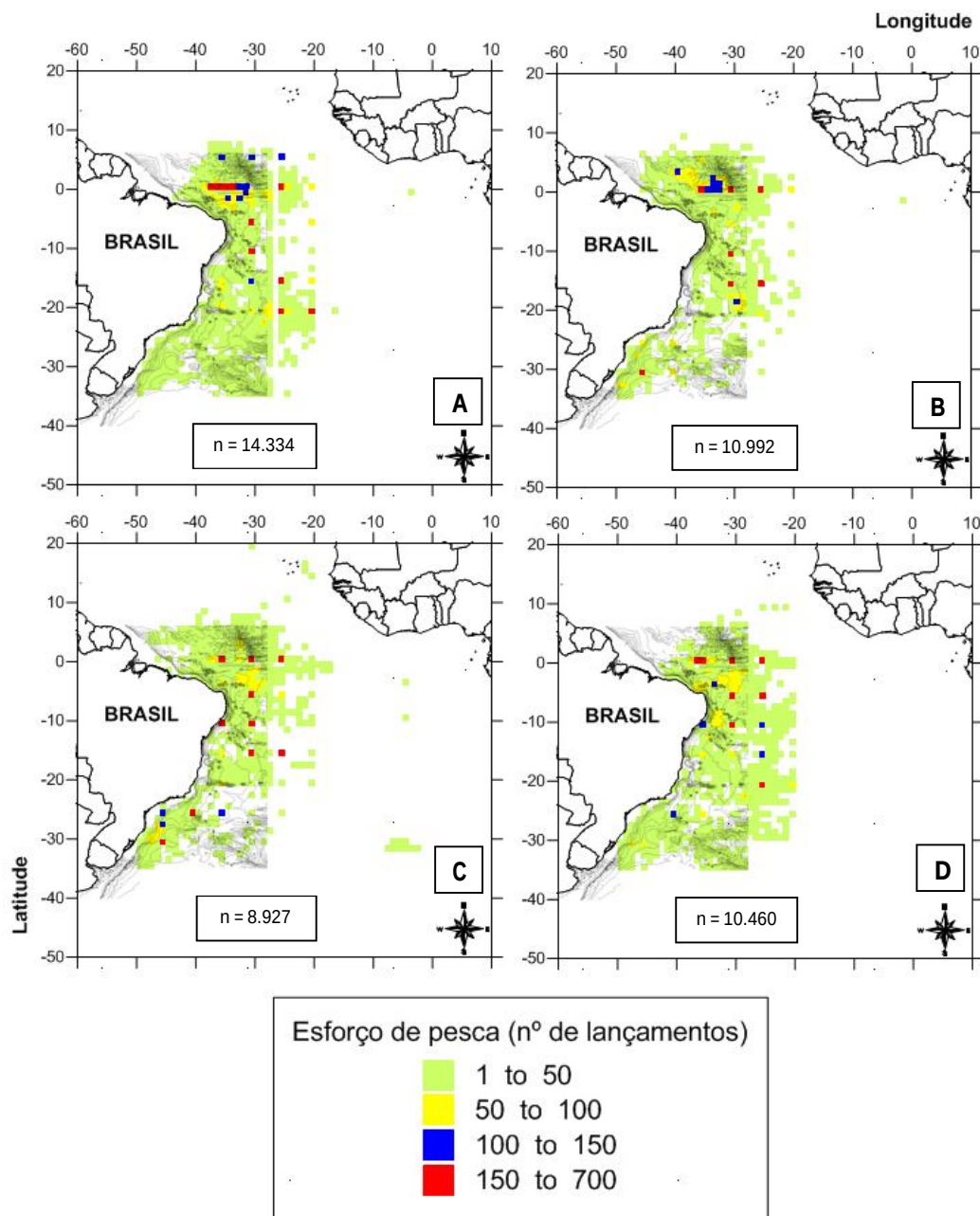


Figura 2. Distribuição espacial do esforço de pesca da frota espinheleira brasileira por trimestre, no período entre 1996 e 2008. (A) 1º trimestre; (B) 2º trimestre; (C) 3º trimestre e (D) 4º trimestre.

A CPUE não representou com fidedignidade a abundância do agulhão branco, tendo em vista que a razão matemática entre captura e esforço pode exibir altos índices em locais com baixo esforço de pesca ou mascarar áreas importantes de captura onde o esforço de pesca é elevado. Portanto, consideramos que a distribuição das capturas

nominais e do esforço de pesca em separado representaram de melhor maneira as principais áreas de captura. Além disso, sendo o agulhão branco uma espécie acessória da pesca (fauna acompanhante), cuja operação não é elaborada visando à sua captura, a CPUE dificilmente representará bem a abundância da espécie se não for padronizada.

A distribuição das capturas do agulhão branco apresentam uma importante concentração na faixa compreendida entre 5° N – 5° S com 25° -35° W, ao longo o ano (Figura 3), onde também se concentra o maior esforço de pesca.

No primeiro trimestre pôde-se observar maiores capturas na região equatorial na área supracitada e na área compreendida entre 15° e 20°S e 15° e 30° W. A isoterma de 25° C atinge seu limite sul, ao largo da latitude 30° S (Figura 3A). No segundo trimestre foram registradas as menores capturas ao largo da costa brasileira (3.805 indivíduos capturados entre 1996 e 2010). As maiores concentrações de capturas ocorreram na região equatorial, mais especificamente numa ampla área no entorno do Arquipélago de São pedro e São Paulo e da latitude de 10° S com 20° - 30° W, em frente à costa Nordeste do Brasil (Figuras 3B). No terceiro trimestre foram realizadas capturas consideráveis da espécie próximo à costa nordeste de Brasil, entre o equador e 15° S com 025° e 035° W, limitado pela isoterma de 25°C, que atinge seu limite norte (Figura 3C). Do total das capturas de agulhões branco, 29,8% foram capturados no quarto trimestre. Mais uma vez, a principal área de captura foi a costa nordeste do Brasil, além de importantes capturas registradas ao largo das costas do Espírito Santo e Rio de Janeiro (entre 20° -25°S com 25° - 40°W), na face sul da localização da isoterma de 25°C (Figura 3D).

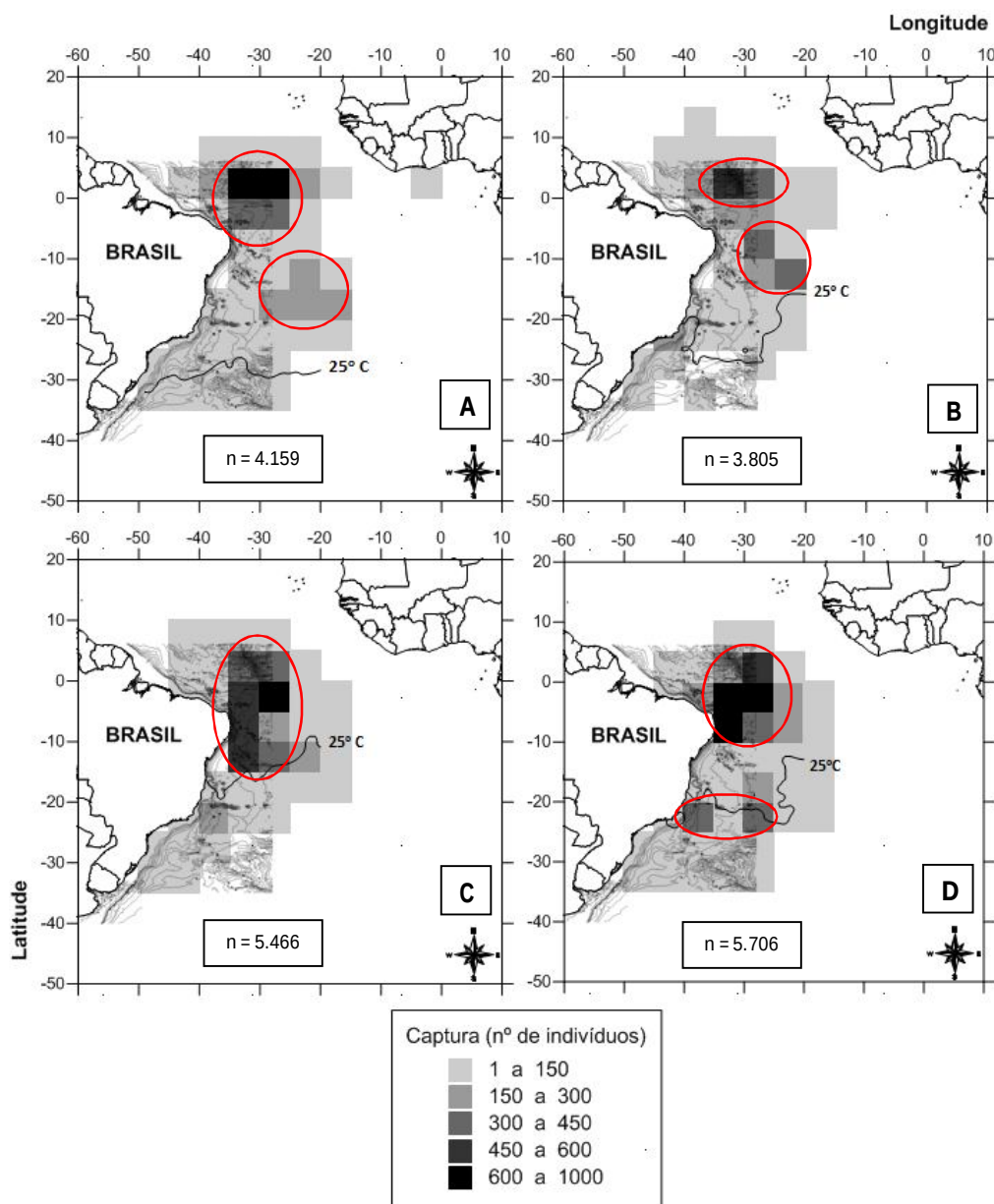


Figura 3. Distribuição espacial das capturas do agulhão branco e da posição média da isoterma de 25°C no período entre 1996 e 2008, por trimestre. (A) 1º trimestre; (B) 2º trimestre; (C) 3º trimestre e (D) 4º trimestre.

Os 952 agulhões branco medidos e identificados no presente trabalho foram capturados entre 2004 e 2008, dos quais 635 foram identificados como machos e 317 como fêmeas. Os 496 machos capturados na área 1 (Figura 4) mediram entre 110 e 240 cm de MIF, enquanto as 193 fêmeas capturadas nesta mesma área apresentaram uma amplitude de 110 a 202 cm. A moda para machos e fêmeas foi na classe de 150|- 160

cm. O comprimento médio obtido foi igual a 152,4 cm para os machos e 154,9 cm para as fêmeas. Na área 1, 76% dos machos capturados (377 indivíduos) e 78% das fêmeas (150 indivíduos) apresentaram tamanho acima de 139 e 147 cm, respectivamente, que correspondem ao comprimento de 1ª maturação sexual obtido por Oliveira *et al.* (2007).

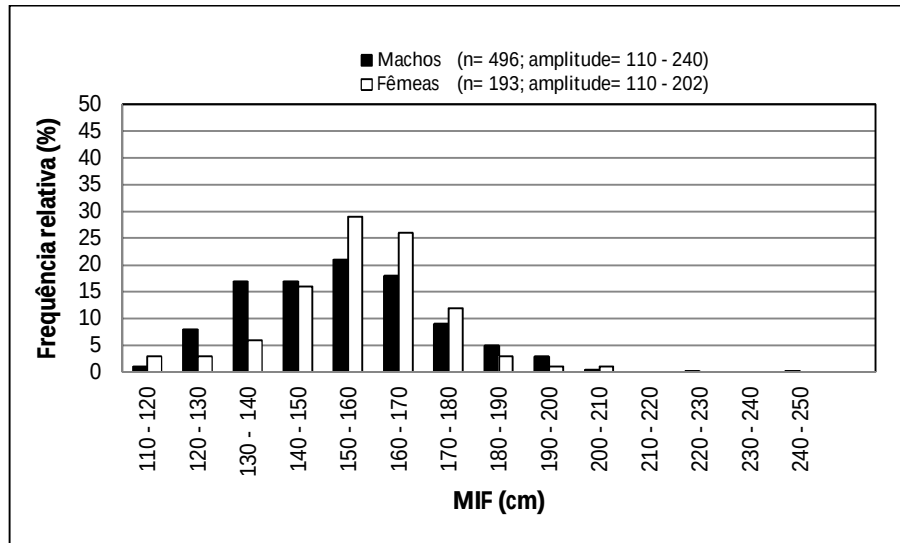


Figura 4. Distribuição de frequência de comprimento de machos e fêmeas de agulhão branco capturados na área 1, entre 2004 e 2008.

Na área 2 foram coletados 97 machos, os quais mediram entre 125 e 207 cm, enquanto as fêmeas (55) apresentaram uma amplitude de 124 a 196 cm. Machos apresentaram maior ocorrência de captura na classe de 150|- 160 cm e fêmeas na classe 160|- 170 cm. O comprimento médio obtido foi igual a 157,0 cm para os machos e 161,6 cm para as fêmeas (Figura 5). Cerca de 89% dos machos capturados (86 indivíduos) apresentaram tamanho acima de 139 cm, enquanto 2% das fêmeas (51 indivíduos) estavam acima de 147 cm.

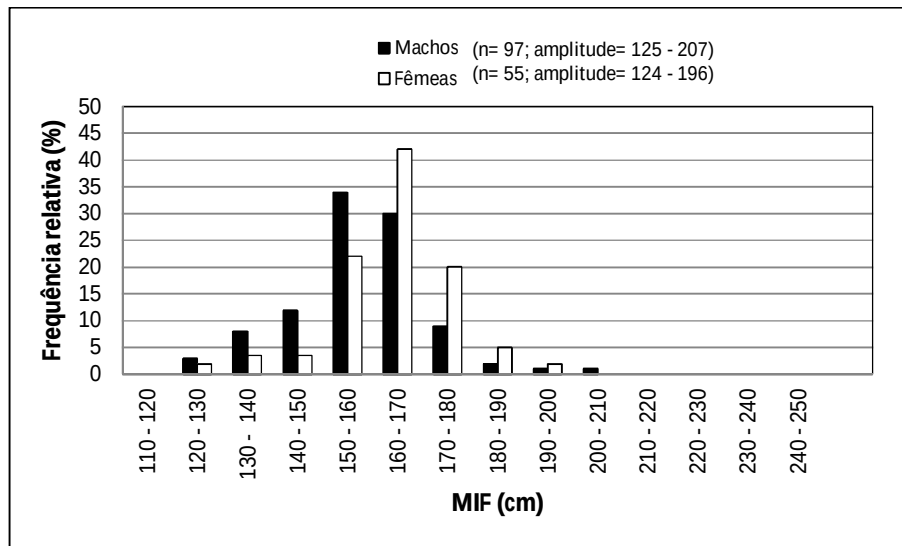


Figura 5. Distribuição de frequência de comprimento de machos e fêmeas de agulhão branco capturados na área 2, entre os anos de 2004 e 2008.

Os 42 machos capturados na área 3 (Figura 6) mediram entre 153 e 193 cm, enquanto as 69 fêmeas apresentaram uma amplitude de 149 a 210 cm. Machos tiveram maior ocorrência de captura na classe de 160|- 170 cm e fêmeas na classe 170|-180. O comprimento médio obtido foi igual a 165,4 cm para os machos e 174,6 cm para as fêmeas. Na área 3, todos os indivíduos medidos (100% dos machos e fêmeas) apresentaram tamanho superior ao comprimento de 1ª maturação sexual.

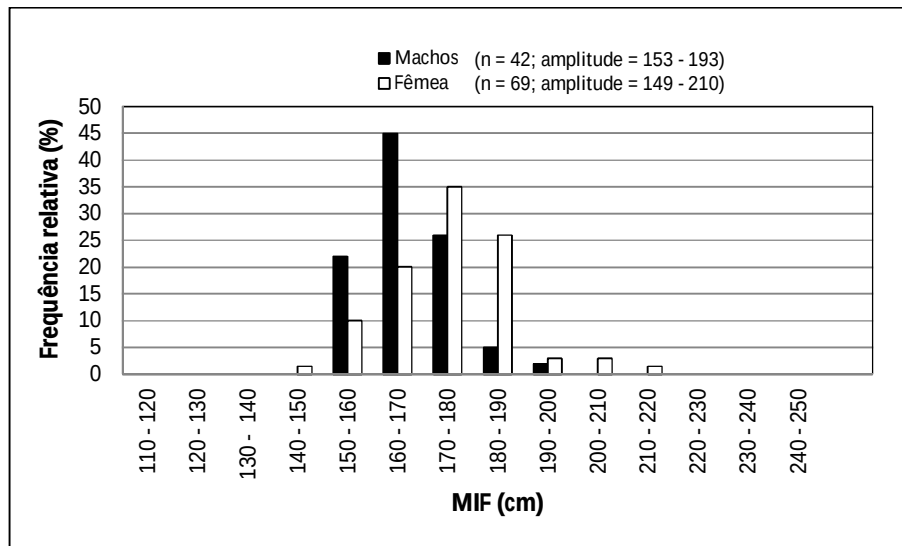


Figura 6. Distribuição de frequência de comprimento de machos e fêmeas de agulhão branco capturados na subárea 3, entre os anos de 2004 e 2008.

No total, cerca de 80% dos machos e 85% das fêmeas de agulhão branco capturados pela frota atuneira brasileira apresentaram comprimento (MIF) superior ao $L_{50\%}$.

Discussão

O Brasil apresenta como grande vantagem competitiva na pesca internacional, se não a única que o país possui de competir com as frotas oceânicas de longa distância, a proximidade dos seus portos das principais zonas de pesca do Atlântico sul (Hazin & Travassos, 2006), localizados na regiões Nordeste (Recife, Cabedelo e Natal), Sudeste (Santos) e Sul (Rio Grande e Itajaí). A região oeste equatorial do oceano Atlântico representa a principal área de pesca oceânica do Brasil, concentrando a maior parte dos lances de espinhel pelágico. A área é caracterizada pela presença de montes submarinos (Cadeia Norte do Brasil) e ilhas oceânicas (Fernando de Noronha, Atol da Rocas e Arquipélago de São Pedro e São Paulo), bem como pela ressurgência equatorial impulsionada pela divergência equatorial (Mayer *et al*, 1998;. Travassos, 1999). Segundo Azevedo (2003), a Ascensão de Rio Grande, juntamente com outros montes submarinos e ilhas oceânicas próximos ao equador, representam importantes áreas de pesca para espécies pelágicas exploradas comercialmente ao largo da costa do Brasil.

A distribuição das capturas do agulhão branco, por sua vez, apresenta-se claramente influenciada pela distribuição do esforço de pesca realizada pela frota brasileira nacional e arrendada. No entanto, segundo Nakamura (1985), o agulhão branco costuma se concentrar em região de frentes oceânicas e perto de quebras da plataforma continental, bancos oceânicos e *canyons* submarinos para fins de alimentação, sugerindo que essa constitui importante área para o desenvolvimento da espécie.

Segundo Ueynagi *et al.* (1970), a distribuição do agulhão branco no Atlântico varia sazonalmente, atingindo altas latitudes em ambos os hemisférios à procura das estações quentes. Diversos autores relatam que a abundância do *T. albidus* varia ao longo da costa brasileira, de forma associada às variações sazonais do ambiente oceânico (Arfelli *et al.*, 1986; Hazin, 1993; Souza *et al.*, 1994; Antero-Silva *et al.*, 1994). Mather *et al.* (1975), por sua vez, afirmam que no Atlântico Sul o agulhão branco se concentra do lado leste, ao largo da costa de Angola, em junho e julho, procurando o lado oeste, ao largo da costa do Brasil e, por vezes, a região central do Atlântico, durante o resto do ano. Segundo os mesmos autores, a espécie concentra-se ao largo da costa Nordeste, em torno de 08° S, em setembro e outubro (3º para 4º trimestre), estendendo-se em direção sul, até as proximidades do Rio de Janeiro. Em novembro, a concentração parece se mover mais ao sul, enquanto entre dezembro e fevereiro (4º e 1º trimestres), as taxas de captura são maiores ao largo da costa do Rio de Janeiro, com áreas de concentração isoladas do lado leste e central do oceano. De março a maio (2º semestre do ano) é um período geralmente com baixas taxas de captura nesse setor do Atlântico Sudoeste.

Tal padrão foi observado no presente trabalho, no qual a espécie foi mais capturada no 4º e 3º trimestres do ano, ao longo de toda a área de estudo. No 4º trimestre, também pôde-se observar concentrações da espécie mais afastadas da costa brasileira, enquanto no segundo trimestre, foram menos capturados. No terceiro trimestre são realizadas capturas consideráveis da espécie bastante próximas à costa nordeste de Brasil. A maior parte dessas capturas parecem limitadas ao sul pela isoterma de 25°C, que atinge seu limite norte. No quarto trimestre, mais uma vez, a principal área de captura foi a costa nordeste. No entanto, pôde-se observar uma importante área de captura, ao largo das costas do Espírito Santo e Rio de Janeiro (entre 20° -25°S com 25° - 40°W), na face sul da localização da isoterma de 25°C.

Antero-Silva *et al.* (1994) também afirmam que o agulhão branco apresenta uma maior abundância, na costa nordeste do Brasil no terceiro trimestre do ano. O mesmo autor afirma ainda que a abundância do agulhão branco na pesca com espinhel é máxima na costa da região sudeste do Brasil no quarto trimestre do ano.

Arfelli *et al.* (1986) observaram que as maiores capturas de agulhão branco na área entre 20°S e 33°S e 039°W e 050° W, ocorreram no quarto trimestre do ano. La Monte (1955) ainda registrou que a espécie ocorre próxima a Cabo Frio (aproximadamente 22° S com 042° W), entre dezembro e fevereiro (4º para 1º trimestre do ano). Oliveira *et al.* (no prelo) também encontraram uma alta influência do efeito das variáveis latitude e longitude sobre a CPUE do agulhão branco, especialmente na faixa compreendida entre 20° - 25° S, no entanto, entre 035° - 040° W.

Arfelli *et al.* (op.cit.) afirmam que a desova da espécie ocorre da segunda metade do 4º trimestre ao final do 1º primeiro trimestre, nas costas Sul e Sudeste do Brasil (especialmente na área entre 25°S e 26°S, entre a costa e 045°W), as quais não parecem constituir-se em zonas de crescimento para os exemplares jovens da espécie. No presente trabalho, puderam-se observar concentrações da espécie próximas a essa área, no 4º trimestre do ano, sendo provável, portanto, que a mesma represente agregação reprodutiva.

Hazin (1993) também observou maiores índices de CPUE do agulhão branco na região Nordeste do Brasil no 3º trimestre do ano e na região sudeste/sul durante o 4º e 1º trimestres. Com base na variação sazonal da CPUE do agulhão branco ao longo da costa brasileira, o mesmo autor concluiu que esta espécie realizaria uma migração sazonal no sentido norte-sul, do terceiro para o primeiro trimestre do ano, acompanhando aproximadamente o deslocamento sazonal da isoterma de 25°C da temperatura da superfície do mar, a qual se localiza em torno de 15°S durante o terceiro trimestre do ano, e em torno 35°S durante o primeiro trimestre. O efeito da temperatura da superfície do mar sobre a captura do agulhão branco foi detalhadamente analisado em Oliveira (2006) e Oliveira *et al.* (no prelo), no qual a variável TSM apresentou efeito positivo sobre as capturas da espécie em valores acima de 25°C. As variações espaço-temporais da abundância relativa do agulhão branco observadas no presente trabalho parecem confirmar a realização de uma migração no sentido norte-sul ao longo da costa brasileira, do terceiro ao primeiro trimestre do ano, acompanhando o deslocamento sazonal da isoterma de 25°C.

Segundo ICCAT (2006), no Atlântico as classes de maior tamanho (> 200 cm MIF) podem estar associadas com águas mais frias, enquanto os indivíduos menores tendem a ocorrer nas regiões mais quentes. Domingo *et al.* (2012) observou que os comprimentos médios de indivíduos capturados em latitudes maiores foram maiores, ocorrendo em profundidades superiores a 100m, sugerindo que os adultos de *T. albidus* podem atingir águas mais profundas em latitudes mais elevadas, adaptando-se a temperaturas mais frias. Tal padrão também foi observado no presente trabalho, uma vez que as médias de comprimento foram maiores na área 3 e menores na área 1.

Oliveira *et al.* (2007) estimaram os comprimentos de 1ª maturação sexual, para machos e fêmeas da espécie, na mesma área de estudo, em 139 e 147 cm de MIF, respectivamente, indicando, portanto, que cerca de 80% dos indivíduos capturados pela frota brasileira apresentam tamanho acima do $L_{50\%}$.

Nesse contexto, os resultados obtidos no presente trabalho reforçam a tendência de migração sazonal no sentido norte-sul realizada pela espécie ao largo da costa brasileira. No entanto, outros estudos devem ser realizados para se observar com mais clareza a movimentação da mesma durante sua permanência nesse setor do oceano, como através da utilização de dados de captura de outras frotas agrupadas e de estudos de migração com uso da tecnologia de marcas por satélite. Sendo o Brasil um dos países que mais capturam o agulhão branco com espinhel devido à concentração dessa espécie próximo à sua costa durante o ano, o fato de cerca de 80% dos indivíduos capturados pela sua frota atuneira estarem acima do comprimento de 1ª maturação sexual contribui sobremaneira para a preservação da espécie.

Agradecimentos

Agradecemos ao Ministério da Pesca e Aquicultura pela utilização dos dados da Estatística Pesqueira da frota atuneira brasileira e à CAPES/MEC pela concessão de bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

- Antero-Silva, J. N., Amorim, A. F., Lessa, R. P. T., Hazin, F. H. V., Arfelli, C. A. (1994) *White marlin (Tetrapturus albidus) fisheries off Brazilian coast from national and leased longliners fleet. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers*, Madrid, 41: 189-198.
- Arfelli, C. A., Amorim, A. F., Galhardo-Amado, J. C. (1986) *Analysis on Tetrapturus albidus Poey (1861), caught off South and Southeast of Brazil (1971-1984). International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers*, Madrid, 25: 202-217.
- Azevedo, V. G. (2003) Aspectos biológicos e dinâmica das capturas do tubarão-azul (*Prionace glauca*) realizadas pela frota espinheira de Itajaí-SC, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo. 113 pp.
- Domingo, A.; Forselledo, R.; Pons, M. (2012) *Análisis de la captura, distribución y composición de tallas del agujá blanca, Tetrapturus albidus, observada en la flota de palangre uruguayo (1998-2010). International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers*, Madrid, 68(4): 1397-1407.
- Hazin, F. H. V. (1993) *Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean* [Tese de Doutorado]. Tóquio, 286p. Tokyo University of Fisheries.
- Hazin, F. H. V.; Travassos, P. (2006) Aspectos estratégicos para o desenvolvimento da pesca oceânica no Brasil. Recife, 13/12/2006. 289-309.
- ICCAT (1999) *Report of the Standing Committee on Research & Statistics (SCRS): WHITE MARLIN (Tetrapturus albidus) Executive Summary*. Madrid. 4p.
- ICCAT (2001) *Report of the fourth ICCAT billfish workshop. International Commission for the Conservation Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers*, Madrid, 53, 375p.
- ICCAT (2004) *Informe del Comité Permanente de Investigación y Estadísticas (SCRS): Agujá blanca*. Madrid. 78-85.
- ICCAT (2006) *ICCAT Manual (International Commission for the Conservation Atlantic Tunas) - Capítulo 2.1.7: White marlin*. Autores: Arocha, F & Ortiz, M. 129-141.
- La Monte, F. R. (1955) *A review and revision of the marlins, genus Makaira. Bulletin American Museum of Natural History*, 107: 323-358.
- Mahon, R. & Mahon, S. (1986) *Seasonality and migration of pelagic fishes in the eastern Caribbean. FAO Expert Consultation on Shared Fishery Resources in the Lesser Antilles*. Mayaguez, Porto Rico. 273p.

Mather, F. J. III; Clark, H. L. e Mason, J. M. Jr. (1975) *Synopsis of the Biology of the white marlin, Tetrapurus albidus* Poey 1861. In: SHOMURA, R. S. e WILLIAMS F. (eds.). *Proceedings of International Billfish Symposium: Species Synopses*, 9-12 aug. 1972. Kailua-Kona, Hawaii: NOAA Technical Report NMFS. 55-94.

Mayer, D. A., Molinari, R. L.,; Festa, F. G. (1998) *The mean and annual cycle of upper layer temperature fields in relation to Sverdrup dynamics within the gyres of the Atlantic Ocean. Journal Geophysical Research*, 103: 545–566.

Nakamura, I. (1985) *FAO species catalogue: Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date.* Roma: FAO Fisheries Synopsis. n. 125. v. 5.

Oliveira, I. M. (2006) *Pesca, distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do agulhão branco Tetrapurus albidus Poey 1860 capturado pela frota espinheira brasileira* [Dissertação de Mestrado]. Recife (PE): Universidade federal Rural de Pernambuco. 130 p.

Oliveira, I. M., Hazin. F. H. V., Travassos, P., Pinheiro, P. B., Hazin, H. G. (2007) *Preliminary results on the reproductive biology of the White marlin, Tetrapurus albidus* Poey 1860, in the western equatorial Atlantic Ocean. *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers*. Madrid, 60, 1738-1745.

Oliveira, I. M., Hazin, H. G., Hazin, F. H., Travassos, P. E. P. (no prelo) *The influence of environmental and spatio-temporal factors on the abundance index of white marlin Tetrapurus albidus* Poey 1860 in the tropical and subtropical western Atlantic. *PANAMJAS*, PJ-12018.

Souza, R. C., Lessa, R. P. T. & Hazin, F. H. V. (1994) *First observations on reproductive biology of billfishes (Tetrapurus albidus, Istiophorus albicans and Tetrapurus pfluegeri) in southwestern equatorial Atlantic (Brazil). International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers*, Madrid, 42(2): 329-334.

Travassos, P. (1999) *l'E´ tude des relations thons-environnements dans l'oce´ an Atlantique intertropical ouest: cas de l'albacore (Thunnus albacares, Bonnaterre 1788), du germon (Thunnus alalunga, Bonnaterre 1788) et du thon obe` se (Thunnus obesus, Lowe 1839).* [Tese de Doutorado], Universidade de Paris. 240 p.

Ueynagi, S., Kikawa, S.; Uto, M. & Nishikawa, Y. 1970 *Distribution, spawning, and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean. Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory*, 3: 15-55.

Capítulo 4. Distribuição espaço temporal do agulhão branco *Tetrapturus albidus* por composição de comprimentos no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste

Resumo

No presente estudo foram usados dados de frequência de comprimento de 1.900 agulhões branco (*Tetrapturus albidus*) medidos por observadores de bordo da frota espinheira arrendada no Nordeste do Brasil, entre 2005 e 2010, para analisar a distribuição da frequência de comprimentos da espécie no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste. O comprimento mandíbula inferior–furca (MIF) variou de 76 a 225 cm (média=155cm). Os comprimentos de machos e fêmeas não apresentaram diferença significativa, sendo, portanto agrupados, assim como aqueles cuja classificação sexual não foi possível a bordo. A moda da distribuição de frequência de comprimentos foi observada nas classes de 150 a 170 cm. Para a classificação maturacional, foi adotado como comprimento de 1ª maturação sexual de 147 cm MIF. 1.342 indivíduos foram classificados como adultos, e 558 juvenis. As capturas desses animais foram plotadas em mapas de classes, nas resoluções 0,01 x 0,01 ° e médias de classes de comprimento em 5x5°, por trimestre. Também foram gerados mapas de interpolação de comprimento da espécie. No 1º trimestre foi observada a predominância de indivíduos classificados como juvenis, especialmente próximo ao equador, indicando que essa, aparentemente não constitui área importante de desova. Nos demais trimestres, a moda foi sempre observada na faixa de 160-170 cm MIF. Maior proporção de adultos foi observada próximo ao equador no 2º trimestre, enquanto que no 3º e 4º trimestres do ano foram amostrados o maior número de indivíduos, com maior proporção de indivíduos maiores ao sul de 15°S de latitude. Já os juvenis, no segundo semestre foram mais abundantes na faixa de 5°N a 5°S. As proximidades das cadeias Norte do Brasil e de Fernando de Noronha, bem como do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (3º, 4º e 1º trimestres do ano), parecem constituir importantes áreas para o desenvolvimento da espécie. As costas Nordeste e Central do Brasil parecem abrigar importantes concentrações de jovens do 2º ao 3º trimestre. A distribuição de tamanho por trimestres sugere um padrão cíclico da migração de adultos e juvenis de agulhão branco, no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste, muito provavelmente acompanhando a variabilidade sazonal da temperatura da superfície do mar.

Palavras-chave: amostragem, tamanho, marlim, frota brasileira arrendada, nordeste do Brasil.

Abstract

In the present study, we used length frequency data from 1,900 white marlins (*Tetrapturus albidus*) measured by observers aboard longline fleet leased in Northeastern Brazil, between 2005 and 2010 to analyze the length composition distribution of the specie in the tropical and subtropical western Atlantic. The lower jaw-fork length (LJFL) ranged from 76 to 225 cm (mean = 155cm). The males and

females length had no significant difference. Thus, it was grouped, as well those which sexual classification was not possible on board. The mode of length distribution has been observed in 150-170 cm. The length 147 cm LJFL was adopted as length of first maturity. Thus, 1,342 white marlins were classified as adults and 558 as juveniles. The catch of these animals were plotted on classes maps, in the 0.01 x 0.01 (mature and immature) and average length classes in 5x5 resolutions, per quarter. Interpolation length maps were also generated. In the 1st quarter, was observed high proportion of juveniles, especially near the equator, indicating that this apparently is not important spawning area. In other quarters, the trend was always observed in the range of 160-170 cm MIF. A higher proportion of adults were observed near the equator in the 2nd quarter, while the 3rd and 4th quarters of the year were sampled the highest number of individuals, with a higher proportion of larger individuals south of 15°S latitude. Already juveniles in the second half year were more abundant in the range of 5°N the 50S latitude. Near chains North of Brazil and Fernando de Noronha and St Peter and St Paul Rocks (through 3rd, 4th and 1st quarters of the year), seem to be important areas for the development of the juveniles. In the 2nd and 3rd quarters, the northeast and central Brazilian coasts seems to receive major concentrations of juveniles. The size distribution suggests a cyclical pattern of migration for development and reproduction of white marlin in the equatorial and subtropical western Atlantic Ocean, probably following the seasonal variability of the temperature of the sea surface.

Keywords: sampling size, marlin, longline, Brazilian fleet leased, northeastern Brazil.

Introdução

O agulhão branco do Atlântico *Tetrapturus albidus* é um grande migrador pelágico oceânico. A espécie vem sofrendo intensa pressão pesqueira ao longo dos anos, especialmente como fauna acompanhante da frota espinheira voltada para a captura de atuns e espadarte, praticada pelas frotas de vários países, uma vez que partilham praticamente o mesmo habitat e hábitos alimentares dessas espécies-alvo.

Apesar da importância ecológica dos agulhões brancos, a sua dinâmica está apenas começando a ser melhor estudada (Worm *et al.*, 2005 *apud* Frédou *et al.*, 2011). As preferências de habitat dos mesmos são mal conhecidas, em comparação com os atuns (Arocha & Ortiz, 2006) e pouco ainda se sabe sobre o desenvolvimento e o comportamento do agulhão branco, inclusive quanto à sua ocupação nas fases do seu ciclo de vida, especialmente no Atlântico Sul.

Portanto, informações sobre possíveis áreas importantes para o desenvolvimento da espécie, são essenciais para a tomada de medidas de manejo visando à manutenção do estoque e sustentabilidade da pesca. Dados de frequência de comprimento da pesca comercial podem fornecer informações importantes sobre a variabilidade sazonal da estrutura etária do estoque. O presente estudo tem como objetivo, portanto, descrever a

distribuição espaço-temporal da composição de comprimentos do agulhão branco capturado no Oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste.

Material e métodos

Os dados de comprimento mandíbula-inferior-furca (MIF cm) de agulhões brancos foram obtidos pelo Programa de Observadores de Bordo, do Ministério da Pesca e Aquicultura, a partir de embarques na frota espinheira brasileira, a bordo de embarcações arrendadas sediadas no Nordeste do Brasil (Natal, Recife e Cabedelo), as quais operaram na área entre 10°N e 40°S e 10°W e 60°W. Os agulhões brancos foram medidos entre 2005 e 2010, obtendo-se o comprimento Mandíbula-inferior-furca (MIF ou *LJFL*).

Inicialmente, foi testado se haveria diferença estatisticamente significativa entre os comprimentos de machos e fêmeas de agulhão branco, utilizando-se teste t ($p \leq 0,05$), gráficos *boxplots* e gráficos colunas com barras de desvio para avaliar se havia diferença significativa entre as médias dos comprimentos médios de machos e fêmeas, por trimestre e ano.

Para a classificação por comprimento de maturação (indivíduos juvenis e adultos), foi utilizado o comprimento de 1ª maturação sexual obtido para fêmeas de agulhão branco por Oliveira *et al.* (2007) (147 cm MIF).

Gráficos de frequência de comprimento (por trimestre) e de médias de comprimento por latitude foram gerados para avaliar o comportamento e a distribuição da estrutura de tamanhos da espécie.

As capturas desses animais foram plotadas em mapas de classes (maduros e imaturos), nas resoluções 0,01 x 0,01° e médias em 5 x 5°, por trimestre. Também foram gerados mapas utilizando o método *kriging*, o qual constitui uma técnica de predição espacial baseada numa interpolação de algoritmos, também por trimestre. Todos os mapas foram gerados utilizando-se o software Surfer 10 (Golden Software).

Resultados e discussão

No total, foram medidos 1.900 indivíduos de agulhão branco entre 2005 e 2010 a bordo da frota atuneira brasileira arrendada no Nordeste do Brasil (Natal, Recife e Cabedelo), capturados principalmente em 0° - 20°S e 25°S - 30°S com 20°W - 35°W.

Os comprimentos variaram de 76 a 225 cm MIF (média=155 cm). Não foram observadas diferenças estaticamente significativas nos tamanhos de machos e fêmeas (Figura 1), tendo sido, portanto, desconsiderada a distinção sexual para fins de análise da distribuição espaço-temporal de indivíduos da espécie.

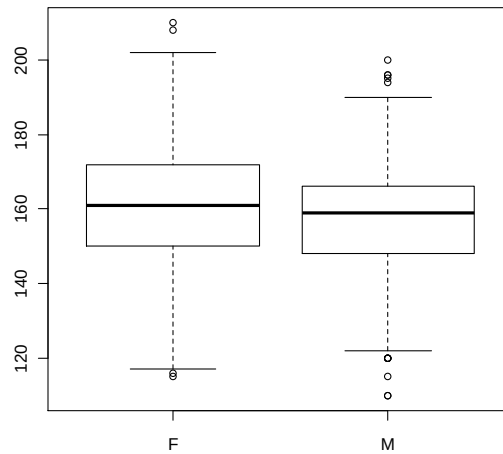


Figura 1. Médias do comprimento mandíbula inferior-furca (MIF cm) de fêmeas e machos do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, capturado no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste pela frota espinheleira arrendada no Nordeste do Brasil entre 2005 e 2010.

A moda do comprimento mandíbula inferior-furca (MIF cm) foi observada entre 150 e 160 cm MIF (Figura 2).

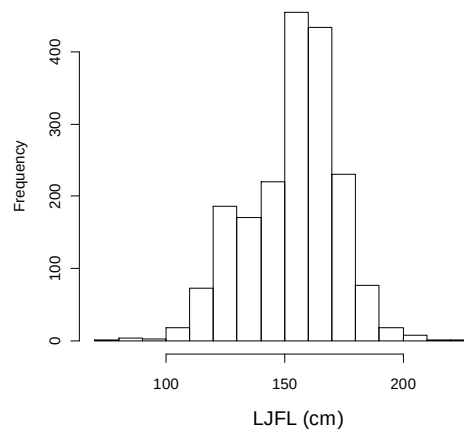


Figura 2. Frequência de comprimentos mandíbula inferior-furca (MIF cm) de machos e fêmeas do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, capturado no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste pela frota espinheira arrendada no Nordeste do Brasil entre 2005 e 2010.

No presente trabalho, 1.342 agulhões brancos (70,6%) apresentaram tamanhos acima do comprimento de 1^o maturação sexual (de 147 cm MIF), sendo classificados como adultos (ou maduros), ao passo que os outros 558 (29,4%) apresentaram comprimento inferior, sendo, portanto, classificados como juvenis (ou imaturos).

No 1^o trimestre foi observada a predominância de indivíduos classificados como imaturos (MIF < 147 cm). Nos demais trimestres, a moda foi sempre observada na faixa de 160-170 cm MIF (Figura 3).

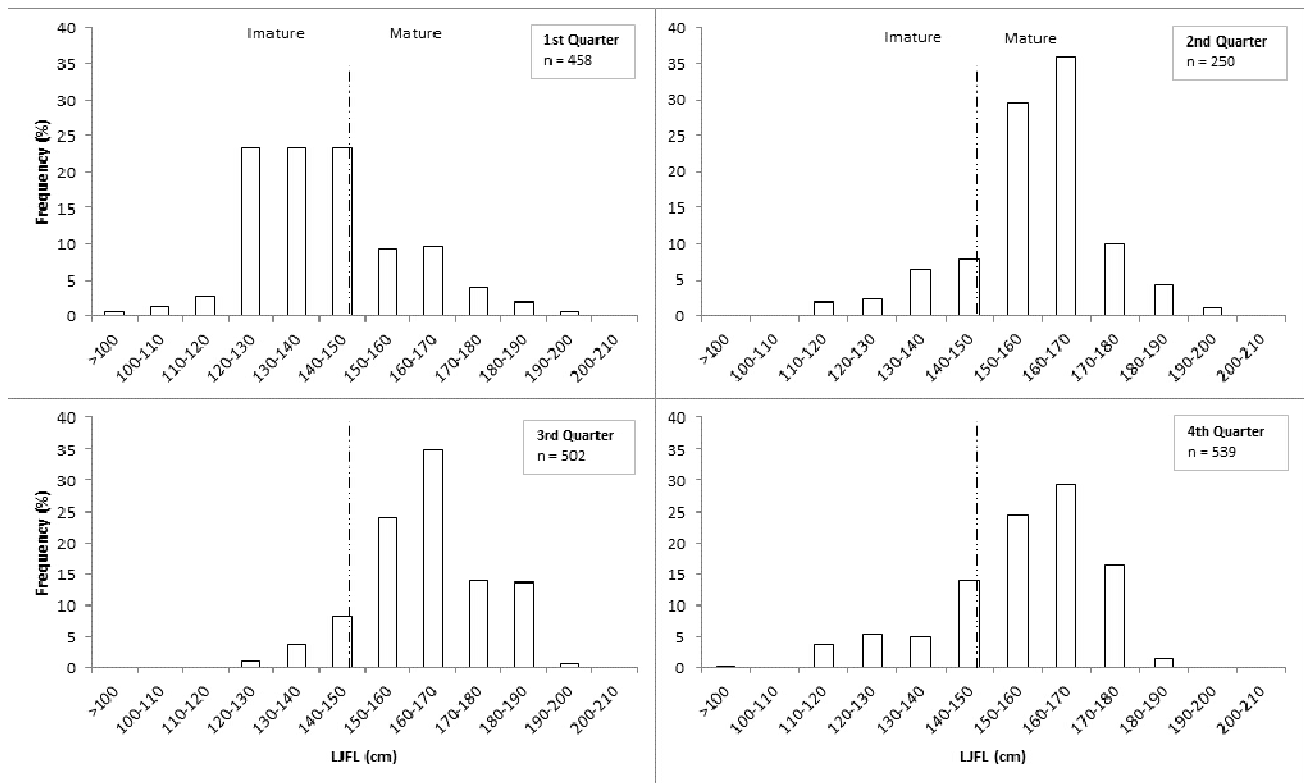


Figura 3. Frequência de comprimento mandíbula inferior-furca (LJFL cm) de agulhões brancos capturados pela frota atuneira arrendada do Nordeste do Brasil, entre 2005 e 2010, por trimestre.

As médias mensais (Figura 4) e anuais (Figura 5) de comprimento MIF (cm) da espécie não apresentaram diferença significativa. No entanto, nos meses de janeiro e fevereiro foram observadas as menores médias mensais.

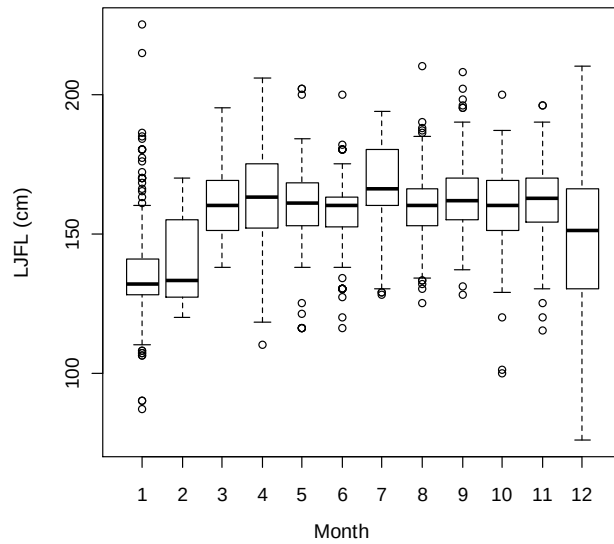


Figura 4. Média mensal do comprimento mandíbula inferior-furca (MIF cm) do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, capturado no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste pela frota espinheleira arrendada no Nordeste do Brasil, entre 2005 e 2010.

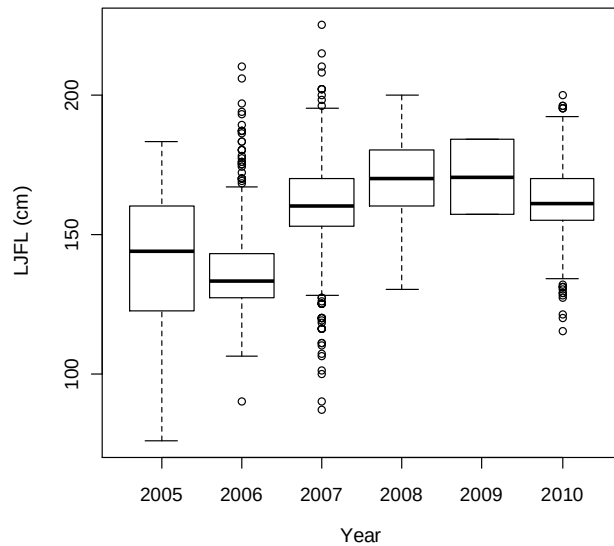


Figura 5. Média anual do comprimento mandíbula inferior-furca (MIF cm) do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, capturado no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste pela frota espinheleira arrendada no Nordeste do Brasil, entre 2005 e 2010.

As médias de comprimento de agulhão branco por faixas de latitude não apresentaram diferença significativa (Figuras 6 e 7). Diversos autores mencionam que agulhões brancos maiores tendem a atingir latitudes mais altas, especialmente para reprodução durante as estações quentes (Arfelli *et al.* 1986, Arocha & Ortiz 2006, Hazin 1993, Nakamura 1985, Ueyanagi *et al.* 1970).

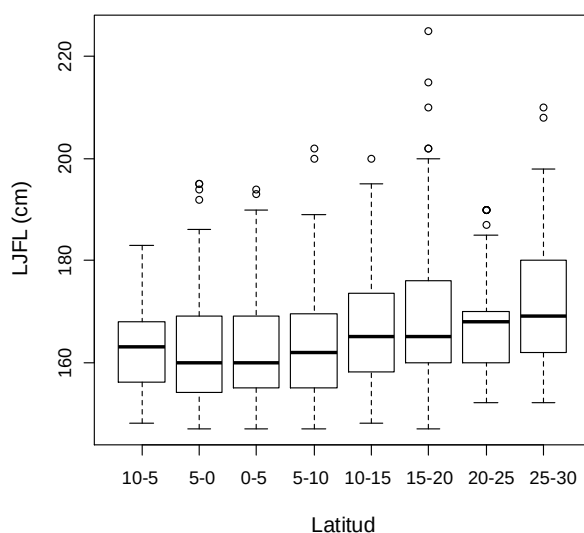


Figura 6. Médias de comprimento mandíbula inferior furca (MIF cm) de adultos de agulhão branco medidos a bordo da frota brasileira atuneira arrendada no Nordeste do Brasil por faixas de latitude.

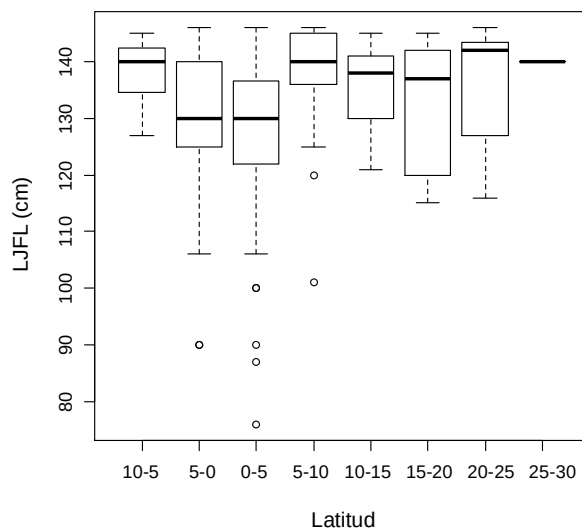


Figura 7. Médias de comprimento mandíbula inferior furca (MIF cm) de juvenis de agulhão branco medidos a bordo da frota brasileira atuneira arrendada no Nordeste do Brasil por faixas de latitude.

No primeiro trimestre foi observada a maior participação de juvenis, especialmente na faixa de 5°N a 5°S. No 2º trimestre, foi observada maior frequência de indivíduos juvenis novamente na faixa 5°N-0°, enquanto adultos apresentaram maior frequência na faixa 15-20°S. No terceiro trimestre, foi observada maior frequência de adultos entre 10 - 15°S. Também observou-se uma frequência de adultos no extremo sul da área de estudo (25-30°S). No 3º e 4º trimestres, os juvenis apresentam frequência mais alta na faixa de 10-15°S (Figura 8 e 9A). O resultado parece indicar que essa é uma faixa de latitude limite para indivíduos juvenis. Já os adultos, no quarto trimestre, apresentaram maior ocorrência entre 5°S – 10°S (Figura 7).

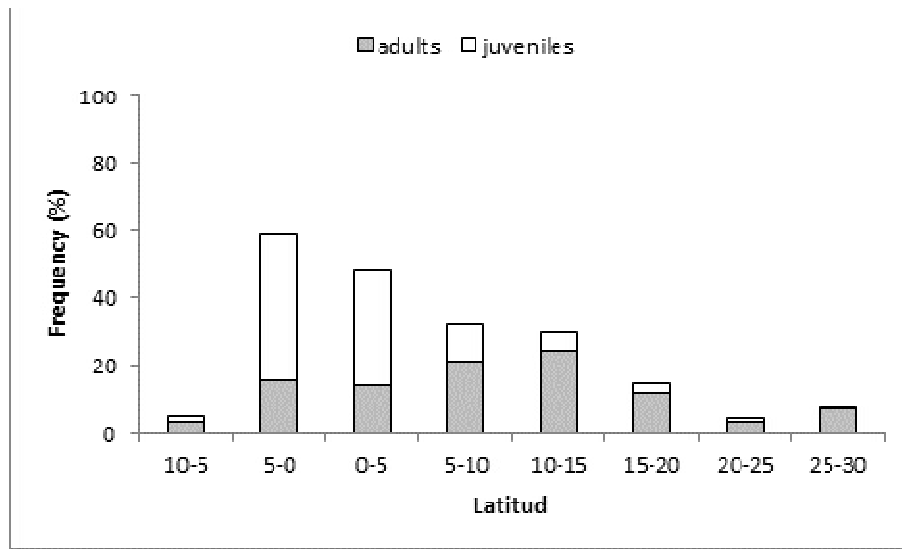


Figura 8. Frequência de indivíduos juvenis e adultos de agulhão branco medidos a bordo da frota brasileira atuneira arrendada sediada no Nordeste do Brasil por faixas de latitude.

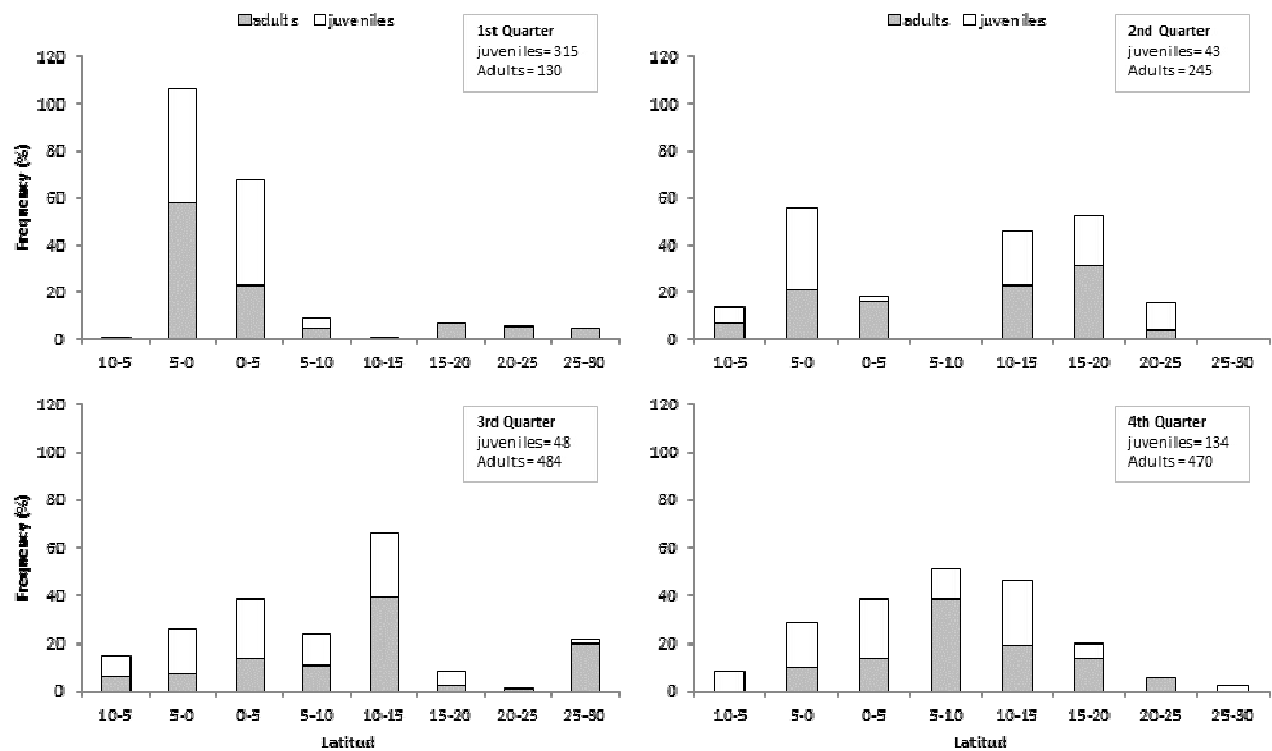


Figura 9. Frequência de juvenis e adultos de agulhão branco medidos a bordo da frota brasileira atuneira arrendada no Nordeste do Brasil por faixas de latitude, por trimestre.

Agulhões brancos juvenis e adultos foram amostrados na zona de estudo (Figuras 10, 11 e 12). No 1º trimestre foi registrada a mais baixa proporção de indivíduos adultos e a mais alta de juvenis, concentrados no entorno do equador, entre 1° N e 3°S e 20° W e 40° W. Essa região parece constituir-se em uma importante área de desenvolvimento do agulhão branco, durante o 1º trimestre dada à alta proporção de indivíduos menores que 139 cm MIF nas amostragens, enquanto os adultos podem atingir latitudes mais altas (Domingo *et al.* 2012). No entanto, também foram observados comprimentos maiores (> 147 cm MIF) do agulhão branco (adultos), no 1º trimestre do ano nesta mesma zona equatorial e nas proximidades de 20°S e 30°W, ao largo das costas sudeste e sul do Brasil (Figuras 10A e 12A).

No 2º trimestre, foi observada uma diminuição da proporção de juvenis e um aumento de adultos em toda área de estudo. Foram amostrados indivíduos acima do L_{50%} ao largo das proximidades das cadeias norte do Brasil (Figuras 11B e 12B) e Fernando de Noronha (Figura 10B), entre 5°N-5°S com 025°W-040°W e entre 10°S-20°S com 025°W-035°W, além de uma alta média MIF próximo à costa do Ceará (Figura 11B). Isso pode indicar que, apesar da baixa ocorrência da espécie, nesse setor do Atlântico e época do ano, indivíduos adultos tendem a se concentrar mais ao norte, nessas regiões. No restante do ano (3º ao 1º trimestre), essas duas áreas parecem importantes para o desenvolvimento de juvenis da espécie, os quais a partir daí, aparentemente, se deslocam em sentido sul, ao longo da costa brasileira.

O agulhão branco apresenta uma ampla distribuição ao longo do oceano Atlântico tropical e subtropical oeste ao longo do ano, com maior ocorrência durante o 3º e 4º trimestres do ano (Arfelli *et al.* 1986, Hazin 1993, Oliveira *et al.* no prelo). Indivíduos potencialmente adultos apresentaram alta frequência amostral próximos à costa da região sudeste e sul do Brasil (25° - 30° S, 35° - 45° W). No entanto, como essa região fica mais afastada da frota sediada na região nordeste, é mais difícil que a frota de cujos dados foram usados no presente trabalho, o reduzido número de amostragens nessa região impediu uma melhor análise sobre a composição da população da espécie ao largo da região sul do Brasil.

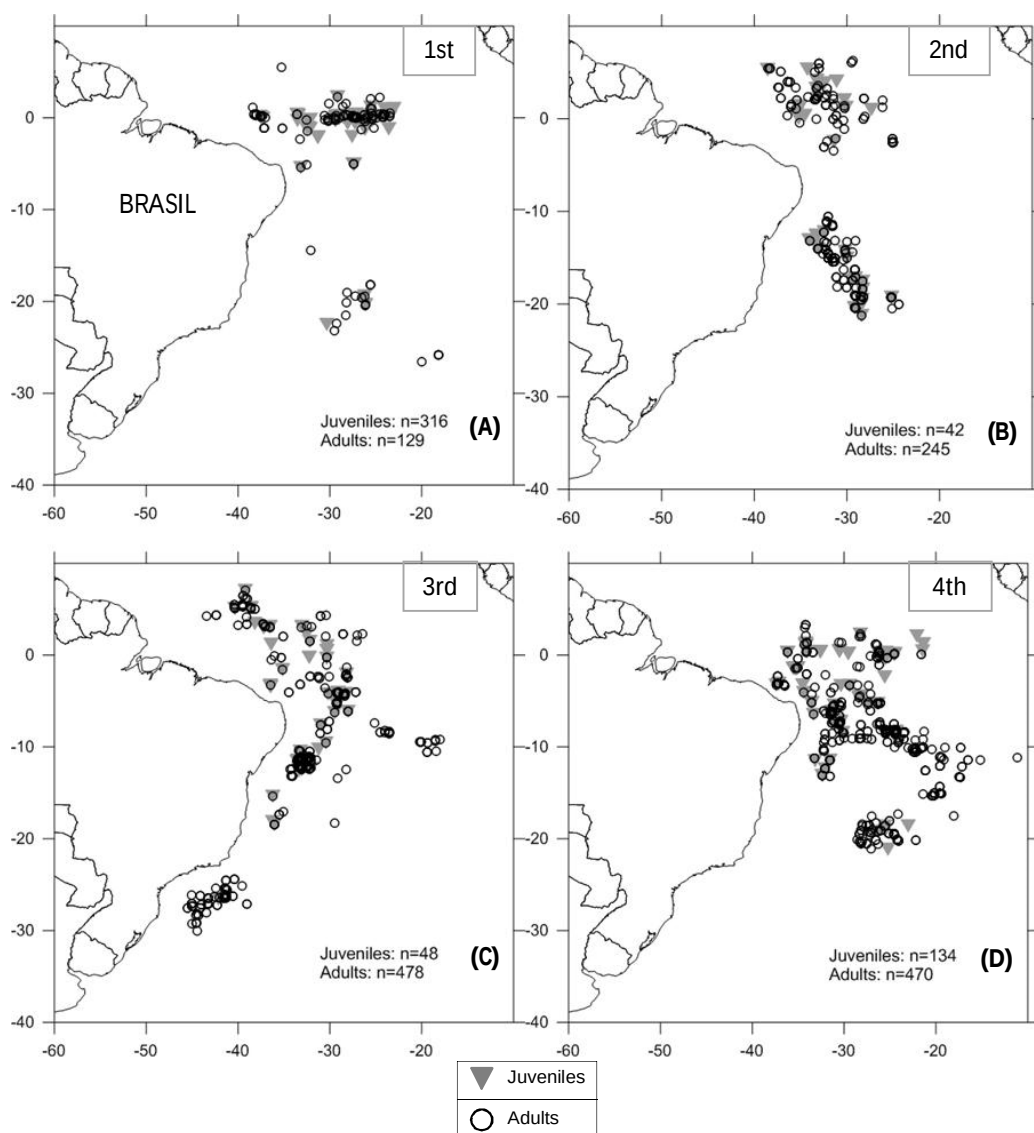


Figura 10. Distribuição dos locais de captura de juvenis e adultos de agulhão branco *Tetrapturus albidus* no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste, amostrados pela frota espinheleira brasileira, de 2005 a 2010, por trimestre (sentido horário do 1o para o 4o trimestre do ano), plotados na resolução 0,01x0,01°. Triângulos cinzas invertidos representam juvenis (indivíduos com comprimento MIF inferior a 147 cm). Adultos (comprimento MIF maior ou igual a 147 cm) estão representados pelos círculos.

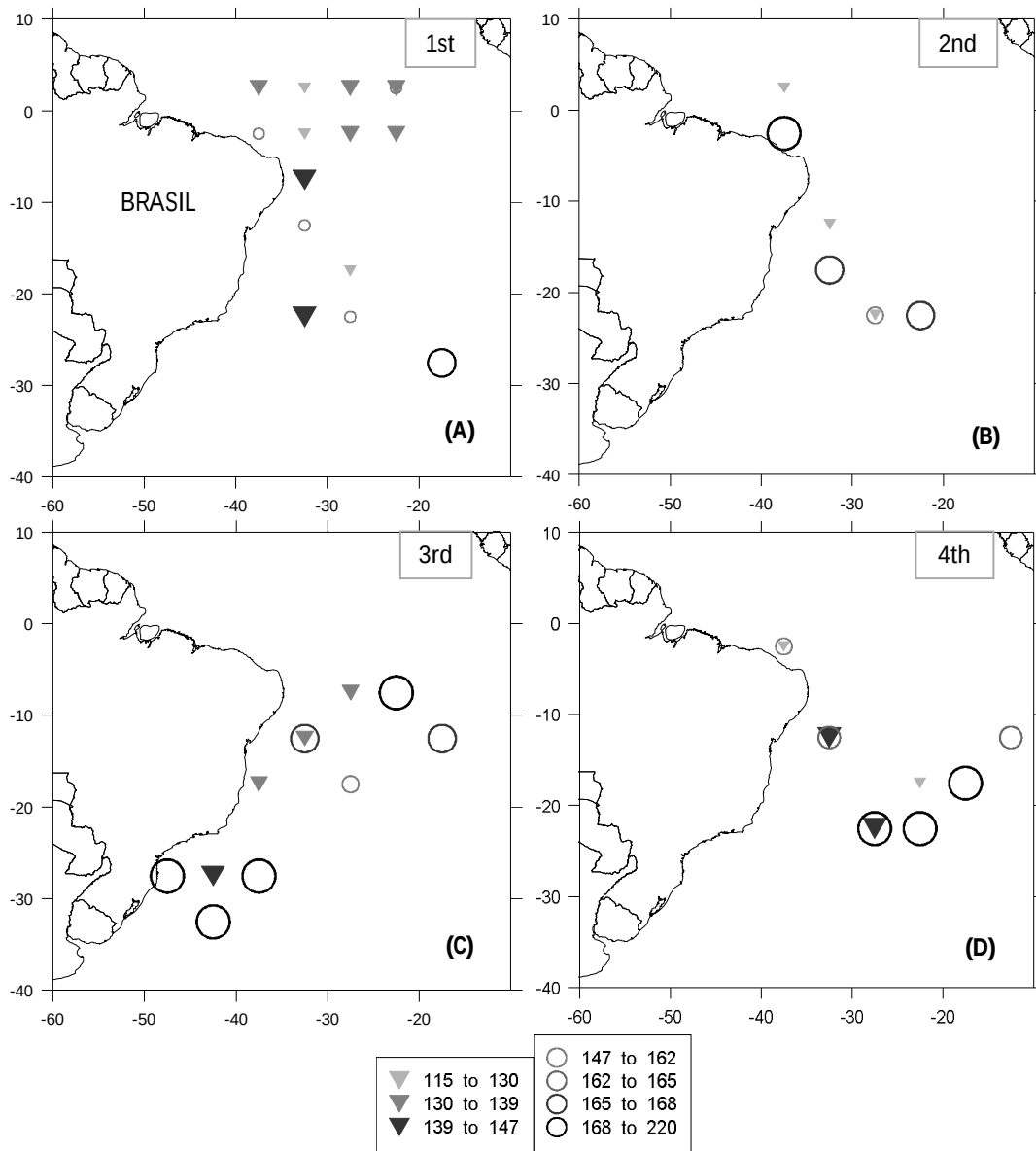


Figura 11. Distribuição dos locais de captura de juvenis e adultos de agulhão branco *Tetrapturus albidus* no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste, medidos pela frota espinheleira brasileira, de 2005 a 2010, por trimestre (sentido horário do 1o para o 4o trimestre do ano), plotados na resolução 5 x 5°. Triângulos cinzas invertidos representam juvenis (indivíduos com comprimento MIF inferior a 147 cm). Adultos (comprimento MIF maior ou igual a 147 cm) estão representados pelos círculos.

Em estudos anteriores, diversos autores mencionam que o agulhão branco realiza migração no sentido sul ao longo da costa brasileira, do 3º ao 1º trimestre do ano, culminando com a desova próximo à região ao largo das costas das regiões sudeste e sul (entre 20° S-30° S e 20° W-50° W), a qual se constitui numa importante área de desova

no Atlântico Sul, principalmente, no entanto, de dezembro a março (Antero-Silva *et al.* 1994, Arfelli *et al.* 1986, Ueyanagi *et al.* 1970), não sendo observadas concentrações importantes de indivíduos jovens nessa área. No presente trabalho foram mais capturados indivíduos maiores, e mais afastados da costa, no 4º e 1º trimestre (em torno de 20°S com 20°W-30°W).

Essa migração reprodutiva ocorre pelo menos de dezembro a março, de acordo com o tamanho, como foi observado por Hazin (1993) para o agulhão branco e por Fredou *et al.* (2011) para o agulhão negro. Certamente, indivíduos maiores e com fecundidade mais alta, chegam à região mais cedo para realizar reprodução, a qual se inicia ainda no 4º trimestre. Segundo Antero-Silva *et al.* (1994) nesta região, a desova do agulhão branco ocorre desde a metade do 4º até final do 1º trimestre do ano. Na sequência, uma migração alimentar pós-desova, no sentido norte, é observada em áreas mais afastadas da costa brasileira.

Segundo Arocha & Ortiz (2006), no Atlântico equatorial (5°N-5°S) a desova do agulhão branco ocorre, embora de maneira dispersa, durante Maio-Junho. Souza *et al.* (1994) e Pinheiro (2010) também encontraram maior atividade reprodutiva entre abril e junho a partir de amostras coletadas pela mesma frota usada no presente trabalho.

No presente trabalho foram observados indivíduos juvenis apenas a leste e oeste do arquipélago de São Pedro e São Paulo. Uma zona de grande concentração de indivíduos menores que 140 cm MIF foi observada no 2º trimestre, próxima à costa, entre Alagoas a Espírito Santo (10° - 20° S) (Figura 12B). No 3º trimestre do ano, essa concentração se desloca um pouco mais a Sul (15° - 20° S). Nessa época, indivíduos juvenis voltam a ocupar também as áreas de bancos e ilhas oceânicas das cadeias Fernando de Noronha, Norte do Brasil e arquipélago de São Pedro e São Paulo, na zona equatorial. Já no 4º trimestre (Figura 12B), indivíduos menores que 130 cm MIF se manteriam nas proximidades do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e em área oceânica à nordeste deste.

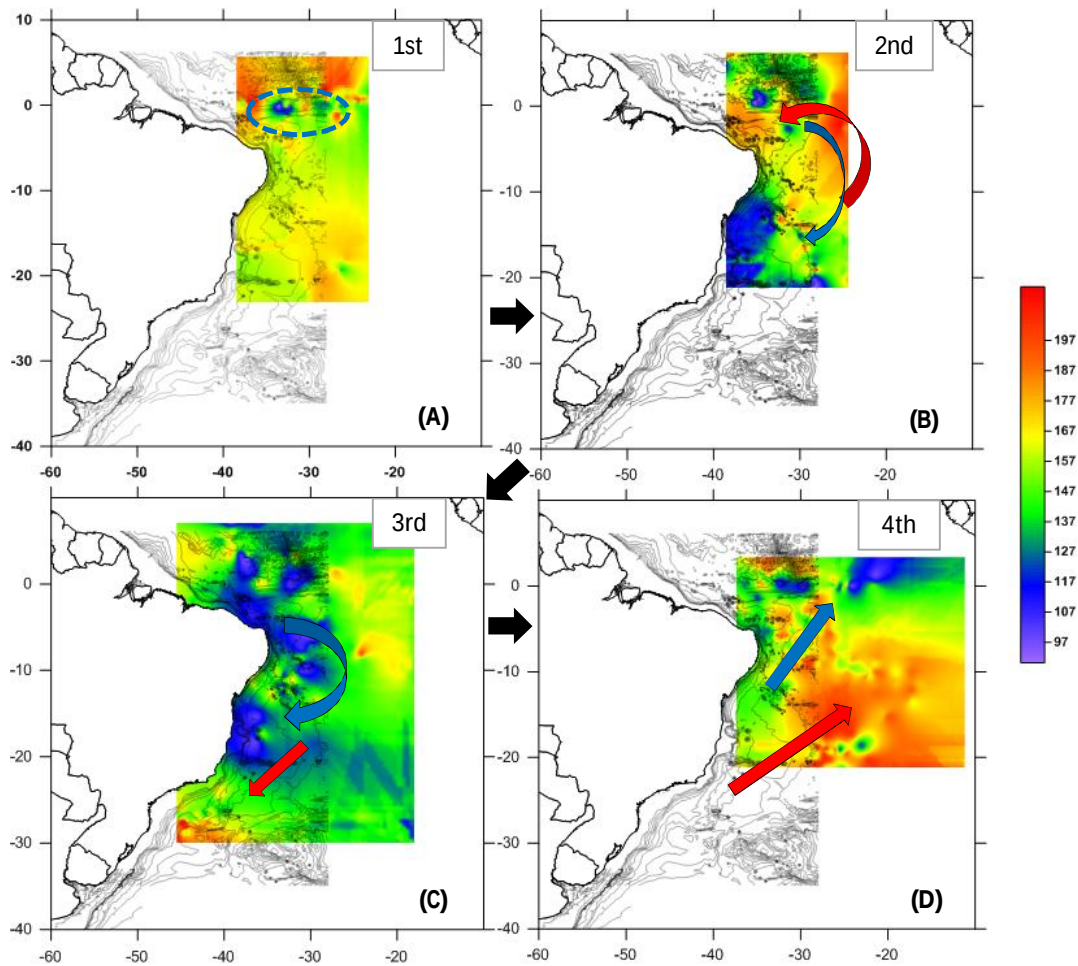


Figura 12. Interpolação do comprimento (MIF, cm) de agulhão branco *Tetrapturus albidus* no oceano Atlântico equatorial e subtropical oeste, capturados pela frota espinheleira brasileira, de 2005 a 2010, por trimestre (sentido horário do 1o para o 4o trimestre do ano). As setas vermelhas indicam o caminho hipotético realizado indivíduos maiores, enquanto que as setas azuis representam movimento dos menores comprimentos.

Nakamura (1985) afirma que os agulhões brancos realizam concentrações perto de frentes oceânicas, de quebras de plataforma, *canyons* submarinos e bancos oceânicos para alimentação, assim como observado no presente trabalho. Agulhões branco de pequeno porte foram encontrados em toda a área de estudo, mas, principalmente, na zona equatorial (Figuras 10 e 11) e em áreas de descontinuidade topográficas. Pinheiro (2010) encontrou apenas pouco mais de 3% das fêmeas e 4% dos machos maduros não sendo, portanto, a região Nordeste do Brasil uma área de desova importante para a espécie.

Foram observados prováveis processos de deslocamentos da espécie. Indivíduos adultos ocorreram em toda a área, mas com concentrações mais elevadas na faixa entre 0 e 5° N (1º trimestre), ao largo das cadeias Norte do Brasil, Fernando de Noronha e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (2º trimestre) e ao largo das costas sudeste e sul do Brasil (3º e 4º trimestres).

Os jovens, por sua vez, se aproximam da costa, entre Alagoas a Espírito Santo (2º trimestre), se deslocando mais a Sul (15° - 20° S) (3º trimestre) e, voltam a ocupar as áreas de bancos e ilhas oceânicas das cadeias Fernando de Noronha, Norte do Brasil e arquipélago de São Pedro e São Paulo (3º, 4º e 1º trimestres).

Os resultados da distribuição espaço-temporal da frequência de comprimentos sugerem um padrão cíclico da migração de adultos e juvenis de agulhão branco ao longo da costa brasileira, muito provavelmente acompanhando a variabilidade sazonal da temperatura da superfície do mar.

Referências

- ANTERO-SILVA, J. N.; AMORIM, A. F.; LESSA, R. P. T.; HAZIN, F. H. V.; ARFELLI, C. A. **White marlin (*Tetrapturus albidus*) fisheries off Brazilian coast from national and leased longliners fleet.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madri, n. 41, p. 189-198, 1994.
- ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F.; GALHARDO-AMADO, J. C. **Analysis on *Tetrapturus albidus* Poey (1861), caught off South and Southeast of Brazil (1971-1984).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madri, n. 25, p. 202-217, 1986.
- AROUCHA, F.; ORTIZ, M. **ICCAT Manual, Chapter 2.1.7. White marlin.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Madri, p. 129-141, 2006.
- DOMINGO, A.; FORSELLEDO, R.; PONS, M. **Análisis de la captura, distribución y composición de tallas del aguja blanca, *Tetrapturus albidus*, observada en la flota de palangre uruguaya (1998-2010).** Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 68(4): 1397-1407, 2012.

FRÉDOU T.; FRÉDOU, F.L.; HAZIN, F.H.V.; TRAVASSOS, P. **Length composition and spatiotemporal distribution of blue marlin *Makaira nigricans* in the South Atlantic ocean.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, SCRS/2011/049.

HAZIN, F. H. V. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean. **Tese de Doutorado**, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, 1993. 286 p.

NAKAMURA, I. FAO species catalogue: Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. n.125. v.5. **FAO Fishery Synopsys**. Roma, 65 p. 1985.

OLIVEIRA, I. M.; HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P.; PINHEIRO, P. B.; HAZIN, H. G. **Preliminary results on the reproductive biology of the white marlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1860, in the western equatorial Atlantic Ocean.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers. Madri, n. 60, p. 1738-1745, 2007.

OLIVEIRA, I. M.; HAZIN, H. G.; HAZIN, F. H.; TRAVASSOS, P. E. P. (no prelo) **Distribuição e abundância do agulhão branco *Tetrapturus albidus* capturado no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste.** REPESCA, ID 464.

PINHEIRO, P.B. 2010 Biologia dos agulhões negro (*Makaira nigrican* Lacepède, 1802) e branco (*Tetrapturus albidus*, Poey 1860) capturados no oceano Sul e equatorial. **Tese de doutorado** em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010. 145 p.

SOUZA, R. C.; LESSA, R. P. T.; HAZIN, F. H. V. **First observations on reproductive biology of billfishes (*Tetrapturus albidus*, *Istiophorus albicans* and *Tetrapturus pfluegeri*) in southwestern equatorial Atlantic (Brazil).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, 1994, v. 42(2), p. 329-334.

UEYNAGI, S.; KIKAWA, S.; UTO, M.; NISHIKAWA, Y. **Distribution, spawning, and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean.** Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory, n. 3, p. 15-55, 1970.

COMENTÁRIOS CONCLUSIVOS

O agulhão branco é uma espécie capturada por pescarias artesanais, esportivas e industriais no oceano Atlântico. Nesta última, sofre maior esforço de pesca, sendo capturada como fauna acompanhante da frota que tem os atuns e o espadarte como espécies-alvo da pescaria com o emprego do espinhel pelágico. Esse aspecto torna a conservação dessa espécie e o manejo da atividade de pesca mais complexos, com as medidas tradicionais de ordenamento possuindo limitado alcance e sendo de difícil aplicação. Desta forma, o estabelecimento de outras medidas de ordenamento, como de restrições espaço-temporais das pescarias, baseadas em estudos pesqueiros com enfoque ecológico, poderão contribuir para um manejo mais eficiente da pesca e para a conservação da espécie. Para isso, uma melhor compreensão dos fatores responsáveis pelos padrões de distribuição de atuns e afins são fundamentais para subsidiar os esforços de gestão e conservação.

Sendo o Brasil um dos principais países responsáveis pela captura do agulhão branco no Atlântico, fato diretamente relacionado à ocupação dessa espécie ao largo da costa brasileira, se faz de fundamental importância que o país promova pesquisas que possam subsidiar a ICCAT na elaboração de recomendações de gestão que permitam a recuperação do seu estoque e sua conservação.

Os desembarques da espécie vêm diminuindo nos últimos anos, de maneira que o país vem respeitando a cota de captura estabelecida pela ICCAT, devido à diminuição do número de embarcações que operam com espinhel e também do aumento da prática de descarte de indivíduos vivos. Tendo em vista, portanto, que a captura da espécie pelo espinhel é inevitável, pela própria distribuição da mesma e do aparelho de pesca, a prática do descarte de indivíduos vivos e o seu acompanhamento a bordo é uma das poucas soluções que o Brasil possui para não exceder as cotas de captura. Nesse sentido, a utilização do anzol circular pelas embarcações atuneiras se faz de fundamental importância como medida aditiva, tendo em que seu uso aumenta a taxa de sobrevivência dos indivíduos capturados e conseqüentemente um maior sucesso do descarte.

No presente trabalho, foi possível observar, de uma maneira geral, uma elevada concentração da espécie ao largo da costa brasileira ao longo do ano, o que justifica a elevada contribuição do Brasil nas capturas da espécie, as quais parecem indicar migrações sazonais ao longo da sua costa. Durante o 1º trimestre, foi observada uma concentração na área em torno de 25°S/040°W, o que parece indicar a ocorrência de concentração reprodutiva da espécie nessa

área e época do ano, corroborando com os trabalhos de Ueyanagi *et al.* (1970), Arfelli *et al.* (1986) e Hazin (1993). No entanto, estudos complementares baseados em amostragens morfométricas e biológicas realizadas em frotas com maior presença na região sudeste/sul do Brasil são necessárias para confirmar e avaliar essa migração reprodutiva.

O modelo COZIGAM se mostrou capaz de contribuir para uma diminuição das incertezas em análises de dados ecológicos, na medida em que foi desenvolvido para trabalhar com alta porcentagem de zeros (capturas nulas). A inclusão das variáveis ambientais contribuiu significativamente para promover um melhor ajuste do modelo, provavelmente porque muitas espécies, especialmente as altamente migratórias como o agulhão branco, apresentam ciclo de vida intimamente relacionado com as condições ambientais do ecossistema pelágico oceânico (Bigelow *et al.* 1999; Guyomard *et al.* 2004; Sharp, 1978; Laurs *et al.*, 1984, Maul *et al.*, 1984, Podesta *et al.* 1993; Hinton and Deriso, 1998, Bartoo & Coan, 1989). As variáveis ambientais utilizadas (temperatura da superfície do mar e profundidade da termoclina) apresentaram efeitos positivos em faixas comumente encontradas na área de estudo, permitindo assim uma boa descrição das condições ideais para ocorrência e concentração da espécie e demonstrando, mais uma vez, um bom ajuste do modelo.

A análise realizada no presente trabalho fornece evidências de que os níveis de tolerância de temperatura da água do mar podem ser utilizados para prever padrões de distribuição de espécies de grandes peixes pelágicos em relação às variações sazonais. Além disso, um bom entendimento dos efeitos da temperatura sobre agulhões também pode ser útil em separar os efeitos das variações ambientais dos efeitos da pesca (Boyce *et al.* 2008).

Espera-se também que os conhecimentos biológicos fundamentais sobre a espécie na costa brasileira contribuam para uma avaliação mais adequada do estoque, permitindo uma melhor administração do mesmo. Ainda que, de acordo com o presente trabalho, o esforço de pesca da frota brasileira incida sobre os indivíduos adultos (~80%), contribuindo para a conservação da espécie, o monitoramento dos volumes e comprimentos de captura deve continuar, permitindo a análise contínua das pescarias.

Segundo ICCAT (2006), indivíduos adultos de agulhão branco (>150 cm MIF) ocorrem em águas temperadas, subtropicais e tropicais, enquanto juvenis (<100 cm MIF) são encontrados apenas em águas tropicais. No Atlântico, classes de comprimento maiores (>200 cm MIF) podem estar associadas com águas mais frias, enquanto os indivíduos menores tendem a ocorrer em estratos mais quentes. No entanto, tendo em vista a necessidade de complementação das informações aqui obtidas, recomenda-se a realização de trabalhos com a utilização da metodologia de marcas por satélite, com vistas a um aumento dos conhecimentos ecológicos, principalmente no que se refere aos deslocamentos em pequena escala. Além disso,

informações mais detalhadas sobre os efeitos da temperatura da água no comportamento de desova ainda são necessárias.

Os resultados gerados podem ser aplicados no manejo da espécie, através de aplicação de restrições espaço-temporais da pesca para reduzir a captura acidental de agulhão branco, especialmente de juvenis. Duas alternativas possíveis a partir de alguns aspectos observados no presente trabalho, seriam: o fechamento espaço temporal da pesca com espinhel na zona equatorial entre 5° N e 5° S, durante o 1º trimestre do ano e a obrigatoriedade da utilização do 1º anzol do espinhel a partir de 100m de profundidade (abaixo da camada de mistura).

Tendo em vista a significativa influência das variáveis ambientais sobre a distribuição do agulhão branco e sua ocupação sazonal ao longo do Atlântico, espera-se que as informações geradas contribuam para uma melhor avaliação do estoque, permitindo assim um aperfeiçoamento dos processos de ordenamento e conservação da espécie e contribuindo, assim, para a sustentabilidade da pesca com espinhel.

Referências

- ANTERO-SILVA, J. N.; AMORIM, A. F.; LESSA, R. P. T.; HAZIN, F. H. V.; ARFELLI, C. A. **White marlin (*Tetrapturus albidus*) fisheries off Brazilian coast from national and leased longliners fleet.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madri, n. 41, p. 189-198, 1994.
- ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F.; GALHARDO-AMADO, J. C. **Analysis on *Tetrapturus albidus* Poey (1861), caught off South and Southeast of Brazil (1971-1984).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madri, n. 25, p. 202-217, 1986.
- AROUCHA, F.; BÁRRIOS, A. **Sex ratios, spawning seasonality, sexual maturity, and fecundity of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic.** Fisheries Research 95: 98-111, 2009.
- AROCHA, F.; ORTIZ, M. **Standardized catch rates for blue marlin (*Makaira nigricans*) and white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the venezuelan pelagic longline fishery off the Caribbean sea and the western central Atlantic.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madri, vol.55(2), p. 649-659, 2003.
- AROUCHA, F.; ORTIZ, M. **ICCAT Manual, Chapter 2.1.7. White marlin.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Madri, p. 129-141, 2006.
- AZEVEDO, V. G. Aspectos biológicos e dinâmica das capturas do tubarão-azul (*Prionace glauca*) realizadas pela frota espinheleira de Itajaí-SC, Brasil. **Dissertação de mestrado**, Universidade de São Paulo. 113 pp. 2003.
- BACKUS, R. H. **Biogeographic boundaries in the open ocean.** In: Pelagic Biogeography, UNESCO Tech. in Marine Science, v. 49, p. 9-13, 1986.
- BIGELOW, A. K.; BOGGS, C. H.; HE, X. **Envirovimental effects on swordfish and blue sharks catch rates in the US. North Pacific longline fishery.** Fisheries Oceanography, n. 8, p. 178-198, 1999.
- BIGELOW, K.; MUSYL, M. K.; POISSON, F.; KLEIBER, P. **Pelagic longline gear depth and shoaling.** Fisheries Research, n. 77, p. 173-18, 2006.
- BLOCK, B. A., BOOTH, D. T., CAREY F. G. **Depth and temperature of the blue marlin, *Makaira nigricans*, observed by acoustic telemetry.** Marine Biology, 114:175-183. 1992.

BOYCE, D. G.; TITTENSOR, D. P.; WORM, B. **Effects of temperature on global patterns of tuna and billfish richness.** Marine Ecology Progress Series, 355: 267-276, 2008.

BRILL, R. W. **A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement models and stock assessments.** Fisheries Oceanography, 3:204–216. 1994.

BRILL, R. W. **Selective advantages conferred by the high performance physiology of tunas, billfishes, and dolphin fish.** Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Physiology, 113: 3-15. 1996.

BRILL, R. W.; LUTCAVAGE, M. **Understanding environmental influences on movements and depth distributions of tunas and billfishes can significantly improve population assessments.** American Fisheries Society Symposium, 25: 179-198, 2001.

BRILL, R. W.; LOWE, T. E.; COUSINS, K. L. **How water temperature really limits the vertical movements of tunas and billfishes - it's the heart stupid?** In: International Congress on Biology of Fish. Anais. Towson University, Baltimore: American Fisheries Society, 4p. 1998.

CAMPOS, E. J. D. **Estudos de circulação oceânica no Atlântico tropical e na região oeste do Atlântico subtropical sul.** Tese de livre docência. Instituto Oceanográfico USP. 114 p. 1995.

CAREY, F. G. Further Acoustic Telemetry Observations of Swordfish. . In: Stroud, R.H.s (Ed.), **Proceedings of the 2nd International Billfish Symposium**, Planning the Future of Billfishes, Research and Management in the 90s and Beyond. National Coalition for Marine Conservation, Inc. Marine Recreational Fisheries Kalia-Kona, Hawaii, USA, 1990, p. 103-122.

CAREY, F. G.; ROBISON, B. H. **Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry.** Fisheries Bulletin, n. 79, p. 277-292, 1981.

CAREY, F. G.; SCHAROLD, J. V. **Movements of blue sharks (*Prionace glauca*) in depth and course.** Marine Biology, n. 106, p. 329-342, 1990.

DE BOYER MONTÉGUT, C., G.; MADEC, A. S.; FISCHER, A.; LAZAR; IUDICONE, D. **Mixed layer depth over the global ocean: an examination of profile data and a profile-based climatology,** *J. Geophys. Res.*, 109, C12003. doi:10.1029/2004JC002378. 2004.

DE SYLVA, D. P.; DAVIS, W. P. **White marlin: *Tetrapturus albidus*, in the middle Atlantic bight, with observations on the hydrography of the fishing grounds.** Copeia, n. 1, p. 81-89, 1963.

DOMINGO, A.; FORSELLEDO, R.; PONS, M. **Análisis de la captura, distribución y composición de tallas del aguja blanca, *Tetrapturus albidus*, observada en la flota de palangre Uruguay (1998-2010).** SCRS/2011/026 Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 68(4): 1397-1407, 2012.

DREW, K.; DIE, D.; AROCHA, F. **Current Efforts To Develop An Age And Growth Model Of Blue Marlin (*Makaira Nigricans*) And White Marlin (*Tetrapturus Albidus*).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, n. 59(1), p. 274-281, 2006.

ENFIELD, D.; MAYER, D. **Tropical Atlantic sea surface temperature variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation.** Journal of Geophysical Research, 102(C1), 1997. doi: 10.1029/96JC03296. ISSN: 0148-0227.

FRÉDOU T.; FRÉDOU, F.L.; HAZIN, F.H.V.; TRAVASSOS, P. **Length composition and spatiotemporal distribution of blue marlin *Makaira nigricans* in the South Atlantic ocean.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, SCRS/2011/049.

FONTENEAU, A. Introduction aux problèmes des relations thons-environnement dans l'Atlantique. In : Beckett, J. (ed.) - **Proceeding of the ICCAT Tuna Symposium**, Part 1, Punta Delgada, 1998, p. 275-317.

GARCIA DE LOS SALMONES, R.; INFANTE, O.; ALIO, J. J. **Reproduccion y alimentacion de los peces de pico, *Istiophorus albicans*, *Tetrapturus albidus* y *Makaira nigricans*, em la costa central de Venezuela.**). International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, 30: 436-439, 1989.

GOODYEAR, C. P.; AROCHA, F. **Size composition of blue and white marlins taken in selected fisheries in the western north Atlantic.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, n. 53, p. 249-257, 2001.

GOODYEAR, C. P.; PRINCE, E.; AROCHA, F. **Size composition of the white marlin catch.** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, n. 55, p. 603-612, 2003.

GOÑI, N.; ARRIZABALAGA, H. **Analysis of juvenile North Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*) catch per unit effort by surface gears in relation to environmental variables.** ICES Journal of Marine Science, n. 62, p. 1475-1482, 2005.

GUYOMARD, D.; DESRUISSEAU, M.; POISSON, F.; TAQUET, M.; PETIT, M. **GAM analysis of operational and environmental factors affecting swordfish (*Xiphias gladius*) catch and CPUE of the Reunion Island longline fishery, in the South Western Indian Ocean. Report IOTC-2004-WPB-08 of the fourth session of the IOTC working party on billfish.** Mauritius; 27 September-1 October 2004, 38 p. Indian Ocean Tuna Commission, Victoria, Seychelles.

HASTENRATH, S.; MERLE, J. **Annual Cycle of Subsurface Thermal Structure in the Tropical Atlantic Ocean**. Journal of Physical Oceanography, n. 17, p. 1518-1538, 1986.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. **Generalized additive models**. UK: Chapman and Hall, Londres, 1990.

HAZIN, F. H. V. Fisheries-oceanographical study on tunas, billfishes and sharks in the southwestern equatorial Atlantic ocean. **Tese de Doutorado**, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, 1993. 286 p.

HAZIN, F. H. V. (eds.) Meteorologia e Sensoriamento Remoto, Oceanografia Física, Oceanografia Química e Oceanografia Geológica. **Série Documentos REVIZEE - SCORE Nordeste**. Fortaleza: Editora Martins e Cordeiro, 248 p. 2009.

HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P. **Aspectos estratégicos para o desenvolvimento da pesca oceânica no Brasil**. Recife, 13/12/2006. 289-309. 2006.

HAZIN, H. G., HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P. **Relatório final do Programa REVIZEE**, Recife, 2004. 250 p.

HAZIN, H. G. Influência das variáveis oceanográficas na dinâmica populacional e pesca do espadarte, *Xiphias gladius* Linnaeus 1758, no Oceano Atlântico Oeste. **Tese de doutorado** em Ciências do Mar, Universidade do Algarve, Faro, 2006. 277 p.

HAZIN, H. G.; HAZIN, F.; TRAVASSOS, P.; FREDÓU, T. Standardized CPUE series of blue marlin caught by brazilian tuna longline fisheries in the southwestern Atlantic Ocean (1980 – 2008). **International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers**, Madri, n. 56(4), p. 1725-1734, 2010.

HAZIN, F. H. V.; HAZIN, H. G.; TRAVASSOS, P.; OLIVEIRA, I. M. **Standardized catch per unit of effort of white marlin, *Tetrapturus albidus*, and blue marlin, *Makaira nigricans*, caught by Brazilian tuna longline fleet**. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, n. 60(5), p. 1652-1662, 2007.

HINTON, M. G.; DERISO, R. B. Distribution and stock assessment of swordfish, *Xiphias gladius*, in the eastern Pacific Ocean from catch and effort data standardized on biological and environmental parameters. In: Barrett, I., Sosa-Nishizaki, O., Bartoo, N.s (eds.), Biology and fisheries of swordfish, *Xiphias gladius*. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) **Technical Report NMFS** (National Marine Fisheries Service), 1998, 142 p.

HORODYSKY, A.Z.; KERSTETTER, D.; LATOUR, R.J.; GRAVES, J.E. **Habitat utilization and vertical movements of white marlin (*Tetrapturus albidus*) released from commercial and recreational fishing gears in the western North Atlantic Ocean: inferences from short-duration pop-up satellites tags (PSATs)**. International

Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, Spain, SCRS/2005/034. 2005.

ICCAT Program of Enhanced Research for Billfish Proposal. Appendix 6 to Annex 12. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, nov. 1986. 233-235.

ICCAT Report of the Standing Committee on Research & Statistics (SCRS): WHITE MARLIN (*Tetrapturus albidus*) Executive Summary. Madrid: ICCAT, out. 1999. 4 p.

ICCAT Report of the fourth ICCAT billfish workshop. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, 2001, v. 53, 375 p.

ICCAT Report of the 2002 ICCAT White Marlin Stock Assessment Meeting. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Collective Volume of Scientific Papers Madrid: ICCAT, 2003. v. 55. p. 350-452.

ICCAT Informe del Comité Permanente de Investigación y Estadísticas: Aguja blanca. Madrid: ICCAT, 4-8 de out. 2004. p.78-85.

ICCAT Compendium Management Recommendations and Resolutions adopted by ICCAT for the Conservation of Atlantic tunas and tuna-like species. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, out. 2005, 197p.

ICCAT ICCAT Manual - Capítulo 2.1.7: White marlin. International Commission for the Conservation Atlantic Tunas. Aroucha e Ortiz eds. 1^a edição, Madrid, 2006. p. 129-141.

ICCAT Basic texts. Conference of Plenipotentiaries on the Conservation of Atlantic Tunas. Rio de Janeiro, May 1966. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Madrid, 2007a. 5th Revision. 117 p.

ICCAT Report of the Standing Committee on Research & Statistics (SCRS): BUM/WHM. Executive Summary. Madrid: ICCAT, 2007b. p. 75-82.

ICCAT Report of the Standing Committee on Research & Statistics (SCRS) for the Biennial Period, 2008-2009. Executive Summary. Capítulo 8.6 Blue marlin and white marlin. Madrid: ICCAT, 2009. p. 91-101.

ICCAT Report for biennial period, 2010-11 PART I (2010) - Vol. 3. Annual Reports International Commission For The Conservation Of Atlantic Tunas. Madrid, 2011, 254 p.

LAEVASTU, T.; HAYES, M. L. Fisheries Oceanography and Ecology. **Fishing News Books Ltd.** London. 200 pp. 1981.

LA MONTE, F. R. **A review and revision of the marlins, genus Makaira.** Bulletin American Museum of Natural History, n. 107, p. 323-358, 1955.

LAURS, M. R.; FIEDLER, P. C.; MONTGOMERY, D. R. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. **Deep-Sea Research**, n. 31, p. 1085-1099, 1984.

LENARZ, W. H.; NAKAMURA, E. L. Analysis of length and weight data on three species of billfish from the western Atlantic ocean. In: Shomura, R. S.; Williams F. (Eds). Proceedings of **International Billfish Symposium: Species Synopses**, 9-12 aug 1972. Kailua-Kona, Hawaii: NOAA *Technical Report* NMFS. p. 121- 125, 1974.

LIU, H. Semiparametric regression analysis of zero-inflated data. **PhD dissertation**, University of Iowa, 2009. 110p. Disponível em : <<http://ir.uiowa.edu/etd/308>>. Acesso em: 13 jul. 2011, 15:31.

LIU, H.; CHAN, K. Introducing COZIGAM: An R Package for Unconstrained and Constrained Zero-Inflated Generalized Additive Model Analysis. **Journal of Statistical Software**. 2010. Disponível em: <<http://www.jstatsoft.org/>>. Acesso em: 20 jan. 2011, 21:45.

MAHON, R.; MAHON, S. Seasonality and migration of pelagic fishes in the eastern Caribbean. **FAO Expert Consultation on Shared Fishery Resources in the Lesser Antilles**. Mayaguez, Porto Rico, 273 p, 1986.

MATEAR, R. J.; HIRST, A. C.; MCNEIL, B. I. **Changes in dissolved oxygen in the Southern Ocean with climate change**. Geochemistry, Geophysics, Geosystems. American Geophysical Union. 1: Issue 11. November 2000. DOI: 10.1029/2000GC000086. 2000.

MATHER, F. J. III; CLARK, H. L.; MASON, J. M. Jr. Synopsis of the Biology of the white marlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1861. In: SHOMURA, R. S. e WILLIAMS F. (eds.). Proceedings of **International Billfish Symposium: Species Synopses**, 9-12 aug. 1972. Kailua-Kona, Hawaii: NOAA Technical Report NMFS. p. 55-94, 1975.

MAUL, G. A.; WILLIAMS, F.; ROFFER, M.; SOUSA, F. **Variability in Gulf of Mexico longline bluefin tuna catches, 1979–1980, in relation to environmental conditions studied using ships and satellites**. *Oceanology*, n. 7, p. 469–479. 1984.

MAYER, D. A., MOLINARI, R. L.; FESTA, F. G. **The mean and annual cycle of upper layer temperature fields in relation to Sverdrup dynamics within the gyres of the Atlantic Ocean**. *Journal Geophysical Research*, 103: 545–566. 1998.

MCCULLAGH, P. ; NELDER J. A. Generalized linear models. 2nd ed. - **Monographs on statistics and applied probability**. London: Chapman and Hall, 1989, 532 p.

MERLE, J. Atlas hydrologique saisonnier de l’océan Atlantique intertropical. **Travaux et Documents de l’ORSTOM**. Paris, n. 82, 184 p. 1978.

NAKAMURA, I. FAO species catalogue: Billfishes of the World. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. n.125. v.5. **FAO Fishery Synopsys**. Roma, 65 p. 1985.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNR, M. H. **Applied linear regression models**. Irwin, E.U.A., 1989, 667 p.

NICHOLSON, S. E. **An analysis of the ENSO signal in the tropical Atlantic and western Indian oceans**. International Journal of Climatology, n. 17, p. 345–375. 1997.

OLIVEIRA, I. M. R. P. Pesca, distribuição, abundância relativa e biologia reprodutiva do agulhão branco *Tetrapturus albidus* Poey 1860 capturado pela frota espinheleira brasileira. **Dissertação de Mestrado** em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2006. 130 p.

OLIVEIRA, I. M.; HAZIN, F. H. V.; TRAVASSOS, P.; PINHEIRO, P. B.; HAZIN, H. G. **Preliminary results on the reproductive biology of the White marlin, *Tetrapturus albidus* Poey 1860, in the western equatorial Atlantic Ocean**. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers. Madri, n. 60, p. 1738-1745, 2007.

OLIVEIRA, I. M.; HAZIN, H. G.; HAZIN, F. H.; TRAVASSOS, P. E. P. (no prelo) **Distribuição e abundância do agulhão branco *Tetrapturus albidus* capturado no oceano Atlântico sudoeste**. REPESCA, ID 464.

OVCHINNIKOV, V. V. **Swordfishes and Billfishes in the Atlantic Ocean**. MILLS, H. (Trad). Program for Science Translation. Jerusalém, 1971, 77 p.

PRINCE, E.D.; C.P. GOODYEAR. **Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fish**. Fish. Oceanogr., doi:101111/j.1365-2419.2006.oehold999.x. 2006.

PICKARD, G. L.; EMERY, W. J. Descriptive Physical Oceanography - an Introduction. **Pergamon Press**. Oxford. 320 pp. 1990.

PRINCE, E. D.; COWEN, R. K.; ORBESEN, E. S.; LUTHY, S. A.; LLOPIZ, J. K.; RICHARDSON, D. E.; SERAFY, J. E. **Movements and spawning of white marlin (*Tetrapturus albidus*) and blue marlin (*Makaira nigricans*) off Punta Cana, Dominican Republic**. U.S. Fishery Bulletin n. 103, p. 659-669. 2005.

PRINCE, E. D.; GOODYEAR, C. P. **Hypoxia-based habitat compression of tropical pelagic fish**. Fisheries Oceanography, doi:101111/j.1365-2419.2006.oehold999.x. 2006.

PRINCE, E. D.; LUO, J.; GOODYEAR, C. P.; HOOLIHAN, J. P.; SNODGRASS, D.; ORBESEN, E. S.; Serafy, J. E.; Ortiz, M.; Schirripa, M. J. **Ocean scale hypoxia-based habitat compression of Atlantic istiophorid billfishes**. Fisheries Oceanography. 19:6, 448–462. 2010.

PINHEIRO, P.B. 2010 Biologia dos agulhões negro (*Makaira nigricans* Lacepède, 1802) e branco (*Tetrapturus albidus*, Poey 1860) capturados no oceano Sul e equatorial. **Tese de doutorado** em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010. 145 p.

PODESTÁ, G. P.; BROWDER, J. A.; HOEY, J. J. **Exploring the association between swordfish catch rates and thermal fronts on U.S. longline grounds in the western North Atlantic.** Continental Shelf Research, n. 13, p. 253-277, 1993.

ROBINS, C. R. Summer concentration of the white marlin, *Tetrapturus albidus*, west of the strait of Gibraltar. In: SHOMURA, R. S. e WILLIAMS, F. (eds.) **Proceedings of the International Billfish Symposium.** Part 2. Review and Contributed Papers. sect 3. 9-12 agu. 1972. Kailua-kona, Hawaii: **NOAA Technical Report NMFS SSRF-675.** p. 164-174, 1974.

SCHMIDT-NIELSEN, K. Fisiologia Animal. **Ediciones Omega S.A.** Barcelona, 499p. 1976.

SOUZA, R. C.; LESSA, R. P. T.; HAZIN, F. H. V. **First observations on reproductive biology of billfishes (*Tetrapturus albidus*, *Istiophorus albicans* and *Tetrapturus pfluegeri*) in southwestern equatorial Atlantic (Brazil).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madrid, 1994, v. 42(2), p. 329-334.

SHARP, G. D. Behavioral and physiological properties of tunas and their effects on vulnerability to fishing gear. In: Sharp, G.D., Dizon, A.E.s (eds.), **The physiological ecology of tunas.** Academic Press, New York, 1978, p. 397-449.

SNODGRASS, D.; ORBENSEN, E. S.; HOOLIHAN, J. P.; PRINCE, E. **The U.S. Conventional tagging database updates for Atlantic white marlin (1954-2008).** International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers, Madri, n. 66(4), p. 1760-1766, 2011.

STRAMMA, L.; PRINCE, E. D.; SCHMIDTKO, S.; LUO, J.; HOOLIHAN, J. P.; VISBECK, M.; WALLACE, D. W. R.; BRANDT, P.; KÖRTZINGER, A. **Expansion of oxygen minimum zones may reduce available habitat for tropical pelagic fishes.** Natural Climate Change, 2: 33-37. 2011.

SUND, P. N.; BLACKBURN, M.; WILLIAMS, F. **Tunas and their environment in the Pacific Ocean: a review.** Oceanography Marine Biology – An Annual Review, n. 19, p. 443-512, 1981.

TRAVASSOS, P. *l'E' tude des relations thons-environnements dans l'océ'an Atlantique intertropical ouest: cas de l'albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788), du germon (*Thunnus alalunga*, Bonnaterre 1788) et du thon obe'se (*Thunnus obesus*, Lowe 1839).* **Tese de Doutorado,** Universidade de Paris. 240 p. 1999.

UEYNAGI, S.; KIKAWA, S.; UTO, M.; NISHIKAWA, Y. **Distribution, spawning, and relative abundance of billfishes in the Atlantic Ocean.** Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory, n. 3, p. 15-55, 1970.

VALENTIN, J. L. (eds.) Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA ao Cabo de São Tomé, RJ). **Série Documentos REVIZEE-SCORE Central,** v. 2. Brasília: MMA, 2007. 168 p.

VASKE, Jr., T.; VOOREN, C. M.; LESSA, R. P. **Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil.** Environmental Biology of Fishes, v. 70, p. 293-304, 2004.

WOOD, S. N. **Generalized Additive Models, An Introduction with R.** Chapman and Hall, London. 2006.

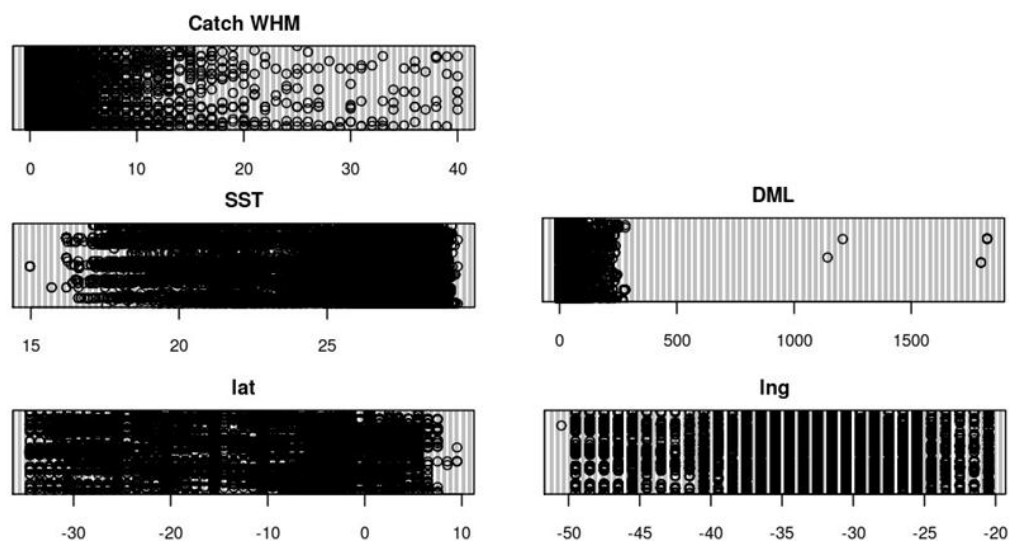
WOOD, S. N. **Fast stable direct fitting and smoothness selection for generalized additive models.** Royal Statistical Society. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology). V.70, Issue 3: 495–518. DOI: 10.1111/j.14679868.2007.00646.x. 2008.

WORM, B.; TITTENSOR, D. P. **Range contraction in large pelagic predators.** PNAS. 108, n.29: 11942-11947. 2011.

ZAGAGLIA, C. R. Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas à pesca de atuns no Atlântico Oeste Equatorial. **Tese de Mestrado.** INPE, São José dos Campos, São Paulo, 2003. 183 p.

ZUUR A.K.; IENO E.N.; SMITH G.M. **Analysing Ecological Data.** New York: Springer, 2007. 672p.

Anexos



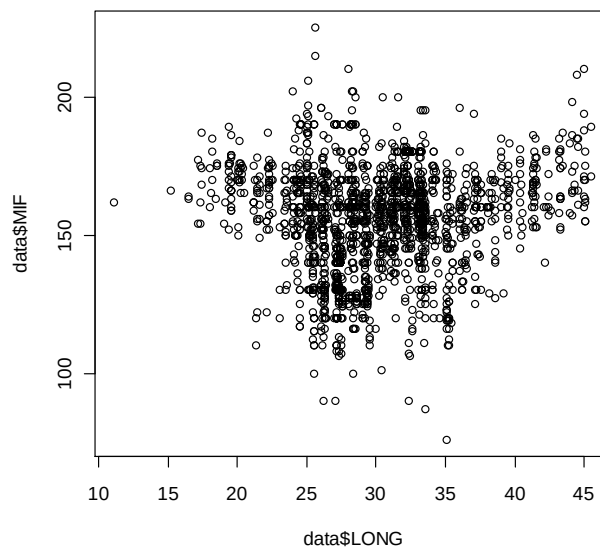
Distribuição dos valores das variáveis utilizadas para analisar a influência das mesmas sobre a distribuição e a abundância do agulhão branco capturado pela frota espinheleira brasileira, entre 1980 e 2008.

Correlação das variáveis utilizadas para analisar a influência das mesmas sobre a distribuição e a abundância do agulhão branco capturado pela frota espinheleira brasileira, entre 1980 e 2008.

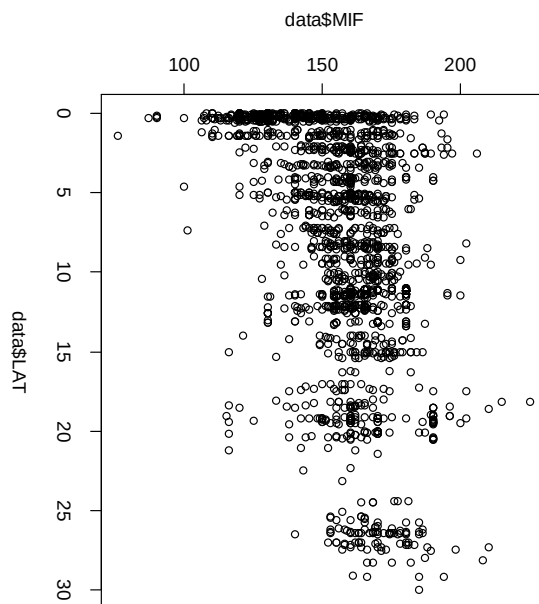
	LAT	LNG	WHM	EFF	SST	DML
LAT	1	0.38	0.03	0.05	0.83	0.19
LONG	0.38	1	0.06	0.09	0.44	0.04
WHM	0.03	0.06	1	0.34	0.02	0.01
EFF	0.05	0.09	0.34	1	0.02	-0.04
SST	0.83	0.44	0.02	0.02	1	0.18
DML	0.19	0.04	0.01	-0.04	0.18	1

Variância inflacionada dos fatores utilizados na análise de influência das mesmas sobre a distribuição e a abundância do agulhão branco capturado pela frota espinheleira brasileira, entre 1980 e 2008.

	GVIF
LAT	3.379213
LONG	2.049321
WHM	1.137863
EFF	1.147182
SST	3.611435
DML	1.045632



Distribuição do comprimento mandíbula inferior-furca (MIF cm) do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, por longitude, capturado no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste pela frota espinheleira arrendada no Nordeste do Brasil, entre 2005 e 2010.



Distribuição do comprimento mandíbula inferior-furca (MIF cm) do agulhão branco *Tetrapturus albidus*, por latitude, capturado no oceano Atlântico tropical e subtropical oeste pela frota espinheleira arrendada no Nordeste do Brasil, entre 2005 e 2010.