

JONAS EUGENIO RODRIGUES DA SILVA

**A PROBLEMÁTICA DE INCIDENTES COM TUBARÕES EM PERNAMBUCO,
BRASIL.**

**RECIFE,
2019**



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

**A PROBLEMÁTICA DE INCIDENTES COM TUBARÕES EM PERNAMBUCO,
BRASIL.**

Jonas Eugenio Rodrigues da Silva

Tese de doutorado 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^ª Dr^ª ROSANGELA PAULA
TEIXEIRA LESSA**
Orientadora

Recife, agosto de 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação |
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R696p Rodrigues, Jonas Eugenio Rodrigues da Silva
A PROBLEMÁTICA DE INCIDENTES COM TUBARÕES EM PERNAMBUCO, BRASIL.: / Jonas Eugenio
Rodrigues da Silva Rodrigues. - 2019.
138 f. : il.

Orientadora: Rosangela Paula Teixeira .
Inclui referências e anexo(s).

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros
e Aquicultura, Recife, 2019.

1. Carcharhinus leucas. 2. Galeocerdo cuvier. 3. Tubarão. 4. Uso do Habitat. 5. Ataque de tubarão. I. , Rosangela
Paula Teixeira, orient. II. Título

CDD 639.3

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

**A PROBLEMÁTICA DE INCIDENTES COM TUBARÕES EM PERNAMBUCO,
BRASIL.**

Jonas Eugenio Rodrigues da Silva

Tese julgada adequada para obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 30/08/2019 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof^a Dr^a. Rosangela Paula Teixeira Lessa (Orientadora)
Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof^a Dr^a. Flávia Lucena Frédou
Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof^o Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira
Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof^o Dr. Francisco Marcante Santana
Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof^o Dr. Marcelo Francisco de Nóbrega
Departamento de Oceanografia
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha mãe Rosinete Rodrigues e ao meu pai Joaquim Eugenio (*in momeorian*). Também, às vítimas dos incidentes com tubarões em Pernambuco.

Epígrafe

"Entre a caminhada havia grandes pedras, mas eu as escalei, poli, driblei e encarei, por isto estou aqui".

Jonas Rodrigues, 2019.

Agradecimentos

A Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura – PG-RPAq.

Ao Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq da UFRPE.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE pela concessão da bolsa de doutorado.

A Dra. Rosangela Paula Teixeira Lessa pela orientação desta tese, incentivo e apoio em diversos momentos difíceis em minha trajetória acadêmica e pessoal. Fatos estes que foram cruciais para meu crescimento profissional.

Ao Dr. Francisco Marcante Santana pela colaboração neste trabalho.

A Dra. Beatriz Mesquita pela ajuda com o trabalho e todo apoio prestado.

A Cláudio Monteiro pelo auxílio em um dos capítulos deste trabalho.

A Dr. Paulo José Duarte Neto.

Ao Governo do Estado de Pernambuco por conceder acesso aos dados da tese, especialmente a Secretaria de Defesa Social - SDS.

Ao Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT, em especial aos presidentes Cel. Clóvis Ramalho e Cel. Valdy Oliveira. Também estendo os agradecimentos a todos os demais componentes da secretaria executiva: Élder Bezerra, Luciano Ribeiro e Guerra.

Ao Instituto de Medicina Legal do Estado de Pernambuco - IML-PE.

Ao Grupamento de Bombeiros Marítimos do Estado de Pernambuco - GBMar, do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE.

Aos estagiários Pedro Teixeira Campos, Gabriel Ramos, Willyson e Heitor Rodrigues que auxiliaram para a realização deste trabalho.

A minha mãe Rosinete Rodrigues e ao meu padrasto Antônio Carlos por todo incentivo e compreensão em meus momentos de ausência.

Aos meus irmãos Silvana Maria, Kelson Eugenio, Fabiano Eugenio e Késsia Rodrigues pelo apoio de sempre, estendendo à todos aos respectivos cônjuges e sobrinhos, pelos quais tenho muito amor.

A Dr. Diego Costa por todo incentivo e apoio, sobretudo nos momentos de angústias.

A todos os jornalistas que acompanharam e divulgaram as informações contidas nesta tese, as publicando de maneira sensata e responsável, para o melhor entendimento do público.

As pessoas especiais que me entenderam, me incentivaram e torceram por mim: Nilza Dantas, Manuela Ximenes, Rodrigo Fonseca, Janaína Viana, Karla Poliana, Tatiana Calado, Ludmila Calado, Rodrigo Villa, Luciana Benitez, Eduarda Nunes, Veronice Oliveira e a todos os outros, que por ventura eu possa ter esquecido.

Aos meus amigos e colegas de laboratório Leonardo Manir, Aristóteles Philippe, Kaio Lopes, Leandro Augusto, Priscilla, Thayse, Diogo, Cátia, Leandro e Laís.

Aos membros titulares da Banca Dra. Flávia Lucena, Dr. Francisco Marcante, Dr. Marcelo Nóbrega, Dr. Paulo Oliveira e também aos membros suplentes Dr. João Lucas Feitosa e Dra. Suzyanni Cabral, por aceitarem o convite para a avaliação e julgamento desta tese.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

Os tubarões são popularmente conhecidos pelos registros de incidentes com humanos em todo o mundo. Apesar de raros, estes casos geram temor em relação a estes animais. Isto tem sido ampliado pelos meios de comunicação, principalmente pelo efeito do filme *Jaws*. Entretanto, a maioria das espécies de tubarões não é agressiva e não oferece riscos aos humanos. No Brasil, os incidentes com tubarões se concentram em Pernambuco, totalizando 66 casos desde 1992. Desse total, 62 aconteceram em praias da Região Metropolitana do Recife - RMR e 4 no Arquipélago de Fernando de Noronha - AFN. Os incidentes estão distribuídos em seis municípios pernambucanos, além do AFN. São eles: Recife (27), Jaboatão dos Guararapes (23), Cabo de Santo Agostinho (6), Olinda (4), Paulista (1) e Goiana (1), entretanto, a maioria se concentra nas praias urbanas da RMR, em uma área de aproximadamente 33 km. Pernambuco também registra taxa de mortalidade de humanos por incidentes com tubarões de 23%, sendo considerada uma das mais altas do mundo. Dos 17 estados do Brasil banhados pelo Oceano Atlântico, 11 já registraram ao menos um caso. Desta forma, buscando melhor compreensão da problemática, essa tese foi desenvolvida, abordando aspectos do uso do habitat dos Tubarões Tigre (*Galeocerdo cuvier*) e Cabeça Chata (*Carcharhinus leucas*), que são comprovadamente envolvidas em incidentes com tubarões na RMR. Também é apresentado aqui uma análise dos fatores que agravam a problemática de interações negativas entre homem e tubarão no Estado de Pernambuco, entre elas, um dado inovador de aspectos físicos naturais que historicamente contribuiu para que incidentes com tubarões ocorressem/ocorram, assim como os afogamentos em áreas marinho-costeiras. Além disso, são avaliadas as ações usadas para mitigar a problemática no Estado, abordando todo o processo da gestão realizada desde o início da problemática até os dias de hoje. Por fim, medidas são sugeridas para que a continuidade das ações seja cada vez mais efetiva para a redução de casos de interações negativas entre tubarões e humanos em Pernambuco. Outrossim, os fatores e demais conteúdo reunidos e disponibilizados aqui poderão servir de profundo esclarecimento para a problemática de incidentes com tubarões no Estado de Pernambuco, bem como para outras regiões do Brasil e do mundo que apresentem similar problemática.

Palavras-Chave: *Carcharhinus leucas*; *Galeocerdo cuvier*; Tubarão; Uso do Habitat; Ataque de tubarão.

Abstract

Sharks are popularly known for human incident records around the world. Although rare, these cases generate fear about these animals. This has been magnified by the media, at least by the Jaws effect. However, most species of sharks are not aggressive and are not able to submit to humans. In Brazil, cases of shark incidents were concentrated in Pernambuco, totaling 66 as of 1992. Of this total, 62 occurring in beaches of the Metropolitan Region of Recife - RMR and 4 in the Fernando de Noronha Archipelago - AFN. The incidents are distributed in six municipalities in Pernambuco, in addition to the AFN. They are: Recife (27), Jaboatão dos Guararapes (23), Cabo de Santo Agostinho (6), Olinda (4), Paulista (1) and Goiana (1), thus, most of the RMR urban beaches, in a area approximately 33 km. Pernambuco also records shark accident death rate of 23%, being one of the highest in the world. Of the 17 states in Brazil bordering the Atlantic Ocean, 11 have reported at least one case. In this way, the issue of the problem was developed, which was developed, addressing the aspects of habitat use of the Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) and Bull shark (*Carcharhinus leucas*), which are demonstrably involved in shark incidents in the RMR. It is also an analysis of the results that aggravate a problem of negative interactions between man and shark in the state of Pernambuco, including an innovative data of physical boundaries that historically contributed to shark incidents and drownings. in coastal sea areas. In addition, an assessment of the actions used to mitigate a problem in the state, addressing the entire management process from the beginning of the problem to today. Lastly, measures are suggested for negative research between men and shark in Pernambuco. In this article, the events and contents gathered here can be used to clarify a problem of shark incidents in the State of Pernambuco, as well as to other regions of Brazil and the world that present this problem.

Keywords: *Carcharhinus leucas*; *Galeocerdo cuvier*; Shark; Habitat use; Shark attack.

Lista de figuras

Página

Capítulo 1

Figura 1- Exemplos de contornos abertos (A) nas mandíbulas superiores de espécies de tubarão capturadas na costa de Pernambuco e (B) nas marcas de mordida observadas em imagens de vítimas de ataques de tubarão ou em imagens de corpos onde foram encontradas marcas de mordidas. Ranhuras cúbicas ajustadas aos pontos reamostrados de contorno aberto de (A) mandíbula superior e (B) marcas de mordida. Fonte: Duarte-Neto et al. (2019).

..... 22

Figura 2- Componente relativo de deformações 1 (RW1 55,90% da variância total) versus componente deformações relativas 2 (RW2 14,27% da variância total) foi obtido a partir das deformações parciais. Fonte: Duarte-Neto et al. (2019).

..... 23

Capítulo 2

Figura 1- Imagem das câmeras de monitoramento da Secretaria de Defesa Social do Estado de Pernambuco - SDS registrando a ocorrência do caso de incidente com tubarão de nº 59 em Boa Viagem, Recife, Pernambuco.

..... 37

Figura 2- Número de incidentes com tubarões por ano ocorridos em Pernambuco e movimentação de navios na zona marinho-costeira da Região Metropolitana do Recife - RMR. Fontes: Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT e Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE, respectivamente.

..... 38

Figura 3- Imagens de satélite da Cidade do Recife, bairro do Pina e Cabanga. a - Imagem de 1951 e b - imagem 2010. Fonte: Agência Pernambucana de Meio Ambiente - CPRH.

..... 39

Figura 4- Imagens de satélite da Cidade do Recife, bairro de boa viagem. a - Imagem de 1951 e b - imagem de 2010.

..... 39

Figura 5- Imagens de satélite da área do Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE. a - Imagem de 1988 e b - imagem 2019. Fonte: *Google Earth Pro*.

..... 39

Figura 6- Número de habitantes das cidades do Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda por década e número de incidentes com tubarões por década ocorridos em Pernambuco. Fontes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT, respectivamente.

..... 40

Figura 7- Média da série histórica das precipitações acumuladas expressadas em milímetros, para as cidades do Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

..... 41

Figura 8- Imagens de satélite da Cidade do Recife, bairro de boa viagem. a - Imagem de 1951 e b - imagem de 2010.

.....

Capítulo 3

Figura 1- Relationship $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ for bull-shark (*Carcharhinus leucas*) caught in northeastern Brazil. On the "x" axis the ages are represented and on the "y" axis the CPS (counts per second) values of the $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ relations. The points correspond to the means, the bars correspond to the standard deviation and the lines are the 2nd order moving averages. Age -1 corresponds to the embryonic phase of the specimens.

..... 59

Figura 2- Relationship $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ of the flat-headed shark (*Carcharhinus leucas*) caught in the marine region of northeastern Brazil. On the "x" axis the ages are represented and on the "y" axis the CPS (counts per second) values of the $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ relations. The points correspond to the means, the bars correspond to the standard

deviation and the lines are the 2nd order moving averages. Age -1 corresponds to the embryonic phase of the specimens.

..... 60
Figura 3- Relationship ^{86}Sr : ^{43}Ca of the Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) caught in the marine region of northeastern Brazil. On the "x" axis the ages are represented and on the "y" axis the CPS (counts per second) values of the ^{86}Sr : ^{43}Ca relations. The points correspond to the means, the bars correspond to the standard deviation and the lines are the 2nd order moving averages. Age -1 corresponds to the embryonic phase of the specimens.

..... 61

Figura 4- Relationship ^{86}Sr : ^{138}Ba of the Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) caught in the marine region of northeastern Brazil. On the "x" axis the ages are represented and on the "y" axis the CPS (counts per second) values of the ^{86}Sr : ^{138}Ba relations. The points correspond to the means, the bars correspond to the standard deviation and the lines are the 2nd order moving averages. Age -1 corresponds to the embryonic phase of the specimens.

..... 62

Figura 5- Elemental micro-chemical signature of the neonate phase by a Bull shark (*Carcharhinus leucas*) caught in the marine region of northeastern Brazil. Horizontal bars in each boxplot represent the median values. Points represent outliers.

..... 63

Figura 6- Cluster analysis for multielemental micro-chemical signatures of flat-headed shark (*Carcharhinus leucas*) neonates caught in the marine region of northeastern Brazil.

..... 64

Figura 7- Multielemental microchemical signature of the neonate phase by a Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) individual captured in the marine region of northeastern Brazil. Horizontal bars in each boxplot represent the median values. Points represent outliers.

Figura 8- Cluster analysis for multielemental micro-chemical signatures of Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) neonates captured in the marine region of northeastern Brazil.

..... 64

Capítulo 4

Figura 1- Percentual de falas por instituição nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

..... 95

Figura 2- Percentual de assuntos debatidos nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

..... 99

Figura 3- Percentual dos dois principais assuntos debatidos por ano nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

..... 101

Figura 4- Percentual dos assuntos “pesquisa e monitoramento” e “educação ambiental” debatidos por ano nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

..... 102

Figura 5- Percentual do assunto “prevenção” por ano nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

..... 102

Figura 6- Número de registro de incidentes com tubarões por ano ocorridos em Pernambuco no período de 1992 a 2019. Fonte dos dados: Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT, 2019.

..... 103

Figura 7- Percentual de transparência por ano na gestão dos incidentes com tubarões e nos assuntos discutidos nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

..... 104

Figura 8- Situações de conflito por ano na gestão dos incidentes com tubarões e nos assuntos discutidos nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

..... 105

Lista de tabelas

Página

Capítulo 2

Tabela 1- Referências de imagem e *software* utilizado na identificação das correntes de retorno fixas para o trecho de praias urbanas da Região Metropolitana do Recife – RMR (Praia do Pina até o limite entre a Praia de Piedade e Candeias). Fonte: Maia et al., (2014).

..... 31

Tabela 2- Distribuição e quantidade das correntes de retorno fixas identificadas para o trecho de praias urbanas da Região Metropolitana do Recife – RMR (Praia do Pina até o limite entre a Praia de Piedade e Candeias), Pernambuco, Brasil.

..... 34

Tabela 3- Frequência absoluta e relativa dos casos de iminência de afogamentos e incidentes com tubarões nas áreas onde ocorrem as correntes de retorno fixas identificadas para o trecho de praias urbanas da Região Metropolitana do Recife – RMR (Praia do Pina até o limite entre a Praia de Piedade e Candeias), Pernambuco, Brasil.

..... 35

Tabela 4- Principais obras de infraestrutura e crescimento dos municípios pernambucanos pertencentes à Região Metropolitana do Recife -RMR onde há registros de incidentes com tubarões.

..... 41

Capítulo 3

Tabela 1- Specimens used in the vertebrae elemental analysis of the bullshark (*Carcharhinus leucas*), captured in the northeastern Brazilian marine region (a - h), and the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*), captured off northeastern Brazil I to VI.

..... 56

Capítulo 4

Tabela 1- Codificação dos temas analisados nas atas das reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

..... 88

Tabela 2- Lista de instituições participantes das reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

..... 91

Sumário

Dedicatória.....	v
Epígrafe	vi
Agradecimentos	vii
Resumo	viii
Abstract.....	ix
Lista de figuras	x
Lista de tabelas	xii
Capítulo 1	16
Introdução Geral	16
1.1 - Contextualização da pesquisa.....	17
1.1.1 - Identificação das espécies envolvidas em interações negativas entre homem e tubarão em Pernambuco.	21
1.1.2 - Elasmobrânquios e conservação	24
1.1.3 - Objetivos	25
Capítulo 2	27
Artigo Científico I	27
2 - Artigo Científico I - Aspectos que influenciam a incidência de interações negativas entre homem e tubarão no estado de Pernambuco, Brasil.	28
Resumo	28
Abstract.....	29
Introdução	30
Metodologia.....	32
Resultados.....	35
Discussão	42
Agradecimentos	46
Referências	46
Capítulo 3	50
Artigo Científico II	50
3 - Artigo Científico II - The habitat use of <i>Carcharhinus leucas</i> (Müller and Henle, 1839); and <i>Galeocerdo cuvier</i> (Peron and Le Sueur, 1822) in coastal areas of Northeastern Brazil, through vertebrae microchemistry analysis.	51
Abstract.....	51
Introduction	52
Materials and methods.....	54
Results	57
Discussion.....	65
Acknowledgements	71
References	72
Capítulo 4	80
Artigo Científico III.....	80
4 - Artigo Científico III - Análise da gestão da problemática de incidentes com tubarões no Estado de Pernambuco entre 1992 e 2012.....	81
Abstract.....	82
Introdução	83
Metodologia.....	85
Resultados.....	91

Discussão	105
Agradecimentos	110
Referências	110
Capítulo 5	114
Considerações Finais	114
5 - Considerações Finais.....	115
5.1 - Recomendações para a gestão.	117
5.2 - Pesquisas futuras.	118
6 - Referências	119
Anexos.....	125
Anexo I - Informação gerada a partir do desenvolvimento da tese.	126
Anexo II - Informação gerada a partir do desenvolvimento da tese.....	132
Anexo III - Artigo científico desenvolvido e publicado com informações correlacionadas à tese.	136
Anexo IV - Licença Comitê de ética de humanos - Plataforma Brasil.....	137
Anexo V - Anuência Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT.....	138

Capítulo 1

Introdução Geral

1.1 - Contextualização da pesquisa

Os tubarões são popularmente conhecidos pelos registros de incidentes com humanos em todo o mundo (GADIG 1998). Apesar de raros, estes incidentes geram temor em relação aos tubarões (SANTANA DA SILVA, 2001; NEFF, 2012). Isto tem sido ampliado pelos meios de comunicação, principalmente pelo efeito do filme *Jaws* (NEFF, 2015).

Registra-se que a maioria das obras de ficção que utilizam os tubarões como protagonistas, disseminam a ideia de que estes animais são assassinos e devem ser mortos. Entretanto, a maioria das espécies de tubarões não é agressiva e não oferece riscos aos humanos.

Atualmente, são reportados globalmente mais de 3028 incidentes com tubarões não provocados desde 1900 (ISAF, 2019). Desse total, cerca de 80% ocorreram em seis países (MCPHEE, 2014). Os países que mais registram estes casos são os Estados Unidos da América, com 1441 registros, a Austrália, com 642, a África do Sul, com 255, o Brasil, com 107, e a Nova Zelândia, com 48 (ISAF, 2019). Entretanto, mais casos podem ter ocorrido e não foram reportados ao ISAF (*International Shark Attack File*), como é o caso brasileiro (RODRIGUES, 2019. Comunicação pessoal).

Ainda de acordo com o ISAF (2019), o ano de 2015 foi o marco histórico de registros de incidentes entre tubarões e humanos no mundo, sendo registrados 98 casos de ataques não provocados, superando o ano de 2000, quando ocorreram 88 casos. A média mundial de incidentes fatais é de 12,8% (ISAF, 2016), entretanto, essa taxa têm diminuído significativamente. De acordo com Neff e Reuter (2013), o declínio nas taxas de mortalidade por incidentes com tubarões se deve à melhora do atendimento de primeiros socorros.

No Brasil, a maioria dos casos de incidentes com tubarões se concentram no Estado de Pernambuco, totalizando 66 desde 1992 (CEMIT, 2019). Desse total, 62 aconteceram em praias da Região Metropolitana do Recife - RMR e 4 no Arquipélago de Fernando de Noronha - AFN (CEMIT, 2019). Os incidentes com tubarões estão distribuídos em seis municípios pernambucanos, além do AFN, são eles: Recife (27), Jaboatão dos Guararapes (23), Cabo de Santo Agostinho (6), Olinda (4), Paulista (1) e

Goiana (1). Entretanto, os incidentes se concentram em sua maioria nas praias urbanas da RMR, compreendendo uma área de aproximadamente 33 km de extensão.

A maioria dos incidentes registrados na RMR ocorreu entre os dias de sábados (11 casos), domingos (19 casos) e segundas (10 casos), em períodos de lua nova (20 casos) e cheia (17 casos) (CEMIT, 2019), períodos estes que são de maior amplitude de marés. Em relação às atividades desenvolvidas pelas vítimas em momentos de incidentes, observa-se que dos 62 casos ocorridos na RMR 32 praticavam surfe e 30 eram banhistas (CEMIT, 2019).

O maior percentual das interações negativas entre seres humanos e tubarões em Pernambuco é de jovens, dos quais registra-se 69,4% dos casos com idades entre 14 e 25 anos (CEMIT, 2019). Além disso, a maioria dos acidentados é do sexo masculino, totalizando 56 casos, enquanto que as vítimas do sexo feminino foram apenas 2 casos, os demais (4 casos), não tiveram os sexos registrados (CEMIT, 2019).

Para o Arquipélago de Fernando de Noronha - AFN, onde se registra 4 casos de interações negativas não provocadas, os incidentes se concentram entre os meses de dezembro a fevereiro (CEMIT, 2019), período em que a ilha está com maior número de turistas. Também relata-se que do total de vítimas no AFN, 2 eram surfistas e 2 banhistas, sendo todos do sexo masculino, não registrando nenhum óbito por incidente com tubarão (CEMIT, 2019).

O Estado de Pernambuco também registra uma taxa de mortalidade de humanos por incidentes com tubarões de 23% (CEMIT, 2014), sendo esta considerada uma das mais altas do mundo (RODRIGUES e LESSA, em preparação). Porém, este não é o único estado brasileiro a registrar essa problemática, pois, dos 17 estados do Brasil banhados pelo Oceano Atlântico, 11 já registraram ao menos um caso de interação negativa entre homem e tubarão.

Além de Pernambuco, os demais Estados brasileiros que registram incidentes com tubarões são os de São Paulo, com 11 casos, Maranhão com 10, Rio de Janeiro com 7, Rio Grande do Sul (5) e Bahia (5), respectivamente (ISAF, 2019). Os demais não apresentam mais de 4 casos, com exceção dos Estados do Amapá, Pará, Piauí, Alagoas, Sergipe e Espírito Santo, que não registraram nenhum caso dessa natureza. Entretanto, apesar dos incidentes ocorrerem em outros Estados, somente Pernambuco tem uma política destinada à problemática de incidentes com tubarões.

Devido ao alto número de interações negativas entre homem e tubarão, o Governo do Estado de Pernambuco criou em 2004 o Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT, sediado na Secretaria de Defesa Social - SDS. O objetivo principal do comitê é mitigar a problemática através da elaboração de políticas públicas.

O CEMIT é um órgão deliberativo criado em 17 de maio de 2004, através do decreto lei estadual nº 26.729. No ato de sua criação, foi composto por instituições governamentais, de pesquisa e representantes da sociedade civil. Inicialmente eram membros efetivos do CEMIT a Secretaria de Defesa Social - SDS, o Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE, o Instituto de Medicina Legal - IML, o Instituto Oceanário de Pernambuco - IOPE e a Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, na qualidade de presidente, podendo outras instituições participar como convidadas, a convite da presidência.

Essa formação perdurou até 6 de novembro de 2014, quando foi publicado o novo decreto lei estadual nº 41.251, que alterou a composição dos membros efetivos do CEMIT. A justificativa dada foi o amparo legal aos princípios constitucionais da impessoalidade, isonomia e moralidade, visto que a UFRPE e o IOPE eram responsáveis pela pesquisa e monitoramento de tubarões e educação ambiental, respectivamente, recebendo recursos do governo através do Programa PROTUBA. Dessa forma, as instituições efetivas desse colegiado agora são a SDS, o CBMPE, o IML, a Polícia Militar do Estado de Pernambuco - PMPE e a Agência Estadual do Meio Ambiente - CPRH. As demais instituições participam do CEMIT como convidadas, incluindo as que antes eram membros efetivos.

As ações desenvolvidas no âmbito do CEMIT levaram à redução significativa da taxa de incidentes com tubarões em Pernambuco, cerca de 97% (RODRIGUES et al., 2019, Artigo II), apesar de Hazin e Afonso (2014) atribuírem essa redução somente às atividades de pesquisa e monitoramento. Entretanto, apesar da redução da taxa, os incidentes ainda ocorrem.

O gerenciamento da problemática de incidentes com tubarões é principalmente uma política pública (NEFF, 2012). Muitos países que enfrentam este problema desenvolvem programas para monitorar a ocorrência de incidentes com tubarões, bem

como a presença desses animais. Algumas políticas passam ou passaram pelo abate de tubarões (CLIFF e DUDLEY, 2011; CROSSLEY et al., 2014; FERRETTI et al., 2015; GIBBS e WARREN, 2015). Essa prática é mais comum onde o turismo e o uso recreativo da região marinha apresentam grande participação econômica (GIBBS e WARREN, 2015).

Pesquisas sobre a ocorrência de incidentes com tubarões em todo o mundo têm buscado a compreensão dos fatores que ocasionam o problema (LEMAHIEU et al., 2017). Em Pernambuco, esse aspecto não foi diferente, sendo desenvolvidas pesquisas sobre a ocorrência de casos (HAZIN et al., 2008), descrição das atividades de monitoramento de tubarões potencialmente agressivos (HAZIN e AFONSO, 2014), avaliação da abundância de tubarões na região (AFONSO et al., 2014), migração do tubarão Cabeça Chata (*Carcharinus leucas*) (NIELLA et al., 2017) e grau de envolvimento das espécies (DUARTE-NETO et al, 2019). Além dessas, uma pesquisa de cunho social sobre a percepção dos banhistas em relação aos incidentes com tubarões foi realizada (LIBERAL et al, 2006).

Entretanto, apesar da realização dessas pesquisas, o entendimento total da problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco ainda requer melhor conhecimento, tanto sobre os aspectos que geram as interações negativas entre homem e tubarão, como referente às espécies que possam oferecer algum risco aos seres humanos.

Entretanto, estima-se que o crescente processo de urbanização das regiões costeiras do Estado de Pernambuco, somados à densidade populacional de humanos na área (1.017 habitantes/Km², Senado Federal do Brasil, 2012), ao turismo e ao desenvolvimento imobiliário, entre outros, geram impactos significativos ao ambiente costeiro (HALPERN et al., 2008), e se apresentam como importantes indicativos para a questão dos incidentes com tubarões em Pernambuco.

Desta forma, buscando melhor compreensão da problemática, essa tese foi desenvolvida abordando aspectos que ainda não tinham sido relacionados com a causa dos incidentes com tubarões no Estado.

1.1.1 - Identificação das espécies envolvidas em interações negativas entre homem e tubarão em Pernambuco.

Do total de casos ocorridos no Estado de Pernambuco em apenas 8 foi possível a identificação da espécie envolvida, sendo um atribuído ao Tubarão Tigre (*Galeocerdo cuvier*) e sete ao Tubarão Cabeça Chata (*Carcharhinus leucas*) (GADIG e SAZIMA, 2003; HAZIN et al., 2008). Esta identificação foi realizada com base na análise forense dos dentes (GADIG e SAZIMA, 2003; HAZIN et al., 2008) e na abundância relativa de tubarões (FISCHER et al., 2009). Além destes, uma identificação a nível de grupo de espécie foi possível, concluindo que o animal responsável pertencia ao grupo dos tubarões tigre e cabeça chata (RODRIGUES, 2015, Laudo caso 01 CEMIT - AFN).

Recentemente, em avaliação de casos de incidentes com tubarões no Arquipélago de Fernando de Noronha - AFN, verificou-se a participação do Tubarão Limão (*Negaprion brevirostris*) nos casos. Além dessas espécies já comprovadas nos envolvimento dos incidentes com tubarões em Pernambuco, outra espécie considerada suspeita por Hazin et al.(2008) é o Tubarão Galha Preta (*Carcharhinus limbatus*), porém nunca confirmada.

Os Tubarões Tigre (*Galeocerdo cuvier* - PÉRON e LESUEUR, 1822) e Cabeça Chata (*Carcharhinus leucas* - MÜLLER e HENLE, 1839) são espécies de grande porte e possuem hábitos costeiros ao longo de suas vidas (COMPAGNO, 2005), atuando como predadores de topo de cadeia na região costeira de Pernambuco (ARAÚJO et al, 2016). Já *Carcharhinus limbatus* é uma espécie de porte médio, mas também possui hábitos costeiros (COMPAGNO, 2005).

Por outro lado, o grau de envolvimento das espécies de tubarões nos incidentes com humanos em Pernambuco ainda requer melhor conhecimento, sobretudo porque as práticas de manejo para a redução de incidentes dependem das espécies envolvidas, uma vez que cada espécie tem habitat e estratégia de alimentação diferentes.

Atualmente, Duarte-Neto et al. (2019) analisaram características morfométricas uni e bi dimensionais (forma, curvatura e distância entre dentes) das arcadas de espécies de tubarões capturadas no litoral de Pernambuco (Figura 01), sendo 2 espécimes de *Carcharhinus acronotus*, 4 de *C. leucas*, 1 de *C. limbatus*, 4 de *Galeocerdo curvier* e 3 de *Sphyrna lewini* (Figura 02). Os autores verificaram que as formas das arcadas

diferem entre as espécies estudadas, sendo que as da espécie *S. lewini* são as que apresentam diferenças mais pronunciadas devido a forma da cabeça desta espécie.

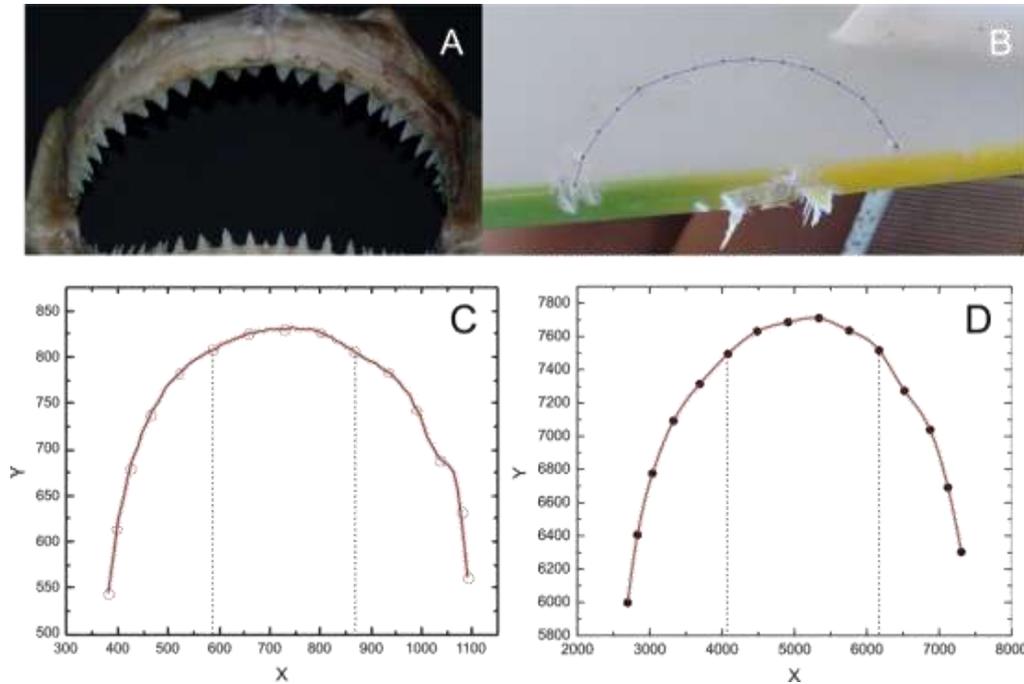


Figura 01: Exemplos de contornos abertos (A) nas mandíbulas superiores de espécies de tubarão capturadas na costa de Pernambuco e (B) nas marcas de mordida observadas em imagens de vítimas de ataques de tubarão ou em imagens de corpos onde foram encontradas marcas de mordidas. Ranhuras cúbicas ajustadas aos pontos reamostrados de contorno aberto de (A) mandíbula superior e (B) marcas de mordida. Fonte: Duarte-Neto et al. (2019).

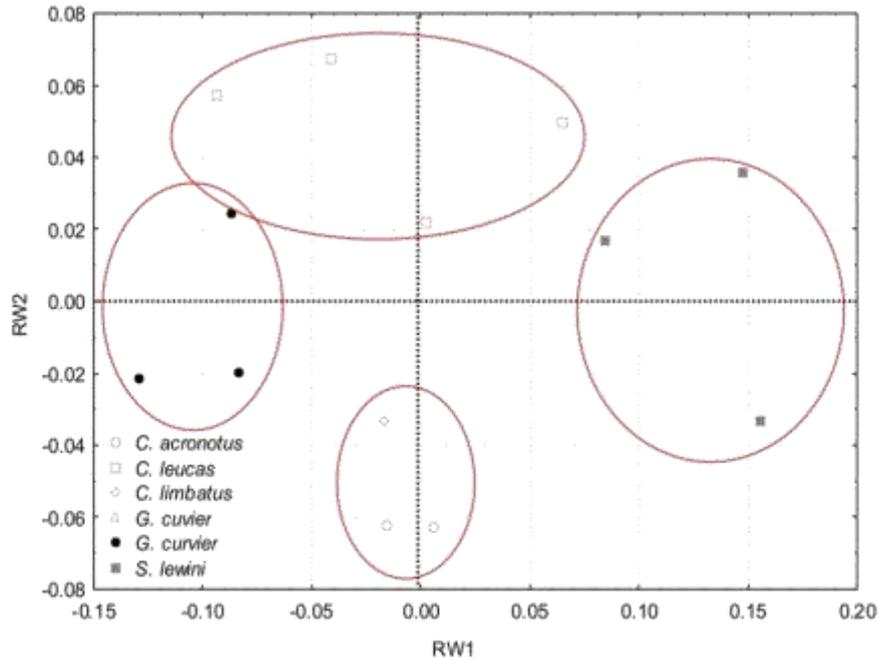


Figura 02: Componente relativo de deformações 1 (RW1 55,90% da variância total) versus componente deformações relativas 2 (RW2 14,27% da variância total) foi obtido a partir das deformações parciais. Fonte: Duarte-Neto et al. (2019).

De acordo com Duarte-Neto et al. (2019), *C. leucas* e *G. curvier* possuem algumas semelhanças em suas arcadas em relação à mandíbula inferior, como também na distância entre dentes, o que dificulta a separação destas duas espécies quanto aos incidentes. Mesmo com base em poucos indivíduos amostrados, concluíram que *C. acronotus* e *C. limbatus* não fazem parte das espécies relacionadas aos incidentes. Entretanto, as análises não foram conclusivas em relação a *S. lewini*. Por esse motivo, as análises propostas nesta tese para *C. limbatus* não foram continuadas.

A análise morfométrica forense tem sido amplamente utilizada na identificação de dimorfismo sexual (FRANKLIN et al., 2012; SIDHU et al., 2014) e identificação de raça em humanos (BUCK et al., 2004). Entretanto, em relação a tubarões, a maioria dos estudos se concentra na análise da forma dos dentes (GADIG, SAZIMA, 2003; WHITENACK, GOTTFRIED, 2010), uma vez que as espécies apresentam formas bastantes distintas uma da outra, em função do hábito alimentar (LOWRY et al., 2009), e poucos estudo focaram a forma da mandíbula. Recentemente, Lowry et al. (2009) mostraram o potencial do uso da circunferência e da distância entre dentes para a determinação do tamanho do tubarão a partir da análise de padrões de mordida em superfícies duras e moles. Apesar do potencial para determinação de tamanho, a

metodologia apresentada pelos autores é pouco eficiente para identificar espécies. Já os resultados apresentados por Duarte-Neto et al. (2019), usando curvatura parecem levar a uma boa identificação de espécies, mas ainda com um certo grau de incerteza.

Apesar do trabalho desenvolvido por Duarte-Neto et al. (2019) ter sido promissor, ainda se faz necessário diminuir as incertezas quanto a participação destas espécies e acrescentar outras espécies à análise. Por exemplo, *C. leucas* e *G. curvier* são duas espécies envolvidas em incidentes, porém, a análise com uma amostra maior, agregada à análise da forma de seus dentes, levando em consideração a forma da marca provocada pelos dentes em superfície mole ou dura, pode aumentar a precisão na identificação específica das espécies envolvidas em incidentes.

1.1.2 - Elasmobrânquios e conservação

Pertencentes à classe Chondrichthyes, os tubarões, raias e quimeras são peixes de esqueletos cartilagosos. Este grupo divide-se em duas subclasses: Holocephali, que compreende as quimeras e Elasmobranchi, os tubarões e raias.

Elasmobrânquios de todo o mundo vêm sofrendo declínio populacional influenciado por fatores antrópicos, como o alto esforço de pesca, a degradação de ambientes marinhos, costeiros e de manguezais (CAMHI et al., 1998), além das suas características que os tornam mais susceptíveis, como, crescimento lento, baixa taxa de fecundidade e maturação sexual tardia (SMITH et al., 1998). Outro fator que causa impacto nas populações dos elasmobrânquios e conseqüentemente diminui a sustentabilidade das espécies é a ação humana, relacionada aos altos esforços de pesca e a destruição de zonas críticas como berçários e áreas de forrageio (YOKOTA e LESSA, 2006; KNIP et al., 2010).

O histórico dos elasmobrânquios mostra explicitamente a fragilidade do grupo, como, por exemplo, as depleções identificadas por Lessa et al. (1999a), encontradas para o Brasil em níveis distintos nos estoques das espécies: *Sphyrna lewini*, *Carcharias taurus*, *Rhinobatos horkelii*, *Galeorhinus galeus*, *Squatina* spp., *Mustelus* spp., *Isogomphodon oxyrhynchus*, *Mustelus fasciatus*, *Carcharias taurus*, *Rhincodon typus*.

Hazin et al. (1998) descrevem que a participação dos tubarões nas capturas com espinhel pelágico no Nordeste brasileiro, entre os anos de 1983 e 1997, foi superior às demais categorias, correspondendo 54% do total capturado. Esses e outros relatos de

pesca excessiva de elasmobrânquios somados à degradação de ambientes marinhos e estuarinos ratificam a inserção de algumas espécies de tubarões e raias na lista vermelha da IUCN (*International Union for the Conservation of Nature*).

A sobrepesca é um dos principais vetores para o declínio populacional dos elasmobrânquios, o que reforça a necessidade do manejo mais eficiente das pescarias em que tubarões e raias estão presentes. Ainda que se diga no geral não existir pesca dirigida, as espécies oceânicas dos elasmobrânquios sofrem com a sobrepesca, sendo comumente capturadas como fauna acompanhante em pescarias dirigidas a atuns e afins.

Já as espécies de elasmobrânquios costeiras sofrem com arrastos destinados à captura de camarões, pesca de emalhe (LESSA et al., 1999). Também é importante mencionar o alto interesse dos orientais por barbatanas de tubarões para a elaboração de sopas supostamente afrodisíacas, o que gerou a atividade denominada de *finning*, que consiste na retirada das barbatanas dos tubarões, que em seguida são devolvidos ao mar, evitando todas as possibilidades de o animal permanecer vivo (VANNUCCINI, 1999).

O conhecimento da dinâmica populacional dos elasmobrânquios é determinante para a exploração, que deve levar em conta, além da estratégia de vida desse grupo, as características limitantes que apresentam para a reação dos estoques à mortalidade excedente, imposta pela pesca, em decorrência da estreita relação entre estoque e recrutamento (HOLDEN, 1974).

Desta forma, conhecer os impactos antrópicos gerados na região costeira de Pernambuco, bem como as informações sobre a biologia e uso do habitat dos tubarões Tigre, Cabeça Chata e Galha Preta na região é determinante para o entendimento das interações entre homem e tubarões na área.

1.1.3 - Objetivos

Geral

Avaliar os impactos antrópicos na região costeira de Pernambuco e suas influências sobre o uso do habitat das espécies de tubarões potencialmente agressivas

(Tubarões Tigre - *Galeocerdo cuvier* e Cabeça chata - *Carcharhinus leucas*), enfatizando a interação homem tubarão.

Específicos

1. Identificar o uso do habitat dos tubarões Tigre (*Galeocerdo cuvier*) e Cabeça Chata (*Carcharhinus leucas*) na região costeira de Pernambuco;
2. Conhecer/Identificar as causas das interações negativas entre tubarões e humanos no Estado de Pernambuco;
3. Avaliar os aspectos da gestão da problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco.

1.1.4 - Estrutura da tese

A fim de atender o objetivo proposto para o presente trabalho, esta tese foi dividida em capítulos individuais que compreendem artigos científicos independentes. Tais artigos posteriormente serão submetidos à periódicos científicos com estrutura e regras distintas entre si. Desta forma, algumas informações, bem como referências, poderão se repetir entre os artigos dispostos.

Para atender o objetivo específico de número 1, foi desenvolvido o artigo científico II, que trata do uso do habitat dos tubarões Tigre (*Galeocerdo cuvier*) e Cabeça Chata (*Carcharhinus leucas*) na região costeira do Nordeste do Brasil.

O artigo científico I, que trata das causas das interações negativas entre tubarões e humanos no Estado de Pernambuco, foi desenvolvido para atender o objetivo específico de número 2 .

Por fim, para atender o objetivo específico de número 3, foi desenvolvido o artigo científico III, que trata da Avaliação dos aspectos da gestão da problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco.

Capítulo 2

Artigo Científico I

2 - Artigo Científico I - Aspectos que influenciam a incidência de interações negativas entre homem e tubarão no estado de Pernambuco, Brasil.

Jonas Rodrigues¹ and Rosangela Lessa¹

¹ Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas - DIMAR. Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Av. Dom Manuel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife - PE, Brasil.

Resumo

A problemática dos incidentes com tubarões no Estado de Pernambuco teve início no ano de 1992. De acordo com as estatísticas oficiais do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT são contabilizados 66 casos confirmados até o presente. Destes, 25 foram fatais. Muitas tentativas têm sido feitas para apontar os fatores envolvidos na ocorrência desses eventos. Recentemente feições costeiras, como as Correntes de Retorno - CR's passaram a ser consideradas na ocorrência de incidentes entre tubarões e humanos. Tais feições se constituem em canais formados pela arrebentação de ondas que escavam a areia ou por formações fixas nas praias, como arrecifes e *piers*. A água que flui por esses canais tem velocidade superior e sentido inverso ao da arrebentação na praia, fazendo com que a profundidade nesta área seja maior do que a encontrada nas demais áreas ao entorno das CR's. Elas representam risco aos banhistas, já que possuem a capacidade de conduzi-los para zonas mais profundas, onde a probabilidade de incidentes é maior devido à perda de contato com o solo. Também a existência de um canal, mais profundo, por onde os tubarões se deslocam é fator de risco. Desta forma, com o intuito de avaliar a influência das CR sobre a interação homem-tubarão nas praias urbanas da Região metropolitana do Recife – RMR (Praia do Pina à Praia de Candeias) foi realizado o mapeamento das Correntes de Retorno a partir de imagens de satélite, do *software Google Earth* e 7 sobrevôos na área. Além disso, o banco de dados do Grupamento de Bombeiros Marítimos de Pernambuco – GBMAR, que contém os registros dos casos de afogamento e iminência de afogamento (período de 2007 a 2010) na região foi analisado e confrontado com o mapeamento das CR's. Um estudo de caso de atuação das CR's sobre uma vítima é realizado aqui a partir de imagens das câmeras de monitoramento da Secretaria de Defesa Social do Estado de Pernambuco. Também foram analisados fatores ambientais para verificar a influência deles sobre a problemática de incidentes com tubarões, tais como a forma de uso e ocupação do solo das cidades da RMR que apresentam registros de incidentes com tubarões. Uma avaliação das principais obras de infraestrutura da zona costeira da RMR também foi realizada para verificar os possíveis impactos na área e, por fim, a comparação dos dados históricos de precipitação e crescimento populacional das cidades da RMR que apresentam registros de incidentes com tubarões.

Palavras - chave: Feições costeiras, Ataque de tubarão, CEMIT, Correntes de Retorno.

Abstract

The problem of shark incidents in the State of Pernambuco began in 1992. According to official statistics from the Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT there are 66 confirmed cases to date. Of these, 25 were fatal. Many withdrawals were made to obtain data regarding the occurrence of these events. Recent features such as Rip Currents - CR's have become an incident of shark-human incidents. Such features are constituted by shapes formed by the breaking of waves that delimit the sand or by fixed formations on the beaches, such as reefs and piers. The water that flows to the videos has a superior quality and an inverse sense of satisfaction on the beach, making its lack greater than that in relation to the other areas around the CR's. This is born risk to the bathers, already able to compensate the zones of depth the depth, where the probability of incidents is greater due to the loss of contact with the ground. It is also possible to find a deeper channel through which sharks travel is a risk factor. Thus, in order to evaluate the influence of shark man on the urban beaches of the Metropolitan Region of Recife - RMR (Pina Beach to Candeias Beach), the Mapping of the Return Currents from satellite images, Google Earth software and 7 overflights in the area. In addition, the database of the Grupamento de Bombeiros Marítimo a - GBMAR, which contains the records of drowning and impending drowning cases (period 2007-2010) in the region was analyzed and compared with the mapping of CR's. A CR case study is an action on the taking of surveillance camera images from the Pernambuco State Department of Social Defense. Environmental indicators were included to verify the incidence of a shark incident problem, such as land use and land use in cities of the RMR that present records of shark incidents. One of the main RMR coastal economy area databases was also carried out to survey area data and, finally, to compare historical growth and population growth data of RMR cities that present records of shark incidents.

Key words: Coastal features, Shark attack, CEMIT, Rip Currents.

Introdução

O litoral Brasileiro apresenta 10.800 km de extensão (MMA, 2010), o que favorece o uso dos ambientes praias pela população nacional e internacional. As altas temperaturas e constância de sol fortalece o turismo de sol e praia no Brasil (BRASIL, 2006), agregando cada vez mais pessoas. O Estado de Pernambuco é um dos mais procurados para essa categoria de turismo, tendo 187 quilômetros de extensão e praias atrativas para a balneabilidade (BRASIL, 2006). Além disso, a população dessa região utiliza com frequência essas áreas, principalmente por serem caracterizadas como uma das formas de lazer de mais baixo custo.

Entretanto, a utilização dos ambientes praias raramente é feita com a devida orientação e segurança, pois a eles podem estar ligados diversos perigos (PEREIRA et al., 2003; MOCELLIN, 2006) que, para a população podem ser desconhecidos. Os riscos mais conhecidos por populares são os afogamentos, considerados riscos físicos, e as queimaduras causadas por cnidários, denominados de riscos biológicos (SHORT et al., 1993). Os mesmos autores descrevem que outro risco de natureza biológica é a interação negativa entre homem e tubarão, este, ocorrido com frequência em Pernambuco, é o mais polêmico, principalmente pelo sensacionalismo que é gerado pela imprensa televisiva, cinematográfica e escrita (NEFF, 2012).

O Estado de Pernambuco, localizado no Nordeste brasileiro, se destaca pela quantidade de casos de incidentes com tubarões que atingem 66 casos desde o ano de 1992, quando começou o registro (CEMIT, 2019). Esse número corresponde a aproximadamente 62% do total de casos reportados para o Brasil ao Arquivo Internacional de Ataque de Tubarão (*International Shark Attack File*), que contabiliza 107 ocorrências (ISAF, 2019). Os incidentes na região ocorrem em sua maioria (81,8%) em um trecho de 33 km de extensão, correspondendo às praias urbanas da Região Metropolitana do Recife - RMR (Praia do farol - Olinda, praia do Pina, praia de Boa Viagem - Recife, praia da Piedade, praia de Candeias - Jaboatão dos Guararapes e praia do Paiva - Cabo de Santo Agostinho), as quais fazem parte do trecho denominado de alto risco, conforme o decreto lei nº 37.897, de 17 de fevereiro de 2012.

Do total de casos registrados em Pernambuco, 4 ocorreram no Arquipélago de Fernando de Noronha - AFN, e os demais na faixa litorânea da RMR, totalizando 62 casos (CEMIT, 2019), o que faz essa área ter uma das mais altas taxas de incidentes com tubarões por metro quadrado do mundo. O Estado também registra elevado índice

de mortalidade causado pelos incidentes, totalizando 25 óbitos (CEMIT, 2019). O perfil das vítimas é, na maioria, de jovens de faixa etária entre 14 e 25 anos de idade (67,7%) e sexo masculino (90,8%).

As causas que favorecem os incidentes com tubarões em Pernambuco ainda são pouco conhecidas, com baixa comprovação científica dos fatores que podem aumentar a probabilidade de ocorrência de casos dessa natureza. Para tanto, com o intuito de melhor entender esses fenômenos algumas hipóteses foram lançadas por Hazin et al. (2008), tais como a construção do Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE, a utilização dos estuários do Rio Jaboatão por indivíduos do tubarão Cabeça chata (*Carcharhinus leucas*). Além disso, a presença de feições costeiras (canal) paralelas às praias urbanas da RMR também foi relacionada (PROJETO MAI, 2009).

Outro fenômeno recentemente observado na dinâmica dos casos de incidentes com tubarões na costa pernambucana refere-se também à feições costeiras, as Correntes de Retorno - CR's (CEMIT, 2014). CR's são correntes de água que fluem rapidamente, com velocidade de até 3 m.s^{-1} de forma perpendicular à praia, movendo-se em direção do mar (PEREIRA et al., 2003). Essas feições, que ocorrem em diversas praias do Brasil e do mundo, ainda são pouco tratadas para a gestão costeira e prevenção de incidentes em geral, porém, é responsável por 89% dos casos de afogamentos e outros acidentes no ambiente praias em *New South Wales*, na Austrália (SHORT et al., 1993), por cerca de 86% nas praias do centro norte de Santa Catarina, Brasil (HOEFEL and KLEIN, 1998) e no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil onde as CR's são responsáveis por cerca de 95% dos casos de afogamento (MOCELLIN, 2006).

Em Pernambuco, essas feições ainda são pouco estudadas, mas foram identificadas por meio de imagens de vídeos no caso de nº 59, conforme tabela do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT (2019). A partir deste caso, o fenômeno CR's passou a ser considerado como um dos fatores suspeitos pelo aumento da probabilidade de ocorrência de incidentes com tubarões na costa de Pernambuco.

Para tanto, foi avaliado por meio deste trabalho, a relação entre as correntes de retorno, afogamentos e incidentes com tubarões nas praias urbanas da Região Metropolitana do Recife - RMR, Pernambuco, Brasil. Além disso, outros fatores como a análise do tráfego de navios na área, os impactos ambientais e o crescimento da populacional da área de estudo foram avaliados, este último, considerado um dos fatores

que mais aumentam a probabilidade de ocorrência de incidentes com tubarões no mundo (CEMIT, 2014).

Metodologia

A identificação da posição das correntes de retorno foi realizada por Maia et al., (2014) através da inspeção visual de um conjunto de imagens de satélites disponibilizadas pelo Laboratório de Cartografia Costeira da Universidade Federal de Pernambuco (LaCoste-UFPE), bem como através das imagens gratuitas disponíveis no *software Google Earth*® conforme tabela 1.

Tabela 1: Referências de imagem e *software* utilizado na identificação das correntes de retorno fixas para o trecho de praias urbanas da Região Metropolitana do Recife – RMR (Praia do Pina até o limite entre a Praia de Piedade e Candeias). Fonte: Maia et al., (2014).

Local	Imagem	Fonte	Data
Pina/Boa Viagem / Piedade	Quickbird	Laccost	2005
Pina/Boa Viagem / Piedade	Geoeye	Laccost	2011
Pina/Boa Viagem / Piedade	Digital Globe	Google Earth (C)	26/01/2007
Pina/Boa Viagem / Piedade	Digital Globe	Google Earth (C)	07/07/2009
Pina/Boa Viagem / Piedade	Digital Globe	Google Earth (C)	24/11/2009
Pina/Boa Viagem/ Piedade	Digital Globe	Google Earth (C)	18/06/2010
Pina/Boa Viagem	Digital Globe	Google Earth (C)	29/06/2011
Pina/Boa Viagem	Digital Globe	Google Earth (C)	27/01/2013
Piedade	Digital Globe	Google Earth (C)	22/04/2013
Boa Viagem/Piedade	Digital Globe	Google Earth (C)	25/04/2013
Pina/Boa Viagem	Digital Globe	Google Earth (C)	09/06/2013

Como critério de identificação das correntes de retorno, utilizou-se a localização de aberturas nos recifes de arenito, identificação de plumas de sedimentos dentro e fora da zona de surfe e arrebentação das ondas, bem como pela ausência de arrebentação em certos pontos, indicativo da existência de gradientes laterais na altura de onda e consequente retorno da água (MACMAHAN *et al.* 2006; DALRYMPLE *et al.* 2011). Além desses critérios, devido à baixa turbidez, pôde-se identificar a existência de canais perpendiculares à costa, típicos de correntes de retorno em certos setores praias (DALRYMPLE *et al.* 2011).

Informações contidas no banco de dados do Grupamento de Bombeiros Marítimos do Estado de Pernambuco - GBMAR do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Pernambuco - CBMPE foram analisadas para verificar se áreas onde possuem as correntes de retorno são estritamente mais perigosas para serem utilizadas como uma região de lazer. O banco de dados disponibilizado pelo GBMAR e utilizado aqui, possui registros do período de 2007 a 2010.

Duas categorias do grupo de operações desenvolvidas pelo GBMAR foram levadas em consideração: “Resgate de pessoa em meio líquido” e “Salvamento aquático”. Essas categorias são utilizadas para a prevenção da iminência de afogamentos, estando contidos nelas os incidentes das seguintes naturezas: Afogamento, busca de pessoa em meio aquático, busca de vítima, resgate de pessoa em meio líquido e salvamento aquático. É importante ressaltar que para toda a análise, o uso do banco de dados se restringiu às regiões de praia e de mar.

A separação das localidades foi feita considerando se havia/há ou não a presença das correntes de retorno fixas previamente identificadas. Portanto, esse foi o único critério para a seleção/delimitação das áreas. O trecho estudado foi dividido em cinco subáreas, utilizando como critério a presença de CR's e como referência as localidades na orla marítima da área de estudo, ficando assim separadas: Subárea A: Bacia do Pina; Subárea B: 1º e 2º Jardim; Subárea C: Edifício Acaiaca; Subárea D: Edifício Castelinho e Casa do Brigadeiro; Subárea E: Hotel *Golden Beach*).

A relação das CR's com os incidentes entre tubarões e humanos foi avaliada por meio de uma análise comparativa do banco de dados públicos do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com tubarões – CEMIT, do Governo do Estado de Pernambuco. Estes dados contém informações dos registros de incidentes com tubarões desde o ano de 1992 até 2019.

As atas das reuniões do CEMIT, bem como as *anamneses* realizadas para cada caso de incidente com tubarão ocorrido, também foram analisadas. Tal análise foi feita para correlacionar/reforçar se houve a influência das CR's nas interações negativas entre homem e tubarão.

Outro aspecto analisado neste trabalho foi a movimentação dos navios que atracaram no Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE. Para tanto, os dados do tráfego de navios foram obtidos a partir da página eletrônica do Porto de SUAPE e analisados por meio de gráficos, afim de avaliar a relação entre o tráfego de navios e os casos de incidentes com tubarões na RMR. Desta forma, os dados da quantidade de navios atracados por ano no Porto de SUAPE foram comparados com os dados dos registros de incidentes com tubarões ocorridos em Pernambuco.

A avaliação do crescimento das cidades do Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda foi realizada a partir da comparação de imagens de satélites históricas e atuais. As imagens históricas foram cedidas pela Agência Pernambucana de meio Ambiente - CPRH e as imagens atuais foram obtidas pelo *software Google Earth*®. A análise do crescimento populacional da região onde os incidentes ocorrem, foi realizada a partir dos dados de censo populacional, realizados pelo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Esses dados foram também comparados com os registros de incidentes com tubarões ocorridos em Pernambuco.

Uma verificação de obras de infraestrutura realizadas nas respectivas zonas costeiras dos municípios que apresentam registros de incidentes com tubarões na RMR foi realizada. O intuito desta análise foi de examinar e identificar possíveis impactos no ambiente que pudessem ter agravado a problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco.

Por fim, dados históricos de precipitação da RMR foram obtidos a partir das informações públicas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, disponível na página eletrônica da instituição, afim de avaliar a influência desse aspecto sobre a problemática de incidentes com tubarões.

Resultados

Foram identificadas 14 correntes de retorno fixas (12 no município de Recife e 2 no município de Jaboatão dos Guararapes) entre o trecho que compreende o início da Praia do Pina até o limite sul da praia de Piedade. O número de correntes de retorno fixas identificadas foi dividido entre as 5 subáreas, de acordo com a proximidade dessas feições costeiras à cada subárea. A partir da divisão realizada foram identificadas 2 na subárea A, 5 na subárea B, 2 na subárea C, 3 na subárea D e 2 na subárea E (tabela 2).

Tabela 2: Distribuição e quantidade das correntes de retorno fixas identificadas para o trecho de praias urbanas da Região Metropolitana do Recife – RMR (Praia do Pina até o limite entre a Praia de Piedade e Candeias), Pernambuco, Brasil.

Área	Região	Bairro	Cidade	Quantidade de correntes
A	Bacia do Pina	Pina	Recife	2
B	1° e 2° Jardim	Boa Viagem	Recife	5
C	Edifício Acaiaca	Boa Viagem	Recife	2
D	Edifício Castelinho e Casa do Brigadeiro	Boa Viagem	Recife	3
E	Hotel Golden Beach	Piedade	Jaboatão dos Guararapes	2
Total				14

De acordo com os dados disponibilizados pelo GBMar, no período analisado foram registrados 2.613 casos de iminência de afogamento, os quais englobam as categorias “Resgate de pessoa em meio líquido” e “Salvamento aquático”. A subárea "D" foi a que mais registrou ocorrências dessa natureza, seguida das subáreas "A", "C", "B" e "E", respectivamente (tabela 3).

Ao analisar os registros de incidentes com tubarões, foram contabilizados no trecho estudado 50 casos. Quando estes dados foram comparados com as áreas das correntes de retorno fixas, observou-se que 42% ocorreram nas áreas onde há CR's fixas. A análise das atas e das *anamneses* corroboram com o encontrado na distribuição espacial dos casos, onde são relatados que as vítimas foram arrastadas por correntes de retorno. Portanto, as CR's são fenômenos que oferecem risco para os usuários das praias urbanas da RMR, tanto para afogamento, quanto para incidentes com tubarões.

Tabela 3: Frequência absoluta e relativa dos casos de iminência de afogamentos e incidentes com tubarões nas áreas onde ocorrem as correntes de retorno fixas identificadas para o trecho de praias urbanas da Região Metropolitana do Recife – RMR (Praia do Pina até o limite entre a Praia de Piedade e Candeias), Pernambuco, Brasil.

Área	Frequência absoluta de iminência de afogamento	Frequência relativa de iminência de afogamento (%)	Frequência absoluta de incidentes com tubarões relacionados com CR's	Frequência absoluta de incidentes com tubarões relacionados com CR's (%)
A	833	31,88	3	14,3
B	110	4,21	5	23,8
C	723	27,67	7	33,3
D	838	32,07	4	19,1
E	109	4,17	2	9,5
Total	2.613	100	21	100

Estudo de caso: Influência da Corrente de retorno no caso nº 59 da estatística do CEMIT.

Como estudo de caso, pode-se citar um exemplo claro da atuação das CR's na RMR, o caso de nº 59 da tabela de registro de incidentes com tubarões do CEMIT, ocorrido em 22 de julho de 2013. Este foi o único caso filmado pelas câmeras de monitoramento da Secretaria de Defesa Social do Estado de Pernambuco - SDS. Inicialmente a vítima encontrava-se em área rasa da Praia de Boa Viagem, quando foi surpreendida pela ação de uma CR móvel (Figura 01), conforme identificação feita por vídeo.

O chamado inicial de resgate foi feito para atender uma ocorrência de afogamento, entretanto, como é de praxe e a CR estava com alta intensidade, conduziu rapidamente a vítima para área mais profunda, fazendo com que ela se encontrasse sob a área onde há a presença de uma feição costeira denominada de canal. A solicitação de resgate foi feita para atendimento a uma iminência de afogamento, entretanto, devido aos movimentos descontrolados da vítima, houve a atração de um tubarão, que investiu em um ataque, sendo esse filmado. Entretanto, esse caso foi esclarecedor para o entendimento da atuação das CR's sobre vítimas de afogamento e incidentes com tubarões. Além disso, comprovou a existência de simultaneidade dos casos. Assim, constatou-se que a influência que as CR's possuem nas interações negativas entre homem e tubarão, bem como nos casos de afogamentos.



Figura 01: Imagem das câmeras de monitoramento da Secretaria de Defesa Social do Estado de Pernambuco - SDS registrando a ocorrência do caso de incidente com tubarão de nº 59 em Boa Viagem, Recife, Pernambuco.

Ao avaliar o tráfego de navios, observou-se que houve incremento na movimentação dos navios na costa da Região Metropolitana do Recife - RMR. O número de navios passou de 228 em 1991 para 732 em 2002, apresentando queda em

2003, tornando a crescer a partir de 2004 até 2009, quando atingiu o máximo de registros (1138) (Figura 02). Quando comparado o número de movimentação de navios e o número de incidentes com tubarões, observou-se que houve relação entre essas variáveis, existindo leve tendência nos anos de 2002, 2003 e 2004, apenas (Figura 02).

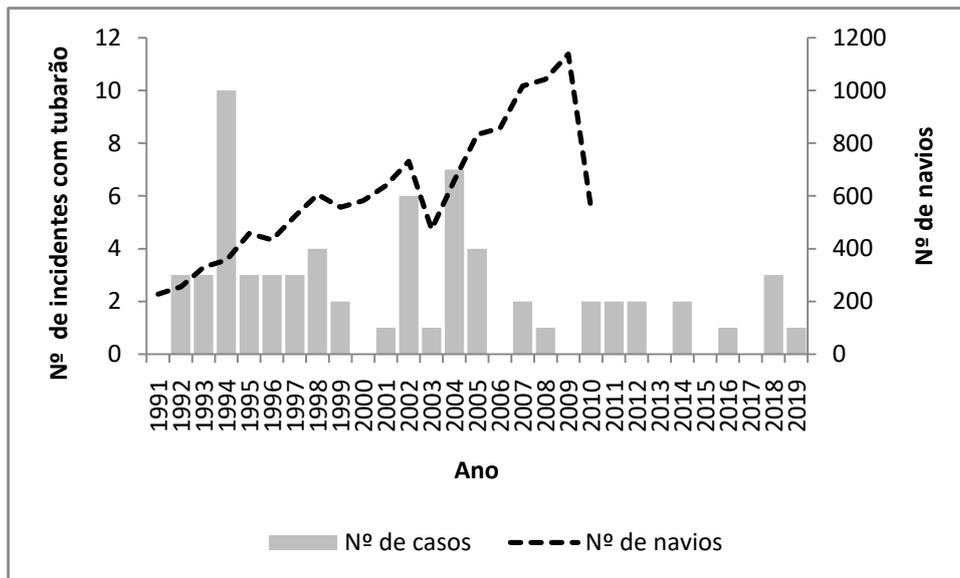


Figura 02: Número de incidentes com tubarões por ano ocorridos em Pernambuco e movimentação de navios na zona marinho-costeira da Região Metropolitana do Recife - RMR. Fontes: Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT e Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE, respectivamente.

A avaliação do uso e ocupação do solo das cidades da RMR do Recife onde ocorrem as interações negativas entre tubarão e humano, demonstrou que o crescimento delas se deu, sobretudo, em áreas ribeirinhas e/ou costeiras. Foi observado interferências ambientais na área para a construção de centros urbanos (Figura 03) e residências (Figura 04), principalmente aterros de mangues e áreas ribeirinhas, retificação de rios, construção de *piers* na zona costeira e destruição de recifes de arenito (Figura 05).



Figura 03: Imagens de satélite da Cidade do Recife, bairro do Pina e Cabanga. a - Imagem de 1951 e b - imagem 2010. Fonte: Agência Pernambucana de Meio Ambiente - CPRH.



Figura 04: Imagens de satélite da Cidade do Recife, bairro de boa viagem. a - Imagem de 1951 e b - imagem de 2010.



Figura 05: Imagens de satélite da área do Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE. a - Imagem de 1988 e b - imagem 2019. Fonte: *Google Earth Pro*.

Com a avaliação do censo populacional foi possível observar que a população das cidades do Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda, apresentou crescimento contínuo entre as décadas (Figura 06). A diferença percentual do crescimento populacional entre 1980 e 1990 foi de 4,5%. Já no período de 1990, que compreende os anos de 1990 a 1999, momento em que se iniciaram os registros de incidentes com tubarões, o percentual do crescimento populacional das cidades de Recife, Jaboatão e Olinda foi de 14,6% (Figura 06). A comparação do crescimento das demais décadas (2000 - 2009 e 2010 - 2019) o crescimento populacional em relação a década de 1980 foi de 23,9% e 31,7%, respectivamente.

Quando comparados os dados do crescimento populacional e dados de incidentes com tubarões, observa-se que o número de incidentes cresce com relação direta com o crescimento da população. O registro de incidentes, iniciado em 1992, demonstra que a partir de 1990 até 2000, os incidentes com tubarões atinge o maior pico já registrado para o estado de Pernambuco (31 casos na década) (Figura 06).

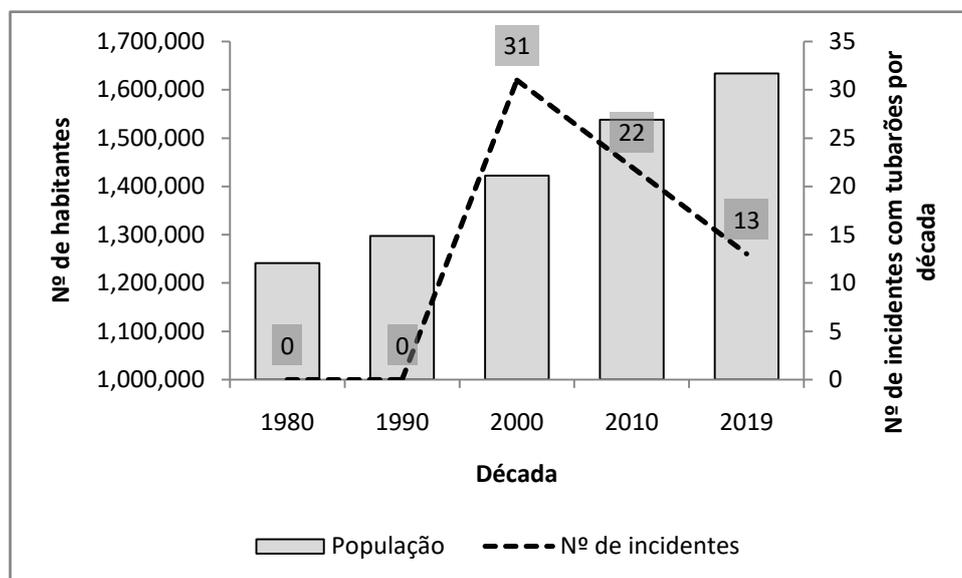


Figura 06: Número de habitantes das cidades do Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda por década e número de incidentes com tubarões por década ocorridos em Pernambuco. Fontes: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT, respectivamente.

Com os índices de precipitação das séries históricas para as praias urbanas da RMR foi possível observar que o período de maior pluviosidade na região se dá entre os meses de abril e julho. As precipitações médias máximas foram observadas nos meses de julho, para as cidades do Recife e Jaboatão dos Guararapes. Na cidade de Olinda, as máximas observadas foram nos meses de maio e junho (Figura 07).

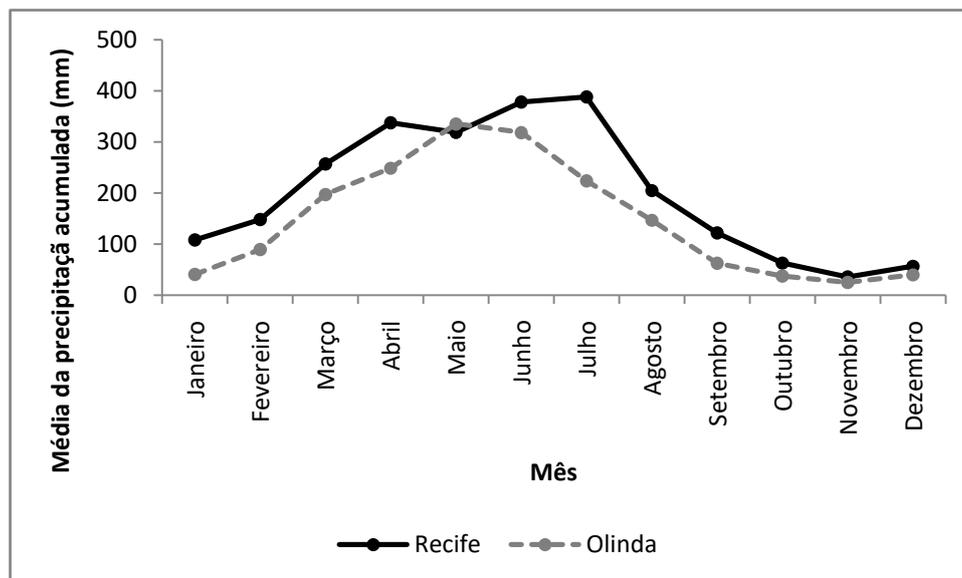


Figura 07: Média da série histórica das precipitações acumuladas expressadas em milímetros, para as cidades do Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Com a verificação de obras de infraestrutura realizadas nas respectivas zonas costeiras dos municípios que apresentam registros de incidentes com tubarões na RMR, destacaram-se seis obras de grandes dimensões realizadas. Destas, três foram desenvolvidas em ecossistema de manguezal, duas em ambientes de praia e uma, a maior delas, que engloba dois tipos de ecossistemas: manguezal e praia (Tabela 04).

As obras citadas, ordenadas por área de instalação, são: o Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros - SUAPE, com 3.232,58 ha; o Centro Comercial Shopping Riomar, com 275 ha; o Complexo Portuário do Recife, com 14 km²; a estrada expressa Via Mangue, com 9 km de extensão; a engorda das praias da Piedade e Candeias, ambas no município de Jaboatão dos Guararapes, compreendendo 5,4 km de extensão e, por fim, o conjunto de residência e comércio Reserva do Paiva, com 2,5 km² (Tabela 04).

Tabela 04: Principais obras de infraestrutura e crescimento dos municípios pernambucanos pertencentes à Região Metropolitana do Recife -RMR onde há registros de incidentes com tubarões.

Obra	Área ocupada	Município	Ano de instalação	Atividade desenvolvida	Ecossistema suprimido
Porto do Recife	114 km ²	Recife	1535	Portuária	Manguezal
Porto de SUAPE	3.232,58 ha	Cabo de santo Agostinho/Ipojuca	1978	Portuária	Manguezal e Praia
Reserva do Paiva	2,5 km ²	Cabo de santo Agostinho	2010	Residência e comércio	Praia
Shopping Rio mar	275 ha	Recife	2012	Comércio	Manguezal
Engorda da praia	5,8 km	Jaboatão dos Guararapes	2013	Lazer e comércio	Praia
Via mangue	9 km	Recife	2016	Tráfego de veículos	Manguezal

Discussão

Do total de Correntes de Retorno - CR's identificadas entre as principais praias urbanas da Região Metropolitana do Recife - RMR, a maior parte delas foi encontrada na praia de boa viagem. Também foi observado que esta praia registrou o maior número de afogamentos e incidentes com tubarões do estado de Pernambuco. Ressalta-se que o número de CR's encontrados para a praia de Boa Viagem pode estar relacionado com a extensão de sua orla, bem como com a geomorfologia da área (PROJETO MAI, 2009).

Por outro lado, os altos índices de iminência de afogamento encontrados para a praia de Boa Viagem, bem como o número de incidentes com tubarões, podem ser relacionados ao uso contínuo dessa praia. Pois ela é uma das mais procuradas da cidade do Recife e Região Metropolitana, sobretudo pela estrutura, beleza e comércio (EMPETUR, 2012). Estima-se, no período do verão, que cerca de 1,5 milhão de pessoas utilizem a faixa de areia dessa praia por final de semana (EMPETUR, 2012).

A quantidade de pessoas utilizando a praia é um desafio considerável, tanto para a preservação do meio ambiente, quanto para a prevenção de riscos que a estes ambientes estão relacionados (MOCELLIN, 2006). Órgãos responsáveis pelo gerenciamento de zonas costeiras devem atentar para áreas de praias mais utilizadas por banhistas, identificando os riscos e disciplinando o uso, sobretudo onde existam perigos

iminentes, como é o caso das praias urbanas da RMR, que registram grande número de incidentes com tubarões (CEMIT, 2019).

Uma das principais formas para disciplinar áreas costeiras é a divulgação em massa das sinalizações praticadas por órgãos fiscalizadores (MOCELLIN, 2006). Caso isso não seja feito com minucioso cuidado, pode ser interpretado de maneira errada pela população, sobretudo em áreas onde o nível de instrução é mais baixo. Relata-se que é rotineiro observar crianças e adultos utilizando áreas sinalizadas como de maior risco para afogamento nas praias urbanas da RMR. Isso acontece pela confusão feita por parte da população sobre a sinalização de bandeirolas de disciplinamento do uso da praia, utilizada pelo Corpo de Bombeiros local.

As relações dos casos de afogamento e as CR's foram fortes. Nos locais onde há a presença dessas feições costeiras, o número de afogamentos e incidentes com tubarões também foram mais comuns. Observou-se que dentre a separação das subáreas, as localizadas em pontos com maior número de banhista, os casos de incidentes tanto de afogamentos como de interações negativas com tubarões foram maiores. Contudo, recomenda-se que áreas mais utilizadas sejam melhores sinalizadas e fiscalizadas.

Embora as CR's tenham sido pouco abordadas nas discussões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com tubarões - CEMIT (RODRIGUES et al, 2019 a, capítulo 4), órgão gestor da problemática de incidentes com tubarões no Estado de Pernambuco, observou-se, a partir deste trabalho, que elas são causa considerável na ocorrência de incidentes com tubarões. Além disso, muitos casos de afogamento foram registrados em áreas de CR's fixas. Desta forma, maior atenção a esse fator deve ser dada para a mitigação das problemáticas de incidentes com tubarão e afogamentos.

Outra discussão se dá em torno da ocorrência de simultaneidade dos eventos de afogamento e incidente com tubarão. Acredita-se que em alguns casos de interações negativas entre tubarões e humanos, ocorridos na área marinha das praias urbanas da RMR, tenham iniciado com o processo de iminência de afogamento e, posteriormente, com a vítima se debatendo em área mais profunda, tenha havido o encontro com o tubarão (RODRIGUES, 2014, comunicação pessoal).

Essa situação foi comprovada com o caso de nº 59, da tabela de registro de incidentes com tubarões do CEMIT, conforme descrito neste trabalho. Além disso, comprovou-se com este caso, que as CR"s são elementos que agravam a problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco. Nos Estados Unidos, as CR's foram recentemente identificadas como causa de incidentes com tubarões (ISAF, 2019).

Acredita-se que as discussões sobre esse assunto tenham surgido no mundo a partir do 5º *Workshop* Internacional sobre Incidentes com Tubarões, ocorrido em abril de 2014, na cidade de Recife - PE, quando este caso foi discutido.

Quando avaliado o número de navios com destino ao Porto de SUAPE, observou-se crescimento contínuo, porém, ao comparar as estatísticas de incidentes com tubarões, verificou-se leve tendência entre estes aspectos apenas nos anos de 2002, 2003 e 2004. Alguns estudos apontam para o Porto de SUAPE como uma das principais causas para a ocorrência de incidentes com tubarões em Pernambuco (HAZIN et al., 2008; CHAPMAN and MCPHEE, 2016). Entretanto, a partir da avaliação do tráfego de navios do Porto de SUAPE, realizada neste trabalho, não se observa interferência direta do tráfego de navios na causa dos incidentes com tubarões em Pernambuco.

Por outro lado, a área ocupada pelo Complexo Portuário de SUAPE é de 3.232,58 ha e está localizada em uma das maiores regiões de estuário do Estado de Pernambuco, onde quatro grandes rios desaguam, o Rio Merepe, o Tatuoca, o Massangana e o Ipojuca, além de outros rios de menor porte (MELO-FILHO, 1977). Regiões de estuários são de extrema importância para espécies aquáticas, tanto marinha, como de água doce (BECK et al., 2001) e a modificação desses ambientes gera impacto sobre a fauna e flora local (BECK et al., 2001), sendo a perda de habitats uma das maiores fontes de desequilíbrio ambiental (HALPERN et al., 2008). Entretanto, a problemática de incidentes com tubarões jamais foi pensada quando realizados os Estudos de Impacto ambiental - EIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA do Complexo Portuário de SUAPE.

Em avaliação da estrutura de comunidades fitoplanctônicas do estuário onde o Complexo Portuário de SUAPE está instalado, Koenig et al, (2002) observaram mudança significativa da composição de espécies desse grupo, atribuindo-as aos impactos antrópicos gerados na área. Além disso, Bezerra-Júnior et al., (2010), ao avaliarem o ictioplâncton da região do Porto de SUAPE, relatam não ter encontrado espécies de valores comerciais comumente encontradas na área, tal como mostra a avaliação de Vasconcelos et al. (1990), e também atribuem o fato aos impactos antrópicos provenientes da construção do porto (BEZERRA-JÚNIOR et al., 2010).

Uma avaliação do cenário sobre a composição de espécies de tubarões na área antes da construção do porto não existe. Porém, Hazin et al, (2008) levantam a hipótese de ter havido uma população local de tubarão Cabeça chata (*Carcharhinus leucas*) e que a partir da construção do porto, elas teriam mudado de local, seguindo para a área

marinha da RMR. Entretanto, Niella et al (2017) e RODRIGUES et al., (2019 b, capítulo 3) demonstram que essa população pode nunca ter existido, mas estes autores ressaltam o impacto da perda de habitat das espécies, que em Pernambuco, pode ser proveniente da construção do porto de SUAPE.

Portanto, considerando os aspectos aqui discutidos e a avaliação realizada neste trabalho, acredita-se que a influência do Porto de SUAPE sobre a problemática de incidentes com tubarões se dá sob a ótica do grande impacto ambiental causado neste estuário e não na movimentação dos navios. Entretanto, ressalta-se que mais pesquisas devem ser realizadas, sobretudo no que se refere à importância do estuário onde SUAPE está instalado para os tubarões, como também sobre a influência que este empreendimento tem na problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco.

Da mesma forma como se deu a construção do porto de SUAPE, as cidades do Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda, região onde se registra a maioria dos incidentes, teve um crescimento desordenado, sobretudo às margens de áreas ribeirinhas e costeiras, como apresentado neste trabalho. Fato este que novamente diminuiu habitats considerados essenciais para o desenvolvimento e manutenção da fauna e flora associadas a estes locais.

Além disso, o crescimento populacional significativo dessa área requer que atividades econômicas sejam desenvolvidas para a sobrevivência da população local. Cita-se como uma dessas atividades as pescarias de arrastos de camarão na área marinho costeira da RMR, realizada principalmente no litoral do município de Jaboatão dos Guararapes. Esse tipo de pescaria degrada o ambiente e reduz os estoques pesqueiros e, geralmente para cada quilograma de camarão capturado, cinco quilogramas de fauna associada é aprisionada (SLAVIN, 1983; COELHO et al. 1986; BRANCO, 1999). Portanto, para fins de mitigação da problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco, é importante que seja fiscalizada, bem como regulada a atividade de pesca de arrasto de camarão.

Além de todos estes aspectos aqui discutidos, ressalta-se que um dos fatores que aumenta a probabilidade de ocorrência de incidentes com tubarões na RMR é a alta turbidez da água em períodos de inverno na região. Esse fator, somado à arrebentação das ondas, fazem com que os tubarões confundam os seres humanos como uma presa do hábito alimentar.

Por outro lado, com a comparação dos dados do crescimento populacional e dados de incidentes com tubarões, foi observado relação direta entre o aumento de

incidentes com tubarão e o crescimento da população até 2000, posteriormente, os registros de incidentes com tubarões começaram a diminuir, atribuindo-se isto à gestão da problemática realizada pelo Governo de Pernambuco, academia, por meio da Universidade Federal Rural de Pernambuco e membros da sociedade civil (RODRIGUES et al, 2019 a, capítulo 3).

Desta forma, conclui-se que os incidentes com tubarões na costa do estado de Pernambuco ocorrem devido à soma de fatores aqui debatidos, podendo haver outros fatores que aqui ainda não foram relacionados. Entretanto, para isso, novas pesquisas devem ser realizadas para maior entendimento da problemática. Além disso, as medidas para a mitigação devem ser continuadas, bem como, atualizadas para que a ocorrência de interações negativas entre homem e tubarão sejam cada vez mais raras em Pernambuco.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco, pela concessão de bolsa de doutorado à Jonas RODRIGUES, processo IBPG-0412-5.06/15. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsa de produtividade Pq 1 à Rosangela Lessa, processo nº 306672/2015-4. Ao Grupamento de Bombeiros Marítimos de Pernambuco - GBMar, do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE. A Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH e a Heitor RODRIGUES Silva, pelo auxílio no trabalho.

Referências

BECK, MICHAEL W., KENNETH L. HECK, KENNETH W. ABLE, DANIEL L. CHILDERS, DAVID B. EGGLESTON, BRONWYN M. GILLANDERS, BENJAMIN HALPERN, ET AL. 2001. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience* 51 (8): 633. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0633:TICAMO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0633:TICAMO]2.0.CO;2).

BRANCO, J.O. 1999. Biologia do *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda : Penaeidae), análise da fauna acompanhante e das aves marinhas relacionadas a sua

pesca, na região de Penha, SC, Brasil. Dissertação de Doutorado. Universidade de São Carlos, SP, 147 p.

BRASIL, Ministério do Turismo. Segmentação do Turismo: Marcos Conceituais. Brasília: Ministério do Turismo, 2006.

CEMIT. 2014. Relatório do 5º Workshop Internacional sobre Incidentes com Tubarões em Recife. 53pp.

CEMIT – COMITÊ ESTADUAL DE MONITORAMENTO DE INCIDENTES COM TUBARÕES. 2019. Secretaria de Defesa Social. Governo do Estado de Pernambuco. Disponível em: <http://www.sds.pe.gov.br/CEMIT>. Acesso em: 20 jun. 2019.

CHAPMAN, B.K., MCPHEE, D. 2016. Global shark attack hotspots: Identifying underlying factors behind increased unprovoked shark bite incidence. *Ocean & Coastal Management* 133 (2016) 72 e 84.

COELHO, J.A.P.; PUZZI, A.; GRAÇA-LOPES, R.; RODRIGUES, E.S. & PRETO JR., O. 1986. Análise da rejeição de peixes na pesca artesanal dirigida ao camarão setebarbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no litoral do Estado de São Paulo. *Bolm. Inst. Pesca, São Paulo*, 13(2): 51-61.

DALRYMPLE R.A., MACMAHAN J.H., RENIERS J.H.M., NELKO V. 2011. Rip Currents. In: Davies S.H., Moin P. (Org.). *Annual Review of Fluid Mechanics*. Califórnia: Annual Reviews, 551-581.

HALPERN, B.S., WALBRIDGE, S., SELKOE, K.A., KAPPEL, C.V., MICHELI, F., 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science* 319, 948-952.

HAZIN, F. H. V., BURGESS, G. H. & CARVALHO, F. C. A shark attack outbreak off Recife, Pernambuco, Brazil: 1992-2006. *Bulletin of Marine Science*, v. 82, n. 2, p. 199-212, 2008.

ISAF – International Shark Attack File. Florida Museum of Natural History. 2019. Disponível em: <<http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Sharks/sharks.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

MAIA, J.C.B.G; PEREIRA, B.S.; & LESSA, R.P.T., 2014. Variação espaço-temporal das correntes de retorno em municípios da região metropolitana do Recife. *Quaternary and Environmental Geosciences* (2014) 05(2):166-176.

MACMAHAN J.H., THORNTON E.B., RENIERS A.J. 2006. Rip current review. In: Stive M.J. (Org.). *Coastal Hydrodynamics and Morphodynamics: Symposium Celebrating the Academic Closing Address of Jurjen A. Battjes*. Elsevier. 53(2-3):191-208.

MELO-FILHO, J. A. S. Caracterização da situação atual da área Programa SUAPE sob o ponto de vista da poluição ambiental. Recife, Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco, Comunicação Técnica, v.1, p.1-15, 1977.

MMA (2010) - Panorama da Conservação dos Ecossistemas Costeiros e Marinhos no Brasil. 148p., Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas/Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros, Brasília DF, Brasil. ISBN: 978-8577381425. http://www.mma.gov.br/estruturas/205/publicacao/205_publicacao03022_011100749.pdf

MOCELLIN O. 2006. Determinação do nível de risco público ao banho de mar das praias arenosas do litoral centro norte de Santa Catarina. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí. 162p.

NEFF, C., 2012. Australian beach safety and the politics of shark attacks. *Coast Manag.*40, 88e106. <http://dx.doi.org/10.1080/08920753.2011.639867>.

NIELLA, Y. V., AFONSO, A. S. AND HAZIN, F. H. V. 2017. Bioecology and movements of bull sharks, *Carcharhinus leucas*, caught in a long-term longline survey off northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 15(3): e170106, 2017.

PEREIRA, P. S.; CALLIARI, L. J.; LÉLIS, R. J. F.; FIGUEIREDO, S. A. 2003. Riscos associados ao banho de mar e sua relação com a heterogeneidade morfodinâmica das praias do Rio Grande do Sul, Brasil: Projeto Segurança nas Praias. IX Congresso da ABEQUA, Recife (PH). CD.

SHORT, A.D., WILLIAMSON, B. and HOGAN, C.L. , 1993. The Australian Beach Safety And Management Program ñ Surf Life Saving Australia'S Approach To Beach Safety And Coastal Planning.11th Australian Conference on Coastal and Ocean Engineering.

SLAVIN, J.W. 1983. Utilización de la pesca acompañante del camarón In: Pesca acompañante del camarón - un regalo del mar: informe de uma consulta técnica sobre utilización de la pesca acompañante del camarón celebrada en Georgetown, Guyana, 27-30 octubre 1981. Ottawa, Ont. CIID. p. 67-71.

Capítulo 3

Artigo Científico II

3 - Artigo Científico II - The habitat use of *Carcharhinus leucas* (Müller and Henle, 1839); and *Galeocerdo cuvier* (Peron and Le Sueur, 1822) in coastal areas of Northeastern Brazil, through vertebrae microchemistry analysis.

RODRIGUES, J.E.S¹; Santana, F.M^{1,3}; Dressler, V.² and Lessa, R. P.T¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE - Departamento de Pesca e Aquicultura, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brazil.

²Universidade Federal de Santa Maria - UFSM - Departamento de Química, Campus Camobi, Santa Maria, RS, Brazil.

³Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE - Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST, Pernambuco, Brazil.

Abstract

Bull sharks (*Carcharhinus leucas*) and tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) are involved in incidents with humans around the world, including the Brazilian Northeast Region. In Pernambuco, where 66 of these interactions happened between 1992 and 2019, both species were confirmed in seven cases. Of these, six cases are related to *C. leucas* and one to *G. cuvier*. Little is known about the population dynamics of these species on the western coasts of the South Atlantic. For this reason, in this study the habitat use of *C. leucas* and *G. cuvier* was inferred through the elemental analyses of vertebrae using LA-ICP-MS. The eight individuals of *C. leucas* and the six of *G. cuvier* were studied along the coast of Pernambuco and Alagoas states. The sampling area encompasses the so-called "hazard area for shark incidents". Vertebrae sections were used for obtaining data on age of specimens. From the assessment the elements ⁵⁵Mn, ⁴³Ca, ²⁴Mg, ⁸⁶Sr and ¹³⁸Ba were used for describing movements along life spans. The use of the habitat by the bull sharks considered the hypothesis of a nursery for this species in the area, but this hypothesis did not hold. The specimens of *C. leucas* caught in the area were found to originate from at least two different nurseries. In contrast, all analyzed specimens of *G. cuvier* displayed a pattern of use thought to be related to a single nursery area located in some undetermined place, out of the studied area.

Key-words: LA-ICP- MS; vertebrae; Philopatry; shark nurseries; shark Attack.

Introduction

The bull-shark (*Carcharhinus leucas*) and tiger-shark (*Galeocerdo cuvier*) are known for their involvement in human attacks worldwide (ISAF, 2019). In Brazil, in the state of Pernambuco (8° S), 66 of these interactions have already been recorded, 62 of which occurred within a 30 km stretch coastline of the urban beaches of the Metropolitan Region of Recife (MRR), which constitutes the "area of risk for shark incidents - ARIT". Moreover, another four (provoked and unprovoked) incidents occurred in the main island of Fernando de Noronha's Archipelago (3° S/32° 4' W) (CEMIT, 2019), far-off from the continent. Despite these numerous records, shark incidents in the MRR have actually had a downward trend (AFONSO, 2013; CHAPMAN and MCPHEE, 2016) when compared to the outbreak period of incidents in the MRR in 1992.

Coastal changes preceded the outbreak of shark attacks on humans from 1992, which has since then implicated the construction of a large port complex as one of the main causes for shark-attacks on humans in this region (ISAF, 2014; MATTOSO, 2013; HAZIN et al., 2008; NIELLA et al., 2017). Around the ARIT, rivers were blocked and/or diverted, and coastal reefs were partially disrupted in the 1980s. At the same time, growth of beach users was remarkable during this period increasing the probability of encounters (CHAPMAN and MCPHEE, 2016). The participation of these species in incidents in this region was confirmed in seven cases through forensic analyzes of tooth-remains left on bites, of which six were attributed to *Carcharhinus leucas* and one to *Galeocerdo cuvier* (HAZIN et al., 2008). For other interactions, such confirmation was not possible. Humans' perception, however, is of much greater risk than it is actually real (CROSSLEY et al., 2014; MCPHEE, 2014; MYRICK and EVANS, 2014; CHAPMAN and MCPHEE, 2016).

Duarte-Neto et al. (2019) on the basis of images, analyzed the shape of the jaws in bites on victims' bodies, concluding that effectively *C. leucas* and *G. cuvier* were the main species related to incidents in the area, although other species also occurred. Such results highlighted the need for a better understanding of the biological aspects of these two species, such as habitat use to infer the role played by these areas in the different phases of these species' life cycles, such as birth, growth and feeding.

Both species are caught by small scale fisheries in northeastern Brazil (LESSA et al., 2011). Overall, the bull-shark was recorded in higher numbers than the tiger

shark, generating an inferred catch rate by the Pernambuco Shark Monitoring Program of 0.045 sharks.100 hooks⁻¹ (AFONSO et al., 2017), whereas the tiger-shark yielded 0.023 sharks.100 hooks⁻¹, between 2004 and 2011 (HAZIN et al., 2000; HAZIN and AFONSO, 2014).

To date, little is known about the population dynamics of both the bull-shark and tiger-shark in Brazil. For the former, there is information available on aspects of feeding and migration (NIELLA et al., 2017), distribution (AMORIM et al., 1998), occurrence in rivers (SADOWSKY, 1971; FEITOSA et al., 2016) and morphometry (AFONSO et al., 2016). There is also some information for *G. cuvier*, relative to diet (BORNASTOWSKI et al., 2005), growth (AFONSO et al., 2012), migration (DOMINGO et al., 2016) and endocrine aspects (WOSNICK et al., 2018).

It should be emphasized that the lack of basic knowledge on elasmobranch in this region jeopardizes the conservation of this group, rendering difficult the management of the problem of their interaction with humans and the understanding of the specific causes. Therefore, analyzes of chemical elements found in shark vertebrae have been used to elucidate aspects of the ontogenetic development (RAOULT et al., 2018) for validating age, population discrimination, migratory patterns and inferences on habitat use (CAMPANA et al., 2000). Overall, the chemical analysis of elasmobranch vertebrae has similar tenets to those assumed for finfish otoliths, aiming to elucidate their territorial movements (TILLET et al., 2011; PAILLON et al., 2014). Although the approach has become popular in the last decades, it is still a pioneering method for elasmobranchs caught in Brazil.

Thus, understanding the habitat use of *C. leucas* and *G. cuvier* along the Northeast coast of Brazil is essential for the proper management of the area where both species occur. Elemental signatures make clear their distribution patterns (SMITH et al., 2013; MCMILLAN et al., 2017) and this knowledge can contribute to the decision-making processes aiming at the mitigation of shark-attacks on humans. Furthermore, it should be considered that both species were globally assessed as Near Threatened - NT (SIMPENDORFER and BURGESS, 2009; FERREIRA and SIMPENDORFER, 2019), and deserve serious conservation efforts, including the definition and protection of critical areas for both species, as nurseries.

Overall, the present study aims to increase knowledge on the use of coastal areas by bull-sharks and tiger-shark in the Northeast of Brazil. The main interest is to verify the possible existence of a nursery area (MATTOSO, 2013) for both species, mainly for

C. leucas, which is a species with a well known philopatry (TILLET et al., 2011). This information is of relevant interest to the effective management of these species and should be considered for the sustainability of both species.

Materials and methods

Samples of *Carcharhinus leucas* and *Galeocerdo cuvier* were obtained between June 1995 and January 2018, in catches of artisanal fisheries along the coast of Pernambuco, including the “hazardous area for shark attack on humans” - ARIT (CEMIT, 2019), located along the urban beaches of the cities of Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes and Cabo de Santo Agostinho. Samples were also collected along the coast of the state of Alagoas. Furthermore, vertebrae from the collection of the Marine Populations Dynamics Laboratory - DIMAR of the Federal Rural University of Pernambuco - UFRPE, were analyzed.

Specimens were caught by RV "Sinuelo" (UFRPE) using mid-water long line gear, in the scope of the Shark Monitoring Program of Recife (SMPR)– PROTUBA (UFRPE/SDS), which is part of the National On-board Observers Program - PROBORDO, using an oceanic longline; whereas the artisanal fleets of the States of Pernambuco and Alagoas were equipped with gillnets.

For the specimens *Carcharhinus leucas* and *Galeocerdo cuvier*, the total length (TL, cm), head length (HL, cm) and sex were always recorded, with some exceptions when recordings were impossible. From each individual, a block of five vertebrae located below the first dorsal fin (posterior monospondylic region), was removed. The muscle tissue surrounding the vertebra was removed and then the vertebrae were immersed in 4% formaldehyde for 24 hours and were maintained in 70% ethanol after that. The vertebrae were covered with transparent polyester resin and cut with an Isomet™ low speed metallographic saw (Buehler) equipped with a diamond disc. From each vertebra two longitudinal cuts were made to obtain sections that passed through the focus of the structure, at a thickness of approximately 0.3 mm (CAILLIET, et al., 1983).

The counting of translucent and opaque rings in the vertebrae (growth bands), which form periodic bands, was performed under a stereoscopic microscope, with 0.8x magnification (1µm =0.8 mm). The deposition of the age rings was considered annual in *C. leucas* (BRANSTETTER and STILLES, 1987) and *G. cuvier* (AFONSO et al.,

2012). Images of vertebrae sections were taken and submitted to the Simple Kronus software (SACRAMENTO et al., 2014), to improve visualization of the growth rings and to solve divergences among the readings. Distances from the nucleus to the edge of each vertebra were measured, as well as each periodic translucent ring of band pairs.

For the analysis of habitat use, longitudinal sections of the vertebrae were polished with silicon carbide paper, sank in hydrogen peroxide for 10 minutes, washed with deionized water for 45 minutes and immersed in distilled water for 45 minutes, using an ultrasonic washer. Subsequently, the samples were dried in a laminar flow cabinet and stored in hermetically sealed plastic bags until ablated by a laser coupled to a mass spectrometer (LA-ICP-MS). These analyzes were carried out at the Chemistry Department of the Federal University of Santa Maria - UFSM.

Element measures were performed with a 266 nm Q-switched solid state Nd:YAG laser ablation system (Cetac Technologies, Inc., USA, Model LSX-266), coupled to a Perkin Elmer Sciex ELAN Model DRC II, Canada). The plasma mass spectrometer was equipped with a standard quartz torch (2 mm id quartz injector tube). The laser was operated at a 20 Hz pulse rate, at a scanning speed of $100 \mu\text{m}^{-1}$ and a laser spot size of 100 μm . Under these conditions, the power output is 0.2 to 0.3 mJ per pulse. The material withdrawn was charged to the ICP torch through a fluorinated ethylene propylene (FEP) tube (100 cm long) externally covered with Tygon (5 mm d.i.). Argon gas was used for plasma generation and to transport the vapor from the ablated sample, from the ablation cell to the ICP, at a flow rate of 1.30 Lmin⁻¹. The ICP was operated at 1300 W with main and intermediate gas flows of 15.0 and 1.1 Lmin⁻¹, respectively.

The ⁴³Ca, ¹³⁸Ba, ²⁴Mg, ⁵⁵Mn, ³²S, ⁸⁶Sr and ⁸⁷Sr signatures were recorded using the ⁴³Ca as internal standard (TILLET et al., 2011; MCMILLAN et al., 2018). The habitat use of *Galeocerdo cuvier* and *Carcharhinus leucas* specimens were evaluated by analyzing five relationships of elements, ⁸⁶Sr: ⁴³Ca, ¹³⁸Ba: ⁴³Ca, ⁸⁶Sr: ¹³⁸Ba, ⁵⁵Mn: ⁴³Ca and ²⁴Mg: ⁴³Ca. In this study, only elements validated by representing variations of environmental characteristics, such as salinity and temperature, were used.

The intensities of the elements were measured in CPS (Counts per second). The concentration of the elements in the vertebra was evaluated by adopting the "z" normalization of the element measures, in order to demonstrate if these specimens come from the same nursery area, as evaluated by Tillett et al (2011).

The information regarding age was obtained from the analysis of the vertebrae, which infer on the stages of life. For *Carcharhinus leucas*, the age of the first gonadal

maturation of 10 years, as estimated by Branstetter and Stiles (1987), was considered. Also, ages were categorized by developmental stages, considering as embryo all the measures of the laser ablation before the birthmark (age 0). The ablations performed between the ages of zero (0) and one (1) referred to the neonate phase. The ablations between ages one (1) and seven (7) corresponded to juveniles. The sub-adult stage corresponds to the ablations between the ages of seven (7) and ten (10), and the adult stage refers to the ablations performed from the age of ten (10) years.

For *Galeocerdo cuvier*, the maturation age was 4 years, according to Afonso et al. (2012). Thus, ablations performed before the birthmark corresponded to embryos and neonates corresponded to all points (CPS) between zero (0) and one (1). Juveniles corresponded to the ablations performed between the ages of one (1) and two (2). The subadults were represented by the ablations between ages two (2) and three (3), and adults by all ablations performed after the age four (4).

Median ablations by age and stages of life for each element were calculated. Generalized linear models with logarithmic functions were used to demonstrate the variations of the elements by age and developmental stages considering each element. The test for comparison of medians of each element was used to verify significant differences between the incorporation of elements by individuals; the level of significance was (α) 0.05. Median values by age were plotted on scatter plots to demonstrate how the elements vary along the vertebrae and, consequently, throughout individual development. Analyzes were performed using the statistical program SPSS version 17.0. Boxplots of multiple elements with the stage of neonatal life were elaborated for each species, with the purpose of evaluating the existence of different birth places by individuals. A cluster analysis using the Bray-Curtis similarity index was also performed to evaluate whether the specimens belong to the same area in a given phase. For these analyzes, the statistical program R version 3.5.1 (R Core Team, 2013) was used.

In the present study, criteria by Heupel et al. (2007) were used, which consider nursery areas as those identified by the remarkable abundance of neonates and juveniles, for long periods of residence and repeatedly used along various ages, when compared to other areas not characterized as nurseries.

Results

We collected 08 bull-sharks (Table 1), most of them in the area of risk of shark incidents – ARIT; 7 specimens were females and 1 was of undetermined sex. Total lengths (TL) ranged from 190 to 266.0 cm; most individuals (73.4%) were captured between November and January in late spring and early austral summer in the South Atlantic. Three females which showed recent scars, caused by bites, displayed developing ovocytes in their ovary.

For the tiger-shark (*Galeocerdocuvier*), six individuals were analyzed (Table 1), two females, one male and three were undetermined sex. Total lengths ranged from 100 to 304 cm TL. Most individuals (66.7%) were caught in July and August.

Table 1: Specimens used in the vertebrae elemental analysis of the bull shark (*Carcharhinus leucas*), captured in the northeastern Brazilian marine region (a - h), and the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*), captured off northeastern Brazil I to VI.

Specimen	TL (cm)	Age (years)	Sex	Site of capture	Month	Environment
a	190	9	Female	Recife - PE	November	Coastal
b	238	20	Female	Recife - PE	Dezember	Coastal
c	244.1	14	Undefined	Piaçabuçu - AL	January	Coastal
d	238	14	Female	Recife - PE	November	Coastal
e	242.3	17	Female	Pernambuco	November	Oceanic
f	266	26	Female	Recife - PE	May	Coastal
g	257	24	Female	Recife - PE	November	Estuarine
h	220	10	Female	Paulista - PE	October	Coastal
I	139.5	0	Female	Recife	October	Coastal
II	100	0	Undefined	Recife	January	Coastal
III	247	3	Undefined	-	August	Oceanic
IV	215	1	Female	-	July	Oceanic
V	173.2	1	Undefined	-	August	Oceanic
VI	304	4	Male	Itamaracá-PE	August	Coastal

Overall the highest recorded elements in the vertebrae of both species were ^{24}Mg and ^{86}Sr followed by ^{55}Mn and ^{138}Ba , which were less representative. The relationship $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ showed little variation for *C. leucas* at all ages, in all the analyzed specimens (Figure 1), whereas the relationship $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ (Figure 2), showed more important variations for this species. On the other hand, for *G. cuvier* the $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ ratio (Figure 3) presented higher variations than the $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ ratio (Figure 4) in all analyzed specimens. Ratios were not constant throughout the life span.

The use of the marine area of the Northeast of Brazil by the bull shark provided an individual pattern. Thus, the $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ ratio shows some trends, suggesting that the majority of the individuals are in higher salinities in the beginning of life, when $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ ranges from 5 to 60 CPS, supposedly derived from movements between estuarine and marine areas (Figure 2). There were apparently different patterns, with most individuals presenting a slight increase in the $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ ratio near maturity, which occurs at age 10, decreasing again at older stages.

It is noteworthy that the tiger shark off northeastern Brazil outline single uniform pattern relative to the $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ ratio for all specimens. In the initial phase the $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ ratios (Neonate and Juvenile) in vertebra transects of *G. cuvier* increase with age (Figure 3), suggesting birth in less saline areas migrating after towards more saline areas. Although in different magnitudes, a decreasing pattern is displayed by the $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ and $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ ratios in vertebra (Figure 4). Also, $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ and $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ ratios for *G. cuvier* adults were similar to the neonate phase.

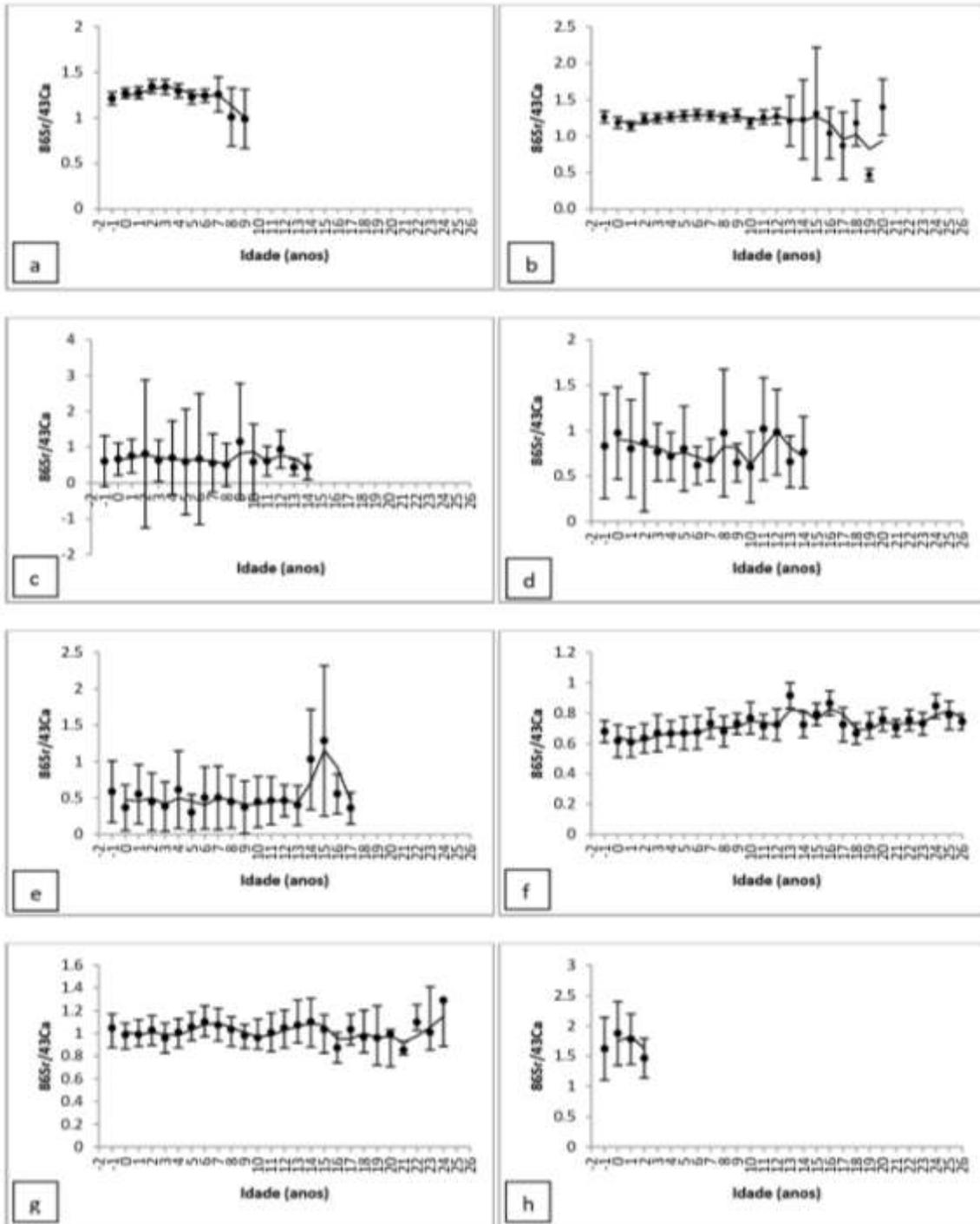


Figure 1: Relationship $^{86}\text{Sr} : ^{43}\text{Ca}$ for bull-shark (*Carcharhinus leucas*) caught in northeastern Brazil. On the "x" axis the ages are represented and on the "y" axis the CPS (counts per second) values of the $^{86}\text{Sr} : ^{43}\text{Ca}$ relations. The points correspond to the means, the bars correspond to the standard deviation and the lines are the 2nd order moving averages. Age -1 corresponds to the embryonic phase of the specimens.

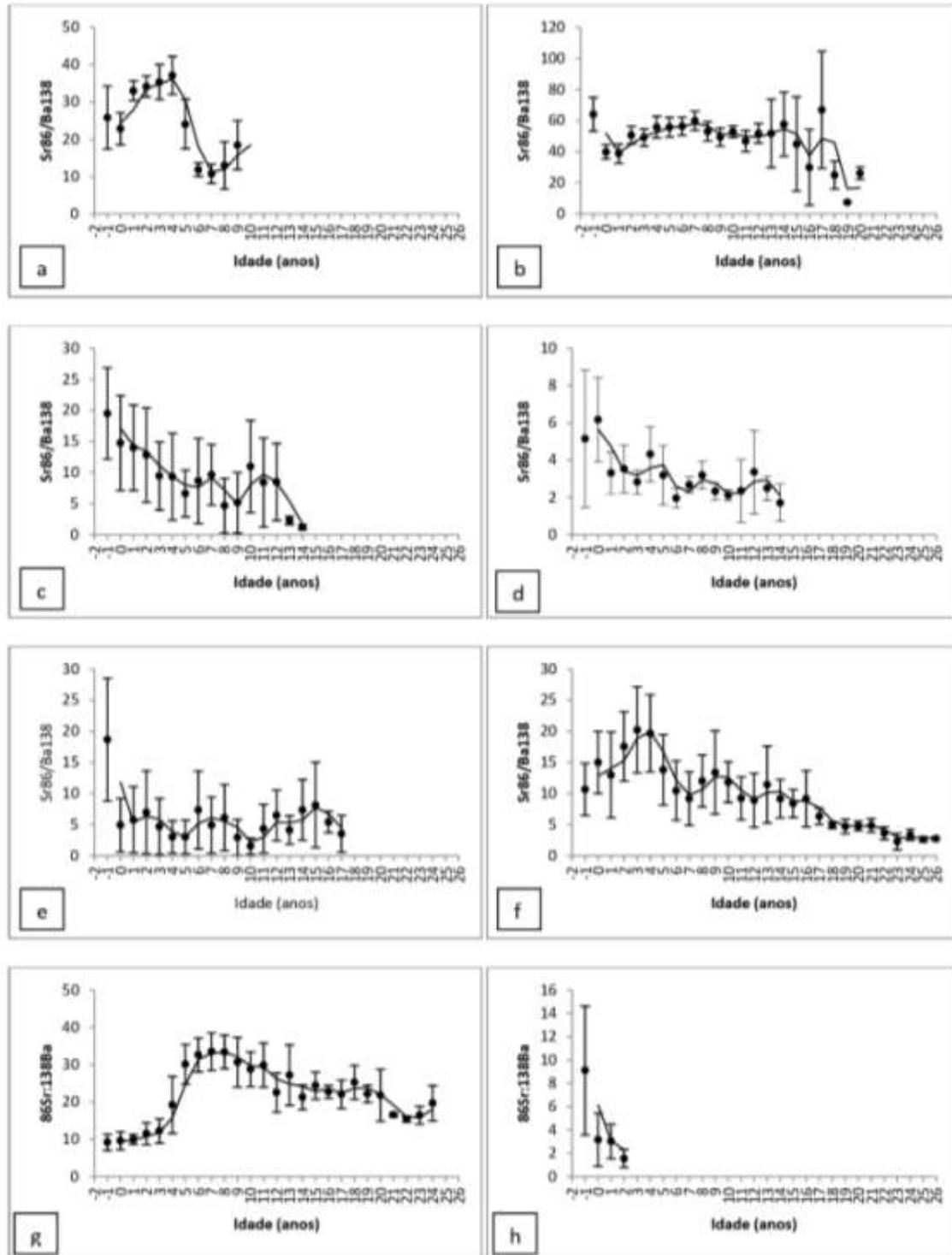


Figure 2: Relationship $^{86}\text{Sr} : ^{138}\text{Ba}$ of the flat-headed shark (*Carcharhinus leucas*) caught in the marine region of northeastern Brazil. On the "x" axis the ages are represented and on the "y" axis the CPS (counts per second) values of the $^{86}\text{Sr} : ^{138}\text{Ba}$ relations. The points correspond to the means, the bars correspond to the standard deviation and the lines are the 2nd order moving averages. Age -1 corresponds to the embryonic phase of the specimens.

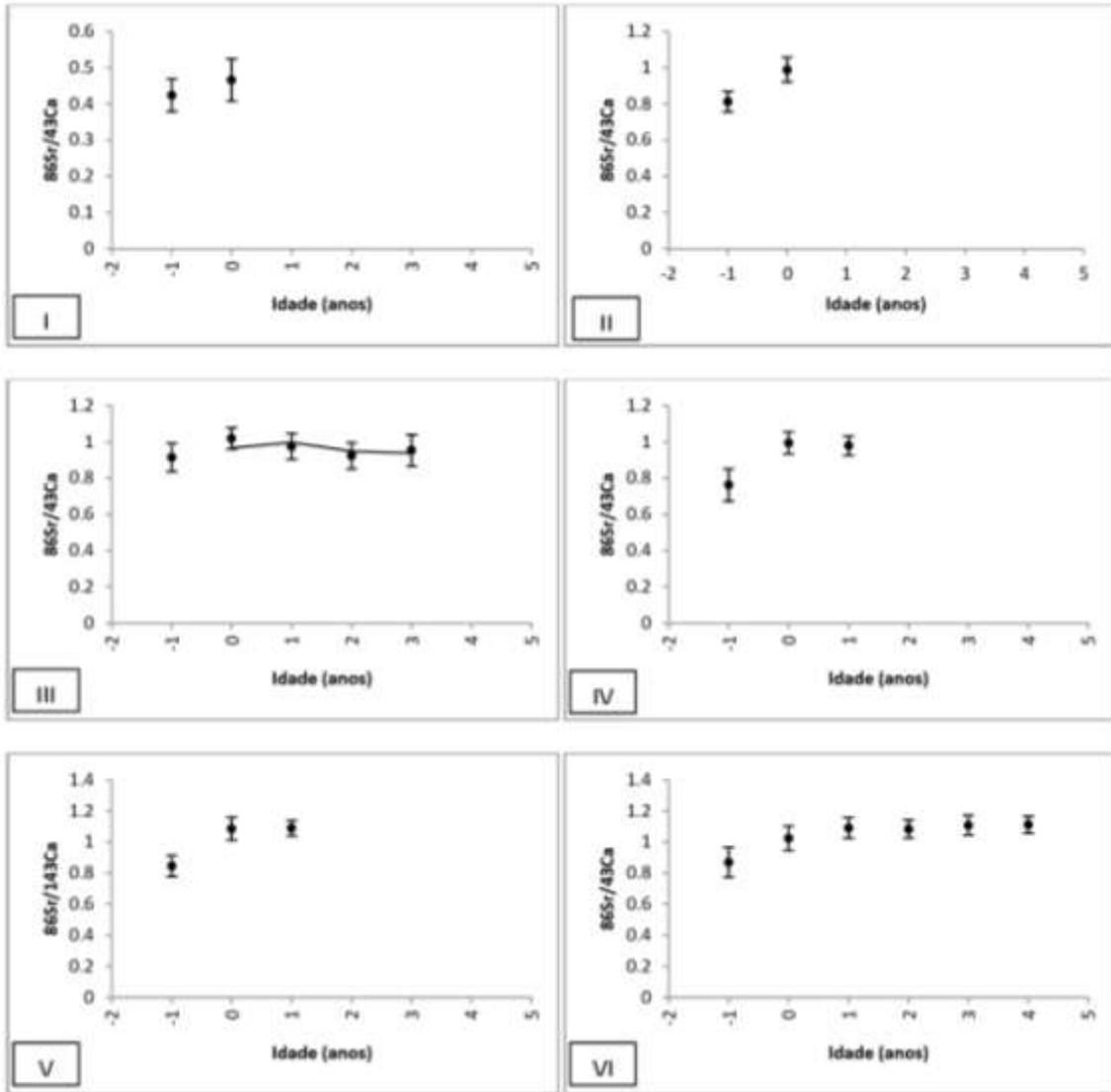


Figure 3: Relationship $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ of the Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) caught in the marine region of northeastern Brazil. On the "x" axis the ages are represented and on the "y" axis the CPS (counts per second) values of the $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ relations. The points correspond to the means, the bars correspond to the standard deviation and the lines are the 2nd order moving averages. Age -1 corresponds to the embryonic phase of the specimens.

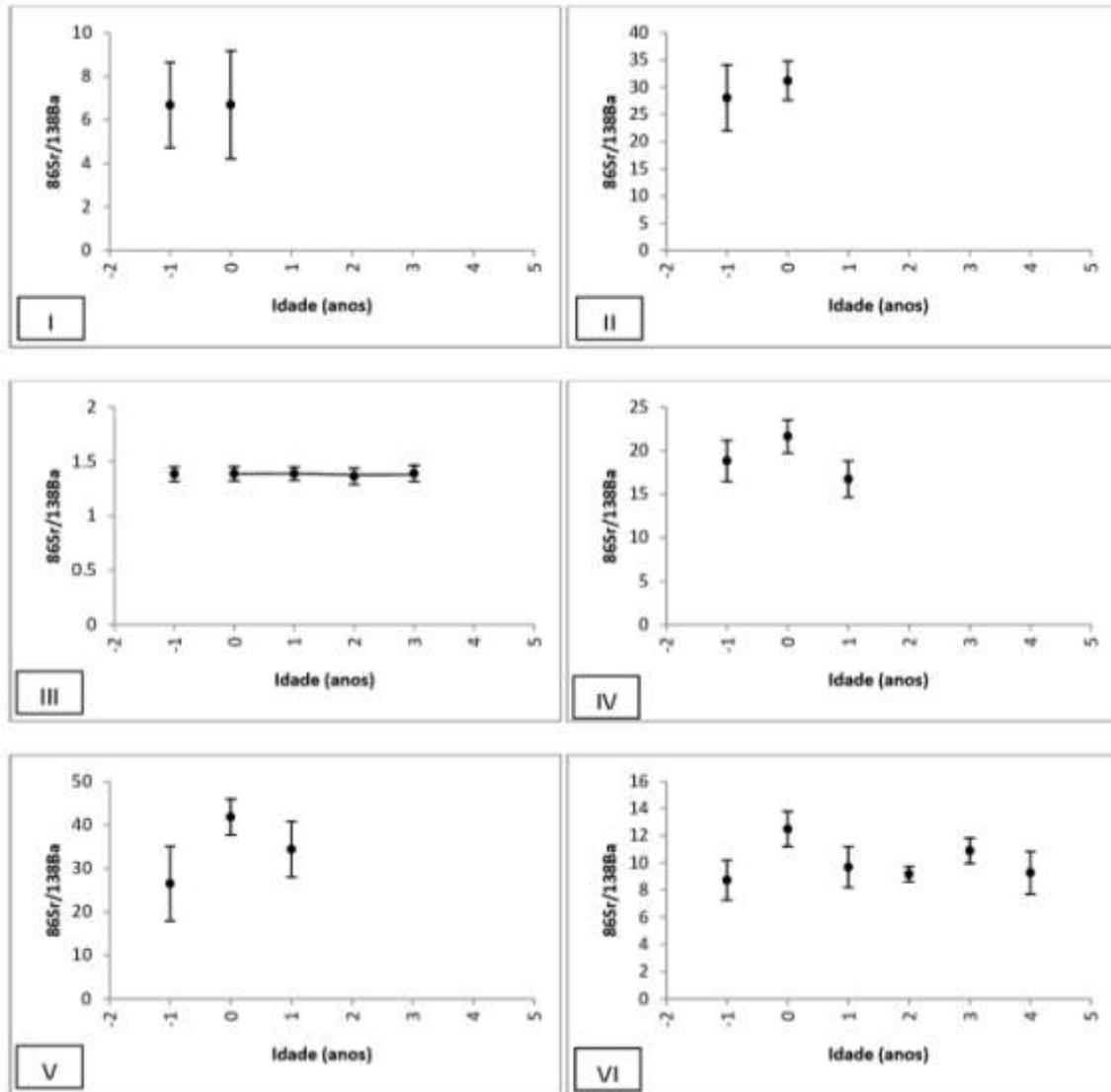


Figure 4: Relationship $^{86}\text{Sr} : ^{138}\text{Ba}$ of the Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) caught in the marine region of northeastern Brazil. On the "x" axis the ages are represented and on the "y" axis the CPS (counts per second) values of the $^{86}\text{Sr} : ^{138}\text{Ba}$ relations. The points correspond to the means, the bars correspond to the standard deviation and the lines are the 2nd order moving averages. Age -1 corresponds to the embryonic phase of the specimens.

Considering *C. leucas*, the analysis of the $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ ratios assembles individuals in two different groups (supposedly from different nursery areas), the first encompassing the specimens "a" and "b" and the second specimens "c", "d", "e", "f", "g" and "h". Similarly, the box-plot of elemental concentrations of the neonate phase for *C. leucas* (Figure 5) shows the formation of two groups, as for the analysis of the $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ ratio.

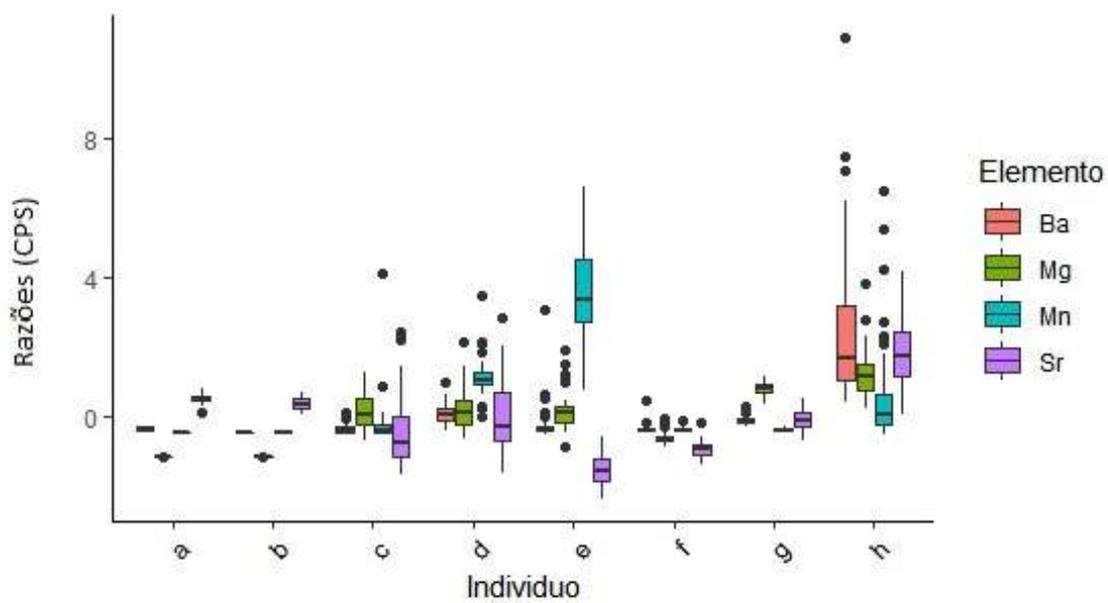


Figure 5: Elemental micro-chemical signature of the neonate phase by a Bull shark (*Carcharhinus leucas*) caught in the marine region of northeastern Brazil. Horizontal bars in each boxplot represent the median values. Points represent outliers.

In regards to *C. leucas*, analyses provided similar outcomes for separating individuals, meaning that the $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ ratio, the box-plot and the cluster analyses were all rather similar (Figure 6), displaying at least two groups which evidenced different birth areas (nurseries).

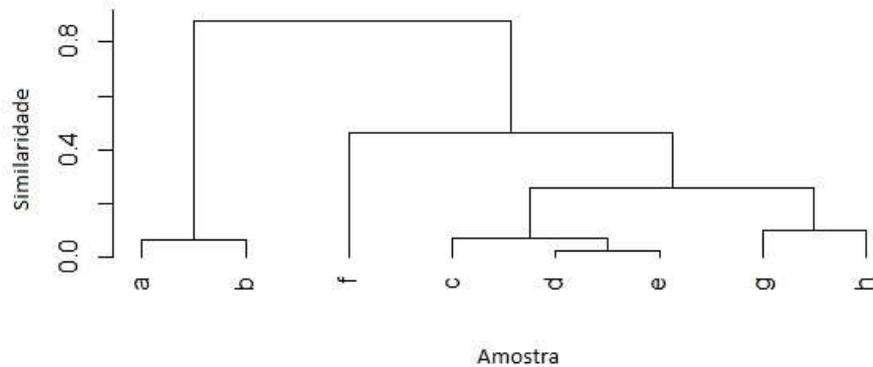


Figure 6: Cluster analysis for multielemental micro-chemical signatures of flat-headed shark (*Carcharhinus leucas*) neonates caught in the marine region of northeastern Brazil.

For the tiger-shark, the relationship $^{86}\text{Sr}: ^{43}\text{Ca}$ and $^{86}\text{Sr}: ^{138}\text{Ba}$ suggests a unique pattern off the northeastern coast of Brazil and this was also depicted by the box-plot (Figure 7) of the elemental concentrations in the neonate phase for the species. The cluster analysis (Figure 8) of concentrations in the neonate phase defined only one group, thus implying that all specimens of *G. cuvier* in this study came from a single nursery area.

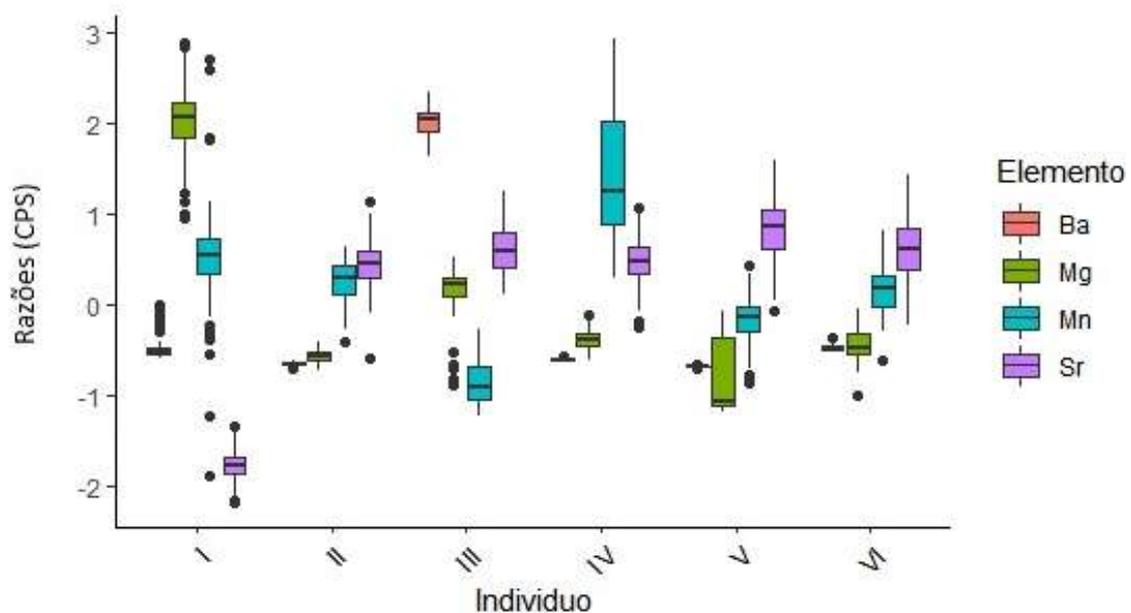


Figure 7: Multielemental microchemical signature of the neonate phase by a Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) individual captured in the marine region of northeastern Brazil. Horizontal bars in each boxplot represent the median values. Points represent outliers.

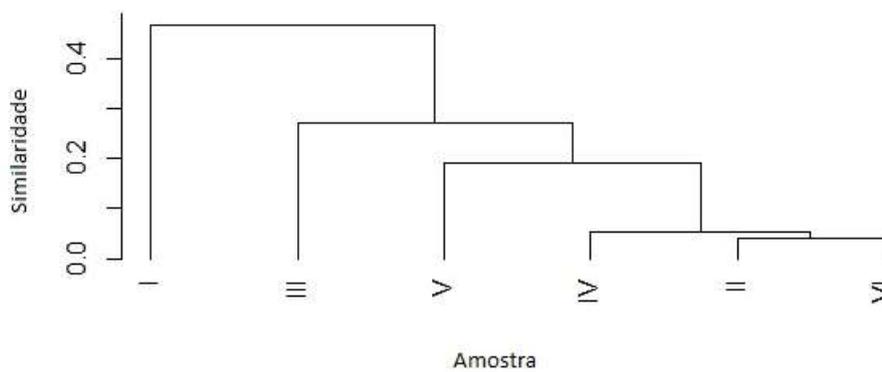


Figure 8: Cluster analysis for multielemental micro-chemical signatures of Tiger Shark (*Galeocerdo cuvier*) neonates captured in the marine region of northeastern Brazil.

Finally, the $^{55}\text{Mn}:^{43}\text{Ca}$ and $^{24}\text{Mg}:^{43}\text{Ca}$ ratios for *C. leucas* showed higher values between ages 0 and 2, dropping between ages 2 and 6. Overall, both ratios increased from age 6 to age 8, following similar trends from age 0 to age 8, when individuals get close to the age of sexual maturity. From the age of 8 on, the $^{55}\text{Mn}:^{43}\text{Ca}$ and $^{24}\text{Mg}:^{43}\text{Ca}$ ratios presented inverse patterns. The $^{55}\text{Mn}:^{43}\text{Ca}$ ratio tends to decrease and the $^{24}\text{Mg}:^{43}\text{Ca}$ increases up to the age of 18.

Discussion

The sample

A recently published study revealed that within a ten-year period before the outbreak of shark attacks in the MRR there was no incident ever recorded. This noticeably changed starting in 1992, and by 1994 10 attacks had been recorded (CHAPMAN and MCPHEE, 2016), making this one area the highest in number of unprovoked shark bites per unit of area in the world (AFONSO, 2013). Furthermore, a decreasing ratio (-0.21) was estimated in incidents/yr for the entire 22 year period between 1992 and 2013 (-0.16). The downward trend has been attributed to shark attack mitigation operations, from the monitoring program itself to the regulation of fisheries (MATTOSSO, 2013; AFONSO, 2013). Shark Monitoring Program of Recife (SMPR) aims at removing dangerous sharks not from their populations but from the hazardous area instead, which

is achieved by capturing, transporting and releasing sharks offshore.

A nursery for several species was proposed for the ARIT, including the bull sharks (ETEPE, 1995). There is a scarcity of previous studies on the coast of Pernambuco before the shark attack outbreak, however, the majority of catches in 1994 were composed of newborn and small juveniles, which suggests an area used by elasmobranchs at least for growth and feeding, (ETEPE, 1995). In addition, it may be thought that as other areas in the world, where shark attack occurs, special coastal morphological features are present, which is the case of the ARIT where a channel-like structure distant from the coast in certain points about 100 m, bordered by shallow reefs, is used by sharks in movements throughout the area. Furthermore, the presence of an estuary and high levels of pollution and water turbidity seem to increase the risk of shark-attack (AFONSO et al, 2017).

In the current study, despite the small size of the sample, the majority of analyzed individuals were collected dead from the ARIT, by the vessel of the Shark Monitoring Program of Recife. The objective was to remove, transport and release dangerous sharks offshore (AFONSO, 2013; HAZIN and AFONSO, 2014), meaning that the current sample is the closest possible for reproducing the ARIT environmental conditions. Thus, despite the small sample size, the prevalence of females can be regarded as having recently mated, because some displayed fresh bite-marks or were developing follicles inside their ovaries (3 individuals). Males, however, were speculated to be in farther areas from the coast, as they were rare in this study. Specimen “C” is likely to be a male due to its unpaired chemical profile, an assumption that was not confirmed.

Most *C. leucas* individuals were collected between November and January, corresponding to the late spring and early summer periods in the South Atlantic. As mentioned by Sadowsky (1971), the reproduction period in the northern hemisphere takes place in the summer as well. It is important to consider that mating, copulation and pregnancy in sharks entail significant hormonal changes (WOSNICK et al., 2018) that may bring about increased aggressive behavior, which would explain the frequency of incidents in coastal areas of the state of Pernambuco.

Therefore, all *C. leucas* specimens captured either by the monitoring Program or by fisheries were adults, older than 10 years and larger than 190 cm TL (ALLEN et al.,

2002; BRANSTETTER and STILES, 1987), implying that the bull-shark only uses the study area in the adult phase, as recorded since the very beginning of the outbreak of incidents in 1994.

On the other hand, the tiger-shark (*Galeocerdo cuvier*) also presented a low abundance in the study area (HAZIN et al, 2000) yielding an estimated catch rate of 0.023 sharks.100 hooks⁻¹, between 2004 and 2011 (HAZIN and AFONSO, 2014). Most *G. cuvier* specimens in the sample are young or subadult which may be related to the selectivity of fishing gear that would catch only smaller sizes. However, another plausible reason is the use of the coastal areas, which seems to favor shallower environments earlier in life and then migrate to open sea (QUEIROZ, et al., 2019). In the study, the *G. cuvier* was more numerous in the winter, when the rainy season is more intense in the region, with decreasing salinity (BORNATOWSKI, et al., 2007). The higher occurrence of tiger-sharks in the winter can be one of the main drivers of negative interactions in the MRR, where there has been an increased incidence of events (CEMIT, 2019).

The Use of the Habitat

The elements considered to describe the habitat use of bull sharks (*Carcharhinus leucas*) and tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) were among the most reliable recorders of environmental variations within the elasmobranch vertebrae (⁵⁵Mn, ⁴³Ca, ²⁴Mg, ⁸⁶Sr and ¹³⁸Ba), according to McMillan et al (2017). In addition, they are related to salinity (⁸⁶Sr and ¹³⁸Ba) and water temperature (¹³⁸Mg and ⁵⁵Mn) (SMITH et al., 2013; DOUBLEDAY et al., 2018), and the ⁵⁵Mn has been considered an indicator of mangrove proximity by Paillon et al (2014), who specializes in otoliths in the tropics. Different interpretations suggest that the role of each element is still a subject that needs further investigation, referring both to concentrations and to the biological interference of the metabolism of elasmobranchs (WALSH and GILLANDERS et al., 2018). Thus, to demonstrate the habitat uses of *C. leucas*, the ratios ⁸⁶Sr:¹³⁸Ba, across individuals' life cycles was considered by Tillet et al (2011) as the best ratio for the analyzed species, mostly when salinity and coastal proximity of mangroves is taken into account.

Heupel et al (2007) reported that nursery areas are identified by a remarkable abundance of neonates and juveniles, which remain there for long residence times, and by adults which repeatedly return to the area, when compared to other areas not characterized as nurseries. The existence of a supposed shark nursery in the surroundings of the ARIT, which would have been hampered and displaced by the SUAPE Port construction (MATTOSO, 2013; HAZIN et al, 2008) leading sharks to follow northward currents—through the channel along the urban beaches, is a working hypothesis in the current study. Such a premise would explain the incidents involving *C. leucas*, which was the species to which most events were attributed till the year 2007 (MATTOSO, 2013; CEMIT, 2014). Following this rationale, sharks born in such nursery would return repeatedly to the nursery due to their philopatry behavior, such speculations have not yet been ascertained in the area. For group I, we demonstrated here that they were born in more saline areas and migrated to less saline areas between ages 0 and 1. At later ages these individuals started to use more saline habitats, coinciding with group II. For all *C. leucas* specimens an increase in the $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratio was observed when they reached ages close to that of sexual maturation.

The separation of groups was depicted in box-plots of elemental concentrations of the neonate phase for *C. leucas*, analyzing the $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratios. Cluster analysis also strongly suggests the composition of the same groups of individuals, which evidences different areas of birth (nurseries) for *C. leucas* in the studied region; without, however, identifying the exact areas of the nurseries of the specimens analyzed here.

In fact, in order to identify a nursery area for a species through element analysis, it is necessary to compare the values of the $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratio and other elemental concentrations of the adult female, the embryo and the neonate phase, which was not possible as newborns and their respective mothers did not compose the sample.

Furthermore, the hypothesis that *C. leucas* would make up a local population in the coastal region of the State of Pernambuco (HAZIN et al., 2008) was not confirmed, since there were no records of newborns in the area. The same result was also found by Niella et al., (2017) in the studied area.

The relationships $^{86}\text{Sr}:^{43}\text{Ca}$ and $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ elucidate the differentiation of environments used throughout the life, based on the variation of salinity (TILLET et al, 2011). For *C. leucas*, however, when the $^{86}\text{Sr}:^{43}\text{Ca}$ ratios were used, they remained at low levels of variation, presenting homogeneity among the values by age throughout life. Therefore, the study of habitat use by *C. leucas* through $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratios, besides

presenting a higher variation better variation among the ages, it is, as suggested by Tillet et al. (2011), the best method for inferring about the use of these coastal areas by these sharks.

Accordingly, the $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratios for *C. leucas*, showed that the marine area is used following individual patterns. Despite the significance test of the analysis of variance - ANOVA, significant difference it was shown between individuals in the $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ration ($P = 0.05$). This ratio showed two distinct patterns of habitat use in the region, contrasting with findings by Tillet et al (2011) off the coast of Australia. Also, the majority of individuals of *C. leucas* in the embryonic phase presented high $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ values, suggesting that pregnant females spent their gestation in more saline environments, according to chemical signatures of older ages (COMPAGNO, 1984; DALY et al., 2014).

Still, for $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratios, the majority of individuals (group II) used low to medium salinity areas at the beginning of the neonate phase, moving between estuarine and marine areas at ages 1+. A higher variation of salinity occurred when they reached ages close to sexual maturation, around age 10 (BRANSTETTER and STILES, 1987) as recorded for the same species in Australia (TILLET et al., 2011).

It is believed that the bull shark uses the coast of the state of Pernambuco as a passage area, therefore it is not a nursery area and the shark does not show any philopatry to this environment. This leads to the assumption that the area is used only as a copulation or mating zone for *C. leucas*, something that is evidenced by recent bite marks produced by males, as is common in copulation or mating.

Regarding the location of nursery areas, it is possible to assume that the most important nursery of *C. leucas* in Brazil is the northern region, where the capture of newborns, including pregnant females, occurs more frequently, namely on the coast of the state of Pará ($1^{\circ}12'$ to $1^{\circ}27'S$ / $48^{\circ}30'W$) (BARRETO, 2018 - Personal communication). Juveniles were also found along the coast of the state of Maranhão ($2^{\circ}45' - 1^{\circ}12'S$ / $42^{\circ}16' - 46^{\circ}W$) (FEITOSA et al., 2016). Furthermore, it is possible that there is another nursery area for this species between the coast of Alagoas and Sergipe states ($8^{\circ}53' - 10^{\circ}17'S$ / $37^{\circ} 04'W$), where *C. leucas* is more numerous.

The results of the elemental analyses in vertebrae, however, lead us to question the hypothesis that *C. leucas* could make up a local population along the coast of the State of Pernambuco (HAZIN et al. 2008), which is demonstrated by the absence of

newborns/juveniles in the studied coastal ecosystem – as was also reported by Niella et al. (2017).

Instead, an opposite pattern for $^{86}\text{Sr}:^{43}\text{Ca}$ and $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratios was obtained for the tiger-shark (*Galeocerdo cuvier*), with greater variations found for the former than for the latter in all the studied specimens. This may be related to intrinsic factors of the species that have not been evaluated here. For this reason, the habitat use of *G. cuvier* relative to the salinity parameter was evaluated through the $^{86}\text{Sr}:^{43}\text{Ca}$ ratios.

Overall, this species uses the area uniformly among specimens; unlike the bullshark, the tiger shark presents a single pattern in the $^{86}\text{Sr}:^{43}\text{Ca}$ ratio for all analyzed specimens, displaying low values in the early stages but with an increase trend with age. The present study suggests that birth occurs in less saline areas, migrating then to more saline areas throughout development. This pattern was observed for the $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratios with less pronounced variations than the $^{86}\text{Sr}:^{43}\text{Ca}$ ratios; a pattern coinciding with observations for the same species in other areas (MCMILLAN et al., 2015). Furthermore, the values of the $^{86}\text{Sr}:^{43}\text{Ca}$ and $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratios for *G. cuvier* adults are similar to the values of the neonate phase; leading to the understanding that all analyzed specimens came from a single nursery area.

The pattern found here was also reported in studies in Australia (RANDALL 1992; SIMPFENDORFER, 1992) and in other areas along the Brazilian coast (GADIG, 2001). In addition, *G. cuvier* exhibits philopatry in the coastal areas, since the values of the $^{86}\text{Sr}:^{43}\text{Ca}$ and $^{86}\text{Sr}:^{138}\text{Ba}$ ratios decrease again in the adult phase, at 4 years of age (COMPAGNO, 1984), matching the values of the newborn phase, thus demonstrating a return to more coastal zones which may be related to copulation or giving birth. However, from the evidence found that elements in vertebrae show a rather uniform pattern of use, it is suggested that the analyzed specimens come from a single nursery area.

On the other hand, the *G. cuvier* breeding area on the western coast of the Atlantic is still unknown. However, considering that this species is more abundant in the northeastern/northern regions of the Brazilian coast (GADIG, 2001), and that migrations occur from South to North (AFONSO and HAZIN 2015), which have a greater presence of newborn, juveniles and subadult individuals (present study), it is important to consider the coastal area that encompasses the estuary of the São Francisco River, where commercial fleets operate (LESSA et al., 2009). It is generally thought that there are several nurseries for this species in the West-Atlantic due to its wide

distribution and its migratory movements across hemispheres (COMPAGNO, 1984; HAMMERSCHLAG et al., 2012; LEA et al., 2015; DOMINGO et al., 2016; QUEIROZ et al., 2019).

From the analyzes of ^{55}Mn : ^{43}Ca and ^{24}Mg : ^{43}Ca ratios for *G. cuvier*, it is possible to infer that this species migrates to lower temperature areas when they reach more advanced life stages (juveniles, subadult and adult), reinforcing the suggestion of the species' migration to areas further away from the coast (oceanic regions) when it reaches ages 1+ (QUEIROZ et al., 2019).

On the other hand, the variations of ^{55}Mn : ^{43}Ca and ^{24}Mg : ^{43}Ca ratios may reflect the vertical migration of Tigre Sharks (AFONSO 2013, AFONSO and HAZIN 2015, HAMMERSHLAG et al., 2015, HOLMES et al., 2014 and MEYER, 2010), which can dive to depths greater than 500 m (AFONSO, 2013, AFONSO and HAZIN, 2015) and find habitats in cooler temperatures.

In conclusion, the elemental composition of vertebrae for both species was found to be an effective method for demonstrating that both species studied here have their nurseries within the ARIT area, which corroborates with findings from fisheries and shows two possible previously unknown nursery areas for the bull shark, away from the studied site. Moreover, all analyzed specimens of *G. cuvier* came from a single nursery area, which also does not correspond to the study site. These results emphasize the need for further information based on a larger sample, regarding both species. The information of this study is crucial for the management of these two species which have been listed as Near Threatened.

The specimens of *C. leucas* caught in the area were found to originate from at least two different nurseries. In contrast, all analyzed specimens of *G. cuvier* display a pattern of use thought to be related to a single nursery area located in some undetermined place, out of the studied area.

Acknowledgements

This project was funded by the Pernambuco State Secretariat for Social Development (SDS) as part of the Pernambuco Coast Shark Incident Research and Monitoring Project – PROTUBA VIII, and by the Pernambuco State Science and Technology Foundation - FACEPE through APq 10.11-05.06 / 2015, as well as by the

granting of a doctoral scholarship to JERS (process IBPG-0412-5.06 / 15). The National Council for Scientific and Technological Development – CNPq, provided a productivity grant Pq 1 to RPL (Process 303251/2010-7). Authors also thank the National Program of Onboard Observers – PROBORDO (SEAP/PR) and Dr. Christiano Albuquerque from the Federal University of the Semiarid Region - UFERSA.

References

AFONSO, A.S., HAZIN, F.H.V., BARRETO, R.R., SANTANA, F.M., LESSA, R.P. 2012. Extraordinary growth in tiger sharks *Galeocerdo cuvier* from the South Atlantic Ocean. *J Fish Biol* 81: 2080–2085.

AFONSO, A.S. 2013. Bioecology and Movement Patterns of Sharks off Recife, Brazil: Applications in the Mitigation of Shark Attack Hazard. Thesis for the degree in Doctor of Philosophy in Marine, Earth and Environmental Sciences, specialty in Marine Ecology

AFONSO, A.S., HAZIN F.H.V. 2015. Vertical movement patterns and ontogenetic niche expansion in the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*. *PLoS ONE*. 2015; 10(1):e0116720.

AFONSO, A.S., NIELLA Y.V., CAVALCANTI E., ANDRADE M.B., AFONSO, J.S., PINTO P.S., HAZIN F.H.V. 2016. Spinal deformities in free-ranging bull sharks, *Carcharhinus leucas* (Müller and Henle, 1839), from the western South Atlantic Ocean. *J. Appl. Ichthyol.* 2016; 32(6):1217-20.

AFONSO, A.S., NIELLA Y.V., HAZIN F.H.V. 2017. Inferring trends and linkages between shark abundance and shark bites on humans for sharkhazard mitigation. *Mar Freshwater Res.* 2017; 68(7):1354-65.

AMORIM, A. F. ARFELLI, C. A. & FAGUNDES, L. Pelagic elasmobranchs caught by longliners off southern Brazil during 1974-97: an overview. *Marine and Freshwater Research*, v. 49, n. 7, p. 621-632, 1998.

BORNATOWSKI, H., ROBERT, M. C. and COSTA, L. 2007. Dados sobre a alimentação de jovens de tubarão-tigre, *Galeocerdo cuvier* (Péron & Lesueur) (Elasmobranchii, Carcharhinidae), do sul do Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* (2007) 2 (3): 10-13.

BRANSTETTER, S. E STILES. R. 1987. Age and growth estimates of the bull shark, *Carcharhinus leucas*, from northern Gulf of Mexico. *Environmental Biology of Fish*, 20: 169 – 181.

CAILLIET, G. M., K. L. MARTIN, D. KUSHER, P. WOLF e B. A. WELDEN. 1983. Techniques for enhancing vertebral bands in age estimation of California elasmobranchs. In: Proceedings of the international Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks. (Eds E. D. Prince e L. M. Pulos)

CAMPANA, S.E., CHOUINARD, G.A., HANSON, M., FRÉCHET, A., BRATTEY, J. 2000. Otolith elemental fingerprints as biological tracers of fish stocks. *Fish. Res.* 46, 342-357.

CEMIT. 2014. Relatório do 5º Workshop Internacional sobre Incidentes com Tubarões em Recife. 53pp.

CEMIT – COMITÊ ESTADUAL DE MONITORAMENTO DE INCIDENTES COM TUBARÕES. 2019. Secretaria de Defesa Social. Governo do Estado de Pernambuco. Disponível em: <http://www.sds.pe.gov.br/CEMIT>. Acesso em: 20 jun. 2019.

CHAPMAN, B.K., MCPHEE, D. 2016. Global shark attack hotspots: Identifying underlying factors behind increased unprovoked shark bite incidence. *Ocean & Coastal Management* 133 (2016) 72 e 84.

COMPAGNO, L.J.V. 1984. FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Parts 1 and 2. FAO Fish. Synop. (125) 4(1&2), 655 pp.

CROSSLEY, R., COLLINS, C.M., SUTTON, S.G., HUVENEERS, C., 2014. Public perception and understanding of shark attack mitigation measures in Australia. Hum. Dimens. Wildl. 19, 154e165. <http://dx.doi.org/10.1080/1087/1209.2014.844289>.

DALY R, SMALE MJ, COWLEY PD, FRONEMAN PW. Residency patterns and migration dynamics of adult bull sharks (*Carcharhinus leucas*) on the east coast of South Africa. PLoS ONE. 2014; 9(10):e109357.

DOMINGO, A., COELHO, R., CORTES, E., GARCIA-CORTES, B., MAS, F., MEJUTO, J., MILLER, P., RAMOS-CARTELLE, A., SANTOS, M. N. AND YOKAWA, K. 2016. Is the tiger shark *Galeocerdo cuvier* a coastal species? Expanding its distribution range in the Atlantic Ocean using at-sea observer data. *Journal of Fish Biology* (2016) 88, 1223–1228 doi:10.1111/jfb.12887, available online at wileyonlinelibrary.com

DOUBLEDAY, ZOË A., JOHN CLIFF, CHRISTOPHER IZZO, and BRONWYN M. GILLANDERS. 2018. Untapping the Potential of Sulfur Isotope Analysis in Biominerals. *Marine Ecology Progress Series* 598 (June): 159–66. <https://doi.org/10.3354/meps12605>.

DUARTE-NETO, P., RODRIGUES, J., LESSA, R. 2019. Shape analysis of shark jaws as a tool to identify species involved in incidents with humans. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 64 (2019) 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2019.03.008>

ETEPE. 1995. Ecologia dos Tubarões no Litoral do Estado de Pernambuco. Relatório Técnico Científico. UFRPE, Departamento de Pesca. 213p.

FEITOSA, L.M.; MARTINS, A.P. and NUNES, J. New record of *Carcharhinus leucas* (Valenciennes, 1839) in an equatorial river system. *Marine Biodiversity Records* (2016) 9:87 DOI 10.1186/s41200-016-0094-6.

FERREIRA, L.C. & SIMPFENDORFER, C. 2019. *Galeocerdo cuvier*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2019: e.T39378A2913541. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T39378A2913541.en>. Downloaded on 17 June 2019.

GADIG, O. B. F. 2001. *Tubarões da costa brasileira* (Doctoral dissertation, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”).

HAMMERSCHLAG N, LUO J, IRSCHICK DJ, AULT JS. A comparison of spatial and movement patterns between sympatric predators: bull sharks (*Carcharhinus leucas*) and Atlantic tarpon (*Megalops atlanticus*). *PLoS ONE*. 2012; 7(9):e45958.

HAZIN, F. H. V., BURGESS, G. H. & CARVALHO, F. C. A shark attack outbreak off Recife, Pernambuco, Brazil: 1992-2006. *Bulletin of Marine Science*, v. 82, n. 2, p. 199-212, 2008.

HAZIN, F.H.V. & AFONSO, 2014. Response: A conservation approach to prevention of shark attacks off Recife, Brazil. In: *Animal Conservation*. 17: 301–302.

HEUPEL, M.R.; CARLSON, J.K. & SIMPFENDORFER, C.A. 2007. Shark nursery areas: concepts, definition, characterization and assumptions. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 337: 287-297.

ISAF – International Shark Attack File. Florida Museum of Natural History. 2014. Disponível em: <<http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Sharks/sharks.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2014.

ISAF – International Shark Attack File. Florida Museum of Natural History. 2019. Disponível em: <<http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Sharks/sharks.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

LEA, J. S., WETHERBEE, B. M., QUEIROZ, N., BURNIE, N., AMING, C., SOUSA, L. L., MUCIENTES, G. R., HUMPHRIES, N. E., HARVEY, G. M., SIMS, D. W. & SHIVJI, M. S. 2015. Repeated, long-distance migrations by a philopatric predator targeting high contrasting ecosystems. *Scientific reports* 5: 11202. doi:10.1038/srep11202.

LESSA, R.P.T.; NÓBREGA, M.F. and BEZERRA-JR, J.L. 2009. Dinâmica de Populações e Avaliação dos Estoques de Recursos Pesqueiros da Região Nordeste. Fortaleza: Editora Martins & Cordeiro, 2009. (Programa REVIZEE - Score Nordeste) 304 p.

LESSA, R.; MONTEIRO, ANALBERY.; DUARTE NETO, PAULO J ; VIEIRA, ANA CRISTINA . Análise multidimensional dos sistemas de produção pesqueira do Estado de Pernambuco, Brasil. In: MANUEL HAIMOVICI. (Org.). Sistemas Pesqueiros Marinhos e Estuarinos do Brasil. 01 ed. Rio Grande (RS): Editora da FURG. 2011, v. 01, p. 41-54.

MATTOSO, A., 2013. Mitos e Verdades sobre os ataques de tubarões no Recife. Vedas edições. P. 83

MCPHEE, D., 2014. Unprovoked shark bites: are they becoming more prevalent? *Coast Management*. 42, 478e492.

MCMILLAN, J.R.; PESS, G.R.; LIERMANN, M.; MORLEY, S. A.; MCHENRY, M.L. CAMPBELL, L. A. & QUINN, T.P. 2015. Using Redd Attributes, Fry Density, and Otolith Microchemistry to Distinguish the Presence of Steelhead and Rainbow Trout in the Elwha River Dam Removal Project, *North American Journal of Fisheries Management*, 35:5, 1019-1033, DOI: 10.1080/02755947.2015.1074965

MCMILLAN, M. N., C. IZZO, B. WADE, AND B. M. GILLANDERS. 2017. Elements and Elasmobranchs: Hypotheses, Assumptions and Limitations of Elemental Analysis. *Journal of Fish Biology* 90 (2): 559–94. <https://doi.org/10.1111/jfb.13189>.

MCMILLAN, M. N., C. HUVENEERS, J. M. SEMMENS, AND B. M. GILLANDERS. 2018. Natural Tags Reveal Populations of Conservation Dependent School Shark Use Different Popping Areas. *Marine Ecology Progress Series* 599: 147–56. <https://doi.org/10.3354/meps12626>.

MYRICK, J.G., EVANS, S.D., 2014. Do PSAs Take a Bite Out of SharkWeek? The Effects of Juxtaposing Environmental Messages With Violent Images of Shark Attacks. *Sci. Commun.* 36, 544e569.

NIELLA, Y. V., AFONSO, A. S. AND HAZIN, F. H. V. 2017. Bioecology and movements of bull sharks, *Carcharhinus leucas*, caught in a long-term longline survey off northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 15(3): e170106, 2017.

PAILLON, CHRISTELLE, LAURENT WANTIEZ, MICHEL KULBICKI, MAYLIS LABONNE, AND LAURENT VIGLIOLA. 2014. Extent of Mangrove Nursery Habitats Determines the Geographic Distribution of a Coral Reef Fish in a South-Pacific Archipelago. *PLoS ONE* 9 (8): 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105158>.

QUEIROZ, N. ET AL. 2019. Global spatial risk assessment of sharks under the footprint of fisheries. *Nature* <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1444-4> (2019).

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Available: <http://www.r-project.org>.

RANDALL, J. E. 1992. Review of the biology of the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 43: 21–31.

RAOULT, V., HOWELL, N., ZAHRA, D., PEDDEMORS, V.M., HOWARD, D.L., DE JONGE, M.D., BUCHAN, B.L., WILLIAMSON, J.E. 2019. Localized zinc distribution in shark vertebrae suggests differential deposition during ontogeny and across vertebral structures. *PLoS One*. 2018 Jan 11;13(1):e0190927. doi: 10.1371/journal.pone.0190927. eCollection 2018.

RANDALL, J. E. 1992. Review of the biology of the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*). *Marine and Freshwater Research* 43 (1): 21-31.

SADOWSKY, V., Notes on the Bull shark *Carcharhinus leucas* in the lagoon region of Cananéia, Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. 1971

SIMPFENDORFER, C.A. 1992. Biology of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) caught by the Queensland Shark Meshing Program off Townsville, Australia. *Aust. J Mar Freshw Res* 43: 33–43.

SIMPFENDORFER, C. & BURGESS, G.H. 2009. *Carcharhinus leucas*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2009: e.T39372A10187195. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T39372A10187195.en>. Downloaded on 17 June 2019.

TILLET, B. J.; M. G. MEEKAN; D. PARRY; N. MUNKSGAARD; I. C. FIELD; D. THORBURN e C. J. A. BRADSHAW. 2011. Decoding fingerprints: elemental composition of vertebrae correlates to age-related habitat use in two morphologically similar sharks. *Marine Ecology Progress Series*, 434: 133-142.

WALSH, C. T. and GILLANDERS, B. M. (2018) 'Extrinsic factors affecting otolith chemistry – implications for interpreting migration patterns in a diadromous fish', *Environmental Biology of Fishes*. *Environmental Biology of Fishes*, 101(6), pp. 905 – 916. doi: 10.1007/s10641-018-0746-y.

WOSNICK, N., RANGEL, B. S., AFONSO, A.S., BORNATOWSKI, H., HAZIN, H.F.V, MOREIRA, R.G. and FREIRE, C.A. 2018. Hormones and migration in tiger

sharks (*Galeocerdo cuvier*): can they be related? Aqua, International Journal of Ichthyology. vol. 24 no. 1.

Capítulo 4

Artigo Científico III

4 - Artigo Científico III - Análise da gestão da problemática de incidentes com tubarões no Estado de Pernambuco entre 1992 e 2012.

Jonas Rodrigues¹; Cláudio Monteiro²; Beatriz Mesquita³ e Rosangela Lessa¹

1. Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas - DIMAR, Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAQ, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Av. Dom Manuel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco. CEP 52171-900.

2. Pós-Graduação em Ciência da Computação - CIn, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco UFPE.

3. Fundação Joaquim Nabuco - FUNDAJ.

Resumo

A problemática de incidentes com tubarões é uma questão com primeiros registros no mundo datando de 1900. Atualmente, são reportados globalmente mais de 3028 incidentes não provocados desde 1900. Desse total, 84% ocorreram em seis países. No Brasil, mais de 110 casos foram computados em 11 estados litorâneos desde a década de 90, sendo o estado de Pernambuco, o líder em número desses registros, contabilizando 66 casos. Desse total, 62 aconteceram em praias urbanas da Região Metropolitana do Recife - RMR (continente) e 4 no Arquipélago de Fernando de Noronha - AFN. De todos os estados brasileiros que já registram incidentes com tubarões, somente Pernambuco apresenta qualquer política destinada à problemática. Essa pesquisa aborda o estado como principal foco da problemática de incidentes com tubarão no Brasil. Visualizando a importância de um comitê gestor na mitigação de incidentes com tubarões, é realizada a descrição do histórico dos incidentes com tubarão em Pernambuco (Brasil) e análise dos debates realizados no Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT. A análise engloba a participação social, o direcionamento das estratégias de políticas públicas para a mitigação, bem como características de conflito e cooperação dos grupos setoriais, através de técnicas de observação das reuniões do comitê e análise de conteúdo dos documentos de registro das reuniões. Observou-se que a gestão da problemática de incidentes com tubarões neste comitê se baseou principalmente na prevenção dos casos, abordando os aspectos de sinalização das áreas de ocorrência de incidentes, assim como recuperação ambiental da área e desenvolvimento de pesquisas e monitoramento de tubarões, além da disseminação de informações para diminuir os casos por meio da educação ambiental.

Palavras-chave: Mitigação; Tubarão; Ataque de tubarão; Pesquisa e monitoramento; Gestão.

Abstract

Shark incidents is a serious social issue that had the first records in the world dating back to 1900. Currently, over 3028 unprovoked incidents since 1900 are reported globally. Of this total, about 84% occurred in six countries. In Brazil, more than 110 cases have been reported in 11 coastal states since the 1990s, with Pernambuco state, located in the northeast of the country, the leader in number of these records, accounting for 66 cases. Of this total, 62 took place in urban beaches of the metropolitan region of Recife - MRR (mainland) and 4 in the Fernando de Noronha Archipelago - FNA. Of all Brazilian states that already report shark incidents, only Pernambuco has any policy on this issue. This research addresses the state of Pernambuco as the main focus of the problem of shark incidents in Brazil, highlighting the importance of a management committee in mitigating shark incidents; this paper describes the history of shark incidents in Pernambuco (Brazil) and analyzes the debates held at the Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT. The analysis encompasses social participation, the targeting of public policy strategies for mitigation, as well as conflicts and cooperation characteristics of sectoral groups through in Committee meetings and content analysis of records of meeting. The management of shark incidents in this Committee was mainly based on case prevention, addressing the signaling aspects of incident areas, as well as environmental recovery of the area and development of shark research and monitoring, in addition to dissemination of information to reduce cases through environmental education.

Keywords: Mitigation; Shark; Shark attack; Research and monitoring; Management.

Introdução

A problemática de incidentes com tubarões é uma questão social grave que teve os primeiros registros no mundo datando de 1900 (BALDRIGDE and WILLIAMS, 1969). Desde então, estas interações negativas entre tubarões e humanos vêm aumentando (MCPHEE, 2014), sendo este um problema que tende a crescer acompanhando o ritmo do crescimento populacional (CHAPMAN and MCPHEE, 2016).

Atualmente, são reportados globalmente mais de 3028 incidentes com tubarões não provocados desde 1900 (ISAF, 2019). Desse total, cerca de 80% ocorreram em seis países (MCPHEE, 2014). Os países que mais registraram estes casos foram os Estados Unidos da América, com 1441 registros, a Austrália, com 642, a África do Sul, com 255, o Brasil, com 107 e a Nova Zelândia, com 48 (ISAF, 2019). Entretanto, mais casos podem ter ocorrido e não foram reportados ao ISAF, como é o caso brasileiro (RODRIGUES, 2019. Comunicação pessoal).

No Brasil, mais de 110 casos foram computados em 11 estados desde a década de 90 (RODRIGUES, 2019. Comunicação pessoal), sendo Pernambuco, localizado no Nordeste do país, o líder, contabilizando 66 casos (CEMIT, 2019). Desse total, 62 aconteceram em praias urbanas da Região Metropolitana do Recife - RMR (continente) e 4 no Arquipélago de Fernando de Noronha - AFN (CEMIT, 2019).

O segundo estado brasileiro a registrar maior número de incidentes com tubarões é São Paulo, com 11 casos, seguido do Maranhão com 10, Rio de Janeiro com 7, Rio Grande do Sul e Bahia, ambos com 5 (ISAF, 2019). Os demais estados não apresentam mais de 4 casos e somente Pernambuco tem uma política destinada à problemática de incidentes com tubarões. Diante disso, essa pesquisa aborda o estado de Pernambuco como principal foco da problemática de incidentes com tubarão no Brasil.

Quando o Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT foi criado em 17 de maio de 2004, através do decreto lei estadual nº 26.729, já havia registros de 44 incidentes na RMR, computados pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE e Instituto de Medicina Legal - IML-PE. A partir de então, esses casos foram incorporados na lista oficial de incidentes com tubarões do estado que passou a ser o lócus da gestão dos incidentes em Pernambuco, criado para mitigar a

problemática no estado, que enfrentou um surto de casos nas praias urbanas da RMR desde o ano de 1992 (HAZIN et al., 2008).

Reduzir o número de incidentes com tubarões não é tarefa fácil. Esses casos têm forte repercussão na mídia, mesmo não acontecendo com grande frequência (NEFF, 2012). Tal repercussão se dá principalmente pelas lesões causadas, o que gera comoção e medo aos usuários de praias, sobretudo pela forma negativa e sensacionalista de disseminação da informação (CHAPMAN and MCPHEE, 2016). O temor e emoção causada por esses incidentes leva à respostas também exageradas por parte das políticas públicas, como descrito para a Austrália (NEFF and WYNTER, 2018).

O gerenciamento da problemática de incidentes com tubarões é principalmente uma política pública (NEFF, 2012). Muitos países que enfrentam este problema desenvolvem programas para monitorar a ocorrência de incidentes com tubarões, bem como a presença desses animais. Algumas políticas passam ou passaram pelo abate de tubarões (CLIFF e DUDLEY, 2011; CROSSLEY et al., 2014; FERRETTI et al., 2015; GIBBS e WARREN, 2015). Essa prática é mais comum onde o turismo e o uso recreativo da região marinha apresentam grande participação econômica (GIBBS e WARREN, 2015).

Entretanto, diversas espécies de tubarões estão em declínio populacional (DULVY, et al., 2014; ROFF, et al., 2018) e, atualmente, é necessário desenvolver estratégias que minimizem os impactos às populações de tubarões (MCPHEE, 2014). Por isso, a gestão para a mitigação de incidentes deve perpassar por aspectos da pesquisa, monitoramento e conservação das espécies (NEFF e YANG, 2012). Também é necessário ressaltar que a gestão desses casos deve ter foco principal na realidade local, pois, quando as políticas criadas para a redução de incidentes com tubarões não atendem às necessidades locais, a eficiência de programas de mitigação pode ser diminuída.

Além disso, as pesquisas sobre incidentes com tubarões em todo o mundo têm buscado a compreensão dos fatores que ocasionam a interação negativa entre tubarão e homem (LEMAHIEU et al., 2017) e o grau de envolvimento das espécies (DUARTE-NETO et al, 2019). Porém, os aspectos que envolvem a gestão de incidentes com tubarões são pouco abordados em pesquisas científicas.

Portanto, visando preencher essa lacuna e visualizando a importância de um comitê gestor na mitigação de incidentes com tubarões, este trabalho realiza a descrição do histórico dos incidentes com tubarão em Pernambuco e análise dos debates realizados no CEMIT. A análise engloba a participação social, o direcionamento das estratégias de políticas públicas para a mitigação, bem como características de conflito e cooperação dos grupos setoriais, através de técnicas de observação das reuniões do comitê e análise de conteúdo dos documentos de registro das reuniões.

Assim, objetiva-se neste trabalho verificar a existência de lacunas, promovendo informações para o aperfeiçoamento da participação social na ocorrência de incidentes com tubarões e sugerindo uma estrutura para acompanhamento do controle social para a gestão. Vale ressaltar que essa é a primeira vez, até onde sabemos, que a metodologia de análise de conteúdo é aplicada a um comitê gestor da problemática de incidentes com tubarões.

Metodologia

O Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT

O Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT é um órgão deliberativo criado em 17 de maio de 2004, através do decreto lei estadual nº 26.729. No ato de sua criação, foi composto por instituições governamentais, de pesquisa e representantes da sociedade civil. No Brasil, a participação social na gestão pública por meio de conselhos e comitês se fortalece no período pós-ditadura e se consolida com a Constituição Federal de 1988.

Inicialmente eram membros efetivos do CEMIT a Secretaria de Defesa Social - SDS, o Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE, o Instituto de Medicina Legal - IML, o Instituto Oceanário de Pernambuco - IOPE e a Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, na qualidade de presidente, podendo outras instituições participar como convidadas, a convite da presidência.

Essa formação perdurou até 6 de novembro de 2014, quando foi publicado o novo decreto lei estadual nº 41.251, que alterou a composição dos membros efetivos do CEMIT. A justificativa dada foi o amparo legal aos princípios constitucionais da

impressoalidade, isonomia e moralidade, visto que a UFRPE e o IOPE eram responsáveis pela pesquisa e monitoramento de tubarões e educação ambiental, recebendo recurso do governo através do Programa PROTUBA. Dessa forma, as instituições efetivas desse colegiado agora são a SDS, o CBMPE, o IML, a Polícia Militar do Estado de Pernambuco - PMPE e Agência Estadual do Meio Ambiente - CPRH. As demais instituições participam do CEMIT como convidadas, incluindo as que antes eram membros efetivos.

O CEMIT tem atribuições que são: acompanhar e registrar os incidentes com tubarões, consolidando os dados estatísticos; definir estratégias e ações para minimizar os riscos de incidentes em Pernambuco; acompanhar as ações desencadeadas pelos diversos órgãos, relacionadas aos incidentes com tubarões; atuar como centro de referência, orientando as informações e discussões; e avaliar impactos de toda ordem, sejam econômicos, sociais ou ambientais, decorrentes dos incidentes e ações empreendidas.

Grandes discussões e medidas mitigadoras dos incidentes passaram a ser adotadas no âmbito do CEMIT, que conduz até os dias de hoje, toda a problemática no estado. Dentre as discussões, os aspectos médicos legais e pesquisas com tubarões e ambiente costeiro-marinho são assuntos frequentemente abordados. Entretanto, reunir esses fatores em período anterior ao CEMIT configurava-se tarefa difícil, pois cada instituição tinha seus próprios critérios e organização. Por isso, um órgão que reúne todos os critérios e informações foi importante para o entendimento e mitigação dos incidentes.

Teoria institucional

O quadro teórico-metodológico utilizado baseia-se na teoria institucional. Os estudos institucionais apresentam uma variedade de análises que se dividem entre o institucionalismo histórico, empírico, o da escolha racional ou econômico, o sociológico e o normativo. Todas encerram que o comportamento é endógeno ao processo decisório, construído a partir das relações estabelecidas pelo campo organizacional onde os atores se relacionam. Todas partem do pressuposto que as instituições importam e, são o centro das relações políticas e sociais (PERES, 2008). O autor cita que apenas a teoria

da escolha racional se diferencia por considerar que os indivíduos têm escolhas racionais e maximizam os benefícios pessoais. Gonçalves (2004) defende que a teoria institucional é apropriada para a análise da questão ambiental, pois considera as instituições como centro analítico. É mais realista ao considerar no marco teórico a dimensão sistêmica complexa e incerta; a existência de conhecimento científico-tecnológico limitado e admite a existência de conflitos sociais e de correlação de poder em torno da questão.

Adicionalmente, a análise institucional encerra uma série de limitações e dificuldades que devem ser observadas: parte das instituições é invisível; o termo instituição é utilizado com muita imprecisão, requer interdisciplinaridade e múltiplos níveis de análise e da complexidade entre as relações dos indivíduos, atributos do ambiente e instituições (OSTROM, 1990).

A abordagem é uma ferramenta conceitual que permite gerar subsídios para a análise das relações em sistemas socioecológicos e suas soluções de governança, mas é pouco utilizada pelos sistemas de gestão que continuam sendo compartimentalizados e centralizados em sua maioria na figura do Estado como tomador de decisão.

Inicialmente é preciso conceituar o termo instituição. Instituições são árvores de decisões lógicas que regulam as atividades humanas (BAREMBLITT, 1996), são as regras do jogo em uma sociedade (NORTH, 1990). Podem estar expressas em leis, princípios ou fundamentos, em normas, padrões, modelos morais e práticas ou hábitos. São os sistemas de símbolos, os esquemas cognitivos e os modelos morais que fornecem ‘padrões de significação’ que guiam a ação humana (HALL e TAYLOR, 200). Para os institucionalistas, os valores ambientais e as opções dos indivíduos são condicionados pela esfera institucional. Entende-se aqui que é o processo de socialização que molda o comportamento dos indivíduos no ambiente institucional. As organizações, por outro lado, seriam as estruturas estabelecidas para administrar as instituições embora nem todas as instituições contem com organizações.

Apesar de o conceito parecer restringir as possibilidades de ação individuais, as instituições, por outro lado, definem oportunidades de participação para os atores sociais. As arenas de ação (ARAOS et al, 2013) configuram as situações de decisão. O CEMIT foi considerado como uma arena de ação de gestão dos ataques de tubarão no

Brasil por ser a instituição onde os atores se encontram e onde agem de modo a modificar padrões e a gestão (ou não gestão) do sistema dos ataques de tubarão no estado de Pernambuco.

Análise de dados

Os documentos de registro (atas) das reuniões ordinárias do CEMIT foram utilizados e compilados a partir da página eletrônica da Secretaria de Defesa Social - SDS do Governo do Estado de Pernambuco.

A avaliação qualitativa foi realizada pelo método de observação participante nas reuniões a partir de 2012. A participação do pesquisador em ações objeto do estudo permite que o observador participante divida o mesmo sentimento de estar em determinadas situações, além da observação dos outros atores (GIVEN, 2008).

Atas de 72 reuniões ocorridas no período de 2004 a 2012 foram avaliadas por análise de conteúdo (BARDIN, 2009). Essa análise consiste na geração de categorias analíticas que permitam comparação e validação (Tabela 01).

Tabela 01 - Codificação dos temas analisados nas atas das reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

Grupo	Código	Descrição
1	Registro de incidente com tubarão	Estatística sobre registros de incidentes com tubarão, incluindo discussões sobre afogamento e laudos tanatoscópicos.
2	Ambiental	Recuperação de áreas degradadas e avaliação de impactos ambientais, fechamento do matadouro da cidade de Jaboatão dos Guararapes e criação de recifes artificiais do parque de naufrágios na costa pernambucana.
3	Proteção social	Debate sobre apoio financeiro e psicológico a vítimas de incidentes com tubarão - Proteção social.
4	Prevenção	Ações de sinalização da área de risco, proibição da prática de esportes náuticos, discussões sobre proibição de banhos/natação, fiscalização da área de risco, equipamentos (redes, telas e <i>shark shield</i>).
5	Atendimento hospitalar	Atendimento e resgate das vítimas de incidentes com tubarão.
6	Causa dos ataques	Fatores identificados que aumentam a probabilidade de incidentes com tubarão, tal como a presença de feições costeiras (canal e correntes de retorno), tráfego de navios, entre outros.
7	Institucional	Assuntos relativos ao funcionamento do comitê.
8	Educação ambiental	Ações de educação ambiental e disseminação de informações, instruindo sobre a problemática de incidentes com tubarões.
9	Impacto econômico dos ataques	Consequências no mercado, principalmente no setor hoteleiro e turístico.
10	Pesquisa e monitoramento	Projetos de pesquisa relacionados ao conhecimento das espécies de tubarões, das causas dos incidentes e do ecossistema, além do monitoramento de tubarões na área.
11	Pesca	Ações de pesca predatória de diversas espécies (principalmente arrasto de camarão), incluindo a pesca de tubarões
12	Transparência	Indicam a transparência das ações do Comitê e da gestão dos ataques de tubarão em geral, tanto interno quanto externo ao comitê
13	Seminários (<i>Workshop</i>)	Seminários internacionais realizados para informar e legitimar a tomada de decisão.
14	Conflitos	Situações de gestão de conflitos

No período compreendido entre 2012 e 2019 houve variação na metodologia de registro dessas informações: i) entre 2004 e 2012 os registros foram efetivados como ata, com informações completas; ii) a partir de 2012 até os dias atuais, apesar das reuniões acontecerem, a metodologia de registro é diferente e não foram disponibilizados. Assim, o estudo foi realizado no período de 2004 até 2012.

Assim sendo, as atas das reuniões entre 2004 e 2012 foram convertidas em formato de texto (TXT) e inseridas no programa *software* R versão 3.4. O pacote RQDA (HUANG, 2017) foi utilizado para realizar a análise de conteúdo de cada ata.

As proporções de falas por grupo setorial foram computadas. Os arquivos de textos foram categorizados para avaliar as falas por conselheiro, instituição e assunto. Assim, foi possível quantificar o número de vezes em que cada assunto foi abordado e qual instituição teve maior participação nas discussões do conselho, permitindo também quantificar a participação de cada ator. Toda a avaliação se baseou na repetição de palavras.

Os percentuais de debates dos três principais assuntos a cada ano foram separados e representados graficamente com o intuito de se verificar tendências de estratégias desenvolvidas para a gestão e, conseqüentemente, mitigação da problemática de incidentes com tubarões.

Também foram quantificados os índices de transparência e conflito presentes nas reuniões do CEMIT. A transparência foi avaliada a partir da identificação de falas e discussões sobre cada assunto, bem como a seleção de cada relator (a) nas respectivas reuniões. Já os conflitos foram avaliados pela identificação de palavras de tom menos ameno e situações de embates sobre cada tema debatido.

Sabendo que durante o período de avaliação das atas, a Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, de acordo com decreto lei estadual nº 26.729, de 17 de maio de 2004, detinha a presidência do CEMIT, e, portanto, poderia enviar a análise de forma a ser computada falas de mediação, foram computadas apenas as falas em que a instituição destinou opiniões/comentários técnicos efetivos relativos aos assuntos em discussão.

Desta forma, o processo de discussão dos assuntos abordados no comitê foi analisado a partir das falas dos membros de cada instituição presente nas reuniões. A participação pôde ser analisada a partir da agregação dos pontos de fala dos membros por instituição, ou grupo de instituições que representam o mesmo setor. Assim, foi possível mensurar, de forma agregada, o percentual de falas por instituição.

Resultados

No período de 2004 a 2012 foram realizadas 72 reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT. Destas, 62 arquivos de ajuda memória foram avaliados. Um total de 19 instituições participaram das reuniões analisadas, sendo 6 instituições membro efetivas e 13 membro convidadas (Tabela 02). Além delas, uma categoria denominada “sociedade”, que reúne as três instituições representantes da sociedade civil, foi incluída na análise com o intuito de demonstrar a representatividade da sociedade civil participante do comitê.

Tabela 02: Lista de instituições participantes das reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

Instituição	Sigla da instituição	Tipo de organização	Representante	Categoria de membro
Universidade Federal Rural de Pernambuco	UFRPE	Autarquia Federal	Científica	Efetivo
Corpo de Bombeiro Militar de Pernambuco	CBMPE	Autarquia estadual	Militar	Efetivo
Agência Estadual de Meio Ambiente	CPRH	Autarquia estadual	Ambiental	Efetivo
Secretaria de Defesa Social do Estado de Pernambuco	SDS	Governamental	Poder público	Efetivo
Instituto de Medicina Legal	IML	Autarquia estadual	Investigativa	Efetivo
Instituto Oceanário de Pernambuco	IOPE	Organização não governamental	Sociedade	Efetivo
Instituto Praia Segura	IPS	Organização não governamental	Sociedade	Convidado
Ministério Público Federal	MPF	Autarquia Federal	Sociedade	Convidado
Prefeitura Municipal da Cidade de Jaboatão dos Guararapes	JABOATÃO	Autarquia Municipal	Poder público	Convidado
Universidade Federal de Pernambuco	UFPE	Autarquia Federal	Científica	Convidado
Prefeitura Municipal da Cidade de Olinda	OLINDA	Autarquia Municipal	Poder público	Convidado
Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	IBAMA	Autarquia Federal	Ambiental	Convidado
Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana	EMLURB	Autarquia Municipal	Poder público	Convidado
Câmara dos Deputados Estadual	POLÍTICA	Autarquia estadual	Poder público	Convidado
Serviço de Atendimento Médico de Urgência	SAMU	Autarquia estadual	Socorro médico	Convidado
Prefeitura Municipal da Cidade do Recife	RECIFE	Autarquia Municipal	Poder público	Convidado
Empresa de Turismo de Pernambuco	EMPETUR	Autarquia estadual	Turismo	Convidado
Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte	DNIT	Autarquia Federal	Poder público	Convidado
Representantes da Sociedade Civil	Sociedade	Organização não governamental	Sociedade	Convidado

A instituição que obteve maior percentual de fala e, conseqüentemente emissão de opinião foi a Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, apresentando 36,13% do total de falas (Figura 01). Em seguida, a Organização Não Governamental - ONG, o Instituto Praia Segura - IPS, com menos da metade do percentual de fala da primeira instituição (15,1%). O Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE com 11,07% do percentual foi a terceira instituição mais influente no CEMIT, seguido da Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH, com 10,32% e Secretaria de Defesa Social - SDS, com 9,68% (Figura 01).

A categoria representante da sociedade civil “sociedade” foi a sexta instituição mais representativa, com 3,44% de todas as falas, seguida do Ministério Público Federal - MPF, com 3,23%. As demais instituições obtiveram representação do percentual de falas menor que 3% (Figura 01).

A participação de representantes da sociedade civil foi baixa. Apenas o IOPE e a UFRPE representam a sociedade como membros efetivos, sendo todos os outros membros efetivos representantes do governo. As demais instituições representantes da sociedade que participaram das reuniões do CEMIT eram membros convidados. Nos registros foi verificado que propostas de inserção de membros da sociedade foram discutidas e negadas, como na Ata 6:

“[...] Uma última proposta apresentada durante o workshop, a de se incluir um representante das vítimas no CEMIT, foi discutida e considerada inapropriada em função das mesmas não constituírem uma entidade de natureza juridicamente estabelecida, condição necessária à participação no Comitê. Foi expresso por todos, porém, que, embora não caiba uma “representação oficial” das vítimas nas reuniões do CEMIT, a presença das mesmas, como observadores, seria sempre bem vinda. (Ata nº 6, CEMIT, 16 de agosto de 2004)

Ainda em relação às dificuldades de incorporação de novos membros e centralização do poder na figura do governo estadual destaca-se a ata 38:

“[...] estrutura de funcionamento e implementação do Regimento Interno do CEMIT, ... única proposta para inclusão de novos membros efetivos, ... Instituto Praia Segura, IBAMA, UFPE, Ministério Público Federal e Estadual, Prefeituras do Recife, Olinda e Jaboatão ... e Assembléia Legislativa de Pernambuco ... a mesma deveria ser primeiramente debatida no CEMIT... caso consenso, encaminhada ao Secretário de Defesa Social, caso acatasse ... enviaria ofício às instituições, [caso aceitando] ... ao Governador do Estado (Ata 38, CEMIT, 12 de julho de 2007).

Ainda, em relação à composição do plenário, chama-se a atenção para o apontamento realizado na Ata 32, referente à baixa participação de órgãos federais:

“[...] Alertou [o MPF]... que o problema dos ataques não era só de Pernambuco, nem muito menos do Recife, sendo antes uma questão federal, razão pela qual os órgãos federais da área do meio ambiente, tais como o IBAMA e o próprio MMA, precisavam estar muito mais envolvidos com o mesmo. Argumentou que, como o problema incluía questões de zona costeira, envolvendo interesses federais, a União teria que ser chamada, embora ela já estivesse apoiando indiretamente as pesquisas. Neste sentido, opinou que seria importante realizar uma reunião, talvez em Brasília mesmo, com o MMA, MCT e com a Presidência do IBAMA, para tratar do assunto” (Ata 32, CEMIT, 25 de janeiro de 2007).

Quando separados os cenários de instituições membro efetivas e membro convidadas, observou-se, de acordo com a análise do percentual de falas, que as instituições membro efetivas do CEMIT foram detentoras da maior parcela de contribuição nas discussões do comitê, atingindo, somadas, 72,15% do total de falas, enquanto que as instituições membro convidadas representaram 27,85% do total.

Entretanto, quando observadas as instituições convidadas, a que apresenta maior contribuição com os assuntos foi a ONG IPS, com 15,1%. As demais instituições convidadas (12 instituições) tiveram baixa representatividade, atingindo, somadas, 12,75% do total de falas (Figura 01).

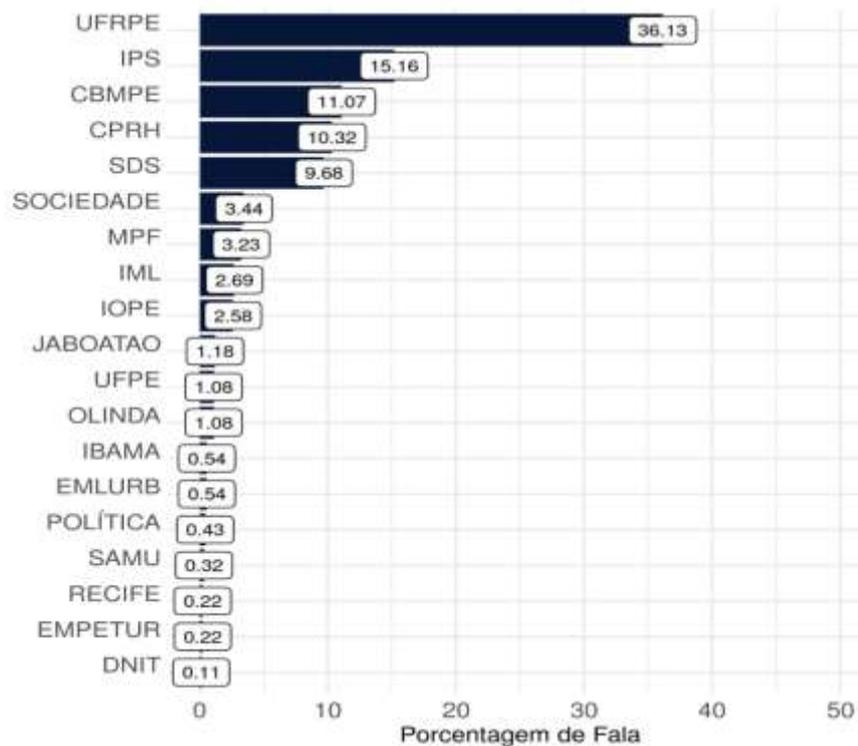


Figura 01- Percentual de falas por instituição nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

Quando analisadas as porcentagens das categorias de assuntos da gestão da problemática de incidentes com tubarões debatidas no CEMIT, 12 temas foram amplamente discutidos. Desses, apenas 4 representam, somados, 65,9% das discussões. O principal assunto debatido foi o que se refere à diligência da causa, denominado aqui de “prevenção”, representando 30,08% do total de discussões (Figura 02). O segundo assunto mais debatido foi o “ambiental”, com representatividade de 12,92% dos

assuntos discutidos. Isso representa menos da metade da frequência do primeiro assunto (Figura 02).

Observou-se também a existência de relação entre as questões de “prevenção” e “ambiental”, demonstradas nas discussões das atividades de caça a tubarões, realizadas até 2006 pelo PROTUBA, com o intuito de minimizar o número de incidentes. Entretanto, a metodologia utilizada foi modificada por ter gerado alto conflito entre membros da sociedade, órgãos ambientais, UFRPE e governo, sendo os dois últimos, os responsáveis pela atividade.

Além dessa, outra atividade de “prevenção” que esbarrou na legalidade ambiental foi a possibilidade de instalação de redes de proteção para criação de áreas isoladas para banhistas e surfistas. Nesse quesito, foram apresentados ao CEMIT projetos de grupos externos para utilização de redes, os quais foram inicialmente negados, conforme ata nº 4:

“[...] A conclusão do CEMIT foi de que nenhum tipo de rede deve ser utilizado, em nenhuma hipótese”. (Ata nº 4, CEMIT, 09 de julho de 2004)

As discussões sobre a utilização de redes voltaram à pauta, inclusive com a participação de especialistas internacionais (ata 17):

“[...] Sobre a avaliação do III Workshop Internacional sobre Ataques de Tubarões...objetivos propostos...alcançados. Destacou contribuição de Anthony Havens, responsável pelo Programa de Redes de Proteção em Hong Kong e na Austrália, o qual contribuiu em muito para a compreensão do uso de redes de exclusão...”. (Ata nº 17, CEMIT, 14 de outubro de 2005)

Outras temas de âmbito ambiental foram debatidos como medidas mitigadoras para a problemática de incidentes com tubarões, tal como a pesca de arrasto de camarão, havendo uma tentativa de proibir essa prática na área considerada de risco para incidentes com tubarões. Tal questão foi debatida na ata de nº 17 e decidida na ata 36:

“[...] noticiou que o IBAMA havia finalmente emitido um parecer, o qual ... havia sido contrário. Uma das principais

razões ... era a de que não havia dados na literatura que comprovem a relação direta entre a pesca de arrasto de camarão e a incidência de ataques de tubarão. (Ata nº 36, CEMIT, 11 de maio de 2007).

Também houve debates sobre saneamento e disposição de resíduos na natureza, com destaque ao registrado:

“[...] ressaltou alguns aspectos de grande relevância, como: i) O aterro sanitário da Muribeca despeja o seu chorume no Rio Muribequinha, a apenas 700 m do Rio Jaboatão; ii) O volume de chorume produzido aumenta consideravelmente com as chuvas; iii) A carga de poluição orgânica na foz do Rio Jaboatão é extremamente elevada; iv) A concentração de coliformes fecais próximo à foz, em 2000, ano em que se realizou o trabalho, foi 40 vezes maior do que o recomendado; v) Em 2000, o Matadouro de Jaboatão dos Guararapes despejava diretamente no Rio Jaboatão 345.000 litros de dejetos por dia, sem qualquer tratamento prévio” (Ata nº 8, CEMIT, 13 de Janeiro de 2005).

“[...] Em 2000, o Matadouro de Jaboatão dos Guararapes despejava diretamente no Rio Jaboatão 345.000 litros de dejetos por dia, sem qualquer tratamento prévio” (Ata nº 10, CEMIT, 24 de Fevereiro de 2005).

“[...] O objetivo foi analisar a qualidade na água do rio Jaboatão que por passar por algumas sedes de municípios tem uma importância muito grande no que se refere à qualidade da água. Em Jaboatão são três localidades importantes: Pontezinha, Ponte dos carvalhos e Prazeres, são localidades que têm um significativo impacto no rio pela transposição do esgoto sanitário. Quando a gente levantou a quantidade de empresas licenciadas e empreendimentos licenciados na bacia do rio Jaboatão, verificamos que são 113 licenciadas. (...). Quando a

gente vai quantificar a carga produtora potencial de resíduos produzidos nas cidades que o rio Jaboatão percorre, vimos que resulta em uma carga potencial de 24.105 DBO/dia (Ata nº 11, CEMIT, 01 de março de 2005).

Outra ação ambiental debatida e realizada com o intuito de mitigar a problemática de incidentes com tubarões foi a criação de ambientes recifais artificiais, como o Parque de Naufrágios Artificiais de Pernambuco - PNAPE.

“[...] criação de ecossistemas recifais a partir de naufrágios intencionais, mencionando, nesse contexto, o desenvolvimento do Projeto PNAPE- Parque de Naufrágios Artificiais de Pernambuco, o qual havia afundado recentemente 3 rebocadores desativados, cujos resultados preliminares deveriam ser apresentados na próxima reunião (Ata nº 37, CEMIT, 20 de junho de 2007).

Os assuntos “pesquisa e monitoramento”, “educação ambiental”, “institucional”, “registro de incidentes com tubarões” e “pesca”, com 12,08%, 10,81%, 10,17%, 7,83% e 5,08%, ocupam a terceira, quarta, quinta, sexta e sétima posições, respectivamente. Os demais assuntos atingiram cada um, menos de 5% do total da frequência nos debates do CEMIT (Figura 02).

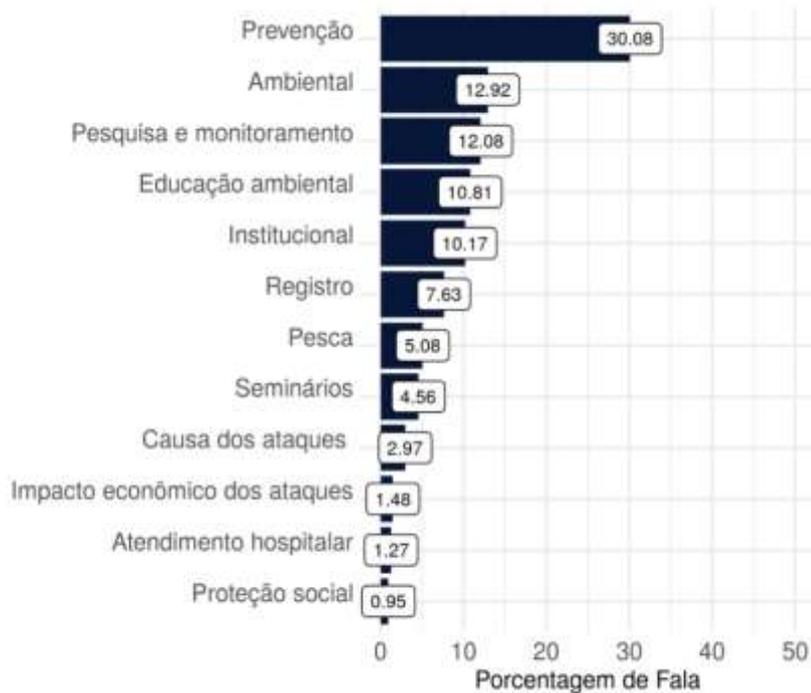


Figura 02- Percentual de assuntos debatidos nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

No que se refere às questões de educação ambiental, verifica-se que o Instituto Oceanário de Pernambuco - IOPE teve atuação ativa, desenvolvendo e relatando as atividades rotineiramente nas reuniões do comitê, como pode ser visualizado na ata 38:

“[...] passou para o item relativo às ações de educação ambiental ... informou que o Instituto Oceanário havia participado de algumas atividades importantes ... o 10º Simpósio de Biologia Marinha, em Santos- SP, ... resultados de uma pesquisa realizada no ano passado, junto às colônias de pescadores de Olinda, Piedade, Pina e Gaibu, por meio da qual havia sido possível comparar a visão da ciências com a visão ... dos pescadores ... informou, ainda, que, desde a última reunião do CEMIT, o IOPE havia realizado diversas outras atividades (Ata 38, CEMIT, 12 de julho de 2007).”

As discussões sobre assuntos institucionais, que ocuparam 10,17% do total de discussões, também foram intensas, abordando demandas de estrutura, transferência de secretaria governamental, elaboração de regimento interno, inserção de novos membros, entre outros (Ata 31).

“[...] esperava que o regimento interno, recentemente elaborado, pudesse ser melhorado e que se a SDS tinha, de fato, interesse de continuar alojando o CEMIT, deveria assumi-lo de forma mais efetiva, colocando à disposição da secretaria executiva mais uma pessoa e dando ao Comitê um mí-nimo de estrutura. O site, ... há mais de um ano espera para ser colocado no ar ... Por fim, reiterou a opinião ... de que o CEMIT deveria, sim, ser transferido para a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente” (Ata 31, CEMIT, 11 de Janeiro de 2007).

Quanto aos impactos econômicos gerados pela problemática de incidentes com tubarões, houve apenas uma representação institucional oriunda do setor turístico, havendo demanda/decisão de elaboração de estudo para avaliar e quantificar as interferências da problemática na economia (ata nº 8). Contudo, o registro das discussões sobre esse tema foi de 1,48%, apenas.

“[...] a Secretaria de Turismo e Esportes encontra-se realizando um estudo sobre as repercussões no turismo dos incidentes com tubarões nas praias da cidade” (ata no 8, CEMIT, 13 de Janeiro de 2005)

Quando avaliados os percentuais dos três principais assuntos debatidos por ano, observou-se frequência diversificada entre eles. O principal tema debatido por ano foi “prevenção” estando presente em todos os anos analisados. O segundo assunto mais abordado por ano nas reuniões foi “educação ambiental”, sendo o mais representativo nos anos de 2006 a 2012 (Figura 03). Já os debates sobre as questões ambientais e registros de incidentes com tubarões ficaram em terceiro lugar na representação de

assuntos, estando o assunto “ambiental” presentes nos anos 2004, 2005 e 2008 e o assunto “registros de incidentes” em 2006, 2009 e 2010. Os demais assuntos “pesquisa e monitoramento”, “institucional” e “seminários”, tiveram representação em 2, 2 e 1 ano(s), respectivamente (Figura 03).

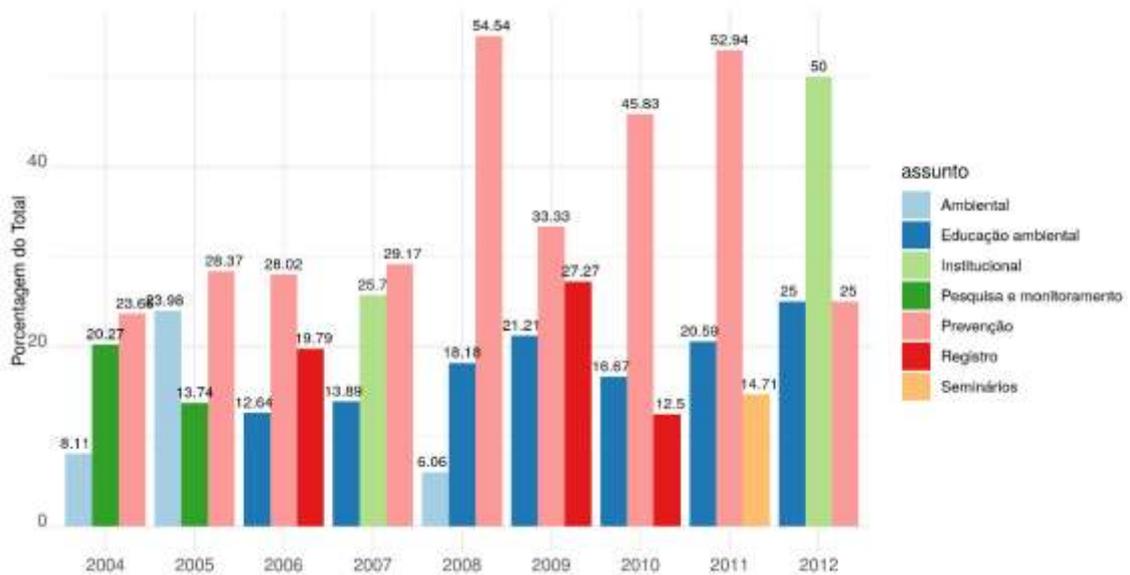


Figura 03- Percentual dos dois principais assuntos debatidos por ano nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

Os assuntos “pesquisa e monitoramento” e “educação ambiental, considerados como essenciais para o entendimento e tomada de decisão, tanto nos anos iniciais da gestão da problemática, como nos demais anos, apresentaram tendência inversa. Os debates sobre pesquisa e monitoramento foram maiores nos anos iniciais da gestão, decaindo com o passar dos anos (Figura 04a). Já os debates referentes ao tema educação ambiental foram gradativamente aumentando ao longo dos anos (Figura 04b).

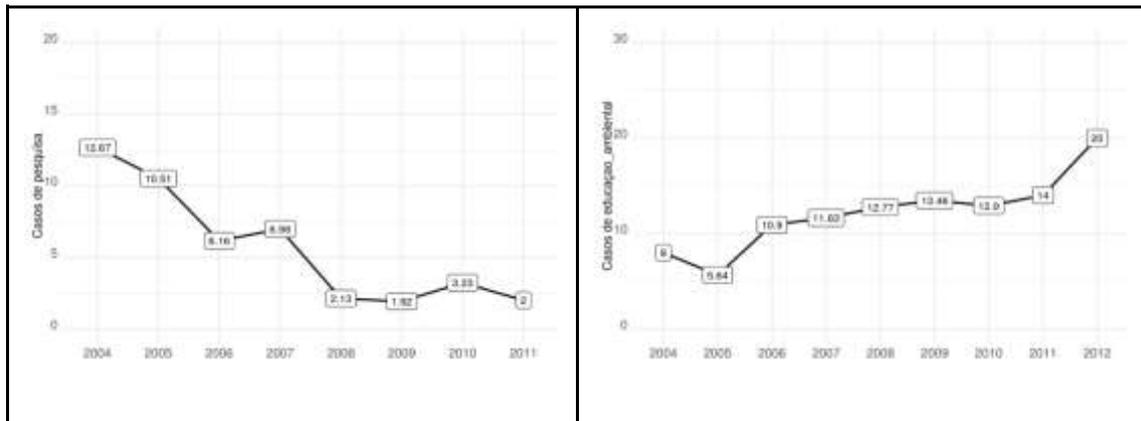


Figura 04- Percentual dos assuntos “pesquisa e monitoramento” e “educação ambiental” debatidos por ano nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

O debate sobre o assunto prevenção, também demonstrou tendência de crescimento nos cinco primeiros anos de gestão, atingindo o maior percentual de discussão no ano de 2008, com 17,02%. Posteriormente, as discussões sobre esse tema tornaram a reduzir até 2011, com 4%, não havendo registro desse assunto em 2012 (Figura 05).

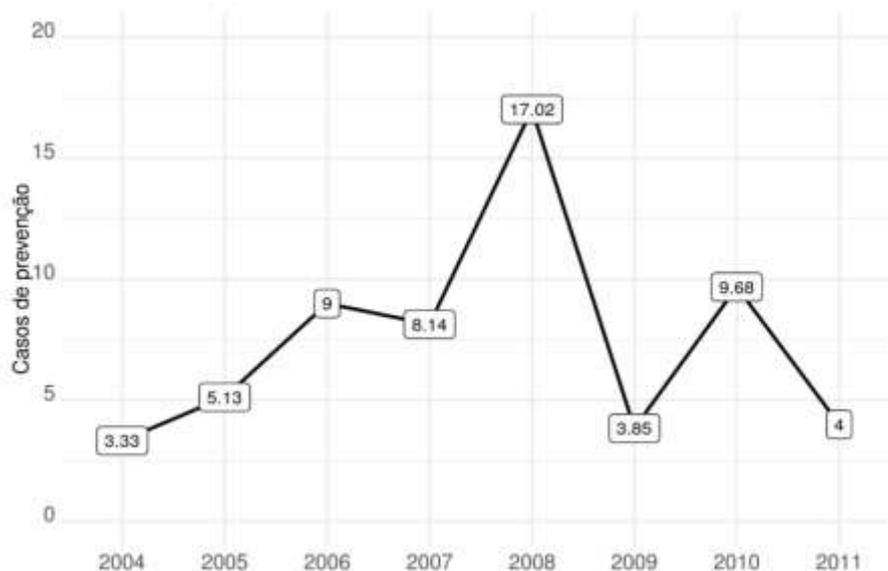


Figura 05- Percentual do assunto “prevenção” por ano nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

Ao comparar os assuntos debatidos nas reuniões do CEMIT com a estatística/registros de incidentes com tubarões, foi observado que o número de casos por ano reduziu com a implementação da gestão e das medidas mitigadoras. O registro de casos baixou de 7 no ano de 2004 para 4 em 2005, chegando a não obter registro no ano de 2006, estabilizando nos anos seguintes (Figura 06).

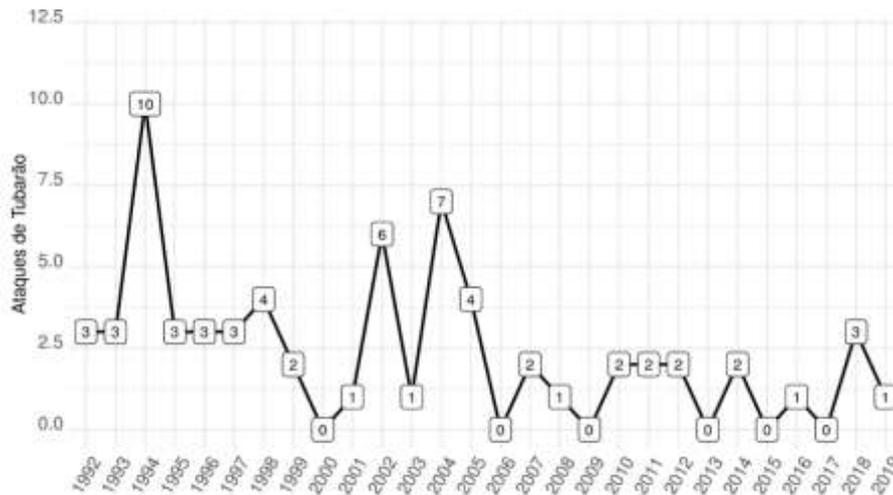


Figura 06- Número de registro de incidentes com tubarões por ano ocorridos em Pernambuco no período de 1992 a 2019. Fonte dos dados: Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT, 2019.

Quando avaliado o processo de transparência dos debates e comunicação à sociedade, bem como as medidas a serem tomadas para a gestão da problemática de incidentes com tubarões, observou-se que no primeiro ano da criação do comitê, o índice de transparência foi baixo, representando apenas 1,33% (Figura 07). Com o passar dos anos, esse índice apresentou tendência de aumento, atingindo 36,5% no ano de 2009. A partir de então, a transparência na tomada de decisão se manteve em níveis elevados, oscilando entre 20% e 32% nos anos de 2012 e 2011, respectivamente (Figura 07).

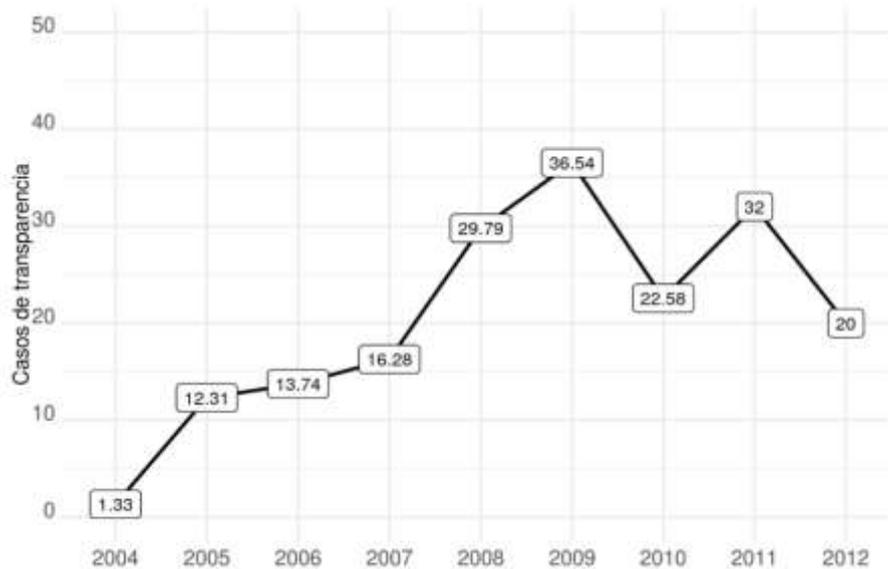


Figura 07- Percentual de transparência por ano na gestão dos incidentes com tubarões e nos assuntos discutidos nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

As ações de comunicação social foram também debatidas no âmbito do CEMIT, entretanto, apesar de discutidas, poucas ações foram implementadas, como é sugerido nas atas 32 e 41:

“[...] Em relação às estratégias de comunicação social ..., expressou a sua opinião de que muito pouco havia sido feito. Apesar de verbas para a publicidade existirem, não havia sido jamais utilizadas em campanhas publicitárias voltadas à mitigação dos ataques, em função do mesmo ser visto como um problema de terceira categoria” (Ata nº 32, CEMIT, 25 de Janeiro de 2007).

“[...] jamais ter havido por parte do Estado uma estratégia de comunicação voltada para o problema ... a exemplo da peça Praia Limpa da Prefeitura do Recife” (Ata nº 41, CEMIT, 09 de outubro de 2007).

Quando avaliado o aspecto conflito dos debates nas medidas a serem tomadas para a gestão da problemática de incidentes com tubarões, observou-se que não existiram conflitos no primeiro ano de criação do CEMIT, entretanto, estes começam a aparecer a partir do ano de 2005, atingindo nível máximo em 2006 e tornando a diminuir nos anos seguintes. Porém, ainda com altos registros em 2007. Em 2008, os registros de situações de conflito reduzem e atingem valor mínimo em 2011, não havendo registro de conflitos para o ano de 2012 (Figura 08).

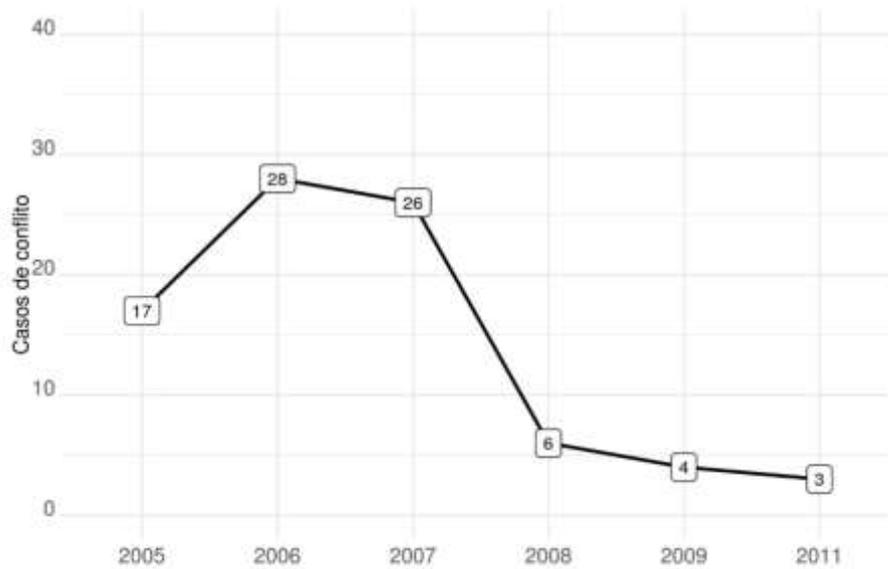


Figura 08- Situações de conflito por ano na gestão dos incidentes com tubarões e nos assuntos discutidos nas reuniões do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT no período de 2004 a 2012.

Discussão

Das 72 reuniões do CEMIT realizadas no período de 2004 a 2012, 62 foram analisadas devido a não disponibilização dos arquivos das atas 09, 21, 24, 42, 46, 47, 58, 59, 60 e 62. Entretanto, não houve perda significativa das informações debatidas, principalmente pela recapitulação das discussões ocorridas nas reuniões seguintes, as quais possuem registros em atas. Porém, esse é o mínimo dos problemas encontrados na gestão dos incidentes.

A principal questão que dificultou a gestão foi a assiduidade das instituições nas reuniões do comitê gestor, embora a participação delas nas discussões da problemática tenha demonstrado o esforço do CEMIT, bem como dos gestores públicos para o estabelecimento de medidas eficazes para a mitigação dos casos. Entretanto, reunir instituições que tenham relação com as medidas mitigadoras e causas que agravam o problema não é trivial.

Algumas importantes instituições tiveram problemas de assiduidade, como o IBAMA (Atas 36 e 48), sobretudo por ser responsável pela gestão ambiental federal, um dos pontos mais debatidos no CEMIT. Da mesma forma se comportou a CPRH, a qual tem competência e atribuição no âmbito estadual nas questões ambientais, além de ser membro efetivo do Comitê. Assim, constatou-se que as ações realizadas por esse órgão foram consideradas insatisfatórias para o comitê e para a sociedade, gerando conflitos entre esses atores (Ata 27).

[...] “solicitou o registro em ata da profunda insatisfação de todos os que faziam aquela instituição, com a forma na qual a CPRH vinha conduzindo as demandas que lhe eram encaminhadas no âmbito do CEMIT”.(Ata 27, CEMIT, 19 de setembro de 2006)

[...]sobre as ações de Recuperação Ambiental... comentou que aquela era a segunda reunião consecutiva do CEMIT, na qual não havia comparecido nem um representante do IBAMA nem do CPRH. Em razão disso, sugeriu que fossem enviados ofícios a ambas as instituições, reiterando a importância da presença das mesmas nas futuras reuniões do Comitê. (Ata 48, CEMIT, 06 de novembro de 2008)

Nesse contexto, outras instituições tomaram a iniciativa para efetivar a mitigação da problemática ambiental, a exemplo da UFRPE e IOPE. Estas instituições desenvolveram em parceria, o diagnóstico ambiental e pesqueiro do Rio Jaboatão e seu afluente, o Rio Pirapama (LEITE, 2009). Além disso, uma das medidas importantes na mitigação dos incidentes foi a autuação e fechamento do matadouro que despejava dejetos no Rio Jaboatão (HAZIN et al, 2008). Esta denúncia foi realizada pelo IPS em

conjunto com uma emissora de televisão do estado de Pernambuco (Ata 11). Atribui-se à baixa eficácia das ações de recuperação ambiental aos órgãos responsáveis por desenvolver medidas e fiscalizar as possíveis infrações de empresas e/ou cidadãos que degradam o meio ambiente.

Menciona-se também a baixa frequência das prefeituras municipais das cidades da Região Metropolitana do Recife - RMR que apresentam maiores registros de incidente com tubarão (Recife, Jaboatão e Olinda, respectivamente). Essas instituições são fundamentais para o desenvolvimento da gestão costeira e da logística de limpeza urbana, incluindo gestão de resíduos em áreas de rios, lixões, aterros sanitários, entre outros.

Contudo, ressalta-se que a gestão da problemática de incidentes com tubarões perpassa por questões ambiental, governamental e gestão de zonas costeiras, além de pesquisa para o entendimento das ocorrências e educação ambiental (NEFF, 2012). Desta forma, faz-se necessário o engajamento dos diversos setores da sociedade e instituições, o que pôde ser observado no CEMIT, com algumas exceções.

Outrossim, o processo de gestão dos incidentes é ainda mais dificultoso pela repercussão na mídia, mesmo que esses casos não aconteçam com grande frequência (NEFF, 2012). Também a emoção pública que é apresentada no centro das discussões dos incidentes, faz com que a política necessite se situar entre as respostas emocionais e eventos do mundo real (NEFF e WYNTER, 2018). Assim, a inserção da sociedade na tomada de decisão e gestão da problemática se faz importante e, nesse contexto, a criação do CEMIT teve alta relevância.

As reuniões do CEMIT apresentaram um esforço multidisciplinar, considerando a política pública como um processo de escolha social, em que o Estado tem papel facilitador, mas não é único protagonista. Assim, insere-se o CEMIT como organização gestora das políticas de mitigação de incidentes com tubarão em Pernambuco. Além disso, o Comitê representa o espaço de escolha institucional e resolução de conflitos que pode possibilitar transformações em outras instituições nas questões como a conservação da biodiversidade em nível local, gestão costeira e de saneamento ambiental.

Embora solução definitiva para a problemática possa não existir, um conjunto de atores de gestores costeiros, gestores de saúde pública, cientistas, conservacionistas e representantes da sociedade civil precisam encontrar estratégias para minimizar tanto os riscos às pessoas, quanto para o ecossistema e espécies. Não existem soluções governamentais simples quando tubarões atacam pessoas (NEFF, 2012).

Muitas vezes, o alto índice de emoção pública e desejo de políticas que, em sua maioria, gera respostas que ameaçam a sobrevivência das espécies de tubarões (NEFF, 2012), pode gerar adversidades irremediáveis ou até mesmo agravar a problemática. Contudo, o manejo efetivo deve começar pela estruturação do comportamento humano e suas percepções (CHAPMAN e MCPHEE, 2016). Isso foi observado tanto nas discussões quanto nas ações do CEMIT, sobretudo nos aspectos da pesquisa e educação ambiental.

Historicamente as principais políticas para a redução de incidentes passam ou passaram pelo abate de tubarões (CLIFF e DUDLEY, 2011; CROSSLEY et al., 2014; FERRETTI et al., 2015; GIBBS e WARREN, 2015). Essa prática é mais comum onde o turismo e o uso recreativo da região marinha apresentam grande participação econômica (GIBBS e WARREN, 2015). Em Pernambuco, não foi diferente, quando no início da gestão, o programa de monitoramento de tubarões realizou caça às espécies de tubarões potencialmente agressivas.

A caça perdurou até 2007, quando houve mudança na metodologia e os tubarões passaram a ser capturados, marcados e soltos em áreas afastadas da zona de praia (HAZIN e AFONSO, 2014). Entretanto, a modificação das ações de captura só ocorreu a partir das discussões de representantes da sociedade civil e cientistas em seminários internacionais (*workshop*) ocorridos na cidade do Recife, além de questionamentos do MPF que incidiram sobre a captura de espécies não relacionadas aos incidentes. Na Austrália, situação similar posterior ocorreu, quando o medo dos incidentes e as políticas de abate levaram a mobilização de novos atores, fazendo surgir um movimento, denominado de “*Save the sharks*” (NEFF e WYNTER, 2018).

Entretanto, em Pernambuco, a baixa existência de movimentos ambientais contrários ao abate pode estar relacionada às ações de educação ambiental desenvolvidas. Por outro lado, movimentos ambientais de outros estados foram os protagonistas para a preservação dos tubarões capturados. A partir daí, considerou-se

que o Brasil procurou estabelecer políticas heterodoxas de minimização dos incidentes. NEFF e WYNTER (2018) argumentam que esse momento chegou porque o público está aceitando mensagens alternativas sobre tubarões, desmistificando a impressão passada pela indústria cinematográfica.

Hazin and Afonso (2014) descrevem como o Programa de Monitoramento de Tubarões do Recife mostrou resultados positivos na diminuição dos incidentes (97%), inovando a questão da gestão de ataques no mundo. Porém, estes autores apenas atribuem a efetiva taxa de redução dos casos de interação negativa entre homem e tubarão às ações de pesquisa e monitoramento. Entretanto, outros aspectos que apresentaram efeitos para a redução da taxa de incidentes foram abordados, tais como a prevenção e educação ambiental, demonstrados neste trabalho e a utilização de placas de advertência nos locais de maior incidência de ataques, apesar de nunca ter havido uma campanha de comunicação na mídia efetiva sobre o assunto.. Portanto, a redução de incidentes em Pernambuco é resultado de um conjunto de ações e políticas públicas, gestadas no âmbito do CEMIT.

Por outro lado, não se pode acreditar que a eficácia das medidas mitigadoras seja eternizada, mantendo o cenário mundial, onde os incidentes com tubarões são reportados anualmente sem grandes mudanças nas políticas (NEFF, 2012). Neste sentido, observa-se os recentes ocorridos no Arquipélago de Fernando de Noronha, quando foi registrado em dezembro de 2015 o primeiro caso de incidente e a gestão realizada para a área tornou-se insuficiente pouco tempo depois, voltando a ocorrer 3 novos casos em anos seguintes (CEMIT, 2019).

Portanto, conclui-se que a gestão dos incidentes com tubarões em Pernambuco no período entre 2004 e 2012 foi eficaz para a minimização da problemática. Isso comprova que o desenvolvimento de estratégias e políticas públicas que atendam principalmente às demandas sociais e ambientais, bem como a contemplação do debate técnico com transparência, constitui uma das melhores maneiras para mitigar um problema dessa natureza.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco, pela concessão de bolsa de doutorado à Jonas RODRIGUES, processo IBPG-0412-5.06/15 e Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsa de produtividade Pq 1 à Rosangela Lessa, processo nº 306672/2015-4. A Secretaria de Defesa Social do Estado de Pernambuco - SDS. Ao Grupamento de Bombeiros Marítimos de Pernambuco - GBMar, do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE. Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Ao Ministério Público Federal - MPF e a Polícia Federal - PF.

Referências

ARAOS, F.; L. FERREIRA, A. 2013. Construção De Uma Arena Ambiental Para a Conservação Da Biodiversidade Marinha No Chile, *Ambient. Soc.* 16 (2013) 119–138. <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v16n3/v16n3a08.pdf>.

BALDRIDGE, H. DAVID E JOY WILLIAMS (1969). Shark Attack: Feeding or Fighting? *Military Medicine*, Vol. 134, nº2, February 1969. 130-3.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições Setenta, 2009. 281 p.

BAREMBLITT, G *Compêndio de análise institucional e outras correntes*. 3. ed. Rio de Janeiro: Rosa dos Tempos, 1996.

CEMIT – Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões. Secretaria de Defesa Social. Governo do Estado de Pernambuco. Disponível em:<<http://www.sds.pe.gov.br/CEMIT/52-CEMIT/197-principal>> Acesso em: 18 Jul. 2019.

CHAPMAN, B.K., MCPHEE, D. 2016. Global shark attack hotspots: Identifying underlying factors behind increased unprovoked shark bite incidence. *Ocean & Coastal Management* 133 (2016) 72 e 84.

CLIFF, G. and DUDLEY, S.F.J. 2011. Reducing the environmental impact of shark-control programs: a case study from KwaZulu-Natal, South Africa. *Mar Freshw Res*, 62: 700-709.

CROSSLEY, R., COLLINS, C.M., SUTTON, S.G., HUVENEERS, C., 2014. Public perception and understanding of shark attack mitigation measures in Australia. *Hum. Dimens. Wildl.* 19, 154e165. <http://dx.doi.org/10.1080/1087/1209.2014.844289>.

DECRETO LEI ESTADUAL Nº 26.729. Criação do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT. 17 de maio de 2004.

DECRETO LEI ESTADUAL Nº 41.251. Mudança da composição dos membros do Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT. 06 de novembro de 2014.

DUARTE-NETO, P., RODRIGUES, J., LESSA, R. 2019. Shape analysis of shark jaws as a tool to identify species involved in incidents with humans. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 64 (2019) 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2019.03.008>

DULVY NK, FOWLER SL, MUSICK JA, CAVANAGH RD, KYNE PM, HARRISON LR, et al. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *Elife*. 2014. doi: pmid:24448405.

FERRETTI, F., JORGENSEN, S., CHAPPLE, T. K., DE LEO, G. & MICHELI, F. Reconciling predator conservation with public safety. *Front. Ecol. Environ.* **13**, 412–417 (2015).

GIBBS, L., WARREN, A., 2015. Transforming shark hazard policy: learning from ocean users and shark encounter in Western Australia. *Mar. Policy* 58, 116e124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2015.04.014>.

GONÇALVES, G.T. Políticas públicas e assimetrias de poder no avanço da soja na Amazônia legal. 2004. 175 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.

HAZIN, F. H. V., BURGESS, G. H. and CARVALHO, F. C. A shark attack outbreak off Recife, Pernambuco, Brazil: 1992-2006. *Bulletin of Marine Science*, v. 82, n. 2, p. 199-212, 2008.

HAZIN, F.H.V. & AFONSO, 2014. Response: A conservation approach to prevention of shark attacks off Recife, Brazil. In: *Animal Conservation*. 17: 301–302.

HUANG, R. RQDA: R-based Qualitative Data Analysis. R package version 0.3-0. URL: <http://rqda.r-forge.r-project.org>. 2017.

ISAF – International Shark Attack File. Florida Museum of Natural History. 2019. Disponível em: <<http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Sharks/sharks.htm>>. Acesso em: 18 Jul. 2019.

LEITE, A. P. A., 2009. Levantamento ambiental e pesqueiro dos Rios Jaboatão e Pirapama no Estado de Pernambuco, Brasil. Dissertação de Mestrado. 67 fls.

LEMAHIEU, A.; BLAISON, A; CROCHELET, E.; BERTRAND, G.C, PENNOBER, G.; SORIA, M. Human-shark interactions: The case study of Reunion island in the south-west Indian Ocean. *Ocean and Coastal Management* 136 (2017) 73-82.

MCPHEE, D., 2014. Unprovoked shark bites: are they becoming more prevalent? *Coast Management*. 42, 478e492.

NEFF, C., 2012. Australian beach safety and the politics of shark attacks. *Coast Manag.*40, 88e106. <http://dx.doi.org/10.1080/08920753.2011.639867>.

NEFF, C., and YANG, J. 2012. Shark bites and public attitudes: policy implications from the first before and after shark bite survey, *Mar. Policy* 38 (2012) 545–547, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2012.06.017>.

NEFF, C; WYNTER, T. 2018. Reducing fear to influence policy preferences: An experiment with sharks and beach safety policy options. *Marine Policy*, 88 (2018) 222-229.

NORTH, D. 1990. *Institutions, institutional change and economic development*. Cambridge, Cambridge University Press North. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>

OSTROM, E. *Governing the Commons*, 1990. doi:10.1017/CBO9780511807763.

PERES, S. P. 2008. Comportamento ou instituições? A evolução histórica do neo-institucionalismo da ciência política. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 23 (68), 53-71. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-69092008000300005>

GIVEN, L. M. 2008. *The Sage encyclopedia of qualitative research methods*. v.1 e 2. California, SAGE Publications, 2008.

ROFF, G.; BROWN, C. J.; PRIEST, M. A. and MUMBY, P. J. Decline of coastal apex shark populations over the past half century. *Communications Biology*. vol 1, Article number: 223 (2018).

Capítulo 5

Considerações Finais

5 - Considerações Finais

Os resultados obtidos a partir desta tese, distribuídos em 3 artigos científicos distintos, podem servir de esclarecimento para a problemática de incidentes com tubarões no Estado de Pernambuco, bem como podem servir de base para outras regiões do Brasil e do mundo que apresentem interações negativas entre tubarões e humanos.

A partir das análises dos fatores que possam agravar os incidentes com tubarões em Pernambuco, pôde-se concluir que as feições costeiras, mais precisamente as Correntes de Retorno fixas - CR's, são responsáveis por 42% da ocorrência dos incidentes com tubarões nas praias urbanas da Região Metropolitana do Recife - RMR. Além disso, esses fenômenos físicos naturais agravam a probabilidade de afogamentos onde elas estão presentes. Portanto, as CR's são fenômenos que oferecem riscos para os usuários das praias urbanas da RMR.

Também foi possível depreender que a influência do Porto de SUAPE sobre a problemática de incidentes com tubarões se dá sob a ótica do expressivo impacto ambiental causado neste estuário e não pela movimentação dos navios. Entretanto, ressalta-se que mais pesquisas devem ser realizadas, sobretudo no que se refere à importância do estuário onde SUAPE está instalado, tanto para o conhecimento dos tubarões quanto sobre a influência que este empreendimento tem na problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco.

Ademais, observou-se que a forma desordenada de uso e ocupação dos solos das cidades do Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda pode ter contribuído significativamente para o desencadear da problemática de incidentes com tubarões, principalmente pelo fato de ter retirado habitats naturais de espécies nativas da região.

Agregado ao crescimento desordenado das cidades, ressalta-se que os registros de incidentes com tubarões em Pernambuco iniciaram na década de 90, período este em que a população da RMR teve crescimento significativo. Diante disso, verificou-se a tendência de aumento do número de incidentes com tubarões relacionado ao número de habitantes das cidades costeiras da RMR. Soma-se ainda que o crescimento populacional e das cidades desencadeou obras de infraestrutura de grande porte, instaladas em áreas de grande importância ecológica, podendo ser apontadas como um dos aspectos significativos para a ocorrência de incidentes com tubarões.

Além destes aspectos, ressalta-se que um dos fatores que aumenta a probabilidade de ocorrência de incidentes com tubarões na RMR é a alta turbidez da

água em períodos de inverno na região. Esse fator, somado à arrebentação das ondas, faz com que os tubarões confundam os seres humanos com uma presa de seu hábito alimentar.

Com a avaliação do uso do habitat das espécies de tubarões potencialmente agressivas estudadas aqui, sugere-se que área costeira marinha serve para o acasalamento ou cópula para o Tubarão Cabeça chata (*Carcharhinus leucas*). Isso é baseado na prevalência de fêmeas de *C. leucas* na área, somados ao encontro de folículos ovulatórios em desenvolvimento nos respectivos ovários e às recentes mordidas provenientes de cópula. Assim, especula-se que os incidentes com essa espécie ocorram também pelos altos índices hormonais que estes animais estão sujeitos no período de cópula ou acasalamento.

Também observou-se que o Tubarão Tigre (*Galeocerdo cuvier*) é mais abundante no inverno, quando a estação chuvosa é mais intensa na região e há a diminuição da salinidade. Desta forma, alerta-se que esse pode ser um dos principais fatores de interações negativas entre tubarões e humanos na Região Metropolitana do Recife - RMR.

Concluiu-se também que a hipótese levantada por Hazin et al (2008), de que havia uma população local de *C. leucas* no estuário onde está localizado o Complexo Portuário de SUAPE não se sustenta. Tal confirmação se deu a partir da avaliação do uso do habitat realizada no presente estudo. Também é importante ressaltar que as evidências dos resultados aqui obtidos, sugerem que a região marinha costeira do Estado de Pernambuco não seja uma área de berçário para nenhuma das espécies de tubarões potencialmente agressivas aqui avaliadas.

Por outro lado, observou perfis distintos das assinaturas microquímica para *C. leucas*, demonstrando dois grupos diferentes, evidenciando que os exemplares desta espécie são provenientes de áreas de berçários diferentes. O contrário foi observado para o Tubarão Tigre, sendo sugerido que os animais aqui presentes são de uma única área de berçários, com indícios fortes de que esta área seja a região da foz do Rio São Francisco, localizada na divisa entre os Estados de Sergipe e Alagoas.

Outrossim, quando se avalia as medidas tomadas como gestão para a mitigação da problemática, conclui-se que estas apresentaram resultados eficazes e significativos. No entanto, não se pode acreditar que as medidas tomadas até o presente irão sanar o problema de incidentes com tubarões de uma vez por todas. Por isso, um trabalho

contínuo de avaliação da problemática, bem como o desenvolvimento de novas medidas para a mitigação, devem ser desenvolvidos.

É possível afirmar ainda que, apesar de várias instituições terem integrado as discussões sobre os incidentes com tubarões em Pernambuco, necessita-se ampliar a participação de instituições técnicas a fim de que a tomada de decisão esteja alicerçada em critérios técnico-científicos, e não políticos.

As ações de educação ambiental, prevenção e pesquisa sobre o problema não devem desaparecer, como tem sido observado nos dias de hoje, pois se constatou aqui que estas foram fundamentais para a redução de 97% das interações negativas entre homem e tubarão em Pernambuco.

Por fim, é possível afirmar que o desenvolvimento de estratégias e políticas públicas que atendam principalmente às demandas sociais e ambientais, bem como a contemplação do debate técnico com transparência, constitui uma das maneiras mais significativas para mitigar um problema dessa natureza.

5.1 - Recomendações para a gestão.

A partir das análises realizadas nesta tese doutoral, sugere-se algumas medidas e direcionamentos para a gestão da problemática de incidentes com tubarões em Pernambuco:

- 1- quanto as ações de prevenção, que a sinalização das áreas de maiores e menores riscos para o banho de mar nas praias urbanas da Região Metropolitana do Recife seja realizada de maneira graduada;
- 2- que o ideal para uma praia que apresenta altos índices de afogamento e incidentes com tubarão por unidade de área, tal como a praia de Boa Viagem, por exemplo, a distância máxima entre os postos não deveria ultrapassar 500 m;
- 3- que sejam disseminadas informações de cautela aos turistas e banhistas em Pernambuco;
- 4- que as praias possam ser fechadas por tempo indeterminado em condições que sejam favoráveis a incidentes com tubarões;

- 5- que as intervenções por parte do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE sejam continuadas;
- 6- que ações de educação ambiental, prevenção e pesquisa sobre o problema retornem de forma atualizada a fim de informar sobre interações negativas entre homem e tubarão em Pernambuco;
- 7- que tecnologias para a identificação de perigo, bem como, para disseminação de situações de risco sejam aplicadas nas praias urbanas da Região Metropolitana do Recife;
- 8- que o trabalho de avaliação da problemática de incidentes, como também o desenvolvimento de novas medidas para a mitigação, sejam desenvolvidos de maneira contínua;
- 9- que seja desenvolvido um plano de mídia em parceria com emissoras locais de televisão para disseminar informações sobre interações negativas entre homem e tubarão em Pernambuco;
- 10- que sejam instaurados protocolos de registro de casos, de atendimento médico e comunicação de incidentes com tubarões e demais casos similares em Pernambuco, incluindo o Arquipélago de Fernando de Noronha;
- 11- e, por fim, que as atuais e futuras medidas a serem adotadas sejam tomadas com embasamento técnico-científico, respeitando as questões ambientais.

5.2 - Pesquisas futuras.

Essa tese e outros trabalhos citados neste texto servirão de base para o entendimento mais aprofundado sobre a problemática de incidentes com tubarões no Estado de Pernambuco. Porém, alguns questionamentos ainda existem, apontando para novas pesquisas sobre essa temática sejam desenvolvidas.

Para tanto, outra base de dados contendo entrevistas com banhistas e demais usuários, além de arquivos sobre lesões causadas por tubarões em partes rígidas e moles, foi coletada junto com as informações utilizadas nesta tese. Assim, a referida base de dados será explorada na agenda de pesquisas futuras do autor da tese, visando a incorporação de conhecimento sobre as interações negativas entre homem e tubarão em Pernambuco.

6 - Referências

AFONSO, A.S.; ANDRADE, H.A. and HAZIN, F.H.V. 2014. Structure and Dynamics of the Shark Assemblage off Recife, Northeastern Brazil. PLoS ONE, 9 (7): e102369. DOI: 10.1371/journal.pone.0102369.

ARAÚJO, M.L.G; LLESSA, R.; MARTINELLI, L. & HURSEY, N. 2016. Application of stable isotope analysis in ecological studies of elasmobranch (Piscis: Chondrichthyes) in Pernambuco state, Brazil. IX Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo dos Elasmobrânquios, SBEEL.

BUCK TJ, VIDARSDOTTIR US. A proposed method for the identification of race in subadult skeletons: a geometric morphometric analysis of mandibular morphology. J. Forensic Sci. 2004;49:1159–1164. <https://doi.org/10.1520/JFS2004074>.

CAMHI. M.; FOWLER, S. L.; MUSICK, J. A.; BRÄUTIGAM, A. & FORDHAM, S. V.. 1998. Sharks and their Relatives - Ecology and Conservation. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. IV + 39 pp.

CEMIT – Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões. Secretaria de Defesa Social. Governo do Estado de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.sds.pe.gov.br/CEMIT/52-CEMIT/197-principal>> Acesso em: 18 Jul. 2019.

CLIFF, G. and DUDLEY, S.F.J. 2011. Reducing the environmental impact of shark-control programs: a case study from KwaZulu-Natal, South Africa. Mar Freshw Res, 62: 700-709.

COMPAGNO, L.J.V. 2005. Appendix 1: Global Checklist of Living Chondrichthyan Fishes. Pp. 410–423. In: Sharks, Rays and Chimaeras: The Status of the

Chondrichthyan Fishes (eds S.L. Fowler et al.). IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. x + 461 pp.

CROSSLEY, R., COLLINS, C.M., SUTTON, S.G., HUVENEERS, C., 2014. Public perception and understanding of shark attack mitigation measures in Australia. *Hum. Dimens. Wildl.* 19, 154e165. <http://dx.doi.org/10.1080/1087/1209.2014.844289>.

DUARTE-NETO, P., RODRIGUES, J., LESSA, R. 2019. Shape analysis of shark jaws as a tool to identify species involved in incidents with humans. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 64 (2019) 23–27. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2019.03.008>

FERRETTI, F., JORGENSEN, S., CHAPPLE, T. K., DE LEO, G. & MICHELI, F. Reconciling predator conservation with public safety. *Front. Ecol. Environ.* 13, 412–417 (2015).

FISCHER AF, HAZIN FHV, CARVALHO F, VIANA DL, RÊGO MG, WOR C. Biological aspects of sharks caught off the coast of Pernambuco, northeast Brazil. *Braz J Biol.* 2009;69:1173–1181 <https://doi.org/10.1590/S1519-69842009000500023>.

FRANKLIN D, CARDINI A, FLAVEL A, KULIUKAS A. The application of traditional and geometric morphometric analyses for forensic quantification of sexual dimorphism: preliminary investigations in a Western Australian population. *Int J Leg Med.* 2012;126:549–558. <https://doi.org/10.1007/s00414-012-0684-8>.

GADIG, O. B. F. (1998). Peixes cartilaginosos da costa do estado de São Paulo. *Revista Ceciliansa*, (9), 41-52.

GADIG OBF, SAZIMA I. A non-fatal attack by the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, on the northeast coast of Brazil (Chondrichthyes, Carcharhinidae). *Arq Cienc Mar.* 2003;36:119–122.

GIBBS, L., WARREN, A., 2015. Transforming shark hazard policy: learning from ocean users and shark encounter in Western Australia. *Mar. Policy* 58, 116e124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2015.04.014>.

HALPERN, B.S., WALBRIDGE, S., SELKOE, K.A., KAPPEL, C.V., MICHELI, F., 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science* 319, 948-952.

HAZIN, F. H. V.; ZAGAGLIA, J. R.; BROADHURST, M. K.; TRAVASSOS, P. E. P. e BEZERRA, T. R. Q.. 1998. Review of a small-scale pelagic longline fishery off northeastern Brazil. *Mar. Fish. Rev.* 60 (3): 8p.

HAZIN, F. H. V., BURGESS, G. H. and CARVALHO, F. C. A shark attack outbreak off Recife, Pernambuco, Brazil: 1992-2006. *Bulletin of Marine Science*, v. 82, n. 2, p. 199-212, 2008.

HAZIN, F.H.V. & AFONSO, 2014. Response: A conservation approach to prevention of shark attacks off Recife, Brazil. In: *Animal Conservation*. 17: 301–302.

HOLDEN, M. J. 1974. Problems in the Rational Exploitation of elasmobranch Populations and Some suggestes solutions. *in: Sea Fisheries Research* (F. R. Harden-Jones, ed.). Elek Science, London: 117-138.

ISAF – International Shark Attack File. Florida Museum of Natural History. 2019. Disponível em: <<http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Sharks/sharks.htm>>. Acesso em: 18 Jul. 2019.

KNIP, D. M., HEUPEL, M. R., & SIMPFENDORFER, C. A. (2010). Sharks in nearshore environments: Models, importance, and consequences. *Marine Ecology Progress Series*, 402, 1–11. <https://doi.org/10.3354/meps08498>.

LEMAHIEU, A.; BLAISON, A; CROCHELET, E.; BERTRAND, G.C, PENNOBER, G.; SORIA, M. Human-shark interactions: The case study of Reunion island in the south-west Indian Ocean. *Ocean and Coastal Management* 136 (2017) 73-82.

LESSA, R.; SANTANA, F. M.; RINCÓN, G.; GADIG, O. B. F. e EL-DEIR, A. C.. 1999. Biodiversidade de Elasmobrânquios do Brasil. Relatório para o Programa Nacional da Diversidade Biológica (PRONABIO) - Necton - Elasmobrânquios, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA). Recife, 119p.

LIBERAL, C.N.; SANTOS, G.K.N.; DEMÉTRIO, K.M. and VASCONCELOS, S.D. 2006. Shark attacks in Pernambuco, Brazil: analysis of bather's perceptions and environmental factors. *Tropical Oceanography (Revista online)*, Recife, v. 34, n. 2, p. 86-99, 2006.

LOWRY D, DE CASTRO ALF, MARA K, ET AL. Determining shark size from forensic analysis of bite damage. *Mar Biol.* 2009;156:2483–492 <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1273-3>.

MCPHEE, D., 2014. Unprovoked shark bites: are they becoming more prevalent? *Coast Management.* 42, 478e492.

NEFF, C., 2012. Australian beach safety and the politics of shark attacks. *Coast Manag.* 40, 88e106. <http://dx.doi.org/10.1080/08920753.2011.639867>.

NEFF, C. and HUETER, R. 2013. Science, policy and the public discourse of shark "attack": a proposal for reclassifying human-shark interactions, *J. Environ. Stud. Sci.* 3 (1) (2013) 65–73 (<https://link.springer.com/article/10.1007/s13412-013-0107-2>).

NEFF, C. (2015). The Jaws Effect: How movie narratives are used to influence policy responses to shark bites in Western Australia. *Australian journal of political science*, 50(1), 114-127.

NIELLA, Y. V., AFONSO, A. S. AND HAZIN, F. H. V. 2017. Bioecology and movements of bull sharks, *Carcharhinus leucas*, caught in a long-term longline survey off northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 15(3): e170106, 2017.

RODRIGUES, J.E.S. 2015. Parecer técnico/Relatório das investigações sobre o Incidente com tubarão ocorrido em 21 de dezembro de 2015 no Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco, Brasil. Caso nº 01, tabela de registro de incidentes com tubarões do CEMIT para o Arquipélago de Fernando de Noronha.

SANTANA DA SILVA, F. M. 2001. Taxas de crescimento populacional intrínseco de tubarões : uma contribuição para o plano de manejo de elasmobrânquios no Brasil Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE. 75 pp.

SENADO FEDERAL DO BRASIL, 2012. Plano estadual de mudanças climáticas, o enfrentamento à vulnerabilidade costeira de Pernambuco, <http://www.senado.gov.br/comissoes/CMMC/AP/AP20130712> HelvioPolito.pdf searched in May 2014.

SIDHU R, CHANDRA S, DEVI P, TANEJA N, SAH K, KAURN N. Forensic importance of maxillary sinus in gender determination: a morphometric analysis from Western Uttar Pradesh, India. *Eur J Gen Dent*. 2014;3:53–56. <https://doi.org/10.4103/2278-9626.126213>.

SMITH, S. E.; AU, D. W. & SHOW, C.. 1998. Intrinsic rebound potentials of 26 species of Pacific sharks. *Mar. Fresh. Res.*, 49: 663-678.

VANNUCCINI S. 1999. Shark utilization, marketing and trade. FAO Fish. Tech. Paper 389. FAO, Rome.

YOKOTA, L. e LESSA, R. P.(2006). A nursery area for sharks and rays in Northeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 75: 349 – 360.

WHITENACK LB, GOTTFRIED MD. A morphometric approach for addressing tooth-based species delimitation in fossil mako sharks, *Isurus* (Elasmobranchii: lamniformes). *J Vertebr Paleontol.* 2010;30:17–25. <https://doi.org/10.1080/02724630903409055>.

Anexos

Anexo I - Informação gerada a partir do desenvolvimento da tese.

Parecer técnico/Relatório das investigações sobre o Incidente com tubarão ocorrido em 21 de dezembro de 2015 no Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco, Brasil.

Msc. Jonas Rodrigues
Doutorando em Recursos Pesqueiros
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Recife, 30 de dezembro de 2015

Entendimento do caso

Aos 21 dias do mês de dezembro do ano de 2015 foi relatado um suposto incidente com tubarão na praia do Sueste, Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco, Brasil. A vítima, o turista paranaense Marcos de Castro Palma da Silva, de 32 anos praticava mergulho recreativo de superfície (sem a utilização de cilindro de oxigênio). De acordo com informações repassadas pela vítima ao Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com tubarões - CEMIT ele estava sozinho na água por volta das 17:30 horas, quando avistou um peixe de tamanho considerável pelas redondezas e continuou o seu mergulho, com intuito de observar o referido peixe. Em seguida ele relata que foi surpreendido por um tubarão aproximando-se em sua direção. Neste momento o tubarão se aproximou e segundo Marcos ele estendeu o seu braço direito para "se proteger", quando foi mordido pelo animal. Em decorrência da mordida, a mão e parte do antebraço direito de Marcos foram amputados. A vítima nadou até a parte mais rasa da praia, onde encontrou com sua esposa, que o auxiliou a sair da água e o socorreu para o Hospital São Lucas com o apoio de Pedro Pereira de Melo, um dos fiscais do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, utilizando um veículo da instituição.

De acordo com informações do hospital, a vítima deu entrada por volta das 17:40 horas, portando roupa de banho (sungá), relógio e aliança. O ferimento principal (antebraço direito) estava envolvido por uma canga azul e uma toalha de banho de cor laranja. A vítima apresentava também cortes nas pontas dos dedos da mão esquerda e arranhões na coxa, podendo ser características do contato com os dentículos dérmicos do animal. A direção do Hospital São Lucas e equipe médica que atendeu Marcos relataram que em momento algum o paciente ficou inconsciente e que devido à falta de mais especialistas da área médica no Arquipélago convocaram três turistas profissionais de medicina que lá estavam. Desta forma, participaram do procedimento de socorro três médicos com especialidades diversas (Cirurgião plástico, Ortopedista e Anestesista), além das médicas do hospital São Marcos Dra. Loreta Lopes Ferreira e Dra. Mayra Andrade.

Descrição do ferimento

O Antebraço direito do ferido apresentava amputação de 2/3 (dois terços) distal com exposição muscular, exposição óssea e retração da pele. Duas lesões

perfurocortantes (ranhuras) em horizontal com cerca de 4 (quatro) centímetros, paralelas entre si na distância aproximada de 2 (dois) centímetros. Escoriação em região da coxa-direita e um pequeno corte no 3º (terceiro) dedo da mão esquerda.

Fundamentos

Em reunião realizada no dia 24 de dezembro de 2015 o CEMIT ouviu os integrantes do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, da Econoronha (Concessionária que administra o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha) e o Engenheiro de Pesca Leonardo Veras nas instalações do Projeto TAMAR em Fernando de Noronha. Na ocasião a Econoronha e o ICMBio informaram que devido ao *Swell* (incidência de fortes ventos e ondas) que ocorria no arquipélago naquela semana as praias banhadas pelo denominado mar de fora estavam fechadas e que a praia do Sueste era uma das poucas em funcionamento. Desta forma o número de visitantes no dia do incidente estimado pelos administradores do parque foi de aproximadamente 600 pessoas. Além disso, foi relatado que havia uma ocorrência maior de peixes de pequeno porte e aumento de visualizações de tubarões nas praias do Arquipélago. Também foi mencionado que a água da praia do Sueste apresentava-se com turbidez moderada.

Contextualização

A fauna de tubarões no Brasil é composta por cerca de 80 espécies (Gadig, 2001), representada em sua maioria pelas espécies da ordem Carcharhiniformes, na qual está inserida a família Carcharhinidae, a mais importante em número de espécies. Nesta família estão inseridas as espécies que possuem hábitos potencialmente agressivos para humanos, tais como o Tubarão Cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*), o Tubarão tigre (*Galeocerdo cuvier*) o Tubarão limão (*Negaprion brevirostris*), o Tubarão Galha-branca Oceânico (*Carcharhinus longimanus*), o Tubarão Lombo preto (*Carcharhinus falciformis*) entre outras. O Arquipélago de Fernando de Noronha registra cerca de 20% das espécies de tubarões que habitam águas brasileiras (Lessa et al, 1999), as quais podem ser agressivas ou não.

Até o momento, a comprovação científica do envolvimento das espécies de tubarões nos incidentes com humanos registra apenas duas espécies, o Tubarão Cabeça-chata (*Carcharhinus leucas*) e o Tubarão tigre (*Galeocerdo cuvier*), tendo sido sugerida

a participação do Tubarão Galha preta (*Carcharhinus limbatus*), entretanto, sem comprovação científica.

A identificação de espécies envolvidas em incidentes com humanos só é possível através da análise de dentes presentes em ferimentos ou objetos (prancha de surfe), em marcas e formatos de mordidas onde haja a possibilidade de realizar medidas dos espaçamentos entre dentes (PROTUBA, 2014). Além dessas, outra maneira é a observação e registro de imagens do animal, entretanto, fazendo-se necessário experiência para a identificação. Na ausência do preenchimento de tais condições torna-se inviável/impossível a identificação da espécie envolvida.

Considerações

CONSIDERANDO que o Arquipélago de Fernando de Noronha possui alta diversidade de espécies de tubarões, tanto de hábitos oceânicos, como de hábitos recifais e que estes animais são selvagens;

CONSIDERANDO que a área é uma zona de berçários para diversas espécies de tubarões (Rodrigues et al, 2014), havendo portanto presença de animais de grande porte;

CONSIDERANDO que a proximidade dos humanos com tubarões em qualquer região do mundo aumenta a probabilidade de incidente (CEMIT, 2014);

CONSIDERANDO que a imagem da lesão principal (antebraço direito) não foi disponibilizada para o CEMIT e por isso não foram realizadas análises que poderiam auxiliar na identificação da espécie envolvida;

CONSIDERANDO o relato da vítima de que não recebeu orientação para não tocar ou se aproximar dos animais selvagens;

CONSIDERANDO que conforme mencionado pela vítima o animal tinha cerca de 1,5 metros de comprimento;

CONSIDERANDO que o horário em que a vítima praticava o mergulho é favorável à presença de tubarões de grande porte em busca de alimentação e, que o fato de estar sozinho em ambiente marinho aumenta o risco de incidente com tubarões;

Conclui-se:

1 - Que o Sr. Marcos de Castro Palma da Silva foi vítima de um incidente com tubarão.

2 - Que a análise efetiva da comparação das marcas da(s) mordida(s) presente(s) em seus membros superiores para identificação da espécie envolvida no incidente é inviável, desta forma, não se pode indicar qual espécie realmente causou o incidente.

3 - Que a indicação de que tenha sido um Tubarão Tigre (*Galeocerdo cuvier*) pode ser equivocada, uma vez que o tamanho do animal relatado pela vítima (1,5 m) não é compatível com o tamanho da largura da boca mencionado (30 - 40 cm). Outrossim, um tubarão dessa espécie com tamanho de 1,5 m de comprimento total corresponderia a um indivíduo jovem que não realiza migrações, além de geralmente não investir em presas que sejam maiores.

4 - Que as recomendações estabelecidas pelo CEMIT no Estado de Pernambuco são eficazes, inclusive para o Arquipélago de Fernando de Noronha, visto que é uma área propensa à grandes interações entre homens e tubarões.

Recomendações

I - Que sejam disseminadas/repassadas informações de cautela aos turistas e banhistas do Arquipélago de Fernando de Noronha.

II - Que os mergulhos nas praias do Arquipélago sejam sempre acompanhados de guias credenciados ao Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha.

III - Que sejam instaladas sinalizações nas praias identificando os riscos pertinentes a cada uma delas.

IV - Que seja instaurado um protocolo de registro e comunicação de incidentes com tubarões e demais casos similares ao órgão responsável.

V - Que as operadoras de mergulho sejam capacitadas e cadastradas aos órgãos pertinentes, afim de estabelecer treinamento eficaz para lidar com situações de encontro com animais selvagens.

VI - Que se faz necessário investir na estrutura hospitalar do arquipélago.

VII - Que o horário do banho de mar seja definitivamente reduzido em todas as praias do Arquipélago.

VIII- Que é necessário rever junto ao ICMBio a capacidade de suporte do Arquipélago quanto ao número de turistas, em decorrência da probabilidade de incidentes com tubarões aumentar com o aumento número de usuários das praias e o maior tempo de exposição em períodos de férias ou festas;

IX- Incluir na pauta das palestras existentes no Arquipélago de Fernando de Noronha matérias que visem conscientizar os turistas sobre o tema Incidentes com tubarões;

X - Que as recomendações estabelecidas pelo CEMIT para o Estado de Pernambuco sejam consideradas/incorporadas no Arquipélago de Fernando de Noronha, visto que em todas as interações entre tubarões e humanos ocorridas em Pernambuco havia o descumprimento de pelo menos duas das tais recomendações.

Referências

CEMIT, Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões. 2014. Relatório final do 5º Workshop Internacional sobre Incidentes com Tubarões em Recife, Pernambuco. Realizado no período de 1 a 4 de abril de 2014. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

GADIG, O.B.F., 2001. Tubarões da costa brasileira. Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 343 folhas.

LESSA, R.P.T; SANTANA, F.M.; RINCÓN, G.; GADIG, O.B.F. & EL-DEIR, A.C.A., 1999. Biodiversidade de Elasmobrânquios do Brasil. Ministério do Meio Ambiente.

PROTUBA, 2014. Projeto de Pesquisa e Monitoramento de Tubarões no Estado de Pernambuco. Relatório técnico final de atividades do ano de 2014 apresentado ao Governo de Pernambuco.

RODRIGUES, J.E.S., 2014. Composição e padrão de distribuição das capturas do Tubarão Galha-branca Oceânico (*Carcharhinus longimanus* – Poey, 1861) no Oceano Atlântico.

Msc. Jonas E. Rodrigues da Silva
Engenheiro de pesca
Doutorando em Recursos Pesqueiros
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Anexo II - Informação gerada a partir do desenvolvimento da tese.

Parecer técnico/Relatório das investigações sobre o Incidente com tubarão ocorrido em 15 de abril de 2018 na Praia de Piedade, Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil.

Msc. Jonas Rodrigues
Doutorando em Recursos Pesqueiros
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Recife, 27 de abril de 2018

Entendimento do caso

Aos 15 dias do mês de abril do ano de 2018 foi relatado um suposto incidente com tubarão na Praia de Piedade, Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil. A vítima, natural da cidade de Natal, estado do Rio Grande do Norte - RN, o Sr. Pablo Diego Inácio de Melo, de 34 anos. De acordo com informações repassadas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE, por meio do Grupamento de Bombeiros Marítimo - GBMar, a vítima banhava-se com amigos, porém, quando seus amigos saíram da água, o banhista permaneceu sozinho, por volta das 14 horas e 35 minutos (horário local), quando foi surpreendido com a investida de um animal de grande porte.

De acordo com declarações da mãe da vítima, Sra. Darlene Melo, o Sr. Pablo Diego apresentou reações físicas de luta com o animal. Em decorrência das mordidas, os membros inferiores e superiores foram lesionados, sendo amputados a perna direita e o antebraço direito. A vítima foi resgatada por guarda-vidas que estavam de plantão no denominado Posto 04, Jaboatão, localizado em frente a Igreja Nossa Senhora da Piedade. O resgate ocorreu com o auxílio do helicóptero da Secretaria de Defesa do Estado de Pernambuco - SDS-PE e, em seguida, conduzido ao Hospital da Restauração do Recife - HR.

Contextualização

No momento do suposto incidente (14:35 horas), a maré encontrava-se enchente, atingindo altura máxima de 2,5 metros, considerada uma maré alta. A fase da lua no dia era minguante. O período em que ocorreu o fato era chuvoso e a água do mar apresenta-se turva. Além disso, a área utilizada é de mar aberto.

Fundamentos

Após amputação dos membros inferior direito e superior direito, estes foram encaminhados ao Instituto de Medicina Legal do Estado de Pernambuco - IML-PE, sede Recife. Em sala especializada e com o acompanhamento de médicos legistas e técnicos, foi possível avaliar as lesões nos referidos membros. A primeira análise foi realizada no membro inferior direito às 14 horas do dia 18 de abril de 2018. Já a segunda análise foi feita no dia 23 de abril de 2018, por volta das 16:00 horas. Nestas ocasiões, foram analisadas as marcas presentes no material analisado, com intuito de identificar se tais

marcas foram causadas por tubarão. Além disso, se as marcas forem compatíveis com as realizadas por tubarões, também é feita a estimativa da espécie envolvida. Para tanto, as marcas foram comparadas com os materiais de pesquisa disponíveis na Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Descrição dos ferimentos

As lesões ocorreram nos membros inferiores e superiores, com maior gravidade na porção direita do corpo. A perna direita da vítima foi atingida, havendo lesões na região do pé e na panturrilha, sendo esta a mais grave. O antebraço e mão direita também apresentaram escoriações intensas, com observação de fratura na fíbula direita. Lesões ósseas na tíbia direita e no rádio direito foram encontradas.

Considerações

CONSIDERANDO que a área utilizada pelo banhista é de mar aberto e, por isso, há a maior probabilidade do tubarão se aproximar da zona de praia;

CONSIDERANDO que o período em que a vítima utilizava a Praia de Piedade era chuvoso e, portanto, a água apresentava maior turbidez, favorecendo a "confusão" por parte do tubarão de que a vítima é uma presa do seu hábito alimentar;

CONSIDERANDO que no horário do ocorrido (14:35 horas) a maré estava enchente, próximo da preamar, que ocorreu as 15 horas e 45 minutos e atingiu 2,5 metros;

CONSIDERANDO o relato da mãe da vítima de que houve resistência física por parte da vítima ("luta corporal");

CONSIDERANDO que a área em que a vítima utilizava é favorável à presença de tubarões de grande porte e, que o fato de estar sozinho em ambiente marinho aumenta o risco de incidente com tubarões;

CONSIDERANDO que o local é um dos locais em que ocorreu a maior parte dos casos de incidentes com tubarões;

CONSIDERANDO que a proximidade dos humanos com tubarões em qualquer região do mundo aumenta a probabilidade de incidente;

CONSIDERANDO que a análise dos membros amputados da vítima;

CONSIDERANDO que as lesões são compatíveis com as marcas de mordidas de tubarão;

CONSIDERANDO que houve processo cirúrgico no membro superior direito;

Conclui-se:

- 1 - Que o Sr. Pablo Diego Inácio de Melo, de 34 anos foi vítima de um incidente com tubarão.
- 2 - Que a investida foi feita por apenas um tubarão;
- 3 - Que não foi possível encontrar/determinar padrões claros no membro superior direito para identificação da espécie de tubarão envolvida.
- 4 - Que a indicação de que o banhista estava com água na altura da cintura não parece plausível.
- 5 - Que a análise da comparação das marcas da(s) mordida(s) presente(s) em seu membro inferior direito sugere que a espécie envolvida seja um tubarão Tigre (*Galeocerdo cuvier*).
- 7 - Que o tubarão envolvido tinha acima de 2,4 metros de comprimento total.
- 8 - Que a primeira investida do tubarão foi na região da panturrilha do membro inferior direito e que após a tentativa da vítima se livrar do animal, tenha ocorrido as mordidas subsequentes nos demais membros.
- 9 - Que as recomendações estabelecidas pelo CEMIT no Estado de Pernambuco são plausíveis e tende a uma eficácia considerada.

Recomendações

- I - Que sejam disseminadas/repassadas informações de cautela aos turistas e banhistas em Pernambuco.
- II - Que as praias possam ser fechadas por tempo indeterminado em condições que sejam favoráveis a incidentes com tubarões.
- III - Que sejam reforçadas as intervenções por parte do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco - CBMPE.
- IV - Que sejam implementadas medidas de educação ambiental na área de risco de incidentes com tubarões em Pernambuco.

Msc. Jonas E. Rodrigues da Silva
Engenheiro de pesca (CREA - PE 052983)
Doutorando em Recursos Pesqueiros
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Anexo III - Artigo científico desenvolvido e publicado com informações correlacionadas à tese.

Journal of Forensic and Legal Medicine 64 (2019) 23–27



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Forensic and Legal Medicine

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jflm



Research Paper

Shape analysis of shark jaws as a tool to identify species involved in incidents with humans



Paulo Duarte-Neto^{a,*}, Jonas Rodrigues^b, Rosângela Lessa^b

^a Departamento de Estatística e Informática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP, 52171-900, Recife/PE, Brazil

^b Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP, 52171-900, Recife/PE, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:
Shark attack
Recife
Forensic analysis
Carcharhinus
Shark tooth

ABSTRACT

Shark incidents in Recife, Pernambuco state (Brazil), are registered since 1992. The occurrence of those events is in a relatively small area of urban beaches of about 30 km long, making up one of the world's highest indices of shark incidents per unit of area, totaling 64 casualties, of these 24 were fatal. To mitigate shark incidents, the knowledge on shark species involved is crucial given that each species has specific usage of the habitat and dissimilar feeding strategy. Jaws of five species caught along the Pernambuco coast (Brazil), corresponded to 2 specimens of *Carcharhinus acronotus*, 4 specimens of *C. leucas*, 1 of *C. limbatus*, 4 of *Galeocerdo cuvier* and 3 of *Sphyrna lewini*. Relative Warps Analysis was applied to enhance possible differences among jaw shapes of the studied species. The consensus configuration from the 14 images was obtained. The first two relative warps components explained 70.17% of the total observed variation. Four distinct groups were clearly observed. Three groups were formed by single species, corresponding to *G. cuvier*, *C. leucas* and *S. lewini*, respectively, and one group formed by the combination of *C. acronotus* and *C. limbatus*. As expected, due to its peculiar skull shape, *S. lewini* jaws are very different from other analyzed species, thus all observed individuals of this group were found isolated from the others, considering the horizontal axis. Relative warps and curvature analyses show to be useful tools in the forensic study of shark incidents. In general, jaws shape significantly differed among species.

1. Introduction

Shark incidents in Recife, at Pernambuco state (Brazil), are registered since 1992. Nowadays, a relatively small area of urban beaches of about 30 km long, exhibits one of the world's highest indices of shark incidents per unit of area, totaling 64 casualties, of these 24 were fatal. Based on the forensic analysis of teeth^{1,2} and on relative abundance of sharks,³ in eight of these events, two species were identified: the tiger shark, *Galeocerdo cuvier* (Péron & Lesueur, 1822), and the bull shark, *Carcharhinus leucas* (Miller & Henle, 1839), both species considered potentially aggressive and often involved in incidents elsewhere in the world. However, there are uncertainties on the involvement of other species.

To mitigate shark incidents, the knowledge on shark species involved is essential given that each species has specific usage of the habitat and dissimilar feeding strategy. However, as the species identification at the moment of the attack is unlikely, post-incident technical procedures that help more accurate species identification are timely.

A feature used to identify sharks species, which is related to feeding strategy⁷ is the tooth shape.^{8,11} Nevertheless, its usability is restricted to cases when at least a fragment of a tooth is available. Recently,⁷ showed the potential use of the jaw circumference length and of the distance between teeth to determine shark sizes from the analysis of the bite pattern in soft and hard surfaces. Although promising, the methodology put forward by these authors has still low efficacy.

On the other hand, geometric morphometry is considered efficient to describe taxonomical differences between shark species, but it has not been used in the forensic context yet. Thus, taking into consideration that this morphometric technique has been successfully applied in forensic anthropology,^{2,4,10} its suitability in forensic studies of shark incidents was investigated, combining other shape characteristics.

2. Material and methods

2.1. General morphology

Jaws of five species caught along the Pernambuco coast (Brazil),

* Corresponding author.
E-mail address: pjduarteneto@gmail.com (P. Duarte-Neto).

<https://doi.org/10.1016/j.jflm.2019.03.008>

Received 18 June 2018; Received in revised form 10 September 2018; Accepted 13 March 2019

Available online 16 March 2019

1752-928X/ © 2019 Elsevier Ltd and Faculty of Forensic and Legal Medicine. All rights reserved.

Anexo IV - Licença Comitê de ética de humanos - Plataforma Brasil.UNIVERSIDADE DE
PERNAMBUCO/ PROPEGE/

Continuação do Parecer: 2.551.713

crescimento econômico, as quais podem ter gerado impactos significativos para as populações de espécies marinhas que utilizam a área. Portanto, o objetivo desse projeto é avaliar o grau de nutrição e o uso do habitat pelas populações de tubarões tigre, cabeça chata e Galha preta no litoral de Pernambuco a partir das análises de isótopos estáveis e de microelementos químicos presentes em vértebras, respectivamente, e identificar através da geração de mapas as alterações costeiras que podem ter gerado mudanças no ambiente e nas áreas com potencial para serem classificadas como habitats essenciais das espécies estudadas, realizando por fim uma avaliação dos aspectos da interação homem-tubarão que podem contribuir para os incidentes com tubarões na área.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar os impactos antrópicos gerados na região costeira de Pernambuco e suas influências sobre o uso do habitat das espécies de tubarões potencialmente agressivas (Tubarões Tigre - *Galeocerdo cuvier*; Cabeça chata - *Carcharhinus leucas* e Galha preta - *Carcharhinus limbatus*), enfatizando a interação homem tubarão

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Em conformidade

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Em conformidade

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Em conformidade

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências

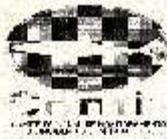
Considerações Finais a critério do CEP:

O pleno acompanha o parecer do relator.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Av. Agamenon Magalhães, s/nº
Bairro: Santo Amaro CEP: 50.100-010
UF: PE Município: RECIFE
Telefone: (81)3183-3775 Fax: (81)3183-3775 E-mail: comite.etica@upe.br

Anexo V - Anuência Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT.



CARTA DE ANUÊNCIA

(Elaborado de acordo com a Resolução 466/2012 CNS/CONEP)

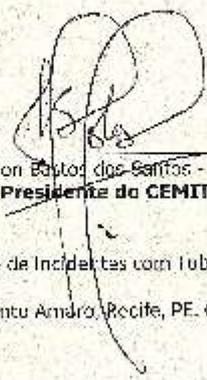
Aceito os pesquisadores Jonas Eugênio Rodrigues da Silva e Rosangea Paula Teixeira Lessa, sob responsabilidade do pesquisador principal Jonas Eugênio Rodrigues da Silva, da Universidade Federal Rural de Pernambuco para desenvolverem sua pesquisa intitulada "Habitats essenciais dos Tubarões Tigre (*Galeocerdo cuvier*), Cabeça chata (*Carcharhinus leucas*) e Galha preta (*Carcharhinus limbatus*) no litoral de Pernambuco, com ênfase na interação homem - tubarão", sob orientação da Professora Rosângela Paula Teixeira Lessa.

Ciente dos objetivos e da metodologia da pesquisa acima citada, concedo a anuência para seu desenvolvimento, desde que me sejam assegurados os requisitos abaixo:

- O cumprimento das determinações éticas da Resolução nº466/2012 CNS/CONEP,
- A garantia de solicitar e receber esclarecimentos antes, durante e depois do desenvolvimento da pesquisa,
- Não haverá nenhuma despesa para esta instituição que seja decorrente da participação dessa pesquisa,
- No caso do não cumprimento dos itens acima, a liberdade de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa sem penalização alguma.

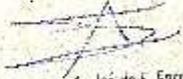
Recife, 18 de outubro de 2017.

Assinatura



Licodilson Bastos dos Santos - Cel BM
Presidente do CEMIT

Comitê Estadual de Monitoramento de Incidentes com Tubarões - CEMIT
Endereço: Rua São Geraldo, 111, Santo André, Recife, PE. CEP - 52040-020



André de S. Ferraz Alves
Dir. Gest. BA/DOC - Tel. 9304304