

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



Avaliação do tamanho e estrutura populacional do tubarão lixa
(*Ginglymostoma cirratum*) em recifes costeiros da Paraíba,
através do uso de foto-identificação

Júlio Lustosa Araújo

JOÃO PESSOA - PB

2018

JÚLIO LUSTOSA ARAÚJO

**Avaliação do tamanho e estrutura populacional do tubarão lixa
(*Ginglymostoma cirratum*) em recifes costeiros da Paraíba,
através do uso de foto-identificação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Zoologia, da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia)

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Souza Rosa

JOÃO PESSOA - PARAÍBA

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A663a Araújo, Julio Lustosa.

Avaliação do tamanho e estrutura populacional do tubarão lixa (*Ginglymostoma cirratum*) em recifes costeiros da Paraíba, através do uso de foto-identificação / Julio Lustosa Araújo. - João Pessoa, 2018.

53 f. : il.

Orientação: Ricardo Rosa.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.


1. *Ginglymostoma cirratum*, tamanho populacional, foto.
I. Rosa, Ricardo. II. Título.

UFPB/CCEN


1 **Ata da 306ª Apresentação e Banca de Defesa**
2 **de Mestrado de Júlio Lustosa Araújo**
3

4 Ao(s) vinte e nove dias do mês de abril de dois mil e dezoito, às 14:00 horas, no(a) Sala do PPGCB,
5 da Universidade Federal da Paraíba, reuniram-se, em caráter de solenidade pública, membros da
6 banca examinadora para avaliar a dissertação de mestrado de **Júlio Lustosa Araújo**, candidato(a)
7 ao grau de Mestre em Ciências Biológicas. A banca foi composta pelos seguintes
8 professores/pesquisadores: **Dr. Ricardo de Souza Rosa (orientador)**, **Dr. Bráulio Almeida**
9 **Santos (titular)** e **Dr. Andrey Leonardo Fagundes de Castro (titular)**, este último por
10 videoconferência. Compareceram à solenidade, além do(a) candidato(a) e membros da banca
11 examinadora, alunos e professores do PPGCB. Dando início à sessão, a coordenação fez a abertura
12 dos trabalhos, apresentando o(a) discente e os membros da banca. Foi passada a palavra para o(a)
13 orientador(a), para que assumisse a posição de presidente da sessão. A partir de então, o(a)
14 presidente, após declarar o objeto da solenidade, concedeu a palavra a **Júlio Lustosa Araújo**, para
15 que dissertasse, oral e sucintamente, a respeito de seu trabalho intitulado **“Estrutura populacional**
16 **do tubarão-lixia (*Ginglymostoma cirratum*) em recifes costeiros da Paraíba, através do uso de**
17 **foto-identificação”**. Passando então a discorrer sobre o aludido tema, dentro do prazo legal, o(a)
18 candidato(a) foi a seguir arguido(a) pelos examinadores na forma regimental. Em seguida, passou
19 a Comissão, em caráter secreto, a proceder à avaliação e julgamento do trabalho, concluindo por
20 atribuir-lhe o conceito APROVADO. Perante a aprovação, declarou-se o(a)
21 candidato(a) legalmente habilitado(a) a receber o grau de **Mestre em Ciências Biológicas**, área de
22 concentração **Zoologia**. Nada mais havendo a tratar eu, **Dr. Ricardo de Souza Rosa**, como
23 presidente, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, assino juntamente com os demais membros
24 da banca examinadora.

25
26 João Pessoa, 30/04/2018.
27

28 
29 _____
30 Dr. Ricardo de Souza Rosa (orientador)

31 
32 _____
33 Dr. Bráulio Almeida Santos (titular)

34 
35 _____
36 Dr. Andrey Leonardo Fagundes de Castro (titular)
37

38 Ciente do Resultado:
39

40 _____
Júlio Lustosa Araújo

AGRADECIMENTOS

Pareceu que não chegaria, mas aqui chegamos. Sim, está na primeira do plural, porque este trabalho não é meu, ele é fruto do esforço e colaboração de muitas, mas muitas pessoas mesmo. Algumas delas sabem que ajudaram, outras não fazem nem ideia. A ordem dos agradecimentos para mim pouco importa, todos vocês têm um lugar no meu coração. Tentarei resumir nas próximas palavras um pouco do que sinto agora, mas agradeço desde já a você que me ajudou, e eu possa ter acabado esquecendo de citar aqui. Você está no meu coração, sem dúvida.

Primeiramente, queria agradecer a seu Nildo, em nome de toda a equipe de limpeza da UFPB, principalmente do DSE. Vocês nos proporcionam diariamente um ambiente de trabalho saudável (na medida do que permitimos), e isso sem dúvida é primordial para que qualquer pesquisa seja feita com qualidade. Obrigado de coração a todos!

Ao meu orientador, Ricardo Rosa. Bati na sua porta querendo trabalhar com UCs marinhas e ilhas oceânicas, e você ao invés de apenas ignorar esse rapaz do cabelo estranho, com ideias mais estranhas ainda, me convidou para participar de um projeto lindo e me ajudou a trilhar um belo caminho no mestrado. Pode parecer clichê, mas ao longo destes dois anos eu não aprendi apenas como ser um pesquisador melhor, aprendi um novo jeito de enxergar a vida, e a pesquisa. Aprendi como equilibrar trabalho e qualidade de vida, aprendi a apreciar coisas que antes eu poderia não dar muito valor. Seus ensinamentos seguirão comigo por toda minha vida, assim como meu enorme respeito e admiração pelo senhor. Muito obrigado!

A Wilson, meu parceirinho de mergulho. Sem dúvida a pessoa que acompanhou mais de perto o sofrimento dos mergulhos (sim, nem tudo é mar azul e calminho), os cancelamentos, a dificuldade de fazer dar certo, os milhões de imprevistos. Mas acima de tudo, a perseverança de fazer isso dar certo, e fazer bem feito. Você começou sem nem saber mergulhar direito, e hoje já mergulha medião (sinceridade, né? Kkkk). Espero que nossa parceria possa seguir em frente, com o Lixa Vivo e com muitas outras oportunidades que a vida possa nos dar. Torço muito para que tudo dê certo e que você consiga ir para a Austrália cara, a gente ainda vai surfar e mergulhar juntos por lá! Muito obrigado!

A ismar, em nome de toda a equipe da Mar Aberto. Obviamente este trabalho não existiria sem vocês! Sei que sou chato, pentelho, faço barulho, bagunço, mas vocês me aguentaram esse tempo todo sempre de braços abertos, dedicados a fazer o trabalho da melhor forma possível. Me ensinaram a segurar a bola, quando o mar não ajudava, e esses ensinamentos também seguirão para toda a minha vida. Obrigado pela confiança, como pessoa, mergulhador, pesquisador e amigo!

A fundação Boticário de Proteção À Natureza. Vocês acreditaram neste trabalho, e seu financiamento foi essencial para que os frutos pudessem ser colhidos. Obrigado por essa oportunidade incrível!

Aos amigos do mestrado, como não?! Sei que acabei me distanciando um pouco da maioria, mas os momentos que compartilhei com todos foram únicos e memoráveis. Desde o primeiro (E ÚNICO) churrasco na minha casa, até forrozinho na praia de madrugada, aulas de campo, apresentações de seminário (ssss), tudo! Obrigado por fazerem parte da minha vida!

Dentre estes, eu não poderia deixar de destacar meu grande amigo MESTRE dos corais, Sr. Juliano Moraes leitones! Brother, a amizade surgiu desde a seleção, quando eu estava com

arraias! Também um muito obrigado pela confiança que vocês têm em mim. Prometo que vou fazer o meu melhor, e vamo que vamo KBA!

Queria agradecer também a algumas pessoas que, embora provavelmente não saibam, são uma parte muito importante para a minha vida: Eizinha, Leo, Diego, Rodrigo e Taciano. Vocês estiveram comigo por anos, e infelizmente os rumos da vida acabaram nos afastando. Saibam que eu tenho em vocês diversos espelhos. Vocês são pessoas incríveis, com futuros brilhantes, e que me ensinaram muito ao longo de todos os anos de UFPE. Felizmente hoje temos as redes sociais, assim podemos acompanhar as vitórias e felicidades dos nossos amigos, mesmo distantes, e espero poder acompanhar todas estas vitórias por muito tempo. Quem sabe a vida não junta todo mundo de novo? Muito obrigado por todos os anos ao meu lado, amo vocês!

Aproveitando o embalo da UFPE, queria agradecer também ao meu antigo (mas na verdade, eterno) orientador Enrico Bernard. Você me apresentou ao mundo da conservação, e eu não consigo (nem quero) mais sair dele, porque para mim nada faz sentido sem ser à luz da conservação (semi-plágio, eu sei). Agora que a dissertação está pronta, nosso artigo vai sair, prometo!

Ainda em Recife, queria agradecer também a dois amigos muito especiais: Icaro e Cayo. Nossas jogatinas e conversas noite a dentro me ajudaram e desopilar nos momentos de maior stress. Nossa amizade já vem a tantos anos, e sei que ainda tem muita história por vir. Obrigado!

Aos amigos que fiz em João Pessoa. Toda a galera da Dança a Dois, principalmente a Paulo e Kamilla, por me aguentarem com tanto carinho! Aos amigos do (lendário) Residencial Lorena. Aquelas são manhãs/tardes/noites que eu SEM DÚVIDA jamais esquecerei, quem viveu, viveu, quem não viveu, só escuta as histórias!

Dessa galera, preciso agradecer MUITO a Nay e Gabi. Nossa amizade começou bem sem sentido, como não podia deixar de ser, e cresceu tão rápido e intensamente, que já vamos em dois anos de história e nem parece. Vocês são realmente companheiras para todos os momentos, e tudo que vivemos foi especial demais, obrigado! Amo vocês, suas peste!

Pedro, Pedro, Pedro, como não reservar um lugarzinho especial para você? Mais de 20 anos ao seu lado, vendo você crescer tanto, virar um rapaz sério e trabalhador (tem que agradar, né?!). Realizar nosso sonho de MORAR JUNTOS! Cara, a gente morou junto!!!! Você sabe que aqueles 6 meses foram surrealmente incríveis, afinal de conta, era “o casamento perfeito” e não é qualquer um que pode falar isso! Seu carinho, sua preocupação com as pessoas, sua felicidade quase inabalável, seu alto astral ABSURDO, me ajudaram muito nos momentos mais difíceis (as horas jogando videogame sem dúvida também, mas vamos evidenciar as partes mais fofinhas). Você é uma pessoa linda, que merece toda a felicidade do mundo, e eu torço muito para que você a tenha, e espero estar ao seu lado sempre! Te amo demais, cara!

A Lara, minha companheira, que aguentou o melhor e o pior de mim em um período nada fácil. Te encontrar foi sem dúvida a coisa mais surreal que aconteceu nestes dois anos, afinal de contas, era apenas mais uma “boyzinha” da dança. Quem diria que aquela morena/ruiva/loira/cabelo cinza iria se tornar tão importante para mim, me ajudar tanto, me fazer sonhar tanto, e ser tão feliz? Já vamos em um ano de muito amor, companheirismo e superação. Eu fico até com medo de escrever muito e acabar só enrolando e não fazendo jus ao que sinto por você, e à importância que você tem para a minha vida, por isso digo apenas isso: Muito obrigado por estar ao meu lado, por me permitir estar na sua vida. Eu te amo demais, minha linda!

Finalmente, mas sem dúvida não menos importante, quero agradecer imensamente a minha família. Marjorie, Vic e Cacá, eu amo vocês com todo o meu coração, e me faz muito feliz saber que eu tenho uma tia e primas tão lindas tão perto de mim, sempre dispostas a me ajudar. Vocês sabem que eu estou aqui para vocês também, para o que der e vier, sempre!

Pai, você é uma figura importantíssima na minha vida. Felizmente (MESMO) meus anos de rebeldia ficaram para trás a muito tempo, e eu me permiti aprender com o tanto que você tem a ensinar. Você me trouxe meu irmão, e esse sempre será o mais belo dos presentes para mim. Obrigado por me confortar quando precisei de conforto, por brigar comigo quando eu precisei disso, por me incentivar nos momentos mais críticos. Obrigado por ser meu pai, eu te amo!

Mãe... ah mãe... É realmente difícil escrever, sabe? Todo mundo sabe que amor de mãe não tem limites, mas o teu é algo de outro mundo. O seu apoio em qualquer loucura que eu tente me meter, desde sempre, com TUDO, é algo que me motiva demais, seja para pular de bungee jump, seja para fazer um estágio em um dos melhores laboratórios de pesquisa com tubarões do mundo! Você é realmente meu porto seguro, a pessoa que eu faço questão de ligar para avisar que cheguei bem do mergulho, dizer que foi lindo; para avisar que terminei a dissertação; para dizer que está difícil, e que eu estou meio perdido; para tudo, tudo mesmo! Eu te amo demais, e me faz muito feliz ver a sua felicidade nessa nova etapa da sua vida, minha moça da terceira idade! Eu te amo DEMAIS mãe, DEMAIS! MUITO Obrigado por tudo que vocês sempre fez por mim em toda a minha vida!

Antes de terminar, queria agradecer a TODOS os seguidores do Projeto Lixa Vivo nas redes sociais. Seu apoio, seu carinho, suas mensagens são importantíssimas para nós do projeto, e me ajudaram muito a seguir em frente, e a me esforçar ao máximo para fazer o melhor possível, porque vocês sem dúvida merecem isso! Obrigado de coração a todos!

É, acho que chegamos ao fim. Para quem ainda está aqui e pretende ler este trabalho, deixo também meu muito obrigado pelo seu interesse nessa humilde pesquisa. Espero que eu possa ajuda-lo de alguma forma!

“Be fearless in the pursuit of what sets your soul on fire”

Autor desconhecido

RESUMO

O tubarão lixa, *Ginglymostoma cirratum*, é uma espécie costeira encontrada em ambientes tropicais e subtropicais do Oceano Atlântico, frequentemente próximo à recifes, tanto coralinos quanto rochosos. A espécie é tida como uma das espécies de tubarão mais abundantes em regiões costeiras no Brasil, com a região nordeste possivelmente abrigando as maiores populações de tubarões lixa. Apesar disto, a pesca e declínios populacionais resultaram na sua avaliação como ameaçada de extinção (categoria Vulnerável) no Brasil. A falta de dados básicos sobre seus aspectos populacionais dificultam a elaboração de boas ações de manejo, reforçando a importância de estudos direcionados à espécie. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho e estrutura da população de tubarões lixa em ambientes recifais costeiros na Paraíba. Três recifes naturais e três artificiais foram selecionados com base no conhecimento prévio da ocorrência de tubarões lixa nestes locais. Os pontos de coleta foram amostrados entre maio de 2016 e maio de 2017. Os dados obtidos incluíram o total de tubarões presentes durante a amostragem, o total de animais fotografados, com estimativas de comprimento total e sexo, assim como temperatura da água e visibilidade horizontal, ambas no fundo. Fotografias da primeira nadadeira dorsal foram tiradas e imagens consideradas de alta qualidade foram utilizadas no *Interactive Identification System – Contour*. Estimativas do tamanho populacional foram realizadas utilizando o estimador Jolly-Seber. Dezesete tubarões foram identificados durante 37 saídas de campo, dos quais 76% foram classificados como juvenis. Ocorreram 36 eventos de captura de 13 indivíduos (76% do total de tubarões capturados) dos quais 88% eram juvenis. O estimador resultou em um limite superior populacional de cerca de 50 indivíduos, com a população sendo composta majoritariamente de tubarões juvenis, com uma razão sexual próxima de 1:1. Os resultados apontam para uma população pequena, no entanto, a alta proporção de juvenis provavelmente destaca uma tendência amostral devido à limitação do número de locais amostrados, e sua baixa variação de profundidade já que todos estavam entre 12 – 35m. A alta taxa de recaptura enfatiza a fidelidade de sítio da espécie na área de estudo, a qual somada a população reduzida, aumenta o seu grau de ameaça localmente. Embora os resultados sejam mais relevantes para a classe juvenil, eles reiteram a necessidade de mais estudos populacionais nesta espécie ameaçada de extinção, no Brasil, assim como a necessidade de ações de conservação focadas para o tubarão lixa e seus habitats, particularmente em regiões menos estudadas e protegidas, como a Paraíba.

Palavras-chave: *Ginglymostoma cirratum*, tamanho populacional, foto-identificação, marcação-recaptura, espécie ameaçada, conservação

ABSTRACT

The nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, is a coastal species found in tropical and subtropical waters on the Atlantic Ocean, frequently close to reefs, both coral and rocky. The species was reported as one of the most abundant shark species in coastal waters in Brazil, with the northeastern region possibly holding the greatest numbers of nurse sharks. Despite this, local extirpations and population declines resulted in the evaluation of the species as threatened (Vulnerable) in Brazil. The lack of baseline data on its population traits precludes well-elaborated management actions, reinforcing the importance of studies directed to the species. Thus, the objective of this study was to estimate the size and structure of the nurse shark population on coastal reef environments in Paraíba State. Three natural and three artificial reefs were selected based on previous knowledge of nurse shark's occurrence. Sites were sampled between May 2016 and May 2017. Data recorded included total sharks present during sampling, total of sharks photographed and their estimated total length and sex, as well as water temperature and horizontal visibility. Photographs of the shark's first dorsal fin were taken and high quality images were used on *Interactive Individual Identification System – Contour*. Population size estimates were undertaken using Jolly-Seber estimator. Seventeen sharks were positively identified during 38 field excursions, of which 76% were juveniles. There were 36 recaptures of 13 individuals (76% of the total captured sharks) of which 88% were juveniles. The estimator led to an upper population size around 50 individuals, and the population was composed mainly by juvenile sharks, with a sex ratio close to 1:1. The results point to a low population size, however, the high proportion of juvenile individuals probably highlights a sampling error due the limited number of sites and their small geographic range, especially in depth, as all sites were between 12-35m. The high recapture rate emphasizes the site fidelity of the species in the area, which sums up with its low population size to an increased vulnerability. Even though the results are more relevant towards the juvenile size class, they reinforce the need for more populational studies on this endangered species in Brazil, showing as well the need for conservation measures for the species and its environment, particularly on less studied and protected regions, such as Paraíba State.

Keywords: *Ginglymostoma cirratum*, population size, photo-identification, mark-recapture, endangered species, conservation

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
RESULTADOS.....	22
DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS.....	45

INTRODUÇÃO

O tubarão lixa, *Ginglymostoma cirratum* (Bonnaterre, 1788), é uma espécie costeira encontrada em águas tropicais e subtropicais, frequentemente perto de recifes, tanto coralinos como rochosos (Cervigón & Alcalá 1999, Compagno 2001, Rosa *et al.* 2006), ocorrendo em profundidades de 1m até 130m (Compagno 2001). São animais com atividade mais intensa à noite (Compagno 2001), mas também podem apresentar grande movimentação durante o dia (Castro & Rosa 2005), período em que frequentemente descansam em grutas e fendas nos recifes, exibindo comportamentos de agregação (Castro 2000, Compagno 2001), assim como comportamentos sexuais (Carrier *et al.* 1994).

Sua distribuição geográfica reconhecida abrangia o Oceano Atlântico e Pacífico Oriental (Compagno *et al.* 2005, Rosa *et al.* 2006a), porém foi restringida ao Atlântico, uma vez que a forma Pacífica foi reconhecida como uma nova espécie, *Ginglymostoma unami* (Moral-Flores *et al.* 2015). O tubarão lixa é relatado por diversos estudos como a espécie de tubarão mais abundante em águas rasas costeiras (Hazin *et al.* 2000, Castro & Rosa 2005), estando distribuída no Atlântico ocidental desde a região nordeste dos EUA, em Rhode Island, até o sul do Brasil. Na porção leste da sua distribuição, a espécie ocorre desde Cabo Verde, até a região do Gabão, na África (Castro 2000, Compagno *et al.* 2005, Rosa *et al.* 2006).

No Brasil, a espécie esteve historicamente representada desde o Nordeste até o Sul do país, no entanto, sua abundância vem diminuindo ao longo dos anos, inclusive com a ocorrência de extinções locais (Rosa 2002, Rosa *et al.* 2006), sendo hoje a região nordeste provavelmente aquela com a maior abundância de tubarões-lixas (Afonso *et al.* 2011). Mundialmente, a espécie é classificada pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) como “Deficiente de Dados” (Rosa *et al.* 2006). Já no Brasil, a mesma é considerada como ameaçada de extinção, na categoria “Vulnerável”, segundo critérios regionais da mesma organização (MMA 2004, MMA 2014).

Sua classificação internacional como “Dados Deficientes” é um resultado da falta de interesse em geral pela espécie, pois a espécie não apresenta um grande valor de mercado, tanto em relação à carne como às suas nadadeiras dorsais), assim como pouco interesse socioeconômico tem sido prestado à mesma. Logo, dados básicos de sua biologia, como parâmetros populacionais, são escassos, principalmente nas populações do Atlântico Sul (Castro & Rosa 2005). Em nível regional, seu status de ameaça se deve principalmente à pesca costeira (Rosa *et al.* 2006) e a utilização ilegal destes animais como peixes ornamentais (Gadig & Rosa 2008), assim como a poluição, eutrofização e atividades não gerenciadas de turismo, que implicam em degradação e perdas de habitat desta espécie, principalmente em recifes costeiros e naufrágios.

Socioeconomicamente, tubarões são importantes espécies-alvo de atividades de mergulho em todo o mundo (Brunnschweiler & Ward-Paige 2014, Gallagher *et al.* 2015), gerando renda tanto em nível local (Bradford & Robbins 2013, Bentz *et al.* 2014) como nacional (Vianna *et al.* 2011, Vianna *et al.* 2012). No entanto, a importância destes animais para o turismo de observação ainda não é conhecida no Brasil, em contrapartida à existência de estudos que avaliaram seu valor econômico como recurso pesqueiro no país (Mattos & Hazin 1997) e que provêm dados relativos à sua pesca de maneira geral (Amorim *et al.* 2002, Costa & Chaves 2006, Mader *et al.* 2007, Mourato *et al.* 2008, Kotas *et al.* 2008). Enquanto tubarões-lixas não são alvos comuns no turismo de observação de tubarões, a espécie é importante para este setor no Brasil, por ser uma das mais abundantes na costa do país (Rosa & Gadig 2008), principalmente na

região nordeste, onde as atividades de mergulho são mais visadas, devido as características ambientais favoráveis à mesma.

Estudos de caracterização populacional fornecem dados básicos para o manejo de qualquer espécie ameaçada, e dentre as diversas técnicas existentes, marcação e recaptura vem sendo muito utilizada como uma ferramenta importante na geração de tais dados (Hoenig *et al.* 1998). Tais estudos fornecem informações valiosas sobre uma grande variedade de aspectos da biologia de elasmobrânquios, incluindo parâmetros de história de vida, estado das unidades populacionais, comportamento, assim como padrões de movimento, migrações e de distribuição (Kohler & Turner 2001).

Trabalhos de captura e recaptura requerem a identificação individual dos animais de uma determinada população. Inicialmente estes estudos eram realizados através do uso de marcas artificiais implantadas externamente no corpo dos animais (Kohler & Turner 2001), porém esta metodologia pode se tornar invasiva, elevando o stress dos animais capturados e recapturados, inclusive com chance de óbito. Assim, o uso de marcas naturais tem sido proposto como um meio alternativo de identificação individual. Esta metodologia se baseia na presença de sinais, marcas ou cicatrizes ocorrendo naturalmente nos indivíduos estudados, não sendo necessária então a captura ou manipulação do animal, o que a torna menos estressante para o mesmo e seu ambiente.

Apesar de bastante utilizada em outros grupos, tanto terrestres quanto marinhos, a técnica de captura e recaptura utilizando marcas naturais foi pouco explorada nos estudos de elasmobrânquios, tendo sido empregada em algumas espécies carismáticas como *Carcharodon carcharias* (Anderson & Goldman 1996), *Aetobatus narinari* (Cerutti-Pereyra *et al.* 2017), *Rhincodon typus* (Holmberg *et al.* 2008) e pioneiramente em estudos populacionais de *G. cirratum* (Castro & Rosa 2005).

Os tubarões-lixia se apresentam como um objeto de estudo favorável ao uso de técnicas de captura e recaptura por serem facilmente localizados durante a atividade de mergulho autônomo, e por permitirem a aproximação dos observadores, possibilitando a determinação do sexo, estimativa de comprimentos e registro fotográfico de marcas naturais (Castro & Rosa 2005).

Observações subaquáticas em áreas recifais e naufrágios realizadas na costa da Paraíba, relatam a presença da espécie em diferentes ambientes (Rosa 1980, Rocha *et al.* 1998, Souza *et al.* 2007), porém dados ecológicos sobre o tubarão lixia no estado nunca foram analisados de forma mais profunda. Assim, o presente trabalho se justifica por gerar novos dados biológicos e socioambientais acerca de uma espécie ameaça de extinção no Brasil. Ainda, ele está de acordo com ações de conservação estabelecidas no Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Elasmobrânquios Marinhos (ICMBio 2016).

OBJETIVOS

1. OBJETIVO GERAL

O estudo teve como objetivo geral obter dados sobre a biologia do tubarão lixa, *Ginglymostoma cirratum*, em ambientes costeiros do Estado da Paraíba, através de métodos não destrutivos, incluindo aspectos de sua distribuição espacial, estrutura populacional e comportamento, que permitam subsidiar ações de proteção da espécie, incluindo a proposição de novas áreas marinhas protegidas que incluam seus habitats.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1 Estimar o tamanho da população local de *Ginglymostoma cirratum* através do registro subaquático de marcas naturais e de métodos probabilísticos, em ambientes selecionados da costa da Paraíba.

2.2 Determinar a estrutura populacional local de *G. cirratum* em termos da razão sexual e da distribuição em classes de tamanho dos indivíduos, através de observações subaquáticas, incluindo determinação do sexo, estimativas visuais de tamanho e medições.

2.3 Determinar através de observações subaquáticas, aspectos do uso do habitat e de comportamentos da espécie, incluindo padrões de agregação, atividades reprodutivas, alimentares e de movimentação.

2.4 Determinar locais críticos para a conservação de *G. cirratum* no litoral paraibano, em termos da densidade populacional da espécie e seu uso do habitat.

MATERIAIS E MÉTODOS

1. Área de Estudo

Foram escolhidos seis pontos de amostragem na região costeira de João Pessoa – PB, sendo três recifes artificiais (Naufração Alvarenga, 07° 02.464' S, 034° 44.354' W, Naufração Alice, 07° 03' 08" S, 034° 46' 07" W, e Naufração Queimado, 07° 05.070' S, 034° 44.852' W) e três recifes naturais (Pedra de Baixo, 06° 58' 51.8" S, 034° 41' 22.3" W, Cahial, 06° 59' 34.4" S, 34° 42' 53.6" W, e Raso da Pedra Nova, 06° 49' 28.1" S, 34° 40' 32.1" W) (Figura 1). Estes pontos foram escolhidos com base na informação *a priori* da presença de tubarões-lixia, e por apresentarem maior intensidade das atividades de mergulho recreativo e pesca.

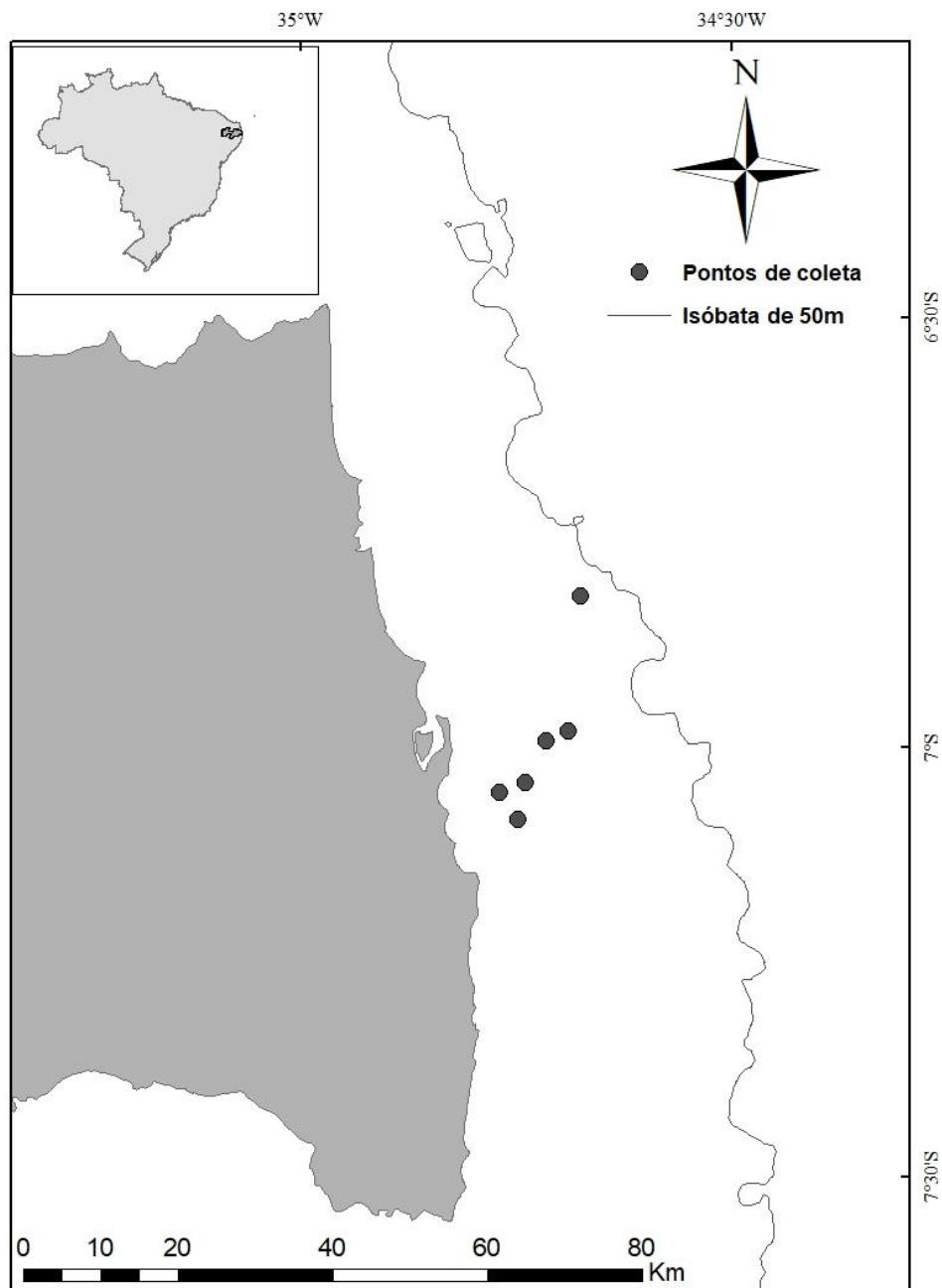


Figura 1 Localização dos pontos de amostragem em ambientes recifais costeiros da Paraíba.

Entre maio de 2016 e maio de 2017 foram realizados 37 mergulhos para a coleta de dados, com maior frequência durante o verão, devido às melhores condições climáticas para a atividade do mergulho. Inicialmente todos os pontos seriam amostrados equitativamente, no entanto, a detecção ainda na fase inicial do estudo, de uma agregação maior de tubarões-lixia no Naufrágio Alvarenga levou à um maior esforço amostral neste ponto (Tabela 1).

Tabela 1 Total de coletas por ponto de amostragem.

	Recife Artificial			Recife Natural			Total
	Alvarenga	Queimado	Alice	Pedra de Baixo	Cahial	Raso da Pedra Nova	
Número de Mergulhos	14	6	5	4	2	4	35

2. Coleta de Dados

Durante cada mergulho, foram contabilizados o total de tubarões presentes (“avistados”), o número de animais positivamente identificados (“individualizados”), visibilidade horizontal e temperatura da água no fundo, assim como outras observações relevantes, como mostrado no exemplo da Tabela 2.

Tabela 2 Exemplo de dados coletados durante a realização do trabalho.

Data	28/09/2016	
Ponto	Pedra de Baixo	Queimado
Coletores	Araújo JL, Marques W, Rosa RS	Araújo JL, Marques W, Rosa RS
Visibilidade (m)	30	10
Temperatura do fundo (°C)	27	27
Total de tubarões	2	0
IDs	0	0
Observações	Dois indivíduos avistados, mas muito escondidos e sem possibilidade de ID	-

A coleta de dados foi realizada sempre por um mínimo de dois mergulhadores, sendo um responsável pelas fotografias das nadadeiras dorsais e demais marcas naturais (chamado de “mergulhador 1”), e outro (“mergulhador 2”) pelas estimativas de comprimento total e sexo. Para evitar possíveis erros de identificação entre o animal almejado pelos mergulhadores 1 e 2, foi utilizada a técnica animal focal, sendo este previamente apontado pelo mergulhador 1 para o mergulhador 2, de forma que as estimativas de tamanho e sexo seguissem a mesma ordem das fotografias.

Para a foto-identificação, foi utilizada uma câmera fotográfica digital Canon Powershot X em caixa estanque, acoplada com um flash Ikelite AF35 e GoPro Hero 4 Black Edition. Sempre que possível, todos os animais presentes foram fotografados, independente da presença de marcas naturais. As estimativas de tamanho e sexo foram realizadas através da estimativa visual, sendo realizadas simultaneamente pelos dois mergulhadores, a fim de se minimizar possíveis erros. Temperatura em graus Celsius (°C) e visibilidade horizontal, em metros, foram registradas *in loco* através de computador de mergulho Oceanic VEO 2.0.

3. Foto-ID

Para a realização da foto-ID, foram primariamente tomadas fotografias da primeira nadadeira dorsal dos tubarões (Figura 2). Além disto, marcas adicionais encontradas em outras partes dos animais também foram fotografadas, sempre que possível (e.g. Figura 3). A foto-ID precisa de ao menos uma foto de qualidade por animal, seja do lado esquerdo ou direito, e sempre que possível foram retiradas fotografias dos dois lados dos animais, sendo a de maior qualidade utilizada para a análise no programa.

A qualidade das imagens foi definida através da sua avaliação quanto a iluminação, presença de sombra na nadadeira, obstrução do contorno completo da nadadeira (e.g. peixes, ou contorno não capturado completamente na foto) ângulo da nadadeira e da fotografia, em relação ao animal (imagens sempre paralelas em relação ao corpo do tubarão, e nadadeiras também paralelas), presença e quantidade de partículas em suspensão, e distância do animal.



Figura 2 Fotografia da primeira nadadeira dorsal de tubarão lixa, para aplicação da técnica da Foto-ID.



Figura 2 Exemplo de marca acessória encontrada na lateral esquerda da cabeça do indivíduo #M05.

As fotografias foram organizadas por data e ponto de amostragem, e posteriormente analisadas no software *Interactive Individual Identification System* (I³S), na modalidade *Contour* (<http://www.reijns.com/i3s/index.html>), voltada especificamente para a análise de nadadeiras dorsais. O I³S é um *software* bem aceito e utilizado pela comunidade científica em trabalhos de identificação através de fotografia de marcas naturais (e.g. Van Tienhoven *et al.* 2007, Holmberg *et al.* 2008, Rowat *et al.* 2008, Holmberg *et al.* 2009, Ramírez-Macías *et al.* 2012, Reinhart *et al.* 2013, Leblond & Rowat 2016, Andreotti *et al.* 2017), principalmente por não ser totalmente automatizado, sendo a palavra final de responsabilidade do pesquisador (Buray *et al.* 2009, Holmberg *et al.* 2009).

De maneira breve, este programa traça o contorno da nadadeira dorsal, a partir de pontos indicados pelo pesquisador (Figura 4). A partir deste contorno, o animal em questão é inserido em um banco de dados, e fotografias posteriores são então sempre comparadas com as já presentes neste banco, possibilitando sua re-identificação em eventos de amostragem subsequentes. O I³S oferece então um *score* comparativo entre a foto sendo analisada e aquelas presentes no banco de dados, variando de 0 \rightarrow ∞ , sendo as de menor *score* as mais prováveis de representarem um *match* positivo (Figura 5). A partir deste *score*, e através de uma inspeção visual manual, é confirmado então pelo pesquisador se a fotografia é de um animal previamente identificado (reavistagem) ou um novo animal identificado (nova identificação). Todas as análises das fotografias foram realizadas por dois pesquisadores simultaneamente, com o objetivo de diminuir a chance de erros de identificação. É importante frisar que trabalhos de foto-ID são altamente dependentes da qualidade das fotografias, assim, apenas imagens consideradas de boa qualidade foram utilizadas nas análises (n=152).



Figura 3 Exemplo de fotografia inserida no I³S (*Interactive Individual Identification System - Contour*).

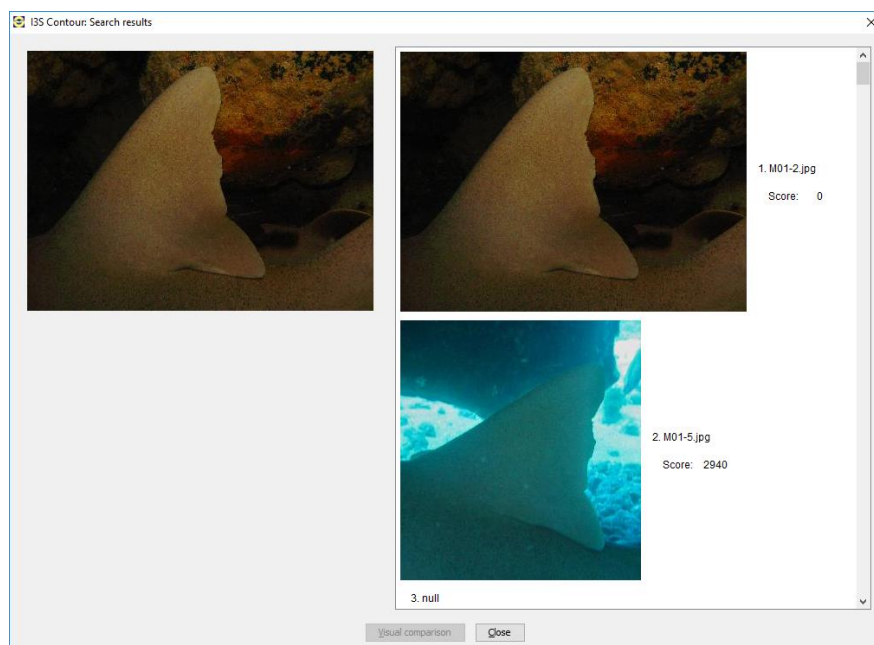


Figura 4 Interface do programa I³S, comparando uma nova foto (superior esquerda) sendo inserida no banco de dados, com imagens já presente no banco (direita). O programa identifica as fotos com maiores probabilidades de representarem o mesmo indivíduo, através do menor score, mas a palavra final é dada pelo pesquisador através da inspeção visual das imagens.

4. Estimativas Populacionais

Estimativas de estrutura populacional são feitas a partir da identificação das classes etárias dos animais. Aqui, a classificação por classe de tamanho seguiu Castro (2000,) sendo machos considerados adultos a partir de CT = 214cm, enquanto fêmeas foram classificadas como adultas a partir de CT = 223cm.

Foi utilizado um estimador populacional para acessar o tamanho da população de tubarões-lixia na costa da Paraíba. O estimador Jolly-Seber (Jolly 1965, Seber 1965) foi utilizado para o cenário de uma população aberta, sendo calculados apenas o tamanho populacional, pois considerou-se que o recrutamento e mortalidade não foram significantes durante o período do estudo.

Além disto, foram calculadas as densidades populacionais em cada naufrágio individualmente. A densidade foi calculada apenas para os naufrágios em função do conhecimento prévio da área destes pontos, enquanto que os recifes naturais apresentam um espaçamento não contínuo, o que dificulta a delimitação da área e posterior cálculo de densidade populacional. Este cálculo foi realizado utilizando o total de indivíduos avistados em cada evento de coleta (independente de terem sido fotografados ou não) como valor da população (n). Assim, foi estimada uma densidade populacional para cada naufrágio por evento de coleta, sendo então calculada a densidade média para cada ponto.

4.1 Jolly-Seber

O estimador Jolly-Seber, desenvolvido por Jolly (1965) e Seber (1965), permite calcular além do tamanho populacional, outros parâmetros como recrutamento, sobrevivência e mortalidade, no entanto, considerando-se a estratégia de vida da espécie estudada, assim como o curto período avaliado pelo estudo, tais parâmetros foram considerados como tendo impacto irrelevante, não sendo então calculados.

Os cálculos foram feitos através do Método B (Leslie & Chitty 1951). Neste método todos os parâmetros são calculados para cada evento de coleta, sendo as estimativas finais (aqui representadas apenas pelo tamanho populacional) uma média de todas as estimativas calculadas ao longo do período de estudo.

O cálculo do tamanho populacional se dá através da fórmula $N_t = M_t / \alpha_t$. Para seu cálculo, são utilizadas as seguintes equações:

$$M_t = [(s_t + 1) Z_t / R_t + 1] + m_t$$

$$\alpha_t = m_{t+1} / n_{t+1}$$

As variáveis representam os parâmetros segundo a lista abaixo:

N_t : População estimada exatamente antes da amostra t .

M_t : Tamanho estimado da população marcada exatamente antes da amostra t .

s_t : Número total de indivíduos soltos após a amostra $t = (n_t - \text{morte acidental})$.

Z_t : Número de indivíduos identificados antes da amostra t , não reavistados na amostra t , mas reavistados em alguma amostra posterior.

R_t : Número de indivíduos soltos após a amostra t (s_t) e reavistados em alguma amostra posterior.

m_t : Número de indivíduos identificados, avistados na amostra t .

α_t : Proporção de animais identificados.

n_t : Número total de indivíduos identificados, avistados na amostra t .

4.2 Dados de Cobertura Bentônica

A fim de se caracterizar fisicamente os pontos amostrais, foram coletados dados de cobertura bentônica, de forma colaborativa com outros estudos realizados na área (Morais & Santos, em preparação). Em cada ponto foram realizados mergulhos autônomos para a coleta de dados, adaptada da metodologia de *video-transect* para amostragem das comunidades (Safuan *et al.* 2015). Foi utilizada uma câmera GoPro Hero 4 Black para gravar vídeos ao longo de um transecto de 20m, 1m acima do fundo (modificado de Morgan *et al.* 2016) (Figura 6). Foram filmados quatro transectos por recife, com uma distância mínima de 20m entre transectos, com exceção dos recifes artificiais, nos quais foram realizados transectos de forma a cobrir toda a sua extensão (apenas no recife artificial Alvarenga foram realizados três transectos, devido ao seu tamanho reduzido). Os transectos foram então agrupados por recife para as análises posteriores.



Figura 6 Mergulhador realizando transecto para a coleta de dados bentônicos.

Foram identificadas as colônias de corais escleractíneos e hidrocorais presentes nos vídeo-transectos, assim como demais organismos formadores de recifes (algas e esponjas). Para descrever a cobertura bentônica foi retirado um *frame* a cada 10 segundos de cada vídeo-transecto (Hill & Wilkinson 2004, Morgan *et al.* 2016). Os frames foram analisados através da metodologia de contagem de pontos no programa *Coral Point Count with Excel Extensions* (CPCe®, Kohler & Gill 2006), utilizando 20 pontos aleatórios por frame (Figura 7). Os pontos foram então classificados como areia, pedra, entulho (caracterizado por restos da estrutura dos naufrágios), esponja, alga ou coral (identificados à nível de espécie sempre que possível), e os dados apresentados na forma de porcentagem relativa de cobertura.



Figura 5 Layout do CPCe, ilustrando a distribuição dos 20 pontos aleatórios por frame.

RESULTADOS

1. Estrutura Populacional

Foram realizados um total de 35 censos entre todos os pontos de amostragem. Tubarões foram encontrados em quatro dos seis locais amostrados, durante 17 dos 35 eventos de amostragem realizados, sendo 17 animais identificados e catalogados no banco de dados. O comprimento total dos indivíduos variou entre 120cm – 210cm (média = 156cm DP \pm 23.3cm), caracterizando uma amostragem composta de indivíduos juvenis e subadultos (Figura 8). Todas as fêmeas (N=7, CT = 140cm – 170cm, média = 151cm DP \pm 13.4) identificadas foram classificadas como juvenis, assim como os indivíduos machos (N=5, CT = 140cm – 180cm, média = 158cm DP \pm 14.8cm) (Figura 8). Dentre os indivíduos cujo sexo não pôde ser identificado, mas para os quais foram obtidas estimativas de comprimento (N=4, CT = 120cm – 210cm, média = 162cm DP \pm 44.2cm), existem animais claramente juvenis (N=2, CT = 120cm – 130cm), assim como indivíduos subadultos (N=1, CT = 190cm), além de um tubarão possivelmente adulto, próximos à idade reprodutiva (N=1, CT = 210cm) (Figura 8).

Dos 17 tubarões identificados, quatro (23%) não foram reavistados durante o curso do estudo. Estes foram identificados como uma fêmea juvenil (CT = 150cm), um macho juvenil (CT = 140cm) e dois indivíduos juvenis (CT = 120cm e 130cm) de sexo não determinado. Treze tubarões foram reavistados uma ou mais vezes no decorrer do estudo, representando uma taxa de reavistagem de 76%. As reavistagens ocorreram em um intervalo entre 1 e 274 dias (média = 97 dias). Foram detectados 36 eventos de reavistagem (somando-se todos os indivíduos em todos os pontos de amostra), sendo deste total, 17 (47%) de fêmeas (CT = 140cm – 170cm), 16 (44%) de machos (CT = 150cm – 180cm), e três (8%) de animais sem identificação de sexo (CT = 190cm – 210cm). Ainda, para um animal identificado (#UNK09) não foi possível realizar uma estimativa de comprimento, assim, ele não foi considerado na avaliação da estrutura da população quanto à distribuição em classes etárias.

Tabela 3 Número total de capturas, recapturas, e total de mergulhos por temporada.

	Temporada			Média
	Inverno 2016	Verão 2016	Inverno 2017	
Capturas	2	30	13	15,00
Novo ID	2	15	0	5,67
Recapturas	0	15	13	9,33
Número de Mergulhos	4	27	7	12,67

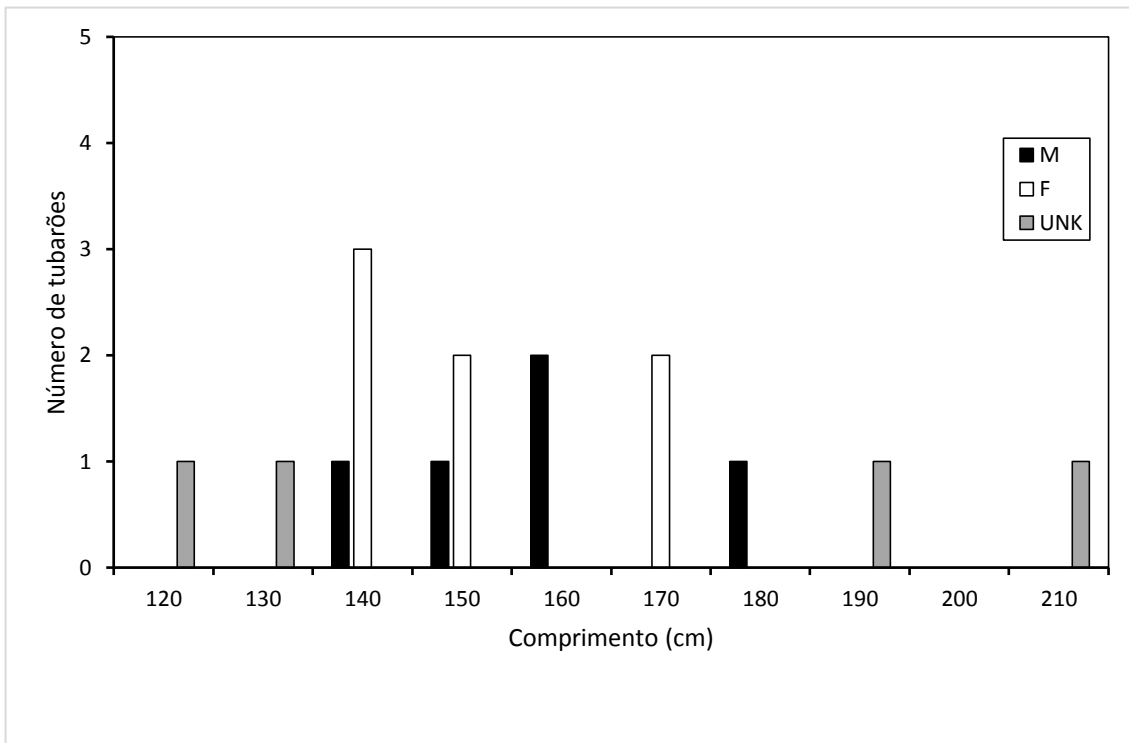


Figura 6 Comprimento dos animais identificados por sexo.

A principal classe de tamanho encontrada foi de juvenis, sendo esta responsável por 76% das identificações, e 88% das reavistagens. Indivíduos juvenis foram encontrados ao longo de todo o ano, enquanto animais subadultos e adultos foram avistados/reavistados apenas no verão (Figura 9).

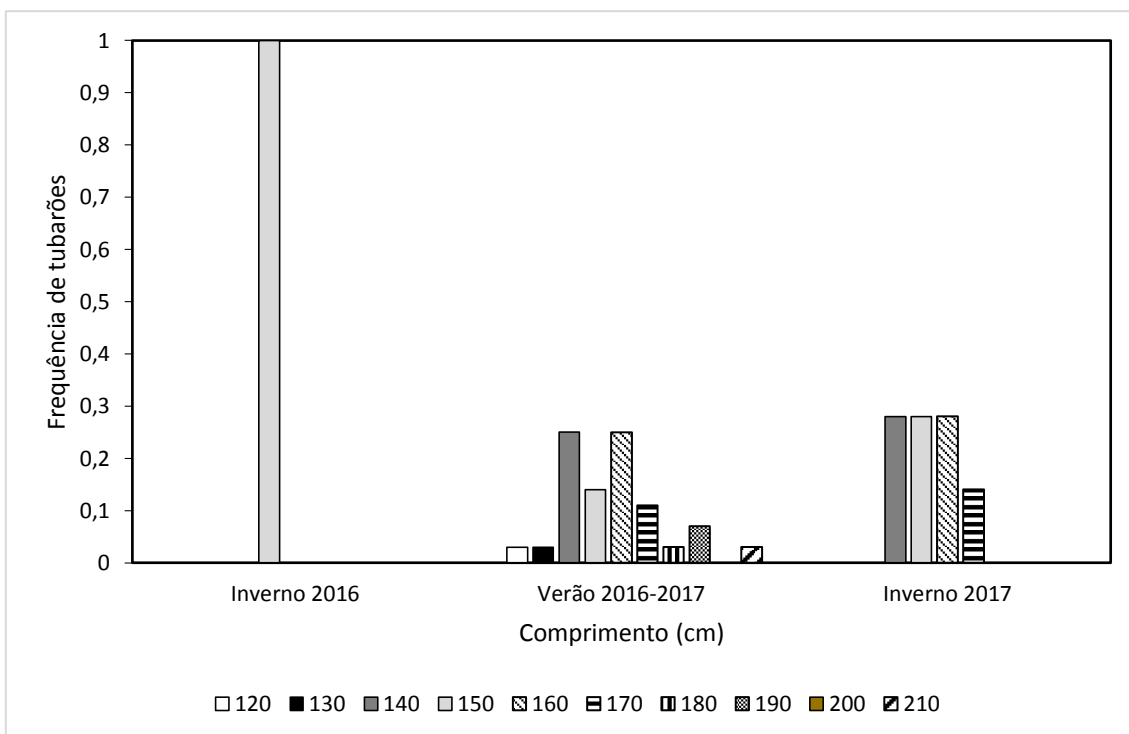


Figura 7 Sazonalidade dos animais identificados por classe de tamanho.

A maior parte dos indivíduos identificados pôde ser positivamente identificada quanto ao sexo (70%). Dos 17 tubarões, sete (41%) foram classificados como fêmeas, cinco (29%) como machos, e cinco (29%) não tiveram seu sexo identificado.

A razão sexual encontrada mostrou um equilíbrio entre machos e fêmeas (M/F= 0.7) (Figura 10), com exceção do inverno de 2016, provavelmente devido ao baixo número de animais amostrados, assim como de menor esforço de amostragem. Devido ao baixo número de animais identificados, análises estatísticas para avaliar possíveis padrões de diferença de tamanho por ponto ou em diferentes épocas do ano não foram realizadas.

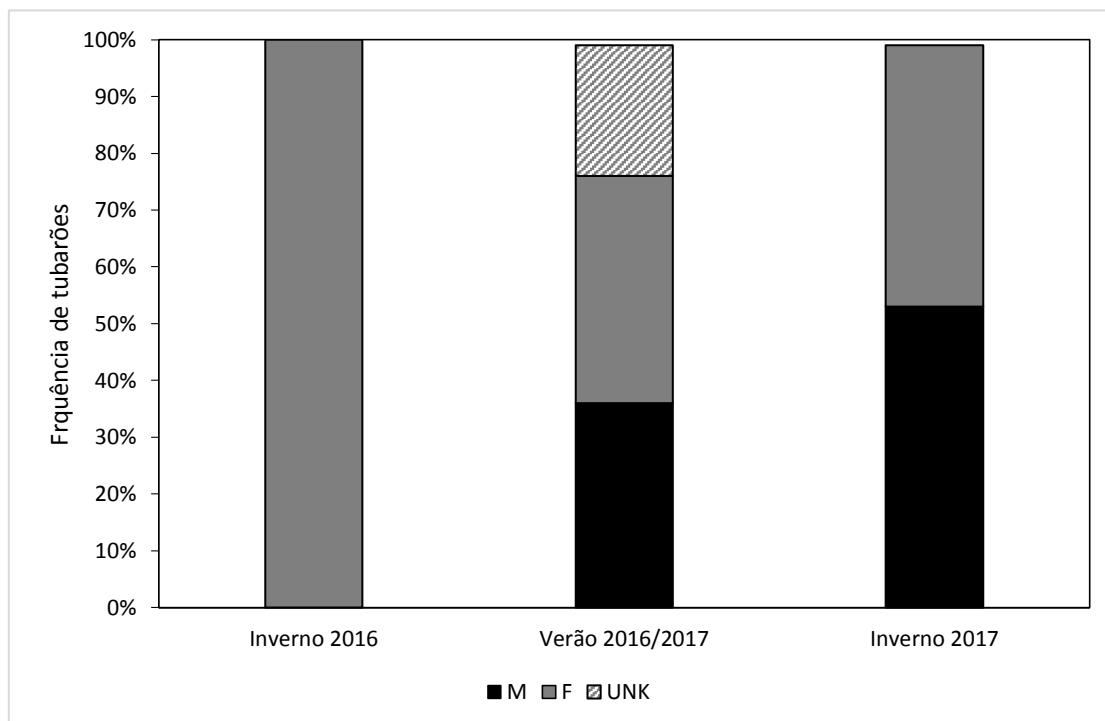


Figura 8 Frequência de avistagem de tubarões-lixas capturados por temporada, distribuído por sexo.

O número de tubarões avistados (incluindo novas identificações e reavistagens) apresentou uma tendência crescente ao longo do período de estudo (Tabela 3), porém, é incerto afirmar se isto foi resultado de um padrão de sazonalidade da espécie na área de estudo, ou devido ao crescente esforço de coleta.

2. Estimativas de Tamanho Populacional

Segundo o estimador Jolly-Seber para populações abertas, o tamanho da população de *G. cirratum* nos ambientes amostrados é de 56.2 indivíduos (EP \pm 10), no entanto, é importante lembrar que estes dados representam apenas uma subestimativa da população total de tubarões-lixas no local de estudo, tendo em vista que praticamente apenas uma classe de tamanho foi observada, além do número limitado de locais amostrados.

O naufrágio Alvarenga apresentou o maior valor máximo (0,09 indivíduos/m²), assim como a maior média dentre os pontos amostrados (0,05 indivíduos/m²) (Tabela 4). O Alice apresentou valores intermediários de densidade populacional (máximo = 0,01 indivíduo/m²;

média = 0,009 indivíduo/m²) (Tabela 4), sendo também o único a ter tubarões presentes em todos os eventos de amostragem, porém as limitações de visibilidade do local impediram a realização da foto-ID em boa parte dos casos.

Tabela 4 Total de indivíduos (N) identificados em cada ponto de coleta, densidade (D) mínima, máxima, e média em cada naufrágio, e cobertura relativa do fundo.

	N	D			Fundo (% média)					
		min	max	méd	Coral	Esponja	Macroalga	Areia	Entulho	Pedra
Alvarenga	13	0	0,09	0,05	2,78	0	0	58,89	29,44	8,89
Queimado	1	0	0,0013	0,00033	0	0,32	5,73	34,61	55,91	3,44
Alice	3	0,0057	0,0114	0,0091	0,63	0,31	2,81	31,7	55,44	9,11
Pedra de Baixo	1	-	-	-	5,92	0	22,46	13,94	0	55,85
Raso da Pedra Nova	0	-	-	-	1,43	0,24	48,1	13,1	0	37,14
Cahial	0	-	-	-	2,01	0	23,24	41,65	0	32,88

3. Uso de Habitat

Aspectos de uso do habitat do tubarão lixa em ambientes costeiros de João Pessoa devem ser tratados com cautela, tendo em vista o baixo número de animais encontrados, e sua maior concentração em um único ponto (naufrágio Alvarenga).

Padrões de movimentação não foram detectados, pois apenas um indivíduo (#F05) foi identificado em mais de um local, apresentando uma Distância Linear Mínima percorrida de aproximadamente 12km.

O número elevado de reavistagens no naufrágio Alvarenga deixa clara a importância deste recife artificial para a espécie estudada, tendo em vista que é provável que existam animais residentes no mesmo, assim como animais que retornam esporadicamente para este local, considerando a alta variação entre os períodos de recaptura dos tubarões. Atividades de alimentação e reprodução não foram visualizadas no decorrer do trabalho, porém isto provavelmente se deve à realização apenas de mergulhos diurnos, enquanto o tubarão lixa apresenta um comportamento mais ativo no período noturno.

4. Estrutura bentônica

Os resultados referentes a cobertura bentônica e sua relação com a densidade de tubarões-lixas nos ambientes amostrados estão resumidos acima, na Tabela 4.

4.1 Recifes Artificiais

Nos recifes artificiais, a estrutura de fundo mostrou-se composta de areia e pedra, com alguma variedade entre os pontos na presença e quantidade de organismos vivos, principalmente macroalgas e corais.

O naufrágio Queimado (Figura 11) apresentou a mais baixa cobertura de corais (0% nas análises do CPCE, mas algumas colônias pequenas foram detectadas durante os mergulhos),

apresentando, em contrapartida, o maior percentual de cobertura de macroalgas dentre os recifes artificiais (média = 5,74%). Este recife apresentou uma quantidade alta de cobertura por areia (média = 34%), porém a maior parte de sua cobertura é composta por resquícios do próprio naufrágio (entulho, média = 55%), os quais são também responsáveis por boa parte da complexidade estrutural do mesmo.

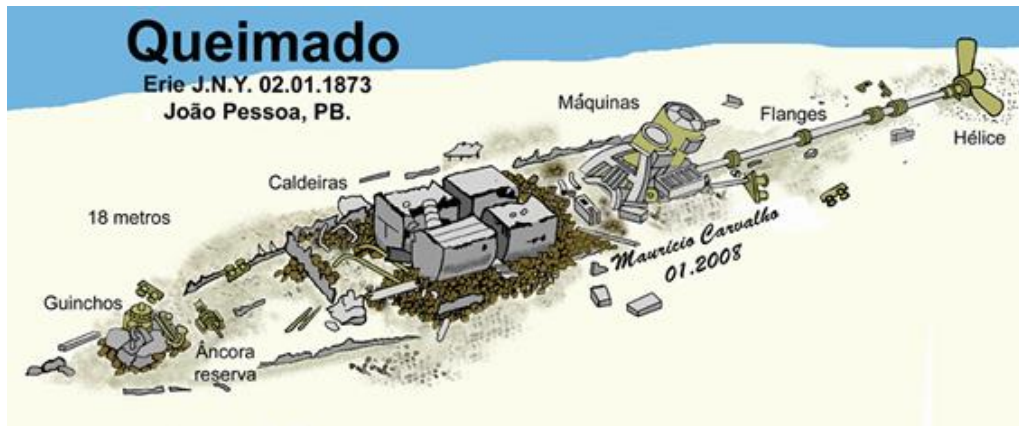


Figura 11 Esquema do naufrágio Queimado. Retirado do Sistema de Informações de Naufrágios (SINAU).

O naufrágio Alice (Figura 12) apresentou alguma cobertura de corais vivos, ainda que muito baixa (média = 0,63%), no entanto, este recife também apresenta cobertura composta por outros organismos vivos, com as macroalgas cobrindo, em média 2,8% de sua estrutura, e esponjas, com cerca de 0,31%. De forma semelhante ao Queimado, este naufrágio apresentou uma alta cobertura de areia (31%) e entulho (55.4%), no entanto, é notável a maior presença de pedras, assim como rodolitos, ao longo de toda a sua estrutura (média = 9,11%).

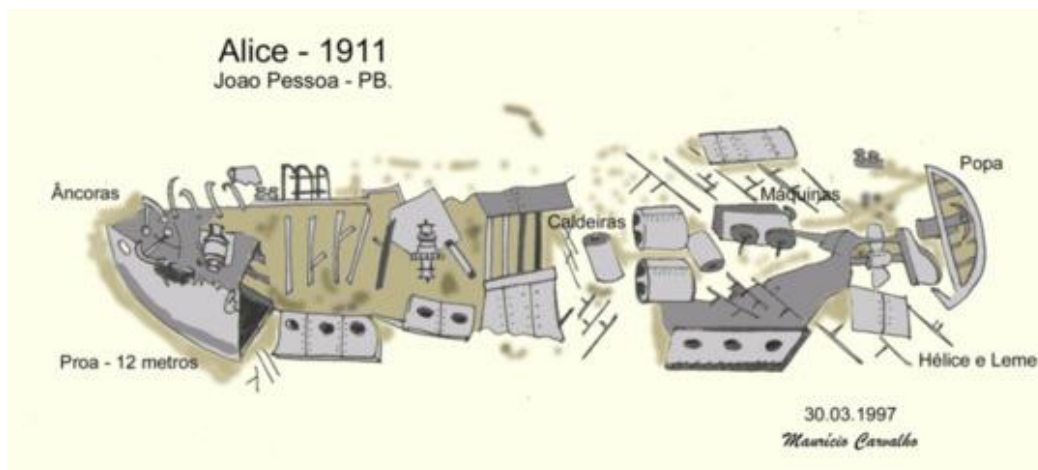


Figura 12 Esquema do naufrágio Alice. Retirado do Sistema de Informações de Naufrágios (SINAU).

O naufrágio Alvarenga (Figura 13) apresentou a maior cobertura coralínea dentre os três recifes artificiais, porém ela ainda se manteve baixa (média = 2,78%), sendo este grupo o único responsável pela cobertura viva do naufrágio. O restante de sua cobertura é composto principalmente de areia (média = 58,89%) e entulho (29,44%). A cobertura de pedras, caracterizada principalmente pela presença de rodolitos, apesar de baixa (média = 8,89%),

encontra-se fortemente localizada na proa do naufrágio, local em que os tubarões-lixia foram encontrados descansando na maior parte dos mergulhos.

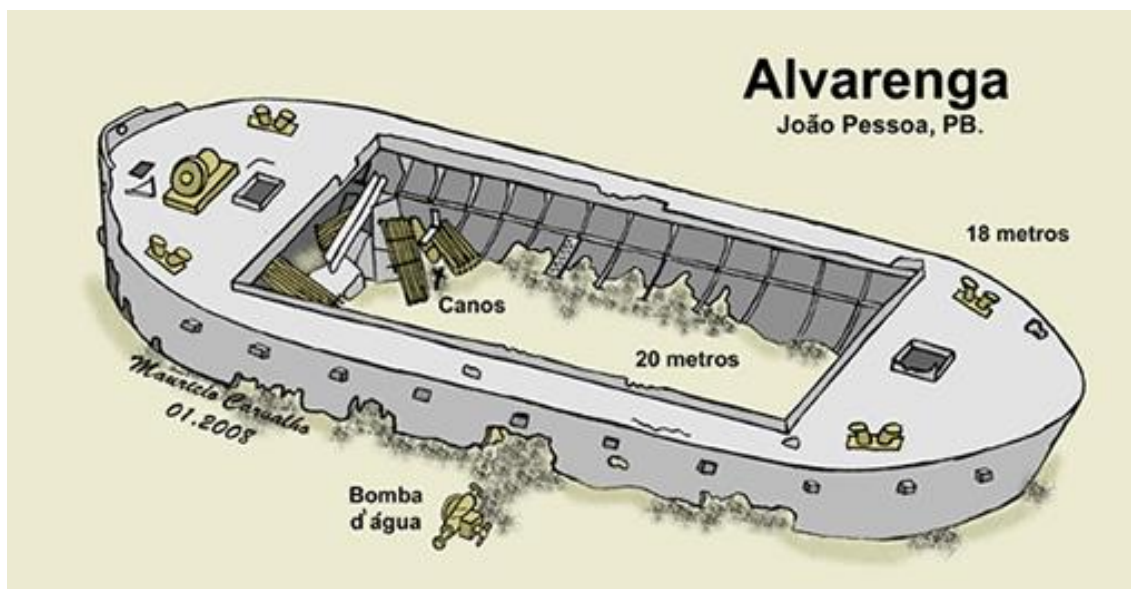


Figura 13 Esquema do naufrágio Alvarenga. Retirado do Sistema de Informações de Naufrágios (SINAU).

4.2 Recifes Naturais

Os recifes naturais apresentaram uma cobertura maior de corais, quando comparados aos recifes artificiais, porém ela ainda representa uma porcentagem baixa da estrutura geral dos recifes. O recife Pedra de Baixo apresentou a maior cobertura viva de coral dentre os pontos amostrados (média = 5,92%), sendo o restante da cobertura viva deste recife representada por macroalga (média = 22,46%). A maior parte da cobertura bentônica, no entanto, foi composta por material abiótico, principalmente área (média = 13,94%) e pedra (média = 55,85%).

Cahial apresentou uma baixa cobertura de material orgânico, com apenas 2% de cobertura coralínea, e 23,24% de cobertura por macroalga. A cobertura de areia mostrou-se elevada (média = 41,65%), assim como a de pedra (média = 32,88%).

O recife Raso da Pedra Nova apresentou a mais baixa cobertura coralínea dentre os recifes naturais (média = 1,43%), no entanto, este foi o único ponto amostrado a apresentar mais de uma espécie de coral (*Siderastrea stellata* e *Montastraea cavernosa*). Este foi também o único ponto de recife natural a apresentar cobertura por esponjas, ainda que baixa (média = 0,24%), além da mais alta cobertura de macroalgas (média = 48,1%). De forma similar aos demais pontos amostrados, o maior percentual de cobertura foi de componentes abióticos, com areia apresentando em média 13,1% de cobertura, e pedra representando 37,14% de cobertura relativa, em média.

DISCUSSÃO

1. Tamanho Populacional

A população de tubarão lixa em ambientes recifais costeiros na Paraíba mostra-se bastante reduzida e vulnerável a pressões antrópicas locais, tanto no âmbito de animais encontrados e marcados, quanto na avaliação das densidades populacionais. Embora escassos, estudos com esta espécie mostram populações pelo menos uma ordem de grandeza maior do que a encontrada neste trabalho (e.g. Castro & Rosa 2005). Outros resultados, embora não tenham avaliado o tamanho da população do tubarão lixa, encontraram abundâncias substancialmente maiores, independentemente da técnica de amostragem utilizada (e.g. Agra 2009, Santander-Neto *et al.* 2011, Afonso *et al.* 2014, Ferreira *et al.* 2013).

No entanto, a maior parte dos estudos obteve dados a partir de uma variedade maior de classes de tamanho, permitindo uma análise mais completa da população como um todo. O presente trabalho, por sua vez, identificou majoritariamente indivíduos juvenis, o que diminui a precisão dos resultados ao se analisar a população em geral. Contudo, isto mostra que uma classe-etária específica se encontra concentrada em poucos pontos ao longo da costa, e a presença de um número baixo de indivíduos aumenta a preocupação quanto à conservação da espécie, tendo em vista que estes locais são alvo constante de pesca com diferentes técnicas e alvos (J. Araújo, observação pessoal).

As densidades populacionais encontradas demonstram uma população altamente fragmentada e mesmo agregações, característica comum para a espécie, podem representar apenas uma ínfima parte da população geral. Mesmo apresentando o maior valor de densidade populacional, o naufrágio Alvarenga ainda foi caracterizado por valores baixos, menores do que 1 animal/m², mesmo sendo o local amostrado com a menor área e maior número de indivíduos avistados e identificados.

Enquanto estudos de captura-recaptura, de forma geral, obtém um número de indivíduos marcados maior do que os 17 aqui reportados, as taxas de recaptura são consideravelmente menores (e.g. Freitas *et al.* 2006), geralmente próximas aos 5% (Kohler & Turner 2001), ao passo que este trabalho apresentou uma taxa de reidentificação de 76%. Isto mostra que boa parte dos animais apresenta um alto grau de fidelidade de sítio, fator que é somado ao reduzido tamanho populacional para o aumento do grau de ameaça da espécie em nível local.

Poucos são os estudos que buscaram compreender os parâmetros populacionais do tubarão lixa (Karl *et al.* 2012), o que dificulta a comparação dos resultados encontrados para a Paraíba com outras localidades. O principal estudo populacional realizado com a espécie foi conduzido por Castro & Rosa (2005), que estimaram o tamanho da população da espécie no Atol das Rocas, uma Área Marinha Protegida oceânica de proteção integral.

A população estimada Por Castro & Rosa (2005) foi de cerca de 300 indivíduos, valores que condizem com populações mais saudáveis de elasmobrânquios, no entanto, algumas peculiaridades do local tornam comparações entre os estudos equivocadas. Primeiramente, o fato de o Atol das Rocas ser uma ilha oceânica de pequeno porte (Rosa & Moura 1997) assim como outras características da ilha (baixa profundidade média, alta visibilidade a maior parte do ano) maximizam as chances de captura e recaptura de tubarões-lixas. Além disto, o atol é

reconhecidamente um local de reprodução de diversas espécies (Freitas *et al.* 2006), o que acaba concentrando uma abundância maior de indivíduos no local.

Avaliações da população da espécie em ambientes costeiros são escassas, mas existem tanto em nível nacional quanto internacional, e, apesar de utilizarem diferentes metodologias, fornecem um ponto inicial de comparação para se compreender o *status* da espécie nos ambientes estudados.

Um estudo realizado através do acompanhamento de desembarques de indivíduos de *G. cirratum* no principal porto do Estado do Ceará identificou 189 tubarões-lixas, com uma média de 1.8 tubarões por evento de coleta (Santander-Neto *et al.* 2011), no entanto, devido ao método de coleta, estimativas de abundância e/ou tamanho populacionais não puderam ser realizadas.

Ainda no Brasil, trabalhos realizados em Pernambuco encontraram abundâncias maiores de *G. cirratum* em ambientes costeiros (Afonso *et al.* 2014, Ferreira *et al.* 2013). Afonso e colaboradores, em um estudo de 8 anos através de metodologias de captura, com diferentes artes de pesca, identificaram o tubarão lixa como um dos tubarões mais abundantes da região costeira (42% do total de tubarões capturados) com a espécie possivelmente apresentando uma expansão populacional à nível local (Afonso *et al.* 2014), hipótese postulada a partir da detecção de um crescimento constante no total de indivíduos capturados ao longo dos anos. Similarmente ao presente estudo, Afonso *et al.* (2014) capturaram majoritariamente juvenis, porém com uma abundância maior de indivíduos adultos, principalmente de fêmeas.

Também em acordo com o presente estudo, mas acoplando espinhel com técnicas de telemetria acústica, Ferreira *et al.* (2013) detectaram o tubarão lixa como a espécie mais abundante de elasmobrânquio (34% do total de elasmobrânquios capturados), mostrando que populações próximas ao local de estudo deste trabalho podem estar saudáveis, o que pode não ter sido detectado aqui por limitações metodológicas.

Possivelmente a população de *G. cirratum* em ambientes costeiros na Paraíba é maior do que a encontrada neste trabalho, no entanto, mais estudos são necessários, os quais cubram uma área maior, incluindo locais de ocorrência de adultos e possíveis locais de berçário, que ainda são desconhecidos na região.

Fora do Brasil, o número de pesquisas voltadas aos aspectos populacionais do tubarão lixa é ainda mais restrito. No Golfo do México, uma avaliação de 14 anos de dados de captura através de espinhel de fundo, capturou 209 tubarões da espécie, com uma média de 0.08 tubarões por espinhel (Hannan *et al.* 2012). Novamente, especulações acerca da população (em termos de número de indivíduos) estavam fora do escopo do trabalho, sendo concluído apenas que a população de *G. cirratum* na região não está distribuída de maneira uniforme.

Trabalhos de estimativa populacional com tubarões são mais comuns para espécies carismáticas como o tubarão baleia, *Rhincodon typus*, e o tubarão branco, *Carcharodon carcharias*. Para o primeiro, trabalhos de longa duração (i.e anos até décadas) conseguiram identificar centenas de animais (Meekan *et al.* 2006, Holmberg *et al.* 2009), com uma taxa de recaptura relativamente alta (Meekan *et al.* 2006), estimando a população, por exemplo, de *Ningaloo reef*, na Austrália, entre cerca de 300-500 animais (Meekan *et al.* 2006, Holmberg *et al.* 2008). Para *C. carcharias*, estimativas foram realizadas principalmente no Pacífico (Chapple *et al.* 2011) e Atlântico Sul (Towner *et al.* 2013), onde novamente centenas de animais puderam

ser identificados, com estimativas variando entre aproximadamente 100 até cerca de 1000 indivíduos (Chapple *et al.* 2011, Towner *et al.* 2013).

Outras espécies-alvo de tais estudos são aquelas com elevado grau de ameaça e risco de extinção, como por exemplo *Carcharias taurus*, para o qual estudos identificaram cerca de 400 animais ao longo de cinco anos de um extensivo esforço de coleta, com colaboração da sociedade. Através destes estudos, foi estimada uma população mínima de cerca de 300 indivíduos (Otway *et al.* 2003), sendo proposto uma probabilidade de quase-extinção dentre os próximos séculos, no melhor cenário possível (Otway *et al.* 2004). Apesar de também ser uma espécie em risco de extinção, como *C. taurus*, estudos de tal porte provavelmente ainda não foram realizados no Brasil devido ao desinteresse na esfera política em apoiar tais pesquisas, assim como um desinteresse geral em estudos de âmbito conservacionista, como um todo (Azevedo-Santos *et al.* 2017).

Trabalhos de estimativa de tamanho populacional foram realizados também em ilhas oceânicas principalmente com espécies recifais, devido à disponibilidade de habitat de forma mais concentrada, o que pode promover uma maior robustez aos resultados. Por exemplo, um estudo com *Carcharhinus galapagensis* foi capaz de estimar o tamanho da população local da espécie entre 100 – 700 indivíduos, mesmo com uma taxa de recaptura de apenas cerca de 5% (Dale *et al.* 2011).

Apesar das grandes disparidades entre as espécies estudadas, assim como dos habitats aonde os trabalhos foram realizados, os estudos apontam, de uma forma geral, para populações de uma a duas ordens de grandeza maiores do que a reportada neste trabalho, enfatizando a provável redução populacional enfrentada pelo tubarão lixa na Paraíba.

2. Estrutura populacional

A população de tubarões-lixas estudada, apesar de pequena, apresenta uma razão sexual próxima à 1:1, sendo composta majoritariamente de indivíduos juvenis.

Esta razão sexual é a esperada para a espécie estudada (Hannan *et al.* 2012). Resultados similares foram encontrados tanto no Brasil (Santander-Neto *et al.* 2011, Ferreira *et al.* 2013, Afonso *et al.* 2014, Garla *et al.* 2016) quanto em outras regiões do mundo (Hannan *et al.* 2012), embora existam trabalhos que reportem uma proporção muito maior de fêmeas do que de machos (Castro & Rosa 2005, Pratt & Carrier 2001, Agra 2009), principalmente em locais de agregações reprodutivas.

A distribuição em classes de tamanho encontrada neste trabalho, no entanto, mostrou-se similar à alguns estudos realizados no nordeste do país (Santander-Neto *et al.* 2011, Ferreira *et al.* 2013). A alta taxa de incidência de juvenis encontrada pode ser um reflexo de diferentes possíveis cenários.

Primeiramente, a segregação por idade é uma característica comum à diferentes espécies de tubarões (Springer 1967, Conradt 2005), assim, os locais amostrados neste estudo podem estar realmente sendo mais intensamente utilizados por uma classe etária específica, tendo em vista principalmente a migração horizontal ontogenética, característica comum em elasmobrânquios (Springer 1967, Aguiar *et al.* 2009). Assim, indivíduos mais novos (e.g. jovens do ano e neonatos) estariam ocupando regiões mais rasas, enquanto os animais adultos estariam presentes em recifes mais profundos. Ferreira *et al.* (2013) também encontraram

principalmente indivíduos juvenis, com as fêmeas apresentando em média 191cm, e os machos 185cm. Embora os tamanhos médios sejam maiores do que os reportados neste trabalho (F=151cm; M=158cm), a predominância de indivíduos juvenis parece ser um fator comum nas populações costeiras do tubarão lixa, ao menos na região nordeste do Brasil.

Uma segunda hipótese é a ocorrência de sazonalidade da espécie na área de estudo. Embora não haja trabalhos prévios na Paraíba, pesquisas realizadas com a espécie em Pernambuco identificaram uma possível sazonalidade para a ocorrência dos tubarões-lixas em regiões costeiras (Afonso *et al.* 2014, Ferreira *et al.* 2013), no entanto, esta sazonalidade não parece ser uniforme para a região nordeste do Brasil (Santander-Neto *et al.* 2011). Segundo Afonso *et al.* (2014) os tubarões-lixas representaram 16% do total de capturas, com um pico claro no período do verão, principalmente entre fevereiro e abril, de maneira similar ao encontrado neste estudo, e embora os autores não tenham encontrado diferenças significativas na proporção entre machos e fêmeas, eles identificaram uma sazonalidade clara entre os sexos, com os machos ocorrendo mais comumente entre janeiro e abril (verão), e as fêmeas entre maio e dezembro (inverno e início do verão). Aparentemente, este pico pode estar relacionado à fatores ambientais, nominalmente à visibilidade, com os tubarões sendo mais abundantes em baixas visibilidades (Afonso *et al.* 2014). No entanto, Ferreira *et al.* (2013), trabalhando na mesma região de Afonso e colaboradores, obtiveram o menor número de capturas no verão, apesar deste ser também o período de maior esforço amostral. O mesmo pode ser atribuído para a região costeira da Paraíba, principalmente quando levado em consideração a limitação da foto-ID, aqui utilizada, justamente no período de inverno, quando a visibilidade é mais limitada, o que poderia fornecer um ambiente mais viável para a espécie (Afonso *et al.* 2014).

Para que tal padrão de sazonalidade seja confirmado, mais estudos são necessários na área, possivelmente com a combinação de foto-identificação, filmagem remota, e técnicas de telemetria, tendo em vista que técnicas baseadas em captura de imagens (e.g. BRUVs e foto-ID) ficam limitados durante o inverno, devido à baixa visibilidade do mar durante um longo período.

Uma terceira, e possivelmente mais plausível explicação, está nas limitações do desenho amostral realizado. A Paraíba apresenta mais de 50 recifes artificiais registrados no Sistema de Informações de Naufrágio (SINAU), além de diversos recifes naturais já conhecidos e ainda à serem mapeados (Juliano M & Bráulio S, comunicação pessoal). Limitações logísticas impossibilitaram uma amostragem representativa em muitos destes pontos, sendo apenas seis amostrados neste trabalho. Ainda, limitações financeiras limitaram uma amostragem mais compreensiva em cinco dos seis pontos de coleta, tendo em vista a presença constante de tubarões no naufrágio Alvarenga, sendo então direcionado um maior esforço amostral para este local. Embora alguns trabalhos tenham encontrado resultados similares, com ampla abundância de indivíduos juvenis, isto pode ter sido também um viés metodológico, como limitações pelo tamanho do anzol/isca, em técnicas de captura (Hazin *et al.* 2000, Dale *et al.* 2011, Afonso *et al.* 2014), ou até por descartes de carcaças maiores, no caso de avaliações de animais desembarcados em portos (Santander-Neto *et al.* 2011).

Desta forma, novos estudos com aporte financeiro mais amplo e com capacidade de explorar mais uniformemente os diversos pontos, em diferentes profundidades, podem gerar dados mais robustos sobre a população do tubarão lixa como um todo, na Paraíba. Tais estudos devem, idealmente, utilizar uma combinação de técnicas como telemetria, foto-identificação, BRUVs e RUVs.

3. Uso de Habitat

Devido ao baixo número de indivíduos capturados, inferências sobre padrões de agregação, atividades de reprodução, alimentação e migração devem ser tratados com cautela (Barker & Williamson 2010). No entanto, a alta taxa de recaptura (76%) mostra um alto grau de fidelidade de sítio (Chapman *et al.* 2015), principalmente no naufrágio Alvarenga.

Aqui foram utilizadas as terminologias atualizadas por Chapman *et al.* (2015), sendo residência definida como um indivíduo exibindo uma ocupação longa e ininterrupta de uma área limitada, por um período específico de tempo; e fidelidade de sítio, sendo definida como o retorno de um indivíduo para um local aonde ele já tinha sido avistado previamente, depois de ter saído deste local por algum tempo (Speed *et al.* 2011). Alguns animais foram encontrados repetidamente nas diversas amostragens no naufrágio Alvarenga, podendo caracterizar a fidelidade de sítio. No entanto, a metodologia empregada impede uma conclusão mais detalhada sobre qual padrão de utilização de área possa estar ocorrendo.

As razões para tais agregações no Alvarenga permanecem obscuras, embora algumas possíveis causas possam ser discutidas. Em primeiro lugar, os animais podem estar utilizando a estrutura do recife artificial como um local de descanso, caracterizando uma agregação por fidelidade de sítio (Chapman *et al.* 2015), nos qual os tubarões não necessariamente utilizam o local para alguma atividade biológica específica, como alimentação ou reprodução. Uma forte evidência em favor desta hipótese, além da alta taxa de reavistagem no local já mencionada, é o fato de que fidelidade de sítio é comum em diferentes espécies de tubarões (Chapman *et al.* 2015, Doherty *et al.* 2017), assim como a alta frequência de agrupamentos de 2 até 9 indivíduos em um mesmo ponto, inclusive exatamente no mesmo local, como reportado por Castro (2000), como exemplificado na figura 14. Esta hipótese é também reforçada por outros estudos (e.g. Hannan *et al.* 2012) não apenas com *G. cirratum*, mas também em outros Orectolobiformes (Carraro & Gladstone 2006).

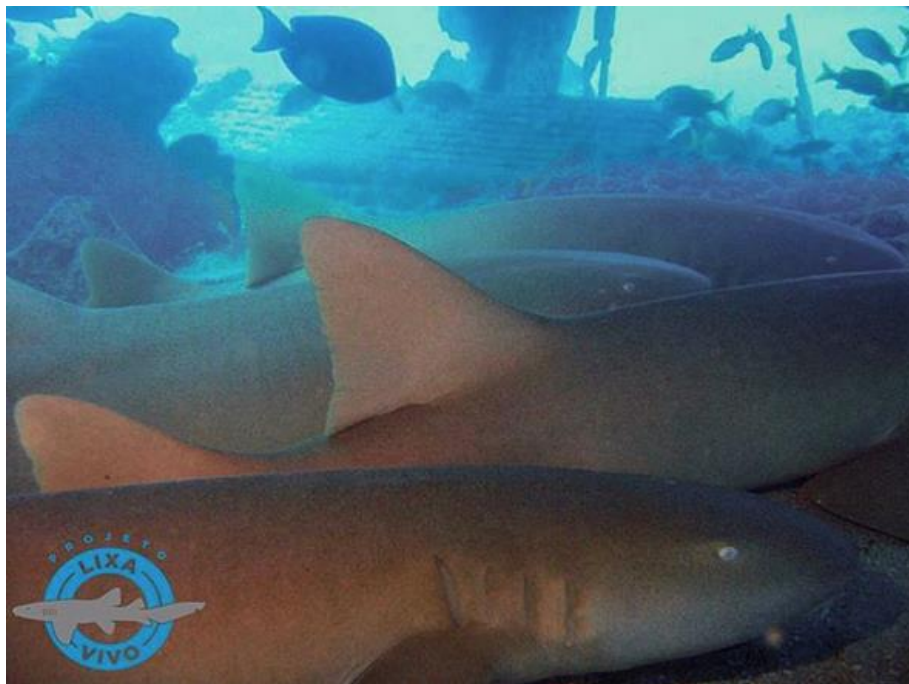


Figura 14 Agregação de tubarões-lixá, *Ginglymostoma cirratum*, no naufrágio Alvarenga.

No entanto, não é possível descartar a utilização deste recife como um local de fidelidade para alimentação, pois a espécie em questão apresenta um hábito noturno, e este trabalho realizou, por questões logísticas, apenas mergulhos diurnos, reiterando a necessidade de mais estudos para uma maior compreensão sobre o uso de habitat do tubarão lixa na costa da Paraíba.

Uma segunda possibilidade é a de fidelidade para reprodução, a qual pode ocorrer em ambientes na faixa de profundidade estudada (Rouse 1985). Embora a maior parte dos animais positivamente identificados seja juvenis, durante o inverno foram encontrados animais de grande porte, possivelmente maiores do que 200cm CT (Júlio A, observação pessoal). No entanto, a baixa visibilidade impossibilitou a captura de imagens para foto-ID, o que limitou a capacidade de identificação destes animais. O inverno austral é justamente o período reprodutivo do tubarão lixa (Castro 2000, Agra 2009), assim, o baixo esforço amostral neste período pode ter mascarado outros possíveis usos da área pelo tubarão lixa.

Este trabalho fornece as primeiras observações, ainda que de forma rudimentar, sobre a movimentação do tubarão lixa na costa da Paraíba. Aparentemente, a espécie não se comporta de forma sedentária e residente uniformemente em toda a população amostrada, tendo em vista a grande variação no número de recapturas, assim como de intervalo entre as mesmas. Embora existam relatos de grandes migrações na espécie, inclusive de centenas de quilômetros (Kohler & Turner 2001), elas são provavelmente infrequentes, assim, mesmo populações costeiras relativamente próximas, como em Pernambuco ou no Rio Grande do Norte, podem estar isoladas entre si, aumentando o risco de extinção local da espécie.

Com exceção dos recifes naturais Cahial e Raso da Pedra Nova, em todos os pontos amostrados foram encontrados tubarões-lixas, embora nem sempre os mesmos pudessem ser identificados, por questões diversas (e.g. visibilidade ou animal escondido, como mostrado na figura 15).



Figura 15 Exemplos de animal encontrado durante coleta de dados ("avistado") mas que não pôde ser identificado, devido ao seu posicionamento e difícil acesso ("não capturado").

Isto mostra de forma conclusiva que os resultados aqui encontrados são uma subamostragem da população real, pois sua ocorrência nos recifes costeiros é possivelmente maior do que a encontrada aqui. Novamente, devido ao limitado número de recifes amostrados,

conclusões sobre padrões de movimentação para a espécie devem ser tratados com cautela, porém, algumas hipóteses sobre este assunto podem ser realizadas.

Primeiramente, considerando a área total entre os recifes amostrados, é possível que os tubarões-lixia utilizem todos os pontos como um grande mosaico de recifes (Speed *et al.* 2010, Heupel & Simpfendorfer 2014). Ou seja, os indivíduos podem estar se movendo livremente entre os recifes, os utilizando para diferentes fins biológicos. Isto poderia explicar a variação encontrada entre os dias em liberdade entre recapturas, assim como o baixo número de indivíduos encontrados de forma geral, e é reforçado através do encontrado por este trabalho, com um tubarão (#F05) capturado inicialmente no naufrágio Alice, e seis dias depois no recife Pedra de Baixo, apresentando assim uma Distância Linear Mínima percorrida de aproximadamente 12km. Este padrão de movimentação é reportado também para outras espécies similarmente sedentárias, como *Trianodon obesus* (Whitney *et al.* 2012), e para ambientes com estrutura recifal rica e bastante conectada (Heupel & Simpfendorfer 2014).

Uma segunda possibilidade seria a oposta, de que os diferentes recifes atuam como ambientes isolados para a população, principalmente para animais juvenis (Speed *et al.* 2010), os quais apresentam uma taxa de movimentação mais restrita, embora alguns estudos já tenham reportado resultados similares (ou seja, um isolamento entre áreas relativamente próximas, mesmo que de poucos quilômetros) para indivíduos adultos de espécies recifais mais móveis (Speed *et al.* 2015). Trabalhos com outros *Orectolobiformes* parecem suportar essa hipótese, como no caso de *Orectolobus ornatos* (Carraro & Gladstone 2006) e *Orectolobus halei* (Huveneers *et al.* 2006). Novamente, estudos com um esforço amostral maior e em diferentes pontos são necessários para comprovar tais hipóteses.

Alguns estudos avaliaram os padrões de migração do tubarão lixia tanto no Brasil quanto em outras regiões do Atlântico. No Arquipélago de Fernando de Noronha, Garla *et al.* (2016), trabalhando com telemetria acústica, recapturaram animais marcados entre 0 e 705 dias de liberdade, com uma média de 140 dias, similar à média de 115 dias encontrada no presente estudo. Em Pernambuco, Ferreira *et al.* (2013) recapturaram tubarões lixia entre 30 a 511 dias de liberdade, com uma média de 248 dias. Tais resultados mostram que, mesmo que a espécie apresente um comportamento sedentário, existe uma variação intraespecífica quanto ao grau de fidelidade de área e movimentação dos animais. É importante notar, no entanto, que embora tenham sido detectados padrões semelhantes nos três estudos (no sentido de que houve uma grande variação no tempo de liberdade entre recaptura dos animais), todos utilizaram áreas relativamente distintas entre si (ilha oceânica e regiões costeiras), assim como diferentes métodos de coleta (telemetria acústica e foto-ID).

Na Flórida, Carrier & Luer (1990), estudando as taxas de crescimento de *G. cirratum*, recapturaram animais entre 5 e 876 dias de liberdade, com uma média de 247 dias, similar à encontrada por Ferreira *et al.* (2013). Na mesma região, Wiley & Simpfendorfer (2007) recapturaram tubarões lixia entre 58 e 630 dias de liberdade. Apesar destes estudos terem sido realizados em diferentes áreas e com diferentes metodologias, um padrão pode ser detectado em todos: a presença anual de indivíduos da espécie, sugerindo que ela não apresenta um padrão de migração uniforme dentre os indivíduos, mas sim uma possível migração parcial (Chapman *et al.* 2012), como reportado para *Orectolobiformes* de maior mobilidade, como o tubarão baleia (Araujo *et al.* 2017).

O presente trabalho encontrou evidências de movimentação entre recifes do tubarão lixia, na Paraíba. Poucos trabalhos avaliaram padrões de movimentação para a espécie, e destes,

os resultados geralmente apontam para uma área de vida relativamente pequena, embora movimentações de maior escala tenham sido reportadas.

Em Fernando de Noronha foi encontrada uma distância linear mínima de até 3.7km para a espécie, com a maioria dos animais sendo encontrados próximos aos locais de captura inicial (Garla *et al.* 2016). Valores similares foram encontrados em Pernambuco por Ferreira *et al.* (2013), com uma distância média entre os locais de captura e recaptura de 2,29km.

Na Flórida foram recapturados tubarões tanto no próprio local de captura inicial, quanto próximos ao local de captura, assim como a centenas de quilômetros (Wiley & Simpfendorfer 2007). Estes estudos suportam a hipótese de migração parcial para a espécie, pois a mesma parece ter comportamentos distintos tanto entre populações de diferentes regiões, quanto dentro das próprias populações em cada local.

Embora os trabalhos de movimentação com *G. cirratum* sejam limitados, existem evidências de que tubarões recifais apresentam migração parcial (Heupel *et al.* 2010, Papastamatiou *et al.* 2010, Clarke *et al.* 2011, Barnett *et al.* 2012, Vianna *et al.* 2013), provavelmente delimitados por fatores tanto bióticos, como densidade populacional, quanto abióticos, como qualidade do habitat (Chapman *et al.* 2015). Porém, em geral as espécies apresentam uma área de vida reduzida a poucos quilômetros (Speed *et al.* 2010), e provavelmente aumentando de acordo com o crescimento do animal (Garla *et al.* 2006).

Mesmo que de forma limitada, tentativas de explicação para possíveis padrões de movimentação, como as descritas neste trabalho, são extremamente importantes para a espécie (Heupel *et al.* 2010), pois pode direcionar melhor ações de conservação.

4. Implicações para o Turismo

Um fator importante encontrado neste estudo foi a presença de tubarões-lixo, uma espécie ameaçada de extinção no Brasil, em boa parte dos principais pontos de mergulho recreativo na Paraíba, isto levanta pontos positivos e negativos que podem, e devem ser trabalhados pela comunidade científica, em conjunto com a indústria de mergulho, o governo local, e órgãos ambientais.

Apesar de não ser uma espécie comumente alvo para mergulhos com tubarões, o tubarão lixo é uma espécie considerada popular para o ecoturismo de mergulho (Castro 2000, Garla *et al.* 2016), principalmente devido ao seu comportamento gregário e sedentário durante boa parte do dia, permitindo a aproximação de mergulhadores. A possibilidade de se mergulhar com este tubarão oferece uma possibilidade única de iniciativas de conservação na Paraíba, a qual pode ser pioneira para a espécie no Brasil.

Ao se adicionar ao *briefing* já realizado previamente ao mergulho, informações sobre o status de ameaça da espécie, assim como instrução de como se mergulhar ao lado de tubarões, um grande número de pessoas pode potencialmente passar a abraçar a causa da conservação marinha, tendo o tubarão lixo como espécie bandeira. Isto é importante não apenas para gerar uma maior consciência ambiental entre os mergulhadores, mas para a própria segurança dos mesmos, assim como da fauna local.

Locais com alta incidência e fidelidade de indivíduos, como o naufrágio Alvarenga, devem ser alvo de um trabalho mais intenso de educação ambiental (Araujo *et al.* 2017), para se maximizar os benefícios ambientais e socioeconômicos desta atividade, minimizando-se os possíveis efeitos negativos no comportamento dos tubarões. Assim, estudos que elucidem

informações sobre padrões de residência e uso de área são vitais, a fim de se realizar uma prática sustentável de turismo subaquático na região (Robbin & Fox 2012).

Estudos de valoração econômica de tubarões vêm surgindo em todo o mundo (Clua *et al.* 2011, Vianna *et al.* 2012, Cisneros-Montemayor *et al.* 2013, Clua & Pascal 2014, Gallagher *et al.* 2015), e mostram resultados bastante positivos e significantes. Anderson & Waheed (1999) mostraram, por exemplo, que a captura de 20 indivíduos de *Carcharhinus perezii* para a venda de seus produtos (carne, nadadeiras, óleo) levou à uma perda de aproximadamente AU\$500.000,00 anuais, os quais seriam gerados pela indústria de mergulho com a presença dos animais vivos.

No Brasil, tais estudos ainda não foram realizados, e trabalhos de estimativas populacionais através de técnicas de identificação individual, como este, podem ser um primeiro passo para a geração destes dados. A partir do conhecimento sobre quais indivíduos estão mais comumente presentes durante as atividades de mergulho, é possível estimar não apenas o valor da atividade como um todo, mas de cada tubarão individualmente (Clua *et al.* 2011), e é este o valor que deve ser apresentado aos tomadores de decisão e membros do governo, para que se possa convencê-los da importância de se proteger a espécie.

5. Confiabilidade da Metodologia

Apenas um trabalho utilizou a técnica de foto-ID para estudos populacionais em tubarão lixa. Castro & Rosa (2005) estudaram a população de *G. cirratum* no Atol das Rocas, uma ilha oceânica que é também uma Área Marinha Protegida de Proteção Integral. De forma pioneira, eles conseguiram com sucesso identificar um grande número de indivíduos, totalizando 54% do total (613) de animais avistados. Este resultado mostrou a viabilidade da técnica para a espécie (utilizando sua nadadeira dorsal como marcação distintiva entre indivíduos), principalmente quando comparado com Pratt & Carrier (2001), os quais identificaram marcas individuais em apenas 10% dos tubarões-lixas estudados. No entanto, este tipo de estudo com a espécie em questão é indicado principalmente para avaliações de curto prazo, tendo em vista a possibilidade de mudanças nas marcas naturais, e baixa incidência de marcas acessórias que possam complementar a robustez da metodologia (Castro & Rosa 2005).

Apesar dos poucos estudos sobre tubarões-lixas, especialmente no tocante à aspectos populacionais, trabalhos com foto-ID têm se tornado mais comuns em todo o mundo, tanto com elasmobrânquios (e.g. Van Tienhoven *et al.* 2007, Buray *et al.* 2009, Barker & Williamson 2010, Towner *et al.* 2013, Andrzejczek *et al.* 2016, Araujo *et al.* 2017, Chapple *et al.* 2017) quanto em outros grupos animais (e.g. Reinhart *et al.* 2013, Chaves *et al.* 2015, Araujo *et al.* 2016), e apresentam grande potencial, devido a seu baixo custo e facilidade de aplicação, principalmente quando aliada a softwares de análise de imagens (Buray *et al.* 2009), como o I³S.

Trabalhos de foto-identificação de tubarões têm sido geralmente aplicados em locais de fácil visualização dos animais (Castro & Rosa 2005, Buray *et al.* 2009), ou ao longo de um período de tempo maior (Barker & Williamson 2010, Robins & Fox 2012). Os ambientes recifais da costa da Paraíba, são como um todo, locais de difícil acesso (em questão de logística), no entanto, mesmo com tais dificuldades, a identificação de locais de agregação indicam que técnicas de marcação e recaptura são apropriadas para a avaliação do *status* da população na região (Chapple *et al.* 2017, Marshall *et al.* 2011).

Outro fator positivo para a utilização da metodologia de foto-ID para o estudo dos tubarões-lixia na Paraíba está na alta taxa de identificação individual, com 100% dos indivíduos (nos quais foram capturadas imagens de alta qualidade) identificados, de forma similar ao encontrado por Marshall & Pierce (2012).

Uma das principais críticas relacionadas ao uso da foto-ID, especificamente para o estudo de populações de tubarões, é a alta capacidade regenerativa desses animais. Embora algumas espécies possuam marcas permanentes durante toda a sua vida (e.g. *Rhincodon typus*, Araujo *et al.* 2017), outras apresentam apenas a região da nadadeira dorsal viável para a utilização da técnica.

A mudança de marcas naturais foi abordada em estudos de foto-ID com elasmobrânquios (e.g. Domeier & Nasby-Lucas 2007, Robbin & Fox 2012, Towner *et al.* 2013), inclusive com o tubarão lixa (Pratt & Carrier 2001, Castro & Rosa 2005). Em concordância com Castro & Rosa (2005), os quais identificaram a mudança de marcas em poucos indivíduos a população, a presente pesquisa foi capaz de detectar a mudança das marcas naturais, no entanto, ela ocorreu em uma velocidade que permitiu a identificação constante do animal, mesmo após a cicatrização quase completa da marca (Figura 16). Mesmo que tais mudanças ocorram raramente (Robbins & Fox 2012), tendo sido identificada em apenas um animal dentre os 17 identificados neste estudo, pesquisadores envolvidos em trabalhos de foto-ID devem estar sempre atentos às possíveis alterações das marcas naturais, seja por cicatrização ou por acréscimo de outras alterações nas nadadeiras, por exemplo, em virtude de interações sociais. Assim, é recomendado que o trabalho seja feito sempre envolvendo um mínimo de dois pesquisadores, e que as pessoas envolvidas não variem drasticamente ao longo do período de estudo (Buray *et al.* 2009), e sempre que possível, a técnica deve ser acoplada às outras metodologias de forma complementar, a fim de se obter resultados mais robustos e condizentes com a realidade das populações estudadas (Dale *et al.* 2011).



Figura 16 Evidência de cicatrização de marca natural no indivíduo #F01 de *Ginglymostoma cirratum*.

Finalmente, o uso da sociedade para fins de coleta de dados deve ser abordado mais intensivamente na região. Atualmente milhares de pessoas mergulham anualmente com as mais diversas espécies de tubarão em todo o mundo, muitas delas carregando máquinas fotográficas. A criação de plataformas *online* na qual os mergulhadores possam enviar suas fotos possibilita

um aporte de dados muito maior do que aquele que seria gerado apenas por expedições científicas (Chaves *et al.* 2015.)

Na Paraíba, a alta frequência de mergulhos recreativos no naufrágio Alvarenga, atrelada ao alto grau de residência dos animais e facilidade de se fotografá-los, oferece uma oportunidade ímpar de uso da ciência cidadã, auxiliando não apenas na coleta de dados, mas também engajando a população de maneira mais ativa (Chaves *et al.* 2015) para a conservação desta espécie.

6. Fatores Ambientais

Diversos fatores bióticos e abióticos podem influenciar a distribuição e seleção de habitats dos animais (Papastamatiou *et al.* 2010). O presente trabalho identificou o naufrágio Alvarenga como um local de grande importância para a fase juvenil do tubarão lixa na costa da Paraíba, assim, foi realizada uma caracterização do bentos nas áreas amostradas para tentar compreender o que o diferencia dos demais pontos amostrados.

Este resultado, no entanto, não se mostrou conclusivo, tendo em vista a grande semelhança tanto com os demais recifes artificiais, quanto com os recifes naturais, sugerindo que outros fatores ambientais, bióticos ou abióticos, podem estar influenciando a distribuição e padrão de agregação da espécie na região, principalmente ao se considerar que o tubarão lixa apresenta um grau de especificidade de habitat maior do que outros tubarões costeiros (Hendon *et al.* 2013). Enquanto alguns estudos identificaram o tipo de fundo (Rizzari *et al.* 2014, Chapman *et al.* 2015) como um fator determinante para a presença/ausência de espécies, o tubarão lixa parece depender mais de características da água para moldar sua distribuição, como temperatura, pluviosidade, visibilidade e salinidade (Wiley & Simpfendorfer 2007, Hannan *et al.* 2012).

Os resultados deste trabalho apontam para temperaturas consideradas ideais para a espécie na maior parte do ano, com variações próximas aos extremos apenas entre fevereiro e maio de 2017 (29°C – 30°C), assim como em agosto do mesmo ano (26°C), o que é esperado para regiões localizadas nas latitudes mais baixas (Chapman *et al.* 2015). Embora mudanças de poucos graus na temperatura da água podem estar relacionadas com alterações na distribuição de tubarões (Vianna *et al.* 2013), os tubarões-lixas aparentam preferir ambientes com temperaturas entre 25°C e 29°C (Wiley & Simpfendorfer 2007, Vianna *et al.* 2013), assim, todos os habitats amostrados estariam dentro da variação ótima para a espécie.

Dentre os fatores ambientais que parecem reger a distribuição e abundância do tubarão lixa, a salinidade, pluviosidade e visibilidade parecem ter maior destaque (Wiley & Simpfendorfer 2007, Ferreira *et al.* 2013), com a visibilidade e pluviosidade atuando, principalmente em regiões costeiras, de forma conjunta através da diminuição da visibilidade (o que aparenta ser um fator diretamente relacionado à maior abundância de *G. cirratum* – Afonso *et al.* 2014), principalmente em regiões próximas à desembocadura de rios (Knip *et al.* 2011, Drymon *et al.* 2014).

Outra característica abiótica que pode ajudar a responder esta questão é a complexidade estrutural do habitat, a qual exerce grande importância na diversidade e riqueza de espécies de peixes, em geral (Lara & Gonzales 1998). Mesmo limitados em número (Roff *et al.* 2016), trabalhos que avaliaram a relação entre a complexidade e qualidade do habitat em

outros tubarões geralmente encontraram uma relação positiva entre estes fatores (e.g. Rizzari *et al.* 2014) embora existam artigos que argumentem contra esta suposição (e.g. Nadon *et al.* 2012), sendo assim uma lacuna de conhecimento para o grupo como o todo. Mesmo não sendo mensurada quantitativamente no decorrer deste trabalho, o Alvarenga é o único dos pontos amostrados a apresentar uma estrutura com grandes cavidades (Júlio A, observação pessoal), como pode ser visto na figura 17. Enquanto os demais recifes artificiais, assim como todos os recifes naturais amostrados, apresentam algumas cavidades, elas são pequenas, possibilitando apenas a presença de indivíduos isolados. Levando-se em consideração o comportamento social da espécie (Castro 2000, Compagno 2001), este pode ser o fator determinante para a distribuição do tubarão lixa em ambientes recifais costeiros da Paraíba, porém estudos com um desenho amostral voltado à resolução desta pergunta são necessários para que tal hipótese seja confirmada.

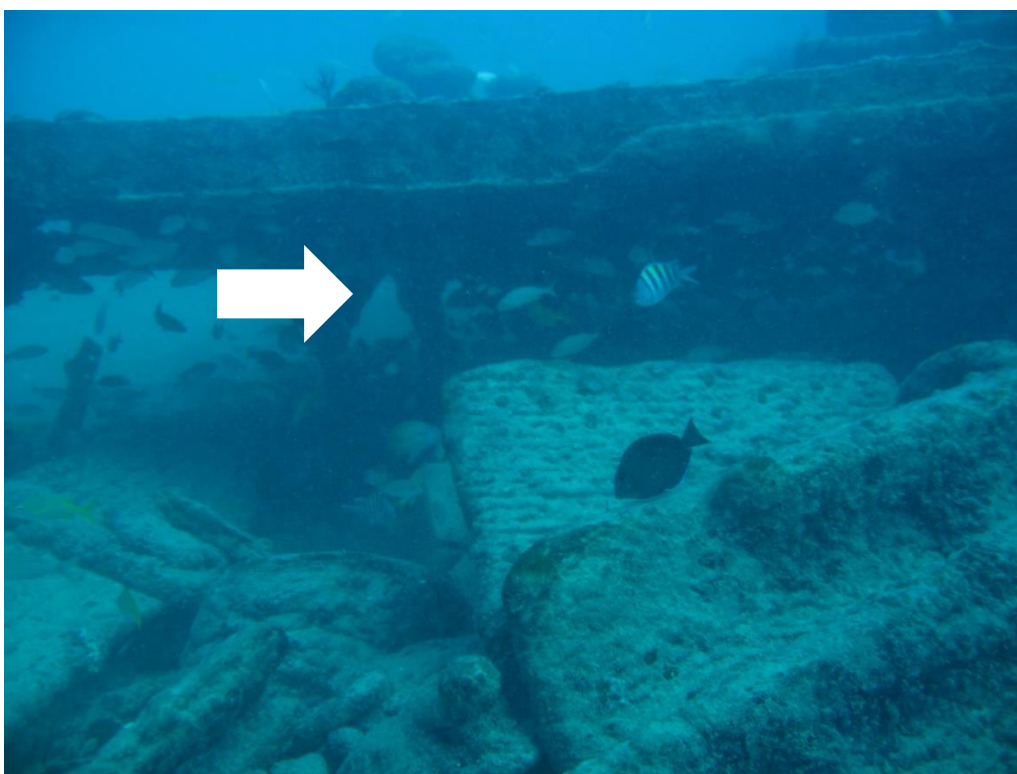


Figura 17 Cavidade na região da proa do naufrágio Alvarenga (seta), aonde a maior parte dos tubarões lixa foram encontrados durante o estudo.

Além do tipo de habitat, fatores bióticos, principalmente no tocante à disponibilidade de presas (Sims 2003, Speed *et al.* 2010, Hannan *et al.* 2012, Heupel & Simpfendorfer 2014, Chapman *et al.* 2015, Ruppert *et al.* 2016), são importantes para a determinação de espécies de tubarão mesopredadores (Heupel & Simpfendorfer 2014, Yates *et al.* 2015, Roff *et al.* 2016), como o tubarão lixa.

Embora diversos trabalhos tenham estudado a biologia dos peixes recifais (e.g. Rosa 1980, Rosa *et al.* 1997, Rocha *et al.* 1998, Rocha & Rosa 1999; Feitoza 2001, Feitoza *et al.* 2005, Medeiros *et al.* 2007), na Paraíba, Honório *et al.* (2010) realizaram uma análise ecológica mais robusta na região, servindo então como base para a discussão a seguir.

Avaliando a composição e estrutura da comunidade de peixes recifais, tanto em recifes naturais quanto em naufrágios, Honório e colaboradores registraram um total de 114 espécies

de peixes, distribuídos em 47 famílias, representando uma boa parcela da ictiofauna registrada para o Brasil (cerca de 30% do total de espécies).

Dentre as famílias encontradas, Haemulidae contribuiu com cerca de 6% das espécies totais. Considerando que esta família está entre os principais componentes da dieta do tubarão lixa (Castro 2000), poderia ser esperado uma abundância maior da espécie, em locais onde os membros dessa família são mais abundantes. Embora os resultados do trabalho tenham apontado para uma abundância aparentemente maior da família em recifes naturais, a sua presença era maior justamente nos recifes artificiais, incluindo o naufrágio Alvarenga, devido à sua menor área, aumentando assim a densidade populacional de presas em potencial no local.

No estudo, o naufrágio Alvarenga apresentou também algumas diferenças entre os demais pontos amostrados, as quais podem ajudar a explicar a sua maior abundância de tubarões lixa. Primeiramente, algumas espécies de peixes foram encontradas exclusivamente no naufrágio, incluindo algumas presas em potencial de *G. cirratum*, como *Bothus ocellatus*. Além disso, embora a riqueza de espécies no local tenha sido a mais baixa dentre os recifes estudados, ela foi considerada significativamente diferente dos demais pontos, mostrando assim que a presença de espécies únicas pode ser um fator crucial na diferenciação deste local com os demais recifes costeiros.

O tubarão lixa é considerada uma espécie oportunista, se alimentando principalmente de invertebrados e pequenos peixes (Bigelow & Schroeder 1948, Castro 2000). No Golfo do México, a distribuição de tubarões lixa parece estar associada, ainda que secundariamente, à disponibilidade de presas, a qual é maior em ambientes mais complexos (Hannan *et al.* 2012), como os recifes artificiais aqui estudados. Resultados semelhantes parecem embasar esta hipótese, como o trabalho de Heupel & Simpfendorfer (2014), os quais argumentam que a disponibilidade de presas pode ser um dos fatores regulando o uso de área de outro tubarão recifal, o *Carcharhinus amblyrhynchos*.

Um outro fator biológico que pode estar regendo a densidade e uso de área de espécies de tubarão, e que é pouco avaliado na maioria dos estudos, é a presença humana. De forma inovadora, Nadon *et al.* (2012) avaliaram a relação entre a densidade de tubarões recifais e a presença de humanos em até 200km de distância dos locais amostrados. Sem surpresa, eles encontraram que as densidades populacionais de todas as espécies estudadas caíam com o aumento na densidade de pessoas próximas. No entanto, o mais alarmante foi a severidade do impacto causado por um número relativamente baixo de pessoas, com menos de 100 pessoas a menos de 200km sendo responsável por um declínio de 20% nas densidades de tubarões, 1000 pessoas resultando em um declínio de 60%, e em grandes centros urbanos localizados no litoral, com ao menos 1 milhão de pessoas a 200km dos recifes, resultando em um declínio de 90% nas densidades de tubarões recifais.

O último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado em 2017, mostrou que pouco mais de 700.000 pessoas habitam a principal cidade da Paraíba. Levando em consideração a grande proximidade dos recifes costeiros (apenas alguns poucos quilômetros), a intensidade das atividades pesqueiras nos recifes (Honório *et al.* 2010), e os resultados apontados por Nadon *et al.* (2012), percebe-se que as populações de tubarões recifais, principalmente do tubarão lixa, o mais comum da região, estejam severamente deplecionadas, evidenciando ainda mais a necessidade de ações imediatas de conservação.

7. Implicações Para a Conservação da Espécie na Região

Esta pesquisa mostrou que a população do tubarão lixa em ambientes recifais costeiros da Paraíba encontra-se bastante reduzida e vulnerável a pressões antrópicas, o que é alarmante, considerando que mesmo populações próximas provavelmente não são muito conectadas entre si, devido ao comportamento sedentário e movimentos restritos da espécie (Karl *et al.* 2012).

Mesmo sendo uma das espécies de elasmobrânquios mais comuns, principalmente no nordeste do país (Hazin *et al.* 2000, Castro & Rosa 2005, Afonso *et al.* 2014), sendo comumente pescado tanto intencionalmente como *by-catch* (Honório *et al.* 2010, Ferreira *et al.* 2013, Garla *et al.* 2016), dados básicos tanto quanto sua biologia, quanto de pesca, são raros, com os principais dados sendo gerados para as populações do Atlântico norte (Garla *et al.* 2016), em locais onde a espécie também é abundante, como na Flórida e Caribe (Castro 2000, Heithaus *et al.* 2007).

Isto evidencia o desinteresse pela espécie, pois outras espécies comumente pescadas, como *Carcharhinus perezi*, possuem dados mais robustos sobre sua captura (Garla *et al.* 2006), embora pesquisas recentes estejam tentando mudar este paradigma, através da geração de dados com o uso de diferentes metodologias (Santander-Neto *et al.* 2011, Ferreira *et al.* 2013, Afonso *et al.* 2014, Garla *et al.* 2016).

Além da ausência de dados, a presença do tubarão lixa em ambientes costeiros aumenta o seu risco de ameaça (Pratt & Carrier 2001, Speed *et al.* 2010), pois tais ambientes são normalmente mais afetados pela ação humana (Kock *et al.* 2013), o que também é observado na Paraíba (Honório *et al.* 2010).

No entanto, os esforços de conservação não devem se limitar ao tubarão lixa, mas sim ao seu habitat como um todo. Os ambientes recifais estão entre os ecossistemas mais frágeis do mundo (Heupel & Simpfendorfer 2014), assim como os recifes artificiais, os quais podem apresentar uma fauna similar aos naturais, auxiliando com a criação de habitats para diversas espécies (Honório *et al.* 2010).

Ambientes recifais são bons alvos para medidas de manejo porque suas espécies geralmente apresentam um uso de habitat mais previsível (Barnett *et al.* 2012). Tais ações se tornam ainda mais cruciais em locais com a ocorrência de segregação por tamanho (Speed *et al.* 2010), como foi detectado neste estudo. Enquanto alguns países como Estados Unidos e Austrália, estão realizando ações de manejo consideradas mais robustas, como a avaliação do *status* das populações de tubarões, monitoramento de desembarques, e regulamentações de pesca, outros, como o Brasil, precisam utilizar de metodologias de aplicação mais rápida e fácil de ser controlada, devido às suas limitações de recursos humanos e financeiros (Chapman *et al.* 2015), com a criação de Áreas Marinhas Protegidas (do inglês *Marine Protected Areas* – MPAs, daqui em diante) apresentando-se como uma medida eficaz de conservação, especialmente no caso de espécies como o tubarão lixa, o qual apresenta um uso de área mais restrito (Speed *et al.* 2010, Espinoza *et al.* 2010).

Infelizmente, a maioria das MPAs no mundo são criadas por razões políticas, sem estudos prévios que embasem seu delineamento (Doherty *et al.* 2017), o que limita sua efetividade na conservação das espécies ou ambientes-alvo. O estudo aqui realizado oferece à Paraíba uma oportunidade rara no contexto mundial, de criação de uma MPA embasada a partir de dados ecológicos sobre a população e uso de área de organismos chaves (Barnett *et al.* 2012, Chapman *et al.* 2015, Doherty *et al.* 2017).

Estudos mostram que a abundância de tubarões recifais em áreas desprotegidas é de 75 – 99% menor do que em locais protegidos da pesca (Roff *et al.* 2016). Assim, a criação de MPAs auxiliaria na proteção deste grupo tão importante para ambientes recifais costeiros (Heupel *et al.* 2014).

Levando em consideração então os resultados aqui apresentados sobre a população do tubarão lixa e seu uso de habitat em ambientes recifais costeiros da Paraíba, com informações coletadas em outros trabalhos realizados recentemente na área (Morais & Santos, em preparação), através da parceria e esforço conjunto de diversos pesquisadores dedicados à conservação do ambiente marinho paraibano, foi feita a proposta de criação do Parque Estadual Marinho do Queimado (Santos *et al.* 2018) (Figura 18), uma área de 420km² abrangendo os principais recifes artificiais do Estado, assim como recifes naturais de grande importância ecológica para diversos grupos, desde corais até tubarões. Esta MPA, se propriamente fiscalizada e monitorada, pode promover a conservação efetiva de um importante ambiente tanto para a fauna local, quanto para a população humana, através de um controle das atividades de pesca e turismo destrutivos, destacando a Paraíba como um dos primeiros estados brasileiros a realizar a implementação de uma MPA a partir do uso efetivo de dados científicos.

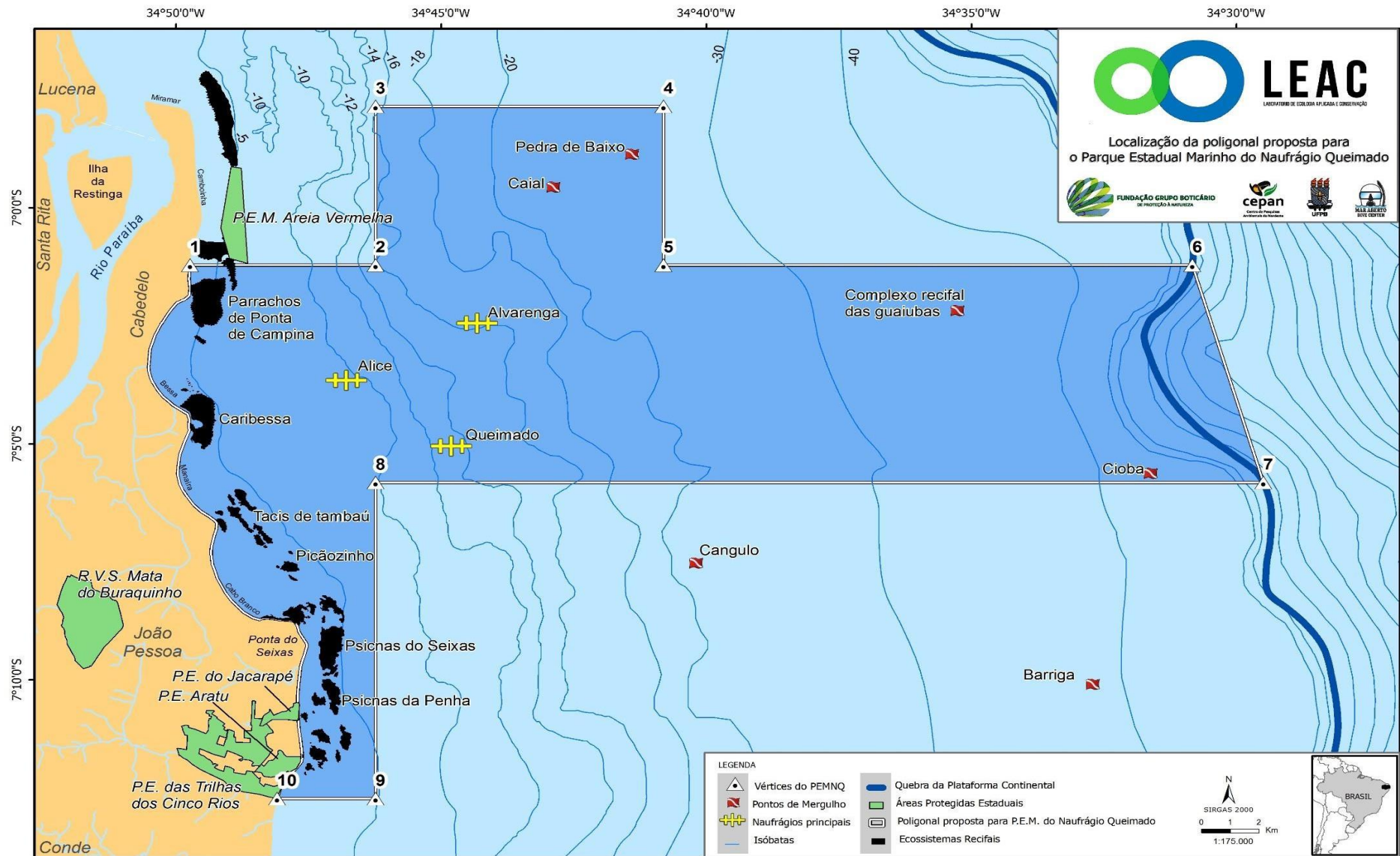


Figura 18 Proposta de delineamento do Parque Estadual Marinho do Naufrágio Queimado. Imagem extraída da Proposta de Criação do Parque Estadual Marinho do Naufrágio Queimado (Santos *et al.* 2018).

CONCLUSÃO

A partir do exposto neste trabalho, conclui-se que a população do tubarão lixa em ambientes recifais costeiros da Paraíba se encontra reduzida, e apesar de apresentar uma razão sexual próxima à 1:1, é composta majoritariamente de indivíduos juvenis, o que a torna extremamente vulnerável a pressões antrópicas locais. Estes resultados mostram também a importância de estudos que forneçam linhas de base para o monitoramento desta espécie ameaçada nacionalmente.

Ainda, mesmo com um baixo número de indivíduos capturados, foi identificado que a espécie provavelmente utiliza diversos pontos amostrados neste trabalho, assim como outros recifes naturais e artificiais presentes na costa da Paraíba, como parte da sua área de vida. Assim, estudos com um esforço amostral mais intenso, com uso acoplado de outras técnicas (e.g. telemetria acústica), abrangendo mais locais, são necessários para a obtenção de resultados mais robustos.

Apesar do baixo número de animais identificados, o naufrágio Alvarenga mostra-se de imperativa importância para a conservação do tubarão lixa na costa paraibana, por abrigar uma agregação constante de tubarões que frequentam o local de forma constante. Apesar de não apresentar uma possível agregação reprodutiva, o naufrágio pode estar sendo utilizado como local de alimentação, e representa um importante sítio de agregação para uma faixa etária específica do ciclo de vida do tubarão lixa, na Paraíba.

Finalmente, a colaboração de diferentes grupos de pesquisa em prol da conservação marinha foi vital para a conclusão da proposta de criação de uma AMP, o Parque Estadual Marinho do Queimado, passo vital para que a ciência tenha um impacto real na conservação da biodiversidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, A. S., Andrade, H. A., & Hazin, F. H. V. (2014). Structure and dynamics of the shark assemblage off Recife, Northeastern Brazil. *PLoS ONE*, *9*(7).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102369>
- Afonso, A. S., Hazin, F. H. V., Carvalho, F., Pacheco, J. C., Hazin, H. G., Kerstetter, D., ... Burgess, G. H. (2012). Fishing gear modification to reduce elasmobranch mortality in pelagic and bottom longline fisheries off Northeast Brazil, *88*(3), 791–815.
<https://doi.org/10.5343/bms.2012.1031>
- Agra, G. (2009). *Organização Social De Elasmobrânquios Na Reserva Biológica Do Atol Das Rocas, Brasil*. Universidade Federal de Pernambuco.
- Aguiar, A. A., Valentin, J. L., & Rosa, R. S. (2009). Habitat use by *Dasyatis americana* in a southwestern Atlantic oceanic Island. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *89*(6), 1147–1152. <https://doi.org/10.1017/S0025315409000058>
- Altmann, J. (1974). Observational Study of Behavior : Sampling. *Behaviour*, *49*(3–4), 227–267.
<https://doi.org/10.1080/14794802.2011.585831>
- Amorim, A. F., Arfelli, C. A., & Bacilieri, S. (2002). Shark data from Santos longliners fishery off Southern Brazil (1971-2000). *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, *54*(4), 1341–1348.
- Anderson, C., & Waheed, A. (2001). The economics of shark and ray watching in the Maldives. *Newsletter of IUCN Shark Specialist Group*, *13*(July), 1–3.
- Anderson, S. D., & Goldman, K. J. (1996). Photographic evidence of white shark movements in California waters. *California Fish and Game*, *82*(4), 182–186.
- Andreotti, S., Holtzhausen, P., Rutzen, M., Meyer, M., van der Walt, S., Herbst, B., & Matthee, C. A. (2017). Semi-automated software for dorsal fin photographic identification of marine species: application to *Carcharodon carcharias*. *Marine Biodiversity*, 1–6.
<https://doi.org/10.1007/s12526-017-0634-2>
- Araujo, G., Montgomery, J., Pahang, K., Labaja, J., Murray, R., & Ponzio, A. (2016). Using minimally invasive techniques to determine green sea turtle *Chelonia mydas* life-history parameters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *483*, 25–30.
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2016.06.004>
- Araujo, G., Snow, S., So, C. L., Labaja, J., Murray, R., Colucci, A., & Ponzio, A. (2017). Population structure, residency patterns and movements of whale sharks in Southern Leyte, Philippines: results from dedicated photo-ID and citizen science. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *27*(1), 237–252. <https://doi.org/10.1002/aqc.2636>
- Azevedo-Santos, V. M., Fearnside, P. M., Oliveira, C. S., Padial, A. A., Pelicice, F. M., Lima, D. P., Vitule, J. R. S. (2017). Removing the abyss between conservation science and policy decisions in Brazil. *Biodiversity and Conservation*. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1316-x>
- Barker, S. M., & Williamson, J. E. (2010). Collaborative photo-identification and monitoring of grey nurse sharks (*Carcharias taurus*) at key aggregation sites along the eastern coast of Australia. *Marine and Freshwater Research*, *61*(9), 971–979.
<https://doi.org/10.1071/MF09215>

- Bentz, J., Dearden, P., Ritter, E., & Calado, H. (2014). Shark diving in the Azores : Challenge and Opportunity. *Tourism in Marine Environment*, 10(1), 71–83.
<https://doi.org/10.3727/154427314X14056884441789>
- Bradford, R., & Robbins, R. (2013). A Rapid Assessment Technique to Assist Management of the White Shark (*Carcharodon Carcharias*) Cage Dive Industry , South Australia. *The Open Fish Science Journal*, (March), 13–18.
<https://doi.org/10.2174/1874401X01306010013>
- Brunnschweiler, J. M., & Ward-Paige, C. a. (2014). Shark fishing and tourism. *Oryx*, (October 2014), 1–2. <https://doi.org/10.1017/S0030605313001312>
- Buray, N., Mourier, J., Planes, S., & Clua, E. (2009). Underwater photo-identification of sicklefin lemon sharks , *Negaprion acutidens* , at Moorea (French Polynesia). *Cybium*, 33(1), 21–27.
- Carraro, R., & Gladstone, W. (2006). Habitat Preferences and Site Fidelity of the Ornate Wobbegong Shark (*Orectolobus ornatus*) on Rocky Reefs of New South Wales. *Pacific Science*, 60(2), 207–223. <https://doi.org/10.1353/psc.2006.0003>
- Carrier, J. C., & Luer, C. A. (1990). Growth Rates in the Nurse Shark, *Ginglymostoma cirratum*. *Copeia*, (3), 686–692.
- Castro, A. L. F., & Rosa, R. S. (2005). Use of natural marks on population estimates of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, at Atol das Rocas Biological Reserve, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 72(2), 213–221. <https://doi.org/10.1007/s10641-004-1479-7>
- Castro, J. I. (2000). The biology of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, off the Florida east coast and the Bahama Islands. *Environmental Biology of Fishes*, 58, 1–22.
<https://doi.org/10.1023/A:1007698017645>
- Cerutti-Pereyra, F., Bassos-Hull, K., Arvizu-Torres, X., Wilkinson, K. A., García-Carrillo, I., Perez-Jimenez, J. C., & Hueter, R. E. (2017). Observations of spotted eagle rays (*Aetobatus narinari*) in the Mexican Caribbean using photo-ID. *Environmental Biology of Fishes*.
<https://doi.org/10.1007/s10641-017-0694-y>
- Cervigón, F.Y.A. (1999). *Los Peces Marinos de Venezuela*. (Vol 5). Fundación Musel del Mar, Caracas, Venezuela. pp - 231.
- Chapman, D. D., Feldheim, K. A., Papastamatiou, Y. P., & Hueter, R. E. (2015). There and Back Again: A Review of Residency and Return Migrations in Sharks, with Implications for Population Structure and Management. *Annual Review of Marine Science*, 7(1), 547–570.
<https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015730>
- Chapple, T. K., Jorgensen, S. J., Anderson, S. D., Kanive, P. E., Klimley, A. P., Botsford, L. W., & Block, B. A. (2011). A first estimate of white shark, *Carcharodon carcharias*, abundance off Central California. *Biology Letters*, 7(4), 581–583.
<https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0124>
- Chaves, L. C. T., Hall, J., Feitosa, J. L. L., & Côté, I. M. (2015). Photo-identification as a simple tool for studying invasive lionfish *Pterois volitans* populations. *Journal of Fish Biology*, 88(2), 800–804. <https://doi.org/10.1111/jfb.12857>

- Cisneros-Montemayor, A. M., Barnes-Mauthe, M., Al-Abdulrazzak, D., Navarro-Holm, E., & Sumaila, U. R. (2013). Global economic value of shark ecotourism: Implications for conservation. *Oryx*, 47(3), 381–388. <https://doi.org/10.1017/S0030605312001718>
- Clarke, C., Lea, J. S. E., & Ormond, R. F. G. (2011). Reef-use and residency patterns of a baited population of silky sharks, *Carcharhinus falciformis*, in the Red Sea. *Marine and Freshwater Research*, 62(6), 668–675. <https://doi.org/10.1071/MF10171>
- Clua, E., Buray, N., Legendre, P., Mourier, J., & Planes, S. (2011). Business partner or simple catch? The economic value of the sicklefin lemon shark in French Polynesia. *Marine and Freshwater Research*, 62(6), 764–770. <https://doi.org/10.1071/MF10163>
- Clua, E., & Pascal, N. (2014). Shark-watching ecotourism in the Pacific islands : A move towards “ payments for ecosystem services ”? *SPC Fisheries Newsletter*, 144(August), 30–34.
- Compagon, L.J.V. (2001). *Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date.* (Volume 2). Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes & Erectolobiformes). FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 1 Vol. 2. Rome, FAO. 2001. 269
- Conradt, L. (2005). Definitions, hypotheses, models and measures in the study of animal segregation. In: Sexual segregation in vertebrates: ecology of the two sexes. Cambridge University Press.
- Costa, L., & Chaves, P. D. T. D. C. (2006). Elasmobrânquios capturados pela pesca artesanal na costa sul do Paraná e norte de Santa Catarina, Brasil. *Biota Neotropica*, 6(3), 1–10. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032006000300007>
- Dale, J. J., Stankus, A. M., Burns, M. S., & Meyer, C. G. (2011). The shark assemblage at French Frigate Shoals atoll, Hawaii: Species composition, abundance and habitat use. *PLoS ONE*, 6(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016962>
- De Souza, A. T., Di Iulio Ilarri, M., De Medeiros, P. R., Gempel, R. G., Rosa, R. S., & Sampaio, C. L. S. (2007). Fishes (Elasmobranchii and Actinopterygii) of Picãozinho reef, Northeastern Brazil, with notes on their conservation status. *Zootaxa*, (1608), 11–19.
- Del Moral-Flores, L. F., Ramírez-Antonio, E., Angulo, A., & De León, G. P.-P. (2015). *Ginglymostoma unami* sp. nov. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 48–58. <https://doi.org/10.7550/rmb.41027>
- Doherty, P. D., Baxter, J. M., Godley, B. J., Graham, R. T., Hall, G., Hall, J., ... Witt, M. J. (2017). Testing the boundaries: Seasonal residency and inter-annual site fidelity of basking sharks in a proposed Marine Protected Area. *Biological Conservation*, 209, 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.01.018>
- Domeier, M. L., & Nasby-Lucas, N. (2006). Annual re-sightings of photographically identified white sharks (*Carcharodon carcharias*) at an eastern Pacific aggregation site (Guadalupe Island, Mexico). *Marine Biology*, 150(5), 977–984. <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0380-7>
- Drymon, J. M., Ajemian, M. J., & Powers, S. P. (2014). Distribution and dynamic habitat use of young bull sharks *Carcharhinus leucas* in a highly stratified Northern Gulf of Mexico estuary. *PLoS ONE*, 9(5), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097124>

- Fernandez, F. (1995). Métodos Para Estimativas De Parâmetros Populacionais Por Captura, Marcação E Recaptura. *Oecologia Brasiliensis*.
<https://doi.org/10.4257/oeco.1995.0201.01>
- Ferreira, L. C., Afonso, A. S., Castilho, P. C., & Hazin, F. H. V. (2013). Habitat use of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, off Recife, Northeast Brazil: A combined survey with longline and acoustic telemetry. *Environmental Biology of Fishes*, *96*(6), 735–745.
<https://doi.org/10.1007/s10641-012-0067-5>
- Freitas, R. H. A., Rosa, R. S., Gruber, S. H., & Wetherbee, B. M. (2006). Early growth and juvenile population structure of lemon sharks *Negaprion brevirostris* in the Atol das Rocas Biological Reserve, off north-east Brazil. *Journal of Fish Biology*, *68*(5), 1319–1332.
<https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.00999.x>
- Gallagher, A. J., Vianna, G. M. S., Papastamatiou, Y. P., Macdonald, C., Guttridge, T. L., & Hammerschlag, N. (2015). Biological effects, conservation potential, and research priorities of shark diving tourism. *Biological Conservation*, *184*(April), 365–379.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.02.007>
- Garla, R. C., Chapman, D. D., Wetherbee, B. M., & Shivji, M. (2006). Movement patterns of young Caribbean reef sharks, *Carcharhinus perezi*, at Fernando de Noronha Archipelago, Brazil: The potential of marine protected areas for conservation of a nursery ground. *Marine Biology*, *149*(2), 189–199. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-0201-4>
- Garla, R. C., Gadig, O. B. F., & Garrone-Neto, D. (2016). Movement and activity patterns of the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*, in an oceanic Marine Protected Area of the South-western Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, (September), 1–8. <https://doi.org/10.1017/S0025315416001028>
- Hannan, K. M., Driggers III, W. B., Hanisko, D. S., Jones, L. M., & Canning, A. B. (2012). Distribution of the Nurse Shark, *Ginglymostoma Cirratum*, in the Northern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, *88*(1), 73–80. <https://doi.org/10.5343/bms.2011.1033>
- Hazin, F. H. V., & Wanderley Júnior, João A M Mattos, S. M. G. (2000). Distribuição e abundância relativa de tubarões no litoral do estado de Pernambuco, Brasil. *Arquivos de Ciências Do Mar - Labomar*, *33*, 33–42. Retrieved from <http://setores.ufc.br/labomar/wp-content/uploads/2017/01/acm-2000-33-04.pdf>
- Heithaus, M. R., Burkholder, D., Hueter, R. E., Heithaus, L. I., Pratt, Jr., H. L., & Carrier, J. C. (2007). Spatial and temporal variation in shark communities of the lower Florida Keys and evidence for historical population declines. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *64*(10), 1302–1313. <https://doi.org/10.1139/f07-098>
- Hendon, J. M., Hoffmayer, E. R., & III, W. B. D. (2013). FIRST RECORD OF A NURSE SHARK, *GINGLYMOSTOMA CIRRATUM*, WITHIN THE MISSISSIPPI SOUND. *Gulf and Caribbean Research*, *25*(September 2017), 137–139. <https://doi.org/10.18785/gcr.2501.13>
- Heupel, M. R., Knip, D. M., Simpfendorfer, C. A., & Dulvy, N. K. (2014). Sizing up the ecological role of sharks as predators. *Marine Ecology Progress Series*, *495*, 291–298.
<https://doi.org/10.3354/meps10597>
- Heupel, M. R., & Simpfendorfer, C. A. (2014). Importance of environmental and biological drivers in the presence and space use of a reef-associated shark. *Marine Ecology Progress*

Series, 496, 47–57. <https://doi.org/10.3354/meps10529>

- Heupel, M. R., Simpfendorfer, C. A., & Fitzpatrick, R. (2010). Large-scale movement and reef fidelity of grey reef sharks. *PLoS ONE*, 5(3), 1–5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009650>
- Hill, J., & Wilkinson, C. (2004). Methods for ecological monitoring of coral reefs. *Australian Institute of Marine Science, Townsville*, 117. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hoenig, J. M., Barrowman, N. J., Hearn, W. S., & Pollock, K. H. (1998). Multiyear tagging studies incorporating fishing effort data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(6), 1466–1476. <https://doi.org/10.1139/f97-256>
- Holmberg, J., Norman, B., & Arzoumanian, Z. (2008). Robust, comparable population metrics through collaborative photo-monitoring of whale sharks *Rhincodon typus*. *Ecological Applications*, 18(1), 222–233. <https://doi.org/10.1890/07-0315.1>
- Holmberg, J., Norman, B., & Arzoumanian, Z. (2009). Estimating population size, structure, and residency time for whale sharks *Rhincodon typus* through collaborative photo-identification. *Endangered Species Research*, 7, 39–53. <https://doi.org/10.3354/esr00186>
- Honório, P. P. F., Ramos, R. T. C., & Feitoza, B. M. (2010). Composition and structure of reef fish communities in Paraíba State, north-eastern Brazil. *Journal of Fish Biology*, 77(4), 907–926. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02728.x>
- Huveneers, C., Harcourt, R., & Otway, N. M. (2006). Observations of localised movements and residence times of wobbegong sharks (*Cybiium*, 30(4), 103–111.
- Karl, S. A., Castro, A. L. F., & Garla, R. C. (2012). Population genetics of the nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*) in the western Atlantic. *Marine Biology*, 159(3), 489–498. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1828-y>
- Knip, D. M., Heupel, M. R., Simpfendorfer, C. A., Tobin, A. J., & Moloney, J. (2011). Wet-season effects on the distribution of juvenile pigeye sharks, *Carcharhinus amboinensis*, in tropical nearshore waters. *Marine and Freshwater Research*, 62(6), 658–667. <https://doi.org/10.1071/MF10136>
- Kohler, K. E., & Gill, S. M. (2006). Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers and Geosciences*, 32(9), 1259–1269. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.11.009>
- Kohler, N. E., & Turner, P. A. (2001). Shark tagging: A review of conventional methods and studies. *Environmental Biology of Fishes*, 60(1–3), 191–223. <https://doi.org/10.1023/A:1007679303082>
- Leblond, S. T. R., & Rowat, D. R. L. (2016). Studying spatial distribution of the whale shark in the Gulf of Tadjora, Djibouti. *QScience Proceedings (The 4th International Whale Shark Conference)*, (May), 1–2. <https://doi.org/10.5330/qproc.2016.iwsc4.29>
- Leslie, A. P. H., & Chitty, D. (1951). *The Estimation of Population Parameters from Data Obtained by Means of the Capture-Recapture Method: I. The Maximum Likelihood Equations for Estimating The Death-Rate* Published by : Oxford University Press on behalf

- of Biometrika Trust. *Biometrika*, 38(3), 269–292.
- Mader, A., Sander, M., Casa Júnior, G. E., Altenhofen, R. J., & Anjos, C. S. (2007). Evidências de sobrepesca do tubarão martelo (*Sphyrna* spp.) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Biodiversidade Pampeana*, 5(2), 3–5.
- Marshall, A. D., Dudgeon, C. L., & Bennett, M. B. (2011). Size and structure of a photographically identified population of manta rays *Manta alfredi* in southern Mozambique. *Marine Biology*, 158(5), 1111–1124. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1634-6>
- Marshall, A. D., & Pierce, S. J. (2012). The use and abuse of photographic identification in sharks and rays. *Journal of Fish Biology*, 80(5), 1361–1379. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03244.x>
- Mattos, S.M.G. & Hazin, F.H.V. (1997). Análise da viabilidade econômica da pesca de tubarões no litroal do Estado de Pernambuco. *Bol. Téc. Cient. CEPENE*, 5(1): 1 - 27.
- Medeiros, P.R., Gempel, R.G., Souza, A.T., Ilarri, M.T. & Sampatio, C.L. (2007). Effects of recreational activities on the fish assemblage structure in a northeastern Brazilian reef. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 2(3), 288 - 300.
- Meekan, M. G., Bradshaw, C. J. A., Press, M., McLean, C., Richards, A., Quasnichka, S., & Taylor, J. G. (2006). Population size and structure of whale sharks *Rhincodon typus* at Ningaloo Reef, Western Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 319(August 2006), 275–285. <https://doi.org/10.3354/meps319275>
- MMA. (2004). Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Peixes Ameaçadas de Extinção. Instrução Normativa Nº5, de 21 de maio de 2004. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. Diário Oficial da União Nº 102, de 28 de maio de 2004, Sesão 1, pp. 136 - 142.
- MMA. (2014). PORTARIA MMA Nº 445, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014. Lista Nacional das Espécies de Invertebrados Aquáticos e Pexies Ameaçadas de Extinção. Brasília. Diário Oficial da União Nº 10.683, de 28 de maio de 2003, Seção 1, pp. 126.
- Morgan, K. M., Perry, C. T., Smithers, S. G., Johnson, J. A., & Daniell, J. J. (2016). Evidence of extensive reef development and high coral cover in nearshore environments: Implications for understanding coral adaptation in turbid settings. *Scientific Reports*, 6(June), 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep29616>
- Mourato, B. L., Hazin, H. G., Amorim, A. F., Arfelli, C. A., & Hazin, F. H. V. (2008). Standardized Cpue of Blue Shark Caught By São Paulo Tuna Longliners Operating Off Southern Brazil (1998-2006). *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, 62(5), 1602–1609.
- Nadon, M. O., Baum, J. K., Williams, I. D., Mcpherson, J. M., Zgliczynski, B. J., Richards, B. L., ... Brainard, R. E. (2012). Re-Creating Missing Population Baselines for Pacific Reef Sharks. *Conservation Biology*, 26(3), 493–503. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01835.x>
- Nuñez- Lara, E., & Arias-González, J. E. (1998). The relationship between reef fish community structure and environmental variables in the southern Mexican Caribbean. *Journal of Fish Biology*, 53(sa), 209–221. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb01028.x>
- Otway, N. M., Bradshaw, C. J. A., & Harcourt, R. G. (2004). Estimating the rate of quasi-

- extinction of the Australian grey nurse shark (*Carcharias taurus*) population using deterministic age- and stage-classified models. *Biological Conservation*, 119(3), 341–350. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.11.017>
- Otway, N. M., Burke, a L., Morrison, N. S., & Parker, P. C. (2003). *Monitoring and identification of NSW Critical Habitat Sites for conservation of Grey Nurse Sharks*. NSW Fisheries And Environment Australia.
- Papastamatiou, Y. P., Friedlander, A. M., Caselle, J. E., & Lowe, C. G. (2010). Long-term movement patterns and trophic ecology of blacktip reef sharks (*Carcharhinus melanopterus*) at Palmyra Atoll. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 386(1–2), 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2010.02.009>
- Pratt, H. L., & Carrier, J. C. (2001). A review of elasmobranch reproductive behavior with a case study on the nurse shark, *Ginglymostoma cirratum*. *Environmental Biology of Fishes*, 60(1–3), 157–188. <https://doi.org/10.1023/A:1007656126281>
- Ramírez-Macías, D., Vázquez-Haikin, A., & Vázquez-Juárez, R. (2012). Whale shark *Rhincodon typus* populations along the west coast of the Gulf of California and implications for management. *Endangered Species Research*, 18, 115–128. <https://doi.org/10.3354/esr00437>
- Reinhart, N. R., Ferguson, S. H., Koski, W. R., Higdon, J. W., LeBlanc, B., Tervo, O., & Jepson, P. D. (2013). Occurrence of killer whale *Orcinus orca* rake marks on Eastern Canada-West Greenland bowhead whales *Balaena mysticetus*. *Polar Biology*, 36(8), 1133–1146. <https://doi.org/10.1007/s00300-013-1335-3>
- Robbins, R., & Fox, A. (2012). Further evidence of pigmentation change in white sharks, *Carcharodon carcharias*. *Marine and Freshwater Research*, 63(12), 1215–1217. <https://doi.org/10.1071/MF12208>
- Rocha L.A.; Rosa I.L. ; Rosa R.S. (1998). Peixes Recifais Da Costa Da Paraíba, Brasil. *Revta Bras. Zool.* 15 (2): 553 - 566, 1998, 15(2), 553–566. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751998000200017>
- Roff, G., Doropoulos, C., Rogers, A., Bozec, Y. M., Krueck, N. C., Aurellado, E., ... Mumby, P. J. (2016). The Ecological Role of Sharks on Coral Reefs. *Trends in Ecology and Evolution*, 31(5), 395–407. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.02.014>
- Rosa, R. de S. (1980). Lista Sistemática de Peixes Marinhos da Paraíba (Brasil). *Revista Nordetina de Biologia*, 3(2), 205–226.
- Rosa, R.S. & Moura, R.L. (1997). Visual assessment of reef fish community in the Atol das Rocas Biological Reserve, off Northeastern Brazil. *Proc. 8th Int. Coral Reef Symp.* 1: 983 - 986.
- Rosa, R.S. (2002). Peixes. In: *Lista Oficial da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Workshop, Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte.
- Rosa, R.S., Castro, A.L.F., Furtado, M., Monzini, J. & Grubbs, R.D. (2006). *Ginglymostoma cirratum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T60223A12325895. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T60223A12325895.en>. Acesso em 09 de abril 2018
- Rosa, R.S., Gadib, O.B.F. (2008). *Ginglymostoma cirratum* (Bonaterre, 1788). In: Machado

- A.B.M., Drumond, G.M., Paglia, A.P. (eds) Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp 28 - 29.
- Rouse, N. (1985). Nurse shark's mating ballet. *Sea Frontiers* 31: 54 - 57.
- Rowat, D., Speed, C. W., Meekan, M. G., Gore, M. A., & Bradshaw, C. J. A. (2009). Population abundance and apparent survival of the Vulnerable whale shark *Rhincodon typus* in the Seychelles aggregation. *Oryx*, 43(4), 591–598.
<https://doi.org/10.1017/S0030605309990408>
- Safuan, M., Boo, W. H., Siang, H. Y., Chark, L. H., & Bachok, Z. (2015). Optimization of Coral Video Transect Technique for Coral Reef Survey: Comparison with Intercept Transect Technique. *Open Journal of Marine Science*, 5(4), 379–397.
<https://doi.org/10.4236/ojms.2015.54031>
- Santander-Neto, J., Shinozaki-Mendes, R. a., Silveira, L. M., Jucá-Queiroz, B., Furtado-Neto, M. a. a., & Faria, V. V. (2011). Population structure of nurse sharks, *Ginglymostoma cirratum* (Orectolobiformes), caught off Ceará State, Brazil, south-western Equatorial Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(6), 1193–1196.
<https://doi.org/10.1017/S0025315410001293>
- Santos, B.A, Rosa, R.S., Stevens, P.O., Medeiros, A.P.M., Morais, J., Cardoso, A.P.L.R., & Araújo, J.L. (2018). Proposta de Criação do Parque Estadual Marinho do Naufrágio Queimado. Estudo técnico encaminhado à Secretaria de Infraestrutura, Recursos Hídricos, Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia da Paraíba. João Pessoa, Brasil.
- Sims, D. W. (2003). Tractable models for testing theories about natural strategies: foraging behaviour and habitat selection of free ranging sharks. *Journal of Fish Biology*, 63(sa), 53–73. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00207.x>
- Speed, C. W., Field, I. C., Meekan, M. G., & Bradshaw, C. J. A. (2010). Complexities of coastal shark movements and their implications for management. *Marine Ecology Progress Series*, 408(June 2010), 275–293. <https://doi.org/10.3354/meps08581>
- Speed C.W., Meekan M.G., Field I.C., McMahon C.R., Stevens J.D., *et al.* (2011). Spatial and temporal movement patterns of a multi-species coastal reef shark aggregation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 429:261–75
- Springer, S. Social organization of shark populations, in Gilbert, P.W., Mathewson, R.F. & Randall, D.P. (eds) *Sharks, skates and rays*. Johns Hopkins Press, p. 149 - 174, Baltimore, 1967.
- Towner, A. V., Wcisel, M. A., Reisinger, R. R., Edwards, D., & Jewell, O. J. D. (2013). Gauging the Threat: The First Population Estimate for White Sharks in South Africa Using Photo Identification and Automated Software. *PLoS ONE*, 8(6), 6–12.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066035>
- Van Tienhoven, A. M., Den Hartog, J. E., Reijns, R. A., & Peddemors, V. M. (2007). A computer-aided program for pattern-matching of natural marks on the spotted raggedtooth shark *Carcharias taurus*. *Journal of Applied Ecology*, 44, 273–280.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01273.x>
- Vianna, G. M. S., Meekan, M. G., Meeuwig, J. J., & Speed, C. W. (2013). Environmental Influences on Patterns of Vertical Movement and Site Fidelity of Grey Reef Sharks

(*Carcharhinus amblyrhynchos*) at Aggregation Sites. *PLoS ONE*, 8(4).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060331>

Vianna, G. M. S., Meekan, M. G., Pannell, D. J., Marsh, S. P., & Meeuwig, J. J. (2012). Socio-economic value and community benefits from shark-diving tourism in Palau: A sustainable use of reef shark populations. *Biological Conservation*, 145(1), 267–277.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.11.022>

Vianna, G. M. S., Meeuwig, J. J., Pannell, D., Sykes, H., & Meekan, M. G. (2011). The socio-economic value of the shark-diving industry in Fiji. *Perth: University of Western ...*, (November), 26. Retrieved from
http://www.pewtrusts.org/uploadedFiles/wwwpewtrustsorg/Reports/Protecting_ocean_life/shrks-fiji-economic-report.pdf%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+socio-economic+value+of+the+shark-diving+industry+in+Fiji#3

Whitney, N. M., Robbins, W. D., Schultz, J. K., Bowen, B. W., & Holland, K. N. (2012). Oceanic dispersal in a sedentary reef shark (*Triaenodon obesus*): Genetic evidence for extensive connectivity without a pelagic larval stage. *Journal of Biogeography*, 39(6), 1144–1156.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02660.x>

Wiley, T. R., & Simpfendorfer, C. A. (2007). The ecology of elasmobranchs occurring in the Everglades National Park, Florida: Implications for conservation and management. *Bulletin of Marine Science*, 80(1), 171–189.