

CARLOS HUDSON DE OLIVEIRA BATISTA

**PESCA E ECOLOGIA DA ALBACORA BANDOLIM (*Thunnus obesus*) NO OCEANO
ATLÂNTICO TROPICAL**

RECIFE

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

**PESCA E ECOLOGIA DA ALBACORA BANDOLIM (*Thunnus obesus*) NO OCEANO
ATLÂNTICO TROPICAL**

Carlos Hudson de Oliveira Batista

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Paulo Travassos
Orientador

Recife
02/2016

Ficha catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

Batista, Carlos Hudson de Oliveira

Pesca e ecologia da albacora bandolim (*Thunnus obesus*) no Oceano Atlântico Tropical / Carlos Hudson de Oliveira Batista. – Recife, 2016.

130 f.: il.

Orientador: Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos

Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, 2016.

1. Descrição da pesca 2. Camada de temperatura ótima
3. Pesca de Atuns e afins I. Travassos, Paulo Eurico
Pires Ferreira, orientador II. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

**PESCA E ECOLOGIA DA ALBACORA BANDOLIM (*Thunnus obesus*) NO OCEANO
ATLÂNTICO TROPICAL**

Carlos Hudson de Oliveira Batista

Tese julgada adequada para obtenção do título de doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 26/02/2016 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr Paulo Travassos

(Orientador)

[Departamento de pesca e aquicultura]
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira

[Departamento de Pesca e Aquicultura]
[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. Patrícia Barros Pinheiro

[Departamento Pesca]
[Universidade do Estado da Bahia]

Prof. Dr. Humberto Gomes Hazin

[Departamento de Ciências Animais]
[Universidade Federal Rural do Semi-Árido]

Prof. Guelson Batista Silva

[Departamento de Ciências Animais]
[Universidade Federal Rural do Semi-Árido]

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são”

Aristóteles.

Dedicatória

Dedicamos este trabalho a Antônia Francisca de Paula,
vó Tonha (*in memoriam*).

Agradecimentos

A Deus em primeiro lugar, a minha família, Antônio Carlos Batista (pai), Clarice Lopes de Oliveira Batista (mãe) e Caroline de Oliveira Batista (irmã) pelo apoio, dedicação e amor todos esses anos.

A minha segunda família aqui em Recife, Caio Ribas, Natan Pereira e Yuri Marins, pelo companheirismo, pelos grandes momentos e por fazerem parte da minha vida nesse momento único.

A Michelle Mota, pelo apoio incondicional, companheirismo, pelas revisões da tese e por todo carinho.

Aos grandes amigos/irmãos que fiz aqui em Recife, Natalia Bezerra, Fernanda Albuquerque, Cezar Augusto, Mariana Travassos, Dráusio Vêras, Luísa Queiroz, Gabriela Camargo, Humberto Hazin, Zeca Pacheco, Rafael Muniz, Bruno Cezar, Yuri Niela, André Afonso, Bruno Macena, Rodrigo Barreto, Jones Santander, Tatiane Sávia, André Guimarães, Marcos Melo, Raul Garcia, Andréa Santos, Patrícia Pinheiro, Ester Simoni, Milena Calado, Pollyana Roque, Isa Mariele e a todos outros amigos dos Laboratórios LOP, LEP e LEMAR, pelos bons momentos, risadas e companheirismo.

Ao grande mestre, amigo Dr. Paulo Oliveira, por ter aberto a primeira porta, pela amizade, incentivo, ensinamentos e pela grande oportunidade de estudar em Recife.

Ao meu orientador, Paulo Travassos pelos ensinamentos, apoio, incentivo, confiança, puxões de orelha, amizade e por acreditar no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Humber Andrade pelo imprescindível apoio durante a realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/REUNI), pela concessão da bolsa.

A todos que colaboraram diretamente ou indiretamente neste trabalho.

Resumo

A Albacora bandolim (BET) é uma das mais importantes espécies-alvo da pesca oceânica industrial direcionada aos atuns no Oceano Atlântico. Assim, a evolução da sua pescaria no Oceano Atlântico no período de 1956 a 2012 foi examinada, como também, a influência das variáveis oceanográficas na pesca e a frequência de comprimento dos espécimes capturados. A captura com o espinhel foi responsável por 64% do total capturado para o período. As frotas asiáticas são as principais atuantes no Atlântico, correspondendo a 74% das capturas da albacora bandolim, sendo a principal frota a Japonesa cerca de 1,1 milhões de toneladas (47%), seguida por China-Taipei com 19% e Coreia com 8%. O Brasil ocupa a 7ª posição em relação à produção (captura) da BET, com aproximadamente 49 mil t (2,2%). As capturas em relação aos fatores ambientais mostraram que o melhor cenário ocorre em zonas que apresentam TSM entre 24 e 26°C, menor espessura da camada de temperatura ótima (~50m) e quando o topo desta camada encontra-se em profundidades entre 100 e 250 m. Outras características térmicas consideradas importantes para definir as principais zonas de pesca da BET oceano Atlântico Tropical refere-se à estrutura da termoclina, ocorrendo capturas mais elevadas quando e onde a profundidade do topo situa-se entre 20 m e 55 m, a temperatura do topo varia de 24 a 25°C e a temperatura da base, de 17 a 19°C. A BET capturada apresentou Comprimento furcal (CF) entre 40 e 222 cm, sendo a moda nas classes de comprimento entre 120 e 160 cm, com média de CF de 138,1 cm \pm 28,9 cm de desvio padrão. A proporção de peixes juvenis (< 110 cm) estimada em cerca de 0,18 do total capturado. Entretanto, a proporção de juvenis capturados por trimestre apresentou valores maiores que a média geral de 0,18. O 3º e o 4º trimestres apresentaram os maiores valores, 0,20 e 0,24 respectivamente. Os maiores espécimes estão associados às faixas de temperatura entre 23 e 27° C, a temperatura na base da termoclina acima de 18,5° C e a profundidades de topo da termoclina entre 20 e 45 m. Os espécimes imaturos de BET estão associados a elevadas temperaturas de superfície do mar entre 26 e 29° C, a temperatura na base da termoclina entre 16 e 17,5°C. A temperatura no topo da termoclina apresentou um efeito negativo para os espécimes imaturos em temperaturas abaixo de 22° C.

Palavras-chave: Descrição da pesca, Camada de temperatura ótima, Termoclina, Pesca de Atuns e afins e Distribuição de Comprimento.

Abstract

Bigeye is currently considered the most valuable target species of tuna longline fisheries in the Atlantic Ocean. Thus, the history of bigeye tuna longline fisheries in the Atlantic Ocean between the years of 1956-2012 was reviewed, and the relationships between bigeye tuna fishing core and environmental conditions and size composition were analyzed. Longline catch represents 64% of total catch in the period of 1956-2012. The Asian fleets are the main operating in the Atlantic Ocean, corresponding to 74% of the bigeye tuna catches. The main fleet operating is the Japanese with 1.1 million tons (47%), followed by China- Taipei and Korea with 19% and 8%, respectively. The Brazil occupies the 7th position regarding production (catch) of bigeye tuna, with approximately 49.000 t (2.2%). The relationship between capture and oceanographic conditions displayed better scenery in zones with SST between 24 - 26°C, lower thickness of optimal temperature layer (~50 m) and when this top layer is located in the depths between 100 and 250 m. Others important characteristics defining the fishing grounds are: the top of thermocline depth occurring between 20 and 55 m, temperature of the top of thermocline depth between 24 and 25°C and temperature of the base of thermocline between 17°C and 19°C. The bigeye tuna size (fork length) ranged from 40 to 222 cm with a mode value in the sizes class between 120 and 160 cm and mean size of 138.1 cm \pm SD 28.9 cm. Proportions of immature bigeye tuna (< 110 cm) in the catches was approximately 0.18 for all data. However, proportions of immature for quarters showed greater value than 0.18, with the 3rd and 4th quarters presenting the bigger values, 0.20 and 0.24, respectively. Larger lengths were associated with SST between 23 and 27°C, temperature of the base of thermocline better than 18.5°C and top of the thermocline depth occurring between 20 and 45 m. The immature bigeye tuna are associated and occurred in the regions with high SST's between 26 and 29°C, temperature of the base of thermocline between 16 and 17.5°C and temperature of the top of thermocline depth greater than 22°C.

Key words: History of fisheries, Optimal temperature layer, Thermocline, Tuna longline fisheries and Size distribution.

Lista de figuras

Página

Figura 1- Desenho um espécime adulto de albacora bandolim. Fonte: ICCAT Manual 2010	21
Figura 2- Mapa mostrando o “hot spot” de captura e distribuição da Albacora bandolim nos três oceanos período de 1997 a 2001. Fonte: Fonteneau et al. 2005	21
Figura 3- Mapa mostrado os padrões hipotéticos de migração da albacora bandolim no oceano Atlântico, Fonte: Fonteneau et al. 2005.....	23

Artigo 1

Figura 1- Produção total da Albacora bandolim no Oceano Atlântico + mediterrâneo no período de 1956 -2012. (a) por arte de pesca. PS – rede de cerco, BB – vara e isca viva e LL – espinhel e (b) por país e ano	37
Figura 2- Produção total da Albacora bandolim por arte de pesca no Oceano Atlântico e Mediterrâneo no período de 1956 -2012	38
Figura 3- Esforço (número de anzóis) por país.	39
Figura 4- (a) Esforço anual da frota japonesa representada pela linha pontilhada, produção total e produção da albacora bandolim. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheleira japonesa: 1956-1967, 1968-1987, 1988-2000 e 2001-2012.....	40
Figura 5- Distribuição espacial da média do esforço de pesca da frota Japonesa agrupado em quadrados de 5x5° (a) e captura média nominal da albacora bandolim (b) por trimestre no Oceano Atlântico sul no período de 1956 a 2012.....	41
Figura 6- (a) Esforço anual da frota de China-Taipei representada pela linha pontilhada, produção total e produção da albacora bandolim. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheleira de China-Taipei no Oceano Atlântico no período de 1966 a 2012	43
Figura 7- Distribuição espacial da média do esforço de pesca agrupado em quadrados de 5x5° (a) e captura média nominal da albacora bandolim (b) da frota de China-Taipei por trimestre no Oceano Atlântico Sul no período de 1966 a 2012.....	44
Figura 8- (a) Esforço anual da frota Coreana representada pela linha pontilhada, produção total e produção da albacora bandolim. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheleira da Coreia no Oceano Atlântico no período de 1966-2012.....	45

Figura 9- Distribuição espacial da média do esforço de pesca agrupado em quadrados de 5x5° (a) e captura média nominal da albacora bandolim (b) da frota coreana por trimestre Oceano Atlântico Sul no período de 1966 a 2012	46
Figura 10- (a) Esforço anual da frota brasileira (barcos nacionais e estrangeiros arrendados) representada pela linha pontilhada e produção das principais espécies de atuns e afins capturadas. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheira do Brasil no período de 1978 a 2012	47
Figura 11- (a) Esforço anual da frota nacional representada pela linha pontilhada e produção das principais espécies de atuns e afins capturadas. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheira do Brasil:1979-1995, 1996-2002 e 2003-2011	49
Figura 12- Distribuição espacial da média do esforço de pesca agrupado em quadrados de 1x1° (a) e captura média nominal da albacora bandolim (b) da frota nacional por trimestre no Oceano Atlântico Sul.....	50
Figura 13- Distribuição espacial da média do esforço de pesca agrupado em quadrados de 1x1° e captura média nominal da albacora bandolim da frota brasileira arrendada por trimestre no Oceano Atlântico sul. a) Japão, b) Espanha, c) China Taipei e d) Panamá.....	53
Figura 14- Principais áreas de capturas da albacora bandolim (<i>Thunnus obesus</i>) no Oceano Atlântico Sul	54

Artigo 2

Figura 1- Distribuição espacial da captura da albacora bandolim em número de peixes capturados (a), esforço de pesca em números de anzóis (b) e CPUE nominal em no. de peixes/1000 anzóis (c) no oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012, para as frotas de Japão e China-Taipe juntas	72
Figura 2- a) Análise de correlação entre CPUE nominal (número de peixes por 1000 anzóis) e o esforço de pesca (número de anzóis) e b) análise de correlação entre a captura (número de peixes) e o esforço de pesca no oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012. a) teste dentro da principal área de pesca e b) região adjacente à área de pesca	73
Figura 3- Distribuição espacial das capturas da albacora bandolim no Oceano Atlântico Tropical ao longo dos meses, calculada com os dados de 1987 a 2012 agregados.....	76
Figura 4- Efeito da interação lon-lat nas capturas da albacora bandolim no oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012	78

Figura 5- Efeito da interação entre a espessura da camada de temperatura ótima e a profundidade da isoterma de 15°C no oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012	79
Figura 6- a) efeito da profundidade do topo termoclina sobre a captura da albacora bandolim e b) distribuição espacial da profundidade do topo da termoclina no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.....	80
Figura 7- a) efeito da temperatura do topo da termoclina sobre a captura da albacora bandolim e b) distribuição espacial da temperatura do topo da termoclina no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.....	81
Figura 8- a) efeito da temperatura na base da termoclina sobre a captura da albacora bandolim e b) distribuição espacial da temperatura da base da termoclina no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.....	82
Figura 9- Temperatura na zona de atuação da catenária do espinhel profundo para a captura da albacora bandolim no Oceano Atlântico Tropical no período de 19987 a 2012. a) temperatura da profundidade de 150 m e b) temperatura da profundidade de 250 m.....	83
Figura 10- a) Efeito da temperatura da superfície do mar sobre a captura da albacora bandolim e b) distribuição espacial da TSM no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012	83
Figura 11- Efeito do coeficiente de variação entre a temperatura da superfície do mar e a isoterma de 15°C no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.....	84

Artigo 3

Figura 1- Distribuição de frequência de comprimento (CF) da albacora bandolim capturada no Oceano Atlântico Tropical no período de 2002 a 2012. A linha pontilhada em vermelho representa o comprimento de primeira maturação (L_{50}) de 110 cm.....	109
Figura 2- Média do comprimento furcal da albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. a) distribuição anual e b) distribuição trimestral do CF. Linha pontilhada em vermelho representa a média geral do comprimento furcal para todo período de 2002 a 2012	110
Figura 3- Distribuição espacial por trimestres da média de comprimento da albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical entre os anos de 2002 e 2012.....	111
Figura 4- Proporção de peixes jovens de albacora bandolim capturados no oceano Atlântico tropical entre os anos de 2002 e 2012. Linha vermelha tracejada representa a proporção média de imaturos para todo o período analisado	112

Figura 5- Proporção de jovens de albacora bandolim capturada por trimestres no oceano Atlântico tropical nos anos de 2002 a 2012. Linha vermelha tracejada representa a proporção média de imaturos para todo o período analisado	112
Figura 6- Distribuição espacial da proporção de adultos e jovens da albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical no período de 2002 e 2012	113
Figura 7- Efeitos dos trimestres na distribuição de comprimento da albacora bandolim no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. As linhas contínuas representam o valor do efeito e as linhas pontilhadas o erro padrão gerado pelo modelo.....	114
Figura 8- Efeitos das variáveis ambientais sobre a distribuição de comprimento da albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. a) Temperatura da superfície do mar; b) Temperatura na base da termoclina; c) Termoclina e d) Temperatura no topo da termoclina. Área sombreada em cinza representa o erro padrão gerado pelo modelo	115
Figura 9- Efeito da interação entre a latitude e longitude sobre a distribuição de comprimento da albacora bandolim capturada no Oceano Atlântico Tropical no período de 2002 a 2012. As isolinhas em vermelho representam o “ <i>predict</i> ” do modelo para a distribuição espacial dos comprimentos da albacora bandolim.....	116
Figura 10- Efeitos dos trimestres na distribuição de comprimento dos espécimes jovens de albacora bandolim no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. . As linhas contínuas representam o valor do efeito e as linhas pontilhadas o erro padrão gerado pelo modelo	117
Figura 11- Efeitos das variáveis ambientais sobre a distribuição dos espécimes jovens de albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. a) Temperatura da superfície do mar; b) Temperatura na base da termoclina e c) Temperatura no topo da termoclina. Área sombreada em cinza representa o erro padrão gerado pelo modelo	118
Figura 12- Efeito da interação entre a latitude e longitude sobre a distribuição de comprimento dos imaturos de albacora bandolim capturada por trimestre no Oceano Atlântico Tropical no período de 2002 a 2012. As isolinhas em vermelho representam o “ <i>predict</i> ” do modelo para a distribuição espacial dos comprimentos dos espécimes imaturos da albacora bandolim. As áreas em branco nos mapas de distribuição por trimestre representam as posições que não ocorrem os peixes jovens.....	119

Lista de tabelas

	Página
Tabela 1- Análise de variância do modelo aditivo generalizado para a captura da albacora bandolim no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012. Em que: CTO é a camada de temperatura ótima, Edf é o grau de liberdade efetivo dos termos suavizados, Chi.sq valor do teste de qui-quadrado e p o valor do p do teste	77

Sumário

Página

Dedicatória	
Agradecimento	
Resumo	
Abstract	
Lista de figuras	
Lista de tabelas	
1- Introdução	16
2- Revisão de literatura.....	29
3- Referência bibliográfica	24
Capítulo 1 – Evolução do esforço de pesca e da captura da albacora bandolim	31
4.1- Introdução	32
4.2- Material e Métodos	34
4.3- Resultados	36
4.4- Discussão	55
4.5- Referências.....	61
Capítulo 2 – Efeito das condições oceanográficas sobre a pesca.....	66
5.1- Introdução	67
5.2- Material e Métodos	69
5.3- Resultados	75
5.4- Discussão	84
5.5- Referências.....	90
Capítulo 3 – Distribuição de comprimento da albacora bandolim	101
6.1- Introdução	102
6.2- Material e Métodos	104
6.3- Resultados	108
6.4- Discussão	119
6.5- Referências.....	124
7- Considerações finais.....	129

1- Introdução

A albacora bandolim (BET) é uma espécie de águas tropicais e temperadas, ocorrendo no Oceano Atlântico entre as latitudes de 50°N e 45°S (FONTENEAU et al., 2005, SCHAEFER et al., 2015), onde realiza migrações transoceânicas (PEREIRA, 1995) e apresenta comportamento típico de formação de cardumes (MÉNARD et al., 2000). A espécie possui uma grande tolerância a baixos níveis de oxigênio dissolvido (LOWE et al., 2000) e um comportamento nictimeral marcante, ocupando camadas mais profundas durante o dia, encontrando-se em águas frias entre 15°C e 10°C, abaixo da termoclina, e mais próximas à superfície durante a noite (HANAMOTO, 1987, MUSYL et al., 2003, ARRIZABALAGA et al., 2008, LAN et al., 2013).

Atualmente considera-se a existência de um único estoque no Oceano Atlântico, apesar das incertezas decorrentes de limitado conhecimento sobre a biologia da espécie, principalmente no que se refere aos processos migratórios e repartições espaço-temporais nos dois hemisférios (ANON, 2005).

A BET é uma das espécies-alvo mais importantes da pesca oceânica industrial direcionada aos atuns no oceano Atlântico (FONTENEAU et al., 2005, LIU, 2011). Diversas frotas direcionam suas atividades para a espécie utilizando diversas artes de pesca, dentre as quais as destacam-se a rede de cerco (22,868 t), a vara e isca viva (7,730 t) e o espinhel (31,727 t), sendo esta última a mais importante e usada pelas frotas asiáticas do Japão e China-Taipei, assim como a frota do Brasil (ICCAT, 2015). Dessa forma, o total de desembarque da albacora bandolim no Oceano Atlântico de 31,727 t, capturada pelo espinhel, excede os valores observados para as outras espécies-alvo da pesca oceânica de atuns e afins, albacoras laje com 16,350 t e branca com 20,150 t (SONG e ZHOU, 2010, ICCAT, 2015).

Devido a distinta utilização do ambiente pelágico vertical pela BET, as capturas são fortemente influenciadas pela profundidade de operação do espinhel, (HANAMOTO, 1987, BIGELOW et al., 1999, BRILL e LUTCAVAGE, 2001) e período das operações de pesca (BEVERLY et al., 2003).

Embora a pesca comercial voltada para a captura de atuns tenha se iniciado em 1956 no Oceano Atlântico ocidental, a BET só apresentou um aumento importante nas suas capturas a partir da década de 1980. Em meados da década de 1960 o esforço apresentou um rápido crescimento expandindo a área de pesca para todo oceano Atlântico tropical. Em 1970 o espinhel profundo foi desenvolvido pelos japoneses nos Oceanos Pacífico e Índico no decorrer da década de 1970 (SAKAGAWA et al., 1987). Este tipo de espinhel foi desenvolvido para atuar em zonas abaixo da termoclina, após constatação da ocorrência de grandes concentrações da espécie em águas mais profundas e frias (UOZUMI, 1996). Dessa forma, no Atlântico tropical houve um aumento considerável das capturas anuais da espécie a partir da década de 1980, após a introdução do espinhel profundo com 8 a 20 anzóis/samburá (WARD et al., 1996, UOZUMI, 1996, YOKAWA e UOZUMI, 2001). A captura, que era em média de 33.479 t na década de 1970, quando se usava exclusivamente o espinhel tradicional (5 a 6 anzóis/samburá), alcançou cerca de 44.500 t na década de 1980, atingindo um máximo de 133.000 t em 1994 com a difusão deste tipo de espinhel (UOZUMI, 1996, YOKAWA e UOZUMI, 2001, ICCAT 2015).

Os estudos sobre a espécie não acompanharam na mesma velocidade o crescimento das suas capturas, embora pesquisas venham sendo realizadas nos três oceanos objetivando preencher as lacunas do conhecimento em relação à biologia da espécie, a exemplo da sua reprodução (FIGUEIREDO, 2007, ZHU et al., 2011), idade e crescimento (SUN et al., 2001, DUARTE-NETO et al., 2012), estrutura do estoque

(FONTENEAU et al., 2005, ANDRADE, 2015) e a ocupação do habitat pelágico dos oceanos tropicais. Nesta linha de estudo, tem-se avaliado principalmente os efeitos das variáveis oceanográficas na distribuição espacial (horizontal e vertical) (DAGORN et al., 1997, HAMPTON et al., 1998, SIBERT et al., 2003, GONZALEZ et al., 2008) e temporal da albacora bandolim (MOHRI e NISHIDA, 1999, MUSYL et al., 2003, FENG e XU, 2004, ARRIZABALAGA et al., 2008, SCHAEFER et al., 2010, LAN et al., 2014).

Variáveis oceanográficas, como a temperatura da superfície do mar (TSM), as concentrações de oxigênio dissolvido e clorofila, a estrutura térmica vertical, incluindo a termoclina, entre outros fatores, influenciam diretamente a distribuição e abundância de diversas espécies marinhas (TIAN et al., 2009, LAN et al., 2013), incluindo os atuns e espécies afins (BRILL, 1994, BIGELOW et al., 1999, HYDER et al., 2009, YANG et al., 2015). Para a BET, a TSM e a estrutura térmica vertical, incluindo as características da termoclina, desempenham um papel importante na definição de zonas de elevada concentração e, em consequência, de elevada produtividade pesqueira (LEE et al., 2005, YANG et al., 2012, YANG et al., 2015).

Neste contexto, o presente trabalho objetiva (i) avaliar a dinâmica das principais frotas espinheiras que operam no Oceano Atlântico tropical e sul tendo a albacora bandolim como espécie alvo, identificando a distribuição espaço-temporal do esforço e das capturas, assim como também as zonas de maior produtividade pesqueira da espécie; (ii) avaliar se estas zonas de maior produtividade pesqueira da albacora bandolim estão associadas às variáveis oceanográficas locais, principalmente no que se refere à estrutura térmica horizontal e vertical da temperatura da água; e (iii) avaliar as distribuições espaço-temporais dos tamanhos de captura, identificando possíveis efeitos

das variáveis oceanográficas sobre estas distriuições, assim como áreas de concentrações distintas de jovens e adultos.

Desta forma, a tese apresenta tres artigos científicos que se debruçaram sobre a evolução espaço-temporal do esforço de pesca e das capturas da albacora bandolim, levantando informações sobre a dinâmica das frotas espinheleiras, identificando as variações da estratégia de pesca, distribuição espacial-temporal do esforço e das capturas e a participação relativa da albacora bandolim na produção total (Capítulo 1), sobre a relação da estrutura térmica (horizontal e vertical) do ambiente pelágico e as zonas de pesca bem definidas na região tropical desta bacia oceânica (Caítulo 2), e por fim, sobre a distribuição das frequências de comprimento e participação dos jovens na pesca da albacora bandolim (Capítulo 3).

2- Revisão de literatura

Pesca

A pesca em grande escala de atuns e afins no oceano Atlântico teve início em Recife, em 1956, quando embarcações japonesas começaram a operar com espinhel pelágico de superfície tendo como espécie alvo a albacora laje (*Thunnus albacares*) (TRAVASSOS, 1999). O primeiro cruzeiro realizado em julho/1956 apresentou excelentes resultados, com índices de abundância de 25 peixes/100 anzóis, gerando uma produção de 310 t de atuns e afins desembarcada pelo Kaiko Maru nº 13 (Lee, 1957). Neste momento, as capturas mais importantes foram das albacoras laje e branca (*Thunnus alalunga*), com 612 e 23 toneladas (ICCAT, 2014). A albacora bandolim, em decorrência da zona de pesca e do uso do espinhel tradicional, apresentou capturas relativamente baixas, de cerca de 10 t neste início de pescaria (ICCAT, 2014).

Embora as capturas da BET tenham aumentado em decorrência basicamente da expansão da pescaria, foi apenas a partir de 1980, quando os japoneses introduziram no Atlântico um novo tipo de espinhel, o profundo, atingindo até 300 m de profundidade, que se observou um aumento substancial das suas capturas (TRAVASSOS, 1999). Este aparelho de pesca foi desenvolvido com o objetivo de potencializar as capturas da albacora bandolim, devido à elevada procura desta espécie no mercado japonês (JOUNG e HSU, 2005), muito apreciada em consequência de seu elevado teor de gordura (TRAVASSOS, 1999).

Desta forma, a captura da albacora bandolim alcançou o seu nível máximo histórico em 1994, quando 133.000 t da espécie foram capturadas, das quais 78.934 t foram provenientes da pesca com espinhel. A partir daí, as capturas da espécie começaram a declinar, apresentando atualmente uma produção de 64.000 t para o ano de 2013, tendo o Brasil participado com 820 t, representando 1,2% do total capturado para o oceano Atlântico neste ano (ICCAT, 2015).

Bioecologia da espécie

O *Thunnus obesus* (albacora bandolim) (Figura 1) é uma espécie epi e mesopelagica, geralmente encontrada em mar aberto e distribui-se em todo Oceano Atlântico entre 50°N e 45°S (Figura 2), com exceção do mar mediterrâneo (FONTENEAU et al., 2005, FROESE E PAULY, 2012). Este atum comumente desova em águas tropicais ao longo de todo ano no golfo da Guiné principalmente entre dezembro e abril, em zonas oceânicas ao largo das ilhas canárias entre junho e agosto (FONTENEAU et al., 2005, LAM et al., 2014) e na costa do Brasil entre os meses de janeiro a julho (FIGUEIREDO, 2007, LAM et al., 2014), sendo o golfo da Guiné o seu maior berçário (ICCAT, 2012). Para a Comissão Internacional para a Conservação do

Atum no Atlântico (ICCAT), a bandolim apresenta tamanho de primeira maturação (L_{50}) entre 100 e 110 cm para as fêmeas (MATSUMOTO e MIYABE, 2002). Entretanto, estudo realizado no Atlântico oeste tropical estimou o tamanho de primeira maturação de 93 cm para as fêmeas e 82 cm para os machos (FIGUEIREDO, 2007).



Figura 1. Desenho um espécime adulto de albacora bandolim. Fonte: ICCAT Manual 2010.

No que se refere ao crescimento, a *T. obesus* exibe um crescimento rápido, alcançando 105 cm de comprimento furcal aos 3 anos de idade e 163 cm aos 7 anos, sendo muito raro espécimes com tamanho superior a 2 m (HALLIER et al., 2005). Resultados semelhantes foram obtidos por Duarte-Neto et al. (2012) para o Atlântico sudoeste tropical. A bandolim apresenta um dieta muito variada, alimentando-se principalmente de peixes mesopelágicos, comumente pequenos pelágicos, crustáceos e cefalópodes (FAO, 2002, VASKE JUNIOR et al., 2012).

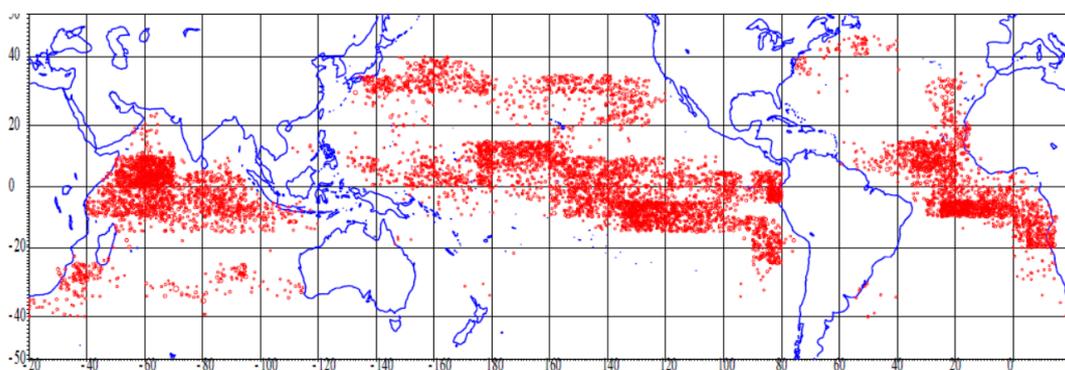


Figura 2. Mapa mostrando o “hot spot” de captura e distribuição da Albacora bandolim nos três oceanos no período de 1997 a 2001. Fonte: Fonteneau et al. 2005.

A distribuição e abundância da albacora bandolim está intimamente ligada a fatores ambientais como temperatura da superfície do mar (HOLLAND et al., 1990), oxigênio dissolvido (Maury, 2005) e as características da termoclina (YANG et al., 2015). A espécie tem capacidade de realizar mergulhos a grandes profundidades e suportar temperaturas muito baixas, da ordem de 5°C, experimentando um gradiente térmico de 20 a 23°C entre as temperaturas mais frias de camadas profundas e as mais quentes da superfície do mar em regiões tropicais (BRILL et al., 2005), podendo alcançar profundidades superiores a 1.000 m (GUNN e BLOCK, 2001).

No que se refere à concentração de oxigênio dissolvido, a BET é capaz de suportar níveis muito baixos, podendo ocorrer em águas com concentrações de 1,5 mL.L⁻¹ e até mesmo de 0,5 mL.L⁻¹ (CAYRÉ, 1986, STEQUERT e MARSAC, 1989, BRILL et al., 2005), diferente de outras espécies de atuns.

Estudos realizados com telemetria acústica e marcação por satélite (CAREY e OLSON, 1982, JOSSE et al., 1998, MUSYL et al., 2003) demonstraram que a albacora bandolim, como a albacora laje, apresenta diferentes preferências de temperatura e profundidade entre dia e noite (EVANS et al., 2008), distribuindo-se em águas mais frias e profundas, abaixo da termoclina durante o dia e ocupando águas mais superficiais e quentes durante a noite (ITANO e HOLLAND, 2000, EVANS et al., 2008).

Os pequenos exemplares (jovens) da albacora bandolim são capturados com a utilização da rede de cerco em águas quentes e superficiais acima da termoclina, nas regiões equatoriais, diferente do que ocorre com os adultos, que são capturados pelo espinhel de uma maneira geral, entre 50 m e 250 m, demonstrando que existem diferenciado comportamento e preferências de habitat entre os exemplares jovens e adultos (FONTENEAU e PALLARÉS, 2005). Ainda quando jovens, apresentam o comportamento de formar cardumes mistos com outras espécies de atuns, como a

albacora laje e o bonito listrado, podendo ser encontrados também em associação com objetos flutuantes (FADs - Fish Aggregating Devices) (ITANO e HOLLAND, 2000). Dessa forma, fica clara a existência de uma estratificação vertical entre os jovens e adultos (FONTENEAU e PALLARÉS, 2005).

Dados de marcação/recaptura e estrutura genética (BARD et al., 1991, DELGADO de MOLINA et al., 2002, DELGADO de MOLINA et al., 2005, HALLIER, 2005, GONZALES et al., 2008) da albacora bandolim mostraram que ela é uma espécie altamente migratória. A albacora bandolim apresenta movimentos diferenciados entre os grupos etários (BARD et al., 1991), com migrações tróficas e reprodutivas nos adultos ocorrendo em maior escala. De acordo com Pereira (1995) e Fonteneau et al. (2005), a bandolim realiza migrações transatlânticas, partindo do Golfo da Guiné em direção ao norte do Brasil e para outras regiões ao longo do litoral Africano (Figura 3). Ao longo do litoral brasileiro, a albacora bandolim também realiza migrações do norte em direção à região sul e sudeste (ZAVALA-CAMIN, 1977).

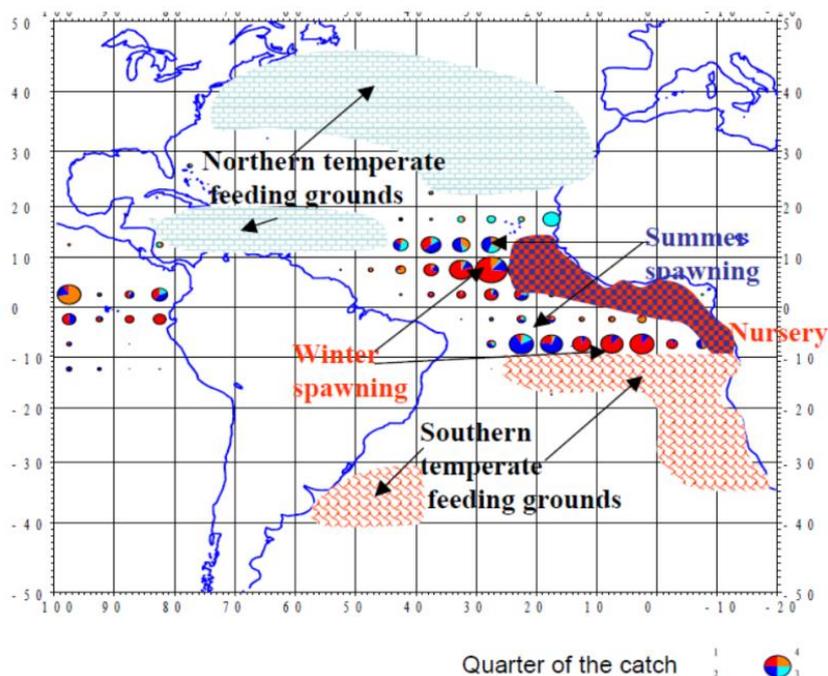


Figura 3. Mapa mostrado os padrões hipotéticos de migração da albacora bandolim no oceano Atlântico, Fonte: FONTENEAU et al. (2005).

3- Referência bibliográfica

- ANDRADE, H. 2015. Sensitivity analysis of catch-per-unit-effort of Atlantic bigeye tuna (*Thunnus obesus*) data series applied to production model. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 43(1): 146-161.
- ANON. 2005. Informe de la Reunión de Evaluación del Stock de Patudo de CICAA en 2004 (Madrid, 28 de junio a 3 de julio de 2004). *Scientific Doc. Col. ICCAT*, 58(1): 1-110.
- ARRIZABALAGA, H.; PEREIRA, J.G.; ROYER, F.; GALUARDI, B.; GOÑI, N.; ARTETXE, I.; ARREGI, I. & LUTCAVAGE, M. 2008 Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) vertical movements in the Azores Islands determined with pop-up satellite archival tags. *Fish. Oceanogr.* 17:2, 74-83
- BARD, F.X.; CAYRÉ, P. & DIOUF, T. 1991. Migraciones, In Fonteneau, A. & J. Marcille (Eds.), Recursos, pesca y biología de los túnidos tropicales del Atlántico centro-oriental. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 37(1): 120-168.
- BEVERLY, S.; CHAPMAN, L. & SOKIMI, W. 2003. Horizontal longline fishing methods and techniques: a manual for fishermen. Secretariat of the Pacific Community. 130 pages.
- 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
- BRILL, R.W. 1994. A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement, models, and stock assessments. *Fish Oceanogr* 3: 204-216
- 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
- BRILL, R.W.; BIGELOW, K.A.; MUSYL, M.K.; FRITSCHES, K.A. & WARRANT, E.J. 2005. Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) Behavior and Physiology and Their Relevance to Stock Assessments and Fishery Biology. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 57(2): 142-161

- CAREY, F.G. & OLSON R.J. 1982. Sonic tracking experiments with tunas. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas Collective Volume of Scientific Papers XVII (2).
- CAYRE, P. ; FONTENEAU, A. & BARD, F.X. 1986. L'essentiel de ce qu'il faut savoir sur le patudo de l'Atlantique : biologie et exploitation. Rec. Doc. Scient., Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Tiaroye (CRODT), 951 : 7-34.
- DAGORN, L.; PETIT, M. & STRETTA, J.M. 1997. Simulation of large-scale tropical tuna movements in relation with daily remote sensing data: the artificial life approach. *Biosystems* 44(3): 167–180
- DELGADO DE MOLINA, A.; ARIZ, J.; DELGADO DE MOLINA, R.; SANTANA, J. C. & PALLARÉS, P. 2005. Análisis de los datos de marcado de patudo en las Islas Canarias. Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT, 57(1): 100-115.
- DELGADO DE MOLINA, A.; DELGADO DE MOLINA, R.; SANTANA, J. C. & ARIZ, J. 2002. Nota sobre el marcado de patudo dentro del BETYP. Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT, 54(1): 237-245.
- DUARTE-NETO, P.; HIGA, F.M. & LESSA, R. P. 2012. Age and growth estimation of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Teleostei: Scombridae) in the southwestern Atlantic. *Neotrop. Ichthyol* 10(1):148-158.
- EVANGELISTA, J.E.V.; OLIVEIRA, G. M. & FERREIRA, B. P. 1997. Considerações sobre a biologia e a pesca no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Boletim técnico científico, v-5, CEPENE, Tamandaré, Pernambuco. 16p.
- EVANS, K.; CLEAR, N.P.; PATTERSON, T.; GUNN J. S. & HAMPTON J. 2008. Behaviour and habitat preferences of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) tagged in the western Coral Sea. 1st Meeting of the Scientific Committee of the Western and Central Pacific Fisheries Commission WCPFC–SC1, 1-34
- FAO. 2002. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Carpenter, K.E. (ed.) The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opisthognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. Rome. 1375-2127 pp.
- FENG, B. & XU, L.X. 2004. Preliminary study on correlation of temperature difference of 50 to 150 m water layers versus longline hooking rate of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean (in Chinese with English abstract). *J Shanghai Fish Univ* 13:359–362

- FIGUEIREDO, M.B. 2007. Biologia Reprodutiva da albacora bandolim *Thunnus obesus* (lowe, 1839) no oceano Atlântico oeste tropical. Dissertação de mestrado, Programa de pós-graduação em Recursos pesqueiros e aquíicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- FONSECA, J. B. G. & BARROS, A. C. 1963. Sobre as pescarias de atuns e afins e suas áreas de ocorrência no Atlântico Tropical no biênio 1961-1962. Bol. Est. Pesca, Recife, 3 (7) : 18-22 pp.
- FONTENEAU, A. & PALLARÉS, P. 2005. Tuna natural mortality as a function of their age: the bigeye tuna (*Thunnus obesus*) case. Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT, 57(2): 127-141.
- FONTENEAU, A.; ARIZ, J.; DELGADO, A.; PALLARES, P. & PIANET, R. 2005. A comparison of bigeye (*Thunnus obesus*) stocks and fisheries in the Atlantic, Indian and Pacific oceans. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57, pp. 41–66
- FROESE, R. & PAULY, D. Editors. 2012. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (08/2011).
- GONZALEZ, E.G.; BEERLI P. & ZARDOYA, R. 2008. Genetic structuring and migration patterns of Atlantic bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe, 1839). BMC Evolutionary Biology, 8:252.
- GUNN, J. & BLOCK, B. A. 2001. Advances in acoustic, archival and pop-up satellite tagging of tunas. Tunas: ecological physiology and evolution. Academic Press, San Diego, C.A.: 167-224.
- HALLIER, J. P.; STEQUERT, B.; MAURY, O. & BARD, F.X. 2005. Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT, 57(1): 181-194.
- HAMPTON, J.; BIGELOW, K.A. & LABELLE, M. 1998. A summary of current information on the biology, fisheries and stock assessment of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Pacific Ocean, with recommendations for data requirements and future research. Noumea, New Caledonia, Secretariat of the Pacific Community. Technical Report. 36, 1-46.
- HANAMOTO, E. 1987. Effect of Oceanographic Environment on Bigeye Tuna Distribution. Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr. 51:203-2016.

- HAZIN, F.H.V. 1986. Pesca de atuns e afins com embarcação de pequeno porte no Nordeste brasileiro. Monographie conclusive du cours d'Ingénierie de Pêche, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 107 p.
- HOLLAND, K.N.; BRILL, R.W. & CHANG, R.K.C. 1990. Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. *Fish. Bull.* 88:493–507.
- HYDER, P.; BIGELOW, K.; BRAINARD, R.; SEKI, M.; FIRING, J. & FLAMENT, P. 2009. Migration and Abundance of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*), and Other Pelagic Species, inferred from Catch Rates and their Relation to Variations in the Ocean Environment.
- ICCAT. 2012. Report of biennial period, 2010-11. II Part (2011) – Vol. 2. ICCAT. Madrid, 269 pp.
- ICCAT. 2015. Report for biennial period, 2014-15 Part I (2012) - Vol. 2. English version SCRS. Madrid, Spain 2013. 296 p. (available at http://www.iccat.int/en/pubs_biennial.htm).
- ICCAT. 2014. Nominal catch information. Madrid, Spain 2014. (available at <http://www.iccat.int/en/accesingdb.htm>).
- ITANO, D.G. & HOLLAND, K.N. 2000. Tags and FADs – Tuna movement and vulnerability of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*T. albacares*) in relation to FADs and natural aggregation points. *Aquat. Living Resour.* 13, 213–223.
- JOSSE E.; BACH, P. & DAGORN, L. 1998. Simultaneous observations of tuna movements and their prey by sonic tracking and acoustic surveys. *Hydrobiologia* 371/372: 61-69 pp.
- LAN, K.W.; EVANS, K. & LEE, M.A. 2013. Effects of climate variability on the distribution and fishing conditions of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Indian Ocean. *Climatic Change*, 119:63–77
- LEE, P.F.; CHEN, I.C. & TZENG W.N. 2005. Spatial and Temporal Distribution Patterns of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean. *Zoological Studies* 44(2): 260-270
- LEE, R.E.K.D, 1957. Report to the Government of Brazil on tuna fisheries development : Northeastern coast of Brazil. FAO, Expanded Technical Assistance Program, Report no. 739, 47 p.

- LIU, H.I. 2011. Recent Taiwanese Bigeye Tuna Fisheries in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(1): 361-367
- LIU, H.I. 2011. Recent Taiwanese Bigeye Tuna Fisheries in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(1): 361-367
- LOWE, T.E.; BRILL, R.W. & COUSINS, K.L. 2000. Blood oxygen-binding characteristics of bigeye tuna (*Thunnus obesus*), a high-energy-demand teleost that is tolerant of low ambient oxygen. Marine Biology. 136: 1087-1098.
- MATSUMOTO, T.; SAITO, H. & MIYABE, N. 2005. Swimming behavior of adult bigeye tuna using pop-up tags in the central Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT 57:151–170.
- MAURY, O. 2005. How to model the size-dependent vertical behaviour of bigeye (*Thunnus obesus*) tuna in its environment? Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT, 57(2): 115-126.
- MÉNARD, F.; STÉQUERT, B.; RUBIN, A.; HERRERA, M. & MARCHAL, E. 2000. Food consumption of tuna in the Equatorial Atlantic ocean: FAD-associated versus unassociated schools. Aquatic Living Resources. 13: 233-240.
- MOHRI M. & NISHIDA, T. 1999. Seasonal changes in bigeye tuna fishing areas in relation to the oceanographic parameters in the Indian Ocean. IOTC Proc. 2: 207-220.
- MUSYL, M.K.; BRILL, R.W.; BOGGS, C.H.; CURRAN, D.S.; KAZAMA, T. K. & SEKI, M. P. 2003. Vertical movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) associated with islands, buoys, and seamounts near the main Hawaiian Islands from archival tagging data. Fish. Oceanogr. 12:3, 152–169
- PAIVA, M. P. 1961. Sobre a pesca de atuns e afins nas áreas em exploração no Atlântico Tropical. Arq. Est. Biol. Mar., v.1, p. 1-20, fig. 8.
- PEREIRA, J. G. 1995. Etat d'exploitation du stock de patudo. Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT, 44(2): 272-280.
- SAKAGAWA, G. T.; COAN, A. L. & BARTOO, N. W. 1987. Patterns in longline fishery data and catches of bigeye tuna, *Thunnus obesus*. Marine Fisheries Review, 49(4): 57-66.
- SCHAEFER, K.; FULLER, D.; HAMPTON, J.; CAILLOT, S.; LEROY, B. & ITANO, D. 2015. Movements, dispersion, and mixing of bigeye tuna (*Thunnus obesus*)

- tagged and released in the equatorial Central Pacific Ocean, with conventional and archival tags. *Fisheries Research* 161:336-355.
- SCHAEFER, K.M. & FULLER, D.W. 2010. Vertical movements, behavior, and habitat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the equatorial eastern Pacific Ocean, ascertained from archival tag data, *Mar. Biol.* 157(12):2625–2642.
- SIBERT, J.R.; MUSYL, M.K. & BRILL, R.W. 2003. Horizontal movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) near Hawaii determined by Kalman filter analysis of archival tagging data. *Fish. Oceanogr.* 12:141–151.
- SONG, L. M. & ZHOU, Y. Q. 2010. Developing an integrated habitat index for bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean based on longline fisheries data. *Fisheries Research*, 105, 63–74.
- STEUERT, B. & MARSAC, F. 1989. Tropical tuna - surface fisheries in the Indian Ocean. *FAO Fish. Tech. Pap.*, No 282, Rome, FAO, 238 pp.
- SUN, C. L.; HUANG, C. L. & S. Z. YEH. 2001. Age and growth of the bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the western Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*, 99: 502-509.
- SUZUKI, Z. & KUME, S. 1982. Fishing efficiency of deep longline for bigeye tuna in the Atlantic as inferred from the operations in the Pacific and Indian Oceans. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Collect. Vol. Sci. Pap.* 17:471–486.
- TIAN, S.Q.; CHEN, X.J.; CHEN, Y.; XU, L.X. & DAI, X.J. 2009. Evaluating habitat suitability indices derived from CPUE and fishing effort data for *Ommastrephes bratramii* in the northwestern Pacific Ocean. *Fish. Res.* 95, 181–188.
- TRAVASSOS, P. 1999. L'étude des relations thons-environnement Atlantique intertropical ouest: cas de albacore (*Thunnus albacores* Bonnaterre 1788) du germon (*Thunnus alalunga* Bonnaterre 1788). Tese de doutorado. Université Pierre et Marie Curie, Paris,6, 255pp.
- UOZUMI, Y. 1996. A historical review of Japanese longline fishery and albacore catch in the Atlantic ocean. *Collective Volume of Scientific Papers* 43: 163-170
- WARD, P.J. & MYERS, R A. 2006. Do habitat models accurately predict the depth distribution of pelagic fishes?. *Fish. Oceanogr.* 15:1, 60–66
- WARD, P.J.; RAMIREZ, C.M. & CATON, A.E. 1996. The types of longlining activities of Japanese vessels in the eastern Australian fishing zone during the 1980s. pp. 49-74, *In* Ward, P.J. (Editor), *Japanese Longlining in Eastern Australian Waters 1962-1990*. Bureau of Resource Sciences, Canberra, 264 p.

- WU, C. L. & YEH, S. Y. 2000. Demarcation of operating areas and fishing strategies for Taiwanese longline fisheries in South Atlantic Ocean. ICCAT SCRS/00/167.
- WU, C. L. & YEH, S. Y. 2001. Demarcation of operating areas and fishing strategies for Taiwanese longline fisheries in South Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap., ICCAT, v. 52, p. 1933-1947.
- YANG, S.; MA, J.; WU, Y.; FAN, X.; JIN, S. & CHEN, X. 2015. Relationship between temporal-spatial distribution of fishing grounds of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and thermocline characteristics in the Atlantic Ocean. Acta Ecologica Sinica 35: 1-9.
- YANG, S.L.; ZHANG, Y.; ZHANG, H.; WANG, D.; MA, J.J. & ZHANG, J. 2012. Relationship between the temporal-spatial distribution of fish in bigeye tuna fishing grounds and the thermocline characteristics in the tropical Indian Ocean, J. Fish. Sci. Chin. 19 (4):679-689.
- YOKAWA, K. & UOZUMI, Y. 2001. Analysis of Operation Pattern of Japanese Longliners in the Tropical Atlantic and Their Blue Marlin Catch. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 53: 318-336
- ZAVALA-CAMIN, L. A. & SILVA, A. J. N., 1991, Histórico da pesquisa e pesca de atuns com espinhel no Brasil. Atlântica, Rio Grande, 13(1): 107-114
- ZAVALA-CAMIN, L.A. 1977. Distribución del patudo (*Thunnus obesus*) en el sudeste y sur del Brasil (1969-1977). B. Inst. Pesca. Sao Paulo, 5(1): 40-50.
- ZHU, G.; DAI, X.; SONG, L. M. & XU, L. 2011. Size at sexual maturity of bigeye tuna *Thunnus obesus* (Perciformes: Scombridae) in the tropical waters: a comparative analysis. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 11: 149-156.

Capítulo 1

Evolução espaço-temporal do esforço e da captura da albacora bandolim

EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ESFORÇO E DA CAPTURA DA ALBACORA BANDOLIM (*Thunnus obesus*) NO OCEANO ATLÂNTICO SUL

RESUMO

A Albacora bandolim é uma das mais importantes espécies-alvo da pesca oceânica industrial direcionada aos atuns no oceano Atlântico. Assim, a evolução da pescaria da no oceano Atlântico no período de 1956 a 2012 foi examinada através da base de dados da ICCAT. A participação da frota brasileira foi avaliada através dos mapas de bordo. A captura com o espinhel foi responsável por 64% do total capturado para o período. As frotas asiáticas são as principais atuantes no Atlântico, correspondendo a 74% das capturas, sendo a principal frota a Japonesa com cerca de 1,1 milhões de toneladas (47%), seguida por China-Taipei com 19% e Coreia com 8%. O Brasil ocupa a 7ª posição em relação à produção (captura), com aproximadamente 49,000 t (2,2%). A análise da participação da frota brasileira mostrou que a pescaria sempre foi realizada com o auxílio de embarcações estrangeiras e suas tecnologias, sendo as principais frotas: Japão, Espanha, China-Taipei e Panamá. As análises indicaram que existem áreas com importantes concentrações, apresentando como principal área de captura a zona equatorial do Atlântico entre as latitudes 10°N e 10°S e uma área secundária entre as longitudes de 0° e 10°E e latitudes de 10°S e 25°S, onde ocorrem capturas importantes principalmente no 3° e 4° trimestres. Assim, os dados históricos da pescaria da albacora bandolim são primordiais para o entendimento da dinâmica populacional da albacora bandolim, pois forneceram informações importantes sobre a dinâmica das frotas e estratégias utilizadas ao longo do período analisados e sobre a evolução das capturas da albacora bandolim no oceano Atlântico.

Palavras-chave: Evolução das capturas, Frotas asiáticas, Espinhel.

4.1- INTRODUÇÃO

A pesca em larga escala de atuns e afins teve início no Brasil, através do arrendamento de barcos japoneses baseados no porto de Recife, em meados da década de 50 (LEE, 1957, UOZUMI, 1996, HAZIN et al., 2002) operando com espinhel multifilamento na zona equatorial ao largo da costa brasileira (EVANGELISTA et al., 1998). Desde então, a operação e a estratégia de pesca sofreram algumas modificações estruturais, utilização de diferentes tipos de iscas, do aparelho de pesca que passou de multifilamento para monofilamento (nylon), adoção de atratores luminosos, da

profundidade de atuação do aparelho e das espécies-alvo (EVANGELISTA et al., 1998, ARFELLI e AMORIN, 2000).

Em 1980, os japoneses inseriram o espinhel profundo para a captura de atuns em zonas mais profundas (até 300 m) do Atlântico oeste tropical com objetivo de capturar a albacora bandolim (BET) e assim, elevar a participação da espécie nas capturas (SUZUKI e KUME, 1982, YOKAWA E UOZUMI, 2001). Com a introdução do espinhel profundo e os excelentes resultados obtidos, a maioria das frotas em operação adotou esse tipo de espinhel, promovendo um crescimento acelerado das capturas dessa espécie (TRAVASSOS, 1999). Essa nova tecnologia de pesca nunca foi efetivamente adotada pela frota brasileira (barcos nacionais) (MPA, 2012). Recentemente, entre os anos de 2011 e 2013, dez embarcações japonesas arrendadas em operação no Brasil utilizaram este tipo de espinhel para capturar a albacora branca e bandolim na região ao largo da costa brasileira, principalmente na região Nordeste ao norte da latitude de 10°S. (MPA, 2012).

Devido a distinta utilização do ambiente vertical pela BET as capturas são fortemente influenciadas pela profundidade de operação do espinhel apresentando momento distintos ao longo de sua serie histórica de captura. Dessa forma, no Atlântico tropical houve um aumento considerável das capturas anuais da espécie a partir da década de 1980, após a introdução do espinhel profundo (8-20 anzóis/samburá) mencionado acima (WARD et al., 1996, UOZUMI, 1996, YOKAWA e UOZUMI, 2001). A captura que era em média de 33.479 t na década de 1970, quando se usava exclusivamente o espinhel tradicional (5 a 6 anzóis/samburá), alcançou cerca de 44.500 t na década de 1980, atingindo um máximo de 133.000 t em 1994, com a difusão do espinhel profundo (UOZUMI, 1996, YOKAWA e UOZUMI, 2001, ICCAT, 2015). A captura estimada para a BET apresentou um declínio, caindo abaixo de 100.000 t em

2001. O declínio observado nas capturas continuou, com oscilações de ano para ano, apresentando uma estimativa de cerca de 64.000 t para o ano de 2013 (ICCAT, 2015).

O estoque da espécie é explotado por cerca de 30 países, incluindo o Brasil, e por 3 principais artes de pesca, principalmente pelo espinhel (SAKAGAWA et al., 1987, ICCAT, 2015). As principais frotas que operam com espinhel para a captura são as asiáticas, do Japão e china-Taipei, que juntas representam 74% do total capturado para essa arte de pesca (ICCAT, 2015). O Brasil apresenta dados de captura para a albacora bandolim a partir de 1971. A estimativa de captura da frota brasileira está intimamente ligada a estratégia de arrendamento de barcos estrangeiros, apresentando, de forma geral, uma tendência de crescimento com períodos de oscilações ao longo da sua série histórica, saindo de 37 t em 1971 para 820 t em 2013 (ICCAT, 2015). O período de maior captura da frota brasileira foi entre 1999 a 2003, apresentando produção acima de 2,500 t (ICCAT, 2015).

Ao longo dos anos diversos trabalhos têm sido desenvolvidos na tentativa de conhecer a estrutura do estoque da albacora bandolim (ANON, 2010, FONTENEAU et al., 2005, CHIANG et al., 2006, MARTINEZ et al., 2006, ANDRADE, 2015). Neste contexto, os dados históricos das pescarias podem fornecer informações importantes sobre a dinâmica e estratégias das frotas e sobre a evolução das capturas da albacora bandolim no oceano Atlântico. Dessa forma, a presente descrição da evolução espaço-temporal do esforço e da captura tem o objetivo de conhecer as estratégias de pesca empregadas em cada período, a evolução da participação relativa da albacora bandolim nas capturas das principais frotas, bem como, a distribuição espaço-temporal do esforço das principais frotas e identificar as principais áreas de captura e esforço.

4.2- MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados os dados históricos da pesca de atuns e afins no período de 1956 a 2012 (56 anos) entre as latitudes de 20°N e 50°S. A frota brasileira (embarcações nacionais e arrendadas) e as frotas asiáticas Japão, China-Taipei, Coreia e Brasil serão detalhadas porque possuem as principais frotas espinheleiras que tem a BET como alvo das pescarias no oceano Atlântico. As três frotas em conjunto são responsáveis por cerca de 74% da captura anual da espécie, principalmente com a utilização do espinhel profundo (ICCAT, 2015).

As informações referentes à frota brasileira são oriundas do Banco Nacional de Dados da Pesca Oceânica de Atuns e Afins (BNDA). Este banco de dados é composto por dois tipos de mapas de bordo: o mapa do armador da embarcação e o mapa do observador de bordo para os barcos arrendados. O mapa de bordo contém informações sobre nome das embarcações, período do cruzeiro de pesca (mês e ano), número de anzóis por lance (esforço), número de peixes capturados por espécie e por lance, a posição geográfica do lançamento e do recolhimento para cada lance de pesca e o comprimento das espécies capturadas.

Para análise da distribuição espacial do esforço da frota brasileira, os dados foram agrupados em quadrados de 1°x1° de latitude e longitude por trimestre. Para os dados das frotas do Japão, China-Taipei e Coreia os dados do esforço e captura foram agrupados em quadrados de 5°x5° de latitude e longitude por trimestre. Nesta análise, foi calculada a média para cada quadrado.

O esforço total de pesca foi estimado para os dados provenientes do banco de dados da ICCAT (frotas asiáticas) da seguinte forma:

$$Ef_{t1} = \frac{Ef_{t2} \times Ct_{t1}}{Ct_{t2}}$$

Onde:

Ef_{t1} é o esforço pesca total estimado;

Ef_{t2} é o esforço proveniente do banco de dados da ICCAT;

Ct_{t1} é o captura total proveniente do banco de dados da ICCAT;

e Ct_{t2} é a captura proveniente do banco de dados da ICCAT.

Para a determinação da participação das espécies de Atuns nas capturas os dados foram somados por espécie e período. O período foi definido através das tendências apresentadas pela distribuição do esforço de pesca ao longo dos anos (série histórica) para cada frota.

4.3- RESULTADOS

Produção total (série histórica)

O espinhel desde o início da pesca de atuns e afins na década de 50 passou por diversas evoluções tornando-se a principal arte de pesca para captura dos Atuns no oceano Atlântico. Em relação à Albacora bandolim o espinhel é responsável por 64% das capturas (Figura 1a). Diversas frotas (países) também têm participado dessa pescaria ao longo da série histórica. As frotas asiáticas são as principais atuantes no Atlântico sul, correspondendo a 74% das capturas da albacora bandolim, sendo a principal frota a Japonesa com 47% da produção, cerca de 1,1 milhões de toneladas, seguida por China-Taipei com 19% e Coreia com 8%. O Brasil ocupa a 7ª posição em relação à captura da albacora bandolim, com aproximadamente 49 mil t representando 2,2% do total capturado no período de 1956-2012 (Figura 1b).

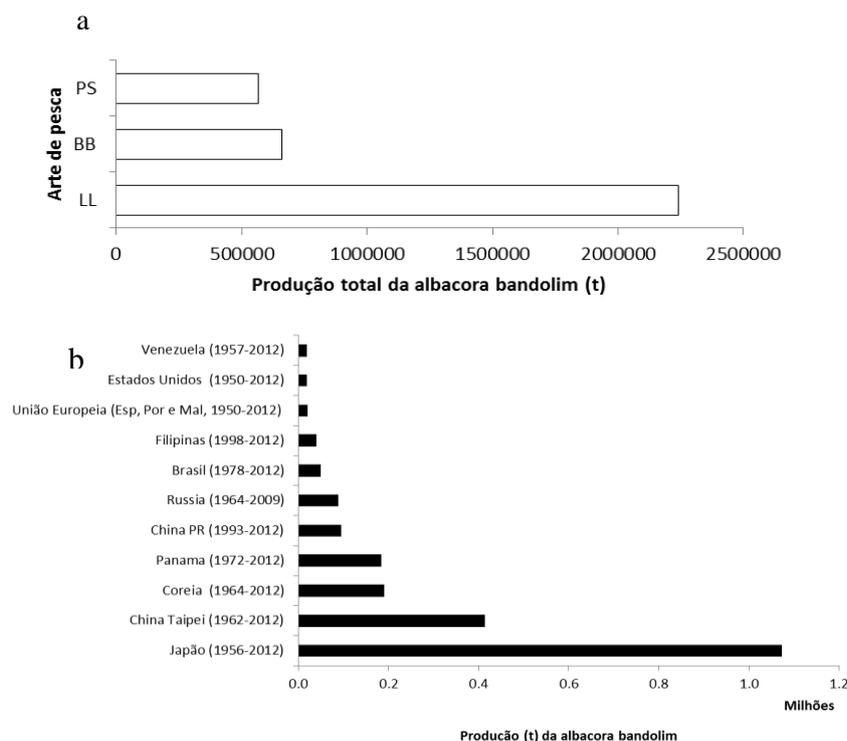


Figura 1. Produção total da Albacora bandolim no oceano Atlântico + Mediterrâneo no período de 1956 -2012. (a) por arte de pesca. PS – rede de cerco, BB – vara e isca viva e LL – espinhel e (b) por país e ano.

No que se refere à captura da albacora bandolim utilizando o espinhel 4 tendências ao longo da serie histórica podem ser observadas (Figura 2). Entre 1956 e 1969 a produção apresentou uma tendência de crescimento passando de 2,700 t para cerca de 34,000 t em 1969 com o espinhel representando 73% do total capturado (25,000 t). Na década de 1970 a produção apresentou uma tendência de estabilidade oscilando entre a média de 46,000 t com o espinhel apresentando uma média de captura de 33,000 t. Entre 1980 e 1994 a produção apresentou um grande crescimento alcançando a produção máxima de 133,000 mil toneladas em 1994 com o espinhel representando 58% do total capturado, cerca de 79,000 t. Nos anos seguintes a esse crescimento observado, a produção do espinhel apresentou uma tendência de declínio, com uma produção de 38 mil t para o ano de 2012.

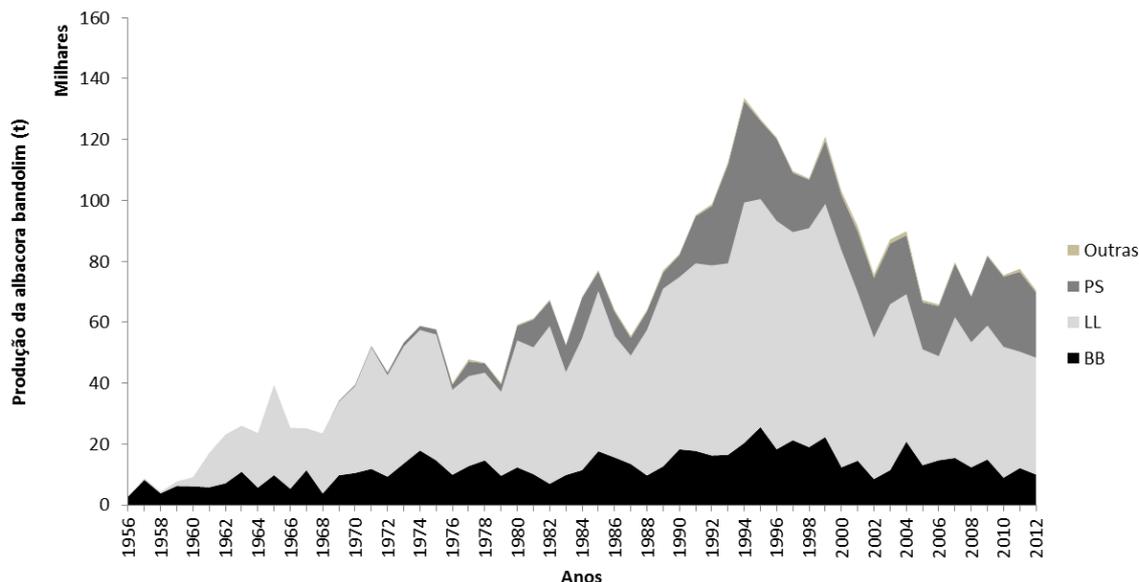


Figura 2. Produção total da Albacora bandolim por arte de pesca no Oceano Atlântico e Mediterrâneo no período de 1956 -2012. PS – rede de cerco, BB – vara e isca viva e LL – espínhel.

Os países asiáticos são os principais exploradores com cerca de 80% do total de esforço (Japão e China-Taipei), destacando-se a frota do Japão com esforço 4,2 bilhões de anzóis em todo período histórico de 1956 a 2012, seguidos por China-Taipei com 4 bilhões entre 1962 a 2012 (Figura 3). O Brasil ocupa a 5ª posição entre os países que atuam com espínhel no Atlântico, com 356 milhões de anzóis, representando cerca de 3,6% do total para o período de 1956 a 2012.

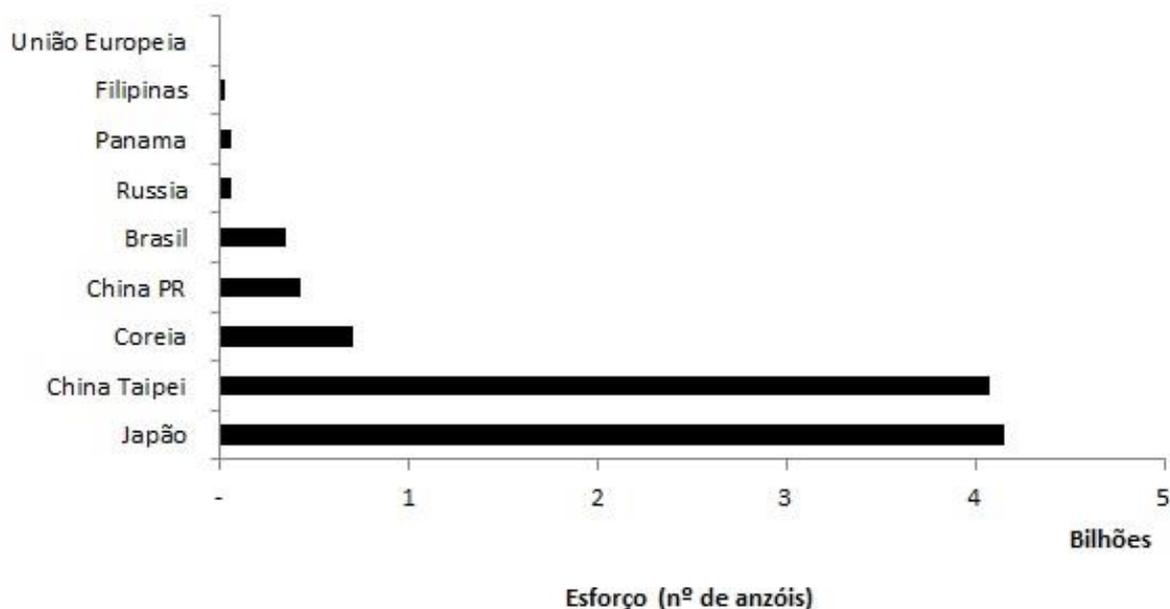


Figura 3. Esforço (número de anzóis) por país no Oceano Atlântico + Mediterrâneo no período de 1956 -2012

Principais países participantes destas pescarias

Japão

A frota espinheleira japonesa é a principal frota na captura de atuns e afins no oceano Atlântico. A estimativa do esforço total dessa frota aponta para 3 momentos de importantes flutuações no nível do esforço de pesca empregado para a exploração dos atuns e afins no Oceano Atlântico (Figura 4). O primeiro período 1956 -1979 mostrou um crescimento acelerado do esforço alcançando cerca de 105 milhões de anzóis em 1964, apresentando uma tendência de declínio até 1967 e oscilando entre 37 e 60 milhões de anzóis no decorrer do período. Os dados de captura para este período mostra que 92% das capturas eram compostas pelas principais espécies de atuns, sendo a principal espécie capturada a albacora laje com 44%, seguida pela albacora branca (38%) e a bandolim (10%).

No segundo período, 1980-1996, o esforço de pesca oscilou entre 60 milhões de anzóis entre os anos de 1980 a 1988, apresentando um pico de aproximadamente 100 milhões de anzóis para o ano de 1996. Nesse período, a participação relativa das espécies de atuns nas capturas mudou totalmente, indicando a mudança de espécie alvo das capturas, a albacora bandolim apresentou um grande crescimento, representando 70% do total capturado e um declínio expressivo para a captura da Albacora laje (2%). O terceiro período, o esforço de pesca apresentou o crescimento importante, alcançando 121 milhões de anzóis para o ano de 1997, após esse crescimento um esforço de pesca declinou até 2012. A participação relativa das espécies de atuns nas capturas apresentou o mesmo cenário do período anterior, a albacora bandolim sendo a principal espécie capturada sendo responsável por 61% do total capturado seguida pelas albacoras laje com 18% e branca com 15%.

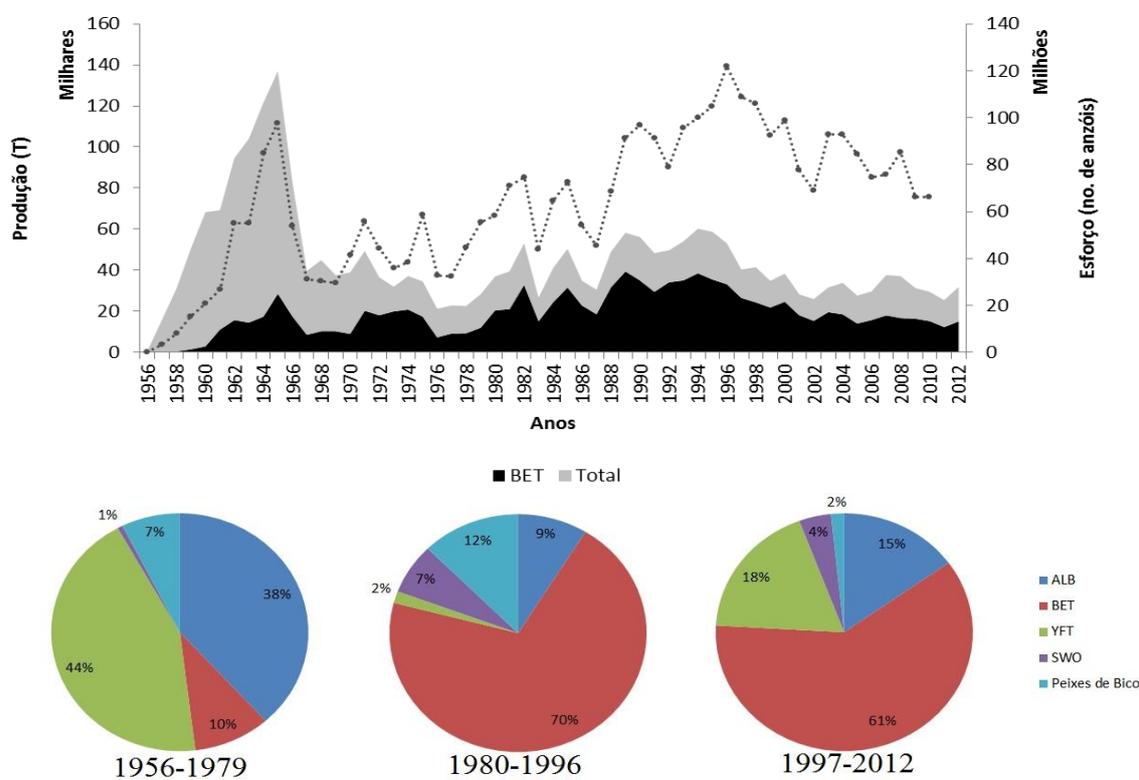


Figura 4. (a) Esforço anual da frota japonesa representada pela linha pontilhada, produção total e produção da albacora bandolim. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheleira japonesa: 1956-1967, 1968-1987, 1988-2000 e 2001-2012.

A análise da distribuição espaço-temporal do esforço de pesca da frota japonesa, de forma geral, mostrou uma extensa área de exploração no Atlântico (Figura 5a), porem observam-se zonas com uma importante concentração do esforço de pesca na região equatorial entre as latitudes de 20°N e 10°S ao longo de todo ano e na parte leste do Atlântico ao largo da África entre as latitudes de 0° e 30°S principalmente no 3° e 4° trimestres. A zona leste do Atlântico na latitude de 40°S como também na costa brasileira na latitude de 40°S mostraram uma importante concentração de esforço.

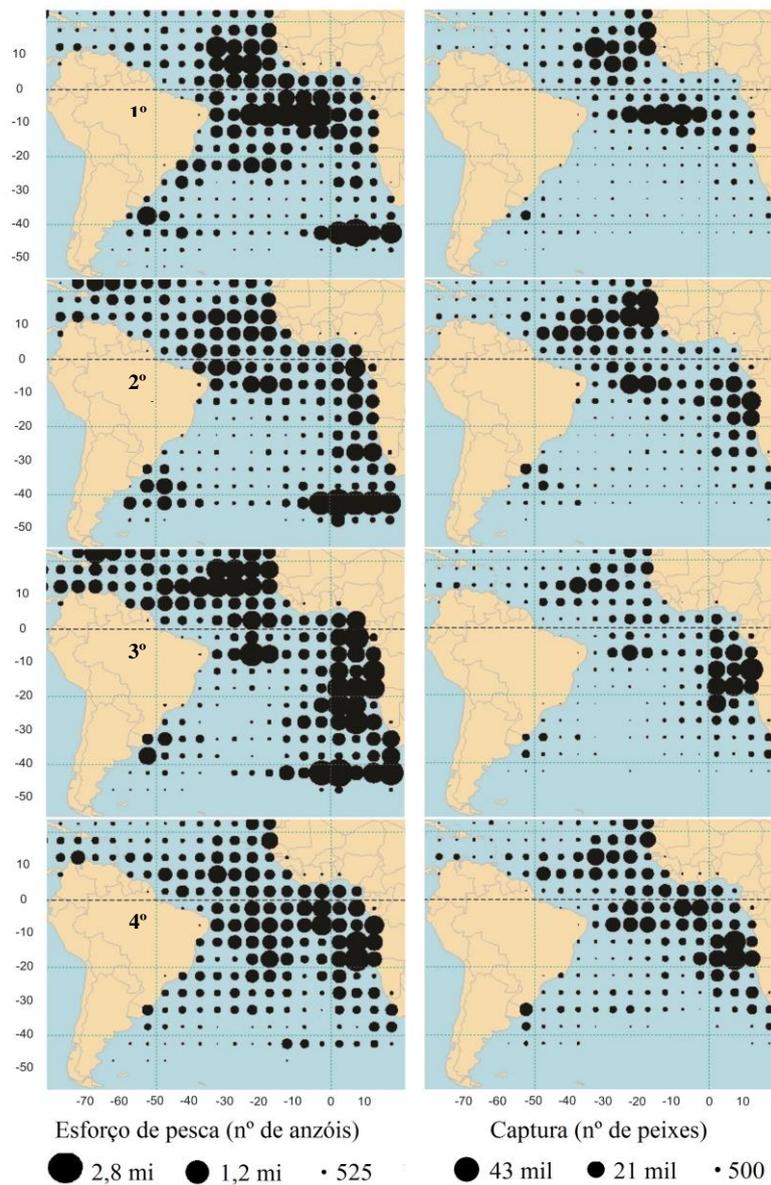


Figura 5. Distribuição espacial da média do esforço de pesca da frota Japonesa agrupado em quadrados de 5x5° (a) e captura média nominal da albacora bandolim (b) por trimestre no oceano Atlântico sul no período de 1956 a 2012.

Em relação às capturas os dados mostram a existência de duas zonas de pesca da albacora bandolim: a primeira na região equatorial, entre as latitudes de 10°S e 20°N, onde existe uma concentração importante de captura no 1º, 2º e 4º trimestres e a segunda zona em região oceânica ao largo da África entre as latitudes de 0° e 30°S onde as capturas ocorrem principalmente no 3º e 4º trimestres (Figura 5b).

China – Taipei

Os dados de esforço de pesca anual da frota de China-Taipei entre o período de 1966 a 1984 apresentou um esforço de pesca em torno de 50 milhões de azóis/ano, em seguida o esforço mostrou um crescimento a partir de 1984 alcançando em 2000 o recorde com cerca de 280 milhões de anzóis (Figura 6a). A captura da albacora bandolim apresentou um crescimento importante a partir de 1990, com a produção oscilando entre 10 e 20 mil t entre 1990 e 2012. A participação relativa das espécies na captura da frota de China-Taipei mostrou que a Albacora branca sempre foi a espécie alvo, sendo responsável por cerca de 50% do total capturado para essa frota. A participação da Albacora bandolim apresentou um crescimento importante de 35%, do primeiro período para o terceiro período analisado (Figura 6b).

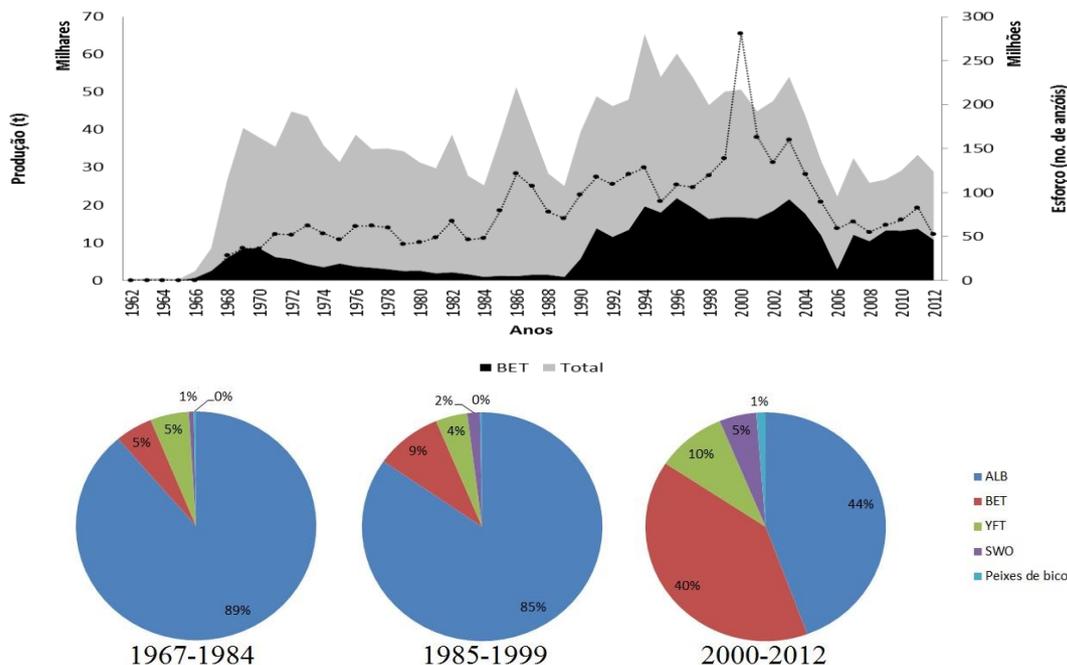


Figura 6. (a) Esforço anual da frota de China-Taipei representada pela linha pontilhada, produção total e produção da albacora bandolim. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheleira de China-Taipei no Oceano Atlântico no período de 1966 a 2012.

Diferente do esforço da frota japonesa, o esforço de pesca de China-Taipei demonstra sazonalidade nas zonas de exploração para a captura da albacora bandolim (Figura 7a). O esforço se concentra na zona tropical principalmente no 1º e 4º trimestres do ano, apresentando uma área importante ao largo da costa brasileira entre as latitudes 10°S e 30°S. Os dados apresentaram mais duas áreas de concentração de esforço de pesca, costa sul brasileira entre as latitudes de 30°S e 40°S no 2º e 3º trimestres e na região oceânica ao largo da costa da África durante o 1º e 2º trimestres entre as latitudes de 30°S e 40°S. A captura da albacora bandolim pela frota de China-Taipei apresenta sazonalidade marcante com área de concentração na região tropical do Oceano Atlântico, principalmente no 1º e 4º semestres do ano entre as latitudes de 10°S e 15°N (Figura 7b).

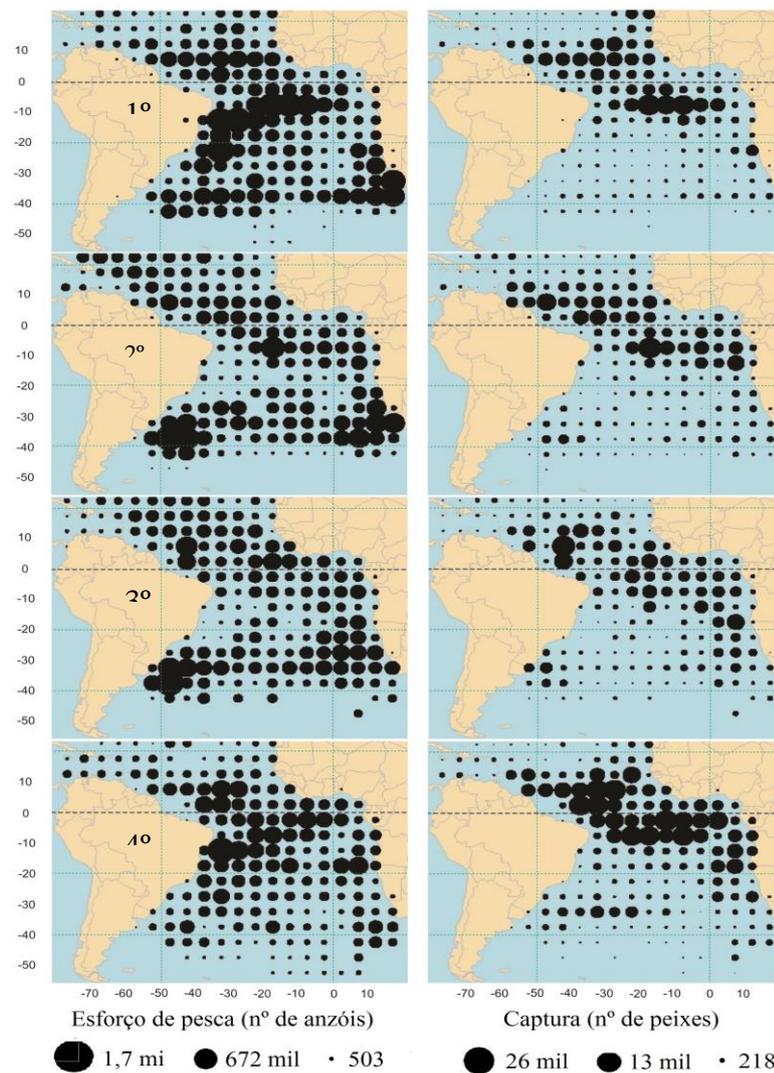


Figura 7. Distribuição espacial da média do esforço de pesca agrupado em quadrados de $5 \times 5^\circ$ (a) e captura média nominal da albacora bandolim (b) da frota de China-Taipei por trimestre no Oceano Atlântico Sul no período de 1966 a 2012.

Coreia

O esforço de pesca e a captura de atuns e afins pela frota coreana apresentou um crescimento acelerado do início das operações no Atlântico até o ano 1978 quando alcançou 32 milhões de anzóis, o máximo já registrado para a frota no Atlântico. Em seguida foi notado um declínio importante para o esforço e a captura até entre os anos de 1975 a 2003. O período seguinte, entre 2004 e 2012, o esforço de pesca e a captura

oscilaram entre 3 milhões de anzóis e 3 mil t ano respectivamente (Figura 8a). A participação relativa referente aos dados de esforço e captura mencionados acima mostrou a mudança de espécie alvo pela frota coreana da albacora branca para a albacora bandolim entre 1966 e 1986. No primeiro período a albacora branca era responsável por 72% das capturas, seguida pela albacora laje com 15%, nos períodos seguintes houve um crescimento da albacora bandolim atingindo 80% das capturas para o quarto período entre os anos de 2004 e 2012.

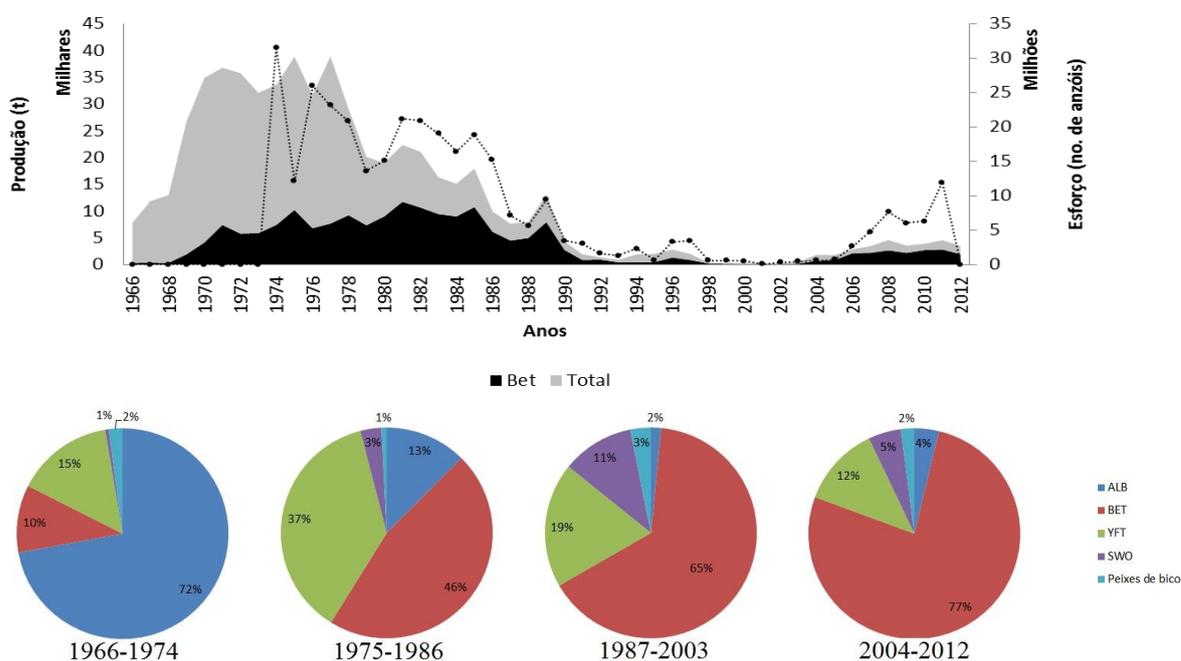


Figura 8. (a) Esforço anual da frota Coreana representada pela linha pontilhada, produção total e produção da albacora bandolim. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheleira da Coreia no Oceano Atlântico no período de 1966-2012.

A distribuição espacial do esforço de pesca coreano não apresentou sazonalidade na zona de exploração para a captura dos atuns e afins. O esforço de pesca ocorre principalmente entre as latitudes de 15°N a 10°S no 1 e 2 trimestres do ano (Figura 9a), enquanto que a captura na mesma zona, apresenta a mesma sazonalidade observada nos

dados da frota de China-Taipei, ocorrendo concentrações importantes no 1º e 4º trimestres do ano (Figura 9b).

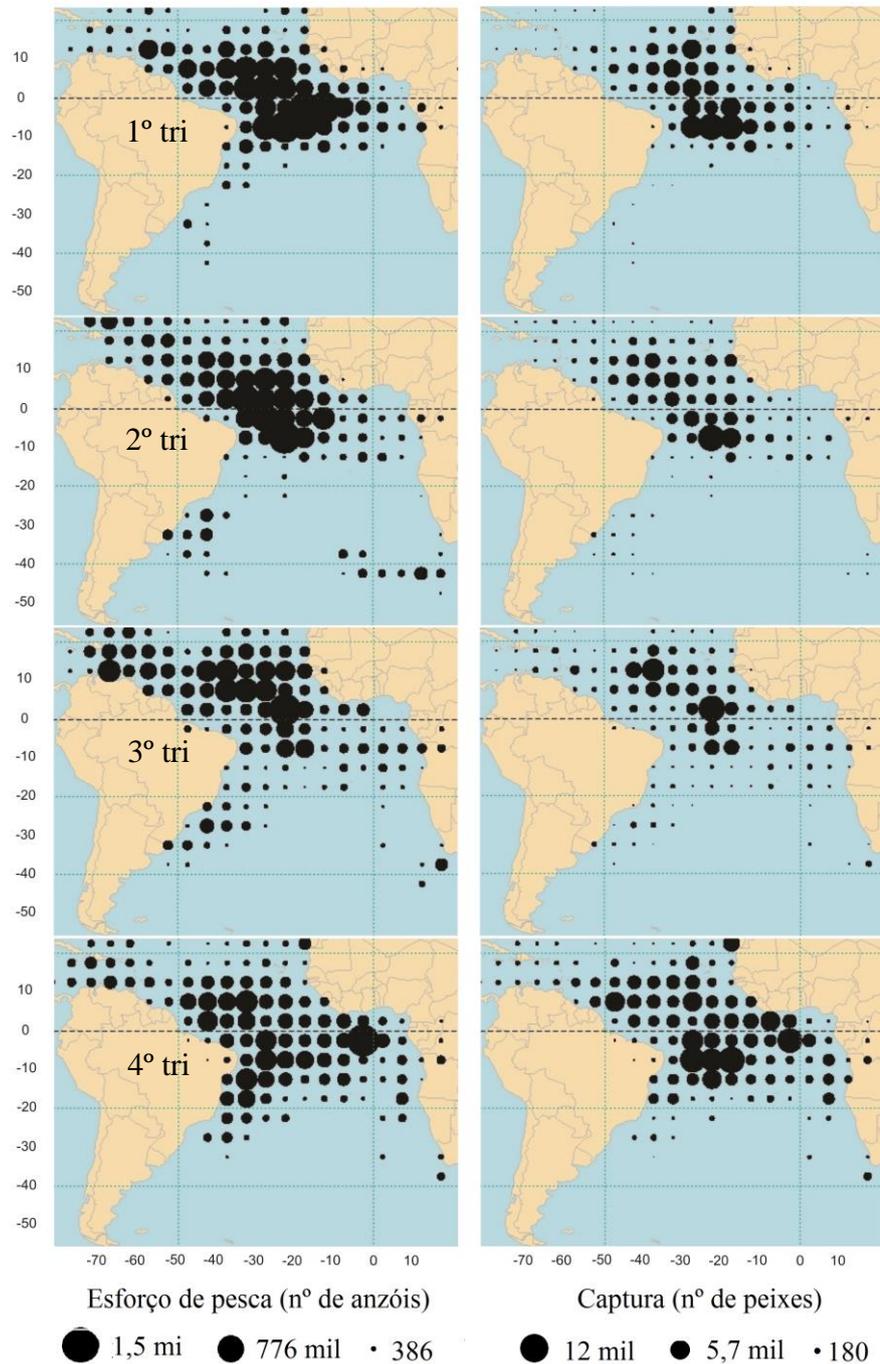


Figura 9. Distribuição espacial da média do esforço de pesca agrupado em quadrados de 5x5º (a) e captura média nominal da albacora bandolim (b) da frota coreana por trimestre no Oceano Atlântico Sul no período de 1966 a 2012.

A pesca da albacora bandolim pela frota brasileira

O esforço de pesca apresenta crescimento a partir de 1986 saindo de 3,6 milhões de anzóis até o máximo registrado para a frota brasileira de 25,8 milhões de anzóis em 2001(Figura 10a). Depois desse crescimento o esforço apresenta uma tendência de declínio até o ano de 2010 quando atingiu 5,3 milhões de anzóis. A participação relativa das principais espécies de atuns e afins capturadas pela frota brasileira mostra que a Albacora laje é a principal espécie de atum captura ao largo da costa brasileira seguida pelo espadarte. A albacora bandolim mostrou uma oscilação ao longo do período entre 10 e 17% do total capturado pela frota brasileira (Figura 10b).

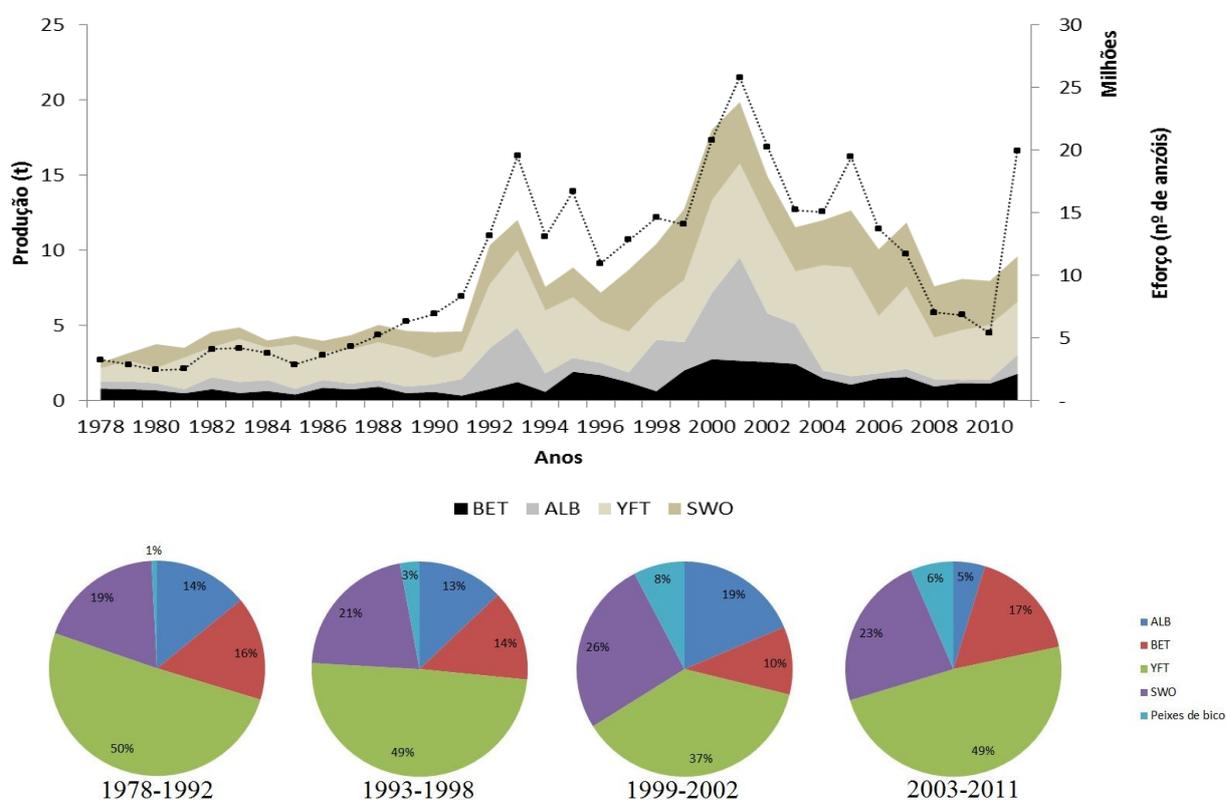


Figura 10. (a) Esforço anual da frota brasileira (barcos nacionais e estrangeiros arrendados) representada pela linha pontilhada e produção das principais espécies de atuns e afins capturadas. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheleira do Brasil no período de 1978 a 2012.

A frota nacional

A frota nacional para a pesca de atuns e afins teve início em 1966 no sul do Brasil e apenas em 1986 barcos adaptados para a pesca com espinhel começaram as operações em águas ao largo da costa nordeste. Como característica da frota brasileira os barcos são de pequeno porte, menores que 20 m. Operam com um espinhel mais superficial com 5 a 7 anzóis por samburá, atingindo as profundidades entre 50 e 150 m. O esforço dos barcos nacionais apresentou pequena flutuação entre 1979 e 1995, onde o esforço ficou em torno de 200 mil anzóis por ano, apenas os anos de 1986 e 87 apresentaram valores para o esforço diferentes para o período, 570 e 630 mil anzóis respectivamente. A partir de 1996 o esforço apresentou um crescimento com um pico em 2004 de cerca 3,2 milhões de anzóis. Após o ano de 2004 o esforço declinou atingindo em 2011 cerca de 750 mil anzóis (Figura 11a).

Em relação a participação relativa das espécies capturadas no primeiro e segundo períodos as espécies mais importantes foram a Albacora laje e albacora branca representando 62% do total capturado para o primeiro período e 65% para o segundo período. Para o terceiro período, entre 2003 e 2011 a principal espécie capturada foi o espadarte representando 45% do total capturado seguido da albacora bandolim com 27% e da albacora laje com 20% (Figura 11b).

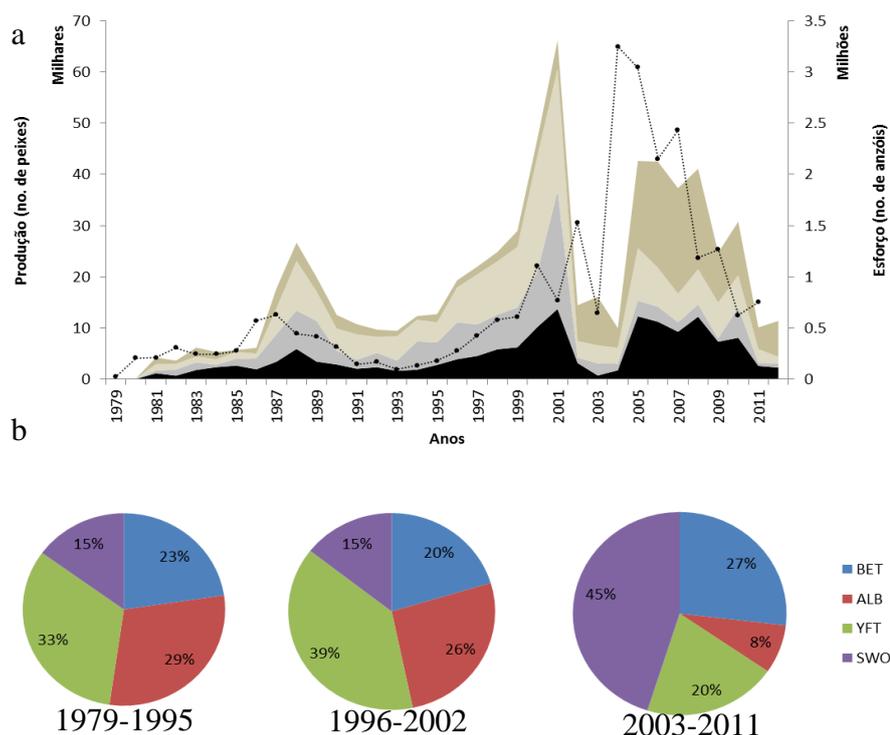


Figura 11. (a) Esforço anual da frota nacional representada pela linha pontilhada e produção das principais espécies de atuns e afins capturadas. (b) Participação relativa das capturas nos diferentes períodos de evolução da pescaria da frota espinheleira do Brasil: 1979-1995, 1996-2002 e 2003-2011.

A distribuição espacial do esforço de pesca apresenta duas áreas bem definidas, a principal área situada em águas ao largo da costa nordeste entre as latitudes de 8°S a 10°N e outra área, secundária, na região sul do Brasil entre as latitudes de 27° e 35°S nos 2º, 3º e 4º trimestres. De uma forma geral, a frota ocupa toda a zona oceânica ao largo da costa brasileira, entretanto, o esforço empregado na região nordeste representa 78% do total e a captura da albacora bandolim apresenta a mesma tendência (Figura 12).

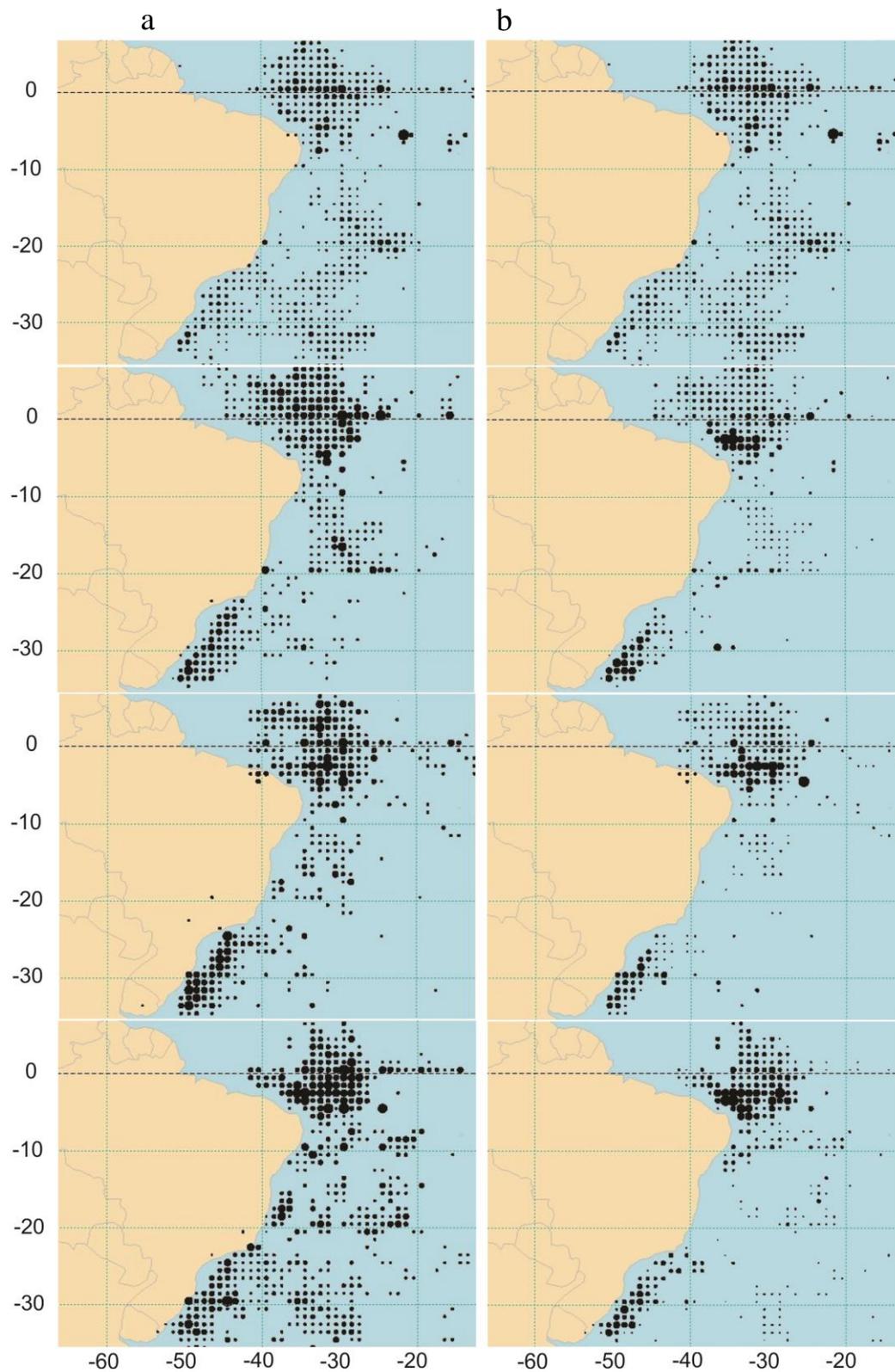


Figura 12. Distribuição espacial da média do esforço de pesca agrupado em quadrados de $1 \times 1^\circ$ (a) esforço de pesca e (b) captura média nominal da albacora bandolim da frota nacional por trimestre no Oceano Atlântico Sul.

A frota brasileira arrendada

O Brasil tradicionalmente mantém a política do arrendamento de embarcações pesqueiras de outros países. E a análise do banco de dados mostra que de 1978 a 2012 nenhum ano de pescaria foi realizado sem o auxílio de embarcações estrangeiras e suas tecnologias. Assim, 18 países participaram de forma ativa na pesca de atuns e afins em águas brasileiras, sendo as principais frotas: Japão, Espanha, China-Taipei e Panamá.

A frota japonesa arrendada operou em águas brasileiras em alguns períodos entre os anos de 1956 e 2012, mas a análise foi realizada para os anos de 1978 a 2012. Assim, a frota japonesa operou ininterruptamente de 1978 a 1995, depois em 1998, 2000 e 2001 e por fim de 2010 a 2012. Durante esse período, 41 embarcações japonesas foram arrendadas e a análise da participação relativa mostra que a espécie alvo era a albacora branca que representa 34% das capturas, seguida da albacora laje com 22%. A distribuição espacial dos dados de esforço da frota japonesa apresentou duas áreas de pesca: a principal área em águas oceânicas na região nordeste entre as latitudes de 8°S e 5°N e outra área na região sul as latitudes 25° e 35°S (Figura 13a). A captura da albacora bandolim ocorre durante todo o ano ao largo da costa brasileira e a sua distribuição espacial se comporta da mesma forma que a distribuição do esforço, ocorrendo principalmente durante o 1° e 4° trimestres do ano para a área entre as latitudes 8°S e 5°N na região nordeste e apresentando também capturas importantes ao longo de todo o ano na área localizada na região sul do Brasil.

A frota espanhola operou de 1996 a 2011, durante esse período 34 embarcações foram arrendadas. A participação relativa das espécies na pescaria mostra que a espécie alvo é o espadarte, representando cerca de 46% do total capturado, seguido pela albacora branca com cerca de 21%. A distribuição espacial do esforço de pesca mostrou que a frota espanhola arrendada explorou toda a zona oceânica ao largo da costa brasileira,

principalmente entre as latitudes 5°N e 35°S (Figura 13b). A captura da albacora bandolim pela frota espanhola arrendada ocorre como na frota japonesa ao longo de todo o ano principalmente no 4º trimestre entre as latitudes de 5°N e 10°S.

A frota de China-Taipei operou em 3 períodos: 1884, 1991 a 1995 e 1998 a 2002. E ao longo desse período foram arrendadas 35 embarcações. A participação relativa das espécies capturadas pela frota de China-Taipei mostrou que a espécie alvo das pescarias foi a albacora branca que representou cerca de 55% do total capturado, seguido pela albacora bandolim com 20%. Os dados de distribuição espacial da frota apresentaram duas áreas importantes de exploração, uma área em águas oceânicas na região nordeste entre as latitudes de 5°S e 15°N principalmente no 1º e 4º trimestres e outra área na região Sul entre as latitudes de 27° e 35°S (Figura 13c). A captura da albacora bandolim por essa frota ocorre principalmente em águas oceânicas da região Nordeste nos 1º e 4º trimestres entre as latitudes de 10°S e 10°N.

A frota Panamenha operou no Brasil durante 8 anos, de 2000 a 2007. Durante esse período 34 embarcações foram arrendadas, dessas, 24 embarcações eram originariamente de China-Taipei que operaram no Brasil sob a bandeira do Panamá. A participação relativa das espécies capturadas pela frota panamenha mostrou que a espécie alvo foi a albacora laje que representou 55% do total capturado, seguido da albacora branca com cerca de 16%. A distribuição do esforço de pesca mostrou que a principal área explorada para a captura dos atuns e afins foi em águas oceânicas ao largo da costa Nordeste entre as latitudes de 10°S e 10°N (Figura 13d). A captura da albacora bandolim ocorreu ao longo de todo o ano na área citada acima, principalmente no 1º, 3º e 4º trimestres.

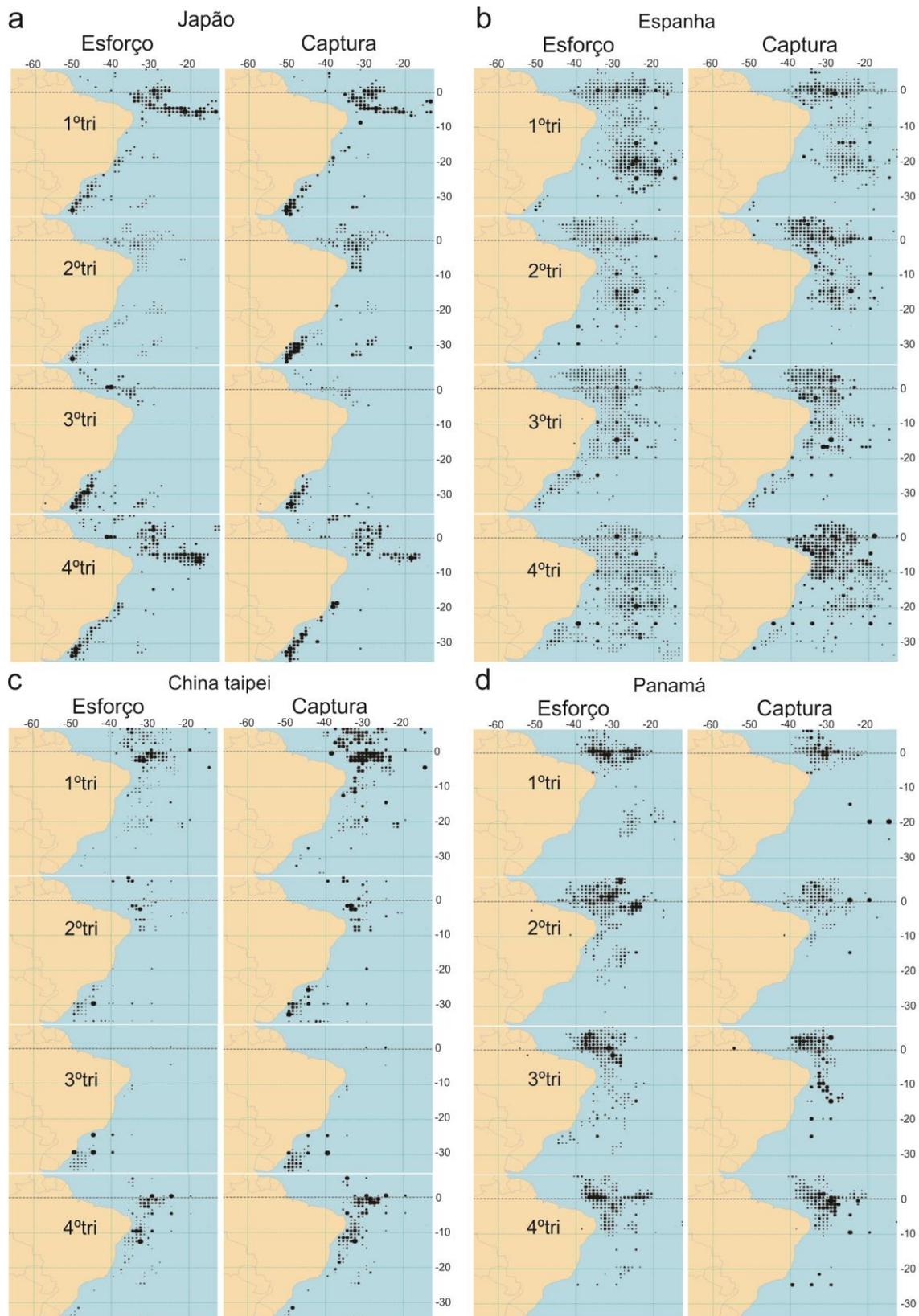


Figura 13. Distribuição espacial da média do esforço de pesca agrupado em quadrados de $1 \times 1^\circ$ e captura média nominal da albacora bandolim da frota brasileira arrendada por trimestre no Oceano Atlântico sul. a) Japão, b) Espanha, c) China Taipei e d) Panamá. *Áreas de elevadas concentrações da albacora bandolim*

As análises dos dados das principais frotas, Japão, China-Taipei e Coreia, que atuaram no oceano Atlântico com o espinhel para a captura de atuns e afins indicaram que existe áreas com importantes concentrações da albacora bandolim (Figura 14). Apresentando como principal área de captura da albacora bandolim a zona equatorial do Atlântico entre as latitudes 10°N e 10°S (área 1). E uma área secundária entre as longitudes de 0° e 10°E e latitudes de 10°S e 25°S (área 2), onde ocorre capturas importantes principalmente no 3° e 4° trimestres.



Figura 14. Principais áreas de capturas da albacora bandolim (*Thunnus obesus*) no Oceano Atlântico Sul.

4.4- Discussão

Espinhel pelágico (Longline)

Os dados de produção para espinhel pelágico (*longline*) evidencia que ele sempre foi a principal arte de pesca utilizada para a captura da albacora bandolim em regiões oceânicas nos três oceanos: Pacífico, Atlântico e Índico, e sua captura por esta arte de pesca apresentou um crescimento contínuo entre 1975 a 2001 (FONTENEAU et al., 2005). Segundo Miyabe (1994) e Nishida (2000), a partir de meados da década de 1970, grande parte das frotas mudaram suas espécies alvo, passando da albacora laje (*Thunnus albacares*) e albacora branca (*Thunnus alalunga*) para a albacora bandolim (*Thunnus obesus*), além disso, observaram também que a captura da albacora bandolim está associada principalmente ao uso do espinhel profundo, operando abaixo da termoclina entre 100 e 250 m (HANAMOTO, 1987, BIGLOW et al., 1999).

O espinhel profundo para a captura da albacora bandolim foi inserido na região equatorial dos oceanos Pacíficos e Índico no início da década de 1970 pelos japoneses. No Atlântico este tipo de espinhel foi introduzido em 1976, mas representando uma pequena parte do esforço total para a década de 1970 (KOIDO e YONEMORI, 1987, UOZUMI, 1996), sendo efetivamente utilizado pelas frotas que operam a partir de 1980 (UOZUMI, 1996).

Captura da albacora bandolim (série histórica)

Os dados anuais das capturas reportadas na tarefa 1 (Task I-ICCAT) da albacora bandolim apresentou crescimento desde o início das operações no Oceano Atlântico em 1950 até meados da década de 1990, atingindo o máximo de captura em 1994 com 133 mil t. Nos anos subsequentes a captura da albacora bandolim apresentou um declínio e

atualmente estimou-se que para 2013 a captura foi de aproximadamente 64 mil t (ICCAT, 2014).

O crescimento observado nas capturas da albacora bandolim se deve principalmente a expansão da frota japonesa, a principal frota responsável pela captura dessa espécie (UOZUMI, 1996). Essa expansão se deve ao desenvolvimento da tecnologia do super congelamento, o que aumentou a capacidade de armazenamento das embarcações no início da década 1970 e a introdução do espinhel profundo no início década de 1980 (UOZUMI, 1996). A rede de cerco também contribuiu para o crescimento da produção da albacora bandolim, capturando principalmente os peixes jovens associados a atratores (FADs - *Fish aggregating device*) (DELGADO de MOLINA et al., 1999, FONTENEAU et al., 2005). A junção desses fatores proporcionaram o aumento do esforço de pesca empregado nesta década e a capacidade de suprir a demanda do mercado japonês de sashimi (UOZUMI, 1996).

O declínio apresentado depois da década de 1990 se deve principalmente a dois fatores: a redução das frotas imposta pela ICCAT, ou seja, diminuição do número de embarcações que operavam com espinhel e também pelo declínio do índice de abundância para a espécie (OKAMOTO, 2008, LIU, 2011, SATOH e OKAMOTO, 2011, HSU, 2011, ICCAT, 2014).

Principais países participantes das pescarias

Japão

Entre os anos de 1980 e 1989, período após o desenvolvimento de um tipo de espinhel específico para a captura da albacora bandolim, a participação desta espécie alcançou cerca de 70% do total capturado (UOZUMI, 1996). Atualmente as capturas de atuns e afins, excluindo os tubarões, da frota japonesa, são estimadas em 24 mil t e a

participação da albacora bandolim é de 56% do total, seguida pela albacora laje com 17% e o espadarte (*Xyphias gladius*) com 9% (ICCAT, 2014).

Acompanhando as capturas, segundo Uozumi (1996) e Matsunaga e Nakano (2005) o esforço de pesca até meados da década de 1990 mostrou uma tendência de crescimento com algumas flutuações. O esforço de pesca da frota japonesa apresentou valor máximo empregado no Oceano Atlântico em 1996, de aproximadamente 120 milhões de anzóis (MATSUNAGA e NAKANO, 2005) dado que corrobora com a estimativa apresentada no presente trabalho para o referido ano.

Segundo Uozumi (1996) as flutuações do esforço de pesca da frota japonesa estão relacionadas com os diferentes tipos de espinhel empregados. Historicamente entre 1975 e 1992, a frota japonesa utilizou quatro tipos de espinhel: espinhel de superfície com 4-6 anzóis entre 1975 e 1979 para a captura da albacora branca que representava 54% do total capturado, espinhel profundo com 8-11 anzóis que entre os anos de 1980 e 1984 capturou as três espécies de atuns de forma semelhante, a albacora branca representou 20% do total, albacora laje 19% e albacora bandolim 16.6%, o emprego deste tipo de espinhel se desenvolveu rapidamente ocupando 50% do total do esforço empregado no Atlântico nesse período. O espinhel profundo com 12-15 anzóis também foi utilizado entre 1980 e 1984 ocupando uma pequena porção do esforço durante o período e tinha como alvo a albacora bandolim e albacora laje que representaram 37% e 40,5% respectivamente. O espinhel que operava com 16-20 anzóis foi introduzido em 1987 e apresentou grande desenvolvimento, e em 1992 já representava cerca de 34% do esforço total, tornando-se o tipo de espinhel mais utilizado no Oceano Atlântico pela frota japonesa (UOZUMI, 1996).

China-Taipei

Os dados de captura de China-Taipei mostram que a albacora branca é a espécie alvo das pescarias. Em 2013 o total de atuns e afins capturados pela frota foi de 27,8 mil t, a albacora branca representou 39% do total capturado seguida pela albacora bandolim com 37% (ICCAT, 2015).

Os índices de captura para albacora bandolim no Oceano Atlântico entre os anos de 1968 e 2008, apresentaram uma tendência de declínio nas capturas de 1968 a 1989. A partir de 1990 até 1996 houve um pequeno crescimento nas capturas, voltando a apresentar um declínio nos anos subsequentes até 2002, após esse período os índices de capturas voltaram a apresentar uma tendência de crescimento mesmo com algumas oscilações (HSU e LEE, 2005, HSU, 2011).

A frota de China-Taipei tem explorado todo o Oceano Atlântico Sul, entre as latitudes 5° N e 45° S, porém nas décadas recentes tem operado em zonas oceânicas abaixo dos 45° S, embora essa área não seja considerada uma região tradicional de pesca, principalmente pela baixa frequência de operações. Na análise de cluster realizada por Wu e Yeh (2001) observaram que essa frota opera em três regiões distintas, uma na zona equatorial entre as latitudes de 5° N e 15° S, outra em uma zona central entre 15° S e 30° S e uma zona mais ao sul entre 30° S e 45° S.

Wu e Yeh (2001) mostraram na sua análise de cluster que independente do tipo de espinhel utilizado, a zona equatorial entre 5° N e 15° S, é a principal zona de captura da albacora bandolim no Oceano Atlântico Sul.

Brasil

Os dados de produção da frota brasileira mostram uma leve tendência de crescimento principalmente nos últimos anos para o Atlântico Sudoeste mesmo sendo marcado por oscilações durante o período histórico das capturas da albacora bandolim

(HAZIN et al., 2008, HAZIN et al., 2011, ICCAT, 2014). A frota brasileira nunca foi especializada para a captura da albacora bandolim, o que levou o governo a incentivar os arrendamentos de embarcações estrangeiras para o conhecimento de novas tecnologias de pesca. Dessa maneira, a frota brasileira opera de forma geral, utilizando o espinhel de superfície, entre 50 e 150 m de profundidade, voltado para a captura do espadarte (MENEZES de LIMA et al., 2000). O espinhel de superfície utilizado pela frota brasileira é uma adaptação do aparelho de pesca utilizado pela frota arrendada da Espanha e da frota Americana que inseriu em 1996 o *lightstick* para melhorar a capturabilidade do aparelho de pesca (ARFELLI e AMORIN, 2000).

Outros dados que apoiam a afirmação mencionada acima é que segundo a ICCAT (2014), 83% das embarcações que operam na pesca oceânica são menores que 20 m, o que dificulta o armazenamento a bordo e a utilização do espinel profundo para a captura da albacora bandolim, assim o tamanho das embarcações, parece refletir nas capturas, sendo o espadarte a principal espécie capturada, seguidas pelo tubarão-azul e pela albacora laje (ICCAT, 2014).

As estratégias de pesca apresentadas pela frota brasileira foram influenciadas diretamente pela política de arrendamento de embarcações estrangeiras. Estudos de análises de cluster realizados por Hazin et al. (2007) e (2011) revelam como a frota brasileira espinheleira tem atuado em decorrência das tecnologias absorvidas através do arrendamento. Assim, os autores identificaram 6 tipos de estratégias de pesca, observando diferentes espécies alvo de atuns e afins, sendo elas: espadarte, albacora laje, albacora branca, albacora bandolim, tubarão-azul e tubarões de forma geral.

Estoque, medidas de manejo e conservação.

Atualmente é aceito pela a ICCAT a hipótese de que existe apenas um estoque para a albacora bandolim no Atlântico e Mediterrâneo baseado principalmente em evidências genéticas (ALVARADO BREMER et al., 1998, CHOW et al., 2000, ANON, 2005, MARTÍNEZ e ZARDOYA, 2005, GONZALES et al., 2008). Entretanto, Anon (2005) não descarta a possibilidade da existência de outro cenário: estoque norte e estoque sul. Porém, a albacora bandolim é avaliada como um único estoque.

Em decorrência da tendência de declínio apresentada nas capturas depois do máximo histórico reportado em 1994 houve uma preocupação com o estado do estoque da albacora bandolim. Diante desse cenário o comitê de estatística da ICCAT utilizou índices de abundância para cada frota em separado para avaliar o estado do estoque e decidiu por recomendações como medidas para garantir a exploração sustentável do estoque da albacora bandolim (ICCAT, 2014).

As recomendações com o intuito de garantir o manejo e conservação do estoque decidiram em 2004 (rec. 04-01) que o total de captura para todas as artes de pesca não excedesse 90 mil t entre os anos de 2005-2008, limitou a quantidade de embarcações pesqueiras das principais frotas que capturam a albacora bandolim, proibindo a captura de albacora bandolim em 4 áreas para vara-isca-viva e rede de cerco no mês de novembro de cada ano para proteger o estoque juvenil (ICCAT, 2004). A recomendação subsequente (rec. 08-01) estenderam as medidas anteriores até o ano de 2009, revalidou a recomendação de 99-01, proibindo a pesca em torno dos atratores para a proteção do estoque juvenil e aumentou o período de proibição da pesca nas áreas mencionadas para os meses de novembro, dezembro e janeiro (ICCAT, 2008). Em 2009 a recomendação 09-01 estendeu a recomendação 04-01 até 2010, porem diminui o limite de captura, os países participantes não poderiam exceder 85 mil t para o ano de 2010 (ICCAT, 2009).

E por fim, a recomendação de 11-01 de 2011 que estendeu as medidas de manejo até o ano de 2015 (ICCAT, 2012).

4.5- REFERÊNCIAS

- ARFELLI, C. A. & AMORIN, A. F. 2000. Analysis of Santos (SP) longliners from southern Brazil. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT. 51 (4): 1359-1366.
- ALVARADO BREMER, J. R.; STEQUERT, B.; ROBERTSON, N. W. & ELY, B. 1998. Genetic evidence for inter-oceanic subdivision of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) populations. Marine Biology, 132: 547-557.
- ANON. 2005. Simposio de 2004 de ICCAT sobre el Programa Año del Patudo. Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT, 57(1): 3-60.
- CHIANG, H. C.; HSU, C.C.; LIN, H. D.; MA, G. C.; CHIANG, T. Y. & YANG, H. Y. 2006. Population structure of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the South China Sea, Philippine Sea and western Pacific Ocean inferred from mitochondrial DNA. Fisheries Research 79: 219–225.
- CHOW, S.; OKEMOTO, H.; MIYABE, N.; HIRAMATSU, K. & BARUT, N. 2000. Genetic divergence between Atlantic and Indo-pacific stocks of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and admixture around South Africa. Molecular Ecology, 9: 221-227.
- DELGADO DE MOLINA, A.; FONTENEAU, A.; PALLARES, P.; ARIZ, J.; MARÓN, J.; GAERTNER, D. & SANTANA, C. 1999. Atlantic tropical tuna fisheries: general overview. Col.Vol.Sci.Pap. ICCAT, 49 (3): 241-252.

- EVANGELISTA, J.E.V.; OLIVEIRA, G. M. & VASCONCELOS, J. A. 1998. Evolução da pesca de atuns no nordeste do Brasil. Bol. Téc. Cient. CEPENE 6(1): 1-40.
- FIGUEIREDO, M. B. 2007. Biologia reprodutiva da albacora bandolim *Thunnus obesus* (Lowe, 1939) no Atlântico oeste tropical. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, departamento de pesca e aquicultura, 64p.
- FONTENEAU, A.; ARIZ, J.; DELGADO, A.; PALLARES, P. & PIANET, R. 2005. A comparison of bigeye (*Thunnus obesus*) stocks and fisheries in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(2): 41-66.
- GONZALEZ, E. G.; BEERLI, P. & ZARDOYAL R. 2008. Genetic structuring and migration patterns of Atlantic bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe, 1839). BMC Evolutionary Biology, 8:252.
- HAZIN, H. G.; FREDOU, T.; HAZIN, F. & TRAVASSOS, P. 2011. Standardized cpue series of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, caught by Brazilian tuna longline fisheries in the southwestern Atlantic Ocean (1980-2008). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(1): 387-398
- HAZIN, H.; HAZIN, F. & TRAVASSOS, P. 2008. Standardized CPUE series of swordfish, *Xiphias Gladius*, caught by Brazilian longliners in the southwestern Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(4): 1167-1174.
- HSU, C. C. 2011. Verification of catch-effort data and standardization of abundance index of bigeye tuna by Taiwanese longline fishery in the Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(1): 368-386.
- HSU, C.C. & LEE H. H. 2005. Standardized catch per unit effort of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) caught by Taiwanese longline fleets in the Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58(1): 192-207.

- ICCAT. Recommendation 04-01 de 2004. Recommendation by iccat on a multi-year conservation and management program for bigeye tuna. Madrid – Spain, 2004.
- ICCAT. Recommendation 08-01 de 2008. Recommendation by iccat on a multi-year conservation and management program for bigeye tuna. Madrid – Spain, 2008.
- ICCAT. Recommendation 09-01 de 2009. Recommendation by iccat on a multi-year conservation and management program for bigeye tuna. Madrid – Spain, 2009.
- ICCAT. Recommendations 10-01 and 11-01 of May of 2012. Compendium Management Recommendations and Resolutions Adopted by ICCAT for the Conservation of Atlantic Tunas and Tuna-like Species. Madrid – Spain, 2012.
- ICCAT. 2014. Report for bienal period, 2012-13. Part I, Vol. 2. ICCAT, Madrid – Spain.
- LEE, R. E. K. D. 1957. Report to the government of Brazil on tuna fishery development (northeastern coast of Brazil). Roma: FAO Rep., v.739, p. 53.
- LIU, H. 2011. Recent Taiwanese bigeye tuna fisheries in the atlantic ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(1): 361-367
- MARTÍNEZ, P. & ZARDOYA, R. 2005. Genetic structure of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap, ICCAT, 57(1): 195-205.
- MATSUNAGA, H. & NAKANO, H. 2005. Estimation of shark catches by Japanese tuna longline vessels in the Atlantic Ocean. Col.Vol.Sci.Pap. ICCAT, 58(3): 1096-1105.
- MENEZES DE LIMA, J. H.; KOTAS, J. E. & LIN, C. F. 2000. A historical review of the Brazilian long-line fishery and catch of swordfish. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT.51 (3): 1329-1358.
- MIYABE, N. 1994. A review of the biology and fisheries for bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the Pacific Ocean. In: Proceedings of the FAO Expert Consultation on

- Interactions of Pacific Tuna Fisheries. Eds. R.S. Shomura, J. Majkowski and S. Langi. pp 207-243.
- NISHIDA, T. 2000. Standardization of the Japanese longline catch rates of adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western indian ocean by general linear model (1975-98). IOTC Proceedings 3: 307-311.
- OKAMOTO, H. 2008. Japanese longline cpue for bigeye tuna standardized for two area definitions in the Atlantic Ocean from 1961 up to 2005. Col.Vol.Sci.Pap. ICCAT, 62(2): 419-439.
- SAKAGAWA, G. T.; COAN, A. L. & BARTOO, N. W. 1987. Patterns in longline fishery data and catches of bigeye tuna, *Thunnus obesus*. Marine Fisheries Review,49(4): 57-66.
- SATOH, K. & OKAMOTO, H. 2011. Standardized cpue of bigeye tuna of the Japanese tuna longline fisheries operated in the Atlantic Ocean (1961-2008). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(1): 399-420.
- SHAPIRO, S. 1948. The Japanese tuna fisheries. U.S. Dep. Int., Fish Wildl. Serv., Fish. Leaflet. 297,60 p.
- SUZUKI & S. KUME. 1982. Fishing efficiency of deep longline for bigeye tuna in the Atlantic as inferred from the operations in the Pacific and Indian Oceans. ICCAT, Collect. Vol. Sci. Pap. 17(2):471-486.
- TRAVASSOS, P. 1999. L'étude des relations thons-environnements dans l'océan Atlantique intertropical ouest : cas de l'albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788), du germon (*Thunnus alalunga*, Bonnaterre 1788) et du thon obèse (*Thunnus obesus*, Lowe 1839). l'Université Paris 6., Paris, p. 240.
- UOZUMI, Y. 1996. A historical review of Japanese longline fisheries and albacore catch in the Atlantic Ocean. Col.Vol.Sci.Pap. ICCAT, 43: 163-170.

YOKAWA, K. & UOZUMI, Y. 2001. Analysis of operation pattern of japanese longliners in the tropical atlantic and their blue marlin catch. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 53: 318-336.

WATSON, J. W. & KERSTETTER, D. W. 2006. Pelagic longline fishing gear: a brief history and review of research effort to improve selectivity. Marine technology Society Journal, 40 (3): 6-11.

WU, C. L. & YEH S. Y. 2001. Demarcation of operating areas and fishing strategies for Taiwanese longline fisheries in the south Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 52(5): 1933-1947.

Capítulo 2

Efeito das condições oceanográficas sobre a pesca

EFEITOS DAS CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS SOBRE A PESCA DA ALBACORA BANDOLIM (*Thunnus obesus* Lowe, 1839) NO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL

RESUMO

No presente artigo, a relação entre dados ambientais e de captura da albacora bandolim (BET) foi analisada por meio de um modelo aditivo generalizado (GAM), com o objetivo de identificar quais variáveis ambientais contribuem na definição das principais zonas de pesca no oceano Atlântico tropical. Foi realizado um teste de sensibilidade entre captura e CPUE para definir a variável resposta do modelo. As variáveis ambientais utilizadas foram a variação espaço-temporal da temperatura da água na superfície do mar (TSM) e subsuperfície (características da termoclina, temperaturas nas profundidades de 150 e 250 m, espessura da camada de temperatura ótima para a espécie – CTO - 15 a 10°C, profundidade da isoterma de 15°C e o coeficiente de variação entre a TSM e a isoterma de 15°C. As variáveis de pesca foram a captura em número de peixes, sua posição geográfica (latitude e longitude) e distribuição mensal. Os resultados obtidos mostram que todos os fatores ambientais e de pesca usados como variáveis explicativas no modelo foram estatisticamente significantes ($p < 0,001$). As capturas em relação aos fatores ambientais mostraram que o melhor cenário ocorre em zonas que apresentam TSM entre 24 e 26°C, menor espessura da CTO (~50m) e quando o topo desta camada encontra-se em profundidades entre 100 e 250 m. Outras características térmicas consideradas importantes para definir as principais zonas de pesca da BET oceano Atlântico Tropical refere-se à estrutura da termoclina, ocorrendo capturas mais elevadas quando e onde a profundidade do topo situa-se entre 20 e 55 m, a temperatura do topo varia de 24 a 25°C e a temperatura da base, de 17 a 19°C. A temperatura da água nas profundidades de 150 m (Z150) e 250 m (Z250), que delimitam a distribuição vertical dos anzóis do espinhel profundo, apresentaram maiores capturas quando ocorrem acima de 22°C para a Z150 e dentro da CTO (entre 14 e 10°C) para Z250. Diante dos resultados aqui aportados, podemos compreender melhor a condições oceanográficas favoráveis às capturas da BET com o emprego do espinhel profundo no Atlântico tropical.

Palavras-chave: Modelo aditivo generalizado; Camada de temperatura ótima; Termoclina; Temperatura da superfície do mar; Pesca de atuns e afins.

5.1- INTRODUÇÃO

A Albacora bandolim (*Thunnus obesus*, Lowe 1839) (BET) é uma espécie altamente migratória, que se distribui no oceano Atlântico entre 50°N e 45°S, especialmente em águas tropicais (FONTENEAU et al., 2004, LEE et al., 2005), onde apresenta um marcado padrão nictimeral de distribuição vertical, encontrando-se em águas mais profundas e frias durante o dia e mais próximas da superfície durante a noite (MUSYL et al., 2003, ARRIZABALAGA et al., 2008, LAN et al., 2013).

Por esta razão, embora a pesca de atuns e afins de larga escala tenha se iniciado em 1956 no oceano Atlântico (LEE, 1957) (PAIVA e LE GALL, 1975), foi apenas a partir da década de 1980 que as capturas da BET tiveram um aumento significativo, com a introdução do espinhel profundo no Atlântico (> 9 anzóis/samburá), desenvolvido para atuar durante o dia, em camadas abaixo da termoclina, entre 100 m e 300 m de profundidade (SUZUKI e KUME, 1981, HANAMOTO, 1987, GRUDININ, 1989, UOZUMI, 1996, WARD et al., 1996, BIGELOW et al., 1999, YOKAWA e UOZUMI, 2001, BRILL e LUTCAVAGE, 2001, BEVERLY et al., 2003). A produção, que era em média de 33.479 t na década de 1970, quando se usava exclusivamente o espinhel tradicional (< 9 samburá), chegou à média de 44.500 t na década de 1980 e atingiu um máximo de 133.000 t em 1994 (UOZUMI, 1996, YOKAWA e UOZUMI, 2001, ICCAT 2015), sendo atualmente uma das mais importantes espécies-alvo da pesca oceânica direcionada aos atuns neste oceano (FONTENEAU et al., 2005, LIU, 2011).

Desde então, estudos tem sido realizados com objetivo de melhor conhecer o habitat preferencial da espécie nos oceanos tropicais, principalmente no que se refere aos efeitos das variáveis oceanográficas na distribuição espacial (horizontal e vertical) (DAGORN et al., 1997, HAMPTON et al., 1998, SIBERT et al., 2003, GONZALEZ et al., 2008) e temporal da albacora bandolim (MUSYL et al., 2003, ARRIZABALAGA et al., 2008, SCHAEFER et al., 2010, LAN et al., 2014) e, conseqüentemente, melhor compreender a dinâmica da atividade pesqueira que incide sobre a espécie.

Parâmetros como a temperatura da superfície do mar (TSM), as concentrações de oxigênio dissolvido e de clorofila, a estrutura térmica vertical, incluindo a termoclina, entre outros, influenciam a distribuição e abundância de diversas espécies marinhas (TIAN et al., 2009, LAN et al., 2013), incluindo os atuns e espécies afins (BRILL, 1994, BIGELOW et al., 1999, HYDER et al., 2009, YANG et al., 2015). Para a BET, a TSM e a estrutura térmica vertical, incluindo as características da termoclina, desempenham um papel importante na definição de zonas de elevada concentração e, em consequência, de elevada produtividade pesqueira (LEE et al., 2005, YANG et al., 2012, YANG et al., 2015). De uma maneira geral, sabe-se que a concentração da espécie pode estar associada provavelmente à atividade reprodutiva ou trófica (FONTENEAU, 1997), mas há ainda pouco conhecimento sobre os efeitos da TSM e da estrutura térmica vertical na delimitação de zonas de elevadas abundância e potencial pesqueiro. No que se refere à estrutura térmica vertical dos oceanos tropicais,

por exemplo, sabe-se que a espécie apresenta maiores concentrações em camadas abaixo da termoclina, em águas com temperatura que variam de 15 a 10°C, as quais delimitam a camada de temperatura ótima (CTO) para espécie (HANAMOTO, 1987, GRUDININ, 1989, YANG et al., 2015), onde é bastante capturada com o uso do espinhel profundo, conforme mencionado anteriormente.

No Atlântico tropical, a distribuição espacial do esforço de pesca das frotas que operam com espinhel na captura da BET apresenta claramente zonas de elevada produtividade pesqueira, tanto ao norte (5°N - 15°N) quanto ao sul do equador (5°S - 10°S) (TRAVASSOS 1999, FONTENEAU et al., 2005), as quais podem se caracterizar por apresentarem condições ambientais mais propícias à pesca que outras regiões.

Por estas razões, o presente trabalho tem como objetivo principal elucidar se esta distribuição específica do esforço de pesca e, conseqüentemente, de elevadas a captura da BET no Atlântico tropical com espinhel profundo está associada diretamente às condições ambientais locais, as quais permitem, possivelmente, rendimentos mais elevados da atividade pesqueira.

5.2- MATERIAL E MÉTODOS

Dados de pesca

Foram analisados dados de captura da BET do Japão e China-Taipei, que são as principais frotas espinheleiras que tem a BET como alvo da pescaria no Atlântico tropical, especialmente entre 20°N e 20°S. As duas frotas em conjunto são responsáveis por cerca de 70% da captura anual da espécie, principalmente com a utilização do espinhel profundo nesta parte do Atlântico (UOZUMI, 1996, YOKAWA e UOZUMI, 2001, WU e YEH, 2001, LIU, 2011, ICCAT, 2015). Desta forma, foram selecionadas para análise as operações de pesca realizadas entre 20°N e 20°S no período de janeiro de 1987 a dezembro 2012, devido ao efetivo desenvolvimento do espinhel profundo pelas duas frotas. Os dados foram extraídos da Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT) (<http://www.iccat.es/en/accesingdb.htm>), que contém informações derivadas de documento público disponível (Tarefa II), com informações

sobre o esforço de pesca, as capturas por espécie (peso ou número de peixes), o período (mês e ano) e a posição geográfica (resolução de 5°x5° de latitude e longitude) em que foram realizadas as operações de pesca.

Variáveis ambientais relacionadas à temperatura da água

A TSM foi obtida do “*Physical Oceanography Distributed Active Archive Center*” do “*Jet Propulsion Laboratory/NASA*”, com resolução espaço-temporal de 0,5° x 0,5° de latitude e longitude e mês. Foram também analisados dados da temperatura da água por profundidade, obtidos do “*Met Office Hadley Centre observations datasets*” (MET OFFICE/UK). A resolução espaço-temporal desses dados é de 1° x 1° de latitude e longitude e mês, com valores temperatura estimados para 42 níveis de profundidades, desde 5 m até 5000 m em intervalos não regulares. A partir dos 42 pares de valores (profundidade-temperatura) foi ajustada uma função polinomial de terceira ordem, com a inclusão de interações ($y=a+b.x+c.x^2+d.x^3+e.x^2:x^2+f.x^3:x^3$), onde y é a temperatura e x é a profundidade. Foi possível assim, estimar a temperatura em qualquer profundidade, além das 42 disponibilizadas originalmente no banco de dados. Em cada local de pesca foi então estimada a temperatura para cada profundidade em intervalos regulares de 1 m.

A profundidade do topo da termoclina foi estimada a partir do cálculo dos gradientes verticais de temperatura no perfil vertical ($\Delta y/\Delta x$), em que: Δy e Δx são as diferenças de temperatura e profundidade respectivamente. As profundidades com gradiente maior que 0,1°C/m foram classificadas como indicadoras da presença da termoclina (YANG et al., 2015). A profundidade com essa característica mais próxima da superfície foi selecionada como sendo a estimativa da profundidade no topo da termoclina. Foram também calculadas as temperaturas no topo e na base da termoclina, a profundidade com temperatura de 15° C, a espessura da camada de temperatura ótima

(CTO) 15-10°C, e as temperaturas nas profundidades de 150 e 250 m que delimitam a distribuição vertical dos anzóis do espinhel. Foi calculado também o coeficiente de variação (CV) da temperatura entre a superfície e o topo da CTO. O CV é um indicativo do grau de heterogeneidade (ou inversamente de homogeneidade) da temperatura na camada de mistura.

As resoluções espaciais das variáveis calculadas como descrito acima são de 0,5° ou de 1°. No entanto, os dados de pesca tem resolução espacial de quadrados de 5°. Portanto, foram calculadas as médias das estimativas associadas à temperatura em cada quadrado de 5°x5°, permitindo que as estimativas das variáveis associadas à temperatura pudessem ser incorporadas facilmente à base de dados de pesca.

Análise de dados

Para a análise da distribuição espacial das capturas da BET, os dados foram agrupados por mês, para investigar as variações sazonais ao longo do período estudado.

Análise de correlação entre captura e a CPUE

Esta análise parte do pressuposto de que o esforço (número de anzóis) empregado pelas frotas é o indicativo das zonas de pesca que apresentam rendimentos importantes e/ou condições oceanográficas favoráveis para a operação de pesca. Dessa forma, foi realizada uma análise comparativa entre a captura (número de peixes) e a CPUE da BET para identificar qual dessas variáveis representa o esforço de pesca empregado e assim, selecionar a variável resposta do modelo. A motivação para a análise comparativa, é que apesar de ser uma taxa de captura, a CPUE nem sempre representa a abundância ou grau de vulnerabilidade dos recursos explorados na região (FONTENEAU, 1997). Isto ocorre em decorrência de características específicas da pesca de atuns como: (i) a elevada taxa de exploração, com elevados níveis de esforço de pesca, provocam rápido decréscimo bastante localizado da CPUE, ainda que a

abundância geral da área não seja baixa; ou, em contraposição, (ii) níveis baixos de esforço de pesca empregados por um curto período, resultam em elevados rendimentos localizados, mesmo em uma área em que a biomassa é relativamente baixa (FONTENEAU, 2009). Para isto, foi realizado um teste de correlação para definir qual variável entre a captura e a CPUE representa o esforço de pesca empregado pelas frotas do Japão e China-taipei. Sendo assim, foi realizada um teste de correlação de Spearman entre a CPUE e o esforço de pesca (Figura 1a) visto à relação não linear entre os dados e um teste de correlação de Pearson entre a captura e o esforço de pesca (Figura 1b)

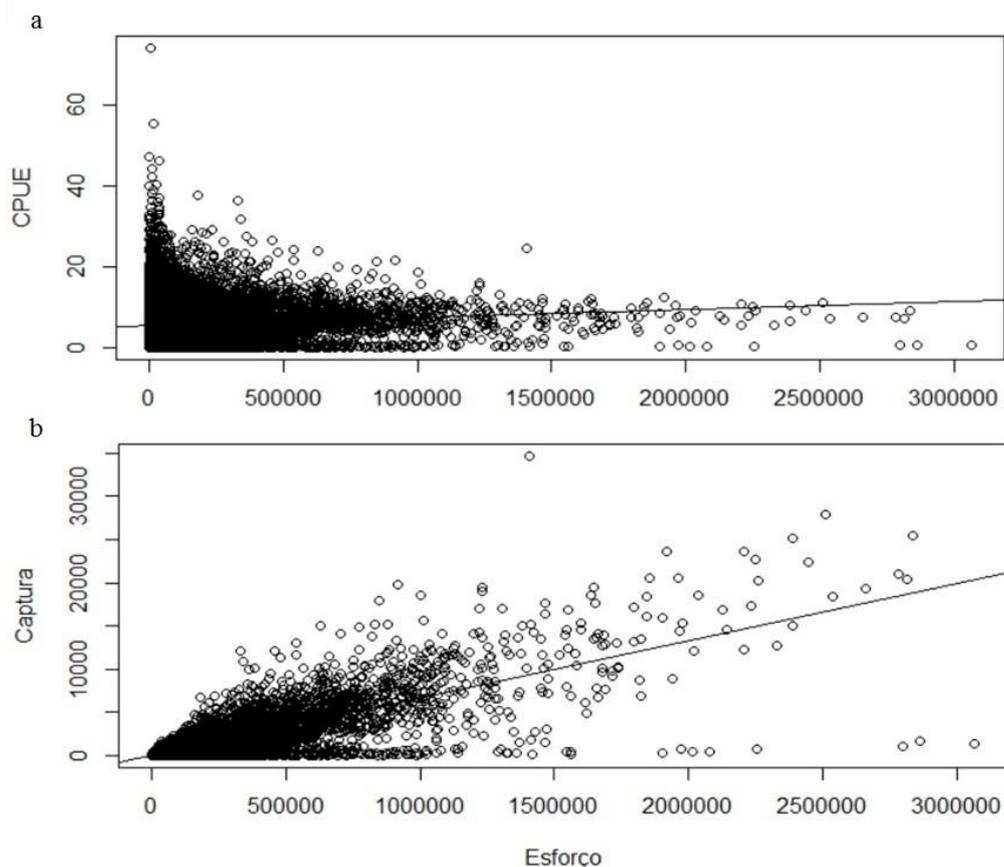


Figura 1. a) Análise de correlação entre CPUE nominal (número de peixes por 1000 anzóis) e o esforço de pesca (número de anzóis) e b) análise de correlação entre a captura (número de peixes) e o esforço de pesca no oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012. a) teste dentro da principal área de pesca e b) região adjacente à área de pesca.

No que se refere a análise de correlação, observou-se uma baixa relação positiva entre a CPUE e o esforço de pesca empregado (Coeficiente de correlação= 0,2) (Figura 2a). A captura apresentou uma forte correlação positiva (Coeficiente de correlação= 0,87), indicando que a captura é a variável que melhor representa o esforço de pesca empregado pelas frotas do Japão e China-Taipei no oceano atlântico tropical (Figura 2b).

Foi avaliada a distribuição espacial das capturas, do esforço de pesca empregado e da captura por unidade de esforço ao longo do período estudado (Figura 2) Dessa forma, a CPUE foi calculada através da seguinte formula:

$$U = \frac{c}{f} \times 1000$$

Onde: U = CPUE da albacora bandolim, c = captura da albacora bandolim (número de peixes capturados), f = Esforço de pesca (número de anzóis) para a captura da albacora bandolim.

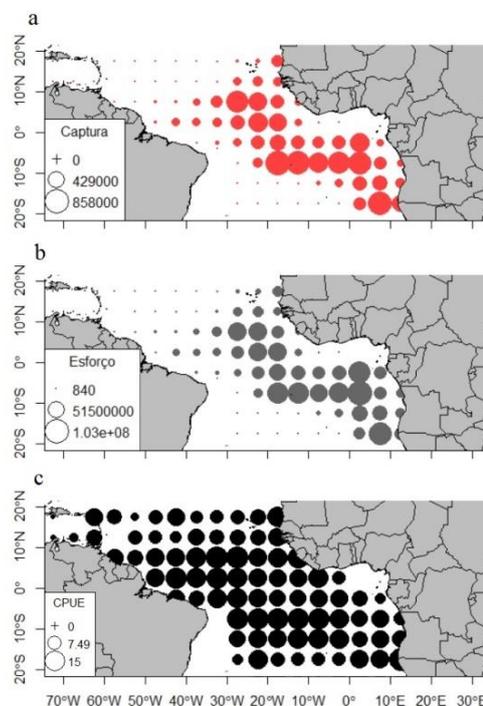


Figura 2. Distribuição espacial da captura da albacora bandolim em número de peixes capturados (a), esforço de pesca em números de anzóis (b) e CPUE nominal em no. de peixes/1000 anzóis (c) no oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012, para as frotas de Japão e China-Taipei juntas.

No que se refere à análise espacial entre a CPUE e a captura da BET, observou-se padrões distintos na distribuição espacial das capturas, do esforço de pesca empregado e da CPUE da albacora bandolim no oceano Atlântico Tropical (Figura 2). A captura e o esforço de pesca apresentaram áreas bem definidas, concentradas entre 10N e 10S, principalmente entre 5S e 10S. Entretanto, a CPUE mostra homogeneidade espacial em toda área tropical não refletindo a real área de concentração do esforço de pesca e consequentemente das capturas da espécie.

Modelo

Foram utilizados os dados de captura em número de peixes das frotas de Japão e China Taipei como variável resposta. As capturas da frota de China Tapei, disponibilizadas apenas em peso para o período de 1995 a 2012, foram convertidas para número de peixes. Para isto, foram usados dados de tamanho da BET, por trimestre/ano, (ICCAT, Task II size, <http://www.iccat.es/en/accesingdb.htm>), gerando-se um peso médio por trimestre a partir da distribuição da frequência de comprimento trimestral, obtido da relação peso \times comprimento de Parks et al. (1982). Desta forma, as capturas foram divididas pelo peso médio, obtendo-se assim o número de peixes equivalente para o período mencionado acima.

O Modelo Aditivo Generalizado foi utilizado para avaliar as relações entre a captura da albacora bandolim e as variáveis explicativas no Oceano Atlântico Tropical. A ordem de entrada das variáveis explicativas foi definida tomando como base a deviança. O procedimento consistiu em ajustar um modelo para cada variável explicativa de forma isolada, assim, construir a ordem de entrada das variáveis em função dos valores decrescentes de deviança explicada. Para a seleção das variáveis do

modelo foi utilizado critério de informação de AKAIKE (“Akaike information Criterion” – AIC) (AKAIKE, 1974). O índice de AIC leva em consideração o log da verossimilhança e o número de parâmetros do modelo, assim, ele atribui um peso para cada variável explicativa permitindo identificar o melhor ajuste (modelo) para o conjunto de dados utilizado.

O modelo utilizado foi:

$$C \sim (\text{long:lat}) + s(\text{CTO:P15}) + s(\text{TSM}) + s(\text{TTD}) + \text{Mês} + \text{Ano} + s(\text{TBTD}) + s(\text{TTTD}) + s(\text{Z150}) + s(\text{Z250}) + s(\text{CTO}) + s(\text{P15}) + s(\text{CV}) + \varepsilon$$

Em que: c é a Captura da albacora bandolim (número de peixes capturados); Mês: efeito do variável mês como fator; TSM: efeito da temperatura da superfície do mar; Z150: efeito da temperatura na profundidade de 150 m; Z250: efeito da temperatura na profundidade de 250 ms; TTD: profundidade do topo da termoclina; TBTD: temperatura da base da termoclina; TTTD: temperatura do topo da termoclina; CTO: espessura da camada de temperatura ótima 15-10°C; P15: profundidade da isoterma de 15°C e CV: coeficiente de variação entre a temperatura da superfície do mar e a profundidade de da isoterma de 15°C e ε : distribuição Poisson.

5.3- RESULTADOS

A distribuição espacial das capturas da albacora bandolim mostrou que a principal zona de pesca foi entre 10N e 10S a leste de 30W. Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram melhores rendimentos, principalmente entre 10N e 0 e 5S e 10S. Entre os meses de julho e dezembro as capturas da BET apresentaram rendimentos importantes entre as latitudes de 5S-20S e longitudes de 0-10E (Figura 3).

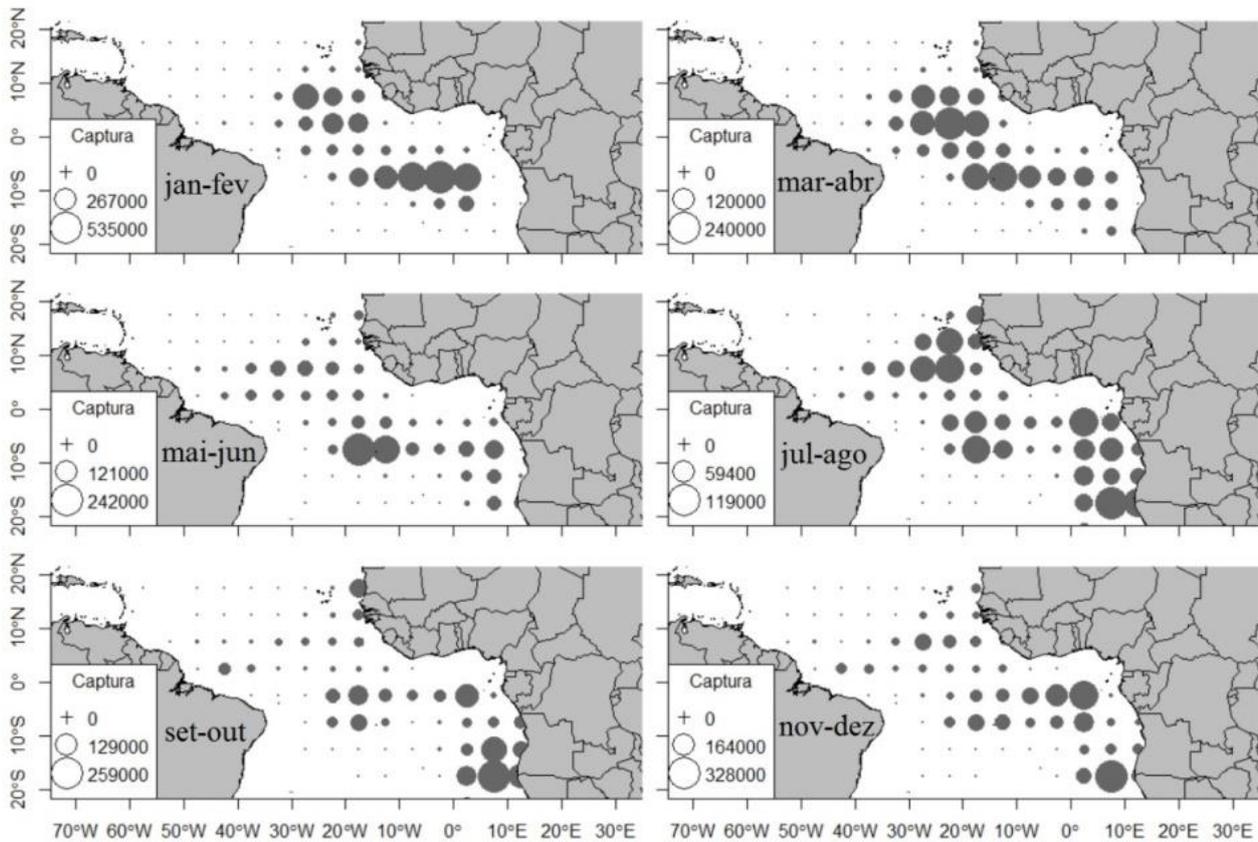


Figura 3. Distribuição espacial das capturas da albacora bandolim no Oceano Atlântico Tropical ao longo dos meses, calculada com os dados de 1987 a 2012 agregados.

A distribuição das capturas da albacora bandolim no Oceano Atlântico tropical foi explicada em 36,8%. Todas as variáveis ambientais (explicativas) mostraram-se estatisticamente significativas ($p < 2e-16$) (Tabela 1). As variáveis mais representativas do modelo foram a interação entre a longitude e latitude com 20,9%, seguida pela interação da espessura da CTO com a profundidade da isoterma de 15°C com 4,1%, temperatura da superfície do mar com 3,4% e a profundidade da termoclina com 2,4%.

Tabela 1. Análise de variância do modelo aditivo generalizado para a captura da albacora bandolim no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012. em que: CTO é a camada de temperatura ótima, Edf é o grau de liberdade efetivo dos termos suavizados, Chi.sq valor do teste de qui-quadrado e p o valor do p do teste.

Variáveis	Edf	Chi.sq	P	%
Interação lat-long	50,9	1483309	<2e-16	20,9
Interação espessura da CTO e prof. da isoterma de 15°C	26,9	101572	<2e-16	4,1
Temperatura da superfície do mar	8,99	363018	<2e-16	3,4
Profundidade da termoclina	8,98	43274	<2e-16	2,4
Mês				1,7
Ano				1,2
Temperatura da base da termoclina	8,99	50957	<2e-16	1
Temperatura do topo da termoclina	8,96	53985	<2e-16	0,9
Temperatura na profundidade de 150 m	8,99	73721	<2e-16	0,6
Temperatura na profundidade de 250 m	8,98	75443	<2e-16	0,3
Espessura da CTO	8,59	19278	<2e-16	0,1
Profundidade da isoterma de 15°C	8,97	31536	<2e-16	0,1
Coeficiente de variação da TSM e a temperatura de 15°C	8,98	60033	<2e-16	0,1
Deviancia total explicada = 36,8%				

Com relação à interação lon-lat, observou-se efeito positivo importante nas capturas da albacora bandolim entre as latitudes de 5N e 10S, caracterizando essa zona como a principal área de captura da espécie (Figura 4).

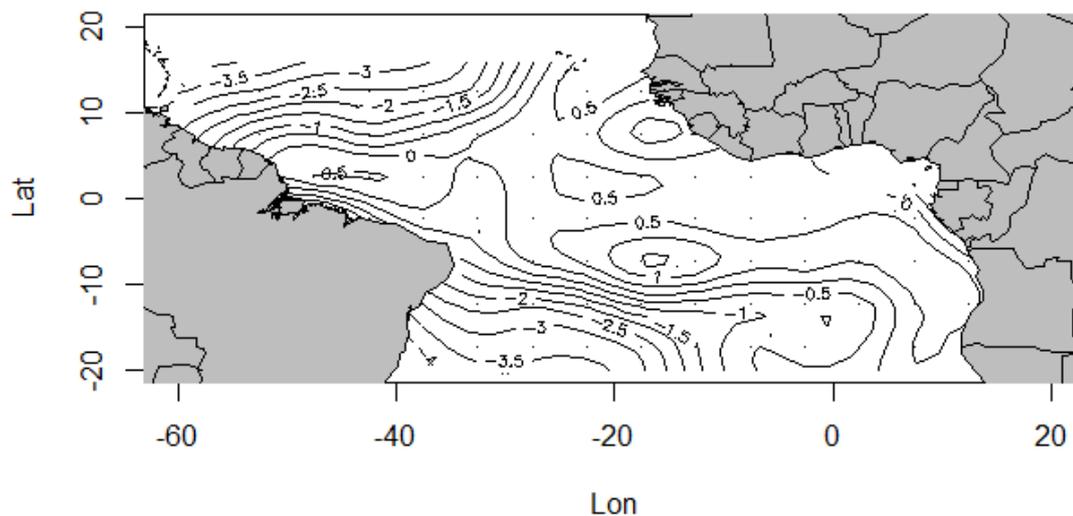


Figura 4. Efeito da interação lon-lat nas capturas da albacora bandolim no oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.

No que se refere à interação entre a camada de temperatura ótima (CTO) e a profundidade da isoterma de 15°C, observou-se maior nível de captura em cenários de CTO pouco espessa (< 50 m) e com o topo da CTO localizado entre 150 e 250 m (Figura 5). A interação mostra efeito negativo nas capturas quando a espessura da CTO é superior a 150 m.

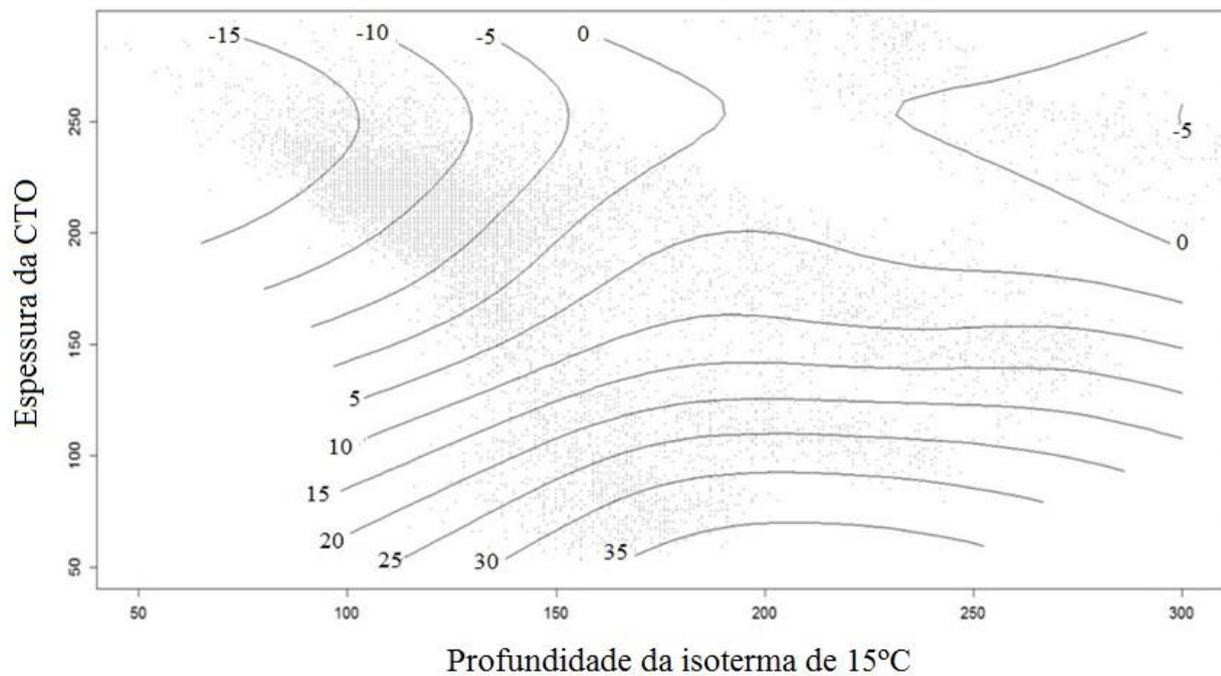


Figura 5. Efeito da interação entre a espessura da camada de temperatura ótima e a profundidade da isoterma de 15°C no oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.

Em relação à profundidade do topo da termoclina observou-se, de forma geral, que a termoclina nas áreas de grande captura da albacora bandolim (ao norte e ao sul do equador) está entre a superfície e 55m. No entanto, o modelo mostra o efeito positivo somente em áreas com profundidade do topo da termoclina entre 20 e 55 m (Figura 6a e 6b).

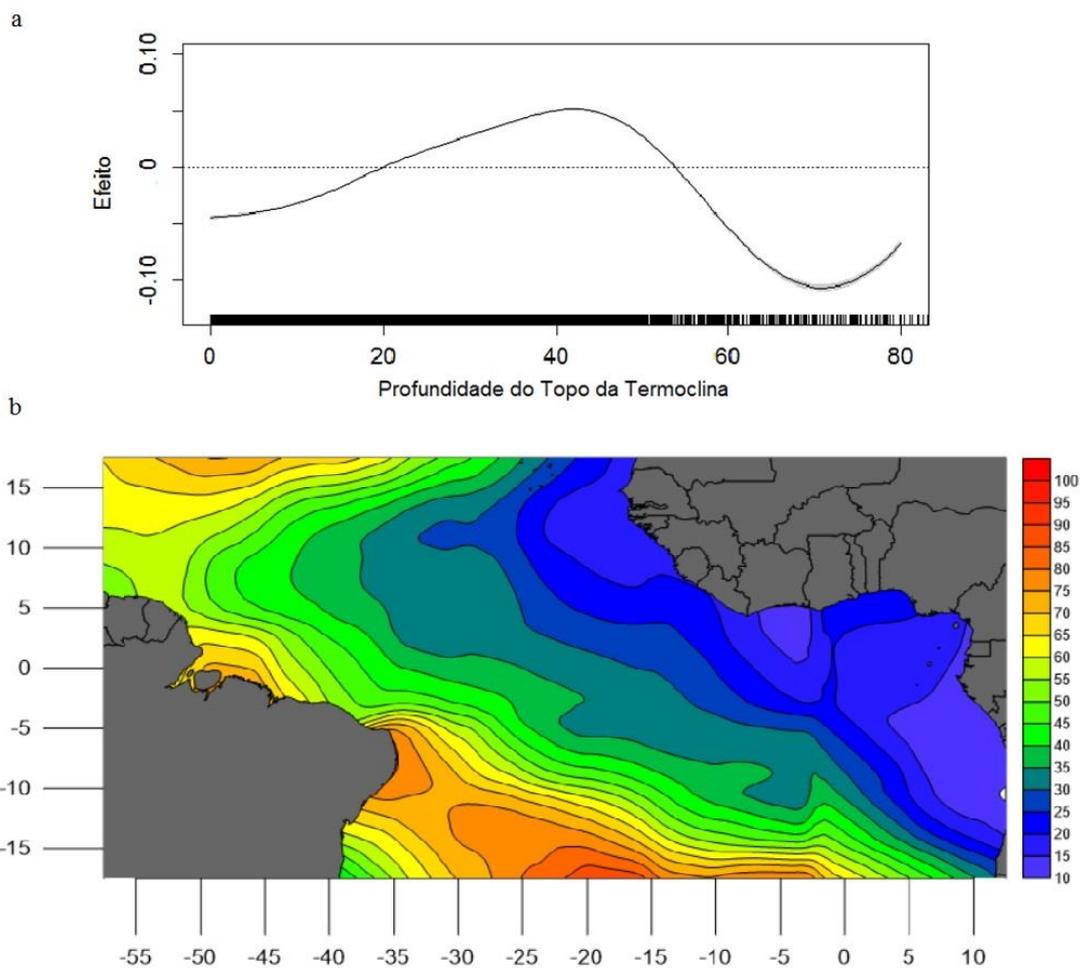


Figura 6. a) efeito da profundidade do topo termoclina sobre a captura da albacora bandolim e b) distribuição espacial da profundidade do topo da termoclina no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.

No que se refere às características térmicas da termoclina, verifica-se que temperaturas de 21 a 26° C no topo da termoclina tem efeito positivo sobre as capturas da albacora bandolim, especialmente entre 23 e 25° C (Figura 7a e 7b).

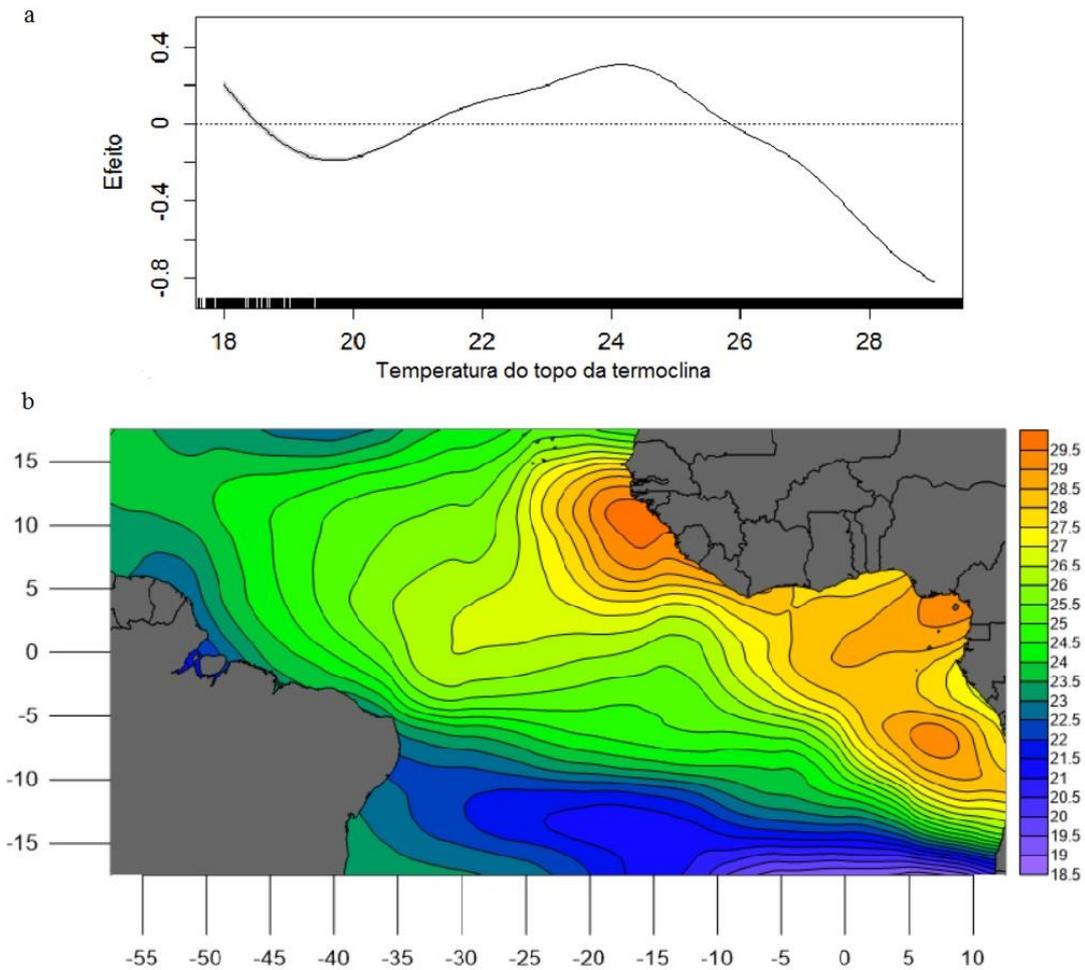


Figura 7. a) efeito da temperatura do topo da termoclina sobre a captura da albacora bandolim e b) distribuição espacial da temperatura do topo da termoclina no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.

A temperatura da base da termoclina no Oceano Atlântico Tropical variou entre 15 -19°C e apresentou como melhor cenário para a captura da albacora bandolim as temperaturas entre 16,5 e 19°C (Figura 8a e 8b). Destacando-se, principalmente, o efeito negativo nas capturas em termoclinas com bases mais frias (<16,5°C)

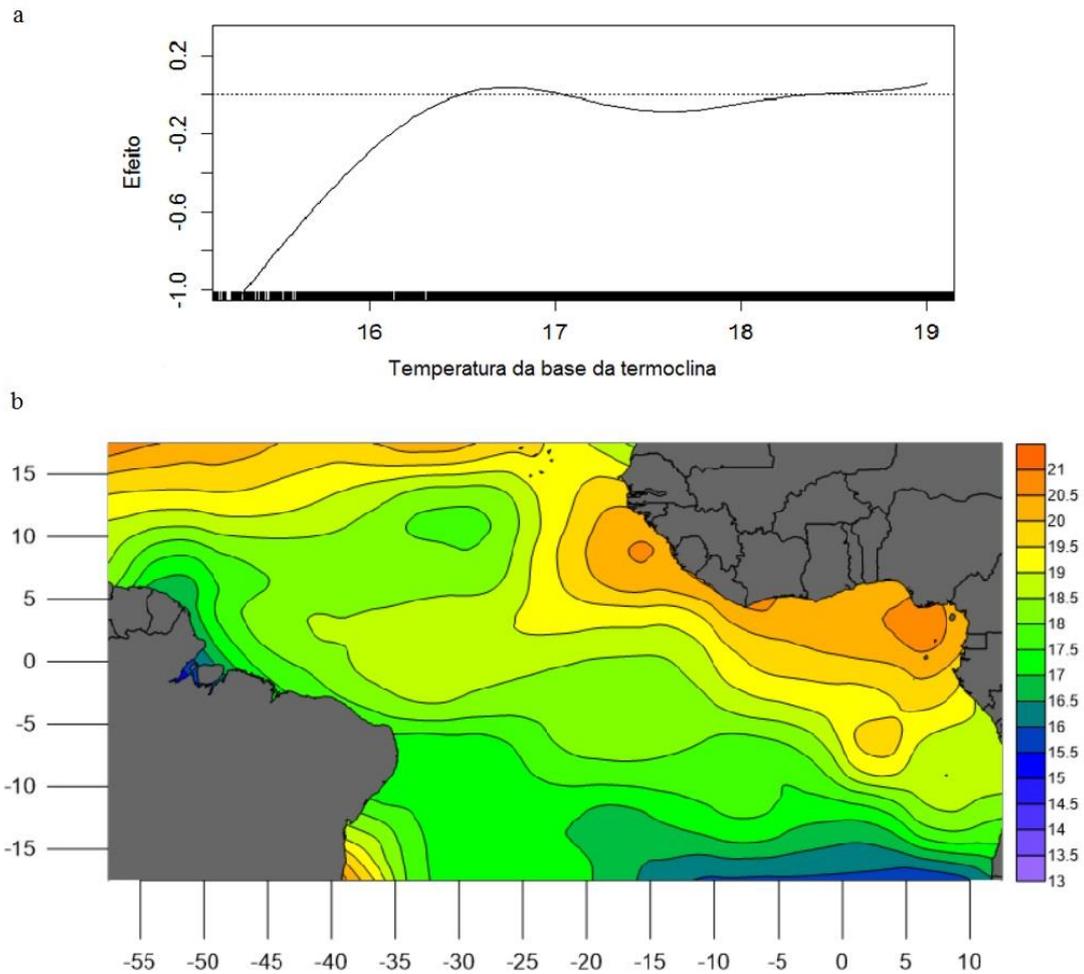


Figura 8. a) efeito da temperatura na base da termocline sobre a captura da albacora bandolim e b) distribuição espacial da temperatura da base da termocline no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.

Em relação às temperaturas nas profundidades de 150 e 250 m, os resultados indicaram efeitos positivos para temperaturas relativamente altas ($>20^{\circ}\text{C}$) na profundidade de 150 m (Figura 9a). Enquanto que as capturas associadas a temperatura na profundidade de 250 m apresentaram um efeito positivo entre 14 e 10°C , ocorrendo dentro da camada de temperatura ótima (Figura 9b).

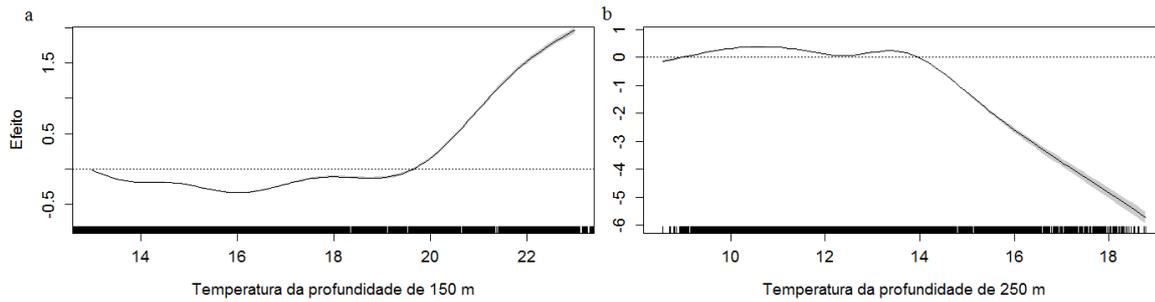


Figura 9. Temperatura na zona de atuação da catenária do espinhel profundo para a captura da albacora bandolim no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987 a 2012. a) temperatura da profundidade de 150 m e b) temperatura da profundidade de 250 m.

A temperatura da superfície do mar associada a captura da albacora bandolim mostrou um melhor cenário entre as isotermas de 20 e 27°C, principalmente em torno de 24 e 27°C (Figura 10a e 10b).

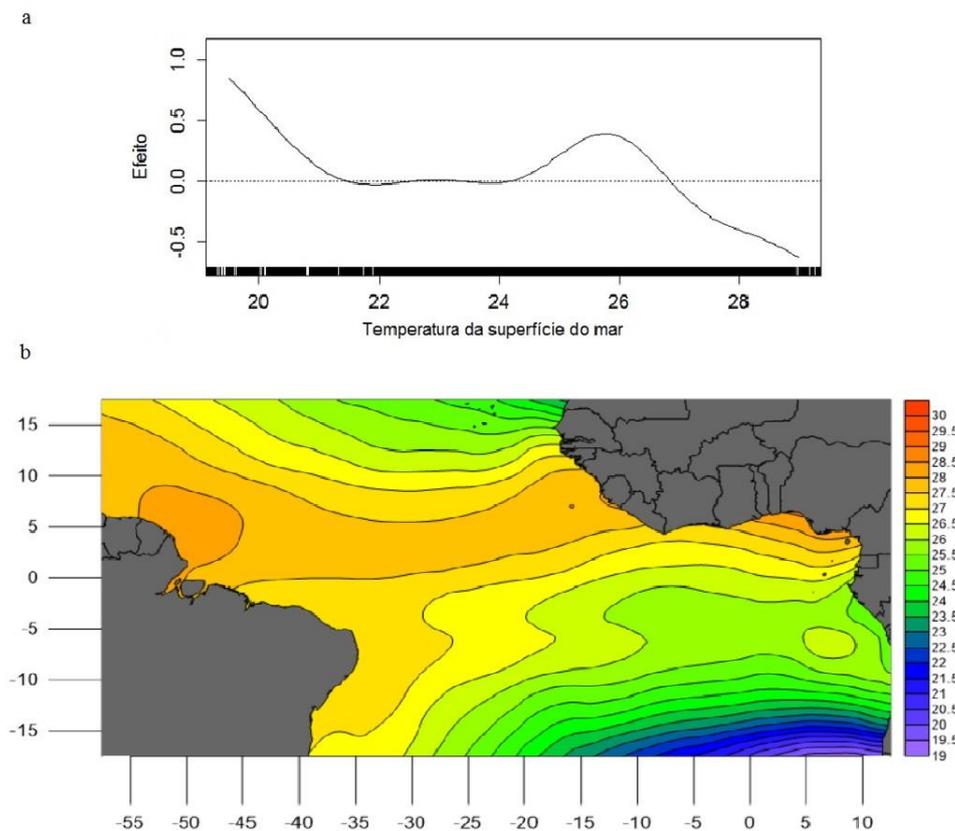


Figura 10. a) Efeito da temperatura da superfície do mar sobre a captura da albacora bandolim e b) distribuição espacial da TSM no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.

O coeficiente de variação (CV) entre a TSM e a isoterma de 15° C apresentou média dispersão ($< 0,25$) (Figura 11). O CV apresentou efeito positivo em relação às capturas entre 0,5 e 0,12 e acima de 0,19.

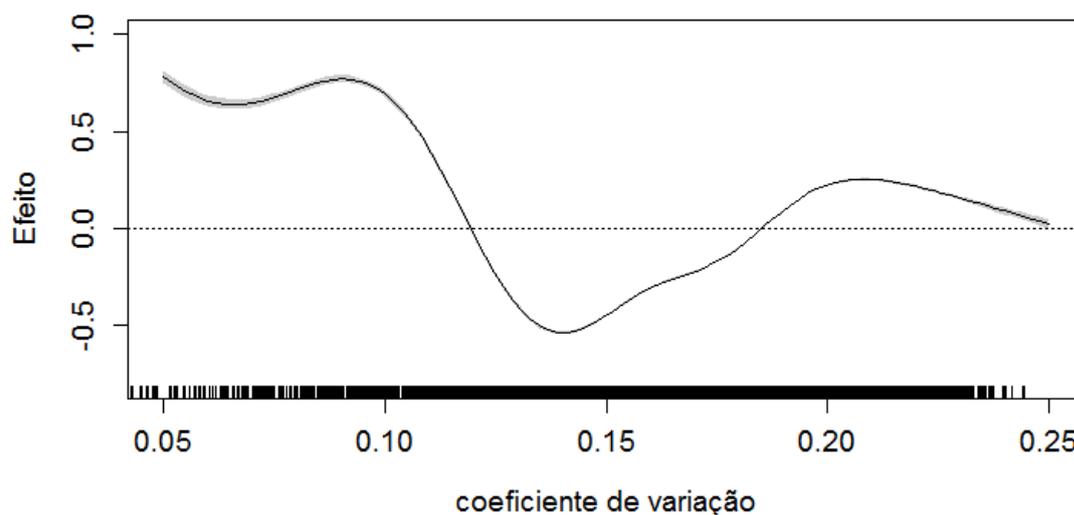


Figura 11. Efeito do coeficiente de variação entre a temperatura da superfície do mar e a isoterma de 15°C no Oceano Atlântico Tropical no período de 1987-2012.

5.4- DISCUSSÃO

Modelos derivados de dados de pesca, como este apresentado, são comumente utilizados para entender as relações entre as variáveis ambientais e distribuição de espécies pelágicas, a exemplo dos atuns (CHEN et al., 2005, GUNN et al., 2005, LEE et al., 2005, LAN et al., 2013, XU et al., 2013). A baixa explicação apresentada pelo modelo segundo Ward e Mayers (2006) deve-se a três fatores: (i) falta de conhecimento sobre as reais preferências de habitat da espécie, (ii) as diferenças entre escala espacial dos dados de pesca e dos fatores ambientais e principalmente (iii) a falta de dados sobre a profundidade de operação do espinhel. O que parece ser o caso da albacora bandolim capturada no Oceano Atlântico tropical, uma vez que o banco de dados da pesca está em

uma resolução espacial maior do que dos dados ambientais disponíveis e principalmente, pela falta de informação sobre o aparelho de pesca, especialmente sobre a profundidade de atuação do espinhel.

Em muitos casos a CPUE é utilizada como índice de abundância para diversas espécies pelágicas (PETRERE et al., 2010), a exemplo dos atuns, em especial a albacora bandolim (VANNUCCINI, 2003, LEE et al., 2005, FONTENEAU et al., 2005). Apesar de deficiências bem documentadas em relação à CPUE (HILLBORN e WALTERS, 1992, MAUNDER et al., 2006), ela é utilizada para avaliação de estoques assumindo uma proporcionalidade entre a CPUE e a abundância da espécie (BEVERTON e HOLT 1957, HARLEY et al., 2001).

Entretanto, segundo Maunder et al. (2006) a CPUE raramente é proporcional à abundância ao longo de toda a série histórica de exploração e ao longo de sua distribuição geográfica, pois diversos fatores podem afetar as taxas de captura, tais como: a capturabilidade da frota, a dinâmica da frota pesqueira ou da população natural e pelos fatores ambientais. Dessa forma, a CPUE devido a sua homogeneidade espacial não é a variável apropriada, pois ela não representa o localizado esforço de pesca e conseqüentemente a captura da BET no Oceano Atlântico Tropical. Assim, os resultados apresentados apoiam a captura como variável para entender a influência das variáveis ambientais sobre a operação de pesca e delimitação de zonas de concentração da BET no Oceano Atlântico Tropical.

A distribuição espacial das capturas da albacora bandolim no Oceano Atlântico mostrou rendimentos importantes em águas tropicais entre as latitudes de 10°N e 10°S. Padrão similar de distribuição é observado nos Oceanos Pacífico (LU et al., 2001) e Índico (FONTENEAU et al., 2004, LEE et al., 2005). Essas regiões tropicais dos Oceanos Pacífico, Atlântico e Índico são indicadas historicamente como zonas de

concentração das capturas albacora bandolim realizadas pelas frotas espinheleiras (FONTENEAU et al., 2005, HARLEY et al., 2005). Os dados aqui apresentados mostraram uma marcante sazonalidade nas capturas da albacora bandolim, ocorrendo principalmente nos meses de janeiro e abril. Essa sazonalidade pode ser explicada pelas oscilações no coeficiente de capturabilidade que responde a variação do esforço de pesca (números de anzóis e quantidade de embarcações) empregado para a captura da albacora bandolim ao longo dos meses e em parte também, devido as variação das condições ambientais, principalmente no que se refere a TSM e estrutura térmica vertical, incluído as características térmicas da termoclina (LEE et al., 2005, YANG et al., 2012, LAM et al., 2014, YANG et al., 2015) e possivelmente pelas migrações reprodutivas e tróficas (FONTENEAU et al., 2005, HALLIER 2005).

A forte correlação observada entre a interação da espessura da CTO e a profundidade da isoterma de 15° C (topo da CTO) indica que a compressão desse habitat vertical em conjunto com o topo da CTO influencia fortemente as capturas e a concentração da albacora bandolim. Esta característica nunca foi discutida anteriormente, embora, Travassos (1999) em estudo sobre o efeito das condições oceanográficas sobre as capturas das principais espécies de atuns no oceano Atlântico intertropical considerou que a espessura da CTO poderia agregar e ser responsável pelo aumento da vulnerabilidade espécie capturada com a utilização do espinhel profundo. Estudos como o de Hanamoto (1987), que identificou no Oceano Pacífico Tropical a camada de temperatura ótima entre 15 e 10°C, confirmada mais tarde por Grudinin (1989) para o Oceano Atlântico e atualmente pelos estudos de movimentos verticais nos três oceanos (ARRIZABALAGA et al., 2008, SCHAEFER et al., 2010, LAN et al., 2014), mostraram a grande relação da albacora bandolim com a temperatura deste habitat vertical. Dessa forma, os resultados apresentados nesse artigo, sugerem que a

camada de temperatura ótima pouco espessa (< 50 m) ocorrendo entre 100 - 250 m de profundidade pode agregar e aumentar a densidade da espécie, tornando o estoque da BET acessível ao espinhel profundo utilizado pelas frotas do Japão e de China Taipei.

A profundidade e a variação de temperatura da termoclina são um dos principais fatores que regulam a distribuição vertical da albacora bandolim (COLLETE e NEUEN 1983, SCHAEFER e FULLER, 2010, YANG et al., 2012, YANG et al., 2015), corroborando com os dados apresentados neste artigo, que indica que a termoclina é um dos fatores chave para explicar a distribuição vertical da BET. O resultado mostrou que o “hotspot” de captura está associado às profundidades de termoclina de 20 - 55 m, semelhantes ao encontrado por Yang et al. (2015) para Oceano Atlântico Tropical, onde o “hotspot” de captura apresentou profundidades de termoclina entre 40 e 70 metros. Semelhante também aos resultados encontrados para o Oceano Índico, onde as capturas estão associadas à profundidade do topo da termoclina entre 30-70 m (YANG et al., 2012).

A profundidade de topo da termoclina apresenta uma grande sazonalidade no oceano Atlântico Tropical, aprofundando-se principalmente no 2º e 3º trimestres (MONTÉGUT et al. 2004, YANG et al., 2015). Yang et al. (2012) sugere que a sazonalidade apresentada pela distribuição da albacora bandolim no Oceano Índico está relacionada com a sazonalidade da profundidade do topo da termoclina, o que parece ser o caso da sazonalidade observada nas capturas da albacora bandolim ao longo dos meses, principalmente, na porção sul do Oceano Atlântico Tropical. O aprofundamento do topo da termoclina pode indicar também o aprofundamento da CTO, agregando a BET em zonas mais profundas, tornando o estoque menos suscetível ao espinhel utilizado pelas frotas do Japão e China-Taipei.

Outras características da termoclina como: temperaturas do topo e da base foram extremamente importantes para a caracterização das zonas de captura da BET. Segundo Collete e Neuen (1983) a temperatura do topo e da base da termoclina permanente dos oceanos se encontra entre 22 e 17°C, respectivamente. Yang et al. (2015), através de interpolação de dados de temperatura e profundidade no oceano Atlântico Tropical, encontraram uma maior variação entre as temperaturas do topo e da base da termoclina, o topo variando de 22 a 27°C e a temperatura da base variando de 12 a 17°C. Resultados semelhantes foram encontrados no presente estudo, onde a temperatura do topo da termoclina variou entre 18 e 28°C e da base da termoclina entre 15 e 19°C.

De acordo com Yang et al (2012) e Yang et al (2015), a principal característica da termoclina que influencia a distribuição vertical da espécie durante o dia é a profundidade e temperatura da base da termoclina. Isto se dá pela marcante migração nictimeral realizada pela BET, ocupando camadas mais profundas e frias durante o dia, principalmente entre 15 e 10°C (HANAMOTO, 1987, GRUDININ, 1989, SCHAEFER et al., 2010, LAN et al., 2014). O forte efeito negativo apresentado nas capturas da albacora bandolim no Oceano Atlântico Tropical em termoclina com temperatura de base mais frias (< 16,5°C), indica que a base da termoclina e a camada de temperatura ótima estão mais profundas, concentrando a espécie em camadas fora do alcance da distribuição vertical dos anzóis do espinhel profundo utilizado pelas frotas do Japão e China Taipei.

Os efeitos das temperaturas nas profundidades de 150 e 250 m associadas à captura mostraram que, em grande parte, a distribuição vertical dos anzóis do espinhel atua no interior da termoclina e dentro camada de temperatura ótima (15-10°C) (GRUDININ, 1989, TRAVASSOS, 1999). Estes cenários ocorrem devido a diferentes estratégias de pesca utilizadas, o espinhel profundo das frotas que têm a albacora

bandolim como alvo da pescaria atua com diferentes configurações, 7-9, 10-11, 12-15 e 16-20 e >20 anzóis por samburá, operando principalmente em profundidades entre 160 e 280 m (UOZUMI, 1996, BIGLOW et al., 1999, YOKAWA e UOZUMI, 2001). Resultados estes que corroboram com dados de utilização do habitat vertical na porção leste do Oceano Pacífico Equatorial, onde identificaram que a albacora bandolim durante o dia passa em média 70% do tempo em profundidades entre 160 e 200 m (SCHAEFER e FULLER, 2010). Os resultados encontrados por Matsumoto et al. (2005) e Maury (2005) para Oceano Atlântico Tropical, mostraram que a albacora bandolim durante o dia se distribui entre as profundidades de 180 a 350 m. A distribuição vertical dos anzóis do espinhel profundo utilizado pela frota que têm a BET como alvo está intimamente associado a profundidade da camada de temperatura ótima que ocorre entre 150 e 250 m na porção tropical do Oceano Atlântico.

A captura da albacora bandolim na região tropical mostra uma forte correlação com a temperatura da superfície do mar, ocorrendo principalmente entre 20 e 27°C, resultado este que difere das informações aportadas para a zona Equatorial do Oceano Índico por Lee et al. (2005) e Mohri e Nishida (1999) onde, de forma geral, a albacora bandolim ocorre associados a altas temperaturas da superfície do mar, em temperaturas superiores a 26°C no período de dezembro a abril correspondente as monções de nordeste. A temperatura da superfície do mar é um importante fator ambiental responsável por regular o metabolismo e a reprodução em diversas espécies de tunídeos (TRAVASSOS, 1999, ITANO, 2000) e ao longo do tempo, tem se mostrado como um importante preditor da densidade das espécies de atuns (WORM et al, 2005, BOYCE 2006) e indicador de zonas de reprodução, ocorrendo, principalmente, em regiões tropicais que apresentam entre 24 e 26°C (FONTENEAU et al., 2004, FIGUEIREDO 2007, LEHODEY et al., 2008, ZHU et al., 2011).

Entendemos que o esforço de pesca quando localizado em áreas bem definidas pode representar zonas de maior abundância da BET, maior vulnerabilidade da espécie em relação ao espinhel utilizado e/ou zonas de condições favoráveis a operação de pesca. Dessa forma, os resultados apresentados neste artigo, no caso específico da pescaria da BET, mostraram que a CPUE devido à homogeneidade apresentada em todo Oceano Atlântico Tropical e por não representar o localizado esforço de pesca, ela não é uma variável importante para a caracterização da estrutura térmica das principais zonas de captura. As variáveis térmicas, a TSM e as feições da termoclina, são importantes porque influenciam diretamente no posicionamento vertical da CTO para distribuição da espécie, camada que quando menos espessa e ocorrendo entre 100 e 250 m agregam e deixam a BET acessível a distribuição vertical dos anzóis do espinhel utilizado pelas frotas do Japão e de China-Taipei. Dessa forma, a utilização da captura como variável forneceu informações importantes e de referência para melhorar a compreensão da distribuição, das características térmicas que estão associadas as pescarias e consequentemente, da gestão do estoque da albacora bandolim no Oceano Atlântico Tropical.

5.5- REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. 1974. A new look at the statistical identification model. IEEE transactions on Automatic Control, 19: 716-723.
- ANON. 2008. Report of the 2007 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Session (Madrid, Spain, June 5 to 12, 2007). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(1): 97-239.
- ARRIZABALAGA, H.; PEREIRA, J.G.; ROYER, F.; GALUARDI, B.; GOÑI, N.; ARTETXE, I.; ARREGI, I & LUTCAVAGE, M. 2008 Bigeye tuna (*Thunnus*

- obesus*) vertical movements in the Azores Islands determined with pop-up satellite archival tags. Fish. Oceanogr. 17:2, 74-83
- BERTRAND, A.; JOSSE, E.; BACK, P.; GROS, P. & DAGORN, L. 2002. Hydrological and trophic characteristics of tuna habitat: consequences on tuna distribution and longline catchability. Can J. Fish. Aquatic Sci., 59, 1002-1013.
- 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. A.; HAMPTON, J. & MIYABE, N. 2002. Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). Fish. Oceanogr. 11:3, 143–155
- BO, F. 2003. Factors affecting distribution of adult bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and its reproductive biology in the Indian Ocean. Master's thesis, Shanghai Fisheries Univ. (in Chinese) *appud*: Lee, P.F., Chen, I.C. and Tzeng W.N. 2005. Spatial and Temporal Distribution Patterns of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean. Zoological Studies 44(2): 260-270
- BOYCE, D. 2006. Effects of water temperature on the global distribution of tuna and billfish. Monografia. Dalhousie University Halifax, Nova Scotia, 68p.
- BRILL, R.W. 1994. A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movement, models, and stock assessments. Fish Oceanogr 3: 204-216
- 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

- BRILL, R.W.; BIGELOW, K.A.; MUSYL, M.K.; FRITSCHES, K.A. & WARRANT, E.J. 2005. Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) Behavior and Physiology and Their Relevance to Stock Assessments and Fishery Biology. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(2): 142-161
- CAYRÉ, P.; AMON KOTHIAS, J.B.; STRETTA, J.M. & DIOUF, T. 1988. La biologie des thons. pp 167-183 in A. Fonteneau and J. Marcille (eds), Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est, *FAO Fish. Tech. Pap.*, **292**, Rome: 391 p.
- CHEN, I.C.; LEE, P.F. & TZENG, W.N. Distribution of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Indian Ocean and its relation to environmental factors. *Fish. Oceanogr.* 14:1, 71–80
- COLLETTE B.B. & NAUEN C.E. 1983. FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization Fisheries Synopsis (125). Vol. 2, 137 pp.
- DAGORN, L.; BACH, P. & JOSSE, E. 2000. Movement patterns of large bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the open ocean determined using ultrasonic telemetry. *Mar. Biol.* 136:361-371.
- EVANS, K.; CLEAR, N.P.; PATTERSON, T.; GUNN J. S. & HAMPTON J. Behaviour and habitat preferences of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) tagged in the western Coral Sea. 1st Meeting of the Scientific Committee of the Western and Central Pacific Fisheries Commission WCPFC–SC1, 1-34
- FIGUEIREDO, M. B., 2007. Biologia reprodutiva da albacora bandolim *Thunnus obesus* (Lowe, 1939) no Atlântico oeste tropical. Dissertação de mestrado.

Universidade Federal Rural de Pernambuco, departamento de pesca e aquicultura, 64p.

FONTENEAU, A. 1997. Atlas of tropical tuna fisheries: world catches and environment.

ORSTOM éditions, Paris, 192p.

FONTENEAU, A. 2009. Atlas of Atlantic Ocean tuna fisheries. ORSTOM éditions,

Marseille, 170p.

FONTENEAU, A.; ARIZ, J.; DELGADO, A.; PALLARÉS, P. & PIANET, R. 2004. A

comparison of bigeye stocks and fisheries in the Atlantic, Indian and Pacific

Oceans. IOTC-2004-WPTT-INF03. (available at

<http://www.iotc.org/English/meetings/wp/wpttcurrent.php>).

FONTENEAU, A. & PALLARÉS, P. 2004. Tuna natural mortality as a function of their

age: the bigeye tuna case. IOTC-2004- WPTT-INF02. (available at

<http://www.iotc.org/English/meetings/wp/wpttcurrent.php>).

FONTENEAU, A. & PALLARES, P. 2005. Tuna natural mortality as a function of their

age: The bigeye tuna (*Thunnus obesus*) case. Col. Vol. of Sci. Pap. ICCAT

57:127-141.

FONTENEAU, A.; ARIZ, J.; DELGADO, A.; PALLARES, P. & PIANET, R. 2005. A

comparison of bigeye (*Thunnus obesus*) stocks and fisheries in the Atlantic,

Indian and Pacific oceans. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57, pp. 41–66

GONZALEZ, E.G.; BEERLI P. & ZARDOYA, R. 2008. Genetic structuring and

migration patterns of Atlantic bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe, 1839). BMC

Evolutionary Biology, 8:252.

GRUDININ, V.B. 1989. On the ecology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and

bigeye tuna (*Thunnus obesus*). J. Ichthyol. 29:22-29.

- GUNN, J.; HAMPTON, J.; EVANS, K.; CLEAR, N.; PATTERSON, T.; BIGELOW, K.; LANGLEY, A.; LEROY, B.; WILLIAMS, P.; MIYABE, N.; SIBERT, J.; BESTLEY, S. & HARTMANN, K. 2005. Migration and habitat preferences of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, on the east coast of Australia. CSIRO. Marine Laboratories. Fisheries Research and Development-Australia, 199 pp.
- HALLIER, J. P. Movements of tropical tunas from the tuna associated baitboat fishery of dakar and from betyp and historical tagging operations in the atlantic ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(1): 76-99
- HANAMOTO, E. 1987. Effect of Oceanographic Environment on Bigeye Tuna Distribution. Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr. 51:203-2016.
- HAMPTON, J.; BIGELOW, K. A. & LABELLE, M. 1998. A summary of current information on the biology, fisheries and stock assessment of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Pacific Ocean, with recommendations for data requirements and future research. Noumea, New Caledonia, Secretariat of the Pacific Community. Technical Report. 36, 1-46.
- HARLEY, S.J.; MAUNDER, M.N. & DERISO, R.B. 2005. Assessment of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) in the Eastern Pacific Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(2): 218-241
- HAZIN, F. H.V.; HAZIN, H. G.H.; TRAVASSOS, P. & CARVALHO, F.C. 2008. A Comparison of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) CPUE series, for Brazilian Tuna Longline Fisheries, from 1978 to 2005, with and Without Target Species as a Factor in the GLM Analysis. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(2): 404-416
- HINTON, M.G. & NAKANO, H.. 1996. Standardizing catch and effort statistics using physiological, ecological, or behavioral constraints and environmental data, with an application to blue marlin (*Makaira nigricans*) catch and effort data from

- Japanese longline fisheries in the Pacific. Bull. Inter-American. Trop. Tuna Comm. 21:171-200.
- HOLLAND, K.N.; KLEIBER, P. & KAJIURA, S.M. 1999. Different residence times of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and bigeye tuna, *T. obesus*, found in mixed aggregations over a seamount. U.S. Fish. Bull. 97:392-395.
- HSU, C. C. 2011. Verification of catch-effort data and standardization of abundance index of bigeye tuna by Taiwanese longline fishery in the Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(1): 368-386.
- HSU, C.C. & CHEN, Y.C. 1996. Recent Taiwanese longline fisheries in the Atlantic. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap. 45(2): 62-67.
- HYDER, P.; BIGELOW, K.; BRAINARD, R.; SEKI, M.; FIRING, J. & FLAMENT, P. 2009. Migration and Abundance of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*), and Other Pelagic Species, inferred from Catch Rates and their Relation to Variations in the Ocean Environment.
- ICCAT. 2014. Report for biennial period, 2012-13 Part I (2012) - Vol. 2. English version SCRS. Madrid, Spain 2013. 296 p. (available at http://www.iccat.int/en/pubs_biennial.htm).
- ITANO, D. G. 2000. The reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in Hawaiian water and the western tropical Pacific Ocean: Project summary. PFRP, JIMAR, UH, HI. JIMAR Contribution 00-328, 69 pp.
- KIKAWA, S. 1966. The distribution of maturing bigeye and yellowfin and an evaluation of their spawning potential in different areas in the tuna longline grounds in the Pacific. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Occas. Rep 1, 43-56.

- KUMAR,P.S.; PILLAI, G.N. & MANJUSHA, U. 2014. El Nino Southern Oscillation (ENSO) impact on tuna fisheries in Indian Ocean. SpringerPlus. 3:591
- LAN, K.W.; EVANS, K. & LEE, M.A. 2013. Effects of climate variability on the distribution and fishing conditions of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Indian Ocean. Climatic Change, 119:63–77
- LEE, P.F.; CHEN, I.C. & TZENG W.N. 2005. Spatial and Temporal Distribution Patterns of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean. Zoological Studies 44(2): 260-270
- LEE, Y.C. & LIU, H.C. 2000. Standardized CPUE for yellowfin tuna caught by the Taiwanese longline fishery in the Indian Ocean, 1967-1998. In IOTC-WPTT00-26.
- LEHODEY, P.; SENINA, I. & MURTUGUDDE, R. 2008. A spatial ecosystem and populations dynamics model (SEAPODYM) – modeling of tuna and tuna-like populations. Prog Ocean 78:304–318
- LIU, H.I. 2011. Recent Taiwanese Bigeye Tuna Fisheries in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(1): 361-367
- LU, H.J.; LEE, K.T.; LIN, H.L. & LIAO, C.H. 2001. Spatio-temporal distribution of yellowfin tuna *Thunnus albacares* and bigeye tuna *Thunnus obesus* in the tropical Pacific Ocean in relation to large-scale temperature fluctuation during ENSO episodes. Fish. Sci. 67: 1046-1052.
- MATSUMOTO, T. 2012. Review of Japanese longline fishery and its albacore catch in the Indian Ocean. IOTC–WPTmT04–09
- MATSUMOTO, T.; SAITO, H. & MIYABE, N. 2005. Swimming behavior of adult bigeye tuna using pop-up tags in the central Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT 57:151–170.

- MIYABE, N. 2003. Description of the Japanese Longline Fishery and its Fishery Statistics in the Mediterranean Sea During The Recent Years. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 55(1): 131-137
- MOHRI M. & NISHIDA, T. 1999. Seasonal changes in bigeye tuna fishing areas in relation to the oceanographic parameters in the Indian Ocean. IOTC Proc. 2: 207-220.
- MUSYL, M.K.; BRILL, R.W.; BOGGS, C.H.; CURRAN, D.S.; KAZAMA, T. K. & SEKI, M. P. 2003. Vertical movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) associated with islands, buoys, and seamounts near the main Hawaiian Islands from archival tagging data. Fish. Oceanogr. 12:3, 152–169
- MYERS, R. A. & WORM, B. (2003). Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. Nature 423, 280-283.
- OKAMOTO, H.; MIYABE, N. & SATOH, K. 2005. Abundance Indices of Atlantic Bigeye Caught by the Japanese Longline Fishery and Related Information Updated as of 2002. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58(1): 119-136
- PALLARÉS, P.; PEREIRA, P.; MIYABE, N. & FONTENEAU, A. 1996. Atlantic bigeye tuna: overview of present knowledge (November 1996). Proceedings of the First World Meeting on Bigeye Tuna, pp. 20-80. Special Report of the Inter-American Tropical Tuna Commission No. 9.
- PARKS, W.; BARD, F. X.; CAYRÉ, P.; KUME, S. & SANTOS GUERRA, A. 1982. Length-weight relationships for bigeye tuna captured in the Eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT, 17(1): 214-225

- PETRETERE JR., M.; GIACOMINI, H.C. & DE MARCO JR, P. 2010. Catch-per-unit-effort: which estimator is best?. *Braz. J. Biol.*70(3): 483-491.
- SARRALDE, R.; BARD, F.X. & AHSOY, A. 2003. Consideraciones sobre el sex-ratio de patudo (*Thunnus albacares*) en el Atlántico este tropical, capturado por la flota de cerco. *Collective Volume of Scientific Papers of ICCAT*, 55: 1951-1953.
- SCHAEFER, K.M. & FULLER, D.W. 2010. Vertical movements, behavior, and habitat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the equatorial eastern Pacific Ocean, ascertained from archival tag data, *Mar. Biol.* 157(12):2625–2642.
- SCHAEFER, K.M. & FULLER, D.W. 2002. Movements, behavior, and habitat selection of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern equatorial Pacific, ascertained through archival tags. *Fish. Bull.* 100, 765–788
- SCHAEFER, K.M.; FULLER, D.W. & MIYABE, N. 2005. Reproductive biology of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern and central Pacific Ocean. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* 23, 1–31.
- SIBERT, J.R.; MUSYL, M.K. & BRILL, R.W. 2003. Horizontal movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) near Hawaii determined by Kalman filter analysis of archival tagging data. *Fish. Oceanogr.* 12:141–151.
- SONG, L. M. & ZHOU, Y. Q. 2010. Developing an integrated habitat index for bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean based on longline fisheries data. *Fisheries Research*, 105, 63–74.
- SYAMSUDDIN, M.L.; SAITOH, S.I.; HIRAWAKE, T.; BACHRI, S. & HARTO, A.B. 2013. Effects of El Niño-Southern Oscillation on catches of *Thunnus obesus* in the eastern Indian Ocean. *Fishery Bulletin* 111(2): 175-188.

- TIAN, S.Q.; CHEN, X.J.; CHEN, Y.; XU, L.X. & DAI, X.J., 2009. Evaluating habitat suitability indices derived from CPUE and fishing effort data for *Ommatrephe bratramii* in the northwestern Pacific Ocean. *Fish. Res.* 95, 181–188.
- TRAVASSOS, P. 1999. L'étude des relations thonsenvironnement dans l'océan Atlantique intertropical ouest: cas de l'albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788), du germon (*Thunnus alalunga*, Bonnaterre 1788) et du thon obèse (*Thunnus obesus*, Lowe 1839). Tese de Doutorado. Université Peirre et Marie Curie, Paris. 235 p.
- UOZUMI, Y. 1996. A historical review of Japanese longline fishery and albacore catch in the Atlantic Ocean. *Collective Volume of Scientific Papers* 43: 163-170
- VANNUCCINI, S. 2003. Over of fish production, utilization, consumption and trade - based on 2001 data. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization
- VASKE JÚNIOR, T.; TRAVASSOS, P.; HAZIN, F.H.V.; TOLOTTI, M.T. & BARBOSA, T.M. Forage fauna in the diet of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the western tropical Atlantic Ocean. *Braz. j. oceanogr.* 60(1): 89-97
- WARD, P.J. & MYERS, R A. 2006. Do habitat models accurately predict the depth distribution of pelagic fishes?. *Fish. Oceanogr.* 15:1, 60–66
- WORM, B.; SANDOW, M.; OSCHLIES, A.; LOTZE, H.K. & MYERS, R.A. 2005. Global patterns of predator diversity in the open oceans. *Science* 309:1365–1369
- YANG, S.; MA, J.; WU, Y.; FAN, X.; JIN, S. & CHEN, X. 2015. Relationship between temporal–spatial distribution of fishing grounds of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and thermocline characteristics in the Atlantic Ocean. *Acta Ecologica Sinica* 35: 1–9.
- YANG, S.L.; ZHANG, Y.; ZHANG, H.; WANG, D.; MA, J.J. & ZHANG, J. 2012. Relationship between the temporal-spatial distribution of fish in bigeye tuna

fishing grounds and the thermocline characteristics in the tropical Indian Ocean, J. Fish. Sci. Chin. 19 (4):679–689.

YOKAWA, K. & UOZUMI, Y. 2001. Analysis of Operation Pattern of Japanese Longliners in the Tropical Atlantic and Their Blue Marlin Catch. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 53: 318-336

ZHU, G.; DAI, X.; SONG, L. M. & XU, L. 2011. Size at sexual maturity of bigeye tuna *Thunnus obesus* (Perciformes: Scombridae) in the tropical waters: a comparative analysis. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Capítulo 3

Distribuição de comprimento da albacora bandolim

DISTRIBUIÇÃO DE COMPRIMENTO DOS ESPÉCIMES CAPTURADOS E A PARTICIPAÇÃO DOS JOVENS NA PESCA DA ALBACORA BANDOLIM (*Thunnus obesus*, LOWE 1987) NO OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL

RESUMO

A albacora bandolim (BET) é uma das maiores espécies de atuns podendo atingir um comprimento máximo de 250 cm, embora raramente sejam capturados espécimes maiores que 180 cm de comprimento furcal (CF). Foram analisadas as distribuições de comprimento no período de 2002 a 2012 entre as latitudes 20° N e 20° S por ano e trimestre como também as proporções de peixes adultos e jovens com o objetivo de identificar as flutuações no comprimento da BET capturada no Oceano Atlântico tropical. Também foi utilizado o modelo aditivo generalizado (GAM) para avaliar as relações entre a distribuição de comprimento da albacora bandolim e as variáveis explicativas (TSM e características da termoclina). A albacora bandolim capturada apresentou CF entre 40 e 222 cm, sendo a moda nas classes de comprimento entre 120 cm e 160 cm, com média geral de comprimento furcal de 138,1 cm \pm 28,9 cm de desvio padrão. A proporção de peixes jovens (< 110 cm) estimada para o período analisado foi baixa, cerca de 0,18 do total capturado. Ao longo do período a proporção apresentou uma leve tendência de declínio, passando de 0,24 em 2002 para 0,19 em 2012. Entretanto, a proporção de jovens capturados por trimestre apresentou valores maiores que a média geral de 0,18. O 3º e o 4º trimestres apresentaram os maiores valores de proporção de jovens capturados, 0,20 e 0,24 respectivamente. Os maiores espécimes estão associados à faixas de temperatura entre 23 e 27° C, a temperatura na base da termoclina acima de 18,5° C e a profundidades de topo da termoclina entre 20 e 45 m. Os espécimes jovens de BET estão associados a elevadas temperaturas de superfície do mar entre 26 e 29° C, a temperatura na base da termoclina entre 16 e 17,5°. A temperatura no topo da termoclina apresentou um efeito negativo para os espécimes jovens em temperaturas abaixo de 22° C.

Palavras-chave: Comprimento furcal, Proporção de jovens, Termoclina.

6.1- INTRODUÇÃO

A albacora bandolim - BET (*Thunnus obesus*, Lowe 1987) é uma das principais espécies de atuns capturadas pelas frotas espinheleiras que operam na pesca oceânica no Atlântico (LIU, 2011), especialmente pelas frotas do Japão e China-Taipei (ICCAT, 2015). Apenas um único estoque da BET é considerado atualmente para questões de gestão pesqueira no oceano Atlântico pela ICCAT (TURNER, 1998, ICCAT, 2010) e, como ocorre com outras espécies de atuns, o tamanho dos espécimes capturados pode variar de acordo com as artes de pesca utilizadas, devido a faixa de profundidade nas

quais estas artes operam, assim como também conforme as áreas e épocas das capturas, entre outros fatores (FONTENEAU, 1987). A BET é uma das maiores espécies de atuns, podendo atingir um comprimento máximo de 250 cm (REINER, 1996), embora, atualmente, raramente sejam capturados peixes maiores que 180 cm de comprimento furcal (CF) (FONTENEAU et al., 2005, ICCAT, 2015).

De uma maneira geral, as artes de pesca de atuns consideradas de superfície, como a vara e isca-viva e a rede de cerco, capturam tradicionalmente peixes de pequeno porte (>100m), cujos tamanhos variam de 40 a 70 cm (ICCAT, 2015). No caso do espinhel, aparelho que opera em camadas mais profundas do oceano, contrariamente, os espécimes capturados são de maior tamanho (FONTENEAU, 1987). Para a BET capturada com o emprego do espinhel, geralmente são observados comprimentos que variam entre 40 e 170 cm de comprimento furcal (FONTENEAU et al., 2005).

No que se refere à faixa de profundidade de operação do espinhel, a mesma varia basicamente de acordo com a distribuição vertical das espécies-alvo e suas variações no tempo e no espaço. No caso específico da BET, suas profundidades preferenciais variam regional e sazonalmente, dependendo da estrutura da termoclina local (YANG et al., 2015). Estudos que relacionaram a distribuição vertical temperatura da água com a abundância da espécie, demonstraram que a BET é mais capturada em camadas onde são registradas temperaturas entre 10 e 15°C, sendo esta considerada a camada de temperatura ótima para a espécie, nas quais há maior concentração (GRUDININ, 1989, SCHAEFER et al., 2010, LAN et al., 2014). Nas regiões tropicais, de uma maneira geral, esta faixa de temperatura encontra-se abaixo da termoclina, em profundidades normalmente maiores que 100 m (TRAVASSOS, 1999). É por esta razão que a pesca da BET se faz com o uso do espinhel profundo, que opera entre 150 e 250 m, onde indivíduos maiores estão distribuídos, principalmente no período diurno (BIGELOW et

al 1999, BRILL e LUTCAVAGE, 2001, BEVERLY et al., 2003). Esta característica da pescaria influencia diretamente a composição de comprimento dos espécimes capturados que, em sua grande maioria, pertencem à parcela do estoque adulto (> 110 cm), em decorrência do marcante comportamento nictimeral da espécie, ocupando camadas mais profundas e frias, entre 150 e 300 m, durante o dia, e camadas mais superficiais e quentes, entre 50 e 100m, durante a noite (ARRIZABALAGA et al., 2008, LAN et al., 2013).

As medidas de comprimento obtidas nos desembarques da frota industrial dos atuns são uma fonte fundamental de dados científicos, permitindo avaliar o tamanho e a idade das capturas, sua distribuição e abundância espaço-temporal a nível horizontal e vertical (HARLEY et al., 2005) e a mortalidade por pesca (MAUNDER e PINER, 2015). Desta forma, as informações sobre as variações espaço-temporais da composição dos tamanhos de capturas são extremamente úteis e importantes para avaliar períodos de migração (tróficas ou reprodutivas), o recrutamento, a seletividade e suscetibilidade ao aparelho de pesca, a estrutura etária da população e a estrutura de estoque, informações que têm sido bastante utilizadas em diversos modelos de avaliação de estoque para os atuns, a exemplo da albacora bandolim (HAMPTON, 2002, BIGELOW et al., 2003).

Neste contexto, o este trabalho tem o objetivo de aportar mais conhecimentos sobre a distribuição das capturas da BET por tamanho no Atlântico tropical com o uso do espinhel, principalmente no que se refere às variações espaço-temporais dos comprimentos nas capturas e, à proporções de jovens capturados, além do efeito da temperatura da superfície do mar e das características da termoclina nestas variações.

6.2- MATERIAL E MÉTODOS

Dados de comprimento da BET

Foram utilizados dados de comprimento furcal da BET provenientes das frotas espinheleiras do Japão e China-Taipei que utilizam a espécie como alvo das pescarias na região tropical do Oceano Atlântico. Desta forma, foram selecionadas para análise as distribuições de comprimento em uma área situada entre as latitudes 20° N e 20° S, no período compreendido entre os anos de 2002 e 2012. Os dados foram extraídos da Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico (ICCAT) (<http://www.iccat.es/en/accesingdb.htm>), que contém informações derivadas de documento público disponível (Task II size) que incluem informações sobre frequências de tamanho para a BET, região geográfica das amostras medidas (quadrados de 5° de latitude e longitude), a arte de pesca utilizada, a frota e o mês. As amostras de tamanho contidas no documento proveniente da ICCAT foram extrapoladas para combinar com o total das capturas da espécie.

Foi analisada uma base de dados contendo 20.294,683 dados de comprimento para o período mencionado acima. As distribuições de comprimento foram analisadas por ano e trimestre para identificar as flutuações no comprimento da BET capturada no oceano Atlântico tropical. Foi utilizado o teste t de student para avaliar as diferenças entre comprimento médio da BET por ano e trimestre. As distribuições de comprimento obtidas por trimestre foram comparadas utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov (ks.test).

As proporções de peixes adultos e juvenis foram avaliadas por ano e por trimestre. O tamanho de primeira maturação (L_{50}) estimado por Matsumoto e Miyabe (2002) para albacora bandolim foi de 110 cm para fêmeas. Assim, as estimativas aproximadas das proporções de imaturos capturados foram calculadas utilizando 110 cm como ponto de corte para separar espécimes imaturos dos maduros.

Para a análise da distribuição espacial do comprimento médio e das proporções de adultos e jovens por trimestre foram construídos mapas utilizando a resolução espacial de $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ (latitude x longitude) para o período de 2002 a 2012.

Variáveis ambientais relacionadas à temperatura da água

Os dados de TSM foram obtidos do “Physical Oceanography Distributed Active Archive Center” do “Jet Propulsion Laboratory/NASA”, com resolução espaço-temporal de 2002 a 2012 em quadrados de $0,5^{\circ}$ de latitude e longitude e mês. Foram também analisados dados da temperatura da água por profundidade, obtidos do “Met Office Hadley Centre observations datasets” (MET OFFICE/UK). A resolução espaço-temporal desses dados é de quadrados 1° de latitude e longitude e mês, com valores temperatura estimados para 42 níveis de profundidades, desde 5 m até 5000 m em intervalos não regulares.

A partir dos 42 pares de valores (profundidade-temperatura) foi ajustada uma função polinomial de terceira ordem, com a inclusão de interações ($y = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 + x \cdot x^2 + x \cdot x^3 + x^2 \cdot x^3$), onde y é a temperatura e x é a profundidade. Sendo possível assim, estimar a temperatura para qualquer profundidade, além das 42 disponibilizadas originalmente no banco de dados. Em cada local de pesca foi então estimada a temperatura para cada profundidade em intervalos regulares de 1 m.

As características da termoclina foram estimadas a partir do cálculo dos gradientes verticais de temperatura no perfil vertical ($\Delta y / \Delta x$), em que: Δy e Δx são as diferenças de temperatura e profundidade respectivamente. As profundidades com gradiente maior que $0,1^{\circ}\text{C/m}$ foram classificadas como indicadoras da presença da termoclina (YANG et al., 2015). A profundidade com essa característica mais próxima da superfície foi selecionada como sendo a estimativa da profundidade no topo da termoclina. Foram também calculadas as temperaturas no topo e na base da termoclina.

As resoluções espaciais das variáveis calculadas como descrito acima são de 0,5°. No entanto, os dados de pesca apresentam resolução espacial de quadrados de 5° (latitude e longitude). Assim, foram calculadas as médias das estimativas associadas à temperatura em cada quadrado de 5°x5°, permitindo que as estimativas das variáveis associadas à temperatura pudessem ser incorporadas facilmente à base de dados de comprimento da albacora bandolim.

Modelo

O Modelo Aditivo Generalizado (GAM) foi utilizado para avaliar as relações entre a distribuição de comprimento da albacora bandolim e as variáveis explicativas no Oceano Atlântico Tropical. A ordem de entrada das variáveis explicativas foi definida tomando como base os valores observados de deviência. O procedimento consistiu em ajustar um modelo para cada variável explicativa de forma isolada, e assim construir a ordem de entrada das variáveis em função dos valores decrescentes de deviência explicada.

Para a seleção das variáveis do modelo foi utilizado critério de informação de AKAIKE (“Akaike information Criterion” – AIC) (AKAIKE, 1974) que atribuiu um peso para cada variável explicativa permitindo identificar o melhor modelo para cada conjunto de dados. Dessa forma foram avaliados dois modelos, (i) um para a distribuição de comprimento como um todo e (ii) o segundo para avaliação da distribuição dos espécimes imaturos devido as diferentes preferências ambientais/oceanográficas relatadas na literatura (Fonteneau et al. 2005).

Os modelos utilizados foram:

- i. $Size \sim s(\text{long}:\text{lat}) + Q_{\text{tr}} + s(\text{TTD}) + s(\text{TBTD}) + s(\text{TSM}) + s(\text{TTTD}) + s(\text{long}) + s(\text{lat}) + \epsilon$
- ii. $Size \sim s(\text{long}:\text{lat}) + Q_{\text{tr}} + s(\text{TSM}) + s(\text{TBTD}) + s(\text{TTTD}) + s(\text{long}) + s(\text{lat}) + \epsilon$

Onde *Size* é a comprimento da albacora bandolim; Qtrtr: efeito da variável trimestre como fator; TSM: efeito da temperatura da superfície do mar; TTD: profundidade do topo da termoclina; TBTD: temperatura da base da termoclina; TTTD: temperatura do topo da termoclina; lat: efeito da latitude; long: efeito da longitude e ϵ : distribuição normal (gaussian).

6.3- RESULTADOS

Distribuição de comprimento da BET

A albacora bandolim capturada no Oceano Atlântico Tropical apresentou comprimento furcal entre 40 e 222 cm, sendo a faixa de comprimento entre 120 cm e 160 cm a mais observada (44%) (Figura 1). As distribuições de comprimento da BET entre trimestres apresentaram diferenças estatísticas significativas (ks.test, $p < 0,05$).

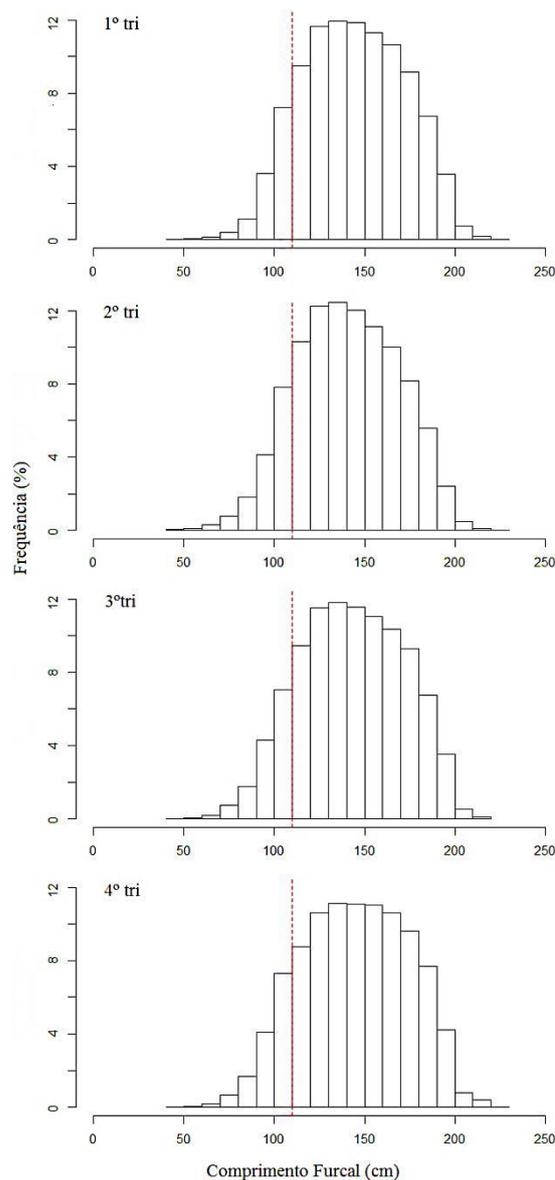


Figura 1. Distribuição de frequência de comprimento (CF) da albacora bandolim capturada no Oceano Atlântico Tropical no período de 2002 a 2012. A linha pontilhada em vermelho representa o comprimento de primeira maturação (L_{50}) de 110 cm.

A média geral de comprimento furcal foi de 138,1 cm \pm 28,9 cm de desvio padrão. A média apresentou uma tendência de crescimento ao longo do período analisado sendo o maior valor médio observado em 2008 (Figura 2). Entre os anos de 2007 a 2012, os comprimentos médios foram maiores que a média geral para o período. As médias apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os anos (teste t-student, $p < 2.2 \times 10^{-16}$). As médias trimestrais de comprimento da albacora bandolim

são maiores que a média geral, com o 1º trimestre apresentando o maior valor, 144,1 cm.

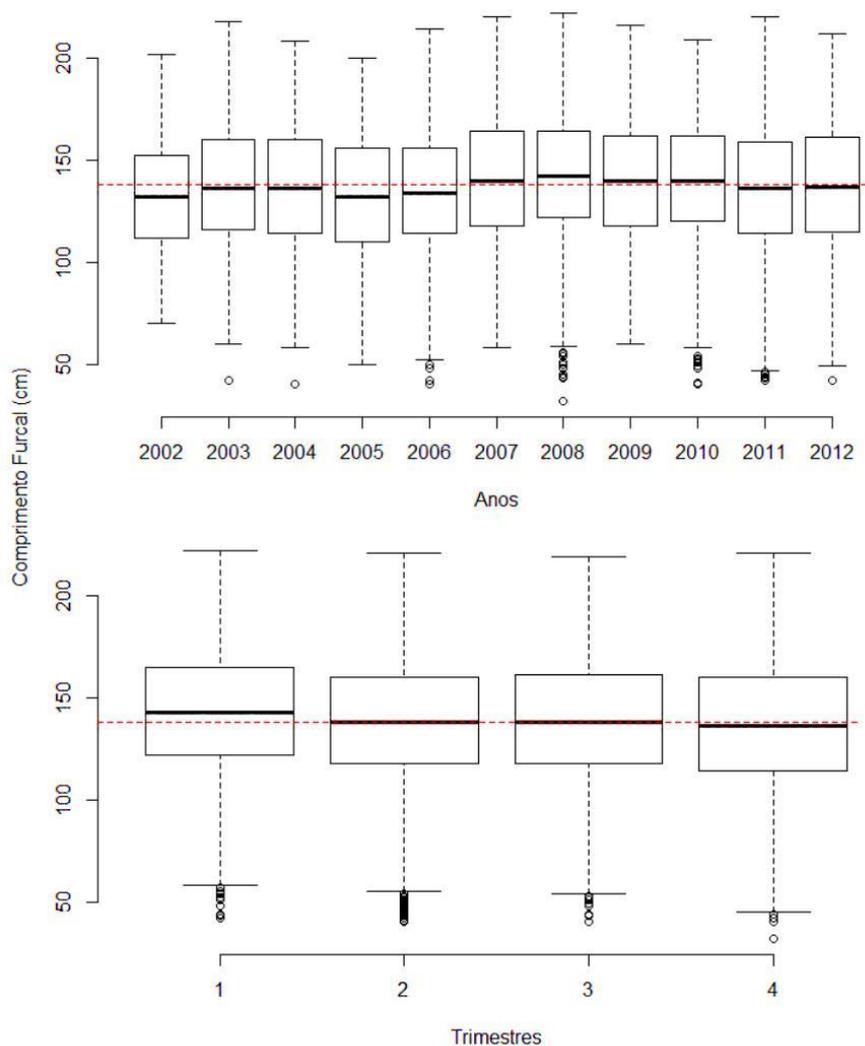


Figura 2. Média do comprimento furcal da albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. a) distribuição anual e b) distribuição trimestral do CF. Linha pontilhada em vermelho representa a média geral do comprimento furcal para todo período de 2002 a 2012.

A distribuição espacial do comprimento furcal médio da BET variou entre 130 e 160 cm para todos os trimestres (Figura 3). O primeiro trimestre apresenta as maiores médias de comprimento no núcleo de pesca mencionado acima. Os menores valores de comprimento foram observados entre o 2º e 4º trimestres, com as médias de comprimento entre 90 cm e 110 cm ocorrendo ao norte do equador e abaixo de 10° S.

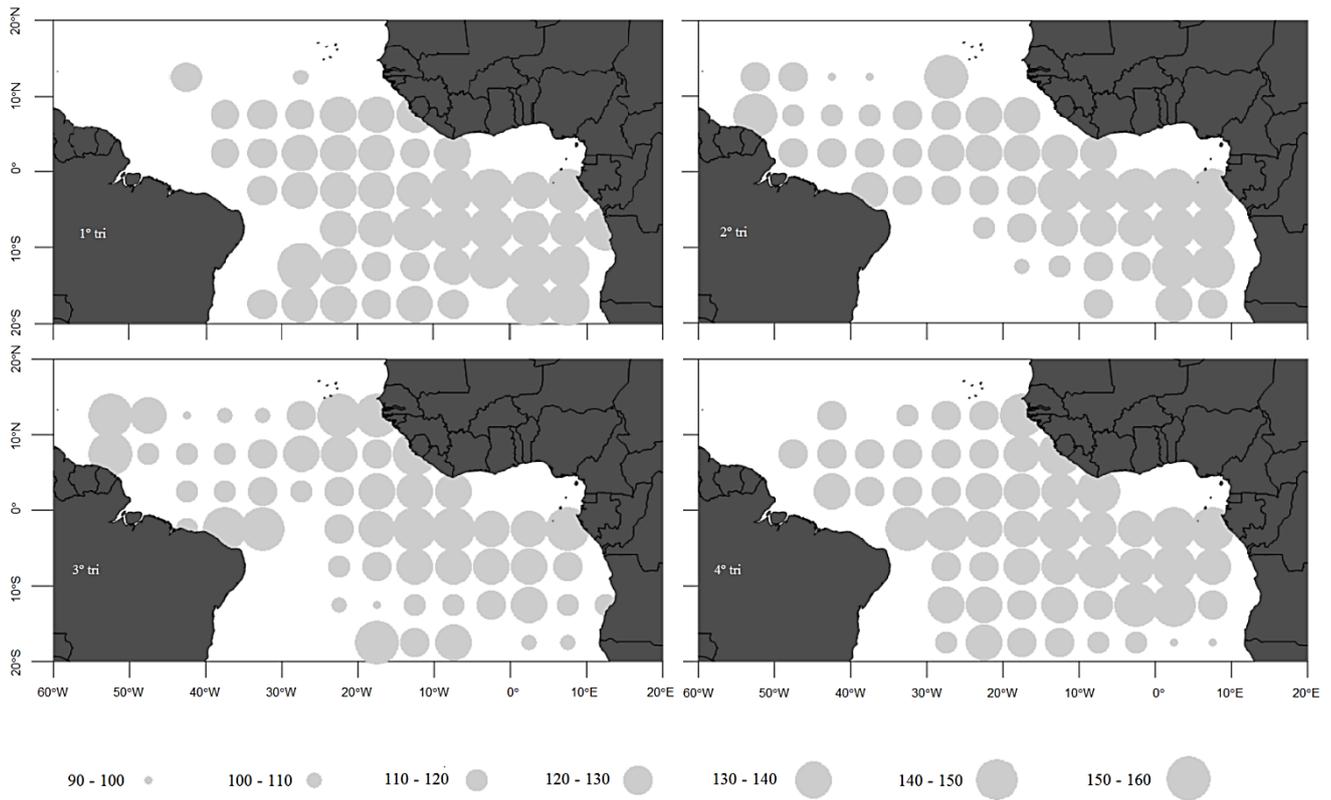


Figura 3. Distribuição espacial por trimestres da média de comprimento da albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical entre os anos de 2002 e 2012.

Proporção de jovens

A proporção de peixes jovens (< 110 cm) estimada para o período de 2002 a 2012 foi baixa, estimada em cerca de 0,18 do total capturado. Ao longo do período estudado a proporção apresentou uma leve tendência de declínio, entre os anos de 2007 e a 2010, passando de 0,24 em 2002 para 0,19 em 2012 (Figura 4), embora apresentem para a maioria dos anos valores maiores que a proporção média geral de 0,18.

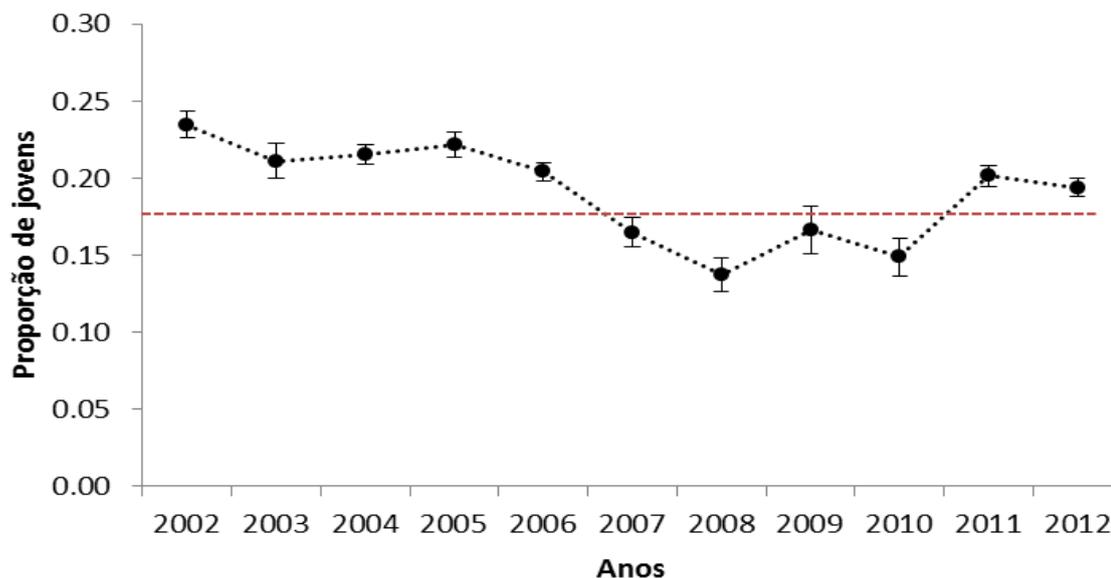


Figura 4. Proporção de peixes jovens de albacora bandolim capturados no oceano Atlântico tropical entre os anos de 2002 e 2012. Linha vermelha tracejada representa a proporção média de imaturos para todo o período analisado.

A proporção de jovens capturados por trimestre apresentou valores maiores que a média geral de 0,18, com exceção do 2º trimestre. O 3º e o 4º trimestres apresentaram os maiores valores de proporção de juvenis capturados com 0,20 e 0,24 respectivamente.

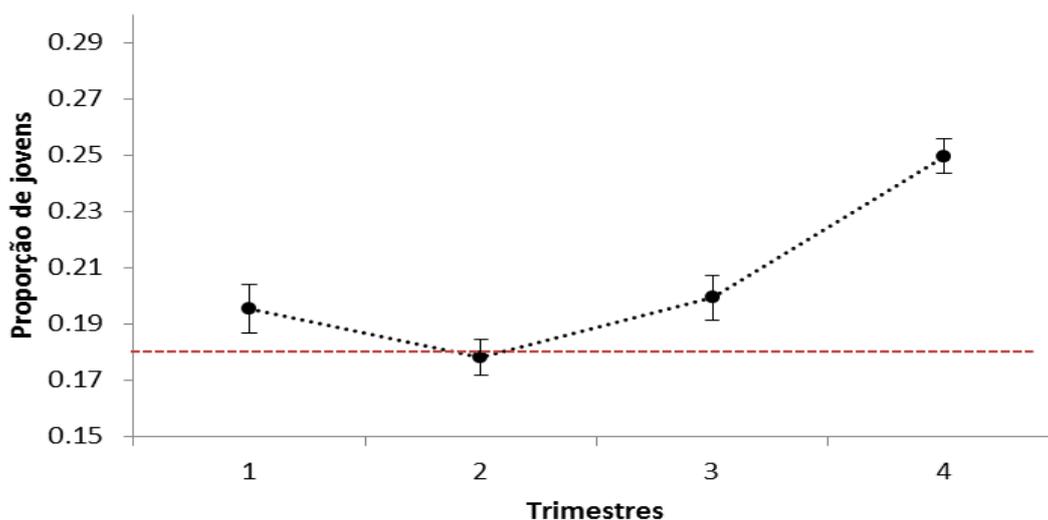


Figura 5. Proporção de jovens de albacora bandolim capturada por trimestres no oceano Atlântico tropical nos anos de 2002 a 2012. Linha vermelha tracejada representa a proporção média de imaturos para todo o período analisado

Os peixes jovens foram capturados pelo espinhel em toda região tropical do Atlântico entre 20° N e 20° S. As proporções de jovens da BET em grande parte representaram cerca de 1/5 (< 21%) do total capturado em cada quadrado de 5° de latitude e longitude. Entre 5°N e 10°S o cenário foi homogêneo, quase todos os peixes capturados eram maduros (>75%). Nota-se que a proporção de imaturos aumenta acima de 5° N e abaixo de 10° S, principalmente entre o 2° e 4° trimestres do ano, apresentando quadrados com proporções de imaturos maiores que 90%, especialmente no 4° trimestre abaixo de 15° S (Figura 6).

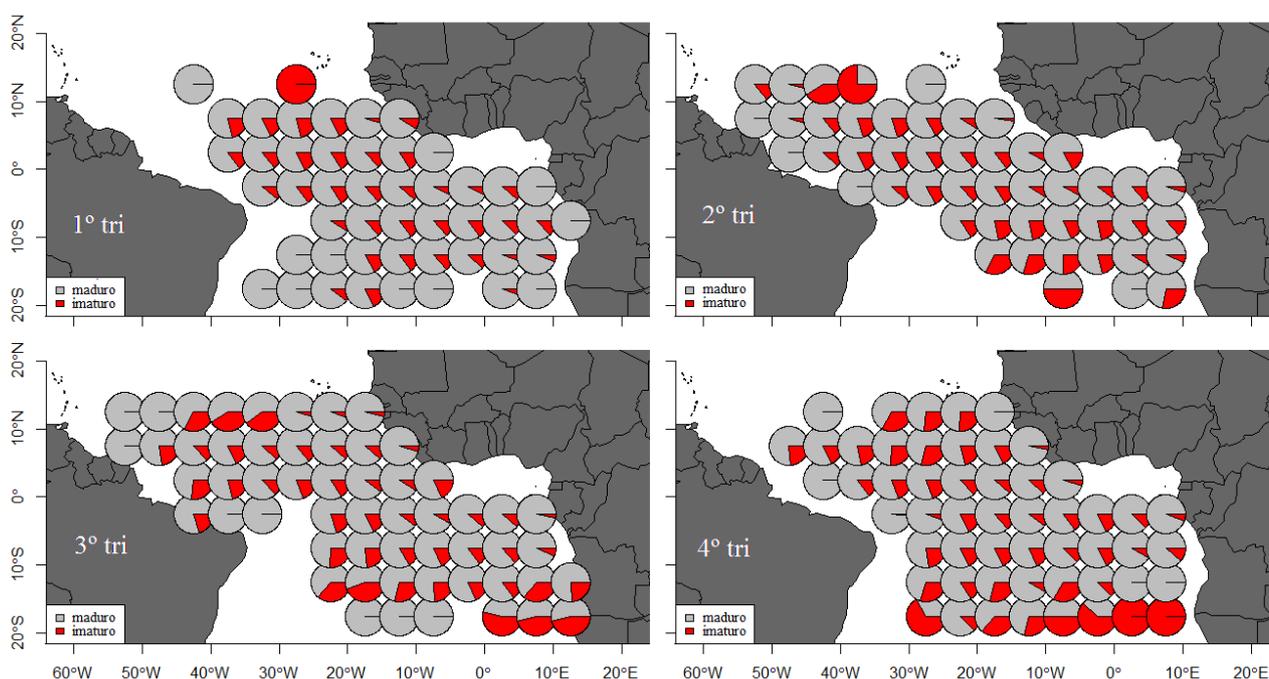


Figura 6. Distribuição espacial da proporção de adultos e jovens da albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical no período de 2002 e 2012.

Modelos

A distribuição do comprimento da BET no Oceano Atlântico tropical foi explicada em 16.8%. Todas as variáveis explicativas selecionadas mostraram-se estatisticamente significativas ($p < 2 \times 10^{-16}$). As variáveis mais representativas foram: a

interação entre longitude e latitude com 3,8%, seguidas pela termoclina (1,9%), temperatura da superfície do mar (1,47%) e temperatura do topo da termoclina (1,44%).

O comprimento da BET apresentou uma sazonalidade bem marcante, sendo os maiores tamanhos encontrados no 1º e 4º trimestres (Figura 7). Os trimestres apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 2 \times 10^{-16}$) em relação aos comprimentos observados com exceção do 1º e 4º ($p = 0.824$).

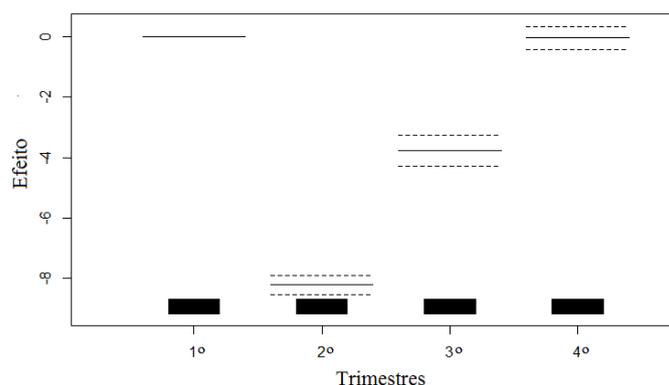


Figura 7. Efeitos dos trimestres na distribuição de comprimento da albacora bandolim no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. As linhas contínuas representam o valor do efeito e as linhas pontilhadas o erro padrão gerado pelo modelo.

A TSM apresentou um efeito positivo na distribuição de comprimento, com os maiores espécimes ocorrendo em faixas de temperatura entre 23 e 27° C (Figura 8a). Nota-se também um efeito negativo importante em valores de TSM inferiores a 23° C. A temperatura na base da termoclina variou entre 17 e 21° C, apresentando um efeito positivo em temperatura acima de 18,5° C (Figura 8b). Os maiores espécimes da BET estão associados a profundidades de topo da termoclina entre 20 e 45 m (Figura 8c), com temperaturas entre 21 e 24° C, e acima de 27° C (Figura 8d).

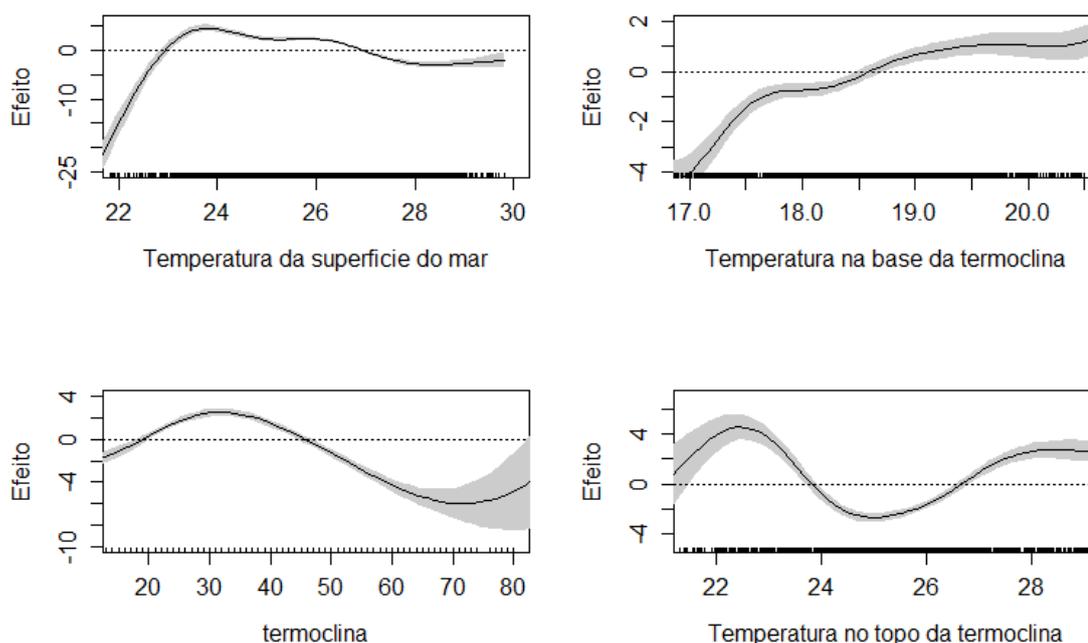


Figura 8. Efeitos das variáveis ambientais sobre a distribuição de comprimento da albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. a) Temperatura da superfície do mar; b) Temperatura na base da termoclina; c) Termoclina e d) Temperatura no topo da termoclina. Área sombreada em cinza representa o erro padrão gerado pelo modelo.

O efeito da interação entre a longitude e a latitude sobre a distribuição de comprimento da albacora bandolim no Oceano Atlântico tropical indicou que os maiores comprimentos ocorrem em três zonas: porção sul do Atlântico tropical entre 0° e 10° E abaixo de 15° S; Atlântico Norte entre 60° W - 50° W acima de 10° N; e no Atlântico Norte entre 40° W - 30° W acima de 15° N. Nota-se também que os espécimes com menores comprimentos estão ao sul e ao norte do equador, sendo a principal área entre 40° W e 0° abaixo de 10° S (Figura 9).

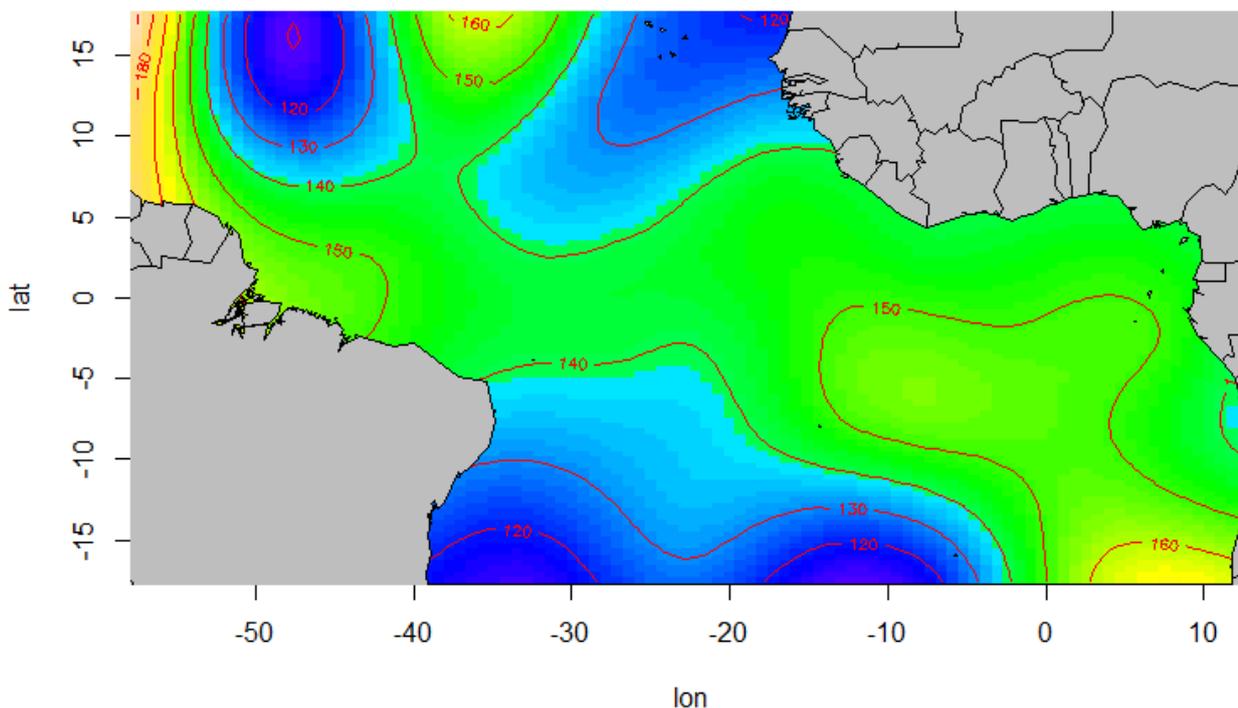


Figura 9. Efeito da interação entre a latitude e longitude sobre a distribuição de comprimento da albacora bandolim capturada no Oceano Atlântico Tropical no período de 2002 a 2012. As isolinhas em vermelho representam o “predict” do modelo para a distribuição espacial dos comprimentos da albacora bandolim.

Jovens (<110 cm)

A distribuição dos peixes jovens foi explicada em 11,9%. As variáveis explicativas apresentaram-se, inclinações diferentes de zero, estatisticamente significativas ($p < 2 \times 10^{-16}$), ou seja, apresentam importância dentro do modelo. A variável mais representativa do modelo foi interação entre a longitude e latitude com 5,1%, seguida pela TSM com 4,4%.

Os espécimes jovens de menor comprimento ocorreram principalmente no primeiro trimestre do ano. A distribuição de comprimento dos imaturos apresentou diferença estatística entre os trimestres ($p < 2 \times 10^{-16}$), com exceção dos trimestres 2º, 3º e 4º (Figura 10).

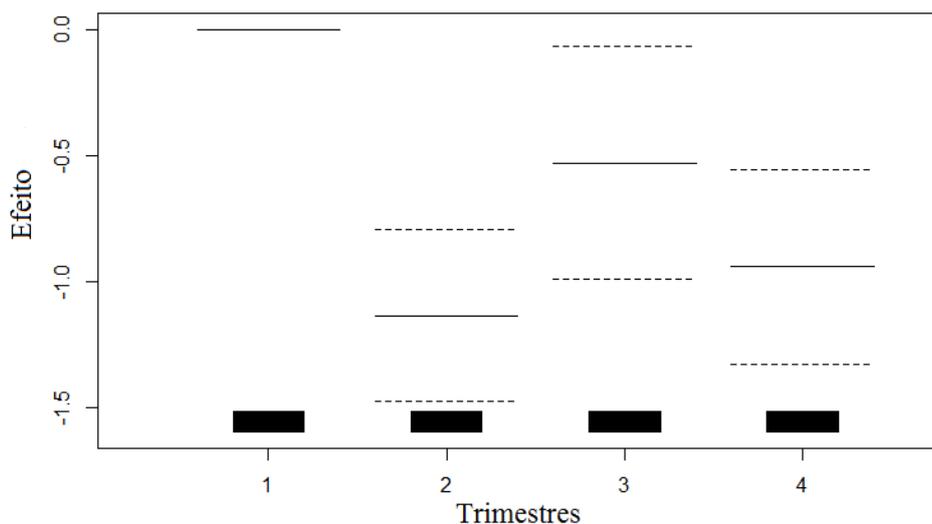


Figura 10. Efeitos dos trimestres na distribuição de comprimento dos espécimes jovens de albacora bandolim no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. . As linhas contínuas representam o valor do efeito e as linhas pontilhadas o erro padrão gerado pelo modelo.

Os espécimes jovens de BET estão associados a elevadas temperaturas de superfície do mar, principalmente em temperaturas entre 26 e 29° C (Figura 11a). A temperatura na base da termoclina apresentou um efeito positivo na distribuição dos espécimes imaturos entre 16 e 17,5° C (Figura 11b). Em relação à temperatura no topo da termoclina a distribuição dos imaturos apresentou um efeito negativo em temperaturas abaixo de 22° C (Figura 11c).

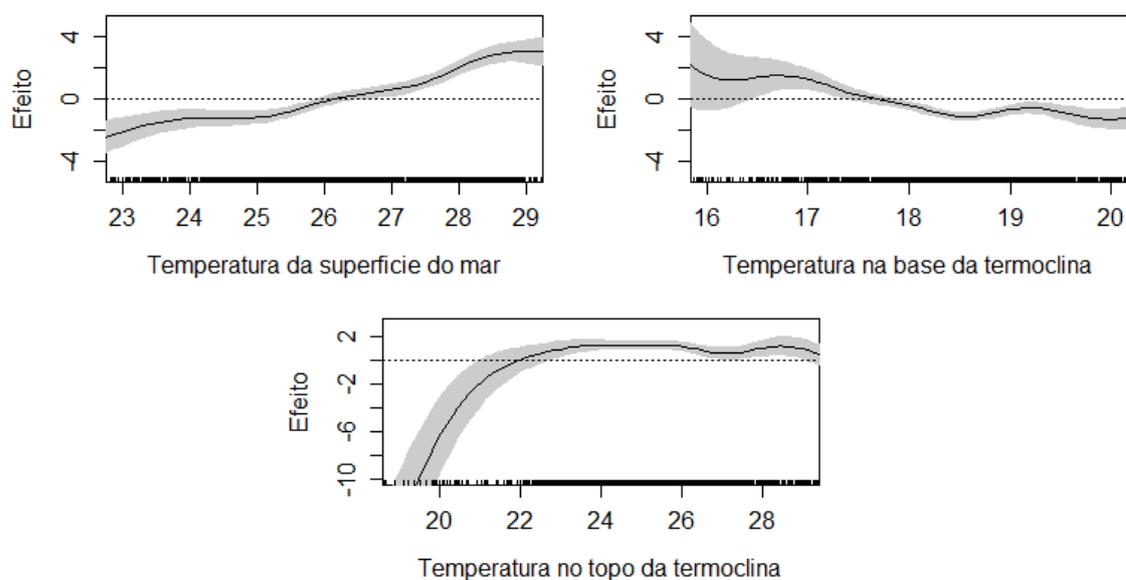


Figura 11. Efeitos das variáveis ambientais sobre a distribuição dos espécimes jovens de albacora bandolim capturada no oceano Atlântico tropical no período de 2002 a 2012. a) Temperatura da superfície do mar; b) Temperatura na base da termoclina e c) Temperatura no topo da termoclina. Área sombreada em cinza representa o erro padrão gerado pelo modelo.

A distribuição espacial dos jovens no Oceano Atlântico Tropical mostrou que os menores comprimentos (< 100 cm) ocorreram principalmente no golfo da guiné e em regiões oceanicas adjacentes entre 1º e 3º trimestres. No 4º trimestre os menores espécimes de BET ocorreram ao longo da linha do equador entre 0 e 10° N e 35° W e 10° W. Nota-se também um nucleo núcleo ao largo da costa brasileira entre 10° S e 20° S e 35° W e 25° W no 4º trimestre. A modelagem mostrou uma tendência de incremento nos comprimentos dos jovens de BET saindo do golfo da guiné para as regiões ao sul e a oeste no Oceano Atlântico Tropical (Figura 12).

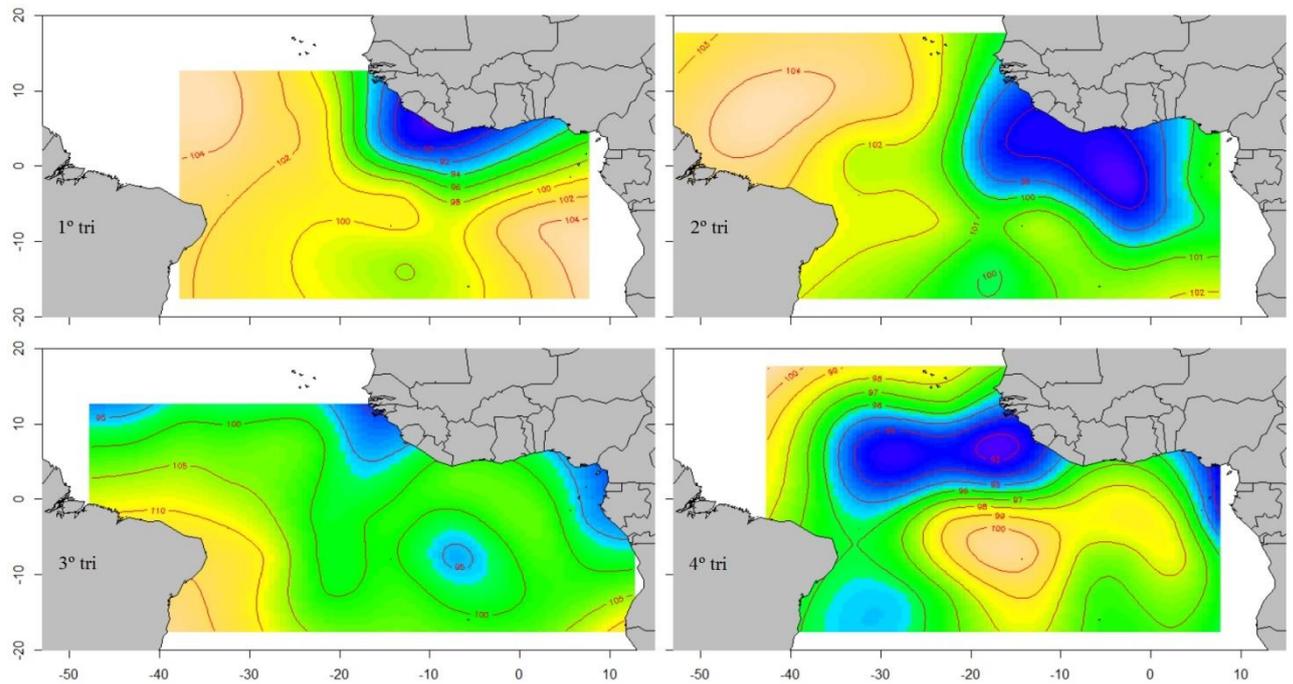


Figura 12. Efeito da interação entre a latitude e longitude sobre a distribuição de comprimento dos jovens de albacora bandolim capturada por trimestre no Oceano Atlântico Tropical no período de 2002 a 2012. As isolinhas em vermelho representam o “*predict*” do modelo para a distribuição espacial dos comprimentos dos espécimes imaturos da albacora bandolim. As áreas em branco nos mapas de distribuição por trimestre representam as posições que não ocorrem os peixes imaturos.

6.4- DISCUSSÃO

Distribuição de comprimentos

A média de comprimento da BET capturada no Oceano Atlântico tropical apresentou uma tendência de crescimento, principalmente a partir de 2007. Segundo a ICCAT (2015) nos últimos dez anos todas as frotas que utilizaram o espinhel apresentaram um incremento no comprimento médio da albacora bandolim, variando de 125 (40 kg) em 1999 a 141 cm (60 kg) em 2010. Entretanto, os comprimentos observados da parcela explorada da BET é uma resposta à operação de pesca, as áreas de pesca utilizadas e a seletividade do aparelho de pesca utilizado (espinhel) pelas frotas

que tem a espécie como alvo, evitando assim, a excessiva captura de espécimes de pequeno porte. E segundo a ICCAT (2015) o aumento do tamanho médio, conseqüentemente do peso médio, da BET a partir de 2007 é uma resposta as resoluções 04-01 e 08-01 da ICCAT, que estabeleceram o fechamento de áreas superficiais principalmente no Golfo da Guiné devido a elevada preocupação com a captura da parcela jovem do estoque, embora esta hipótese não forneça evidencia de que está medida tenha reduzido a mortalidade por pesca desta parcela jovem.

A proporção de jovens capturados pelo espinhel das frotas do Japão e China-Taipei apresentou uma tendencia de declínio entre 2002 e 2012, variado de 0,24 a 0,19. Fonteneau et al. (2005) afirmaram que a seletividade do espinhel é o principal fator responsável pela baixa proporção de espécimes de pequeno porte reportada nas capturas. Em contraste, a pesca de rede de cerco e vara e isca viva capturam predominantemente espécimes imaturos entre 35 e 70 cm de comprimento furcal (FONTENEAU et al., 2005, ICCAT, 2015). A proporção de jovens ainda apresenta uma sazonalidade marcante, apresentando um incremento entre 3º e 4º trimestres. Essa sazonalidade observada está associada a área utilizada, já que as capturas ocorreram principalmente na na porção leste do Oceano Atlântico Tropical, entre 10°S e 20°S (FONTENEAU et al., 2005), e aos diferentes tipos de configuração de espinhel utilizado, principalmente com 10-11 azóis por saburá nessa mesma região (WU e YEH, 2001, YOKAWA e UOZUMI, 2001), o qual opera zonas mais superficiais. Dessa forma, o espinhel que atua em regiões mais superficiais é responsável por capturar uma quantidade maior de espécimes jovens.

modelo

As características da termoclina são uns dos principais fatores que regulam a distribuição espacial dos comprimentos observados para albacora bandolim (YANG et

al., 2012, YANG et al., 2015). O resultado mostrou que os maiores comprimentos estão associados às profundidades de termoclina de 20 - 45 m, nas quais ocorrem mais capturas de espécimes adultos. Resultado este, semelhante ao encontrado por Yang et al. (2015) para Oceano Atlântico Tropical (sem distinção de tamanho), onde o “hotspot” de abundância apresentou profundidades de termoclina entre 40 e 70 metros e para Oceano Índico (YANG et al., 2012) onde estão associados à termoclina entre 30-70 m. A profundidade de topo da termoclina apresenta uma grande sazonalidade no oceano Atlântico Tropical, aprofundando-se principalmente no 2º e 3º trimestres (MONTÉGUT et al., 2004, YANG et al., 2015). Yang et al. (2012) sugere que a sazonalidade apresentada pela distribuição de adultos da albacora bandolim no Oceano Índico está relacionada com a sazonalidade da profundidade da termoclina, o que parece ser o caso da sazonalidade observada na distribuição espacial dos espécimes adultos da albacora bandolim ao longo dos meses Oceano Atlântico Tropical, principalmente na porção sul. O aprofundamento da termoclina no 2º e 3º trimestres pode indicar que peixes de maior comprimento ocorrem em zonas mais profundas, fora do alcance dos anzóis do espinhel, tornando o estoque adulto menos suscetível ao espinhel utilizado pelas frotas do Japão e China-Taipei.

As características da termoclina, como temperaturas do topo e da base, são extremamente importantes para a distribuição dos espécimes da albacora bandolim (jovens e adultos). Segundo Collete e Neuen (1983), a temperatura do topo e da base da termoclina permanente dos oceanos tropicais se encontra normalmente entre 22 e 17°C, respectivamente. No Oceano Atlântico Tropical as temperaturas das feições da termoclina apresentam uma maior variação, com do topo da termoclina apresentando temperaturas entre de 22 a 27°C e da base entre 12 a 17°C. Resultados semelhantes foram encontrados no presente estudo, com a temperatura do topo da termoclina

variando entre 20 e 28°C e da base entre 16 e 20°C. De acordo com Yang et al (2012) e Yang et al. (2015), a principal característica da termoclina que influencia a distribuição dos espécimes adultos durante o dia é a profundidade e temperatura da base da termoclina e durante a noite a do topo, isto se dá pela marcante migração nictimeral realizada pelos espécimes adultos da BET, ocupando camadas mais profundas e frias durante o dia, principalmente entre 15 e 10°C (HANAMOTO, 1987, GRUDININ, 1989, LAN et al., 2014) e mais superficiais durante a noite, com temperaturas superiores a 22°C (HOLAND et al., 1990, EVANS et al., 2005, GUNN et al. 2005, LAM et al., 2014).

Diante do exposto e das características da operação de pesca, o espinhel é uma arte de pesca seletiva que captura cerca de 80% de espécimes adultos, principalmente na zona equatorial e em áreas adjacentes. Em contraste, os espécimes jovens apresentaram efeito positivo principalmente para as temperaturas observadas no topo da termoclina e um marcante efeito negativo em temperaturas abaixo de 20°C. Segundo Fonteneau et al., (2005) os espécimes jovens tendem a permanecer em águas rasas e quentes, principalmente por ter uma limitada capacidade de termorregulação e, assim, uma capacidade biológica limitada para alimentar-se de forma eficiente em águas mais profundas. Dessa forma, diferentes dos espécimes adultos, os jovens tem o topo da termoclina como uma barreira biológica para sua distribuição.

A distribuição dos comprimentos da albacora bandolim na região tropical mostrou uma forte correlação com a temperatura da superfície do mar, com os espécimes adultos ocorrendo principalmente entre 23 e 29°C e os jovens em temperaturas superiores a 26°C. Os espécimes jovens de albacora bandolim (peixes menores entre 70 ou 80 cm) apresentam uma tendência para formar cardumes mistos com o bonito listrado e a albacora laje em águas equatoriais quentes (TSM > 25°C)

pouco profundas, e muitas vezes agregados a DCPs (FONTENEAU et al., 2005). Este comportamento de formação de cardumes mistos é modificado em espécimes pré-adultos (peixes entre 100 e 110) e adultos (peixes > 110 cm) quando estes peixes tendem a se dispersar-se e alimenta-se em águas mais profundas frias e a migrar sazonalmente para zonas de alimentação em áreas temperadas (FONTENEAU et al., 2005). Este comportamento foi observado no presente trabalho, com os menores espécimes de BET (<100 cm) distribuídos em regiões equatoriais de águas quentes, principalmente no Golfo da Guiné. Diante disso, a temperatura da superfície do mar é um importante fator ambiental responsável por regular o metabolismo e a reprodução em diversas espécies de tunídeos (ITANO, 2000), principalmente em relação aos espécimes imaturos (FONTENEAU et al., 2005), e ao longo do tempo, tem se mostrado como um importante preditor da densidade das espécies de atuns (WORM et al., 2005, BOYCE, 2006) e indicador de zonas de reprodução, ocorrendo, principalmente, em regiões tropicais que apresentam entre 24 e 26°C (FONTENEAU et al., 2004, FIGUEIREDO, 2007, LEHODEY et al., 2008, ZHU et al., 2011).

Os espécimes adultos destinados aos mercados asiáticos de sushi são os alvos da pescaria. No entanto, as características da operação de pesca, a seletividade do espinel, como também a habilidade do mestre na escolha das áreas de melhores rendimentos não impede a captura de espécimes de pequeno porte que, de forma geral, alcançam cerca de 20% do total de BET capturadas. As distribuições de frequência de comprimento da BET capturada pelas frotas do Japão e China-Taipei exibem uma falsa estabilidade devido à seletividade do espinhel, gerando uma falsa ideia de estabilidade do estoque explorado. Os dados de comprimento aqui analisados contém informações importantes sobre a abundância e mortalidade por pesca da BET no Oceano Atlântico tropical, identificando como cada parcela do estoque tem sido explorada e qual tem sofrido

maior pressão por esta atividade. Dessa forma, a diminuição da vulnerabilidade dos espécimes de pequeno porte deve ser de fato objetivo das medidas de manejo, as flutuações dos jovens devem ser estudadas ao longo da série histórica para todas as pescarias, principalmente para os aparelhos de pesca que atuam em zonas mais superficiais.

6.5- REFERENCIAS

- AKAIKE, H. 1974. A new look at the statistical identification model. IEEE transactions on Automatic Control, 19: 716-723.
- ARRIZABALAGA, H.; PEREIRA, J.G.; ROYER, F.; GALUARDI, B.; GOÑI, N.; ARTETXE, I.; ARREGI, I. & LUTCAVAGE, M. 2008 Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) vertical movements in the Azores Islands determined with pop-up satellite archival tags. Fish. Oceanogr. 17:2, 74-83
- 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.; MAUNDER, M. & HINTON, M.G. 2003. Comparison of deterministic and statistical habitat-based models to estimate effective longline effort and standardized CPUE for bigeye and yellowfin tuna. Working paper RG-3, 16th Meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish, 18pp.
- BOYCE, D. 2006. Effects of water temperature on the global distribution of tuna and billfish. Monografia. Dalhousie University Halifax, Nova Scotia, 68p.
- 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
- COLLETTE, B.B. & NAUEN, C.E. 1983. FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization Fisheries Synopsis (125). Vol. 2, 137 pp.
- EVANS, K.; CLEAR, N.P.; PATTERSON, T.; GUNN J. S. & HAMPTON J. 2005. Behaviour and habitat preferences of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) tagged in the western Coral Sea. 1st Meeting of the Scientific Committee of the Western and Central Pacific Fisheries Commission WCPFC-SC1, 1-34
- FIGUEIREDO, M. B. 2007. Biologia reprodutiva da albacora bandolim *Thunnus obesus* (Lowe, 1939) no Atlântico oeste tropical. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, departamento de pesca e aquicultura, 64p.
- FONTENEAU, A. 1997. Atlas of tropical tuna fisheries: world catches and environment. ORSTOM éditions, Paris, 192p.
- FONTENEAU, A.; ARIZ, J.; DELGADO, A.; PALLARES, P. & PIANET, R. 2005. A comparison of bigeye (*Thunnus obesus*) stocks and fisheries in the Atlantic, Indian and Pacific oceans. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57, pp. 41–66
- FONTENEAU, A.; ARIZ, J.; DELGADO, A.; PALLARÉS, P. & PIANET, R. 2004. A comparison of bigeye stocks and fisheries in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. IOTC-2004-WPTT-INF03. (available at <http://www.iotc.org/English/meetings/wp/wpttcurrent.php>).
- GRUDININ, V.B. 1989. On the ecology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and bigeye tuna (*Thunnus obesus*). J. Ichthyol. 29:22-29.

- GUNN, J.; HAMPTON, J.; EVANS, K.; CLEAR, N.; PATTERSON, T.; BIGELOW, K.; LANGLEY, A.; LEROY, B.; WILLIAMS, P.; MIYABE, N.; SIBERT, J.; BESTLEY, S. & HARTMANN, K. 2005. Migration and habitat preferences of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, on the east coast of Australia. CSIRO. Marine Laboratories. Fisheries Research and Development-Australia, 199 pp.
- HAMPTON, J. 2002. Stock assessment of bigeye tuna in the western and central Pacific. SCTB BET-1.
- HANAMOTO, E. 1987. Effect of Oceanographic Environment on Bigeye Tuna Distribution. Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr. 51:203-216.
- HARLEY, S.J.; MAUNDER, M.N. & DERISO, R.B. 2005. Assessment of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) in the Eastern Pacific Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(2): 218-241
- ICCAT. 2010. ICCAT manual (bigeye tuna) - Vol. 1. English version. Madrid, Spain 2010. 25 p.
- ICCAT. 2015. Report for biennial period, 2012-13 Part I (2012) - Vol. 2. English version SCRS. Madrid, Spain 2013. 296 p.
- ITANO, D. G. 2000. The reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in Hawaiian water and the western tropical Pacific Ocean: Project summary. PFRP, JIMAR, UH, HI. JIMAR Contribution 00-328, 69 pp.
- LAN, K.W.; EVANS, K. & LEE, M.A. 2013. Effects of climate variability on the distribution and fishing conditions of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Indian Ocean. Climatic Change, 119:63–77
- LEE, P.F.; CHEN, I.C. & TZENG W.N. 2005. Spatial and Temporal Distribution Patterns of Bigeye Tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean. Zoological Studies 44(2): 260-270

- LEHODEY, P; SENINA, I. & MURTUGUDDE, R. 2008. A spatial ecosystem and populations dynamics model (SEAPODYM) – modeling of tuna and tuna-like populations. *Prog Ocean* 78:304–318
- LIU, H.I. 2011. Recent Taiwanese Bigeye Tuna Fisheries in the Atlantic Ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 66(1): 361-367
- MATSUMOTO, T. & N. MIYABE. 2002. Preliminary report on the maturity and spawning of bigeye tuna *Thunnus obesus* in the Central Atlantic Ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT*, 54(1): 246-260.
- MAUNDER, M.N. & PINER, K.R., 2015. Contemporary fisheries stock assessment: many issues still remain. *ICES Jour. Mar. Sci.* 72, 7-18.
- MOHRI, M. & NISHIDA, T. 1999. Seasonal changes in bigeye tuna fishing areas in relation to the oceanographic parameters in the Indian Ocean. *IOTC Proc.* 2: 207-220.
- SCHAEFER, K.M. & FULLER, D.W. 2010. Vertical movements, behavior, and habitat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the equatorial eastern Pacific Ocean, ascertained from archival tag data, *Mar. Biol.* 157(12):2625–2642.
- TURNER, S. C. 1998. Stock structure and mixing. Detailed Report, Tuna Symposium. *Collect. Vol. Sci. Pap, ICCAT*, 50(1): 17-24.
- WORM, B.; SANDOW, M.; OSCHLIES, A.; LOTZE, H.K. & MYERS, R.A. 2005. Global patterns of predator diversity in the open oceans. *Science* 309:1365–1369
- YANG, S.; MA, J.; WU, Y.; FAN, X.; JIN, S. & CHEN, X. 2015. Relationship between temporal–spatial distribution of fishing grounds of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and thermocline characteristics in the Atlantic Ocean. *Acta Ecologica Sinica* 35: 1–9.

- YANG, S.L.; ZHANG, Y.; ZHANG, H.; WANG, D.; MA, J.J. & ZHANG, J. 2012. Relationship between the temporal-spatial distribution of fish in bigeye tuna fishing grounds and the thermocline characteristics in the tropical Indian Ocean, J. Fish. Sci. Chin. 19 (4):679–689.
- YOKAWA, K. & UOZUMI, Y. 2001. Analysis of Operation Pattern of Japanese Longliners in the Tropical Atlantic and Their Blue Marlin Catch. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 53: 318-336
- ZHU, G.; DAI, X.; SONG, L. M. & XU, L. 2011. Size at sexual maturity of bigeye tuna *Thunnus obesus* (Perciformes: Scombridae) in the tropical waters: a comparative analysis. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 11: 149-156.

7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese aporta mais conhecimentos sobre a participação da albacora bandolim na pesca industrial de atuns e afins no oceano Atlântico desde a sua introdução, em 1956. Novas informações sobre a influência da estrutura térmica (horizontal e vertical) como responsável pela delimitação de zonas de pesca bem definidas ao norte (5°N - 15°N) e ao sul do equador (5°S - 10°S), assim como sobre a distribuição espaço-temporal de comprimento dos espécimes da albacora bandolim capturados pela frota espinheira de atuns e afins.

A análise dos dados históricos da pesca no oceano Atlântico demonstrou que o desenvolvimento do espinhel profundo na década de 1980 foi o responsável pelo aumento considerável da participação da espécie nas capturas de atuns e afins neste oceano. Em consequência, as frotas asiáticas do Japão e China Taipei foram responsáveis por cerca de 74% do total capturado de BET em cada ano, a qual passou a ser a principal espécie de atum capturada pela frota que atua com o espinhel neste oceano.

A relação entre a estrutura térmica do ambiente pelágico e a distribuição espacial do esforço direcionado à captura da albacora bandolim no Atlântico Tropical é complexa e de difícil entendimento. No entanto, a captura se mostrou a melhor variável para entender o efeito da estrutura térmica na delimitação de zonas específicas de pesca, entre 5°N - 15°N e ao sul do equador entre 5°S - 10°S . Nelas, alguns fatores ambientais potencializam as capturas da espécie com o espinhel empregado pelo Japão e China Taipei, as quais estão associada às temperaturas da superfície do mar entre 24 e 26°C , a uma menor espessura da camada de temperatura ótima ($\sim 50\text{m}$) e quando o topo desta camada encontra-se em profundidades entre 100 e 250 m, à profundidade do topo da

termoclina entre 20 e 55 m, a temperatura do topo da termoclina entre 24 a 25°C e a temperatura da base da termoclina entre 17 a 19°C. Nestas condições, é possível afirmar que essas variáveis ambientais possibilitam elevadas capturas da albacora bandolim com o espinhel profundo que atua principalmente entre 150 e 300 m de profundidade.

A estabilidade apresentada pela distribuição dos comprimentos está diretamente associada à seletividade da arte de pesca empregada nas capturas, área de pesca e a medidas de manejo realizadas pela Comissão Internacional para a Conservação do Atum do Atlântico (ICCAT). O espinhel atua entre as profundidades de 150 e 300 m, capturando assim, em sua maioria, os espécimes adultos. A espécie parece apresentar diferentes preferências térmicas em relação ao seu comprimento. Os adultos (> 110 cm) tem preferência por zonas onde a temperatura da superfície do mar no Atlântico tropical varia entre 23 e 27° C e a profundidade de topo da termoclina situa-se entre 20 e 45 m. Os espécimes imaturos (< 110 cm) estão mais associados temperaturas da superfície do mar mais elevadas, entre 26 e 29° C. Os dados indicam possíveis migrações dos espécimes para zonas de alimentação em regiões temperadas, ao sul e ao norte do equador partindo do Golfo da Guiné.

Assim, diante dos resultados obtidos, foi possível aportar informações importantes que certamente contribuirão para um melhor entendimento sobre a evolução e as estratégias de pesca da albacora bandolim ao longo do período histórico de captura e para o conhecimento das variáveis ambientais que são responsáveis por agregar e definir zonas propícias de pesca no Oceano Atlântico Tropical.